Smoltczyk & Partner

Untere Waldplätze 14 70569 Stuttgart Telefon 0711 / 131 64 - 0 Telefax 0711 / 131 64-64 post@SmoltczykPartner.de

Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt
Dr.-Ing. Berthold Rilling
Hon.- Prof. Dr.-Ing. Walter Lächler
Dr.-Ing. Konrad Nübel
Dr.-Ing. Thomas Rumpelt
Dr.-Ing. Roberto Cudmani

S&P
Geotechnik
Hydrogeologie
Umwelttechnik

14-018 Stuttgart, _WiIheIma: Neubau Neckarkanal
Geotechnischer Bericht

Auftraggeber	Wilhelma der zoologisch- botanische Garten Postfach 501227 70342 Stuttgart Tel: 0711/5402-0 Fax: 0711/5402-222 Herr H. Meyer (D:-117) E-Mail: harald.meyer@wilhelma.de
Planer	Ingenieurbüro Fritz Spieth Beratende Ingenieure Gmbh Fritz-Müller-Str. 143 73730 Esslingen am Neckar Tel: 0711/931858-26 Fax: 0711/931858-50 Herr Dipl.-Ing .(TU)J. Wagenmann (D:-26) E-Mail: j.wagenmann@ib-spieth.de

Ort und Datum	Stuttgart, 02.05.14
Verteiler	je lfach an alle Beteiligten
Text Seiten; Anlagen	27; 1.1 bis 6 (14 Blatt)
Vorgangsnr.; Zeichen	226725-1; PB/Ka/su/Di/Ru
Proj ekt leiter	Dr.-Ing. T. Rumpelt (D:-13)
Bearbeiter Bautechnik	Dipl.-Ing. M. Dinier (:-43)
Bearbeiter Baugrund	Dipl.-Geol. P. Bröhl (D:-44)
Bearbeiter Schadstoffe	Dipl.-Geol. Dr. W. Kaiser (D:-31)

Smoltczyk & artner GmbH

Inhalt

	Seite
1 Bezug und Unterlagen	3
2 Lage und Bauwerksbeschreibung	4
3 Untersuchungsumfang	6
4 Baugrund	9
5 Grundwasser	11
6 Eigenschaften der anstehenden Böden	13
6.1 Ergebnisse der Laborversuche an Bodenproben	14
6.2 Klassifikation und charakteristische Kennwerte	17
6.3 Ergebnisse chemischer Untersuchungen	19
6.3.1 Asphalt	19
6.3.2 Bodenuntersuchungen nach VwV Bodenverwertung	19
6.3.3 Auffällige Schicht in BK 2	20
7 Bautechnische Folgerungen	21
7.1.1 Start- und Zielschächte	21
7.1.2 Vorpresskanal	24
8 Baugrundüberprüfung und weitere Mitwirkung bei der Bauplanung und -ausführung	26

Anlagen

siehe Anlagenverzeichnis	27

1 Bezug und Unterlagen

Auftrag: Durch die Wilhelma der zoologisch botanische Garten Stuttgart, Herrn H. Meyer, Leiter der Abteilung Technik, wurden wir per E-Mail am 31.01.14 auf der Grundlage unseres Leistungs- und Honorarvorschlags vom 30.01.14 beauftragt, für die Vorpressung eines rund 45 m langen Oberflächenwasserableitungskanal in 5 m bis 7 m Tiefe zwischen dem Haupteingang der Wilhelma und dem Neckar in Stuttgart eine Baugrunderkundung zu planen und zu betreuen sowie einen geotechnischen Bericht zu erstellen.

An Unterlagen für den Neckarkanal erhielten wir vom Tragwerksplaner, Ingenieurbüro Fritz Spieth, Herrn Dipl. Ing. (TU) J. Wagenmann, mit E-Mails vom 24.01., 07.03., 24.03. und 30.03.14:

- 1 Lageplan Vorabzug (Ml:200) Stand 23.01.14
- 1 Lageplan Leitungen Variante 1 (M 1:200), Plan Nr .V2, Stand 07.03.14,
- 1 Schnitt Vorabzug (M 1:50/200), Stand 24.03.14,
- 1 Schnitt Vorabzug (M 1:50/200), Stand 30.04.14

und mit E-Mail vom 06.02.14

- Stellungnahme des Kampfmittelbeseitigungsdienstes Baden-Württemberg vom 30.01.14

Außerdem standen uns zur Verfügung :

- Blatt 7121 Stuttgart-Nordost der Geologischen Karte (M 1:25000) von Baden-Württemberg mit Erläuterungen, Stuttgart 1950,
- Blatt 56-5 der Baugrundkarte (M 1:5 000) von Stuttgart, 1963 ,
- Blatt 2 der Hydrogeologischen Karte (M 1:10 000) von Stuttgart, 1966, und
- Blätter NO 28/10 und NO 28/11 der Höhenflurkarte von Württemberg aus den Jahren 1895 und 1920.

Eine weitere Grundlage ist das an die neue Normung angepasste Baugrund- und Gründungsgutachten: "Neubau Tunnel Rosenstein", Stand 11.03.2013, in dem weitere Unterlagen zum Baugrund und Grundwasser aufgeführt sind und der geotechnische Bericht 04110 Stuttgart, B 10: Neubau Haltestelle Wilhelma.

Leitungspläne des Geländes wurden von der Fa. Terrasond, Günzburg, erhoben.

2 Lage und Bauwerksbeschreibung

Lage: Das untersuchte Gelände liegt in Stuttgart Bad Cannstatt an der Neckartalstraße, direkt vor dem Haupteingang des zoologischen - botanischen Gartens, der Wilhelma, zwischen dem historischen 8-eckigen Kassenpavillion im Nordwesten und dem Neckar im Südosten. Es ist mit dem heutigen Verlauf der Neckartalstraße/BlO und den Stadtbahngleisen der SSB AG überbaut. Zum Neckar hin schließt sich ein Rad- und Fußweg an, der auf einem an die ehemalige Uferböschung angeschütteten Damm verläuft.
Das Gelände liegt vor dem Kassenpavillion und dem Fuß- und Radweg bei rund 220 mNN, im Bereich der Neckartalstraße etwas tiefer bei etwa 219,2 mNN (Anlage 1.2). Die Neckarsohle liegt bei rund 210,8 mNN.

Es befindet sich in der Talaue des Neckars.

Von besonderer Bedeutung ist die Lage in der sog. **Kernzone** des Quellenschutzgebietes für die staatlich anerkannten Heilquellen in Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Berg. Die Zonen sind definiert in der Verordnung des Regierungspräsidiums Stuttgart zum Schutz der staatlich anerkannten Heilquellen in Stuttgart-Bad Cannstatt und Stuttgart-Berg vom 11.06.02.
Die geodätischen Grundstücksdaten sind in Anlage 2 angegeben.

Bauwerksbeschreibung: Geplant ist ein Kanal mit Durchmesser DN 500 mit einer Länge von etwa 45 m. Die Ausführung soll entgegen dem späteren Fließgefälle als Rohrvortrieb von einem Startschacht am Neckar zum Zielschacht am Haupteingang der Wilhelma erfolgen. In Tiefen zwischen etwa 3,5 m und 5,5 m unter der Geländeoberfläche werden dabei die Bundesstraße B10 (Neckartalstraße) und die Stadtbahnlinie U14 sowie mehrere im Untergrund vorhandene Kabeltrassen, gemäß den erhaltenen Planunterlagen stillgelegte Gasleitungen und zwei Kanäle unterfahren. Der lichte Abstand zwischen Rohrvortrieb und den zu unterfahrenden Kanälen und Leitungen ist mit etwa 0,5 m bis 1,8 m geplant.

Der Startschacht soll mit einer Tiefe von etwa 7,5 m und einem lichten Innendurchmesser von 3,5 m ausgeführt werden, der Zielschacht mit einer Tiefe etwa 5,5 m und einem Innendurchmesser von etwa 2,6 m. Wenn möglich, sollen die Schächte im Absenkverfahren eingebracht werden, alternativ innerhalb verbauter Baugruben.

Gemäß der letzten, per E-Mail vom 24.03.14 erhaltenen Erläuterung zur laufenden Planung soll die Fortsetzung des Kanals vom Startschacht aus zum Neckar auf einer Länge von weiteren etwa 15 m alternativ zur ursprünglich angedachten Verlegung in einer offenen Baugrube nun ebenfalls als Rohrvortrieb ausgeführt werden. Der Vortrieb würde hier in einer Tiefe von etwa 5,5 m (Abstand zwischen Rohrscheitel und Geländeoberfläche am Startschacht bzw. auf dem Neckardamm) beginnen und am Neckar unterhalb des Normalwasserstandes aus der Uferböschung austreten. Um an der Kanalausmündung im Neckar eine trockene Baugrube schaffen zu können ist dort ein wasserdichter Spundwandverbau angedacht.

3 Untersuchungsumfang

Bereits für die Bearbeitung unseres Leistungs- und Honorarvorschlags haben wir die in Abschnitt 1 aufgeführten Unterlagen aus unserem Archiv über das Baugelände ausgewertet.

Auf dieser Grundlage wurde zur Erkundung am 11.02.14 beim Amt für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart gemäß § 37 des Wassergesetzes von Baden-Württemberg eine Bohranzeige eingereicht. Die vom Amt mit Stellungnahme vom 06.03.14 erteilten Auflagen: Messung von Wasserstand, pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit und CO_2-Gehalt in den Bohrlöchern, wurden bei der Erkundung berücksichtigt.

Die Erkundungspunkte wurden bei einem Ortstermin mit dem Ingenieurbüro Fritz Spieth, Herrn Dipl. Ing. (TH) J. Wagenmann, am 25.02.14 festgelegt.

Wegen Kampfmittelverdacht wurden beide Bohrlöcher von der Bohrfirma vorsondiert und freigemessen.

Dazu wurden, entsprechend dem von uns ausgearbeiteten Erkundungskonzept, von der Bohrfirma Terrasond GmbH, Günzburg, vom 17. bis 18.03.14 unter unserer fachtechnischen Aufsicht

2 Kernbohrungen nach DIN EN ISO 22475, Tabelle 2, Zeile 7, im Fels Zeile 2, mit insgesamt

16 Bohrmetern

ausgeführt. Beim Bohren im Rammkernbohrverfahren wurde vom Bohrmeister der Eindringwiderstand notiert, der eine subjektive Vergleichsbasis der relativen Beschaffenheit (Konsistenz, Lagerdichte, Druckfestigkeit) des Baugrundes erlaubt. Die mittleren, für 10 cm Bohrfortschritt aufgewendeten Schlagzahlen sind in den Anlagen 2.3 und 3 dargestellt.

Die Bohrungen wurden nach Abschluss der Arbeiten komplett mit Zement-Bentonit-Suspension verfällt; nähere Angaben dazu siehe Anlage 2.

Die Erkundungspunkte wurden von uns mit Maßband und Nivellier nach Lage und Höhe eingemessen. Sie sind lagerichtig in Anlage 1.2 eingezeichnet. Als Lagebezug dienten der Wilhelma-Kassenpavillon und der Mast 230/00/49 der Stadtbahn, als Höhenbezug der Kanaldeckel vor dem Wilhelma-Kassen-pavillon und ein Kanaldeckel auf dem Fuß- und Radweg, deren Höhen im Lageplan mit 220,07 mNN und 219,63 mNN eingetragen sind (Anlage 1.2).

Die Böden und Festgesteine wurden durch **S&P** visuell und durch manuelle Feldversuche nach DIN EN ISO 14688 und DIN EN ISO 14689-1 angesprochen und aufgenommen.

Die Signaturen, Zeichen und Bezeichnungen in den Anlagen 2 und 3 sind in Anlage 2.0 erläutert.

Die ingenieurgeologisch aufgenommenen Schichtenfolgen der Bohrungen sind in Anlehnung an DIN 4023 in Anlage 2 dargestellt und beschrieben sowie in einen geologischen Geländeschnitt eingearbeitet (Anlage 3).

Die Schichtenverzeichnisse der Kernbohrungen und die Verfüll-Protokolle, die von der Bohrfirma erstellt wurden, sowie Farbfotos der Bohrkerne, die wir zur Dokumentation aufgenommen haben, befinden sich in unseren Unterlagen; ebenso die Lagevermaßungen aller Erkundungspunkte.

Der Bohrung BK 2 wurde am 17.03.14

1 Wasserprobe

entnommen und im Labor UIS Synlab auf ihren Chemismus hinsichtlich der Betonaggressivität untersucht (Anlage 4).

Den Bohrungen wurden insgesamt

15 Bodenproben der Güteklasse 3 nach EN 1997-2, Tab. 3.1 und DIN EN ISO 22475

entnommen .

Alle Proben werden nach Gutachtenabgabe drei Monate lang aufbewahrt und danach, sofern sie der Auftraggeber nicht anfordert oder eine längere Einlagerung wünscht, ohne Ankündigung entsorgt.

An ausgewählten Proben wurden in unserem geotechnischen Labor Versuche durchgeführt:

- 5 Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121, Teil 1 (Anlage 2, rechts neben den Profilsäulen),
- 2 Bestimmungen der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN 18122, Teil 1 (Anlage 5.1),
- 3 Bestimmungen der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 (Anlage 5.2) und
- 3 Punktlastversuche nach der DGGT-Empfehlung für die Versuchstechnik im Fels Nr. 5.

Die Ergebnisse aller Versuche werden in Abschnitt 6 erläutert und bewertet.

Aus den Kernbohrungen wurden außerdem Proben für chemische **Schadstoffuntersuchungen** entnommen:
Bodenproben: Für eine erste Übersichtsbeurteilung der abfalltechnischen Aushub-Einstufung wurden aus den Bohrungen schicht- und tiefenbezogen Bodenproben entnommen.
Daraus wurden 3 Mischproben (MP) zusammengeführt und diese jeweils auf den Gesamtumfang der VwV Bodenverwertung untersucht.

- MP 1 (Auffüllung BK 1): repräsentiert die in BK 1 angetroffene Auffüllung bis 1 m Tiefe;
- MP 2 (Auffüllung BK 2): repräsentiert die in BK 2 angetroffene Auffüllung bis 2,2 m Tiefe
- MP 3 (SW-Abl. + AL): repräsentiert die unter den Auffüllungen anstehenden natürlichen Sauerwasserablagerungen und den Auelehm;

Eine Probe aus dem untersten Bereich der Auffüllungen in BK 2 von 2,2 m bis 2,6 m Tiefe wurde wegen ihrer Schlackebeimengungen sowie eines teerartigen Geruchs schichtbezogen auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) unter-

sucht. Diese Schicht ging nicht in die oben beschriebene Mischprobebildung ein.

Asphaltprobe : Aus der im Bereich von BK 1 vorhandenen Asphaltdecke wurde eine Asphaltprobe entnommen und zur Prüfung auf "Teerhaltigkeit" auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) als Leitsubstanzen für Teerbestandteile untersucht .

Die Untersuchungen auf Schadstoffe wurden vom chemischen Labor AT Analytik-Team GmbH, Fellbach, akkreditiert mit DAkkS D-PL-14414 -01 -00 , durchgeführt. Die Ergebnisse werden in Abschnitt 6.3 beschrieben.

4 Baugrund

Durch Interpolation zwischen den zwangsläufig punktuellen Aufschlüssen haben wir, unter Berücksichtigung geologischer Zusammenhänge, ein räumliches **Modell des Untergrundes** erarbeitet, das nachfolgend beschrieben und in einem geologischen Geländeschnitt (Anlagen 3) dargestellt ist.
Es zeigt stark vereinfacht einen bis zu fünf schicht igen Aufbau :

- Zuoberst liegt auf der gesamten Fläche künstliche **Auffüllung.** Sie wurde beim Bau der Neckartalstraße und zum Hochwasserschutz bzw. zur Uferbefestigung der Neckar-Wasserstraße eingebaut.
  Im Bereich von Grünflächen besteht sie aus einem künstlich aufgefüllten Oberboden, der im Wesentlichen aus der rund 0,10 m mächtigen Grasnarbe besteht.
  Im Bereich der Neckartalstraße besteht sie aus Asphalt und einer Schottertragschicht, im Bereich der Stadtbahn aus Gleisschotter.
  Darunter sind die Auffüllungen sehr heterogen zusammengesetzt und bestehen aus einem sandig-kiesigen Schluff mit wechselnden Kies- und Steinanteilen aus Kalkstein-,

Schlufftonstein- , und Ziegelbrocken. Bereichsweise überwiegen auch die grobkörnigen Anteile.
Die Mächtigkeit der Auffüllungen nimmt von 1 m im Nordwesten nach Südosten bis knapp 3 m zu. Im Bereich von Leitungsgräben beträgt sie bis zu 5 m.

» Unter der Auffüllung liegt **Auelehm,** ein toniger, feinsandiger, dunkelbrauner Schluff, in den auf den untersten Dezimetern gerundete Kalkstein- und Quarzbröckchen eingelagert sind. Die Konsistenz ist weich bis steif und halbfest. Der Auelehm ist im Bereich von Leitungsgräben teilweise vollständig abgetragen und durch Auffüllung ersetzt. Die Mächtigkeit des Auelehms beträgt entsprechend der Abtragung bis zu 2,4 m.

• In den Auelehm eingelagert sind im Bereich des Zielschachts 1 m bis 2,6 m unter Gelände sog. **Sauerwasserablagerungen,** die zwischeneiszeitlich, vor mehreren zehntausend Jahren, als Ablagerungen von kohlensäurehaltigen Mineralwasserquellen entstanden sind. Sie bestehen überwiegend aus einem gelbbraunen Travertinsand . Stellenweise sind auch bis zu 5 Zentimeter dicke, hellgraubraune bis gelbbraune, harte, poröse Kalksteine, sog. Travertin eingelagert.

■ Unter dem Auelehm liegen in 3,3 m bis 4,2 m Tiefe **Neckarkiese:** graubraune und beigebraune Kalkstein- und Quarzgerölle mit wechselndem Sandanteil. Zwischen 5,5 m und 4,2 m unter Gelände sind die Kiese nagelfluhartig verbacken. Die Mächtigkeit des harten Nagelfluh beträgt 0,5 m bis knapp 1 m. Die Gesamtmächtigkeit der Neckarkiese nimmt von 4,4 m im Nordwesten (Zielgrube) auf 3,5 m nach Südosten (Startgrube) ab. Lokal können weitere, wenig aushaltende Nagelfluhlagen vorliegen. Beim rammenden Bohrverfahren wurden diese teilweise aufgelöst und können anhand des Bohrguts dann oft nicht erkannt werden. Einen Aufschluss über eine mögliche weitere Nagelfluhlage gibt das Rammdiagramm in BK 2, siehe Anlagen 2.3.2 und 3.

■ Den tieferen Untergrund unter den Neckarkiesen bilden in 7,7 m Tiefe die sog. Grundgipsschichten des **Gipskeupers:**

graugrüne bis graurotbraune sehr mürbe Schlufftonsteine , die vollständig (Verwitterungsstufe W5) zu weichem, stellenweise zu halbfestem Schluff verwittert sind.
Die Oberfläche des Gipskeupers, die Basis der Neckarkiese, liegt im Bereich des Neckarkanals bei etwa 212,3 mNN.
Rund 10 m bis 11 m unter Gelände, bei etwa 209 mNN, folgen nach der Strukturkarte von Stuttgart (Amt für Umweltschutz, 1995) Schlufftonsteine und Dolomite des Lettenkeupers. Auf Grund der behördlichen Auflagen bei Bohrarbeiten in der Kernzone durften die Bohrungen nur bis zum sicheren Erreichen der Basis der quartären Deckschichten (Oberfläche Gipskeuper) abgeteuft werden.

5 Grundwasser

In den Kernbohrungen wurden am 17. und 18.03.14 die in Tabelle 1 aufgeführten Grundwasserstände gemessen:

Bohrung	Nord-west BK 1	Südost BK 2
Datum 03.14	18.	17.
Wasserstand		
m u. Gel	5,40	4,95
mNN	214,76	214,97

Tabelle 1: Grundwasserstände während der Erkundung

Alle Wasserstände gehören einem zusammenhängenden Grundwasserkörper an:

Grundwasserleiter sind die Neckarkiese, Gw-Sohlschicht die Schluff tonsteine des Gipskeupers.
Die Grundwasseroberfläche, also die Oberfläche der wassererfüllten Schichten, liegt rund 5 m unter Gelände bei etwa 214,8 mNN.
Vorfluter ist der unmittelbar südöstlich gelegene Neckar, dessen Wasserspiegel am 19.03.14 bei 214,1 mNN eingemessen wurde .

Weitere, tiefere Grundwasserstockwerke bilden die Schicht- und Kluftgrundwasservorkommen im Lettenkeuper und das stark gespannte Kluft- und Karstgrundwasservorkommen im Oberen Muschelkalk, dem Heil- und Mineralwasservorkommen in Stuttgart-Bad Cannstatt- und Berg.

Die Grundwasserdruckfläche des Grundwassers im Lettenkeuper liegt etwa bei 214 mNN, also etwa auf Niveau des Neckarwasserspiegels. Der Druckwasserspiegel des Heil- und Mineralwassers liegt nach der Grundwassergleichenkarte des Amtes für Umweltschutz (AfU) von 1998 bei knapp 225 mNN und somit rund 5 m bis 6 m über der Geländeoberfläche.

Die Normalstauhöhe des Neckarunterwassers liegt bei der König-Karls-Brücke nach Angaben des Schifffahrtsamtes bei 213,83 mNN (Stauhaltung Hofen).

Die Grundwasserschwankungsbreite wird am stärksten durch Hochwasserereignisse des Neckars bestimmt. Dabei gleicht sich der Grundwasserstand in der Talaue mit einer Verzögerung von Stunden bis Tagen dem Neckarspiegel an. Das bisher höchste gemessene Hochwasser erreichte nach Auskunft der Wasser- und Schifffahrtsdirektion im Unterwasser der Staustufe König-Karls-Brücke am 24.05.1978 einen Stand von 216,01 mNN, also etwas mehr als 2 m über Normalstau.

In allen Bohrungen wurde die elektrische Leitfähigkeit, der pH-Wert, der CO_2-Gehalt und die Temperatur jeweils bei Antreffen von Grundwasser und am Bohrende gemessen. Die gemessenen Werte sind in Tabelle 2 zusammengestellt:

	BK 1	BK 1	BK 2	BK 2
Bohrtiefe (m u.GOK)	6,4	8,0	6,5	8,0
Grundwasser (m u.GOK)	5,4	6,0	4,95	6,72
Temp. bei Antreffen (°C)	21,5		23,0	
Temp. bei Bohrende (°C)		21,0		21,0
pH-Wert bei Antreffen	7,18		7,15	
pH-Wert bei Bohrende		7,35		7,30
el. LF bei Antreffen (uS/cm)	3450		3120	
el. LF bei Bohrende (uS/cm)		1820		1760
CO,-Geh. bei Antreffen (%)	< 0,5		< 0,5	
COi-Geh. bei Bohrende (%)		< 0,5		< 0.5

Tabelle 2: Messwerte während der Erkundung

Basierend auf übergeordneten Informationen, hier Untersuchungen des AfU (UFRECHT, 1998), kann das Grundwasser der Talaue wegen seines üblichen Sulfatgehaltes von 250 mg/1 bis 500 mg/1 gemäß DIN EN 206-1 schwach betonangreifend (XA 1) sein. Diese Einstufung wurde durch eine von uns veranlasste chemische Analyse des Grundwassers im Umweltinstitut Synlab GmbH (UIS) , Stuttgart, vom 31.03.2014 mit einem Sulfatgehalt von 459 mg/1 (Anlage 4) bestätigt.

6 Eigenschaften der anstehenden Böden

Bodenmechanische Versuche sind erforderlich, um die angetroffenen Böden mit Hilfe objektiver Vergleichswerte bodenmechanisch klassifizieren und charakteristische Werte für erdstatische Berechnungen festlegen zu können.
Im Zuge der Baugrunderkundung mittels Rammkernbohrungen wurden ferner die Schlagzahlen, bezogen auf die dabei erreichte Eindringung, aufgezeichnet mit dem Ziel quantitative Hinweise auf Schwankungen, Zu- oder Abnahmen in der Konsistenz bzw. der Lagerungsdichte der anstehenden Böden zu erhalten.

Die Versuche erlauben, qualitative und quantitative Unterschiede der Baugrundeigenschaften zu erfassen. Zur Darstellung der Tiefenabhängigkeit sind sie teilweise in die Schichtenprofile (Anlage 2) und die geologischen Geländeschnitte (Anlage 3) eingearbeitet und in Abschnitt 6.1 bewertet.

Die Klassifikationen und charakteristischen Kennwerte sind in Abschnitt 6.2 zusammengestellt.

Im Abschnitt 6.2 gehen wir auf die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen auf Schadstoffe ein.

6.1 Ergebnisse der Laborversuche an Bodenproben

Der **Auelehm** ist nach DIN EN ISO 14 688 und DIN 18 196 als feinkörniger Boden und mit Wassergehalten an der Fließgrenze w_L von 37 % und an der Ausrollgrenze w_P von 16 %, als mittelplastischer Ton (TM) zu bezeichnen, siehe Anlage 5.1. Mit einem natürlichen Wassergehalt w_n von etwa 16 % bestätigt die untersuchte Bodenprobe im Vergleich mit den Zustandsgrenzen die manuelle Ansprache im Feld nach DIN EN ISO 14 688 als halbfest, liegt jedoch mit einer sich daraus ergebenden Konsistenzzahl von genau 1 gerade am Übergang von steif zu halbfest.

Die **Travertinsande der Sauerwasserablagerungen** sind nach DIN EN ISO 14688 und DIN 18196 als fein- bis gemischtkörniger Boden und mit Wassergehalten an der Fließgrenze w_L von 21 % und an der Ausrollgrenze w_P von 14 %, als leichtplastischer Ton (TL) oder Sand-Ton-Gemisch (ST) zu bezeichnen, siehe Anlage 5.1.
Der natürliche Wassergehalt w_n wurde an 2 Proben bestimmt und lag bei etwa 13 %. Im Vergleich mit den Fließ- und Ausrollgrenzen hatten damit beide Proben halbfeste Konsistenz . Im Feld wurde aufgrund des dominierenden Sandgehaltes keine der beiden Proben als bindig angesprochen und somit keine Konsistenz bestimmt. Dies ist jedoch erfahrungsgemäß auch bei

leicht plastischen, bindigen Böden oft gar nicht ohne weiteres möglich, da diese Böden aufgrund der nur geringen Kohäsion sehr empfindlich auf Wassergehalts- bzw. Dichteänderungen reagieren und bereits durch den Bohrvorgang zu stark gestört für eine Ansprache sein können.

Die **Neckarkiese** sind nach DIN EN ISO 14688 und DIN 18196 gemäß ihrer Korngrößenverteilung als sandige, schluffige bis stark schluffige, teils tonige Kiese, als gemischtkörnige Böden und als weitgestufte Kies-Schluff-Gemische (GU/GU*) zu bezeichnen (Anlage 5.2).
Mit der empirischen Regel von Hazen lässt sich anhand der Sieblinien und dabei bestimmten Korndurchmessern di_0 = 0,13 mm bzw. 0,003 mm die Durchlässigkeit zu k = 2'IQ^{-4} m/s bis l,13-10"^{7} m/s abschätzen. Uns vorliegende Ergebnisse von Pumpversuchen in im Neckarkies ausgebauten Messstellen ergaben jedoch auch deutlich höhere Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen rund k = 1-10"^{3} m/s und 2-IO"^{2} m/s.
Die drei an nagelfluhartig verbackenen, aus 4,6 m Tiefe der BK 2 entnommen Proben der Neckarkiese durchgeführten Punktlastversuche lassen empirisch Werte der einaxialen Druckfestigkeit zwischen etwa q_u = 78 MN/m^2 und 141 MN/m^2, im Mittel von q_u = 107 MN/m^2 ableiten. Gemäß DIN 1054: 2010-12 ergibt sich daraus eine Bezeichnung der "Gesteins "-Festigkeit als hart, gemäß der International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG) als fest bis sehr fest, siehe die in den beiden folgenden Tabellen 3 und 4 wiedergegebenen Korrelationen:

Bezeichnung der Gesteinsfestigkeit	Einaxiale Gesteinsdruckfestigkeit $q_{u,k}$ [MN/m²]
sehr mürb	< 1,25
mürb	1,25 - 5
mäßig mürb	5 - 12,5
mäßig hart	12,5 - 50
hart	> 50

Tabelle 3: Felsklassifikation entsprechend der Gesteinsdruckfestigkeit gemäß DIN 1054: 2010-12

Bezeichnung der Gesteinsfestigkeit nach lAEG-Empfehlung	Einaxiale Gesteinsdruckfestigkeit $q_{u,k}$ [MN/m²]
gering	1,5 - 15
mäßig	15 - 50
fest	50 - 120
sehr fest	120 - 230
extrem fest	> 230

Tabelle 4: Felsklassifikation entsprechend der Gesteinsdruckfestigkeit (nach IAEG)

Zwei an der Oberfläche der **Grundgipsschichten** hinsichtlich ihres natürlichen Wassergehaltes untersuchten Proben zeigten Werte von etwa w_n = 17 %. Erfahrungsgemäß kann bei Wassergehalten in dieser Größenordnung von einer halbfesten Konsistenz, jedoch vollständigen Verwitterung zu einem bindigen Boden, einem tonigen Schluff, mit Restgefüge ausgegangen werden. Dies stimmt mit der Feldansprache des Bohrguts aus der BK 2 überein, wäre jedoch deutlich günstiger als die Ansprache des Bohrguts aus der BK 1 von weich bis steif. Die Bodenprobe aus der BK 1 wies einen höheren Anteilen an Schluff -Ton-Stein-Bröckchen in Kiesgröße auf, wodurch ggfs. eine geringere Plastizität und damit größere Empfindlichkeit mit einhergeht, d.h. ggfs. wurde die Konsistenz auch durch den Bohrvorgang verschlechtert .

6.2 Klassifikation und charakteristische Kennwerte

Anhand der Bodenansprache im Gelände, der diskutierten Ergebnisse der Laborversuche sowie unseren Erfahrungen mit bodenmechanisch gleichartigen Böden und Halbfestgesteinen kann der angetroffene Baugrund in Anlehnung an bautechnische Regelwerke klassifiziert und durch charakteristische Kennwerte für statische Untersuchungen beschrieben werden (Tabelle 5).

Bereiche, in denen die Kiese "zementiert" sind und als Nagelfluh harter Festigkeit bzw. fester bis sehr fester Qualität anstehen, sind nach ihrer Lösbarkeit in die Klasse 6 und 7 nach DIN 18 300 bzw. in entsprechend hohe Bohr- und Rohrvortriebsklassen nach DIN 18301 und DIN 18319 einzustufen.
Die Gesteinsfestigkeit ist dabei jedoch nicht allein Kriterium für eine Zuordnung zur Klasse 6 oder 7. Auch die Blockgröße ist zu unterscheiden. Die Blockgröße wird bei den Nagelfluhschichten im Wesentlichen durch die Schichtdicken bestimmt. Blöcke von mehr als 0,1 m^3 Rauminhalt, dies entspricht z. B. bei einer 40 cm dicken Nagelfluh-Schicht Blöcken mit einer Kantenlänge von rund 0,5 m mal 0,5 m, sind der Felsklasse 7 zuzuordnen. Entstehungsbedingt ist im Nagelfluh (auch "Herrgottsbeton" genannt) nicht mit einem Trennflächensystem zu rechnen.

Das Baugrundstück in Stuttgart -Bad Cannstatt liegt nach DIN 4149:2005-04 und der entsprechenden regionalen Karte der Erdbebenzonen, hier für Baden-Württemberg, in Erdbebenzone 0.

geol . Bezeichnung	Auffüllung	Auelehm	Sauerwasser-ablagerungen	Neckerkies	Nagelfluh	Grundgips-schichten
Konsistenz (vorherrschend)	weich	weich-steif, steif-h[1]fest	(halbfest)	-	-	weich-steif, h'fest
Lagerungsdichte	locker	-	locker	locker	-	-
Gesteinsqualität	-		(hart)	-	hart , sehr zementiert	mürbe
Klassifikationen						
Bodengruppe (DIN 18 196)	A [Gl ,GW,GU* ,S U,TL,X]	TM	TL, ST	GU,GU*	GW,X	TM,TL (UsT,Tst)
Bodenklasse (DIN 18300)	3,4,7″	3	3,(6)	3,4	6,7	4,6
Bodenklasse (DIN 18 301)	BN1,BN2,BB2, BS1+3[1]'	BB2,3	BN1	BN1 ,BN2	BN1,BS4, FV2-4,FD3	BB3+4
Bodenklasse (DIN 18319)	LBM1-2, LNW1,LN1,PI,S 1+3[1]'	LBM1-2,PI	LBM2,PI	LNW1,LN1	LNE3,LNW3 , S4,FZ3-4,FD3-4	-
Frostempfindlichkeit	nicht-sehr	sehr	mittel-sehr	gering-sehr	nicht	-
Klasse nach ZTV E-StB 09	F1,F2,F3	F3	F2,F3	F2,F3	Fl	-
Schrumpfgefahr	nicht[2]'-sehr [31]	hoch-gering	mittel-groß	nicht	nicht	-
Sackungsgefahr	mittel-hoch	gering	gering	gering	nicht	-
Rechenwerte						
Wichte y [kN/m [3]]	19	19	19	20	21	21
unter Auftrieb y[1] [kN/m [3]]	9	9	9	11	11	11
Reibungswinkel <p' [°]	30[2]' 27,5[3]'	22,5	27,5	30	25	25
Kohäsion c' [kN/m [2]]	0 2,5	5	2,5	0	30 - >600	30
Steifemodul E_s″ [MN/m[2]]	10 5	8	12	40	>100	30
Untergrundparameter S (DIN EN 1998-1/NA)	1,5 1,5	1,5	1,5	1,5	1,25	1,25

1) ggfs. vorhandene alte Bauwerkreste/Bauschutt von Stein- und Blockgröße
2) nichtbindende Partien
3) bindige Partien
4) Bei Wiederbelastung können Werte in doppelter Höhe angesetzt werden.

Tabelle 5: Klassifikationen und bodenmechanische Rechtwerte

6.3 Ergebnisse chemischer Untersuchungen

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen auf Schadstoffe werden in den folgenden Abschnitten beschrieben und eingestuft. Die Einzelergebnisse der chemischen Bodenuntersuchungen sind als Prüfbericht des Labors in der Anlage 6 beigefügt.

6.3.1 Asphalt

In der etwa 15 cm starken Asphaltdecke bei BK 1 sind nur geringer PAK-Gehalt von 1,6 mg/kg nachzuweisen. Die Asphaltdecke ist daher als "nicht teerhaltig" einzustufen.
Asphalt mit PAK-Gehalten bis 10 mg/kg kann im normalen Bitumenrecycling (Heißmischverfahren) verwertet werden.
Als Abfallschlüssel gilt nach der Abfallverzeichnisverordnung (AW) die Schlüsselnummer 17 03 02 ("Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen"). Es handelt sich dabei nicht um gefährlichen Abfall.

6.3.2 Bodenuntersuchungen nach VwV Bodenverwertung

Aus den chemischen Untersuchungen ergeben sich die folgenden abfalltechnischen Einstufungen nach VwV Bodenverwertung[1], wobei für die Einstufung die Orientierungswerte für die VwV-Bodenart "Sand" angesetzt wurden:

- Die durch die Probe MP 1 (Auffüllung BK 1) charakterisierte Auffüllung im Umfeld der Bohrung BK 1 ist formal in die VwV-Qualitätsstufe Z 0*IIIA einzustufen.
  Maßgeblich hierfür ist ein leicht erhöhter Nickelgehalt im Feststoff, der mit 16 mg/kg knapp über der Z 0-Obergrenze von 15 mg/kg für die Bodenart "Sand" liegt.
  Die erhöhte elektrische Leitfähigkeit im Eluat von 450 pS/cm (= Z 1.2) ist nach den Erläuterungen zu VwV-Bodenverwertung allein kein Ausschlusskriterium.

[1] Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial ("VwV Bodenverwertung") vom 14. März 2007

- Die durch die Probe MP 2 (Auffüllung BK 2) bis 2,2 m Tiefe charakterisierte Auffüllung im Umfeld der Bohrung BK 2 sowie die durch Probe MP 3 (SW-Abl. + AL) repräsentierten natürlichen Sauerwasserablagerungen und der Auelehm aus BK 1 und BK 2 sind in die VwV-Qualitätsstufe Z 0 einzustufen.
  Auch hier sind die erhöhten elektrischen Leitfähigkeiten im Eluat von 430 pS/cm bzw. 380 pS/cm (= Z 1.2) nach den Erläuterungen zu VwV-Bodenverwertung allein kein Ausschluss - kriterium.

6.3.3 Auffällige Schicht in BK 2

Eine Probe aus dem untersten Bereich der Auffüllungen in BK 2: 2,2 m bis 2,6 m Tiefe wurde wegen ihrer Schlackebeimengungen sowie eines teerartigen Geruchs auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht.

- Der PAKis-Gesamtgehalt ist mit 300 mg/kg stark erhöht.
- Dieser Wert liegt weit über dem Z 2-Zuordnungswert nach VwV Bodenverwertung. Aushub/Ausbruch aus dieser Lage ist daher nicht verwertbar und muss gesondert entsorgt werden.
- Diese Lage sollte daher beim Aushub als Haufwerk oder in Mulden separiert werden. Eine Zuordnung zu einem Entsorgungsweg ist erst nach anschließender Haufwerks -/Muldenbeprobung und Deklarationsuntersuchungen nach Deponieverordnung (DepV) möglich.
- Aus dem bislang vorliegenden PAK-Gehalt ergibt sich, vorbehaltlich der nach Separierung noch notwendigen Deklarationsanalysen, vorläufig eine Einstufung in Deponieklasse DK I nach der "Handlungshilfe organische Schadstoffe auf Deponien" [2]. Je nach konkretem Entsorgungsweg/Deponie kann auch eine Einstufung in Deponieklasse DK II erfolgen, da nicht alle Deponien die Bewertungskriterien dieser Handlungshilfe anwenden.

---

[2] Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen ("Handlungshilfe organische Schadstoffe auf Deponien"), Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft, Mai 2012

7 Bautechnische Folgerungen

Aufgrund des angetroffenen und beschriebenen Baugrunds können für die weitere Planung und die Herstellung der Start- und Zielschächte (Abschnitt 7.1) und Hinweise zum Auffahren des Vorpresskanals (Abschnitt 7.2) gemacht werden.

Bei der Planung ist insbesondere die Lage des Bauvorhabens in der **Kernzone** des Heilquellenschutzgebietes gemäß Heilquellenschutzverordnung vom 11.06.02 zu beachten. Dies hat u.a. zur Folge, dass die Baumaßnahme (Verbauten sowie die Bauwerke selbst) tiefenmäßig mit einem Sicherheitsabstand von 0,5 m zur Quartärbasis (=Keuperoberfläche) begrenzt und eine Wasserhaltung nicht erlaubt ist. Ferner werden arbeitsbegleitende Kontrollmessungen von CO_2, des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit im freigelegten Grundwasser erforderlich. Sollte sich herausstellen, dass diese Randbedingungen bei der weiteren Planung nicht alle eingehalten werden können, müsste mit vorheriger Abstimmung mit dem Amt für Umweltschutz neben dem Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis ein entsprechender Antrag auf Befreiung von den Bestimmungen der Heilquellenschutzverordnung beantragt werden.

7.1.1 Start- und Zielschächte

Bei der Planung der Ausführung im Senkschachtverfahren ist zu beachten, dass auch unterhalb der im geologischen Schnitt (Anlage 3) dargestellten Nagelfuhschicht im Grundwasserwasser weitere nagelfuhartig verbackene Bereiche im Neckarkies nicht sicher ausgeschlossen werden können. Aufgrund deren Festigkeit könnte der Schacht auf diesen aufsitzen, die Entfernung des Nagelfluhs mittels Meißeln in dieser Tiefe von der Geländeoberkante aus jedoch ggfs. nicht bzw. nur mittels eines speziellen Schachtbaggers möglich ist. Dabei gehen wir davon aus, dass maximal bis in eine Tiefe von etwa 5 m von der Geländeoberkante aus mittels großer Bagger gearbeitet werden kann. Bei größerer Tiefe könnte ein Seilbagger oder Schachtgreifer auch mit Felswerkzeug zum Einsatz gelangen.

Alternativ könnte untersucht werden, ob eine Reduzierung der Schachttiefe und für den Fall tiefliegender Hindernisse ein temporärer Aushub zur Absenkung der Arbeitsebene an der Geländeoberkante möglich wäre. Die Tiefe des Zielschachtes sollte bis zur Oberkante des Nagelfluh begrenzt werden.
Soll ein Geländeeinschnitt ausgeführt werden, kann dieser in den anstehenden vorwiegend nichtbindigen oder bindigen weichen Auffüllungen nach DIN 4124 bei Böschungshöhen < 5 m ohne rechnerischen Nachweis mit einer Neigung von 45° geböscht werden .

Alternativ können die Schächte innerhalb auch an der Sohle wasserdicht auszubildender Baugrubenverbauten ausgeführt werden: entweder eine überschnittene Bohrpfahlwand oder eine Spundwand, für die jedoch Sandersatzbohrungen zum Durchdringen des Nagelfluhs erforderlich würden. Wir weisen in diesem Zusammenhang nochmals auf den in der Kernzone einzuhaltenden Sicherheitsabstand der Verbauten von 0,5 m zur Quartärbasis (=Keuperoberf läche) hin. Die Baugruben sind dann mittels auftriebssicher auszubildenden Unterwasserbetonsohlen abzudichten .

Zur Herstellung einer trockenen Baugrube an der Kanalausmündung am Dammfuß im Neckar sind eine Spundwand in Verbindung mit einer umlaufenden Fangedammkonstruktion im Neckar denkbar. Bei den hier herrschenden Geländeverhältnissen müsste der Verbau mittels Schreitbagger oder vom Wasser aus mittels Pontons hergestellt werden. Innerhalb dieser mittels Holmgurten ausgesteiften Umfassung der Baugrube wäre dann eine Unterwasserbetonsohle einzubringen. Auch hier ist der Sicherheitsabstand zur Keuperoberfläche zu beachten. Zur genauen Planung einer solchen Konstruktion ist eine ergänzende Baugrunderkundung erforderlich, alternativ müsste eine sich an unterschiedliche Gegebenheiten anpassende robuste Verbaukonstruktion entworfen werden.

Hinter der unterhalb des Grundwasserspiegels liegenden Ausfahröffnung und je nach Höhe des bauzeitlichen Bemessungswasserstandes gegebenenfalls auch hinter der Einfahröffnung müssen zur Abdichtung der Baugrube gegenüber dem Neckarkies beim Herausstemmen bzw. -brennen der Öffnungen in der Verbauwand Abdichtungsinj ekt ionen vorgenommen werden. Vor diesen wird dann eine sogenannte Brillenwanddichtung angeordnet.

Für die **Bemessung** der Absenkschächte oder der Verbauten und des Pressenwiderlagers können die in Abschnitt 6 angegebenen Bodenkennwerte angesetzt werden, wobei auch Verformungsbegrenzungen beachtet werden sollten. Maßgeblich wird vermutlich die Hochwasserbeanspruchung, siehe Anlage 3.

Der Erddruckansatz ist in Abhängigkeit des Bauverfahrens sowie der Steifigkeit der Wand und der Stützung gemäß den Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" EAB, bei kreisförmigem Grundriss gemäß EB 73, zu berücksichtigen. Für einen als unnachgiebig anzusehenden Druckring aus überschnitten Bohrpfählen wäre zum Beispiel als oberer Grenzwert der Erdruhedruck E_o anzusetzen, siehe auch EB 18. Als Wandreibungswinkel ist bei der Bohrpf alwand 5 = <p[1], bei der Spundwand 5 = % <p' maßgebend .
Bei der Ausführung der Schächte im Absenkverfahren ist durch den Überschnitt der Fußschneide zur Reduzierung der Mantelreibung während des Absenkvorgangs von einer Entspannung des Baugrundes im Nahbereich auszugehen, so dass der Ansatz des aktiven Erddrucks E_a ausreichend ist. Als Wandreibungswinkel ist jedoch $ö_a$ = 0 anzusetzen, da der Ringraum in der Regel mit einer thixotropen, möglichst keine Reibung übertragenden Schmierflüssigkeit (Bentonitsuspension) verfüllt wird.

Die Bodenklassen nach DIN 18300 (Erdarbeiten) und DIN 18301 (Bohrarbeiten) sind in Tabelle 5 des Abschnitts 6 aufgeführt .

Aufgrund ihrer Heterogenität und weichen Konsistenz der bindigen Anteile sind die beim **Aushub** der Schächte anfallenden

Auffüllungen für erdbautechnische Zwecke mit definierten Anforderungen nicht geeignet, es sei denn, dass Bodenverbesserungsmaßnahmen mit Bindemitteln vorgenommen werden. Weitere Voraussetzung ist die Zulässigkeit der Wiederverwertung, siehe Abschnitt 6.3.
Gemäß Baugesetzbuch (BauGB; § 202) ist Oberboden (Mutterboden) besonders zu schützen und einer Wiederverwendung zuzuführen.

Der auszuhebende Auelehm und die bindigen oder sandig-tonigen Sauerwasserablagerungen haben vorwiegend Wassergehalte etwa im Bereich ihres jeweiligen Wassergehaltes an der Ausrollgrenze oder knapp darunter, so dass von einer relativ guten Verdichtbarkeit ausgegangen werden kann, ggfs. jedoch auch ein erhöhter Verdichtungsaufwand betrieben werden muss. Weiche bis steife Bereiche des Auelehms wären für erdbautechnische Zwecke mit Bindemitteln zu verbessern.

Für eine ordnungsgemäße Verdichtung des anfallenden Neckarkieses sind größere nagelfluhartig verbackene Brocken auszusortieren oder zu zerkleinern. Bei stark erhöhten Feinkornanteilen können u.U. Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich werden.

Bei einer Wiederverwendung bindiger Böden sind diese beim Zwischenlagern vor Witterungseinflüssen derart zu schützen, dass die Einbaufähigkeit erhalten bleibt bzw. nicht weiter verschlechtert wird. Dazu ist das Aushubmaterial geordnet zu deponieren, also mit Gefälle einzubauen und zu verdichten, außerdem abzudecken oder glatt abzuwalzen.

7.1.2 Vorpresskanal

Die Bodenklassen nach DIN 18 319 im Bereich der aufzufahrenden Strecke sind in Tabelle 5 des Abschnitts 6 aufgeführt.

Die Wahl des Bauverfahrens und -ablaufs sowie die Wahl und der Einsatz der Baugeräte ist nach DIN 18319 Sache des Auf-

tragnehmers. In der gegebenen Situation gehen wir von einem Mikrotunnelbauverfahren mit hydraulischer Förderung aus. Da eine Wasserhaltung nicht möglich ist, ist eine Abdichtung und ein geschlossener Bohrkopf vorzusehen. Bei der Auswahl des Verfahrens ist insbesondere zu beachten, dass in der Kanaltrasse sowohl locker gelagerte Neckarkiese als auch harter Nagelfluh durchfahren werden müssen. Der Bohrkopf muss so ausgebildet sein, dass der Nagelfluh auf eine förderbare Größe zerkleinert werden kann.

Um die Reibungskräfte beim Rohrvortrieb zu reduzieren und Kurskorrekturen zu ermöglichen, wird die Vorpressung mit **Überprofil** ausgeführt werden müssen. Zur Minimierung von verfahrensbedingten Setzungen an der Geländeoberfläche und unter den zu unterfahrenden bestehenden Kanälen und Leitungen muss der Überschnitt auf das zwingend erforderliche Mindestmaß reduziert werden. Der Ringspalt zwischen Kanal und Baugrund wird zur Schmierung des Rohres und Stützung mit einer Bentonit-Gleitschicht verpresst, die langfristig nicht aushärtet, aber gleichzeitig in Längsrichtung eine ausreichende Abdichtung gegen das drückende Wasser bietet. Der zumindest im Bereich des Nagelfluh ggfs. verbleibende Ringraum ist zur Minimierung von Sackungen, die zu Senkungen an der Geländeoberfläche führen können, abschließend kraftschlüssig mit Zementsuspension zu verpressen. Bei zu großem Verpressgutverbrauch (Ablaufen der Suspension in grobkörnige Kiesbereiche) kann in einem weiteren Schritt eine zähflüssigere Suspension oder ein hydraulischer Füller verwendet werden .

In Abhängigkeit von den hier zu beachtenden Anforderungen an die Ebenheit der Bahnschiene sowie der Möglichkeiten eintretende Senkungen der Geländeoberfläche durch Nachstopfen des Gleisunterbaus auszugleichen, ist von Seiten der Planer in Abstimmung mit der Stuttgarter Straßenbahnen AG (SSB) festzulegen, ob genauere Abschätzungen der zu erwartenden Setzungen erforderlich sind und ob während der Vortriebsphase unter den

Bahngleisen ggfs. Einschränkungen (Geschwindigkeitsbeschränkungen) im Schienenverkehr erforderlich sind.

Die Bemessung des Vortriebsrohres ist für den Lockergesteinsbereich nach ATV-A 161 (1990) vorzunehmen, wobei aller Voraussicht nach die Vortriebskräfte für die Rohrbemessung maßgebend werden.

Entsprechend dem DVGW-Merkblatt 304 "Rohrvortrieb" empfehlen wir darüber hinaus zum Schutz des Straßen- und Bahnverkehrs, die Höhenlage der Fahrbahn und Schienen während des Vortriebs regelmäßig zu beobachten, um Senkungen frühzeitig erkennen zu können.

8 Baugrundüberprüfung und weitere Mitwirkung bei der Bauplanung und -ausführung

Das geologische Modell des Baugrunds resultiert aus punktuellen Aufschlüssen und ist Grundlage der bautechnischen Empfehlungen. Eine Überprüfung während der Schacht- und Rohrvortriebsarbeiten ist daher erforderlich. Wir empfehlen, uns Abweichungen vom beschriebenen Untergrundaufbau hinsichtlich der Schichtung, der Qualität und des Grundwassers sofort zu melden sowie die Baugruben- bzw. Schachtherstellung und Vorpressarbeiten von uns fachtechnisch begleiten zu lassen.

Anlagen Anlage

Lagepläne

- Übersichtslageplan (M 1:25000) mit Lage des Neckarkanals 1.1
- Lageplan des Neckarkanals (M 1:200) mit Lage der Erkundungspunkte und Verlauf des geologischen Schnittes (Anlage 3) 1.2

Schichtenfolgen der Kernbohrungen

- Kurzzeichen und Abkürzungen nach DIN 4023 und DIN 18196 2.0
- BK 1 2.1.1
- BK 2 2.1.2
- B 5 (1972) 2.1.3

Schichtenfolgen der Kleinbohrungen

- BS 1 und BS 2 (2004) 2.2

Bohrfortschritt der Rammkernbohrungen

- BK 1 2.3.1
- BK 2 2.3.2

Geologischer NW-SO-Geländeschnitt (M 1:200/1:100)
in Achse des Rohrvortriebs 3

Gw-Beschaffenheit: Probe aus BK 2 4

Bodenmechanische Laborversuche

- Zustandsgrenzen der Sauerwasserablagerung und des Auelehms 5.1
- Korngrößenverteilung der Sauerwasserablagerungen und der Neckarkiese 5.2

Chemische Untersuchungen von Bodenproben
Prüfbericht des chemischen Labors 6

S&P



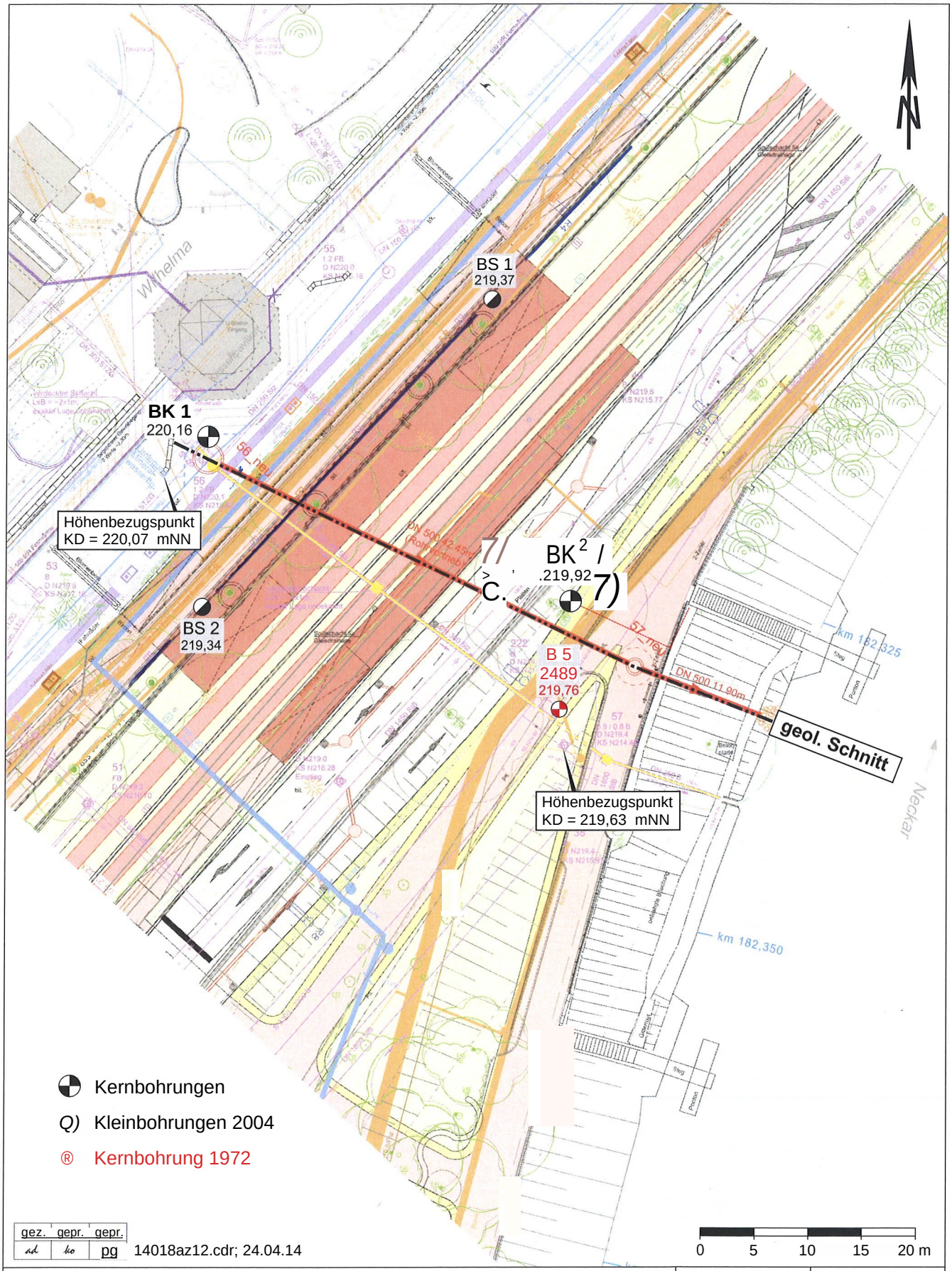
gez.	gepr.	gepr.
ad	ko	PS

L\X®-W (www.lv-bw.de) 03.02.03, AZ:2851.2-D/1915;
thematisch ergänzt durch S&P , 14018az11.cdr

0 250 500 750 1000m

Übersichtslageplan mit Lage des Neckarkanals	Maßstab 1:25000	Anlage 1.1

S&P



gez.	gepr.	gepr.
ad	ko	pg

14018az12.cdr; 24.04.14

0 5 10 15 20 m

Lageplan mit Lage der Erkundungspunkte und Verlauf des geologischen Geländeschnittes	Maßstab 1:500	Anlage 1.2

Untersuchungsstellen

E3	SCH	Schürf
S	BK	Kernbohrung
3	BS	Kleinbohrung

Rammsondierung (Dynamic Probing)

®	DPL	leichte	Sonde (light)
®	DPM	mittelschwere	Sonde (medium)
®	DPH	schwere	Sonde (heavy)

Bodenproben

JL Güteklasse 1
JZL Güteklasse 3
☒ Kernstück

Bodenarten-Beschreibung

A	Auffüllung		
Y	Blöcke	y	mit Blöcken
X	Steine	**x**	steinig
G	Kies	g	kiesig
S	Sand	s	sandig
U	Schluff	u	schluffig
T	Ton	t	tonig
H	Humus, Torf	h	humos, torfig
F	Faulschlamm	o	org. Anteile
Mg	Mergel	mg	mergelig
		dol.	dolomitisch

Korngrößen

f fein
m mittel
g grob

grobkörnige Nebenanteile
(Massenanteile Körnungslinie)
■ schwach (< 15 %)
" stark (>30%)

feinkörnige Nebenanteile
(Einfluss auf Verhalten des Bodens)
‘ schwach
– stark

organische Anteile
(Trockenmassenanteil)
o‘ schwach (2 - 6 %)
o mittel (6 - 20 %)
ö stark (> 20 %)

Konsistenz

breiig und sehr weich
| weich
⋮ steif
| halbfest
|| fest

Kalkgehalt
(Aufbraus-Test: 10 % HCl)
Ca:0 kalkfrei
Ca:+ kalkhaltig
Ca:++ stark kalkhaltig

Felsarten-Beschreibung

		Gesteinsfestigkeit (DIN 1054)	zugehöriger Feldversuch (in Anlehnung an DIN EN ISO 14689-1)
Z	Fels allgemein	sehr mürb	- mit Fingernagel leicht ritzbar, zw. Fingern zerdrückbar
Zv	Fels verwittert		
Ko, Br	Konglomerat, Brekzie	mürb	- mit Messer ritzbar, von Hand stückig zerbrechbar
Sst	Sandstein		
Utst	Schlufftonstein	mäßig mürb	- mit Messer schwer ritzbar, durch feste Hammerschläge mit Spitze einkerbbar
Ust, Tst	Schluffstein, Tonstein		
Mst, Kst	Mergelstein, Kalkstein		
Dst	Dolomitstein	mäßig hart	- mit einem einzigen Hammer-schlag zerbrechbar
Gyst	Gipsstein		
Mem	Massige Metamorphite (z.B. Gneis)	hart	- nur mit mehreren Hammer-Schlägen zerbrechbar
Pl	Plutonite (z.B. Granit)		
Vu	Vulkanite (z.B. Basalt)		

Zerlegung

\ klüftig

Trennflächenabstand
engständig (dünnbankig): < 200 mm
mittelständig (mittelbk.): 200-600 mm
weitständig (dickbankig): > 600 mm

Kalkgehalt
(Aufbraus-Test: 10 % HCl)
Ca:0 kalkfrei
Ca:+ kalkhaltig
Ca:++ stark kalkhaltig

Verwitterungsstufen*	W5	W4	W3	W2	W1	WO
Gesteinstyp	Boden	Boden + Gestein	Festgestein			
Beschreibung	zersetzt	vollst. verwittert	stark verwittert	mäßig verwittert	schwach verwittert	frisches Gestein
Zerlegung / Verfärbung an Trennflächen	ohne Gefüge	Restgefüge	Auflockerung an Trennflächen		Verfärbung	möglicherw. leichte Verfärb.
Merkmal		grusig, blättrig, bröckelig, stückig		Kernstück, -scheibe	Voll	kern

*) nach DIN EN ISO 14689-1

Grundwasser (Gw)

Gw-Spiegel / Gw-Stand

y 100,00 mNN — Undefiniert oder nach Bohrende
↑ Wasserspiegel, steigend
XV 100,00 mNN — angebohrt
↓ Wasserspiegel, fallend
▼ 100,00 mNN — in Ruhe im ausgebauten Bohrloch
20.12.98 — Datum

Vernässung oberhalb des Gw

Gw-Messstelle

T Aufsatzrohr
rn Ringraum-Zementation
ei Filterrohr
Ll Sumpfrohr
|| Quellton
L Bohrendtiefe

Normen:
DIN EN 1997, DIN 1054
DIN EN ISO 14688, DIN EN ISO 14689-1
DIN 4022, DIN 4023

Kurzzeichen und Abkürzungen

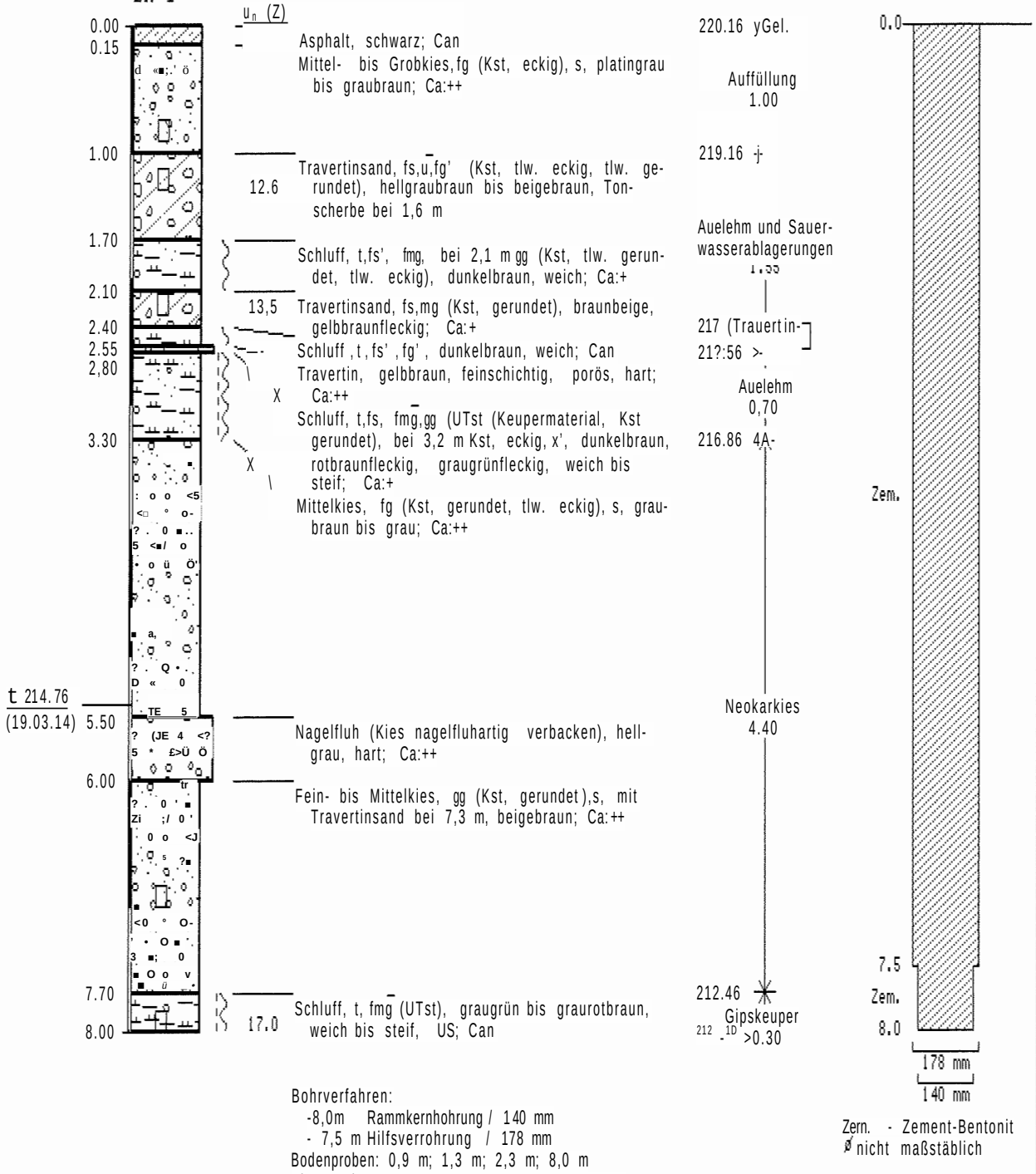
Anlage 2.0

S&P

TK 25: 7121 Stuttgart -NO
R - 35 15 356 / H 54 07 422
Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 220.16 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Terrasond GmbH
am : 18.03.14
aufgenommen: Dipl.-Geol. Peter Bröhl/S&P
G:'SFAUFTR14'14018'8K01.bpr; ad; 29.04.2014

BK 1



Verfüllung

Bohrverfahren:
-8,0m Rammkernhohrung / 140 mm
- 7,5 m Hilfsverrohrung / 178 mm
Bodenproben: 0,9 m; 1,3 m; 2,3 m; 8,0 m
Eimerproben: 4,3-4,8 m; 5,0-5,5 m; 6,5-7,0 m
Geruch unauffällig
Gwi angetroffen bei 6,4 m u, Gel, (18.03,14)
nach 10 Min. angestiegen auf 5,4 m u. Gel.

Zern. - Zement-Bentonit
Ø nicht maßstäblich

gez.	gepr.	gepr.
ad		

Legende : Anlage 2.0

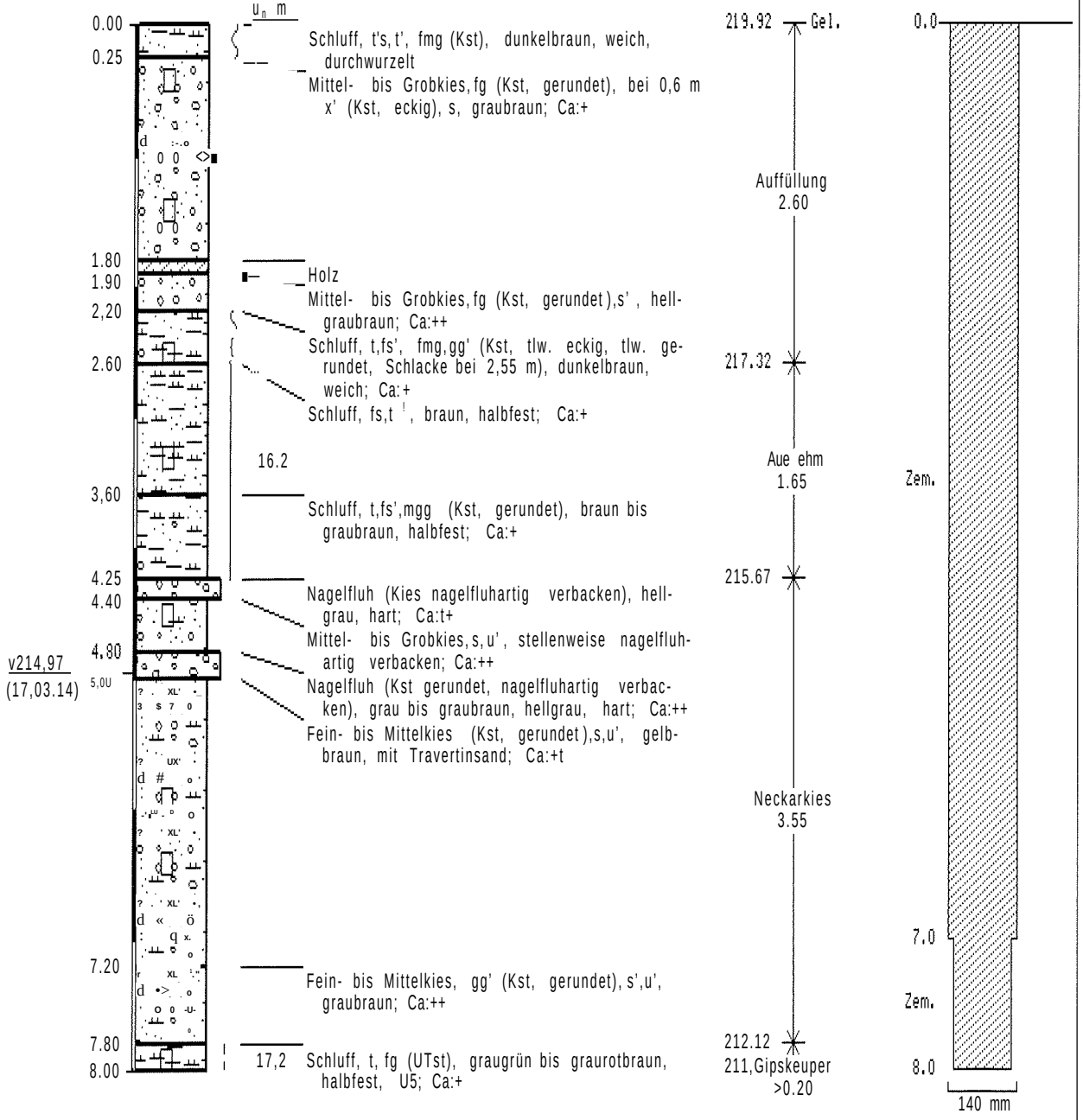
Schichtenfolge der Kernbohrung BK 1	Maßstab 1:50	Anlage 2.1.1

TK 25: 7121 Stuttgart-NO
R - 35 15 385 / H - 54 07 411
Lage siehe auch Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 219,92 mNN (= Gel.)

gebohrt von: Terrasond GmbH
am : 17.03.14
aufgenommen: Dipl. -Geol. Peter Bröhl/S&P
G:\WAUFTR14\14018\BK02.bpr; ad; 29.04.2014

Verfüllung

BK 2



Schluff, t's, t', fmg (Kst), dunkelbraun, weich, durchwurzelt

Mittel- bis Grobkies, fg (Kst, gerundet), bei 0,6 m x' (Kst, eckig), s, graubraun; Ca:+

Holz

Mittel- bis Grobkies, fg (Kst, gerundet), s' , hellgraubraun; Ca:++

Schluff, t,fs', fmg,gg' (Kst, tlw. eckig, tlw. gerundet, Schlacke bei 2,55 m), dunkelbraun, weich; Ca:+

Schluff, fs,t ! , braun, halbfest; Ca:+

Schluff, t,fs',mgg (Kst, gerundet), braun bis graubraun, halbfest; Ca:+

Nagelfluh (Kies nagelfluhartig verbacken), hellgrau, hart; Ca:t+

Mittel- bis Grobkies, s, u' , stellenweise nagelfluhartig verbacken; Ca:++

Nagelfluh (Kst gerundet, nagelfluhartig verbacken), grau bis graubraun, hellgrau, hart; Ca:++

Fein- bis Mittelkies (Kst, gerundet), s,u', gelbbraun, mit Travertinsand; Ca:+t

Fein- bis Mittelkies, gg' (Kst, gerundet), s',u', graubraun; Ca:++

Schluff, t, fg (UTst), graugrün bis graurotbraun, halbfest, U5; Ca:+

Bohrverfahren:
- 8,0 m Rammkernbohrung 140 mm
- 7,0 m Hilfsverrohrung 178 mm

Bodenproben: 0,5 m; 1,5 m; 2,6 m; 3,4 m; 4,6 m; 8,0 m
Eimerproben: 5,5-6,0 m; 6,0-6, 5 m
Geruch unauffällig
Gw angetroffen bei 6,5 m u. Gel. (17.03.14)
nach 5 Hin. angestiegen auf 4,95 m u. Gel.

Zem. = Zement-Bentonit
Ø nicht maßstäblich

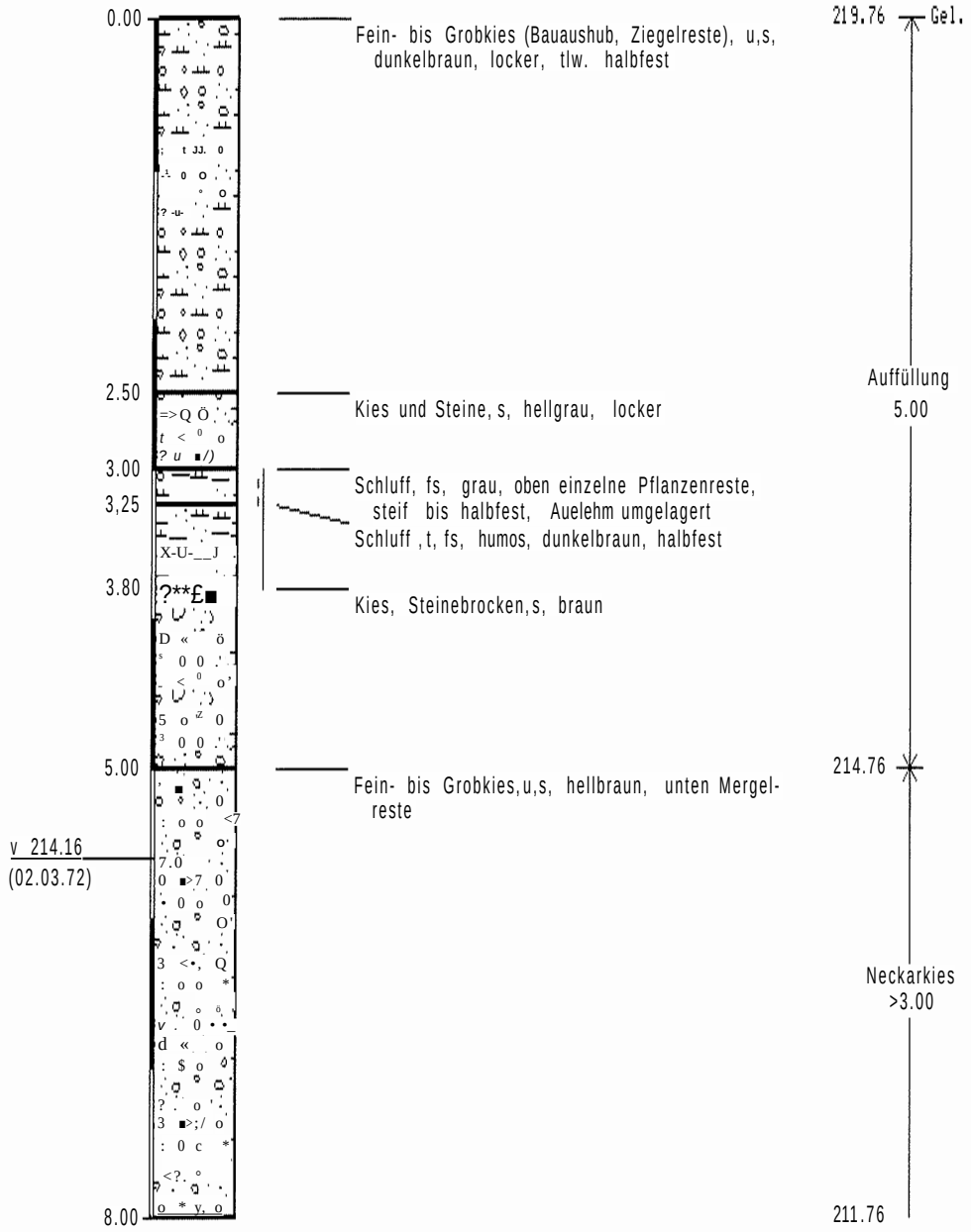
gez	gepr.	gepr.
ad		

Legende: Anlage 2.0

Schichtenfolge der Kernbohrung BK 2	Maßstab 1:50	Anlage 2.1.2

TK 25: 7121 Stuttgart-NO
R - 35 15 389,35 / H - 54 07 394,98 am : 02,03.72
Lage siehe auch Anlage 1,2 aufgenommen: Geolog. Landesamt Baden-Württemberg
Ansatzhöhe: 219.76 mNN (= Gel,) G:'S8P'AUFTR14'14018'BK01.bpr; ad; 28.04.2014

B 5 (1972)



Fein- bis Grobkies (Bauaushub, Ziegelreste), u,s, dunkelbraun, locker, tlw. halbfest

Kies und Steine, s, hellgrau, locker

Schluff, fs, grau, oben einzelne Pflanzenreste, steif bis halbfest, Auelehm umgelagert

Schluff ,t, fs, humos, dunkelbraun, halbfest

Kies, Steinebrocken, s, braun

Fein- bis Grobkies, u,s, hellbraun, unten Mergelreste

Gu angetroffen bei 5,6 m u. Gel. (02.03.72)
angestiegen auf 5,85 m u, Gel, (13,03.72)

gez.	gepr .	gepr.
ael		PB

Legende: Anlage 2.0

Schichtenfolge der Kernbohrung B 5	Maßstab 1:50	Anlage 2.1.3

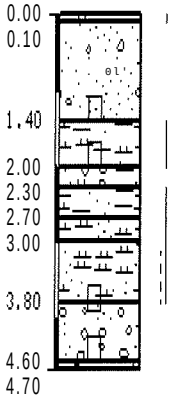
S&P

TK 25: 7121 Stuttgart-NO
R = 35 15 378 / H = 54 07 432
genaue Lage s. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: N 218.37 mNN

gebohrt von: Brohl, Klingler/SsP
am : 25.06.13
aufgenommen: Oipl.-Geol. Peter Bröhl/SXP
G:'SSP'AUFTR04'04110'BS01.bpr; ad; 29.04.2014

Verfüllung

BS 1 (2004)



0.00 – 0.10 Schluff, s, durchwurzelt, dunkelbraun, halbfest; Ca:+ (Oberboden)

0.10 – 1.40 Feinsand,fg (Kst, Ziegel), graubraun; Ca:++

1.40 – 2.00 Schluff, t,fs,fg (Kst, gerundet, UTst), graubraun, halbfest; Ca:++

2.00 – 2.30 Fein- bis Mittelkies (Kst, eckig), s,u', grau; Ca:++

2.30 – 2.70 Schluff ,fs, t', fmg (Kst, UTst), graurotbraun, Uurzelreste, halbfest; Ca:++

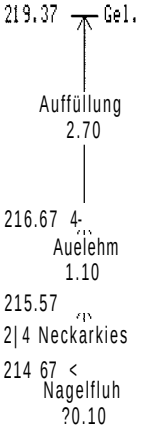
2.70 – 3.80 Schluff ,s, beigebraun, halbfest; Ca:+

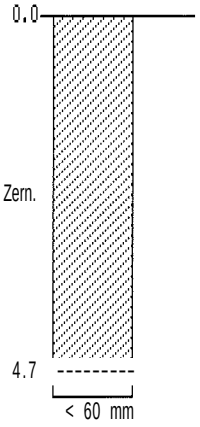
3.80 – 4.60 Schluff, fs, ab 3,7 m fg (Kst, gerundet), hellgrau-braun, steif bis halbfest; Ca:+

4.60 – 4.70 Fein- bis Mittelkies (Kst, gerundet), s, grau bis gelbbraun; Ca:++

Nagelfluh, hellgrau, hart, mehlig zerbchrt, tlw. verbacken, sehr schwer zu bohren

ab 4,7 m kein Bohrfortschritt, Gestänge sitzt auf, Spitze weiß
Bodenproben: 0,1-1, 4 m; 1, 4-2,0 m; 3,1-3, 8 m; 3,8-4, 6 m
Geruch unauffällig
Grundwasser nicht angetroffen





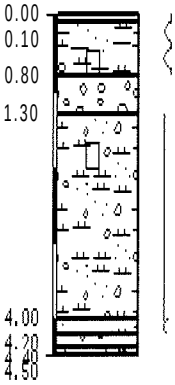
Zem. = Zement-Bentonit
/ nicht maßstäblich

R = 35 15 350 / H = 54 07 398
Ansatzhöhe: N 218.34 mNN

gebohrt am : 25,06.13
G:'SXP'AUFTR04'04110'8S02.bpr; ad; 28.04.2014

Verfüllung

BS 2 (2004)



0.00 – 0.10 Schluff ,t', fs, durchwurzelt, dunkelbraun, weich; Ca:+ (Oberboden)

0.10 – 0.80 Schluff, fs, fmg (Kst), dunkelbraun, weich; Ca:++

0.80 – 1.30 Fein- bis Mittelkies (Kst, eckig), grau; Ca:++

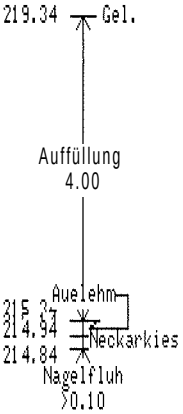
1.30 – 4.00 Schluff, fs,mgg (Kst, eckig, tlw. gerundet, Sst, UTst), graubraun, halbfest; Ca:++
von 2,0-3,2 m größtenteils Verlust

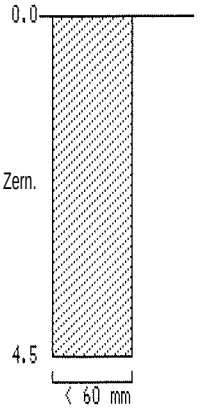
4.00 – 4.20 Schluff, fs, dunkelbraun, weich; Ca:+

4.20 – 4.40 Fein- bis Mittelkies (Kst, gerundet),fs, grau-braun; Ca:++

4.40 – 4.50 Nagelfluh, hellgrau, hart, mehlig zerbchrt; Ca:++

bis 4 m leicht zu bohren
ab 4,5 m kein Bohrfortschritt, Gestänge sitzt auf, Spitze weiß
Bodenproben: 0,1-0, 8 m; 1,0-2,0 m
Geruch unauffällig
Grundwasser nicht angetroffen





Zem. = Zement-Bentonit
Ø nicht maßstäblich

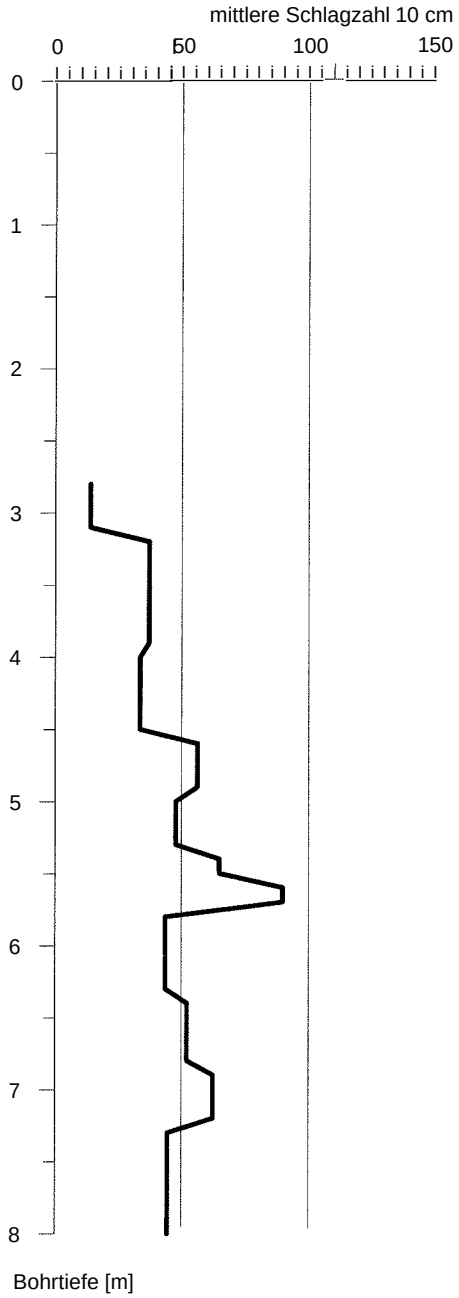
gez.	gepr.	gepr.
ad	Ks	PB

Legende : Anlage 2.0

Schichtenfolgen der Kleinbohrungen BS 1 und BS 2	Maßstab 1:100	Anlage 2.2

genaue Lage siehe Anlage 1.2
Ansatzhöhe 220,16 mNN (= Gelände)

BK 1



gez.	gepr.	gepr.
ad	-	Di

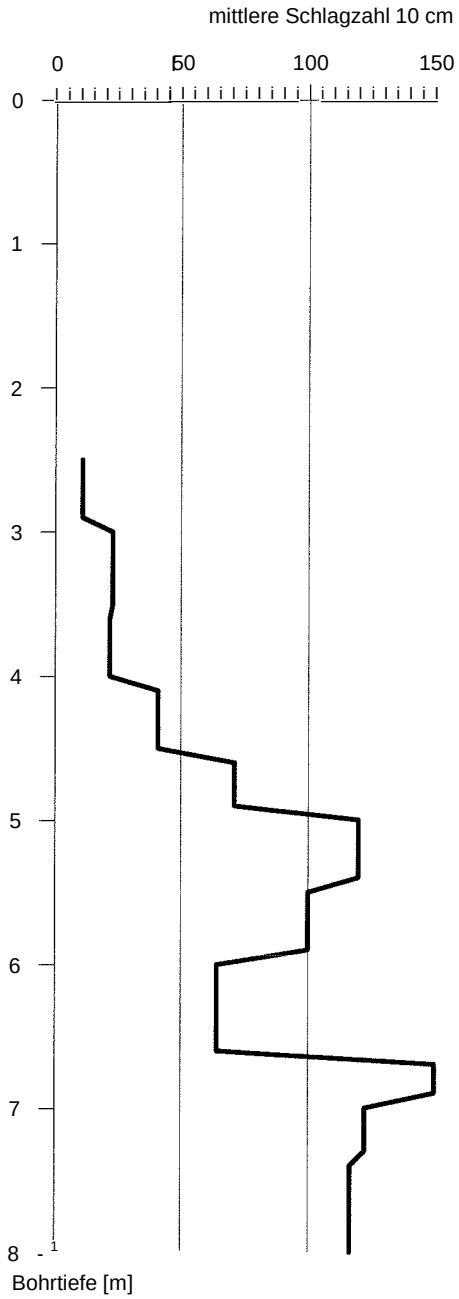
14018az231.grf

Bohrfortschritt bei Rammkernbohrung BK 1

Anlage 2.3.1

genaue Lage siehe Anlage 1.2
Ansatzhöhe 219,92 mNN (= Gelände)

BK 2



gez.	gepr.	gepr.
<«4	-	*Di*

14018az232.grf

Bohrfortschritt bei Rammkernbohrung BK 2

Anlage 2.3.2

S&P

Nordwest

Südost

best. verdeckter Schacht 73 ~2.00/1.00

BK 1
220,16
Zibischacht 56 neu
F-T LW0 2.60
siehe Detailplan

BS 2 (2004)
219,34

Neckartalstraße (B 10)

Neckartalstraße (B 10)

BK 2
219,92

B 5(1972)
219,76

Startschacht 57 neu
T LW0 3.20
siehe Detailplier

Haltestelle 3.440

Haltestelle 3.650

Fahrbahn 9.170

OK Str. 219.22

OK Str. 219.49

220 mNN

Gelände 1899

Travertin <and

Auffüllung

Säuerwasserablagerungen und Auelehm

Nagelfluh

Neckarkies

Gipskeuper

Rohrvortrieb DN 500

GW

214,76 (18.03.14)

214,97 (17.03.14)

214,16 (02.03.72)

~ 214,5 mNN

~ 212,45 mNN

Auslauf

Neckar
WSP (03.02.2014)
~214.16

215 mNN

NW 213,83 mNN

210 mNN

Wasserstände (n-Fall)
bei km 182.30:
HQ 5 = 21 5.60
HQ 10 = 21 6.05
HQ 20 = 21 6.47
HQ 50 = 21 6.97
HQ 100 = 21 7.34
HQ 200 = 21 7.69
HQ 10 = 21 6.05

| | | |

Prüfbericht Nr. UST-14-0032685/01-1
Seite 2 von 2

Probenbezeichnung: **BK 2 4,95 m**
Probe Nr. UST-14-0032685-01

Laboruntersuchungen

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Aussehen		viel Bodensatz	sensorisch
Geruch		Benzingeruch	sensorisch
Farbe		farblos	sensorisch
pH-Wert		7,18	DIN 38 404-C 5
Gesamthärte (als CaO)	°dH	37,4	DIN 38 409-H 6
Nichtkarbonathärte	°dH	18,3	DIN 38 409-H 6
Karbonathärte	°dH	19,1	DIN 38 409-H 7-2
Permanganat-Index (als O2)	mg/l	1,91	DIN EN ISO 8467
Ammonium	mg/l	<0,040	DIN 38 406-E 5
Chlorid	mg/l	96,6	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	mg/l	459	DIN EN ISO 10304-1
Sulfid gelöst (S)	mg/l	<0,01	DIN 38 405-D 26

Metalle

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Magnesium	mg/l	41,0	DIN EN ISO 17294-2 (E 29)

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Kalklösekapazität	mg CO2/l	<1	DIN 4030

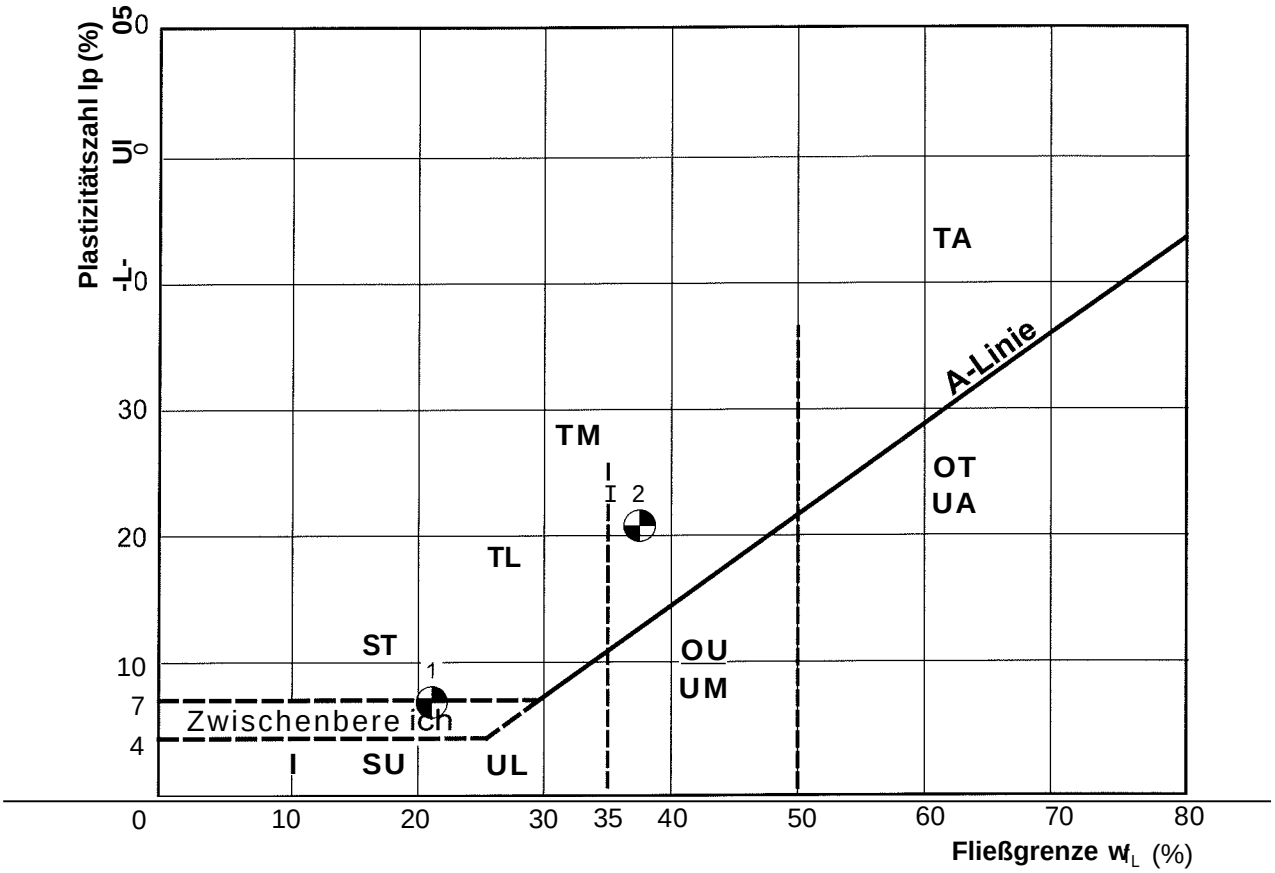
Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung der Synlab Umweltinstitut GmbH.
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände. (DIN EN ISO 17025).

Karl-Heinz Vogt
stellv. Laborleiter

gez.	gepr.	gepr.
ad	-4o	pg

14018az4.cdr

S&P



Probe Nr.		1	2
Aufschluss		BK 1	BK 101
Entnahmetiefe (m u. Gel.)		2,3	3,4
Bodenart Geologie		U,s,t',fmg Sauerwasser-ablagerung	U,fs,t Auelehm
natürl. Wassergehalt	w_n (%)	13,5	16,2
Fließgrenze	w_L (%)	20,7	36,8
Ausrollgrenze	Wp (%)	13,8	16,2
Plastizitätszahl	Ip (%)	6,9	20,6
Konsistenzzahl Konsistenz	Ic (-)	1,03 halbfest	1,00 steif/halbfest

Bodenklassifikation nach DIN 18196:

SU Sand-Schluff-Gemisch
ST Sand-Ton-Gemisch

UL Schluff, leicht plastisch
UM Schluff, mitteiplastisch
UA Schluff, ausgeprägt zusammendrückbar

TL Ton, leicht plastisch
TM Ton, mittelplastisch
TA Ton, ausgeprägt plastisch

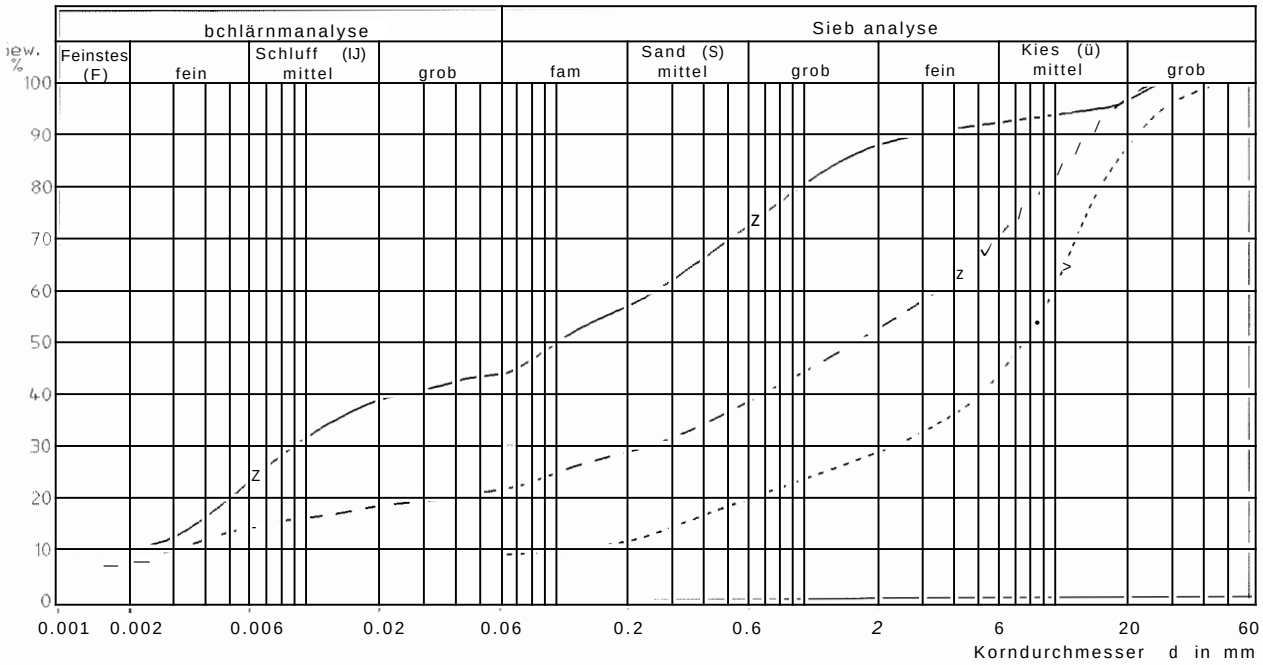
OU Schluffe mit organischen Beimengungen oder organogene Schluffe
OT Tone mit organischen Beimengungen oder organogene Tone

gez.	gepr.	gepr.
ad	ko	Di

14018az51.cdr

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122-1
Sauerwasserablagerung und Auelehm

Anlage 5.1



Nr	Kurvs	Auf-schlun	Tiefe IT)	StratigrapHie bzw, Probenherkunft	Bodenart	Boden-gruppe	F z	U "Z	c %	G 7.	d 10 mm	u	Q	File
1	—	H< I	2.30	Sauerwcisserabtagerijngen	S, U, g, t	1	10.5	33.1	43.9	12.5				SKI _1 J.KCM
2	—	B<1	4.80	Neckarkies	G, s, u	GU			19.5	71.7	0.13	77.6	4.5	BKI J _8.K0M
3	----- ···	B<2	6.00	Neckarkies	G, S, LI, t	cw	8.1	13.3	31.0	47.6	o.oa	200.8	6.0	BK2g.Kcivi

aus der Kornvprteibjng kann abgeleitet werden:

Ungteichformigkeitszahl: $U = d /d\text{-}iQ$ (wmtgest›ift beiu >& und i < c_c < gj

Krlimmungszahl: $0_r = d_{30}^2 / d_{10} \cdot d_{60}$

Durchlässigkeit (Hazen) $k\ (m/s) = 0{,}0116\ d_{10}^2$ bei U < 5; d_{10} in mm

Filterregel (Terzaghi) : $D_{f5} < dd_{85}$; $D_{15} >/■ d_{15}$ D = Filberkorn

08:14018L01, pg/MK, 29.04.14

Korngrößenverteilungskurven nach DIN 18 123 Sauerwasserablagerungen und Neckarkiese	Anlage 5.2

Chemische Untersuchungen
Prüfbericht Analytik-Team (5 Blatt)

14018az6.cdr

Chemische Untersuchungen von Bodenproben Prüfbericht des chemischen Labors	Anlage 6

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH

Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel.0711/951942-0
Fax0711/95 1942-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 14-018, S-Wilhelma: Neubau Neckarkanal
Projektbearbeiter: Herr Dr. Kaiser
Probenahme: durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 09.04.-15.04.2014

Untersuchungsbefund:

Parameter	MP1 (Auffüllung BK1)	MP2 (Auffüllung BK2)	MP3 (SW-Abl. + AL)	Dimension
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe: **PAK 16**				
Naphthalin	< 0,01	0,01	< 0,01	mg/kg TS
Acenaphthylen	< 0,01	0,02	< 0,01	mg/kg TS
Acenaphthen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Fluoren	< 0,01	0,01	< 0,01	mg/kg TS
Phenanthren	0,02	0,13	< 0,01	mg/kg TS
Anthracen	0,01	0,04	< 0,01	mg/kg TS
Fluoranthen	0,11	0,30	0,01	mg/kg TS
Pyren	0,09	0,23	< 0,01	mg/kg TS
Benzo(a)anthracen	0,08	0,13	< 0,01	mg/kg TS
Chrysen	0,09	0,16	< 0,01	mg/kg TS
Benzo(b/k)fluoranthen	0,14	0,25	< 0,01	mg/kg TS
Benzo(a)pyren	0,09	0,14	< 0,01	mg/kg TS
Dibenzo(ah)anthracen	0,01	0,01	< 0,01	mg/kg TS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,03	0,05	< 0,01	mg/kg TS
Benzo(ghi)perylen	0,04	0,08	< 0,01	mg/kg TS
Summe PAK 16*	0,71	1,6	0,01	mg/kg TS
Polychlorierte Biphenyle: **PCB**				
PCB 28	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 52	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 101	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 138	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 153	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 180	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Summe PCB*	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.
Analytik: PAK: Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW bzw. sinngemäß auch nach DIN ISO 18287
PCB DIN ISO 10382 bzw. sinngemäß auch nach DIN EN 15308

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH

Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel.0711/951942-0
Fax0711/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 14-018, S-Wilhelma: Neubau Neckarkanal
Projektbearbeiter: Herr Dr. Kaiser
Probenahme: durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum. 09.04.-15.04.2014

Untersuchungsbefund:

Parameter	MP1 (Auffüllung BK1)	MP2 (Auffüllung BK2)	MP3 (SW-Abl. + AL)	Dimension
Dichlormethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
1,1-Dichlorethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Trichlormethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlormethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Trichlorethen	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlorethen	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Summe LHKW*	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Benzol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Toluol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Ethylbenzol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
m/p-Xylol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
o-Xylol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Summe BTEX*	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Analytik: LHKW: DIN EN ISO 10301, GC-ECD
BTEX: DIN 38407-9, GC-FID

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH

Daimler Str. 6
70736 Felibach-
Oeffingen
Tel. 0711/951942-0
Fax 0711/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 14-018, S-Wilhelma: Neubau Neckarkanal
Projektbearbeiter: Herr Dr. Kaiser
Probenahme: durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 09.04.-15.04.2014

Untersuchungsbefund:

Parameter		MP1 (Auffüllung BK1)	MP2 (Auffüllung BK2)	MP3 (SW-Abl. + AL)	Dimension
Extrah. org. Halogenverb.	**EOX**	< 0,50	< 0,50	< 0,50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe C_{10}-C_{22}		< 50	< 50	< 50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe C_{10}-C_{40}		< 50	< 50	< 50	mg/kg TS
Cyanide, ges.	**CN'**	< 0,10	< 0,10	< 0,10	mg/kg TS
Schwermetalle:					
Arsen	**As**	5,2	5,8	7,4	mg/kg TS
Blei	**Pb**	33	6,1	17	mg/kg TS
Cadmium	**Cd**	< 0,40	< 0,40	< 0,40	mg/kg TS
Chrom, ges.	**Cr**	13	8,9	11	mg/kg TS
Kupfer	**Cu**	18	6,1	12	mg/kg TS
Nickel	**Ni**	16	6,7	10	mg/kg TS
Quecksilber	**Hg**	< 0,10	< 0,10	< 0,10	mg/kg TS
Thallium	**Tl**	< 0,50	< 0,50	< 0,50	mg/kg TS
Zink	**Zn**	54	22	41	mg/kg TS

Analytik:				
EOX:	DIN 38414-17	KW-GC:	DIN EN 14039
Cyanide, ges.:	ISO 11262	Säureaufschluss:	DIN EN 13657
Quecksilber:	DIN EN 1483	Metalle außer Hg:	DIN EN ISO 11885

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH

Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel.0711/951942-0
Fax0711/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.anaiytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Eluat

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 14-018, S-Wilhelma: Neubau Neckarkanal
Projektbearbeiter: Herr Dr. Kaiser
Probenahme: durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 09.04.-15.04.2014

Untersuchungsbefund:

Parameter		MP1 (Auffüllung BK1)	MP2 (Auffüllung BK2)	MP3 (SW-Abl. + AL)	Dimension
pH-Wert	bei 19°C	7,7	7,8	7,9	—
Leitfähigkeit	bei 25°C	450	430	380	pS/cm
Chlorid	**Cl^-**	15	12	16	mg/l
Sulfat	**SO_4^{2-}**	7,9	3,1	4,3	mg/l
Cyanide, ges.	**CN^-**	< 5,0	< 5,0	< 5,0	pg/i
Phenolindex	**PI**	< 10	< 10	< 10	pg/i
Schwermetalle:					
Arsen	**As**	< 3,0	< 3,0	< 3,0	Mg/i
Blei	**Pb**	< 10	< 10	< 10	Mg/i
Cadmium	**Cd**	< 1,0	< 1,0	< 1,0	Mg/i
Chrom, ges.	**Cr**	< 10	< 10	< 10	Mg/i
Kupfer	**Cu**	< 10	< 10	< 10	Mg/i
Nickel	**Ni**	< 10	< 10	< 10	Mg/i
Quecksilber	**Hg**	< 0,10	< 0,10	< 0,10	Mg/i
Zink	**Zn**	<25	<25	<25	Mg/i

Analytik:					
	Eluat:	DIN EN 12457-4	pH-Wert:	DIN 38404-5
	Leitfähigkeit:	DIN EN 27888	Chlorid, Sulfat:	DIN EN ISO 10304
	Cyanide, ges:	DIN 38405-14	Phenolindex:	DIN 38409-16
	Quecksilber:	DIN EN 1483	Metalle außer Quecksilber:	DIN EN ISO 11885

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP1 (Auffüllung BK1)	MP2 (Auffüllung BK2)	MP3 (SW-Abl. + AL)
Labornummer:	1404077/1	1404077/2	1404077/3
Matrix:	Feststoff	Feststoff	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Eimer	PE-Eimer	PE-Eimer
Probenmenge:	ca. 5 kg	ca. 5 kg	ca. 5 kg

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH

Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 0711/95 1942-0
Fax 0711/95 1942-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik im Feststoff

Auftraggeber: Smoltczyk & Partner GmbH, Untere Waldplätze 14, 70569 Stuttgart
Projekt: 14-018, S-Wilhelma: Neubau Neckarkanal
Projektbearbeiter: Herr Dr. Kaiser
Probenahme: durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 09.04.-15.04.2014

Untersuchungsbefund:

Parameter	BK2: 2,2-2,6m	BK1 Asphalt	Dimension
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe: **PAK 16**			
Naphthalin	9,0	0,04	mg/kg TS
Acenaphthylen	6,4	0,02	mg/kg TS
Acenaphthen	2,0	0,02	mg/kg TS
Fluoren	9,0	0,02	mg/kg TS
Phenanthren	50	0,07	mg/kg TS
Anthracen	15	0,02	mg/kg TS
Fluoranthen	53	0,19	mg/kg TS
Pyren	39	0,18	mg/kg TS
Benzo(a)anthracen	28	0,18	mg/kg TS
Chrysen	22	0,22	mg/kg TS
Benzo(b/k)fluoranthen	30	0,14	mg/kg TS
Benzo(a)pyren	22	0,14	mg/kg TS
Dibenzo(ah)anthracen	1,7	0,02	mg/kg TS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	5,5	0,03	mg/kg TS
Benzo(ghi)perylen	6,8	0,12	mg/kg TS
Summe PAK 16*	300	1,4	mg/kg TS

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.
Analytik: PAK: Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	BK2: 2,2-2,6m	BK1 Asphalt
Labornummer:	1404077/4	1404077/5
Matrix:	Feststoff	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher	PE-Beutel
Probenmenge:	ca. 1 kg	ca. 1 kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 15. April 2014
Analytik-Team GmbH
i.V.

((DAkkS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14414-01-00

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.