



**Gemeinde Ammerbuch
z. Hd. Frau Wurster
Kirchstraße 6**

72119 Ammebuch

**Baugrunduntersuchung
Erschließung „Hagen III + IV“
in Ammerbuch - Altingen**

**Untersuchungsbericht Nr. 090715
vom 02. Oktober 2009**

Auftraggeber: Gemeinde Ammerbuch

Umfang des
Untersuchungsberichts: 24 Textseiten, 7 Anlagen

Ausfertigung Nr.:



Inhaltsverzeichnis

1. Vorbemerkungen	3
2. Lage	3
3. Durchgeführte Untersuchungen	4
4. Geologische Verhältnisse.....	4
4.1 Gipskeuper.....	4
4.2 Quartäre Deckschichten	5
5. Hydrogeologische Verhältnisse.....	7
6. Beurteilung	9
6.1 Grundwasser und Grundwasserschutz	9
6.2 Beurteilung des Untergrundes	11
6.3 Pedologische Verhältnisse.....	12
6.4 Erdbebensicherheit.....	13
6.5 Gipsdolenen	13
7. Empfehlungen	14
7.1 Angaben zum Baufeld.....	14
7.2 Leitungsgräben	14
7.3 Einrichten der Straßen.....	18
7.4 Angaben zur Bebauung	19
7.5 Behandlung des Tagwassers.....	22
7.6 Wiederverwendung der Aushubmassen.....	22
8. Zusammenfassung	23
9. Schlussbemerkung	24

Anlagen:

- Anlage 1: Übersichtsplan
- Anlage 2: Lageplan
- Anlage 3: Ergebnisse der Bohrungen
- Anlage 4: Bodenkennwerte
- Anlage 5: Geologische Schnitte
- Anlage 6: Ergebnisse der Versickerungsversuche
- Anlage 7: Grundwassergleichenplan



1. Vorbemerkungen

Die Gemeinde Ammerbuch plant die Erschließung des Gewerbegebiets „Hagen III + IV“ im Ortsteil Altingen. Es handelt sich dabei um ein ca. 380 x 350 m großes Areal im Nordwesten des bereits bestehenden Gewerbegebiets „Hagen“.

Unser Büro wurde am 28.08.09 von der Gemeinde Ammerbuch beauftragt, eine Baugrunduntersuchung gemäß unseres Angebotes vom 30.04.09 durchzuführen.

Folgende Unterlagen standen uns zur Verfügung:

1. Planauszug Ammerbuch Altingen, Hagen III + IV 1:1.000
2. Bebauungsplan Hagen III 1:500 vom 15.08.09, Ingenieurbüro Schneck
3. Auspflockung Bohrpunkte vom 31.08.08. Ingenieurbüro Schneck
4. Topografische Karte 1:25.000, Blatt 7419 Herrenberg
5. Geologische Karte 1:25.000, Blatt 7419 Herrenberg
6. Erschließung Gewerbegebiet „Hagen“, Fritz Planungsgesellschaft mbH vom 26.04.1993 mit Ergänzung vom 17.06.1993
7. Baugrundgutachten Erschließung des Gewerbegebiets „Hagen I + II“ vom 12.01.1993, Ingenieurbüro Blessing

2. Lage

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Norden von Ammerbuch-Altingen in nordöstlicher Verlängerung des bestehenden Gewerbegebietes „Hagen I + II“.

Das geplante Gewerbegebiet grenzt im Südosten und Osten an die K 6917. Im Süden und Südwesten ist es über bestehende Stichstraßen vom Gewerbegebiet „Hagen I + II“ aus zu erreichen. Im Nordwesten und Nordosten grenzt das Untersuchungsgebiet an befestigte und unbefestigte Feldwege. Die innerhalb des Areals liegende intensiv genutzte Ackerflur ist durch Graswege erschlossen. Von Nordwesten nach Südosten wird es von einer Freileitung der ENBW gequert.

Das Areal weist überwiegend ein Gefälle nach Süden und Südosten auf. Im Nordosten und Osten bildet es eine flache Geländemulde, die parallel zur K 6917 verlaufend nach Südwesten entwässert. Vor dem bestehenden Gewerbegebiet befindet sich in der Muldensohle ein Muldeneinlauf.

Im Nordosten verläuft parallel zum Feldweg 2876/1 ein Graben. Dieser entwässert über die Muldenlage durch die Feldflur zum Muldeneinlauf an der Grenze zum bestehenden Gewerbegebiet. Der Wassergraben war zum Zeitpunkt der Untersuchungen überackert und war daher in der Feldflur nicht mehr zu erkennen.



3. Durchgeführte Untersuchungen

Am 01.09.09 und 02.09.09 wurden zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse 16 Kleinbohrungen \varnothing 28 – 32 mm niedergebracht. Die Bohrpunkte wurden so gewählt, dass die gesamte Fläche sowie potentielle Erschließungsstraßen erfasst wurden. Die Bohrpunkte wurden am 31.08.09 nach unseren Vorgaben durch das Ingenieurbüro Schneck ausgepflockt und nach Lage und Höhe eingemessen. In sämtlichen Kleinbohrungen wurde am 02.09.09 der Wasserstand gemessen. Im Anschluss wurden letztere mit Quellton verschlossen. Die Lage der Bohrungen ist aus Anlage 2 ersichtlich.

Zur Durchführung von Versickerungsversuchen wurden am 02.09.09 neben den Kleinbohrungen BS 4, BS 11, BS 15 und BS 16 Bohrungen \varnothing 50 mm bis in eine Tiefe von 2,0 m unter Gelände abgeteuft. Zur Messung der Versickerungsrate wurden die Bohrlöcher mit PVC-Filterrohren ausgebaut. Ein weiterer Ausbau fand nicht statt. Die Versickerungsversuche wurden in der Zeit vom 03. – 15.09.09 durchgeführt. Nach Abschluss der Versuche und Ziehen der Rohre wurden die Versickerungsbohrungen mit Quellton verschlossen. Die Auswertung der Versickerungsversuche erfolgte mittels Permeabilitäts-Infiltrationstest nach dem hydrodynamischen Verfahren (PIV). Eine Plausibilitätsprüfung wurde mittels Slugtestverfahren durchgeführt.

4. Geologische Verhältnisse

Der Untergrund besteht aus Schichten des Gipskeupers und aus quartären Deckschichten. Künstliche Auffüllungen bestehen im Norden entlang befestigter Feldwegabschnitte in Form der Wegekoffer und einer Asphaltdecke.

4.1 Gipskeuper

Die Schichten des Gipskeupers werden bis zur jeweiligen Endteufe lediglich in den Bohrungen BS 2 (3,1 – 5,0 m), BS 5 (1,9 – 3,2 m), BS 9 (2,8 – 5,0 m), BS 10 (1,5 – 2,2 m), BS 12 (3,8 – 4,5 m), BS 13 (4,5 – 5,0 m), BS 14 (3,9 – 4,6 m), und BS 16 (4,9 – 5,0 m) angeschnitten.

Es bestehen überwiegend Mergel von oliver bis graugrüner sowie auch rotbrauner Farbe. Teilweise weisen diese dolomitische Eigenschaften auf. Felsartige Verhältnisse wurden in folgenden Bohrungen angetroffen:

Bohrung	m u. GOK	m ü. NN
BS 5	3,2 m	387,89
BS 10	2,2 m	386,81
BS 12	4,5 m	380,10
BS 14	4,6 m	382,79



Die felsartigen Zonen konnten mit dem angewandten kleinkalibrigen Verfahren nicht weiter durchörtert werden.

In den Bohrungen BS 2, BS 9 und BS 13 war der Gipskeuper verwittert. Es bestanden Mergel mit diffus eingeschalteten Residualschluffen. Unter letzteren versteht man unlösliche Verwitterungsrückstände, die bei der Auslaugung vormals enthaltenen Gipsgesteins im Untergrund zurückgeblieben sind.

Die Konsistenzverhältnisse waren in BS 2 im Tiefenbereich von 3,1 – 3,7 m weichplastisch, dann traten in einer Tiefe von 3,7 – 5,0 m steifplastische Verhältnisse auf. In BS 9 wurden in einer Tiefe von 2,8 – 4,2 m steife bis halbfeste Konsistenzverhältnisse angetroffen. Von 4,2 – 5,0 m waren die Konsistenzverhältnisse fest. In BS 13 waren die Konsistenzverhältnisse im Tiefenbereich von 4,5 – 5,0 m steif bis halbfest.

Gips wurde innerhalb der von den Bohrungen aufgeschlossenen Tiefen nur in Bohrung BS 5 (1,9 – 2,8 m) in Form von dünnen Lagen angetroffen. Auch wenn ansonsten in den Bohrungen kein Gips angetroffen wurde, ist davon auszugehen, dass im tieferen Untergrund noch Gips enthalten ist. Dieser wird beispielsweise in einem nordöstlich des Untersuchungsgebietes gelegenen Gipswerk abgebaut. In der geologischen Karte sowie in älteren Flurkarten ist unmittelbar östlich der K 6917 an das Baugebiet angrenzend ein Gipssteinbruch eingezeichnet.

4.2 Quartäre Deckschichten

Im Untersuchungsgebiet bestehen bis zu mehrere Meter mächtige quartäre Deckschichten in Form von Fließerden, Schwemmlöss sowie organisch geprägten Ablagerungen. Es wurden in den Bohrungen folgende Mächtigkeiten angetroffen:

Bohrung	Mächtigkeit	Bohrung	Mächtigkeit
BS 1	> 5,0 m	BS 9	2,8 m
BS 2	3,1 m	BS 10	1,5 m
BS 3	> 5,0 m	BS 11	> 5,0 m
BS 4	> 5,0 m	BS 12	3,8 m
BS 5	1,9 m	BS 13	4,5 m
BS 6	> 5,0 m	BS 14	3,9 m
BS 7	> 5,0 m	BS 15	> 5,0 m
BS 8	> 5,0 m	BS 16	4,9 m

- Fließerden

Im Untersuchungsgebiet bestehen Fließerden in Form von umgelagerten Verwitterungsresiduen des Gipskeupers aus der engeren Umgebung sowie auch in Form von vom Schönbuchhang ein-



gewanderten Verwitterungsresiduen des Gipskeupers und höherer Keuperschichten. Der Transport erfolgte durch Bodenfließen, wobei teilweise auch fließendes Wasser beteiligt gewesen ist. Je nach Verwitterungsgrad bestehen braune bis rötlichbraune Farben. Kiesige Anteile werden von Mergel- und Sandsteinstücken gebildet. Die kiesigen Mergelanteile sind nicht kornstabil.

In Oberflächennähe bestanden jahreszeitlich bedingt überwiegend Konsistenzverhältnisse im Grenzbereich von steifplastisch nach halbfest. Nach der Tiefe zu wurden in unregelmäßiger Verteilung weichplastische Schichten angetroffen.

- Schwemmlöss

Auffallend ist die örtliche Verbreitung von Schwemmlöss bzw. schwemmlössähnlichen Schluffen. Hierbei handelt es sich überwiegend um durch Bodenfließen überprägten bzw. umgelagerten Lösslehm. Die Schichten heben sich durch hellbraune bzw. hellrostbraune Farbe von den aus den Keuperschichten stammenden Verwitterungsresiduen deutlich ab. Schwemmlöss wurde wie folgt angetroffen:

Bohrung	Tiefe	Bohrung	Tiefe
BS 1	1,2 – 5,0 m	BS 9	-
BS 2	-	BS 10	-
BS 3	0,9 – 5,0 m	BS 11	0,6 – 1,3 m
BS 4	-	BS 12	-
BS 5	-	BS 13	1,2 – 2,8 m
BS 6	3,0 – 5,0 m	BS 14	-
BS 7	-	BS 15	-
BS 8	2,2 – 3,0 m	BS 16	-

Die Verbreitung ist auf die Grenze zum bestehenden Gewerbegebiet (BS 6, BS 11: Randbereich einer zusammenhängenden Lösslehmdecke) und auf offensichtliche örtliche Vorkommen (BS 1, BS 3, BS 8, BS 13) beschränkt.

Die Konsistenzverhältnisse waren in BS 1 in einer Tiefe von 1,2 – 1,7 m steifplastisch. Darunter wurden bis zur Endteufe weichplastische Verhältnisse angetroffen. In BS 3 traten in einer Tiefe von 0,9 – 1,8 m steifplastische, und von 1,8 m bis zur Endteufe weichplastische Verhältnisse auf. In BS 6 bestanden durchgehend weichplastische Verhältnisse. In BS 8 war die Konsistenz steifplastisch. In BS 11 bestanden jahreszeitlich bedingt halbfeste Konsistenz in einer Tiefe von 0,6 – 1,1 m, darunter wurden im Tiefenbereich von 1,1 – 1,3 m steife bis weiche Verhältnisse angetroffen. In BS 13 waren die Verhältnisse in 3,4 – 4,5 m steif bis weich.



- Organisch geprägte Ablagerungen

In Bereichen von vormals dauernassen Stellen haben sich organisch geprägte Böden entwickelt. Diese heben sich durch dunkelbraune bis schwarzbraune Farben von den übrigen quartären Böden ab. Organisch geprägte Ablagerungen wurden wie folgt angetroffen:

Bohrung	Tiefe	Bohrung	Tiefe
BS 1	0,2 – 0,6 m	BS 9	-
BS 2	-	BS 10	0,2 – 1,1 m
BS 3	0,2 – 0,6 m	BS 11	0,2 – 0,6 m
BS 4	0,2 – 0,6 m	BS 12	2,1 – 3,1 m
BS 5	0,2 – 0,9 m	BS 13	-
BS 6	0,2 – 0,7 m	BS 14	1,2 – 2,8 m
BS 7	0,2 – 0,5 m	BS 15	-
BS 8	-	BS 16	3,0 – 3,4 m

Hiervon befinden sich die Punkte BS 1 und BS 3 - BS 7 in der Hanglage. Die organisch geprägte Böden setzen hier unmittelbar unter der Ackerkrume ein. Die Entstehung dürfte hier mit ehemaligen Quellen in Zusammenhang stehen (so genannte Quellgleye).

Die Bohrungen BS 10, BS 11, BS 12, BS 14 und BS 16 liegen in der Muldenlage. Während die Bohrungen BS 10 und BS 11 oberflächennah auftretende organische Talfüllungen aufschließen, liegen letztere in BS 12, BS 14 und BS 16 unter einer jüngeren Überdeckung. Letztere ist außer der in BS 14 angetroffenen Fließerde als abgeschwemmte Ackererde zu deuten. Nach den Ergebnissen der Bohrungen BS 13 und BS 15 sind die organischen Ablagerungen in der Talmulde offensichtlich nur bereichsweise verbreitet.

Die Konsistenzverhältnisse waren überwiegend steifplastisch.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über eine flache Hanglage und eine flache Geländemulde. Letztere erstreckt sich von BS 10 zunächst in Richtung BS 14 von Norden nach Süden. Ab BS 14 verläuft sie über BS 13, BS 16, BS 12, BS 11 und BS 15 von Nordosten nach Südwesten.

Zwischen BS 10 und BS 14 besteht ein parallel zum Feldweg verlaufender Graben. Eine Wasserführung bestand zum Zeitpunkt der Untersuchungen nicht. Bei Bohrung BS 14 mündet eine Felddrainage in den Graben. Diese führte zum Zeitpunkt der Untersuchungen ebenfalls kein Wasser.



Nach der Flurkarte besteht eine Fortsetzung des Grabens von BS 14 nach Südwesten durch die Ackerflur. Diese war infolge der Bodenbearbeitung im Gelände nicht mehr erkennbar. Vor dem Eintritt in das bestehende Gewerbegebiet befindet sich am Tiefpunkt der Mulde ein Einlauf in eine Dole, da die Muldensohle ab hier mit Gebäuden überbaut ist.

Oberflächennahes Grundwasser wurde in folgenden Bohrungen angetroffen:

Bohrung	m u. GOK	m ü. NN	Bohrung	m u. GOK	m ü. NN
BS 1	-	-	BS 9	-	-
BS 2	-	-	BS 10	1,20	387,81
BS 3	-	-	BS 11	4,96	380,20
BS 4	-	-	BS 12	3,50	381,10
BS 5	-	-	BS 13	-	-
BS 6	-	-	BS 14	-	-
BS 7	-	-	BS 15	3,13	381,48
BS 8	-	-	BS 16	4,42	381,39

- kein Wasser

Hierbei handelt es sich um spätsommerliche Tiefstände. Die zum Zeitpunkt der Bohrkampagne gemessenen Werte ließen zwischen BS 15 und BS 16 auf von Südosten kommendes Hangwasser schließen, dass auf BS 11 zufließt. Der in Bohrpunkt BS 10 gemessene Wasserstand konnte nicht mit den in den Punkten BS 11, BS 12, BS 15 und BS 16 angetroffenen Wasserständen korreliert werden, da in den dazwischen liegenden Bohrungen BS 9, BS 13 und BS 14 kein Grundwasser angetroffen wurde. Dies sprach gegen eine hydraulische Verbindung unter den zurzeit herrschenden spätsommerlichen Tiefständen. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass das in BS 10 angetroffene Grundwasser bei niedrigem Angebot über wasserwegsame Strukturen unterirdisch in ein tieferes Stockwerk übertritt.

Aufgrund der in den Bohrungen angetroffenen weichplastischen Schichten ist davon auszugehen, dass sich unter annähernd „normalen“ Witterungsbedingungen im Untersuchungsgebiet ein zeitweilig geschlossener Grundwasserspiegel bildet. Dessen Spiegelhöhen sind aufgrund der Konsistenzverhältnisse auf folgenden Niveaus zu erwarten:

Bohrung	m u. GOK	m ü. NN	Bohrung	m u. GOK	m ü. NN
BS 1	1,70	390,38	BS 9	2,60	386,00
BS 2	3,10	391,22	BS 10	1,10	387,91
BS 3	1,80	391,70	BS 11	1,10	384,06
BS 4	2,70	392,08	BS 12	1,50	383,10
BS 5	-	-	BS 13	3,40	383,37
BS 6	2,20	387,62	BS 14	2,80	384,59
BS 7	2,20	388,17	BS 15	2,10	382,51
BS 8	-	-	BS 16	-	-



Die Punkte BS 5, BS 8 und BS 16 wurden nicht berücksichtigt, da die hier gegebenen Konsistenzverhältnisse keine eindeutigen Anhaltspunkte erkennen ließen.

Aus den zu erwartenden Wasserständen wurde der in Anlage 7 vorgestellte Grundwassergleichplan konstruiert. Danach strömt unter annähernd „normalen“ Witterungsverhältnissen von Nordnordwesten kommend Grundwasser auf die im Süden liegende Geländemulde zu. Hier scheint der Grundwasserstrom nach Südwesten umzuschwenken.

Bei außergewöhnlichen Niederschlägen und bei plötzlich einsetzender Schneeschmelze über gefrorenem Boden sind aus der im Norden und Nordosten angrenzenden weiten Feldflur Oberflächenabflüsse nicht auszuschließen. Diese folgen dann der gegebenen Geländemulde im Bereich des geplanten Gewerbegebietes. Nach Aussagen alteingesessener Bürger werden in besonders nassen Jahren zudem auch „Hungerbrunnen“ aktiv. Unter letzteren versteht man Quellen, die nur bei entsprechendem Niederschlagsangebot anspringen und unter normalen Witterungsbedingungen kein Wasser führen.

6. Beurteilung

6.1 Grundwasser und Grundwasserschutz

Je nach Witterung und Jahreszeit ist zum Zeitpunkt der Bauausführung mit dem Anschnitt von Grundwasser zu rechnen. Baumaschinen sind daher mit geeignetem Hydrauliköl auszustatten. Betankungen der Baumaschinen und Lagerungen von Kraftstoffen sind nur außerhalb von offenen Leitungsgräben und Baugruben zulässig. Das beim Reinigen der Arbeitsmittel (Transportbetonwagen, Betonpumpe) anfallende zementhaltige Schmutzwasser ist wegen der basischen Wirkung zu sammeln und fachgerecht zu entsorgen.

Zur Festlegung der Bemessungswasserstände fordern die überwachenden Behörden i.d.R. einen Sicherheitszuschlag von 1 m zu den angetroffenen Grundwasserständen. Ausgehend von den aus auffälligen Konsistenzverhältnissen ermittelten Grundwasserständen ergeben sich folgende Bemessungswasserstände:

Bohrung	m u. GOK	m ü. NN	Bohrung	m u. GOK	m ü. NN
BS 1	0,70	391,38	BS 9	1,60	387,00
BS 2	2,10	392,22	BS 10	0,10	388,91
BS 3	0,80	392,70	BS 11	0,10	385,06
BS 4	1,70	393,08	BS 12	0,50	384,10
BS 5	1,00*	390,09*	BS 13	2,40	384,37
BS 6	1,20	388,62	BS 14	1,80	385,59
BS 7	1,20	389,17	BS 15	1,10	383,51
BS 8	1,20*	390,39*	BS 16	0,50*	385,31*

* Werte geschätzt



Die aufgelisteten Werte erscheinen plausibel, da die angetroffenen Böden bei entsprechendem Niederschlagsangebot und bei Schneeschmelze wegen des hohen Tonanteils einer intensiven Staunässe und einer daraus resultierenden Grundwasserbildung unterliegen. Für die Existenz zeitweise oberflächennah auftretenden Grundwassers sprechen außerdem der zwischen BS 10 und BS 14 angetroffene Entwässerungsgraben und die bei BS 14 in den Graben mündende Felddrainage. Ein weiteres Indiz ist der in Flurkarte verzeichnete und heute überackerte Wassergraben auf der Muldensohle.

Drainagen, die über die Bauzeit hinaus in Funktion bleiben, sind unterhalb des Bemessungswasserstandes nicht zulässig. Baukörper, die in den Bemessungswasserstand eingreifen, bedürfen der wasserrechtlichen Erlaubnis. Sie sind als wasserdichte und auftriebsichere Wannen zu bemessen.

- Versickerung von Tagwasser

Aus den Versickerungsversuchen ergaben sich Wasserdurchlässigkeiten von $k_f = 2,16 \times 10^{-9}$ m/s (BS 4, BS 15) bis $k_f = 6,95 \times 10^{-9}$ m/s (BS 16).

Nach dem Leitfaden des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg „Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung“ wird die Versickerung anhand des k_f -Wertes in die Kategorien „gut möglich, k_f -Wert überwiegend $> 10^{-5}$ m/s“, „möglich, k_f -Wert um 10^{-5} m/s“ und „kaum möglich, k_f -Wert überwiegend $< 10^{-5}$ m/s“ zugeordnet.

Aufgrund dieser Einteilung ist die Versickerungsmöglichkeit im Untersuchungsgebiet der Kategorie „kaum möglich“ zuzuordnen.

Bei der künstlichen Beaufschlagung über Sickergalerien etc. wird die ohnehin schon geringe Versickerungsfähigkeit der gegebenen tonigen Böden noch weiter zurückgehen. Im Bereich der flachen Hanglagen ist zudem davon auszugehen, dass sich neben der vertikalen Versickerung auch eine hangabwärts gerichtete Bewegung des zu versickernden Tagwassers einstellen wird. Hierdurch kann es letztendlich zur Beeinträchtigung im Abstrom liegender Grundstücke kommen.

Oberflächennahe Versickerungen sind zur trockenwarmen Jahreszeit über begrünte Mulden bedingt möglich, wobei hier die Verdunstung und der biologische Wasserverbrauch eine wesentliche Rolle spielen werden. Zur nasskalten Jahreszeit wird es vermehrt zur Pfützenbildung und zu Oberflächenabflüssen kommen. Etwaige Versickerungsmulden sind daher mit funktionsfähigen und geordneten Überläufen auszustatten.



6.2 Beurteilung des Untergrundes

Der Untergrund wird überwiegend aus mehrere Meter mächtigen quartären Deckschichten gebildet. Der tiefere Untergrund besteht aus intensiv verwitterten Schichten des Gipskeupers mit örtlich aufragenden Zonen größerer Festigkeit. Es besteht eine mäßige bis geringe Tragfähigkeit bei deutlicher Setzungsempfindlichkeit.

Leitungen und Schachtbauwerke können auf den mindestens steifplastischen Schichten mit einer Bodenpressung von 200 kN/m^2 gegründet werden. Die Setzungen werden hier bei sorgfältiger Bauweise gegen Null streben, da die Bodenpressung beim Leitungsbau gegenüber dem Vorzustand nur unwesentlich verändert wird. Dieser Sachverhalt gilt für die Bohrungen BS 5, BS 8, BS 9 und BS 16.

In den übrigen Bohrungen werden die Rohrbettungssohlen des Kanals je nach geplanter Tiefenlage mehr oder weniger in den weichplastischen Schichten zum Liegen kommen. Um hier eine einwandfreie Rohrbettung zu erzielen, sind die Leitungen auf Schottermatratzen zu gründen. Die maximal zulässige Bodenpressung beträgt hier für Rohrtrassen und Schachtbauwerke 150 kN/m^2 . Da auch hier die Bodenpressung gegenüber dem Vorzustand nur unwesentlich verändert wird, sind bei sorgfältiger Vorgehensweise rechnerisch betrachtet keine nennenswerten Setzungen zu erwarten.

Vergleichsweise kleine und einfache Baukörper können im Bereich der günstigen Konsistenzverhältnisse um BS 5, BS 8, BS 9 und BS 16 unter einer maximal zulässigen Bodenpressung von 200 kN/m^2 gegründet werden. Die zu erwartenden Setzungen werden sich hier um ca. 2 – 3 cm bewegen. Bei den übrigen Bohrungen erschwert sich die Gründung durch die hier gegebenen weichplastischen Schichten und deren Neigung zu über mehrere Jahre anhaltenden Setzungen. Unzulässige Setzungsdifferenzen werden dabei insbesondere bei langgestreckten sowie bei schwergewichtigen Baukörpern mit hohen Stützenlasten unter der Voraussetzung einer konventionellen Flachgründung auftreten. Um hier einwandfreie Gründungen zu erzielen, sind Tiefgründungen oder tiefreichende Baugrundverbesserungen erforderlich.

Die in Oberflächennähe verbreiteten günstigen Konsistenzverhältnisse im Grenzbereich von steifplastisch nach halbfest waren auf die zum Zeitpunkt der Untersuchungen herrschende und bereits länger anhaltende spätsommerliche Trockenwetterlage zurückzuführen. Sie entsprachen nicht dem erfahrungsgemäßen langjährigen Mittel, das bei den gegebenen Böden im Grenzbereich von steif- nach weichplastisch anzusiedeln ist.



Folgende Bodenklassen wurden angetroffen:

Bodenart	Klasse
Ackerkrume	1
Lösslehm	4 – 5
Schluff, tonig, sandig	5
Schluff, stark tonig, organisch geprägt	5
Gipskeuper, schluffig zersetzt	4 – 5
Gipskeuper, felsartig (Endteufen BS 5, BS 10)	6

Böden der Klasse 2 wurden in den Bohrungen nicht angetroffen. Es ist jedoch zu beachten, dass derartige Böden aus den im Baufeld angetroffenen bindigen Böden unter Arbeitsbedingungen bei ungünstiger Witterung entstehen können. Besonders anfällig sind hierbei bereits primär weichplastische Böden. Auskofferungen und Befahrungen mit schweren Baufahrzeugen sind bei Regenwetter zu unterlassen.

Aufgrund des hohen Tonanteils neigen die quartären Böden nach länger anhaltenden Niederschlägen zur Annahme klebender Eigenschaften, was die Aushubarbeiten erschweren kann.

Felsartiger Gipskeuper wurde in den Endteufen von BS 5 (Tiefe 3,2 m) und BS 10 (Tiefe 2,2 m) angetroffen. Hierbei handelt es sich nach anderen Untersuchungen um stückig brechenden Mergelstein. Bei Kontakt mit der Witterung unterliegt dieser einem rasch einsetzenden Zerfall. Böden der Klasse 6 und 7 können örtlich noch in Form von harten Gipsbänken bzw. Gipsresten erhalten sein. Weiterreichende Aussagen hierzu und eine genaue Kartierung sind erst im Zuge der Bauaufschlüsse möglich.

6.3 Pedologische Verhältnisse

In den Bohrungen besteht der Bodentyp Pelosol und Parabraunerde-Pelosol über Fließerden und Schwemmlöss mit fortgeschrittenem Verlehmungsgrad. Es besteht unter intensiv genutzter Ackerflur ein 20 cm mächtiger AP-Horizont mit häufig auftretendem polyedrischen Gefüge.

In den Bohrungen BS 1, BS 3, BS 4, BS 5, BS 6 und BS 7 folgt unter dem Ap-Horizont ein ehemaliger Gleyboden, der auf heute in der Hanglage nicht mehr existente Quellen zurückzuführen ist. Es besteht ein ausgeprägt kohärentes Gefüge bei dunkelbrauner bis schwarzbrauner Farbe. Die Mächtigkeit beträgt 30 cm (BS 7) – 50 cm (BS 6). Unter dem vormaligen Gleyboden folgen aus der weiteren Umgebung eingewanderte Fließerden.

In der Geländemulde wurden unter der Ackerkrume lückenhaft verbreitete Gleyböden einer vormals dauernassen Muldenlage angetroffen (BS 10, BS 11). Die Stärke beträgt hier 40 cm.



Der größte Teil der Muldenlage ist mit jungen tonig geprägten Fließerden mit teilweise aquatische Prägung gefüllt. Unter diesen wurden bereichsweise Reste älterer Gleyböden angetroffen.

6.4 Erdbebensicherheit

Nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg 1:350.000 Auflage 2005 liegt das Erschließungsgebiet in der Erdbebenzone 2. Es besteht die Untergrundklasse R. Die gegebenen quartären Böden und der verwitterte Gipskeuper sind bei mindestens steifplastischer Konsistenz der Baugrundklasse C zuzuordnen.

Mit Ausnahme der Bohrungen BS 5, BS 8 und BS 16 wurden in allen Bohrungen ausgeprägte weichplastische Zonen durchfahren. Letztere lassen sich in keine der von der Erdbebennorm DIN 4149 vorgesehenen Baugrundklassen einstufen.

6.5 Gipsdolenen

Die im Bau Feld angetroffenen Schichten des Gipskeupers enthalten teilweise noch Gips (BS 5: 1,9 – 2,8 m). Der tiefere Gipskeuper-Untergrund ist aufgrund der gegebenen Lage in Nähe zum Schönbuchrand generell als Gips führend einzustufen (ehemalige Abbaustätte östlich des Untersuchungsgebietes!). Der Gips unterliegt bei Kontakt mit Sicker-, Hang- und Grundwässern einer unterirdischen Auslaugung, die auch heute noch andauert.

Die Gipsauslaugung erfolgt ungleichmäßig, wobei Schwäche zonen wie beispielsweise Klüfte und wasserwegsame Schichtfugen den Auslaugungsprozess begünstigen. Hierdurch kommt es auf Zonen mit schneller fortschreitender Auslaugung teilweise zur Bildung von offenen Hohlräumen. Letztere führen bei Einsturz zur Bildung von Gipsdolenen.

Auf eine Gipsdoline lässt die in der Ackerflur nordöstlich BS 6 und BS 11 im Lageplan Anlage 2 eingezeichnete Mulde schließen. Diese liegt in einer flachen Hanglage und bildet eine wannenartige Vertiefung. Der Verdacht auf eine Gipsdoline wird durch den Sachverhalt erhärtet, dass nach Auskunft eines ortskundigen und alteingesessenen Landwirts weiter nördlich des Untersuchungsgebietes immer wieder Dolinen in der Ackerflur einbrechen.

Auf die Existenz von auf natürlichem Wege durch Einschwemmungen plombierte Dolinen deutet u.U. das lokale Vorkommen von Schwemmlöss und schwemmlössähnlichen Böden in den Bohrungen BS 3, BS 8 und BS 13 hin.

Bei der Einrichtung von Leitungsgräben und Baugruben ist stets ein Augenmerk auf ungewöhnliches Schichtfallen oder etwaige Hohlräume zu richten. Bei Antreffen von Anomalien ist der Gutachter hinzuzuziehen.



7. Empfehlungen

7.1 Angaben zum Baufeld

Das Erschließungsgebiet ist mit schweren Baufahrzeugen in der trockenwarmen Jahreszeit nur bedingt und bei feuchter Witterung sowie zur nasskalten Jahreszeit generell nicht befahrbar. Die bestehende Ackerflur ist durch für den Baubetrieb ungeeignete Graswege erschlossen.

Um Baustillständen infolge aufgeweichten Bodens und der nicht ausreichend befahrbaren Wege zu begegnen, sind Baustraßen anzulegen. Diese sind zweckmäßigerweise so zu trassieren, dass sie später als Unterbau in die Erschließungsstraßen einbezogen werden können. Dazu ist zunächst 50 cm Boden auszukoffern. Nach Abwalzen des Rohplanums ist Geotextil auszulegen. Danach ist eine Schüttung aus Schroppen der Körnung 0/150 mm aufzubauen. Die Schroppenschüttungen sind zu entwässern. Kurze Stichwege, die nur vorübergehend benötigt werden, können mit Baggermatratzen für schwere Baufahrzeuge befahrbar gemacht werden.

Alternativ können die Baustraßen auch durch Behandlungen des Rohplanums mit Dorosol hergestellt werden. Diese Vorgehensweise weist allerdings den Nachteil auf, dass die Oberflächen bei Regenwetter oberflächlich aufweichen und dabei glitschige Eigenschaften annehmen (Gefälle- bzw. Steigungsstrecken im Baufeld!). Bei der Bodenbehandlung ist außerdem zu beachten, dass verwehter Dorosolstaub zu Schäden an den angrenzenden Gebäuden und dort parkenden Kfz (Nähe zum bestehenden Gewerbegebiet) sowie zur Verstaubung der Feldfrucht (benachbarte Ackerflächen) führen kann.

Wegen der Nässeempfindlichkeit der im Baufeld anstehenden Schichten und der im Winter zu erwartenden erhöhten und geschlossenen Grundwasserstände ist die Erschließung möglichst im Sommerhalbjahr durchzuführen.

7.2 Leitungsgräben

- Einrichtung der Gräben

Die in den Bohrungen angetroffenen quartären lehmigen Böden und die bereichsweise auftretenden Schichten des Gipskeupers lassen sich mit dem Tieflöffel lösen. Mit dem Antreffen örtlich ausgeprägter felsartiger Mergel bzw. Gipsriegel ist zu rechnen (BS 5: 3,2 m; BS 10: 2,2 m). Letztere können ggf. Spitzarbeiten erforderlich machen. Etwaige Felszonen können erst im Zuge der Bauaufschlüsse genauer lokalisiert und auskartiert werden.

Je nach zum Zeitpunkt der Bauausführung herrschender Witterung und Jahreszeit kann der natürliche Wassergehalt insbesondere in der oberflächennahen Zone wesentlich von den zum Zeitpunkt der Untersuchungen hier angetroffenen günstigen Verhältnissen zur nassen Seite hin abweichen. In diesem Fall ist mit Konsistenzverhältnissen im Grenzbereich von steif- nach weich-



plastisch zu rechnen, wobei die Böden dann klebende Eigenschaften annehmen werden. Nach der Tiefe zu sind unabhängig von der Jahreszeit weichplastische Konsistenzverhältnisse zu erwarten. Davon ausgenommen sind örtlich aufragende Riegel des Gipskeupers mit geringerem Verwitterungsgrad.

Die Leitungsgräben sind wegen der zeitweise andauernden ungünstigen Grundwasserverhältnisse vorzugsweise durch Grabenverbaue zu sichern. Bei tief stehendem Grundwasser kann im Hinblick auf die Lage in der freien Feldflur auch frei geböschet werden. Innerhalb mindestens steifplastischer Schichten sind oberhalb des Grundwassers zur trockenwarmen Jahreszeit Böschungsneigungen von maximal 60° möglich. In weichplastischen Schichten und zur nasskalten Jahreszeit ist generell nicht steiler als 45° zu böschten. Wegen der Lage im Grundwasserschwankungsbereich bzw. im Grundwasser ist abschnittsweise zu bauen, wobei wegen der besseren Beherrschung des Wassers am Tiefpunkt zu beginnen ist.

Grundwasserhaltungen sind vorzusehen. Diese bedürfen der wasserrechtlichen Erlaubnis durch die zuständige Untere Wasserbehörde. Innerhalb der freien Feldflur sind keine Auswirkungen der Grundwasserhaltung zu befürchten. In Nähe zum bestehenden Gewerbegebiet sind insbesondere in der Muldenlage Haltungen auf ein absolut notwendiges Maß zu beschränken, da sich die hierbei ausbildenden Absenkungstrichter unter die dicht an der Grenze stehende Bebauung ausbreiten können. Der aus der Haltung resultierende Porenwasserentzug führt zu Setzungen, wodurch letztendlich angrenzende Gründungen in Mitleidenschaft gezogen werden können.

Um die Grundwasserzuläufe und die damit erforderlich werdenden Haltungen auf ein absolut notwendiges Maß zu beschränken wird empfohlen in Abschnitten zu bauen. Das aus den Haltungen kommende Wasser ist durch den Baubetrieb mit Schlufftrübe belastet. Es ist daher über Absetzbecken zu leiten. Mangels natürlicher Vorfluter kann das aus der Haltung kommende Wasser letztendlich nur über den Muldeneinlauf an der Grenze zum bestehenden Gewerbegebiet abgeschlagen werden. Eine „wilde“ Entlassung des Wassers in das freie Gelände ist nicht zulässig, da die hierbei entstehenden Pfützen zu einer intensiven Bewässerung und dadurch zu Arbeiterschwernissen während der Erschließung und ggf. zu später unnötig vernässten Bauplätzen führen werden.

Der Wasserzulauf ist letztendlich von der Jahreszeit, der Rohrbettungstiefe und der Länge der offenen Grabenabschnitte abhängig und kann daher nur schwer prognostiziert werden. Zu rechnen ist nach überschlägigen Berechnungen mit Zuläufen um ca. 0,25 l/s unter Voraussetzung eines abschnittswisen Bauens. Bei Anschnitten nicht auszuschließender sandiger und kiesiger Fahnen innerhalb der quartären Bedeckung sowie bei Anschnitt klüftiger Gipskeuperzonen kann sich das Wasseraufkommen deutlich erhöhen.

Die in den uns vorgelegten Plänen verzeichnete Parzellierung der Ackerflächen lässt auf eine vormalige Flurbereinigung schließen. Es ist davon auszugehen, dass seinerzeit zur Melioration der schweren Tonböden Felddrainagen angelegt wurden. Hierfür spricht die bei BS 14 angetroffene Drainage. Je nach Witterung und Jahreszeit können die Drainagen Wasser führen und da-



durch Arbeiterschwernisse – beispielsweise beim Anschnitt im Zuge von Leitungsgräben und Baugruben – nach sich ziehen.

Die Gründung der Leitungen wird sich nur dort als unproblematisch erweisen, wo die Rohrsohlen noch innerhalb der steifplastischen Schichten liegen. Bei Anschnitt weichplastischer Sohlen sind die Leitungen auf Schottermatratzen zu gründen. Hierzu ist ein Mehraushub von mindestens 40 cm vorzusehen. Nach Auslegen eines Geotextils ist güteüberwachtes Splitt-Schottergemisch in einer Stärke von 40 cm einzubauen. Im Anschluss ist das Geotextil oben umzuschlagen, um die Matratzenwirkung zu erzielen.

- Grabenverfüllung

Der aus den Gräben kommende oberflächennahe Aushub wird nur bei spätsommerlicher Trockenwetterlage günstige Konsistenzverhältnisse im Grenzbereich von steifplastisch nach halbfest aufweisen. Je nach Witterung und Jahreszeit zum Zeitpunkt der Bauausführung kann der natürliche Wassergehalt mehr oder weniger zur nassen Seite hin abweichen. Aus den tieferen Bodenschichten werden unabhängig von der Jahreszeit vorwiegend bindige Böden mit einem zu hohen natürlichen Wassergehalt anfallen.

Die an der schwarzbraunen Farbe erkennbaren organischen Böden sind zu separieren und abzufahren, da sich diese nicht zur Wiederverwendung als Grabenverfüllung eignen. Das gleiche gilt für örtlich nicht auszuschließenden gipshaltigen Aushub.

Die weichplastischen und steifen bis weichen Massen bedürfen bei Wiederverwendung als Grabenverfüllung grundsätzlich einer Bodenverbesserung, um eine ausreichende Verdichtung zu erzielen. Geeignet ist vorzugsweise eine Behandlung mit Dorosol. Es ist nach überschlägigen Berechnungen von einem Bindemittelbedarf um 50 kg/m^3 auszugehen. Da der Bindemittelbedarf letztendlich vom zum Zeitpunkt der Arbeiten herrschenden natürlichen Wassergehalt abhängig ist, ist dieser bei Bauaufnahme durch Eignungsprüfungen zu ermitteln. Das Bindemittel ist zweckmäßigerweise mit dem Schaufelseparator einzuarbeiten. Diese Vorgehensweise weist den Vorteil auf, dass bedarfsgerechte Mengen unmittelbar am Einbauort behandelt werden können. Zwischentransporte lassen sich dadurch weitgehend reduzieren. Wegen der Nähe zum bestehenden Gewerbegebiet ist zu beachten, dass verwehter Bindemittelstaub zu Schäden an Gebäuden und parkenden Kfz führen kann. Bodenbehandlungen bei Wind und Regenwetter sind daher zu unterlassen.

Bei länger anhaltender trockenwarmer Witterung kann ggf. ein Anfeuchten der zum Wiedereinbau vorgesehenen Massen erforderlich werden, um eine ausreichende Verdichtung zu erzielen.

Bei Gräben mit Tiefen von mehr als 4 m wird empfohlen, auch Massen mit einem günstigen natürlichen Wassergehalt zur Erzielung einer verbesserten Eigenständigkeit und damit zur Abminderung der Eigensetzungen mit Dorosol zu verbessern.



Im Fall der Ausführung der Erschließung zur nasskalten Jahreszeit ist zu beachten, dass die im Baufeld anfallenden bindigen Massen und örtlich auftretender nässeempfindlicher Mergelaushub bei ungünstiger Witterung nur bedingt zur Grabenverfüllung eingesetzt werden können. Bodenverbesserungen durch Bindemittelzugabe sind in diesem Fall nur dann Erfolg versprechend, wenn dies bei geeigneter Witterung erfolgen und wenn frisch behandelte Massen sofort dem Einbau zugeführt werden. Zum Schutz vor nasskalter Witterung ist ein zügiger Baufortschritt und ggf. eine Überschüttung erforderlich. Witterungsbedingt aufgeweichte Lagen sind vor Einbau der nächstfolgenden Schüttlage abzuschieben.

Bei Winterbau sind zur Grabenverfüllung nässeunempfindliche kornabgestufte Fremdmassen zu bevorzugen. Geeignet ist beispielsweise lehmfreies Vorsieb. Von Recyclingmaterial ist wegen der Lage im Grundwasserschwankungsbereich Abstand zu nehmen.

Die Leitungszone ist mit kornabgestuftem Fremdmaterial mit einem Größtkorn bis maximal 20 mm unter lagenweiser Verdichtung auf $DPr > 97\%$ zu verfüllen. Zwischen Leitungszone und dem Niveau 50 cm unter Erdplanum ist bei kornabgestuftem Fremdmaterial ebenfalls lagenweise auf $DPr > 97\%$ zu verdichten. Bei Einsatz bindiger Massen ist hier lagenweise auf $DPr > 95\%$ zu verdichten.

Tief liegende Rohrtrassen und Schachtbauwerke sind mit sulfatbeständigem Zement auszuführen, da die hier auftretenden Wässer gelöstes Sulfat aus den Gipskeuper-Schichten enthalten können (BS 5!). In diesem Fall ist von stark angreifenden Verhältnissen auszugehen. Betroffen ist hiervon insbesondere die Muldenlage. Nicht betroffen ist dagegen die Hanglage BS 1, BS 2, BS 3 und BS 4 mit der mehr als 5 m mächtigen quartären Auflage.

Es ist zu beachten, dass unter den gegebenen Bodenverhältnissen und den zu erwartenden Schwankungen des Grundwassers sowohl Grabenverfüllungen als auch Rohrbettungen tief liegender Leitungstrassen die Funktion ungewollter Drainagen übernehmen können, da die Verfüllungen erfahrungsgemäß stets eine bessere Wasserwegsamkeit als die gewachsenen Böden aufweisen. Neben einer unzulässigen dauerhaften Grundwasserabsenkung kann dieser Sachverhalt letztendlich dazu führen, dass sich an den Übergabepunkten zum Leitungsbestand ein verstärkter Wasserandrang einstellt. Dieser führt dann zwangsläufig zu Erschwernissen bei späteren Aufgrabungen sowie zu erhöhten Setzungen entlang bestehender Grabenverfüllungen infolge der Intensivbewässerung. Um dem unbeabsichtigten Drainageeffekt wirksam entgegenzutreten, sind Grundwassersperrern erforderlich. Diese sind mindestens 1 m in das gewachsene Erdreich einzubinden.

In den weichplastischen Böden und bei zusickerndem Grundwasser sind zweckmäßigerweise Betonsperren einzurichten. Diese sind optimalerweise bis zum Niveau der Bemessungswasserstände hochzuziehen. In der Muldenlage wird aus straßenbaupraktischer Sicht vorgeschlagen, die Sperren 50 cm unter Niveau Erdplanum enden zu lassen. In mindestens steifplastischen Böden können – sofern zum Zeitpunkt der Arbeiten das Grundwasser genügend tief steht – auch



Tonsperren hergestellt werden. Letztere sind zur Erzielung einer ausreichenden Abdichtung lagenweise auf $DPr > 95\%$ zu verdichten.

7.3 Einrichten der Straßen

Die im Baufeld anstehenden Böden erbringen die gemäß ZTVE-StB 94 geforderte Tragfähigkeit von $Ev2 > 45 \text{ MN/m}^2$ wegen des hohen Tonanteils nicht. Der $Ev2$ -Wert wird sich je nach Witterung und Jahreszeit um ca. $5 - 20 \text{ MN/m}^2$ bewegen. Es ist daher generell eine Bodenverbesserung erforderlich. Diese kann durch Behandeln mit Dorosol oder durch einen Bodenaustausch erfolgen.

Nach überschlägigen Berechnungen ist von einem Bindemittelbedarf von 50 kg/m^3 Boden auszugehen. Hierbei ist das Bindemittel mindestens 40 cm tief in den Boden einzufräsen. Im Anschluss ist sofort zu verdichten. Die Planien sind mit Dachprofil anzulegen, damit Tagwasser zügig ablaufen kann. Auf die bereits erwähnte Problematik verwehten Bindemittelstaubes wird nochmals hingewiesen.

Für den Fall, dass Winterbau betrieben wird ist zu beachten, dass Bodenbehandlungen bei Temperaturen unter 5° C nur bedingt zum Erfolg führen werden. Um eine ausreichende Winterfestigkeit zu erzielen, ist die Behandlung mindestens vier Wochen vor Einsetzen der nasskalten Witterung durchzuführen. Zur nasskalten Jahreszeit behandelte Planien sind durch zügiges Überbauen oder ggf. durch Überschütten vor nasskalter Witterung zu schützen.

Für den Fall, dass ein Bodenaustausch zur Ausführung kommt, ist unter den zurzeit herrschenden Konsistenzverhältnissen eine Stärke von mindestens 40 cm vorzusehen. Das Rohplanum ist abzuwalzen. In der Hanglage ist auf der Bergseite der Straßen jeweils eine Drainage zur Entwässerung des Rohplanums vorzusehen. Eventuell in der Muldenlage auszuführende Straßen sind beiderseits mit Drainagen auszustatten. Nach Auslegen eines Geotextils als Trennmittel gegen den feinkörnigen Untergrund ist der Bodenaustausch mit Schropfen der Körnung $0/100 \text{ mm}$ unter lagenweiser Verdichtung aufzubauen.

Bei in der Hanglage liegenden Straßen wird ein Massenausgleich durch bergseitigen Abtrag und talseitige Auffüllung erforderlich werden. Um der Bildung ungewollter Gleitfugen wirksam entgegenzutreten, ist das Rohplanum der Auffüllzonen abzutreten. Die Stufen sind hierbei leicht nach außen zu neigen, um der Bildung möglicher Wassersäcke und daraus resultierenden Schwachstellen zu begegnen. Der Aufbau der Auffüllungen kann mit verbesserten Böden oder mit verdichtungsfähigen kornabgestuften Fremdmassen erfolgen. Falls sowohl bindige als auch rollige (Fremd-)Massen eingesetzt werden, sind rollige Massen stets flächig so zu verteilen, dass diese ungehindert nach außen entwässern können. Bei Nichtbeachtung wird die Bildung von Wassersäcken begünstigt, die letztendlich nur noch schwer in den Griff zu bekommende Böschungsschäden nach sich ziehen.



Sofern Pflasterungen zur Ausführung kommen sollten ist zu beachten, dass in den Fugen versickerndes Tagwasser zu einer zeitweise andauernden Herabsetzung der Tragfähigkeit des Unterbaues führen kann. Dadurch werden unter der Befahrung mit Lkw (Gewerbegebiet!) langfristig Verformungen des Belages vorprogrammiert. Letztere sind dann im Nachhinein nur noch schwer in den Griff zu bekommen. Die Erschließungsstraßen sollten daher unter der geplanten Nutzung vorzugsweise mit einer Schwarzdecke befestigt werden.

7.4 Angaben zur Bebauung

- Angaben zu den Baugruben

Im Hinblick auf die starke Neigung zur Staunässebildung und die temporär gegebenen hohen Grundwasserstände wird angeraten, auf Unterkellerungen nach Möglichkeit zu verzichten. Bei Baugruben, die in den Bemessungswasserstand eingreifen, sind generell Wasserhaltungen vorzusehen. Letztere bedürfen der wasserrechtlichen Erlaubnis. Drainagen, die über die Dauer der Bauzeit hinaus in Funktion bleiben, sind unterhalb des Bemessungswasserstandes nicht zulässig.

Zu beachten ist, dass Niederschläge in den tonigen Böden nur sehr langsam versickern. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit funktionierender Baugrubenentwässerungen auch bei niedrigen Grundwasserständen bzw. bei Lage oberhalb des Bemessungswasserstandes. Es ist zu beachten, dass im Zuge von Baugruben ggf. alte Felddrainagen angeschnitten werden können. Diese sind auch dann gezielt zu fassen, falls zum Zeitpunkt des Anschnittes keine Wasserführung bestehen sollte.

Baugruben werden unter der Voraussetzung normaler Kellertiefen überwiegend in die quartären Deckschichten sowie bereichsweise auch in den verwitterten Gipskeuper einbinden. Örtlich vorkommende felsartige Zonen des Gipskeupers sind möglich.

Baugruben können oberhalb des Grundwassers zur trockenwarmen Jahreszeit mit maximal 60° geböscht werden. Zur nasskalten Jahreszeit ist nicht steiler als 45° zu böschen. Im Grundwasser sind die Baugruben durch Verbaue zu sichern.

Um Baustillständen durch aufgeweichten Untergrund wirksam entgegenzutreten, sind auf den Baugrubensohlen Arbeitsebenen mit einer Stärke von mindestens 25 cm einzurichten. Sofern die Arbeitsebenen mit schweren Baufahrzeugen befahren werden, ist eine Stärke von mindestens 50 cm vorzusehen. Geeignet sind nässeunempfindliche Splitt-Schottergemische. Gegen den feinkörnigen Untergrund ist Geotextil als Trennmittel auszulegen.



- Gründung der Gebäude

Im Untersuchungsgebiet besteht ein Baugrund von hoher Setzungsempfindlichkeit und geringer Tragfähigkeit. Die in Oberflächennähe zum Zeitpunkt der Untersuchungen gegebenen vergleichsweise günstigen Konsistenzverhältnisse waren jahreszeitlich bedingt und spiegeln somit nicht das erfahrungsgemäße langjährige Mittel wieder. In der Hanglage bedeutet dies, dass die Gebäude teils in den günstigen oberflächennahen und teils in den ungünstigeren tieferen Böden zum Stehen kommen. Hierdurch werden auch bei vergleichsweise niedrigen Bodenpressungen Setzungsdifferenzen und daraus resultierende Kippbewegungen vorprogrammiert. Zudem ergibt sich generell aufgrund wechselnder Körnung und Konsistenzverhältnisse bei größeren und langgestreckten Gebäuden die Frage unterschiedlicher und unzulässiger Setzungen.

Um ein gleichmäßiges Setzungsverhalten zu erzielen, sind schwergewichtige Baukörper vorzugsweise auf Pfählen zu gründen. Die Pfahllasten sind hierbei über Mantelreibung und Spitzendruck in den gründungsfähigen Gipskeuper abzutragen. Da dieser in den auf maximal 5 m Tiefe und die Fragestellung der Baulanderschließung angesetzten Kleinbohrungen nicht überall erreicht wurde, sind weitere objektbezogene Baugrunduntersuchungen unerlässlich. Der zum Abtrag von Bauwerkslasten geeignete Mergel wurde nur in einzelnen Bohrpunkten auf folgenden Niveaus erreicht:

Bohrung	m u. GOK	m ü. NN	Bohrung	m u. GOK	m ü. NN
BS 1	n.e.		BS 9	4,20	384,40
BS 2	n.e.		BS 10	1,80	387,21
BS 3	n.e.		BS 11	n.e.	
BS 4	n.e.		BS 12	4,50	380,10
BS 5	3,20	387,89	BS 13	n.e.	
BS 6	n.e.		BS 14	4,60	382,79
BS 7	n.e.		BS 15	n.e.	
BS 8	n.e.		BS 16	n.e.	

n.e.: gründungsfähiger Horizont in 5 m Tiefe nicht erreicht

Erfahrungsgemäß ist davon auszugehen, dass der Gipskeuper zumindest in der Muldenlage tiefgründig und wechselhaft verwittert ist. Dies führt dazu, dass letztendlich nur niedrige Pfahlkennwerte angesetzt werden können.

Eine konventionelle Flachgründung auf Einzel- und Streifenfundamenten ist letztendlich nur im engeren Umfeld der Bohrungen BS 5, BS 8, BS 9 und BS 16 unter der Voraussetzung kleinerer Baukörper denkbar, da hier die Konsistenzverhältnisse durchgehend im mindestens steifplastischen Bereich liegen. Die maximal zulässige Bodenpressung beschränkt sich hier auf 200 kN/m². Nähere Aussagen sind hier erst nach weiteren objektbezogenen Untersuchungen möglich.



Im übrigen Umfeld ist eine konventionelle Flachgründung nur dann möglich, wenn der Untergrund durch Rüttelstopfsäulen verbessert wird. Die Anzahl der Stopfsäulen und das Raster sind von den jeweiligen Objekten abhängig. Die Herstellung der Stopfsäulen erfolgt zweckmäßigerweise mit einem Tiefenrüttler. Dieser wird bis zur erforderlichen Tiefe bzw. bis zum tragfähigen Gipskeuper unter seitlicher Bodenverdrängung abgesenkt. Im Anschluss werden unter Schotterzugabe und Stopfverdichtung die Säulen hochgezogen. Hierdurch wird der Boden soweit verbessert, dass je nach System Bodenpressungen um 200 – 250 kN/m² ermöglicht werden. Zudem wird das Setzungsverhalten auf ein bauwerksverträgliches Maß angeglichen.

In den weichplastischen Schichten besteht zumindest teilweise die Gefahr einer nicht ausreichenden Einspannung der Rüttelstopfsäulen. Hier ist ggf. eine Kombination aus Rüttelstopf- und Erdbetonsäulen denkbar.

Unabhängig von der Gründung ist die gegebene Erdbebenzone 2 zu beachten.

- Schutzmaßnahmen gegen Durchfeuchtung

Die im Erschließungsvorhaben Hagen III + IV angetroffenen Böden neigen zu zeitweise auftretender stark ausgeprägter Staunässe und zu temporär hoch stehenden Grundwasserständen. Unterkellerungen sind bis zum Niveau des Bemessungswasserstandes als wasserdichte und auftriebsichere Wannen zu bemessen. Auf dem Niveau des Bemessungswasserstandes sind funktionsfähige Sicherheitsdrainagen vorzusehen. Deren Aufgabe besteht darin, temporär mögliche Anstiege über den Bemessungswasserstand hinaus wirksam zu verhindern. Die Drainagen können nur dann einwandfrei funktionieren, wenn sie an den Kanal oder – falls ausgeführt – an den Regenwasserkanal angeschlossen werden. Als Ersatzvorfluter angelegte Sickerpackungen funktionieren unter den gegebenen Bodenverhältnissen nicht ausreichend.

Erdberührende Bodenplatten nicht unterkellerten Baukörper sind durch Filterschichten gegen kapillar aufsteigende Erdfeuchte zu schützen. Streifenfundamente sind mit Durchlässen auszustatten, um der Bildung von Wassersäcken in den von den Fundamenten eingeschlossenen Zellen wirksam entgegenzutreten. Hierbei kommt es in erster Linie auf die Durchgängigkeit in Fallrichtung des Geländes an.

Im Hinblick auf die geringe Versickerungsfähigkeit der gegebenen tonigen Böden ist zu beachten, dass bei außergewöhnlichen Niederschlägen und bei plötzlich einsetzender Schneeschmelze über gefrorenem Untergrund Oberflächenabflüsse aus der oberstromig liegenden Feldflur auftreten können. Diese können dann ggf. zu Überflutungen in der Muldenlage führen. Hierdurch besteht eine besondere Gefahr für das bestehende Gewerbegebiet, da zusätzliche Versiegelung zu verstärkten Oberflächenabflüssen führen kann.



7.5 Behandlung des Tagwassers

Eine Beseitigung des anfallenden Tagwassers durch Versickerung ist im geplanten Erschließungsgebiet „Hagen III + IV“ praktisch nicht möglich. Einer Versickerung über Sickergalerien und –schächte steht die oben genannte nicht ausreichende Versickerungsfähigkeit entgegen.

Zur trockenwarmen Jahreszeit kann ein Teil des anfallenden Wassers in begrünten Mulden versickert werden, wobei die Verdunstung und der biologische Wasserverbrauch eine wesentliche Rolle spielen. Zur nasskalten Jahreszeit und bei Sättigung durch langanhaltende Niederschläge geht das Wasseraufnahmevermögen gegen Null zurück. In diesen Fall werden sich Oberflächenabflüsse einstellen. Für letztere ist eine geordnete Abflussmöglichkeit zu schaffen.

Um trotzdem einen Teil des Niederschlagwassers möglichst schon am Ort des Anfalls beseitigen zu können, sind Fußwege und Plätze möglichst mit wasserdurchlässigen Belägen auszustatten. Von den Dächern ablaufendes Wasser kann ggf. über Zisternen gesammelt und gepuffert werden.

Sofern Sickerteiche angelegt werden, ist die Gefahr für Kleinkinder und die Begünstigung von Stechmücken zu beachten. Bei möglichen Teichen in der Hanglage besteht zudem die Gefahr, dass im Abstrom gelegene Grundstücke durch verstärktes Sickerwasseraufkommen beeinträchtigt werden.

7.6 Wiederverwendung der Aushubmassen

Die Ackerkrume ist abzuschleppen und für Wiederbegrünungsmaßnahmen bereitzustellen. Der Bewuchs ist vor dem Abschieben zu mähen, das Mähgut ist zu beseitigen.

Der an der hellbraunen Farbe und der Steinfreiheit erkennbare Schwemmlöss ist als kulturfähiger Boden einzustufen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit einer Verwendung als Rohstoff für die Ziegelindustrie.

Die an den rötlichbraunen bis grauen Farben erkennbaren Fließerden eignen sich ohne zusätzliche technische Behandlung nur für Auffüllungen, an die keine qualifizierten Anforderungen gestellt werden.

Die an der schwarzbraunen Farbe erkennbaren organischen Böden können bei sortenreiner Gewinnung als Rohstoff der Herstellung von Pflanzsubstraten zu geführt werden. Ansonsten ist nur eine Unterbringung in unqualifizierten Auffüllungen möglich, da die Massen stark zum Schrumpfen neigen und bei weiterer Zersetzung der organischen Substanz mit einem zusätzlich zur Schrumpfung auftretenden Volumenverlust reagieren.



8. Zusammenfassung

Das Erschließungsgebiet „Hagen III + IV“ erstreckt sich über eine leichte Hanglage und eine flache Geländemulde. Das Areal neigt aufgrund der tonigen Böden zu zeitweise stark ausgeprägter Staunässe. Bei entsprechendem Niederschlagsangebot und bei Schneeschmelze steigt das Grundwasser auch in den Hanglagen bis in Oberflächennähe an.

Es besteht eine mehrere Meter mächtige quartäre Bedeckung über Schichten des Gipskeupers. Die oberflächennah angetroffenen vergleichsweise günstigen Konsistenzverhältnisse waren auf eine zum Zeitpunkt der Untersuchungen herrschende spätsommerliche Trockenwetterlage zurückzuführen. Sie entsprachen somit nicht dem erfahrungsgemäßen langjährigen Mittel, das im Grenzbereich von steif- nach weichplastisch anzusiedeln ist. In den tieferen Niveaus überwiegen weichplastische Konsistenzverhältnisse.

In Leitungsgräben und Baugruben wird je nach Jahreszeit und Tiefe der Rohrbettung eine Grundwasserhaltung erforderlich. Diese bedarf der wasserrechtlichen Erlaubnis. Es ist in Abschnitten zu bauen, um das Wasser optimal zu beherrschen. Zur Unterbindung ungewollter Grundwasserabsenkungen und Drainagewirkungen durch die Grabenverfüllungen sind Grundwassersperren erforderlich.

Rohrbettungen können auf steifplastischen Grabensohlen direkt gegründet werden. Bei weichplastischen Verhältnissen sind Schottermatratzen erforderlich. Grabenaushub bedarf bei Wiederverwendung als Grabenverfüllung einer Bodenverbesserung. Im Grundwasserbereich und bei Bauausführung zur nasskalten Jahreszeit werden verdichtungsfähige kornabgestufte Fremdmassen empfohlen.

Um für die Erschließungsstraßen ein ausreichend tragfähiges Erdplanum zu erzielen, sind Bodenverbesserungen durch Bodenaustausch oder Behandeln mit Dorosol erforderlich. Zum Massenausgleich in der Hanglage hergestellte talseitige Auffüllungen sind zur Vermeidung ungewollter Gleitfugen auf einem abgetreppten Rohplanum aufzubauen. Das Erdplanum der Straßen bzw. bei Bodenaustausch das Rohplanum ist durch Drainagen zu entwässern.

Versickerungen von Tagwasser sind unter den gegebenen schweren Böden wegen der zu geringen Versickerungsfähigkeit kaum möglich. Verdunstung und biologischer Wasserverbrauch sind hier nur während der trockenwarmen Jahreszeit wirksam. Sickermulden und -teiche sind daher mit geordneten und einwandfrei funktionierenden Notüberläufen auszustatten.

Es wird aufgrund der ungünstigen Grundwasserverhältnisse empfohlen, Gebäude möglichst ohne Unterkellerungen zu erstellen. Falls doch Keller erforderlich werden, sind diese als wasserdichte und auftriebsichere Wannen zu bemessen. Konventionelle Flachgründungen sind nur bei kleineren Gebäuden dort möglich, wo mindestens steifplastische Böden anstehen. Ansonsten sind Pfahlgründungen mit Lastabtrag in den mehrere Meter tiefer gelegenen Gipskeuper erforderlich.



Alternativ kann auch eine Bodenverbesserung mit Rüttelstopfsäulen erfolgen. Hierdurch wird der Boden so weit ertüchtigt, dass eine normale Flachgründung bei ausgeglichenem Setzungsverhalten erzielt werden kann. Einschränkungen bei den Rüttelstopfsäulen ergeben sich ggf. in weichplastischen Zonen, sodass ggf. eine Kombination mit Erdbetonsäulen erforderlich wird. In den Bemessungswasserstand eingreifende Bauteile und Gründungskörper bedürfen der wasserrechtlichen Erlaubnis. Aufgrund der schwierigen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse werden objektbezogene Baugrunduntersuchungen dringend angeraten.

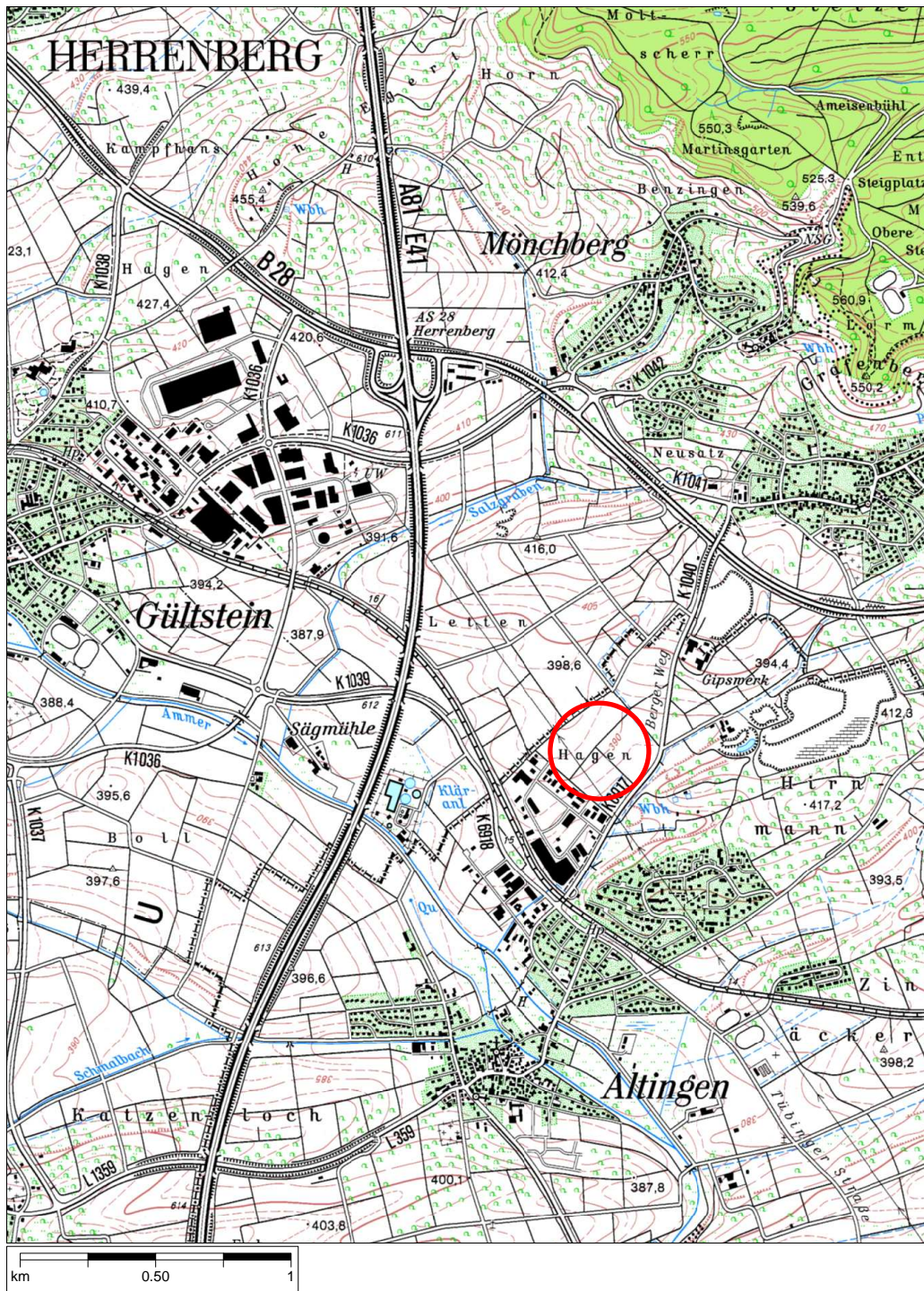
9. Schlussbemerkung

Der vorliegende Untersuchungsbericht basiert auf 16 Kleinbohrungen und der Auswertung anderer in der weiteren Umgebung durchgeführter Untersuchungen. Er bezieht sich ausschließlich auf das oben beschriebene Erschließungsvorhaben und kann daher nicht auf mögliche andere Standorte übertragen werden. Das vorliegende Gutachten befasst sich in erster Linie mit der geplanten Erschließungsmaßnahme und kann daher objektbezogene Baugrunduntersuchungen für die später zu errichtenden Gebäude nicht ersetzen. Da die Bohrungen zwangsläufig nur punktuelle Aufschlüsse darstellen, sind Abweichungen möglich.

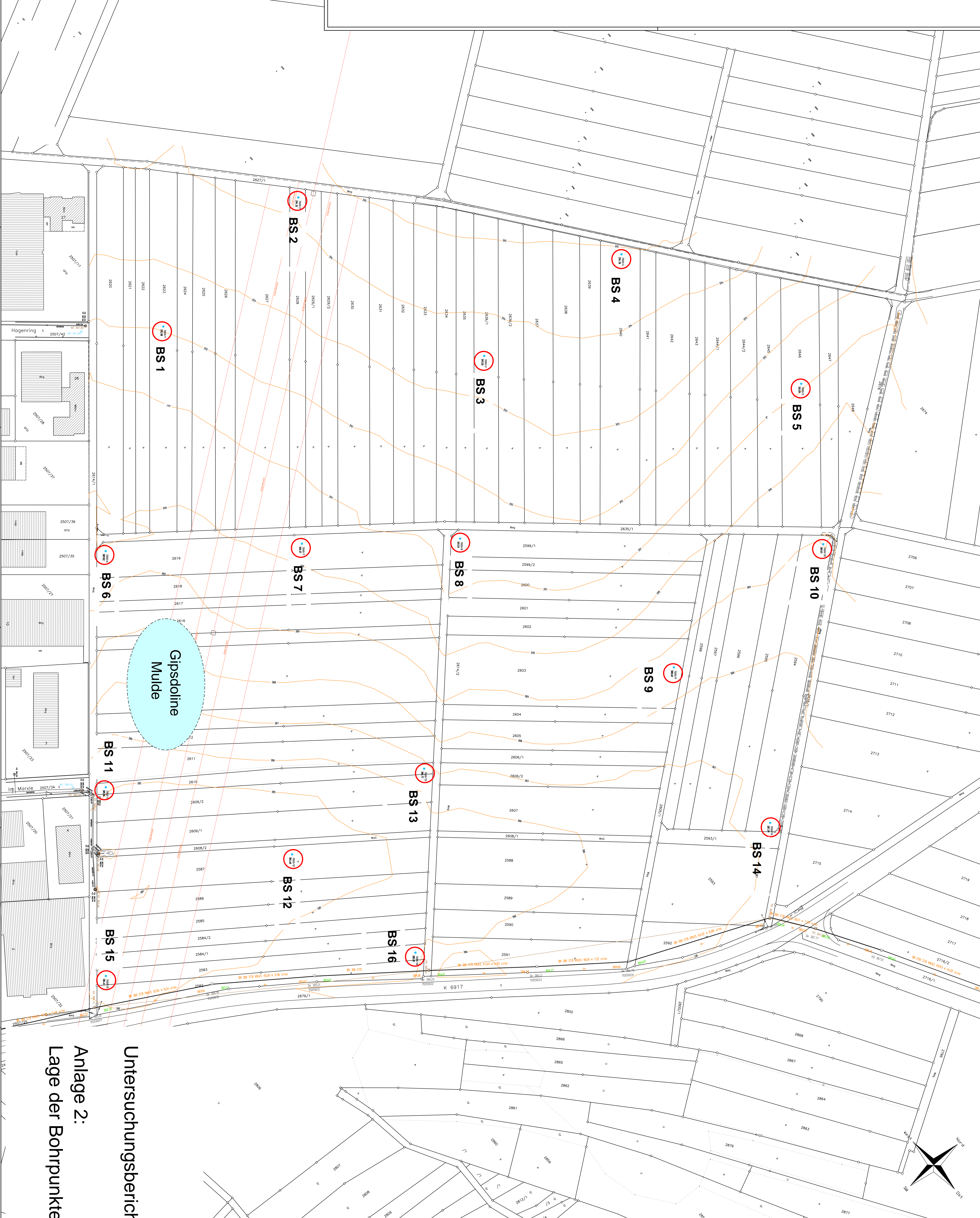
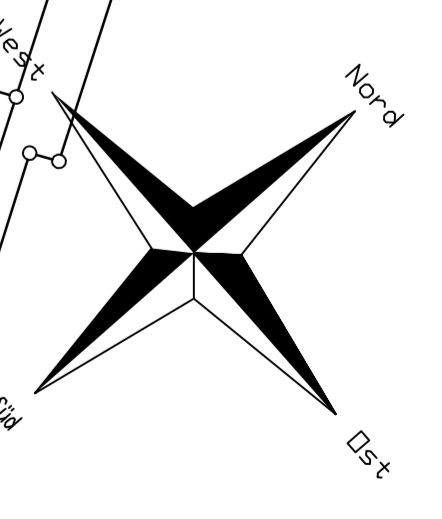
Sollten sich im Zuge der Baumaßnahme unerwartete oder hier nicht besprochene Probleme herausstellen, bitten wir umgehend um Nachricht. Auszugsweise Vervielfältigungen des vorliegenden Untersuchungsberichtes sind nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verfassers zulässig.

Deckenpfronn, den 02.10.2009

Dr. Wilhelm



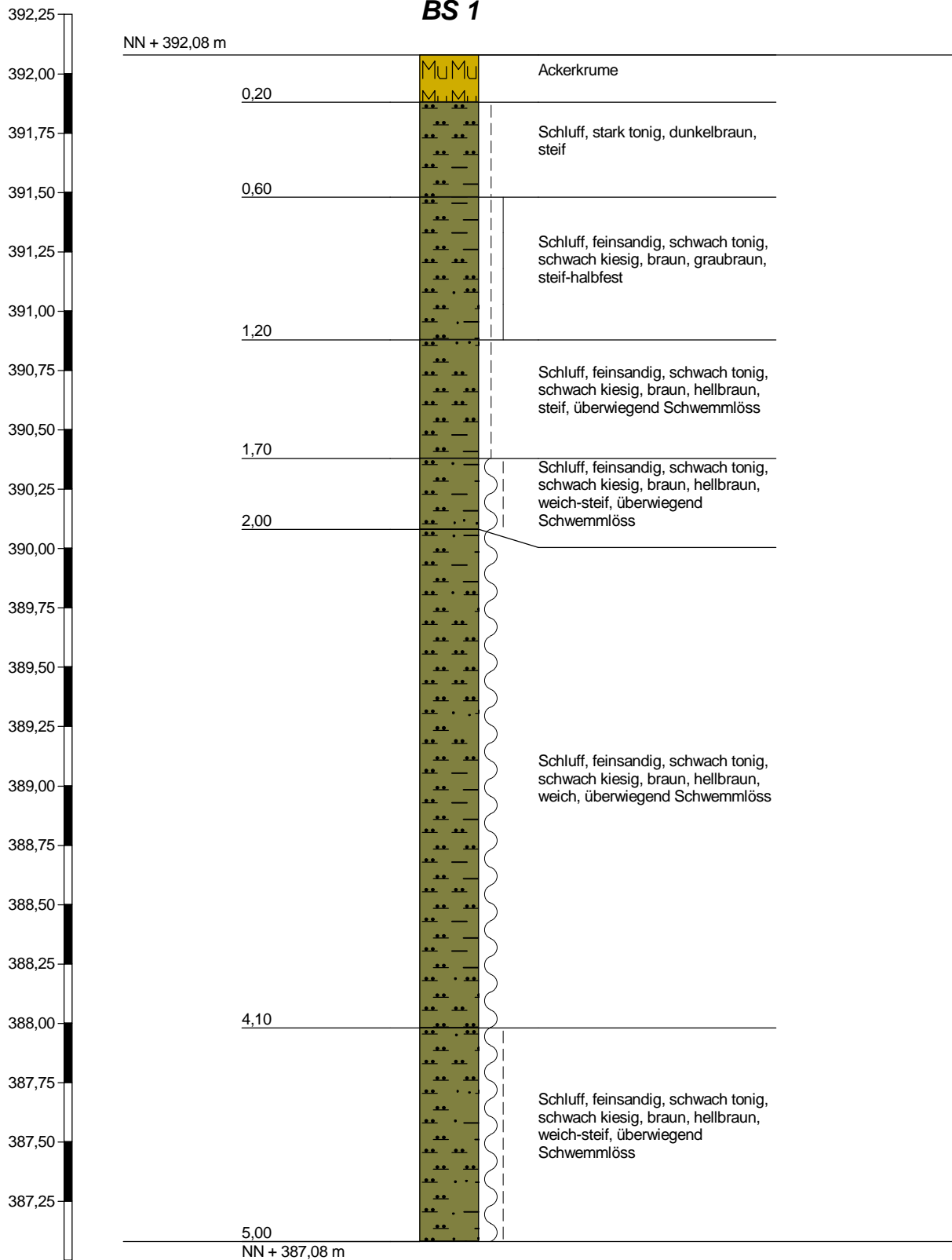
Übersichtsplan
aus TK 1 : 25.000



Untersuchungsbericht Nr. 090715

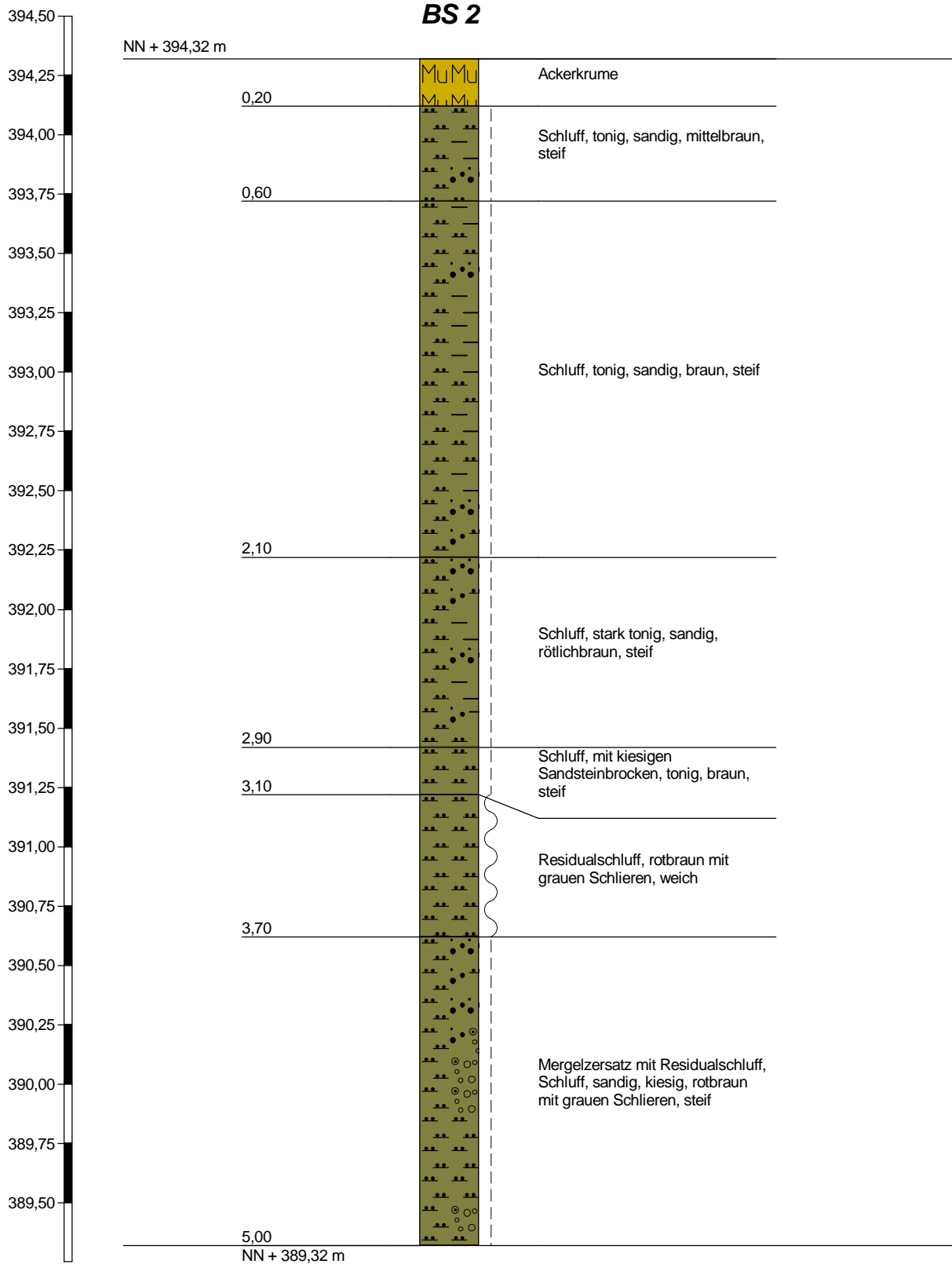
Anlage 2:

Lage der Bohrpunkte BS 1 - BS 16

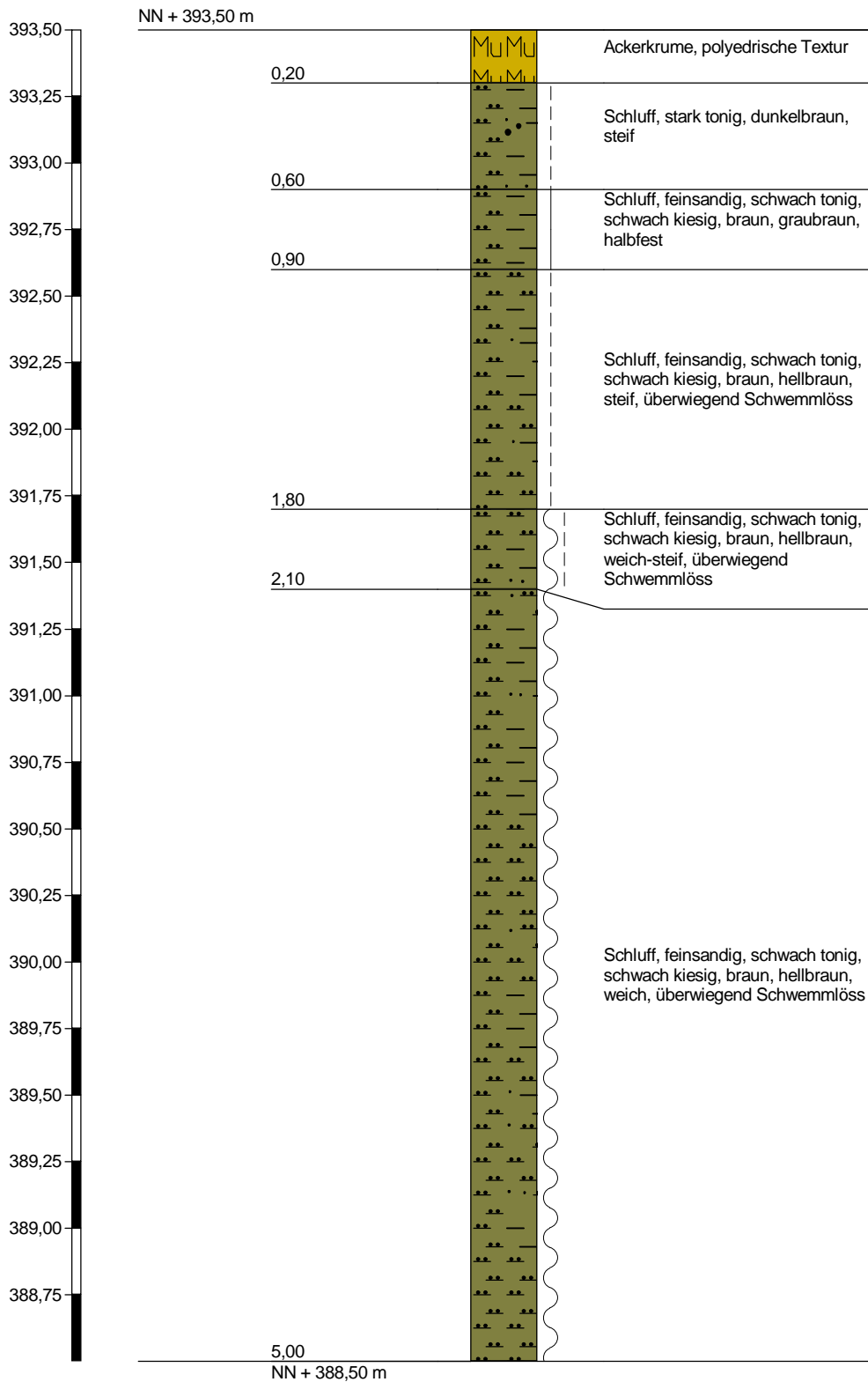


Höhenmaßstab 1:25

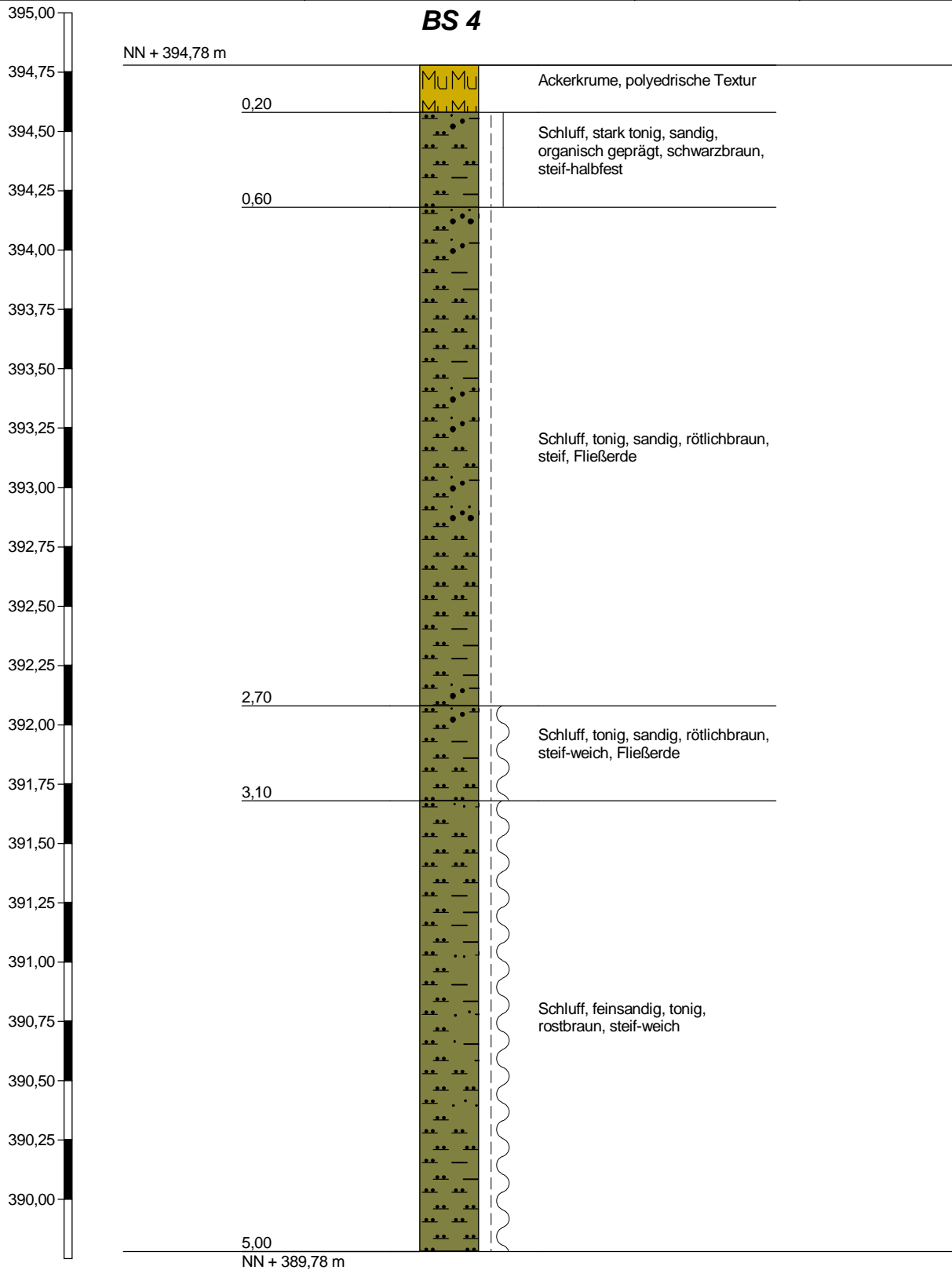
Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-5,0 m: Quartär
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 186 H: 53 81 110
 kein Wasser



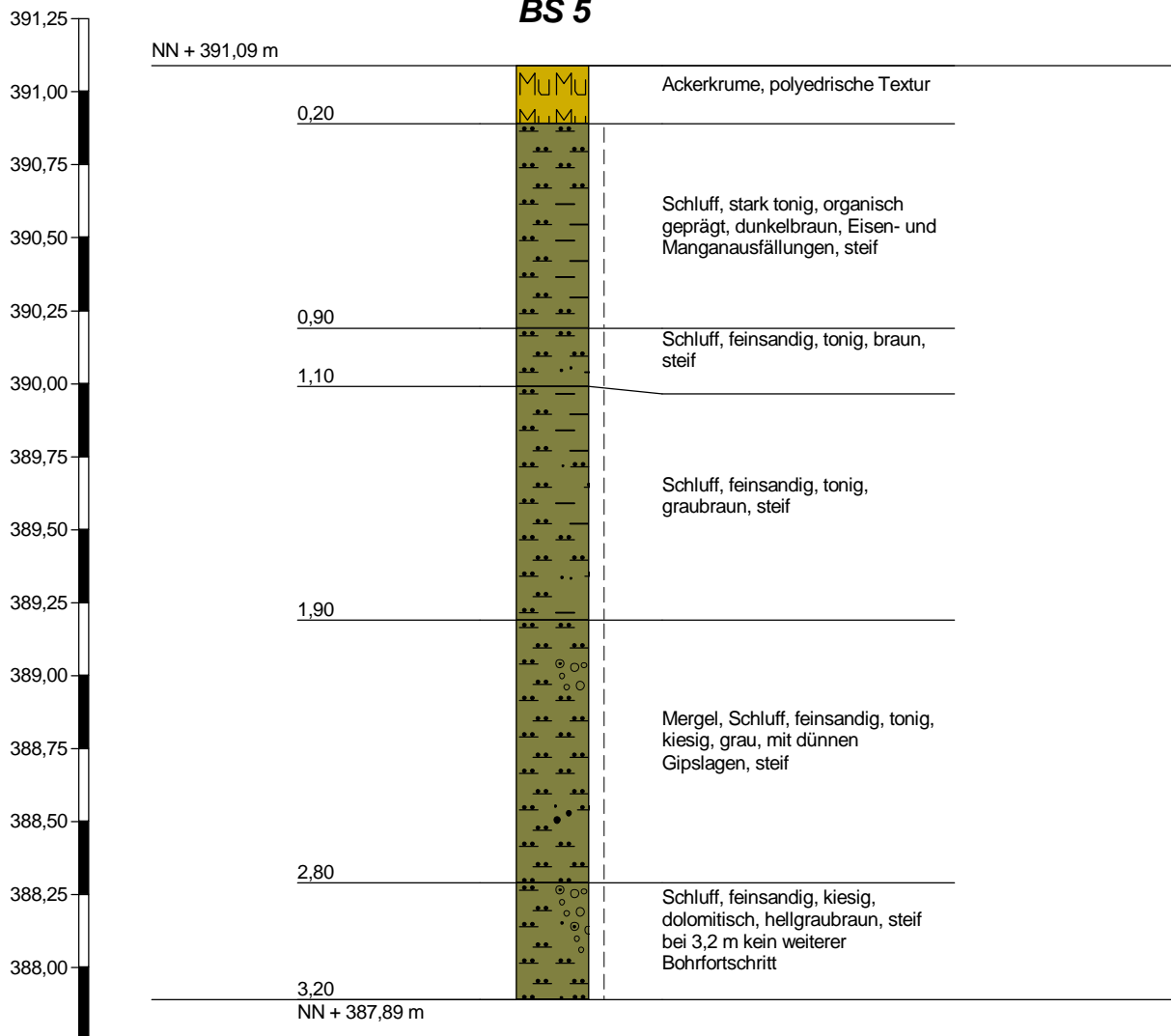
Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-3,1 m: Quartär; 3,1-5,0 m: Gipskeuper
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 183 H: 53 81 194
 kein Wasser

BS 3**Höhenmaßstab 1:25**

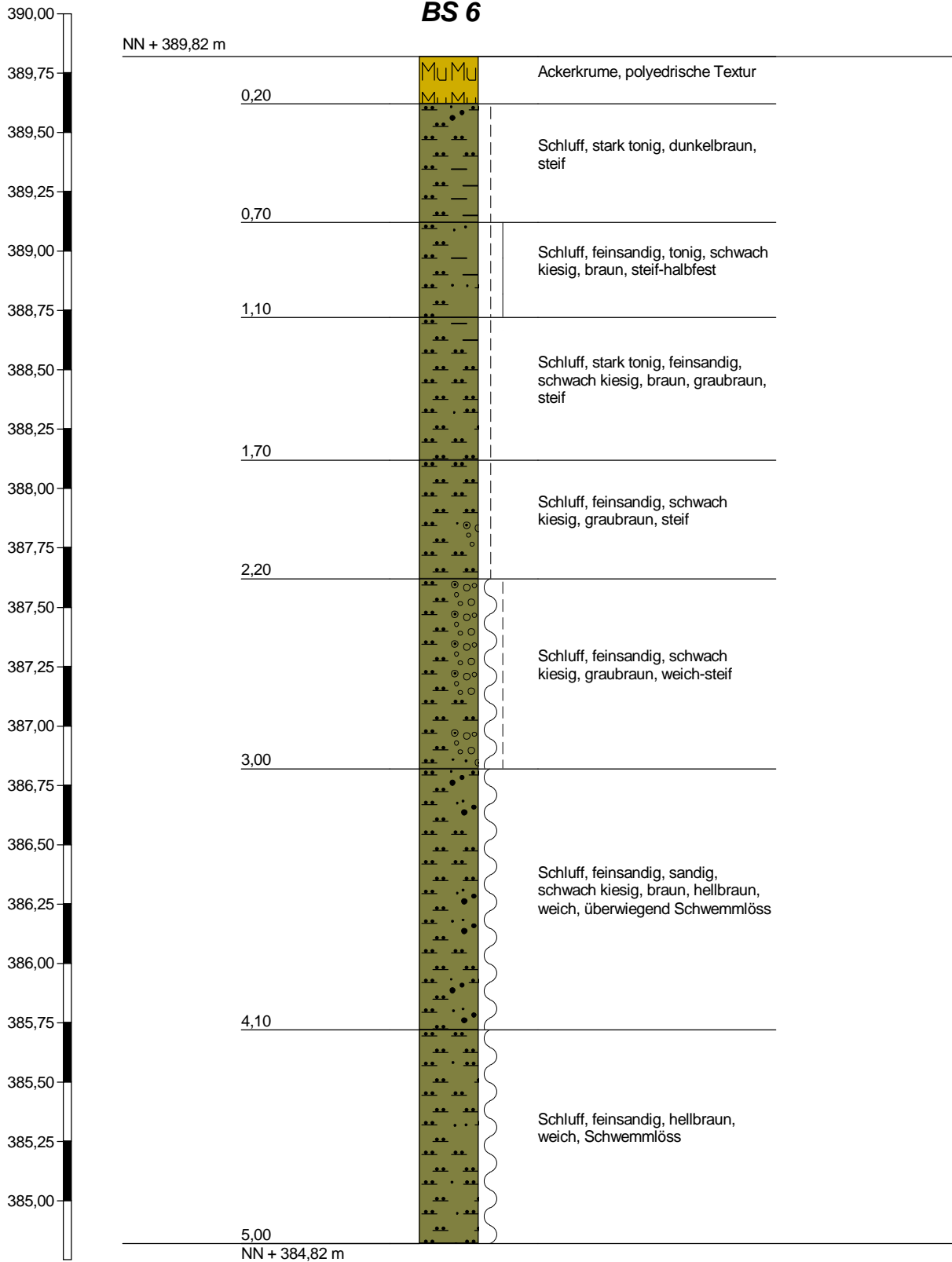
Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-5,0 m: Quartär
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 292 H: 53 81 209
 kein Wasser

**Höhenmaßstab 1:25**

Bemerkungen
Kurzprofil: 0,0-5,0 m: Quartär
Rechts- und Hochwert: R: 34 93 298 H: 53 81 286
kein Wasser

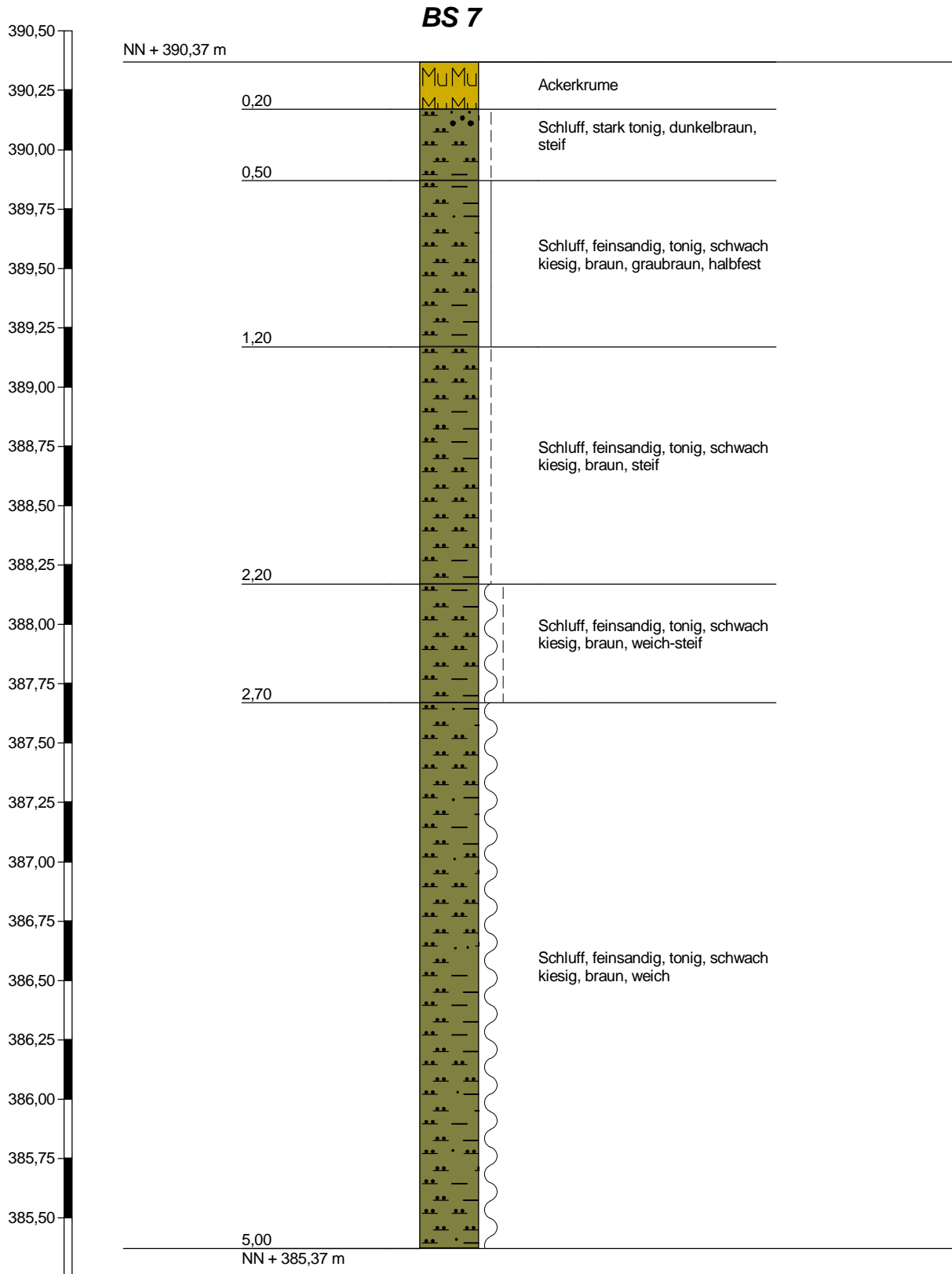
**Höhenmaßstab 1:25**

Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-1,9 m: Quartär; 1,9-3,2 m: Gipskeuper
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 395 H: 53 81 308
 kein Wasser



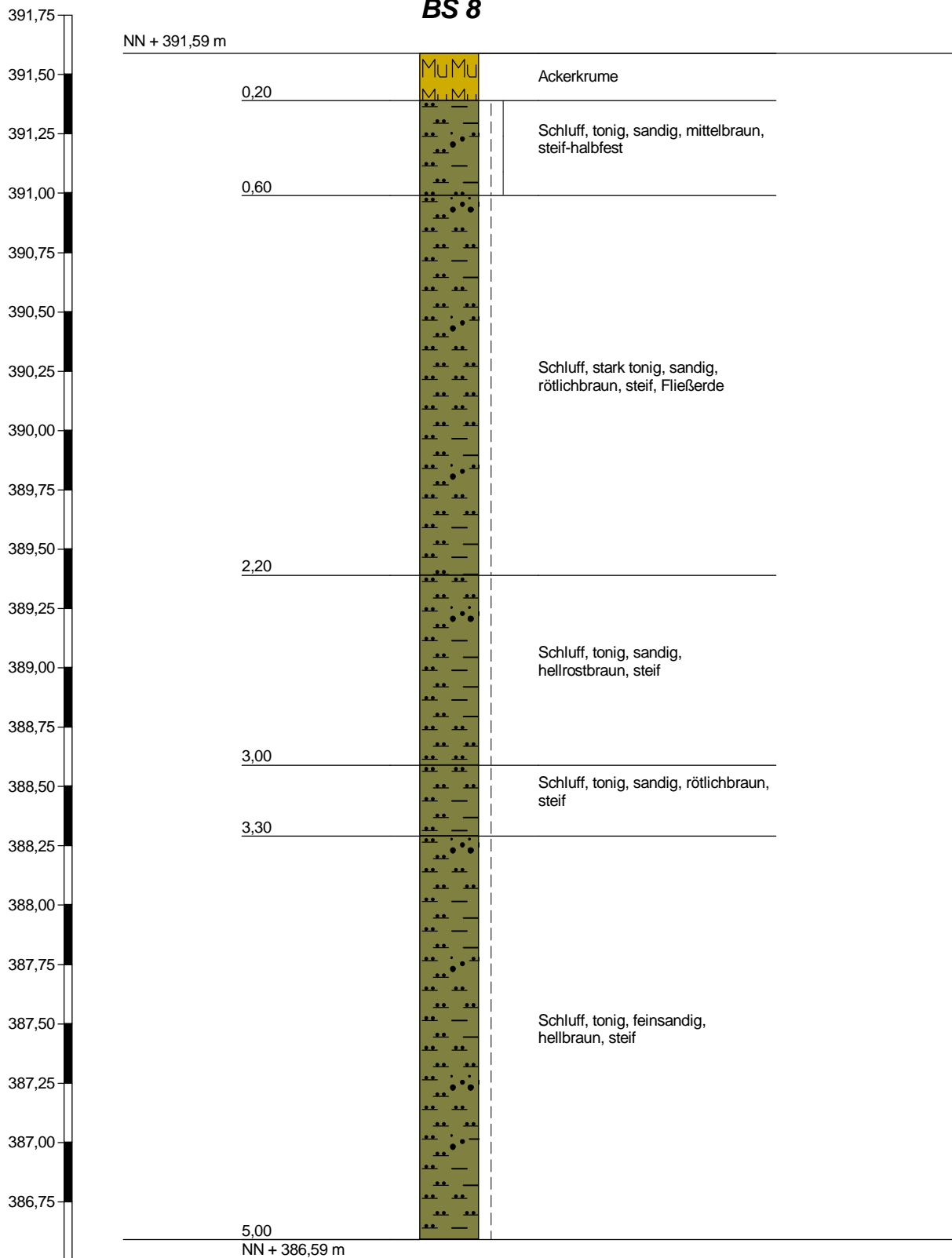
Höhenmaßstab 1:25

Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-5,0 m: Quartär
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 245 H: 53 81 023
 kein Wasser

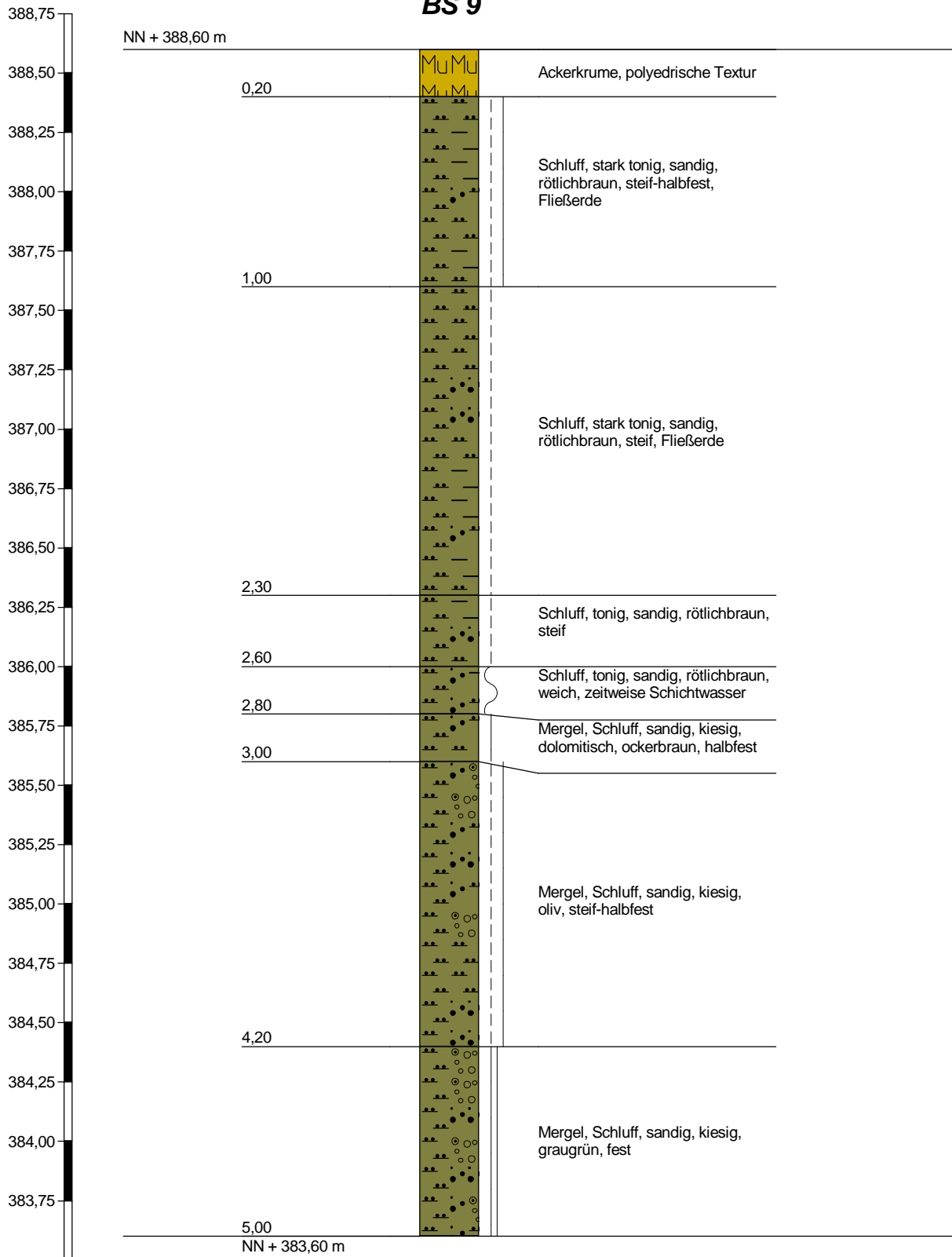


Höhenmaßstab 1:25

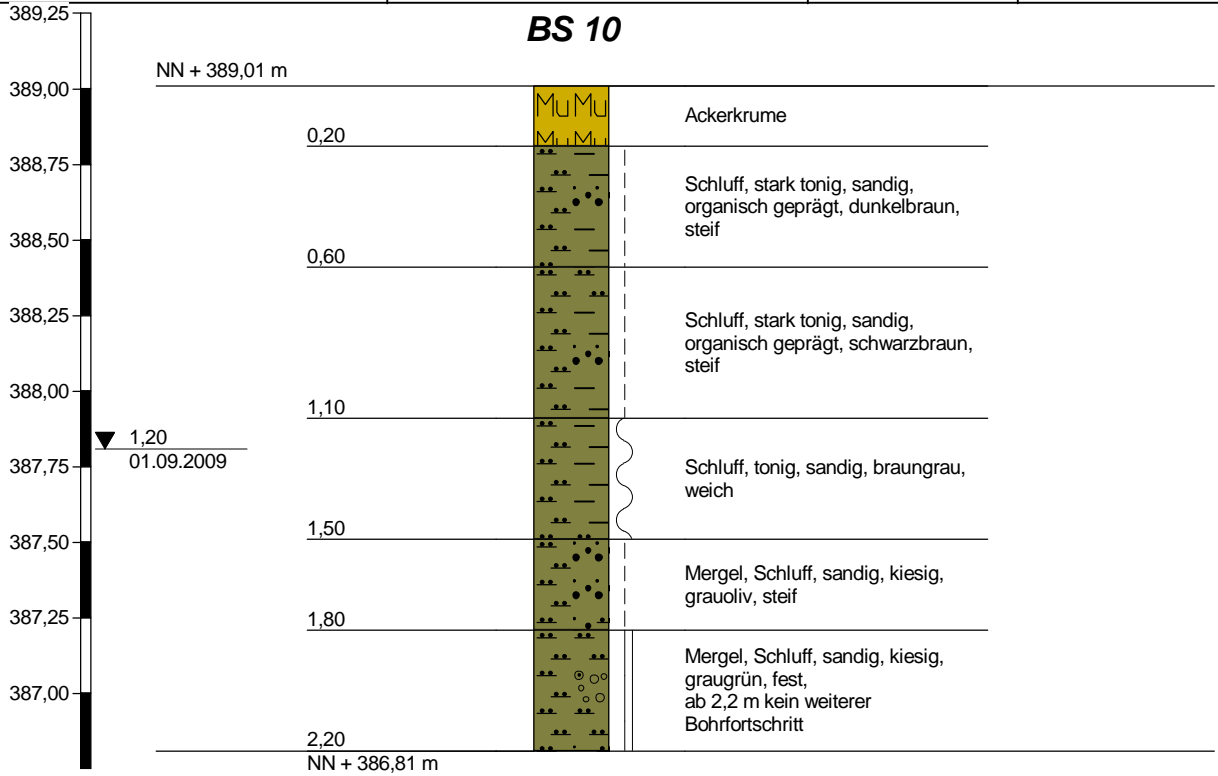
Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-5,0 m: Quartär
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 301 H: 53 81 092
 kein Wasser

**Höhenmaßstab 1:25**

Bemerkungen
Kurzprofil: 0,0-5,0 m: Quartär
Rechts- und Hochwert: R: 34 93 346 H: 53 81 147
kein Wasser



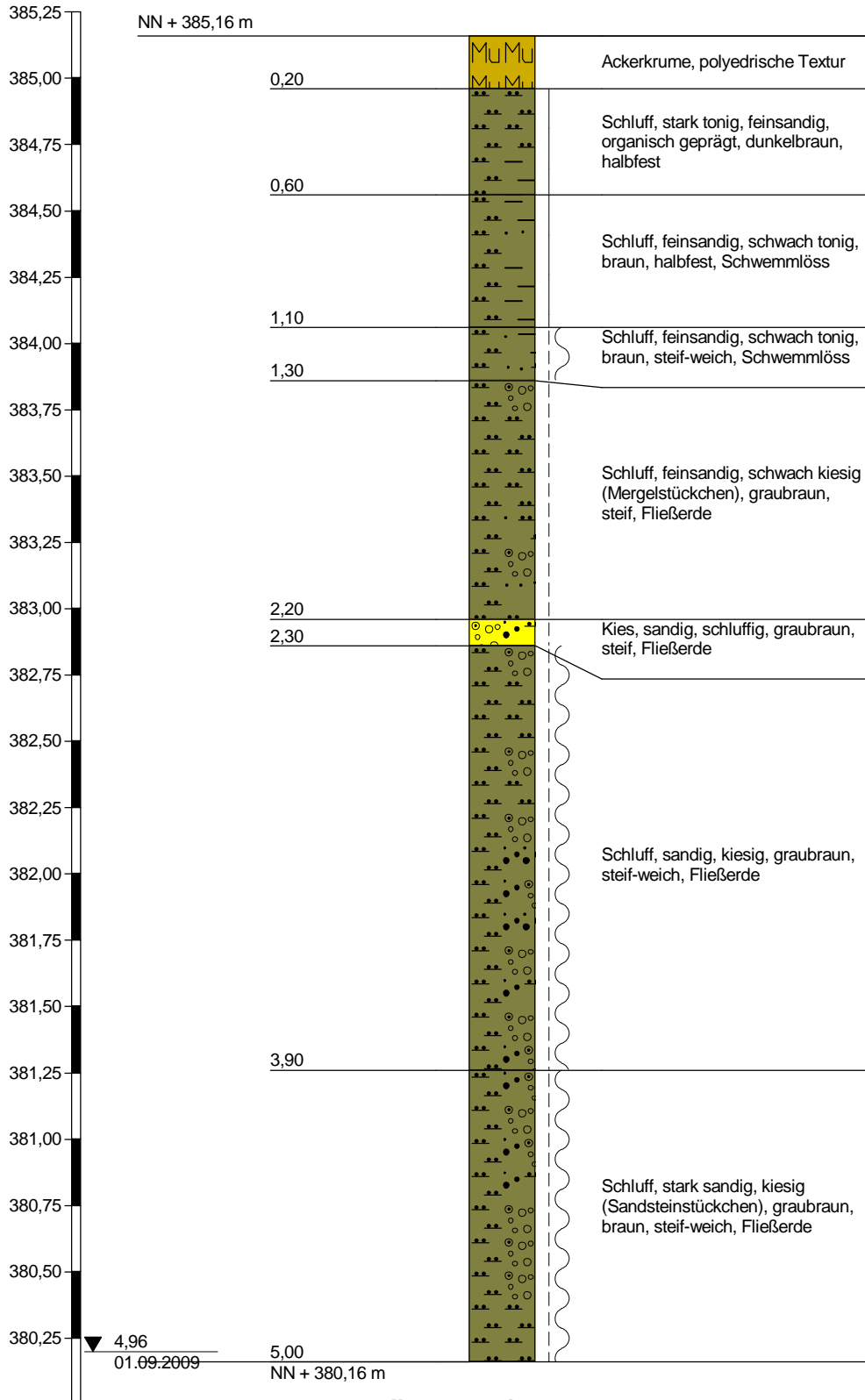
Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-2,8 m: Quartär; 2,8-5,0 m: Gipskeuper
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 453 H: 53 81 181
 kein Wasser



Höhenmaßstab 1:25

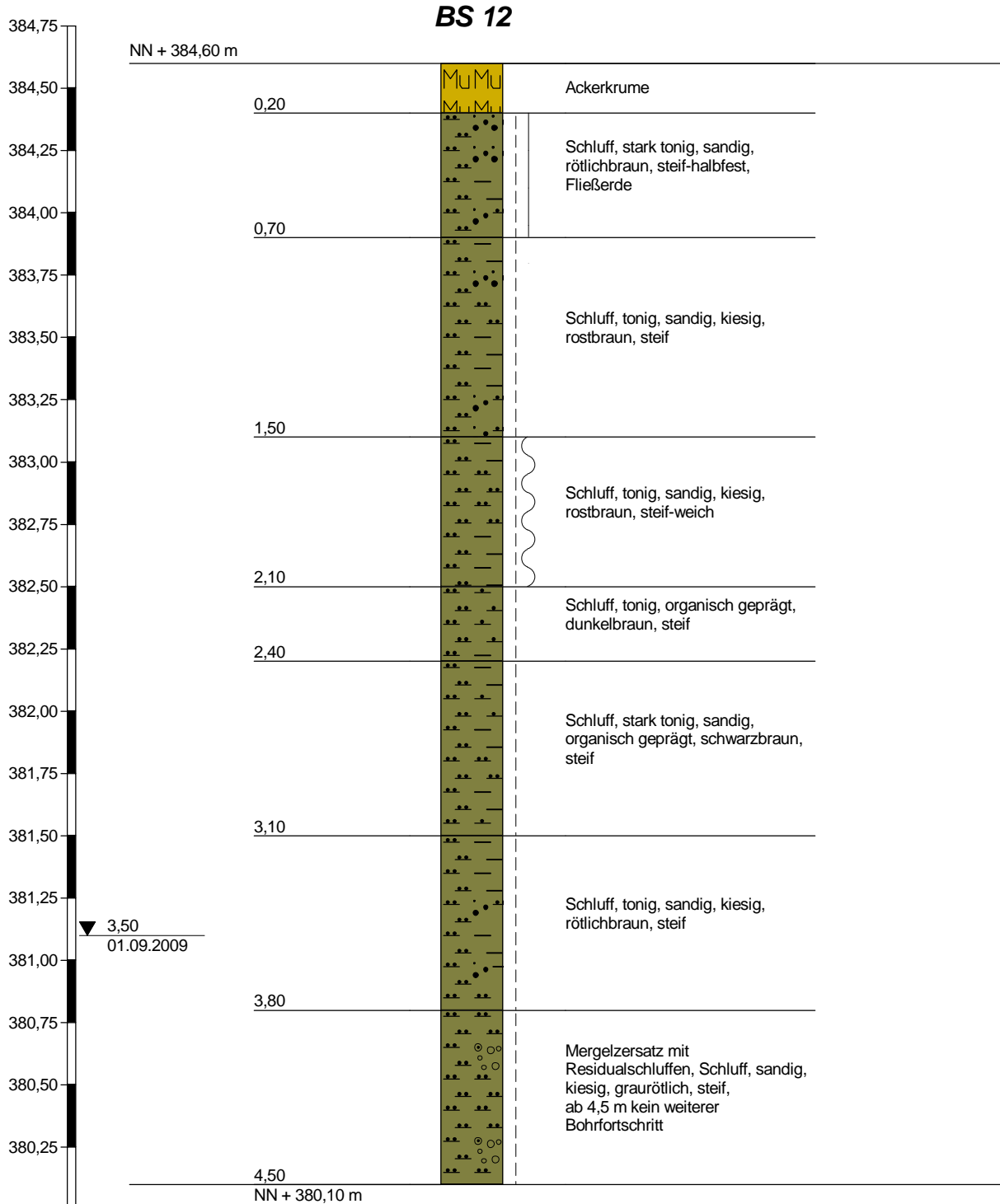
Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-1,5 m: Quartär; 1,5-2,2 m: Gipskeuper
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 456 H: 53 81 268
 Ruhewasserstand = 387,81 mNN

BS 11

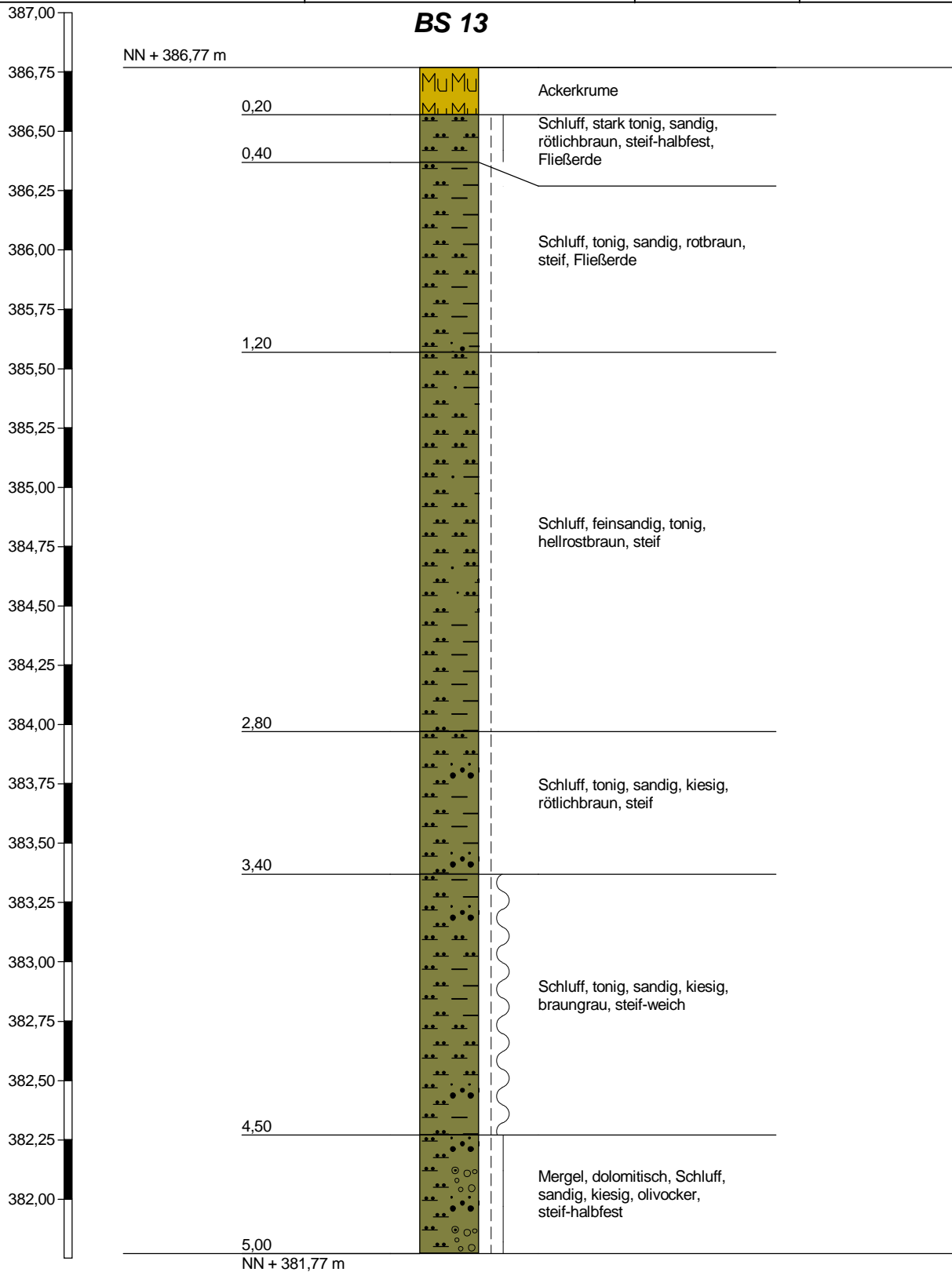


Höhenmaßstab 1:25

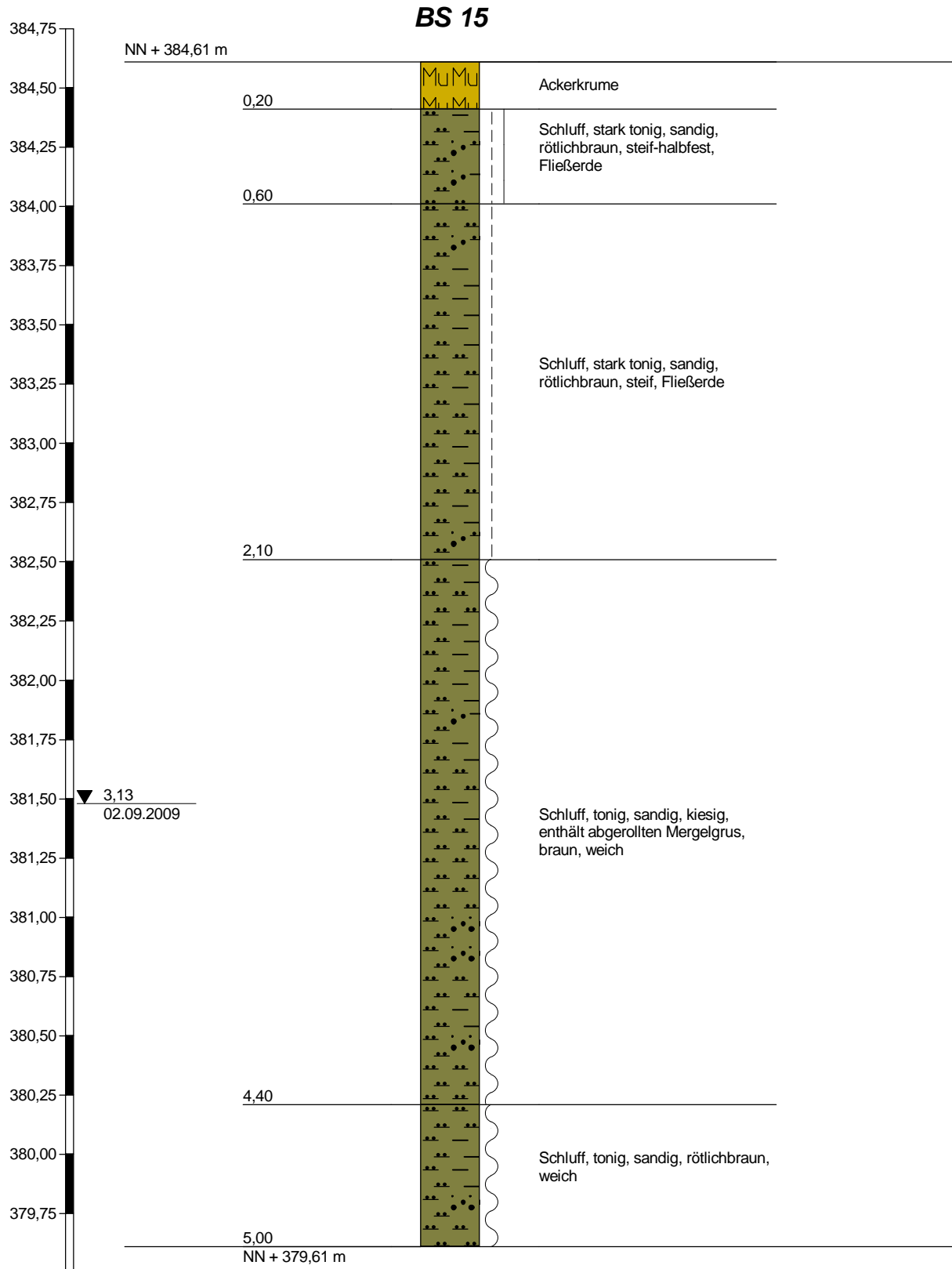
Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-5,0 m: Quartär
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 325 H: 53 80 953
 Ruhewasserstand = 380,20 mNN

**Höhenmaßstab 1:25**

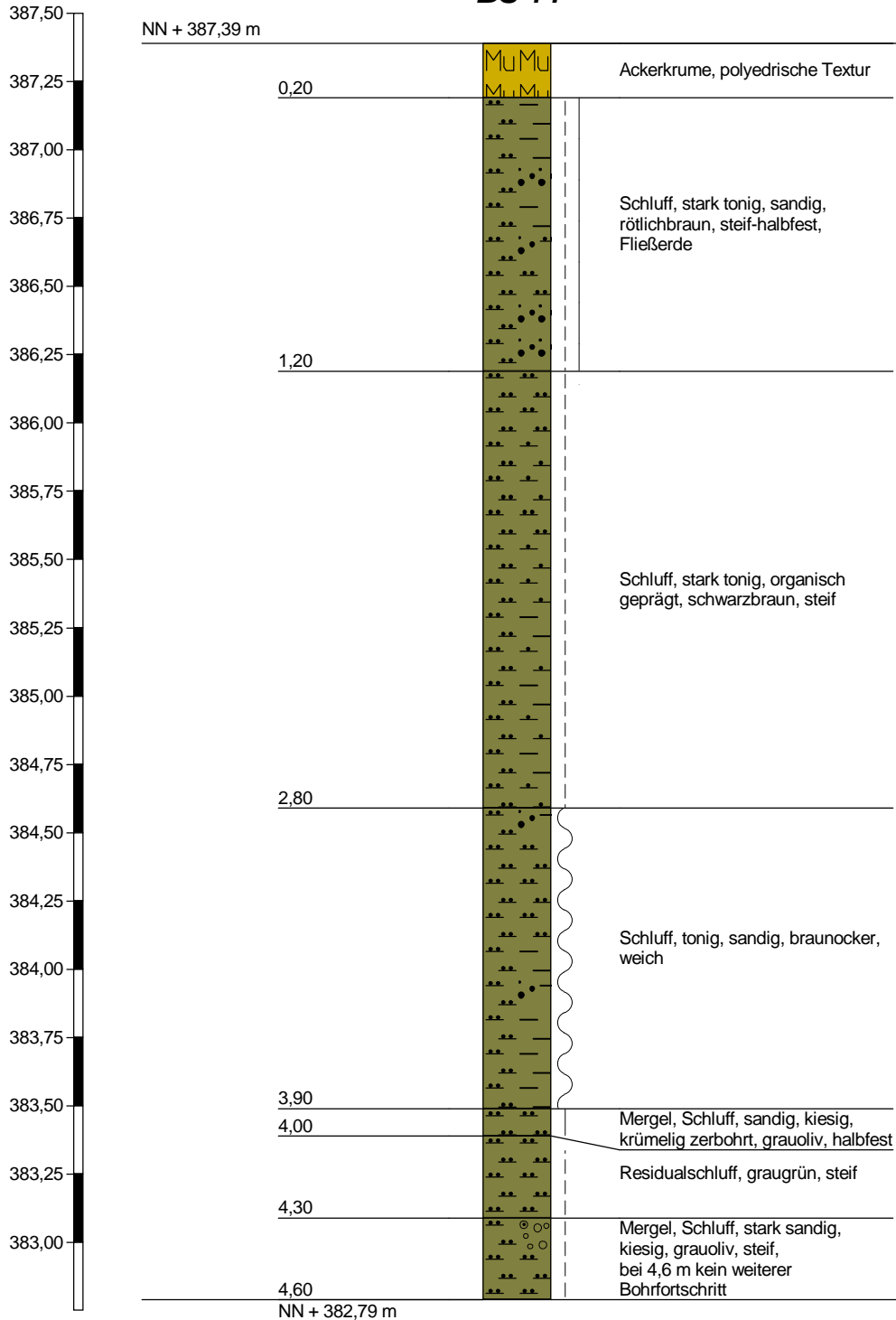
Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-3,8 m: Quartär; 3,8-4,5 m: Gipskeuper
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 403 H: 53 80 996
 Ruhewasserstand = 381,10 mNN

**Höhenmaßstab 1:25**

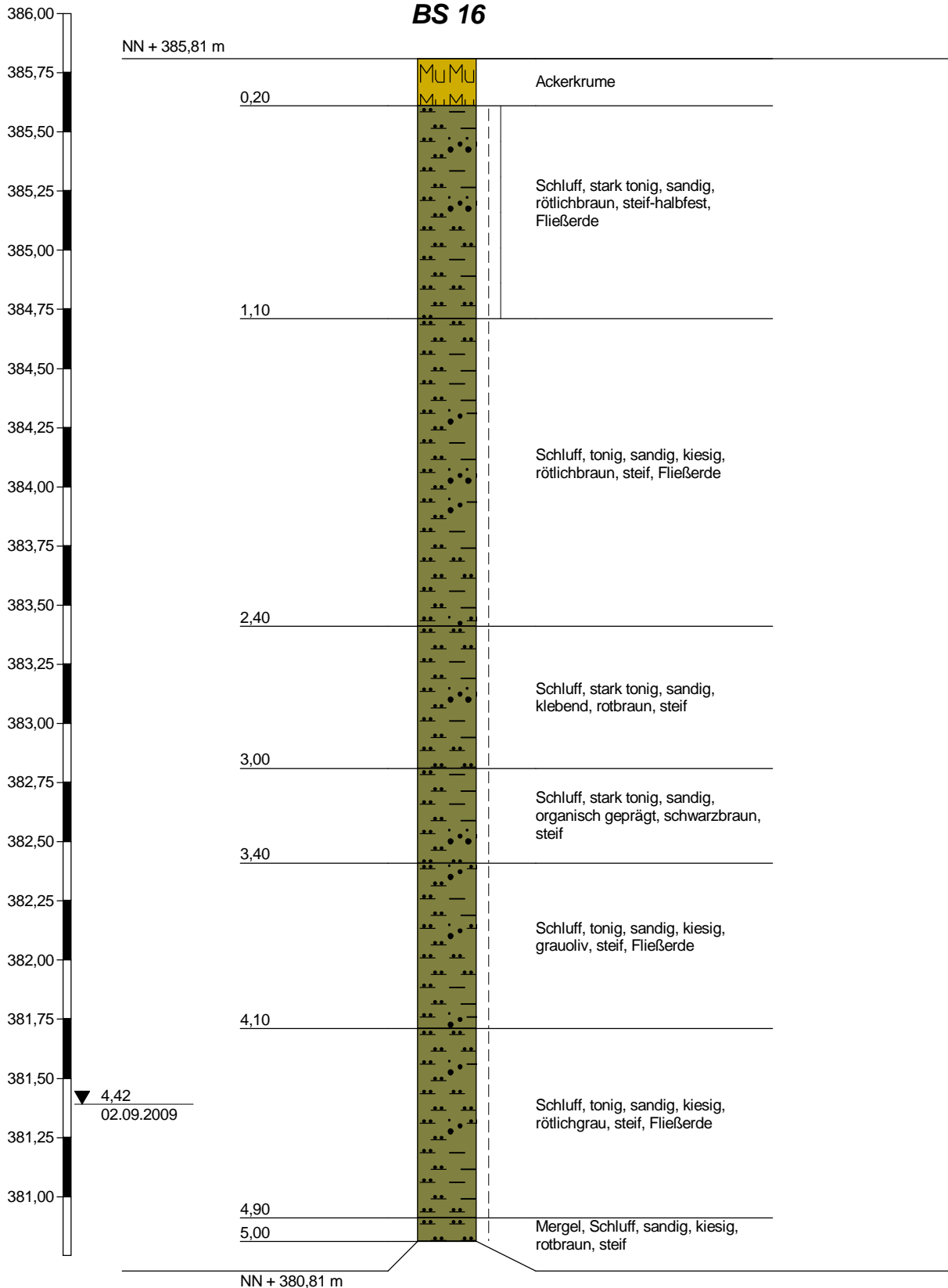
Bemerkungen
Kurzprofil: 0,0-4,5 m: Quartär; 4,5-5,0 m: Gipskeuper
Rechts- und Hochwert: R: 34 93 413 H: 53 81 066
kein Wasser

**Höhenmaßstab 1:25**

Bemerkungen
Kurzprofil: 0,0-5,0 m: Quartär
Rechts- und Hochwert: R: 34 93 388 H: 53 80 897
Ruhewasserstand = 381,48 mNN

BS 14**Höhenmaßstab 1:25**

Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-3,9 m: Quartär; 3,9-4,6 m: Gipskeuper
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 534 H: 53 81 167
 kein Wasser

**Höhenmaßstab 1:25**

Bemerkungen
 Kurzprofil: 0,0-4,9 m: Quartär; 4,9-5,0 m: Gipskeuper
 Rechts- und Hochwert: R: 34 93 473 H: 53 81 009
 Ruhewasserstand = 381,39 mNN



Bodenmechanische Kennwerte

Quartär: weichplastisch

Wichte	γ	= 18-19 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	γ'	= 8-9 kN/m ³
Reibungswinkel	φ	= 25-30,0°
Kohäsion	c	= 0-3 kN/m ²
Steifeziffer	Es	= 2-5 MN/m ²

Quartär: wenigstens steifplastisch

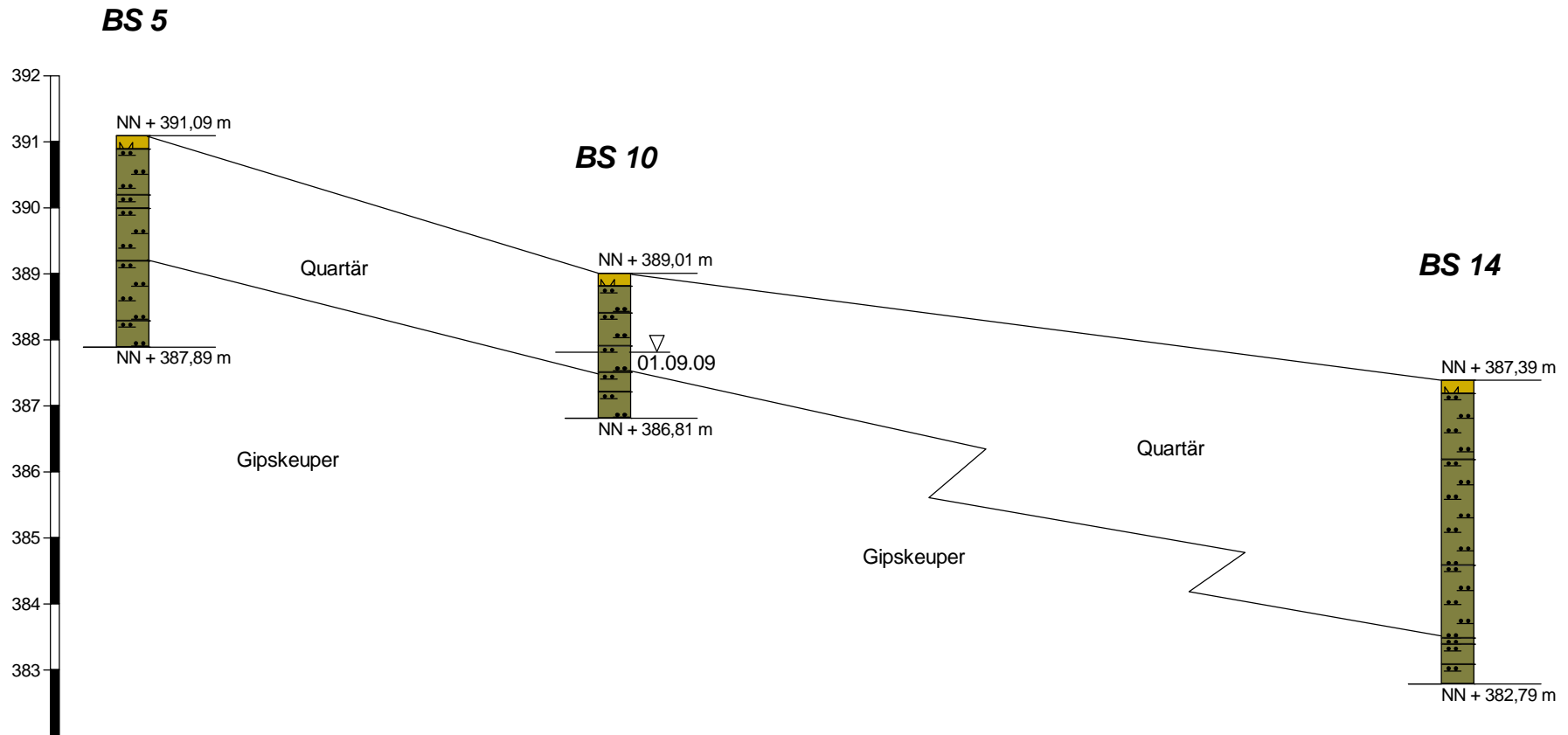
Wichte	γ	= 20,0 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	γ'	= 10,0 kN/m ³
Reibungswinkel	φ	= 25-30,0°
Kohäsion	c	= 3-8 kN/m ²
Steifeziffer	Es	= 5-8 MN/m ²

Gipskeuper: Mergel, maximal weich-steifplastisch

Wichte	γ	= 19,5 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	γ'	= 9,5 kN/m ³
Reibungswinkel	φ	= 27,5 °
Kohäsion	c	= 0 kN/m ²
Steifeziffer	Es	= 8 MN/m ²

Gipskeuper: Mergel, wenigstens steifplastisch

Wichte	γ	= 20,5 kN/m ³
Wichte unter Auftrieb	γ'	= 10,5 kN/m ³
Reibungswinkel	φ	= 28,0 °
Kohäsion	c	= 0 kN/m ²
Steifeziffer	Es	= 10-20 MN/m ²



BGU

Büro für Geologie und Umweltfragen

Marktplatz
75392 Deckenpfronn

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

Geologischer Schnitt NW - SE
Maßstab horizontal 1:1250
Maßstab vertikal 1:125

Anlage: 5.2

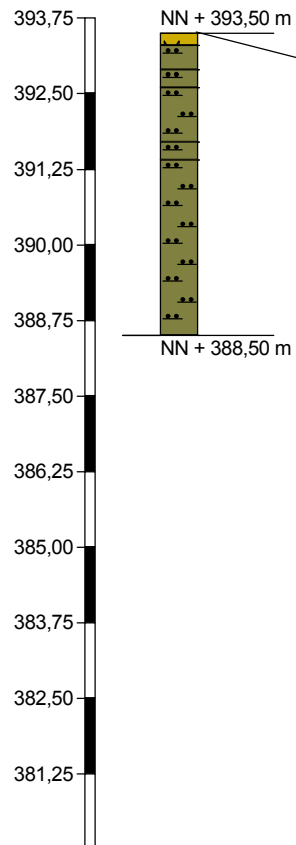
Projekt: EG Hagen III + IV, Ammerbuch-Altingen

Auftraggeber:

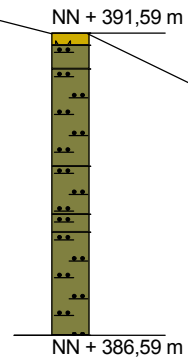
Bearb.: Dr. Wi/Se

Datum: 01.09.2009

BS 3

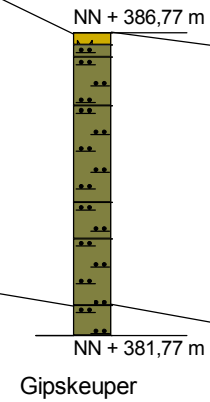


BS 8



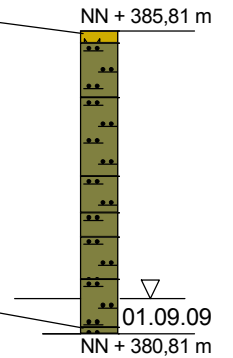
Quartär

BS 13



Quartär

BS 16



Quartär

? ?

01.09.09

BGU

Büro für Geologie und Umweltfragen

Marktplatz
75392 Deckenpfronn

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

Geologischer Schnitt NW - SE
Maßstab horizontal 1:1500
Maßstab vertikal 1:125

Anlage: 5.3

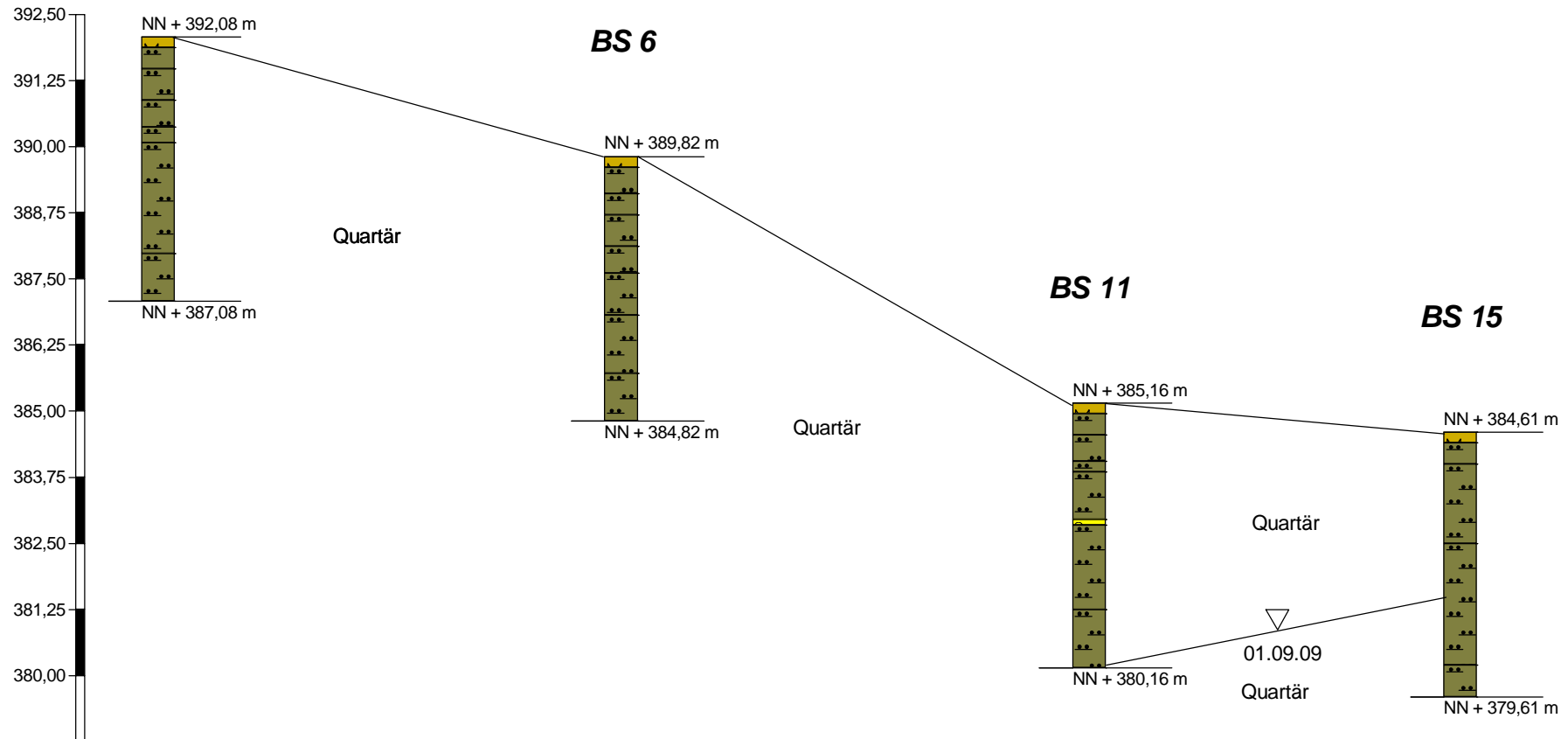
Projekt: EG Hagen III + IV, Ammerbuch-Altingen

Auftraggeber:

Bearb.: Dr. Wi/Se

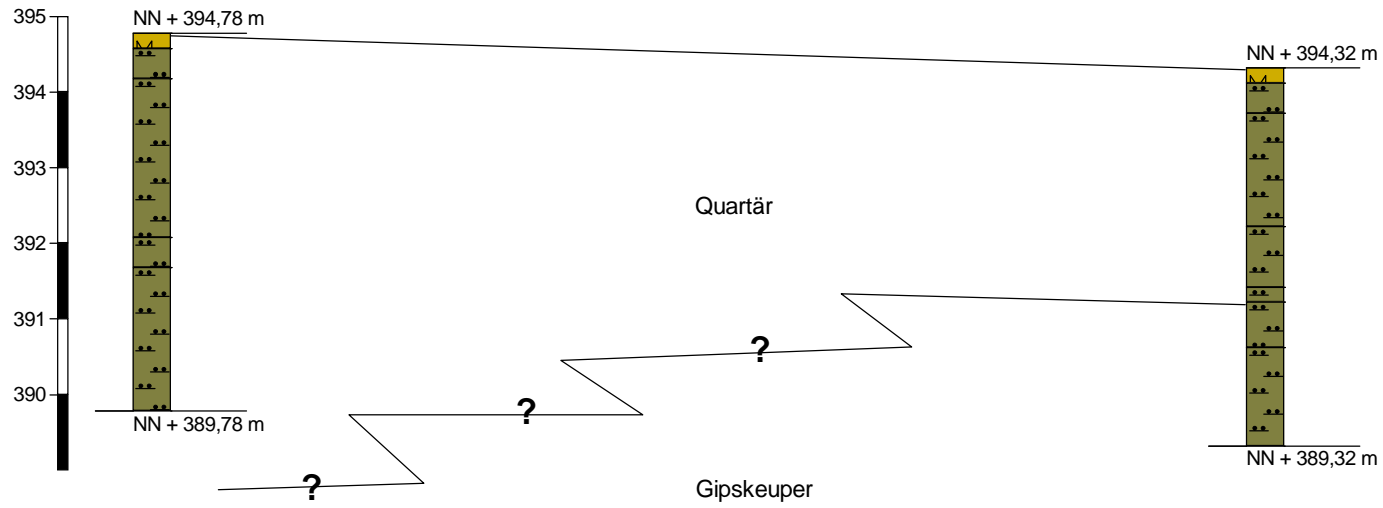
Datum: 01.09.2009

BS 1



BS 4

BS 2



BGU

Büro für Geologie und Umweltfragen

Marktplatz
75392 Deckenpfronn

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN 4023

Geologischer Schnitt NE - SW
Maßstab horizontal 1:1500
Maßstab vertikal 1:100

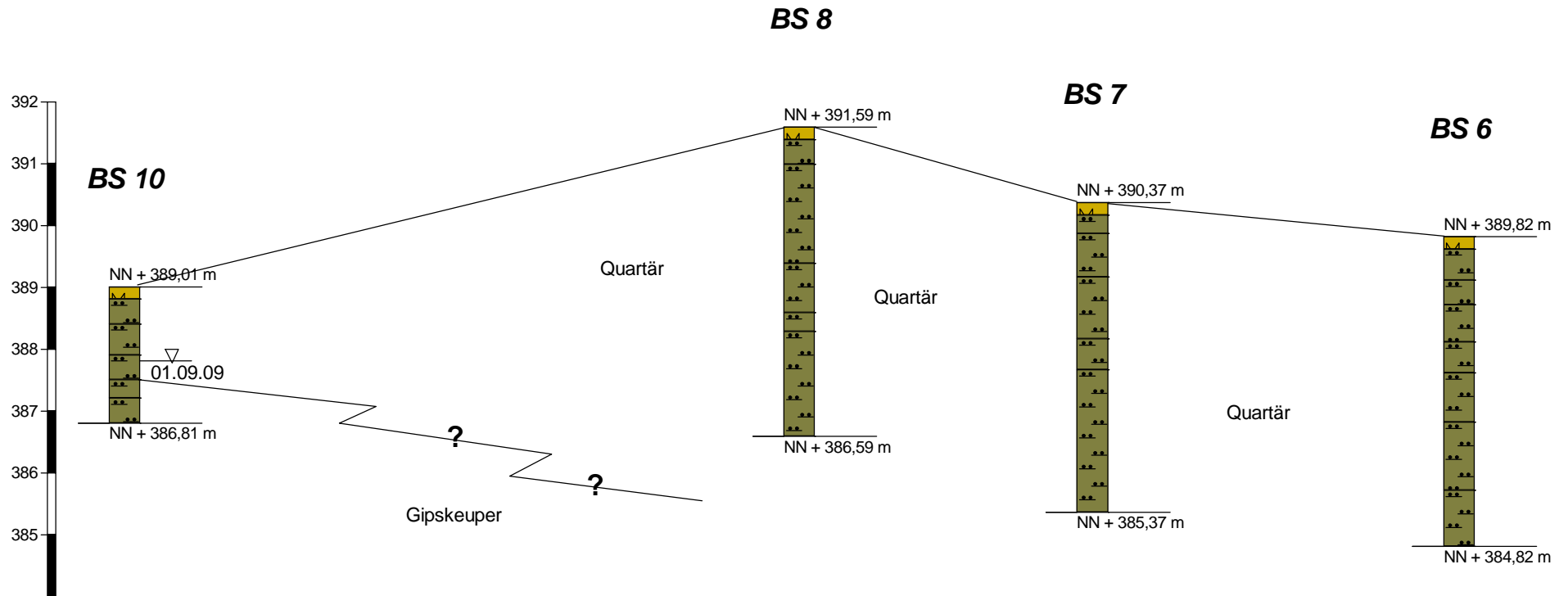
Anlage: 5.5

Projekt: EG Hagen III + IV, Ammerbuch-Altingen

Auftraggeber:

Bearb.: Dr. Wi/Se

Datum: 01.09.2009



BS 14

BS 16

BS 15

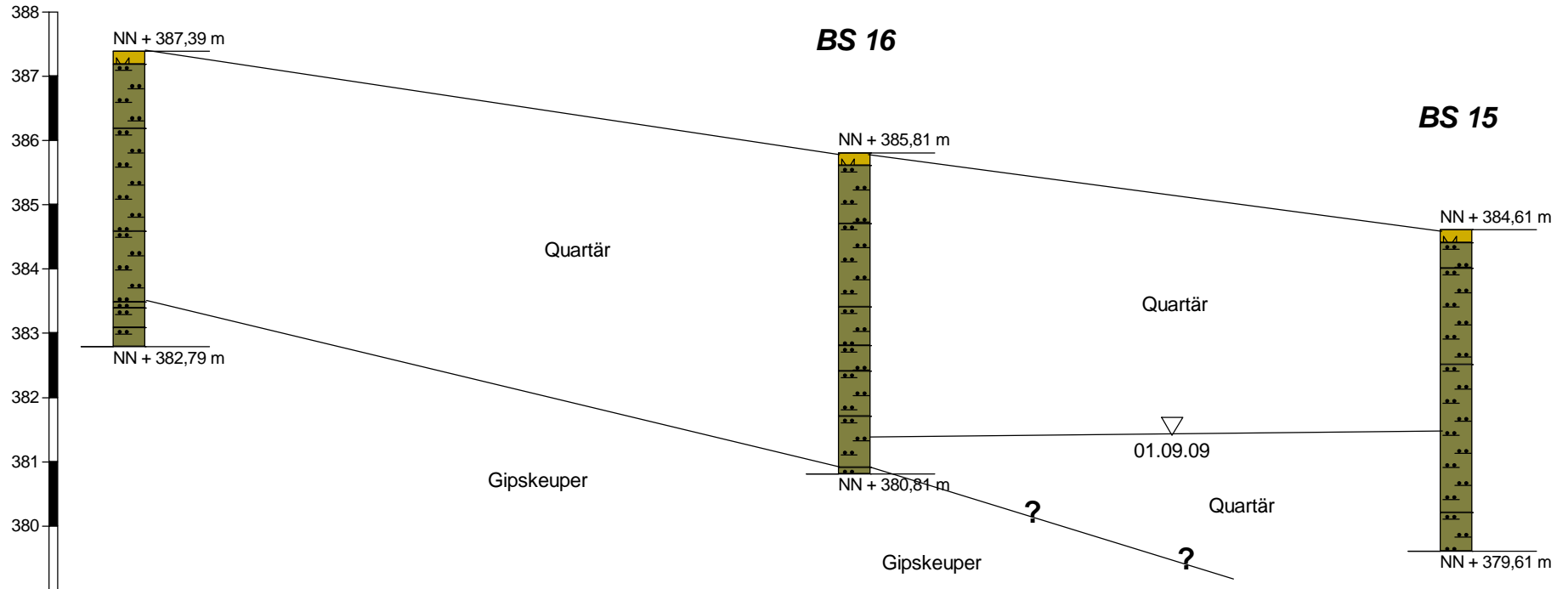


Tabelle 1: Meßdaten Bohrlochversickerung BS 4

Durchmesser Bohrung: 50 mm; Tiefe 2,0 m

Datum: ab 3.9.09

Witterung im Versuchszeitraum: wechselhaft, weitgehend trocken

Datum	Uhrzeit	Versuchsdauer (min)	Absenkung (cm)
03.09.2009	11:55	0	0
		0,5	6
		1	7
		2	8
		5	9
	12:10	15	10
	12:27	32	10
	13:35	100	11
	14:50	175	12
	17:35	340	13
04.09.2009	08:05	1330	19
	13:15	1640	22
07.09.2009	09:30	5605	49
10.09.2009	11:30	10055	83
14.09.2009	17:15	16160	142
15.09.2009	16:15	17540	150

Tabelle 2: Meßdaten Bohrlochversickerung BS 11

Durchmesser Bohrung: 50 mm; Tiefe 2,0 m

Datum: ab 3.9.09

Witterung im Versuchszeitraum: wechselhaft, weitgehend trocken

Datum	Uhrzeit	Versuchsdauer (min)	Absenkung (cm)
03.09.2009	11:35	0	0
		0,5	6
		1	7
		2	8
		5	9
	11:50	15	10
	12:05	30	11
	12:24	49	12
	13:30	115	13
	14:45	190	14
	17:40	365	19
04.09.2009	08:00	1225	34
	13:10	1535	38
07.09.2009	09:30	5585	84
10.09.2009	11:30	10075	118
14.09.2009	17:15	16180	162
15.09.2009	16:15	17560	167

Tabelle 3: Meßdaten Bohrlochversickerung BS 15

Durchmesser Bohrung: 50 mm; Tiefe 2,0 m

Datum: ab 3.9.09

Witterung im Versuchszeitraum: wechselhaft, weitgehend trocken

Datum	Uhrzeit	Versuchsdauer (min)	Absenkung (cm)
03.09.2009	11:15	0	0
		0,5	4
		1	6
		2	7
		5	8
	11:30	15	9
	11:45	30	11
	12:22	67	12
	13:30	135	12
	14:45	210	14
	17:30	315	19
04.09.2009	08:00	1245	34
	13:10	1555	37
07.09.2009	09:30	5595	76
10.09.2009	11:30	10095	109
14.09.2009	17:15	16200	139
15.09.2009	16:15	17580	143

Tabelle 4: Meßdaten Bohrlochversickerung BS 16

Durchmesser Bohrung: 50 mm; Tiefe 2,0 m

Datum: ab 3.9.09

Witterung im Versuchszeitraum: wechselhaft, weitgehend trocken

Datum	Uhrzeit	Versuchsdauer (min)	Absenkung (cm)
03.09.2009	12:15	0	0
		0,5	4
		1	4
		2	4
	12:20	5	4
	12:30	15	4
	13:35	140	8
	14:50	155	12
	17:30	315	19
04.09.2009	08:00	1185	42
	13:15	1500	51
07.09.2009	09:30	5595	166
10.09.2009	11:30	10035	leer

BGU

WORKSHEET

Anlage 6.2

Projekt: Ammerbuch-Altingen, EG Hagen III+IV; Versickerungsversuche im Sondierloch

Berechnung des kf-Werts über Versickerungsversuche in Kleinbohrungen (Simulation offenes Bohrloch)

Permeabilitäts- Infiltrationstests nach dem hydrodynamischen Verfahren (PIV) mit simulierter konstanter Druckhöhe (Simulation)

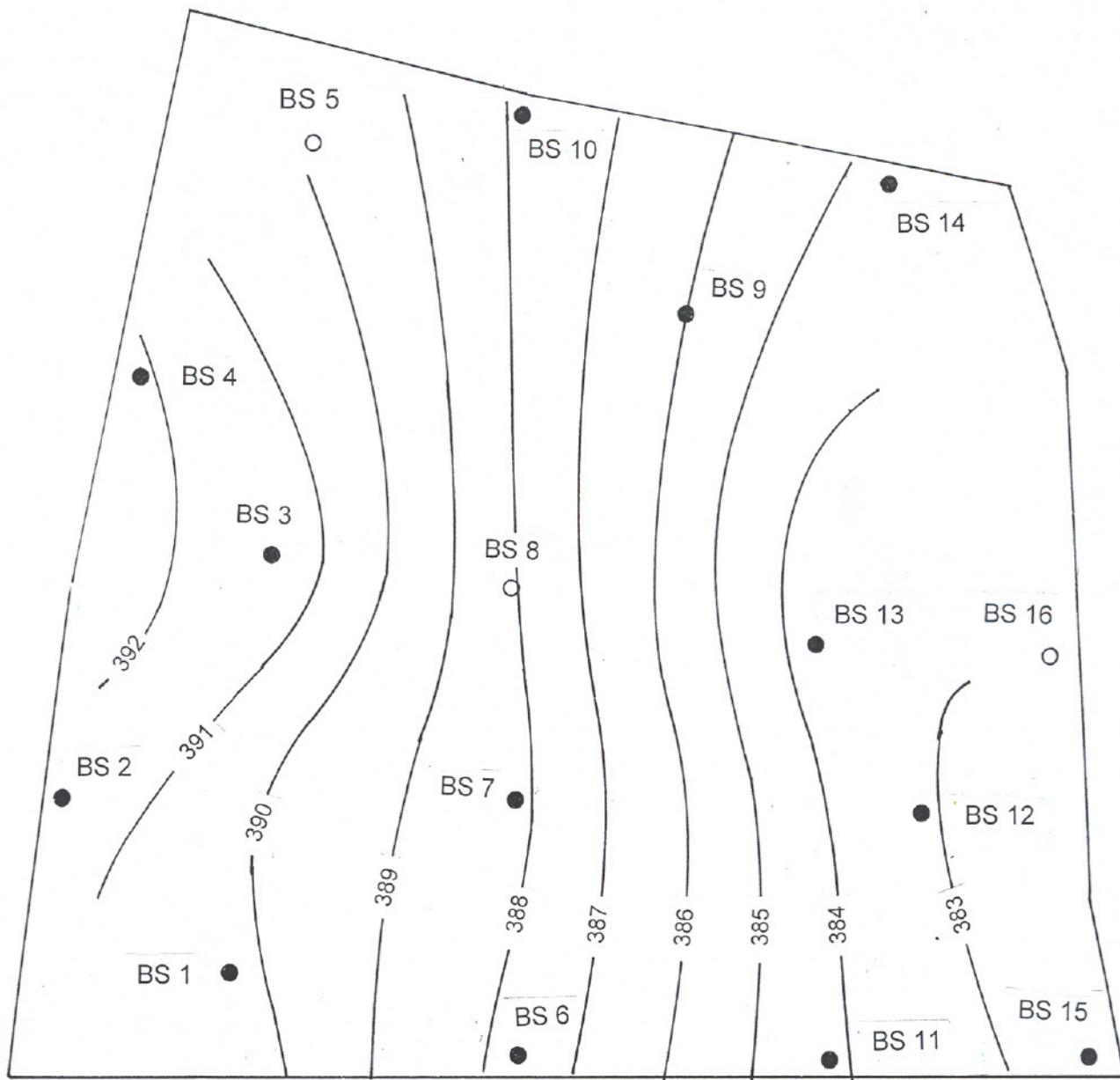
Aufschluss Nummer	Q [m³/s]	h [m]	r _a [m]	r _i [m]	L [m]	Strömungsbereich			Sondierung (Auswertung bis "Pegel"-Wsp.)
						kugelförmig k _{r,u} [m/s]	ellipsoid k _{r,u} [m/s]	zylindrisch k _{r,u} [m/s]	
BS 4	0,0000000028	0,75	0,0250	0,0250	1,0	---	9,30E-08	2,16E-09	BS 4 (1,50 m u.GOK)
BS 11	0,0000000031	0,80	0,0250	0,0250	1,0	---	9,91E-08	2,30E-09	BS 11 (1,67 m u. GOK)
BS 15	0,0000000027	0,72	0,0250	0,0250	1,0	---	9,33E-08	2,16E-09	BS 15 (1,43 m u.GOK)
BS 16	0,0000000098	0,83	0,0250	0,0250	1,0	---	3,00E-07	6,95E-09	BS 16 (1,66 u.GOK)

Plausibilitätsprüfung durchgeführt: ja (Slugtests nach Hvorslev und Bouwer&Rice)

- k_{r,u}-Wert = k-Wert_{ungesättigt} = Durchlässigkeitsbeiwert in der ungesättigten Bodenzone
- Q = eingespeiste Wassermenge in m³/s
- h = Druckhöhe, Potentialunterschied in m, gemittelt
- r_A = Bohrlochradius in m
- r_i = Innenradius der Verrohrung in m (bei Rohrversickerung, z.B. für kugelförmigen Strömungsbereich)
- L = Länge der Sickerstrecke bzw. der abgepackten Strecke in m

Quellen: MAROTZ, G. (1968): *Technische Grundlagen einer Wasserspeicherung im natürlichen Untergrund. Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Grundbau u. Wasserbau der Uni Stuttgart - und ATV-Arbeitsblatt A 138 -*

Bemerkung: Filterstrecke vereinheitlicht (halbe Tiefe Kleinbohrung)



Anlage:	7	Projekt:	090715
Darstellung:	Grundwassergleichenplan		
	● Bohrung, berücksichtigt		
	○ Bohrung, nicht berücksichtigt		
Maßstab:	Büro für Geologie und Umweltfragen		
Bearbeiter:	Dr. Wilhelm	B.G.U	
Datum:	28.09.09	Marktplatz, 75392 Deckenpfronn	