

Machbarkeitsstudie zur Regenwasserversickerung

**B-Plan 408/1a
Sankt Augustin-Menden**

**Auftraggeber:
Stadt Sankt Augustin
Markt 1
53757 Sankt Augustin**

Juni 2007

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung
2. Untersuchungsmethodik
3. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse
4. Versickerungsuntersuchungen
5. Beispielhafte Berechnung von Versickerungsanlagen
6. Hinweis

Anlagenverzeichnis

- 1.1 Lageplan mit Untersuchungspunkten, M 1:1.000
- 1.2 Lageplan mit Mächtigkeit Lehmdeckschicht, M 1:1.000
- 2.1 – 2.16 Bohrprofile Versickerungsversuche und -bohrungen, M 1:50
- 3.1 – 3.10 Durchlässigkeitsberechnungen
- 4.1 – 4.5 Muster-Berechnung der Versickerungsmulde/Mulden-Rigolen-Element nach DWA-A 138
- 5 KOSTRA Atlas

Verwendete Unterlagen

- Krämer, Ralph (1992): Zur Hydrogeologie und Hydrochemie des Unteren Siegtals unter besonderer Berücksichtigung der Nitrate im Sicker- und Grundwasser
aus: Schriftenreihe des Wahnbachtalsperrenverbandes Nr. 1/1992

- Amtsblatt Nr. 25: Ordnungsbehördliche Verordnung zur Festsetzung des Wasserschutzgebietes für das Einzugsgebiet der Wassergewinnungsanlage Meindorf im unteren Sieggebiet des Wahnbachtalsperrenverbandes
2. Änderungsverordnung (18.01.2005)

- DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138
Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall eV 2007

Verwendete Karten

- Geologische Karte: Blatt 5208 Bonn, M 1:25.000, Berlin 1923
Preuß. Geolog. Landesamt

- Hydrologische Karte: Blatt 5208 Bonn, M 1:25.000, Essen 1993
Landesamt für Wasser und Abfall NRW

- Ingenieurgeol. Karte: Blatt 5208 Bonn, M 1:25.000, Krefeld 1998
Geologisches Landesamt NRW

- Grundwassergleichen-
karten
 - NRW Blatt L 5308 Bonn, M 1: 50.000, Essen 1978
Stand Oktober 1973
Landesanstalt für Wasser und Abfall NRW
 - NRW Blatt L 5308 Bonn, M 1: 50.000, Bonn 1995
Stand April 1998
Landesumweltamt NRW
- Bodenkarte von NRW Blatt L 5308 Bonn, M 1:50.000, Krefeld 1983
Geologisches Landesamt NRW

1. Aufgabenstellung

Für den Bereich der Baumaßnahmen im B-Plan 408/1a in Sankt Augustin-Menden (Teilgebiet Nord) sollte eine Machbarkeitsstudie zur Regenwasserversickerung inklusiver beispielhafter Berechnungen von Versickerungsanlagen des Typs Versickerungsmulde und Versickerungsrigole nach ATV A 138 erstellt werden.

Auf der Grundlage des Angebotes vom 31.01.2007 erhielt S&J am 26.02.2007 den Auftrag, ein Versickerungsgutachten zu erstellen. Zur Durchführung der Geländearbeiten wurde S&J der Bebauungsplan Vorentwurf (Teilgebiet Nord) im Maßstab 1:1.000 zur Verfügung gestellt.

Am 11.04.2007 erfolgte in einem Fachgespräch zwischen Herrn Jossen (S&J) und Herrn Schmidt (Tiefbauamt Stadt Sankt Augustin) die Festlegung des Untersuchungsrasters, sowie weitere Details der durchzuführenden Untersuchungen.

Um die Möglichkeit der Regenwasserversickerung zu erkunden, sollten Sondierbohrungen bis in die anstehenden Kiese der Niederterrasse des Rheins (angestrebte Bohrtiefe 3 m unter GOK) inklusive Auffüllversuche, sowie Versickerungsversuche in den oberflächennahen Deckschichten als Open-Hole-Tests durchgeführt werden.

2. Untersuchungsmethodik

Zur Feststellung der Versickerungsfähigkeit der anstehenden Bodenschichten wurden auf dem Untersuchungsgelände folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Versickerungsbohrungen (BS)

Zur Feststellung der Durchlässigkeit der tieferen Bodenschichten wurden am 08.05.2007 und 09.05.2007 8 Sondierungen mit Rammkernsonden mit einem Durchmesser von 60 mm bis in die durchlässigen anstehenden Kiese bzw. bis zum Erreichen der geplanten Endteufe von 3 m niedergebracht. Der Bohrdurchmesser

wurde über die Tiefe von 60 mm auf 36 mm reduziert. Anschließend wurden die Versickerungsversuche als Open-Hole-Tests durchgeführt.

- **Versickerungsversuche (V)**

Zur Feststellung der Versickerungsfähigkeit der oberen Bodenschichten wurden auf dem Untersuchungsgelände zunächst 7 Bohrungen zur Durchführung der Open-Hole-Tests mit Rammkernsonden mit einem Durchmesser von 60 mm durchgeführt. Die Schneide ist bei diesen Bohrungen nach innen gerichtet, sodass an der Bohrlochwandung keine Verdichtungen und damit Verminderungen der Versickerungsfähigkeit auftreten. Die Tiefe der Bohrungen lag zwischen 1,0 m und 2,0 m unter GOK.

Die Bohrpunkte wurden eingemessen und auf NN-Höhe einnivelliert. Die Lage der Bohrsondierungen und der Versickerungsversuche ist dem Lageplan (Anlage 1) zu entnehmen.

Die Lage der Bohrsondierungen und der Versickerungsversuche ist dem Lageplan (Anlage 1.1) zu entnehmen.

Bei den Bohrarbeiten wurde ein Schichtenverzeichnis nach DIN 4022 geführt und das Ergebnis in Bohrprofilen nach DIN 4023 zeichnerisch dargestellt (siehe Anlagen 2).

Anhand der Ergebnisse der Versickerungsversuche wurde der Durchlässigkeitsbeiwert nach USBR Earth Manual errechnet (siehe Anlage 3).

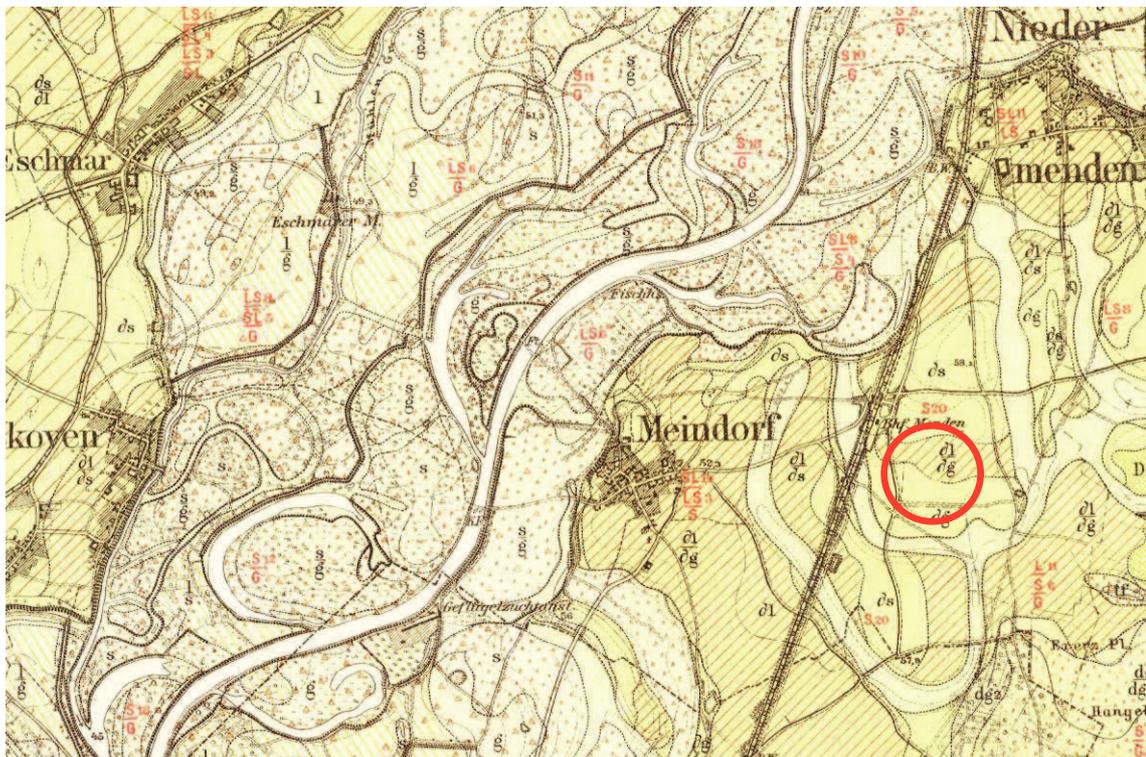
3. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Die untersuchte Fläche befindet sich südlich von Sankt Augustin-Menden auf einer zurzeit noch ackerbaulich genutzten Fläche.

Nach der amtlichen geologischen Karte Blatt 5208 Bonn stehen hier quartäre Niederterrassenablagerungen des Rheins an (Abbildung 1).

Diese setzen sich aus einer gering mächtigen Lehmdeckschicht und darunter lagernden Sanden und Kiesen zusammen. Laut ingenieurgeologischer Karte Blatt 5208 Bonn weist diese Lehmdeckschicht eine Mächtigkeit zwischen 1 m – 2 m auf.

Die Bodenkarte Blatt L 5308 Bonn weist die im Untersuchungsgebiet anzutreffenden Böden als Braunerde (Podsol) aus, die eine mittlere bis hohe Wasserdurchlässigkeit aufweisen.



**Abbildung 1: Ausschnitt aus Geologischer Karte, M 1:25.000, Blatt 5208 Bonn,
Berlin 1923**

Anhand der durchgeführten Sondierungen ergibt sich folgender Schichtaufbau:

- **Mutterboden**

In allen Sondierungen wurde als oberstes Schichtglied ein 5 cm – 30 cm mächtiger belebter Oberboden angetroffen.

- **Hochflutlehme**

In den Sondierungen BS 4, BS 7, BS 13 und V 14 wurde unter dem belebten Oberboden eine Lehmdeckschicht von steifer bis halbfester Konsistenz angetroffen. Die Mächtigkeit dieser Schicht betrug 0,3 m – 0,6 m und wurde bis in eine maximale Tiefe von 0,8 m unter GOK angetroffen (siehe Anlage 1.2).

In den Sondierungen BS 5, V 6, V 8, BS 9, V 10, BS 11 wurde anstelle einer Lehmdeckschicht ein z. T. stark schluffiger Sand bis in eine maximale Tiefe von 1 m unter GOK angetroffen. Diese Schicht wird aufgrund ihres hohen Schluffanteils und ihrer oberflächennahen Lage ebenfalls den Hochflutablagerungen zugerechnet.

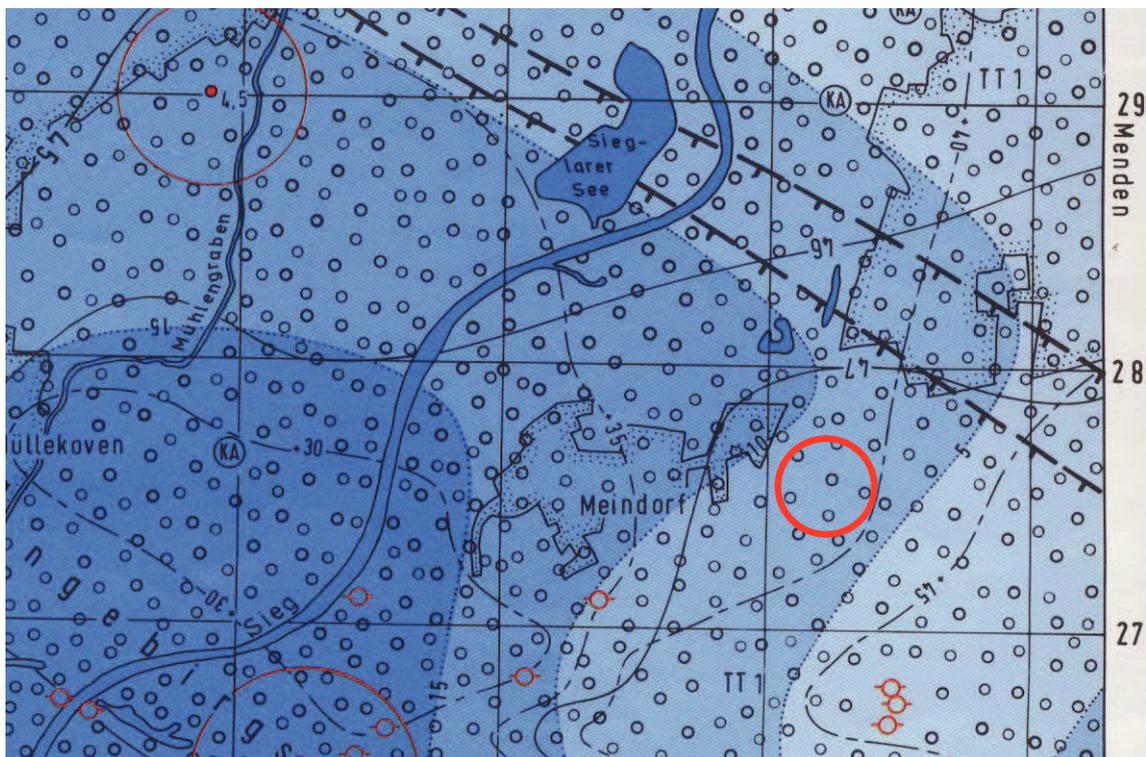
- **Kiese und Sande der Niederterrasse**

In den Sondierungen BS 1, V 2, V 3, V 12, BS 15 wurde direkt unter dem belebten Oberboden die anstehenden Kiese und Sande der Niederterrasse des Rheins bis zum Ende der Sondiertiefe von 3 m erbohrt. In den übrigen Sondierungen standen die Niederterrassenablagerungen ab einer maximalen Tiefe von 0,9 m unter GOK an.

In den Sondierungen BS 4, BS 7 und V 10 wurde oberhalb dieser Terrassenablagerungen eine z. T. kiesige Sandschicht von 0,35 m – 1,0 m Mächtigkeit erbohrt.

Nach der hydrogeologischen Karte Blatt 5208 Bonn (Essen 1993) stehen die Quartärablagerungen bis in eine Tiefe von ca. 40 m über NN an. Bei einer derzeitigen Geländehöhe von mindestens 55 m über NN bedeutet das, dass

die Restmächtigkeit der Kiese und Sande abzüglich einer maximal 2 m mächtigen Lehmdeckschicht bei rund 10 m – 13 m angesetzt werden kann. Der mittlere k_f -Wert dieser Schicht kann aufgrund der oben zitierten Literatur nach mit einem Wert zwischen 7×10^{-3} m/s (hydrologische Karte) bis 6×10^{-4} m/s (Dissertation KRÄMER) angesetzt werden.



**Abbildung 2: Ausschnitt aus Hydrologischer Karte, M 1:50.000, Blatt 5208
Bonn, Essen 1993**

Hydrologische Verhältnisse

Zum Untersuchungszeitpunkt wurde in keinem der Untersuchungspunkte ein freier Grundwasserspiegel erbohrt. Nach der amtlichen Grundwassergleichenkarte (Blatt L 5308 Bonn, Stand April 1988) ist von einem höchsten Grundwasserstand von ca. 49 m über NN für das Untersuchungsgebiet auszugehen. Somit ist ein ausreichender Abstand der möglichen Regenwasserversickerungsanlagen zum Grundwasser gegeben.

Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb des Wasserschutzgebietes Meindorf in der Wasserschutzzone III A.

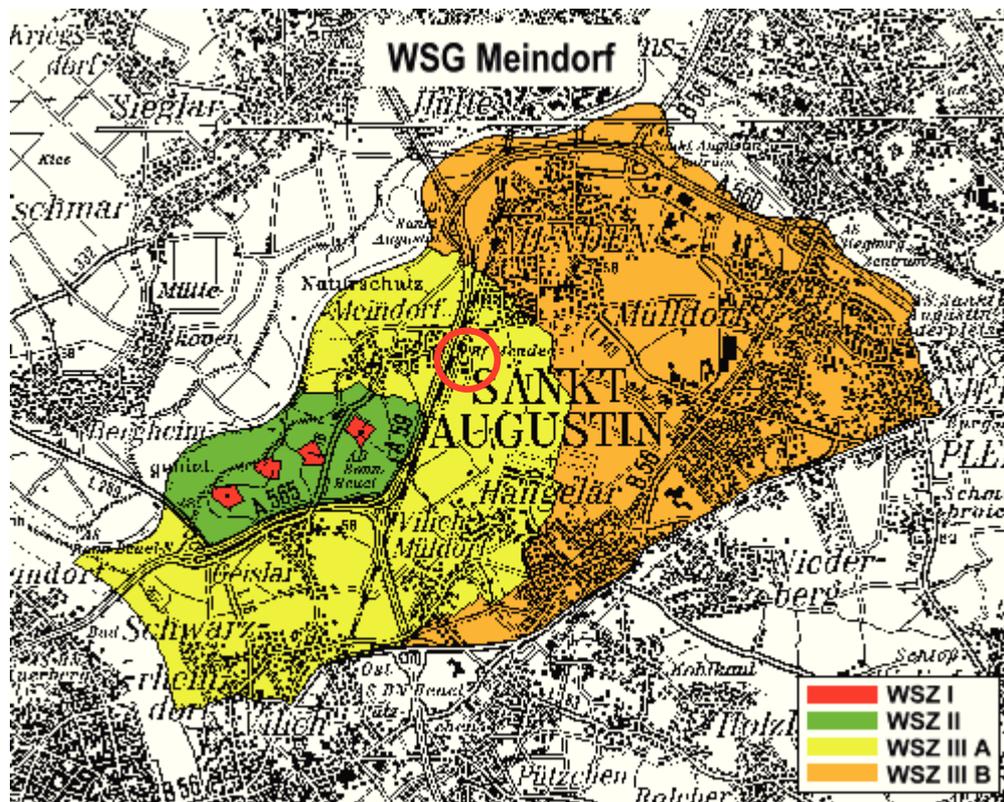


Abbildung 3: Wasserschutzgebiet Meindorf

4. Versickerungsuntersuchungen

4.1 Vorbemerkungen

Im Bereich des Baugebietes B-Plan 408/1a in Sankt Augustin-Menden sollte die Möglichkeit der Versickerung des Niederschlagswassers erkundet und das generelle Versickerungsverhalten der anstehenden Böden hydrogeologisch bewertet werden.

In dem Ministerialblatt für das Land NRW, Nr. 39, vom 23. Juni 1998¹ werden unter Punkt 11 hydrogeologische und örtliche Voraussetzungen für eine Vor-Ort-Versickerung aufgeführt. Diese Voraussetzungen beziehen sich auf den Abstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand, der Durchlässigkeit des Bodens unterhalb der belebten Bodenzone, dem Abstand von Versickerungsanlagen zu unterkellerten Gebäuden und Grenzen sowie die Vorbelastung des Bodens (Altlastenverdachtflächen).

Der Grenzdurchlässigkeitsbeiwert des Bodens unterhalb der belebten Bodenzone darf dabei $k_f \geq 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ nicht unterschreiten. „Bei geringerer Durchlässigkeit kann keine Versickerung im Sinne des § 51a Landeswassergesetz gefordert werden. Der Abwasserbeseitigungspflichtige kann jedoch freiwillig auch bei $k_f \leq 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ Versickerungsanlagen errichten, die entsprechend groß dimensioniert werden müssen.“

4.2 Versickerungsversuche

Entscheidend für die Bemessung von Versickerungsanlagen ist der geologische Schichtenaufbau und der hieraus resultierende, mittlere Durchlässigkeitsbeiwert (k_f) des Untergrundes.

Zur Ermittlung der Durchlässigkeitsbeiwerte wurden Versickerungsversuche (V) und Versickerungsbohrungen (BS) in verschiedenen Tiefen in Form von Open-Hole-Tests wie unter Punkt 2 beschrieben, durchgeführt und nach USBR Earth Manual bestimmt (siehe Anlage 3). Die Ergebnisse sind zusammengefasst der unten stehenden Tabelle zu entnehmen.

¹ Runderlaß des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 18.05.1998: Niederschlagsbeseitigung gemäß § 51a des Landeswassergesetzes; Ministerialblatt fürs Land NRW, Nr. 39 vom 23. Juni 1998

Tabelle 1: Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt nach USBR Earth Manual und technische Bewertung nach § 51a Landeswassergesetz und DIN 18130.

Versuch	k_f (m/s)	Durchlässigkeit (DIN 18 130)	Versickerungs- technisch nach § 51a geeignet	Versickerungsbereich überwiegend in welcher geologischen Schicht
BS 1	$2,0 \times 10^{-5}$	durchlässig	ja	Niederterrasse
V 2	$2,7 \times 10^{-5}$	durchlässig	ja	Niederterrasse
V 3	$2,1 \times 10^{-6}$	schwach durchlässig	ja	Niederterrasse
V 6	$2,9 \times 10^{-6}$	schwach durchlässig	ja	Hochflutlehm
V 8	$4,1 \times 10^{-6}$	schwach durchlässig	ja	Niederterrasse
BS 9	$2,0 \times 10^{-5}$	durchlässig	ja	Niederterrasse
V 10	$1,4 \times 10^{-5}$	durchlässig	ja	Niederterrasse
V 12	$1,1 \times 10^{-5}$	durchlässig	ja	Niederterrasse
V 14	$2,5 \times 10^{-5}$	durchlässig	ja	Niederterrasse
BS 15	$1,0 \times 10^{-5}$	durchlässig	ja	Niederterrasse

Tabelle 2: Durchlässigkeitsbereiche in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert

k m/s	Bereich
unter 10^{-8}	sehr schwach durchlässig
10^{-8} bis 10^{-6}	schwach durchlässig
über 10^{-6} bis 10^{-4}	durchlässig
über 10^{-4} bis 10^{-2}	stark durchlässig
über 10^{-2}	sehr stark durchlässig

Die Auswertung der Versickerungsversuche und der Versickerungsbohrungen in Tabelle 1 und Anlage 3 zeigen, dass die im Bereich des Untersuchungsgeländes anstehenden Ablagerungen der Niederterrasse des Rheins als vorwiegend durchlässig bis schwach durchlässig zu bezeichnen sind und damit für eine Versickerung geeignet sind. Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte sind aufgrund der Durchführung der Versuche als Open-Hole-Tests in der Regel schlechter, als die tatsächlichen Durchlässigkeitswerte der anstehenden Bodenschichten.

5. Beispielhafte Berechnung von Versickerungsanlagen

Die folgende beispielhafte Berechnung einer Versickerungsanlage ist als Muster für eine mögliche Versickerungsanlage zu sehen. Dabei haben wir als Ausgangspunkt eine angenommene Dachfläche (Flachdach) von 1.000 m² und einen durchschnittlichen k_f -Wert von 4×10^{-3} m/s angesetzt.

Des Weiteren ist das Amtsblatt Nr. 25 für den Regierungsbezirk Köln (Wasserschutzgebietsverordnung Meindorf) zu berücksichtigen. Wie oben bereits beschrieben, liegt das Untersuchungsgelände in der Wasserschutzzone III A, das heißt, es besteht eine Genehmigungspflicht für das Einleiten von gering verschmutztem Niederschlagswasser (Dachflächen, etc.) in den Untergrund bei:

- Mulde mit bewachsener und belebter Bodenzone mit Überlauf in eine Rigole
Sohlabstand: mindestens 2 m zum höchsten Grundwasserstand

- Filterbecken mit Überlauf in eine Rigole
Sohlabstand: mindestens 2 m zum höchsten Grundwasserstand

In der Wasserschutzzone III A besteht die Möglichkeit gering verschmutztes Niederschlagswasser zu versickern, wenn breitflächig über die gewachsene Bodenzone versickert wird oder wenn über eine Mulde mit bewachsener und belebter Bodenzone versickert wird, ohne dass ein Überlauf in einen Sickerschacht, ein Rohr oder eine Rigolenversickerung erfolgt.

5.1 Variante 1: Versickerungsmulde

Allgemein

Versickerungsmulden sollten so bemessen werden, dass sie kurzzeitig unter Einstau stehen. Ein Dauerstau ist in jedem Fall zu vermeiden und die Einstauhöhe ist auf 30 cm zu begrenzen. Die Versickerungsmulden sind so zu gestalten, dass eine möglichst gleichmäßige Verteilung des zu versickernden Wassers erreicht wird. Die

Beschickung der Versickerungsmulden sollte möglichst oberirdisch mit offenen Zuleitungsrinnen erfolgen.

Muster-Berechnung Versickerungsmulde:

Eine Bemessung nach Arbeitsblatt DWA-A 138 ist in Anlage 4 beigefügt. Danach ergibt sich bei $n = 0,2$ und der Regenspende nach dem KOSTRA-Atlas (Spalte 12, Zeile 57, Anlage 5) eine Mulde mit einem erforderlichen Speichervolumen von rund 36 m^3 bei einer Einstauhöhe von $0,22 \text{ m}$. Die Entleerungszeit der Mulde beträgt rund 12 Stunden (siehe Anlage 4).

Eine Versickerung des Niederschlagswassers über eine Versickerungsmulde ist innerhalb des Untersuchungsgebietes **möglich**. Die Versickerungsanlage muss so angelegt sein, dass sie die eventuell vorhandene Hochflutlehmüberdeckung durchteuft und innerhalb der gut durchlässigen Niederterrassensedimente einbindet.

5.2 Variante 2: Mulden-Rigolen-Element

Das Mulden-Rigolen-Element besteht aus einer begrünten Mulde mit darunter liegender Rigole. Dabei handelt es sich um zwei getrennte Speicher mit jeweils eigenen Füll- und Entleerungsprozessen. Durch den in der Regel spezifisch großen ober- und unterirdischen Speicherraum (Mulde und Rigole), sind Mulden- und Rigolen-Elemente auch bei geringen Durchlässigkeiten des Untergrundes einsetzbar. Die Versickerungsmulden werden dabei möglichst oberirdisch durch offene Zuleitungsrinnen mit den Abflüssen der angeschlossenen Flächen beschickt. Ein Anschluss von Abschlussflächen direkt an die Rigole ist zu vermeiden, dies ist im vorliegenden Fall (Wasserschutzzone III A) ausdrücklich untersagt. Auch hierbei ist eine Einstauhöhe in der Mulde von 30 cm nicht zu überschreiten. Des Weiteren sollte der Oberboden der Versickerungsmulde eine Durchlässigkeit von mindestens $1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ aufweisen, um sicherzustellen, dass das Wasser relativ rasch in die Rigole unter der Mulde versickert.

Muster-Berechnung Mulden-Rigolen-Element:

Eine Bemessung nach Arbeitsblatt DWA-A 138 ist in Anlage 4 beigefügt. Danach ergibt sich bei $n = 0,2$ und der Regenspende nach dem KOSTRA-Atlas (Spalte 12, Zeile 57, Anlage 5) eine Mulde mit einer Länge von 25 m bei einer Breite von 5 m und einer Einstauhöhe in der Mulde von 0,32 m. Die vorhandene Muldenfläche beträgt somit 125 m^2 . Die Entleerungszeit der Mulde beträgt rund 18 Stunden (siehe Anlage 4).

Eine Versickerung des Niederschlagswassers über ein Mulden-Rigolen-Element ist innerhalb des Untersuchungsgebietes **möglich**. Die Versickerungsanlage muss so angelegt sein, dass Hochflutlehmüberdeckungen durchteuft und die Rigole innerhalb der gut durchlässigen Niederterrassensedimente einbindet.

Die unter der Mulde befindliche Rigole ist gemäß der Berechnung (Anlage 4) mit einer Gesamtlänge von 25 m und einer Breite von 5 m bei einer Tiefe von 1,5 m mehr als ausreichend dimensioniert. Das gesamte Rigolenspeichervolumen beträgt demnach $56,3 \text{ m}^3$ bei einem spezifischen Gesamtspeicherkoeffizienten von 0,3.

Der Mindestabstand der oben aufgeführten Versickerungsanlagen zum höchsten Grundwasserstand von 2 m ist auf jeden Fall gewährleistet (siehe Kapitel 3).

Bei der Anlage der Versickerungsanlagen muss ein Mindestabstand zu Gebäuden eingehalten werden, sodass hier keine Schäden an Gebäuden oder Anlagen entstehen. Dabei sind die Art und die Tiefe der Unterkellerung der Gebäude zu berücksichtigen. Ebenfalls ist der Abstand von Versickerungsanlagen zur Grundstücksgrenze unter Berücksichtigung der Art der Versickerungsanlage und der örtlichen Gegebenheiten so zu wählen, dass eine Beeinträchtigung zu Nachbargrundstücken auszuschließen ist.

Die Bemessungshäufigkeit bzw. Versagenshäufigkeit der oben genannten Versickerungsanlagen wurde mit einer Häufigkeit von $n = 0,2$, das entspricht einem

5-jährigem Regenereignis, festgelegt. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass es beim Betrieb der Anlage zu Regenereignissen kommt, die diese Bemessung überschreiten. Deshalb muss bei der Errichtung der Versickerungsanlage die Geländegestaltung so gelegt werden, dass ein Überlaufen der Versickerungsanlage nicht zu Beschädigungen an Gebäuden führen kann.

5.3 Sickerpflaster

Der Aufbau von Parkplatz- und Straßenfläche aus Versickerungspflaster bestimmt sich dabei zum einen aus den verkehrstechnischen Forderungen der Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 01 (Ausgabe 2001) sowie den speziellen Anforderungen an einen Fahrbahnbelag aus Versickerungspflaster, die zum einen in den Herstellerangaben geregelt sind, aber auch im FGSV-Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen (1998) oder in dem ATV/DVWK-Arbeitsblatt A 138 (2005) festgelegt sind. Im Folgenden wird daher zuerst auf die Anforderung des Unterbaus gemäß RStO 01 eingegangen, um dann kritisch den Aufbau unter versickerungstechnischen Aspekten zu betrachten.

a) Aufbau gemäß RStO 01

Um eine Versickerungsleistung von Pflaster langfristig zu gewährleisten, müssen dabei die Einbauvorschriften der Hersteller beachtet werden. Neben den allgemeinen Verlegeanleitungen ist dabei besonderes Augenmerk auf die Ausbildung der Fugen zu legen (vergleiche Prüfgutachten z. B. der Meudt Betonsteinwerke GmbH).

Der Aufbau des Parkplatzes unterhalb des Pflasterbelages ergibt sich zunächst ohne Betrachtung der Versickerung aus den Anforderungen der RStO 01. Demnach wird hier angenommen, dass gemäß Tabelle 5 der RStO 01 die ständig genutzte Parkfläche mit Pkw-Verkehr und einem geringen Schwerverkehrsanteil belastet wird. Daher wird die Parkplatzfläche in die Bauklasse V eingeordnet. Weiterhin wird

angenommen, dass der im Rahmen der geologischen Untersuchungen angetroffene Lehm als Untergrund die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 besitzt, wird dieser nicht vollständig entfernt (siehe Anlage 1.2).

Danach ergibt sich aus Tabelle 6 der RStO 01 eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 50 cm. Bei einer Pflasterdicke des Versickerungspflasters von z. B. Prestige-Öko von 8 cm und einem Pflasterbett von 3 cm ergibt sich demnach eine Mächtigkeit der Frostschutzschicht ohne Berücksichtigung der Versickerung von 39 cm. Im Rahmen der Bauausführung muss weiterhin kontrolliert werden, ob die Mächtigkeit der Frostschutzschicht auch gleichzeitig als Tragschicht ausreichend ist, um das vorgeschriebene EV2-Modul von 120 MN/m² für die Oberkante Tragschicht zu erreichen. Dieser Wert ist daher vor Baubeginn durch Lastplattendruckversuche nachzuweisen und gegebenenfalls die Dicke der Tragschicht gemäß den zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB 94) anzupassen. Unter keinen Umständen darf jedoch die Dicke der Frostschutzschicht unterhalb der Mindestmächtigkeit von 39 cm verringert werden.

Gemäß den Mindestanforderungen aus der RStO 01 ergibt sich somit eine frostsicherer Gesamtaufbau von 50 cm bzw. eine Frostschutzschicht von 39 cm – ohne Berücksichtigung der Versickerungsleistung des Pflasters.

Betrachtet man nun jedoch die Versickerungsleistung des aufliegenden Pflasterbelages ergeben sich die nachfolgend aufgeführten Änderungen.

b) Aufbau unter versickerungstechnischen Gesichtspunkten

Grundsätzlich ist anzumerken, dass Versickerungsflächen vor allem langfristig nur einen Teil des Niederschlagswassers durch Versickerung aufnehmen kann (FGSV Merkblatt, 1998). Da die Durchlässigkeit der Konstruktion im Laufe der Zeit durch Verschmutzung abnimmt, ist in jedem Fall auch eine Entwässerungseinrichtung

nach RAS-Ew erforderlich. Um die Versickerung zu unterstützen, sollte die Neigung bei Parkplätzen auf 1 % bis 1,5 % vermindert werden².

Bei wasserdurchlässigen Pflasterflächen muss bedacht werden, dass der gesamte Verkehrsflächenoberbau wasserdurchlässig konzipiert sein muss. Zusätzlich zu dem Verkehrsflächenaufbau muss jedoch auch der Untergrund bestimmten Durchlässigkeitsanforderungen entsprechen, so dass eine schadlose Abführung des einsickernden Niederschlagswassers gewährleistet ist. Die Anforderungen sind dabei in Tabelle 1 des FGSV Merkblattes von 1998 aufgelistet.

Ein Vergleich der hier vorliegenden Bedingungen mit der Tabelle 1 (siehe Seite 12) zeigt, dass z. T. die Durchlässigkeit des Untergrundes mit $2,1 - 4,1 \times 10^{-6}$ m/s - wie im hier vorliegenden Fall - gemäß Tabelle 1 ohne weitere Maßnahmen nicht für die Anlegung von wasserdurchlässigen Befestigungen von Verkehrsflächen geeignet ist.

So ist bei schwach wasserundurchlässigen Untergründen mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $< 10^{-5}$ m/s zusätzlich zu der Frostschutzschicht eine Planumschutzschicht von 20 cm Dicke erforderlich, das Planum ist mit einem Gefälle von > 4 % auszubilden und es ist eine Entwässerung über Sickerleitungen herzustellen.

Die Tragschicht darf weiterhin nur einen geringen Feinanteil mit Korndurchmessern $< 0,063$ mm von 3 Masse-% bis höchstens 5 Masse-% aufweisen. Damit keine Kornwanderungen im Straßenoberbau auftreten, müssen die Schichten untereinander filterstabil sein. Die Filterstabilität gilt dabei als gegeben, wenn die Durchlässigkeitsbedingungen, die Sperrbedingungen und die Abstandsbedingungen eingehalten sind (DIN 18035-5):

² Die Bemessung und Planung der Gefällesituation sowie der zusätzlichen Entwässerungseinrichtung sind nicht Gegenstand dieses Schriftstückes.

$$\frac{D_{15}}{d_{15}} \geq 5 \text{ (Durchlässigkeitsbedingung)}$$

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5 \text{ (Sperrbedingung)}$$

$$\frac{D_{50}}{d_{50}} \leq 25 \text{ (Abstandsbedingung)}$$

mit

D_{15}, D_{50} = Korndurchmesser des Filtermaterials bei 15 bzw. 50 Masse-%
Siebdurchgang

d_{15}, d_{50}, d_{85} = Korndurchmesser des abzufilternden Materials bei 15, 50 bzw.
85 Masse-% Siebdurchgang

Der sich daraus ergebende Aufbau ist in Abbildung 4 dargestellt.

Aufbau einer versickerungsfähigen Pflasterfläche auf wasserundurchlässigem Untergrund

(Systemskizze ohne Maßstab)

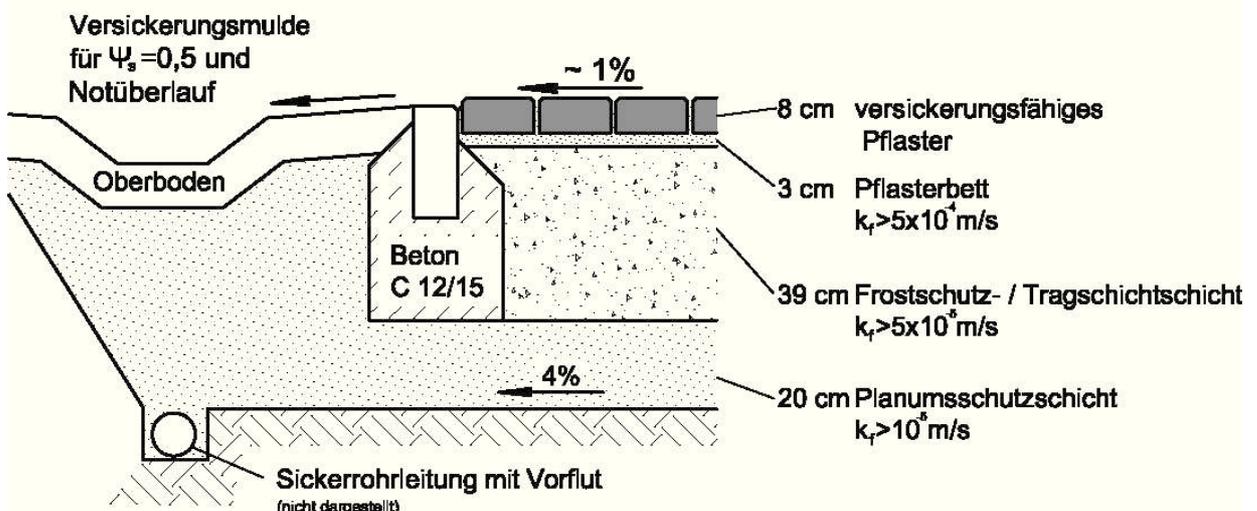


Abbildung 4: Regelquerschnitt (Skizze ohne Maßstab)

Die Vorflut ist als Versickerungseinrichtung oder Kanal, vorbehaltlich der behördlichen Genehmigung, vorzuhalten.

Die Qualitätsanforderungen an die verschiedenen Materialien sind im Rahmen der Bauüberwachung über eine Qualitätssicherung nachzuweisen.

6. Hinweis

Bohrungen und Versickerungsversuche können nur Angaben über die Bodenbeschaffenheit an den jeweiligen Untersuchungsstellen machen. Daraus entwickelt der Geologe ein dreidimensionales Bild der geologischen Verhältnisse. Abweichende Bodenverhältnisse zwischen den einzelnen Bohrpunkten können nicht ausgeschlossen werden. Daher sind durch die Bauleitung die jeweils angetroffenen Bohrungen mit dem Bericht zu vergleichen. In Zweifelsfällen ist ein Geologe zuzuziehen.

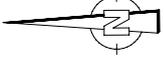
Siegburg, 19.06.2007

gez. Dipl.-Geol. Jossen

gez. Dipl.-Geologin Borath

. Ausfertigung

Grundlage dieser Zeichnung ist der Bebauungsplan-Vorentwurf, Teilgebiet Nord, Stand 10/2006



Legende

- BS Bohrendienung
- V Versickerungsversuch
- 56.34 Höhe Bohrsatzpunkt in m ü. NN
- 0.80 Mächtigkeit Lehmschicht in m

Index	Änderung	Datum	Name

S&J
SPITZLEI & JOSSEN
 Ingenieurbüro
 Planungs- u. 3D-Modellierung
 Fachbereich: Stadtplanung
 Telefon: 030 9090740
 E-Mail: info@saj.de

Projektbezeichnung: **Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden**

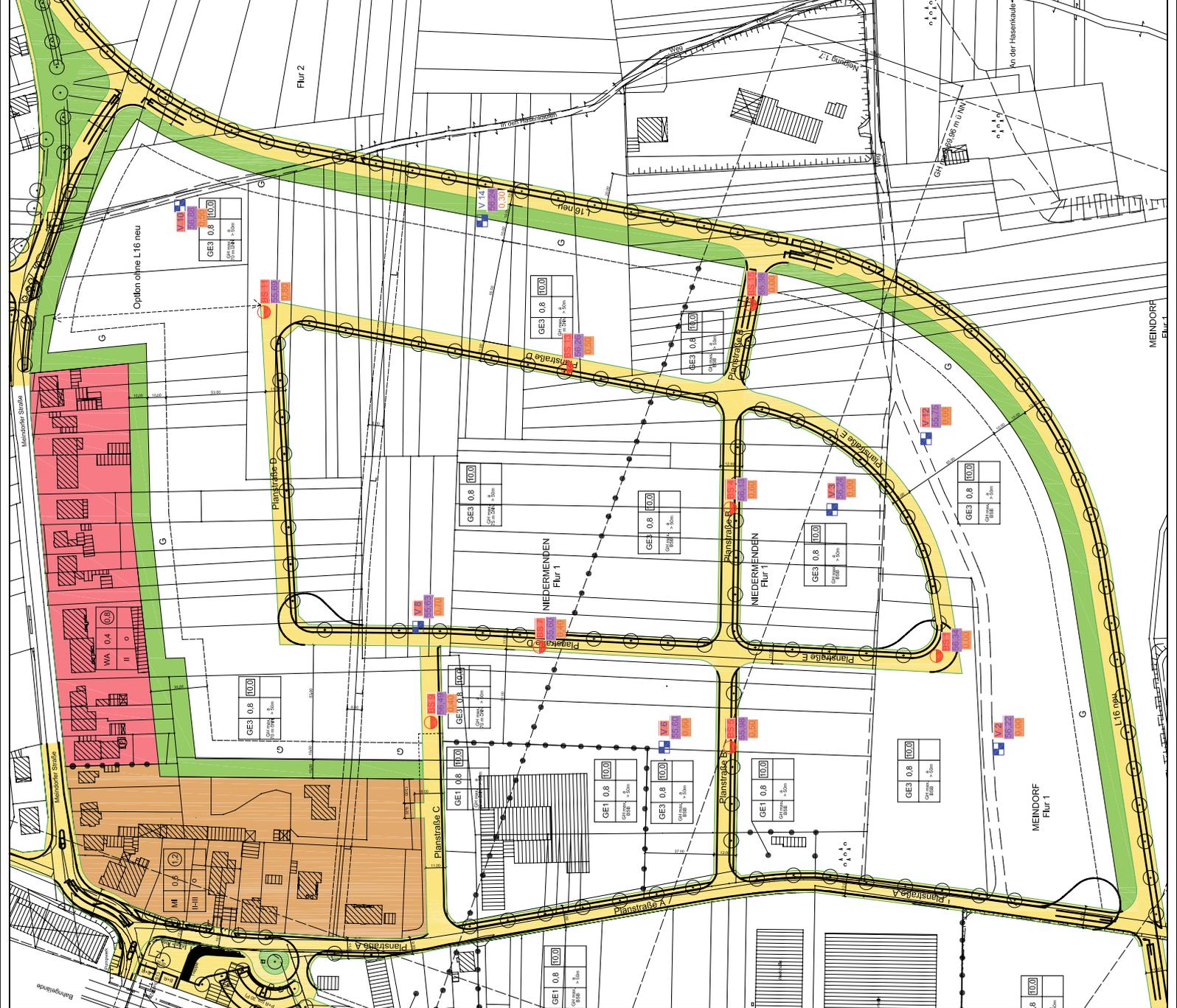
Auftraggeber: **Stadt Sankt Augustin**

Planinhalt: **Lageplan mit Untersuchungspunkten**

Maßstab: **1:1000**

Anlage: **1.1**

Name	Datum
berch.	21.05.07
gezeichnet	21.05.07
geprüft	
Zeich.Nr.	25070220-02/001/1
AZ S&J	23.07.02/0

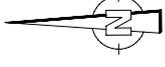


MEINDORF Flur 1

MEINDORF Flur 1

MEINDORF Flur 1

Grundlage dieser Zeichnung ist der Bebauungsplan-Vorentwurf, Teilgebiet Nord, Stand 10/2006



Legende

- BS Bohrsondierung
- V Versickerungsversuch
- 56.34 Höhe Bohransatzpunkt in m ü. NN
- 0.80 Mächtigkeit Lehmschicht in m

Höhenmodell mit Darstellung der Mächtigkeit der Lehmschicht

- 0 - 10 cm
- 10 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- 30 - 40 cm
- 50 - 60 cm
- > 60 cm

S&J
SPITZLEI & JOSSEN
 Ingenieurbüro
 Planungs- & Baugewerbe
 Fachbereich: Geotechnik, Umwelt
 Planungsstr. 2, 52721 Hagendorf
 Telefon: 02407/4220-11
 Telefax: 02407/4220-12
 E-Mail: info@s&j.de

Projektbezeichnung:		Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden	
Auftraggeber:		Stadt Sankt Augustin	
Name		Datum	
berth.	Bo	21.05.07	
gesch.	PK	21.05.07	
rech.	Z	25.07.02-05.08.12	
AZ S&J		23.07.02.00	
Maststab:		Anlage	
1:1000		1.2	

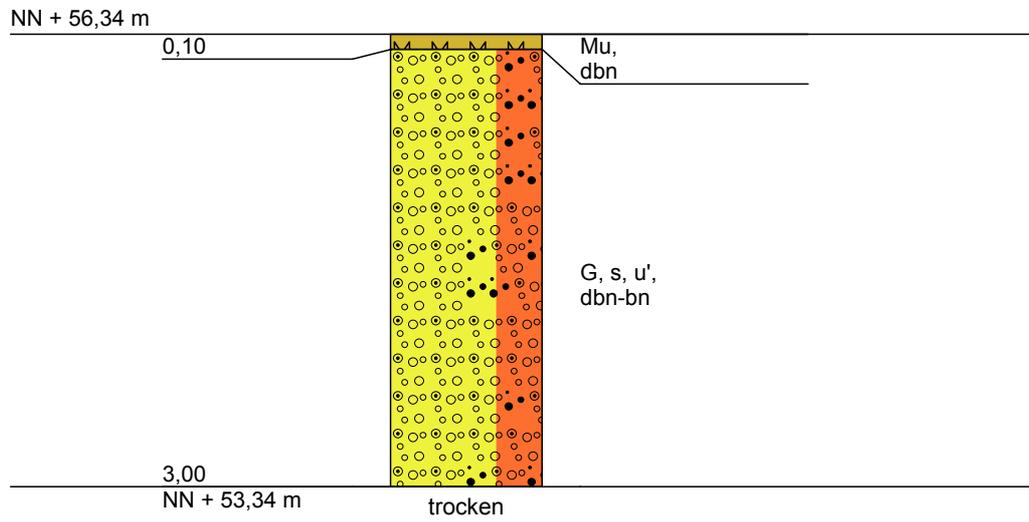


MEINDORF Flur 1

MEINDORF Flur 1

MEINDORF Flur 1

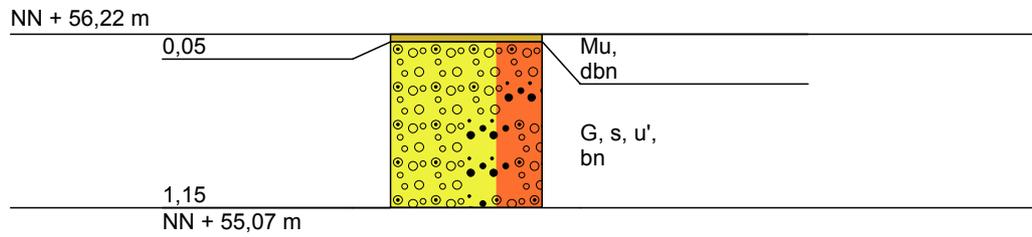
BS 1



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN AZ: 29-07-0220	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2.1	
		Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden	
		Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin	
		Bearb.: Sch	Datum: 08.05.2007

V 2



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.2

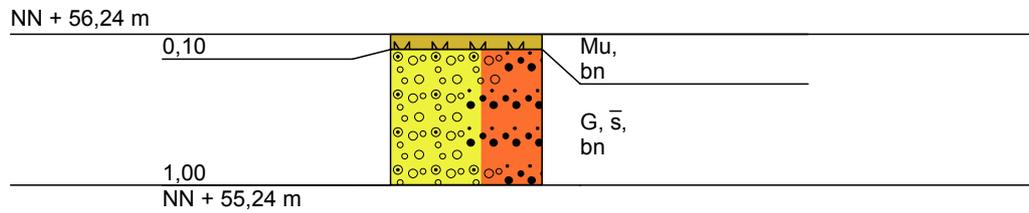
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

V 3



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.3

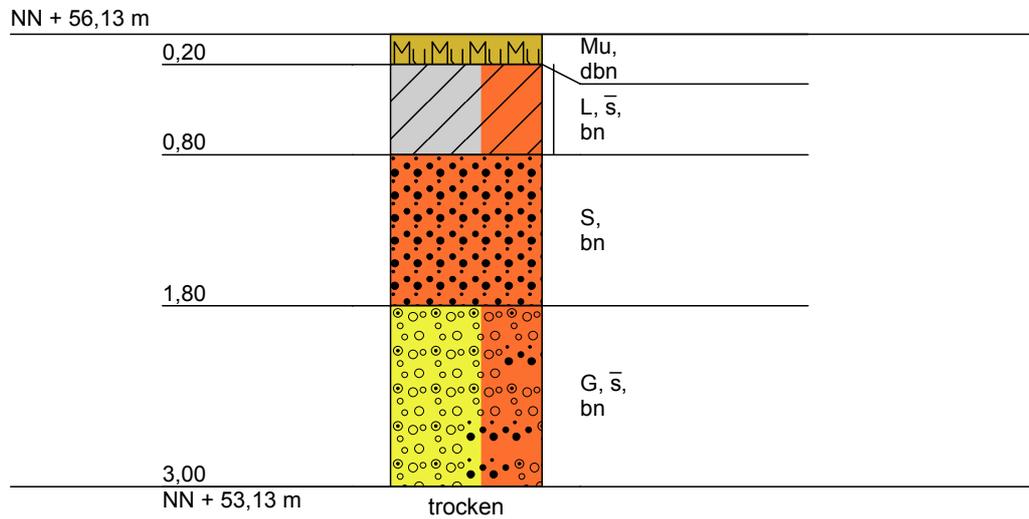
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

BS 4



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.4

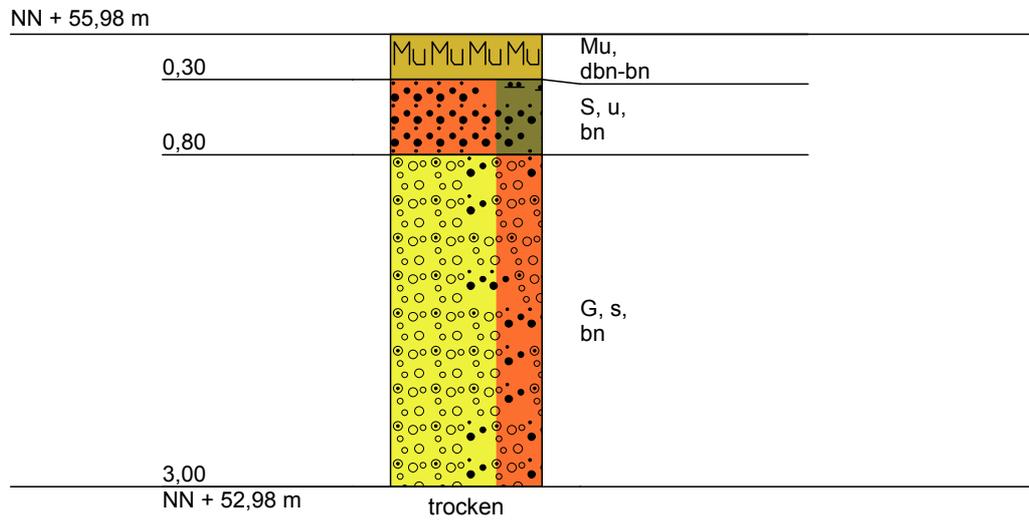
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

BS 5



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.5

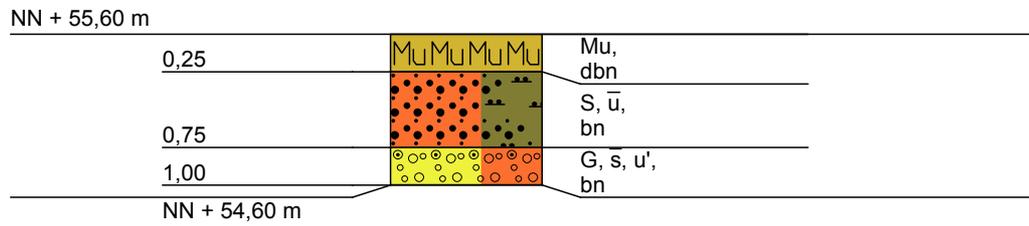
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

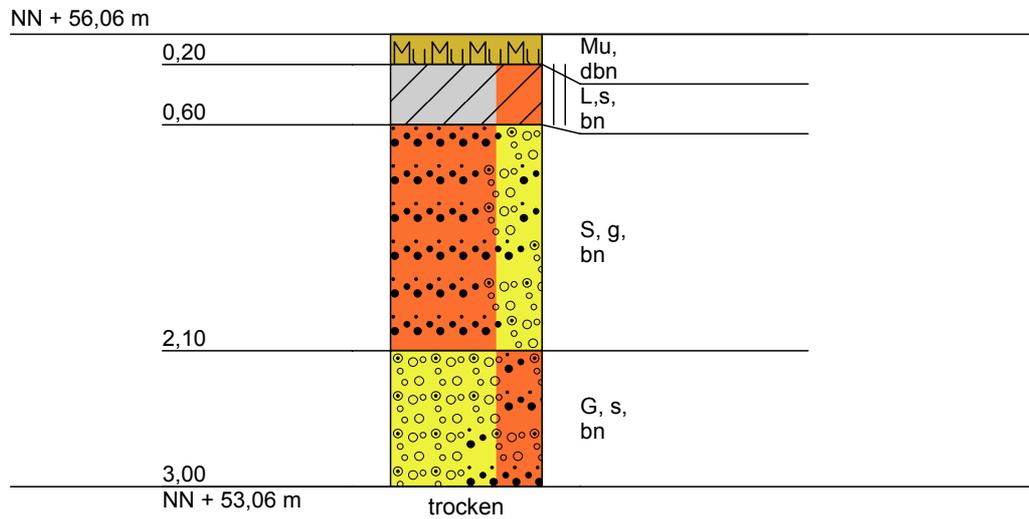
V 6



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN AZ: 29-07-0220	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2.6	
		Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden	
		Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin	
		Bearb.: Sch	Datum: 08.05.2007

BS 7



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.7

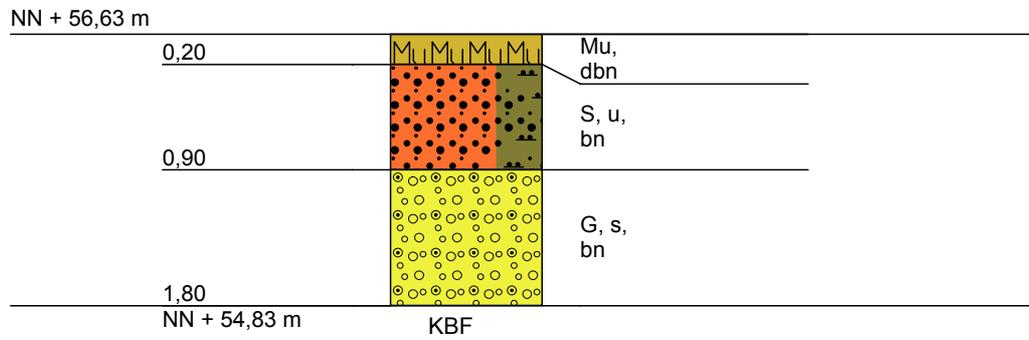
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

V 8



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.8

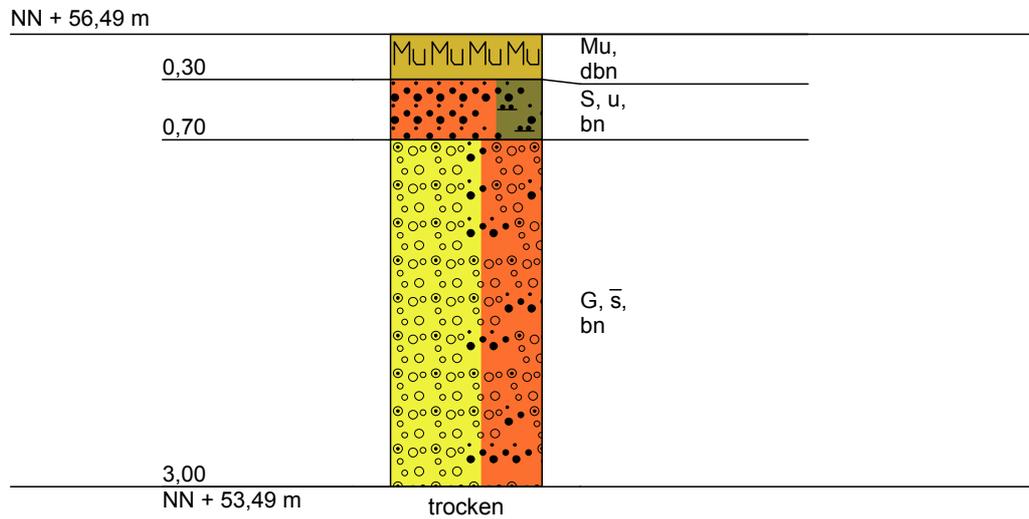
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

BS 9



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.9

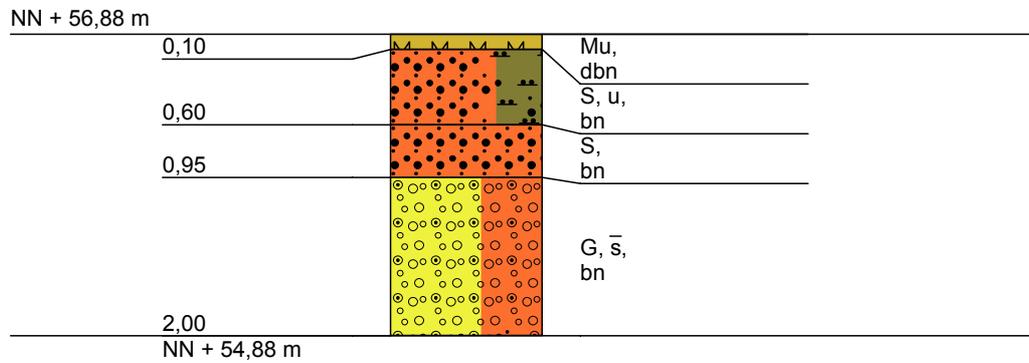
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

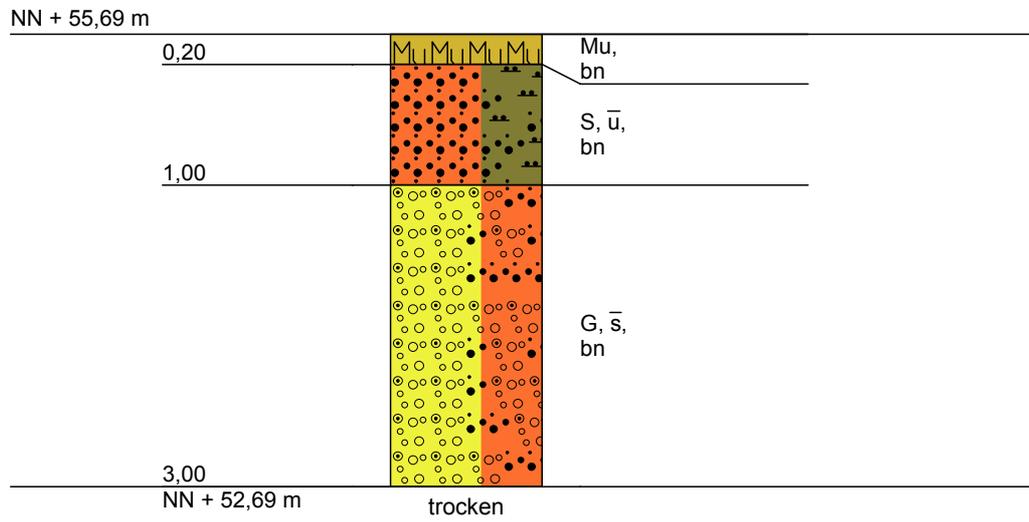
V 10



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN AZ: 29-07-0220	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2.10	
		Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden	
		Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin	
		Bearb.: Sch	Datum: 08.05.2007

BS 11



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.11

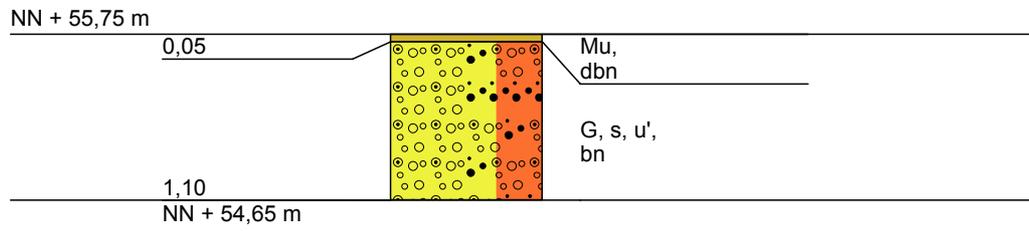
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

V 12



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.12

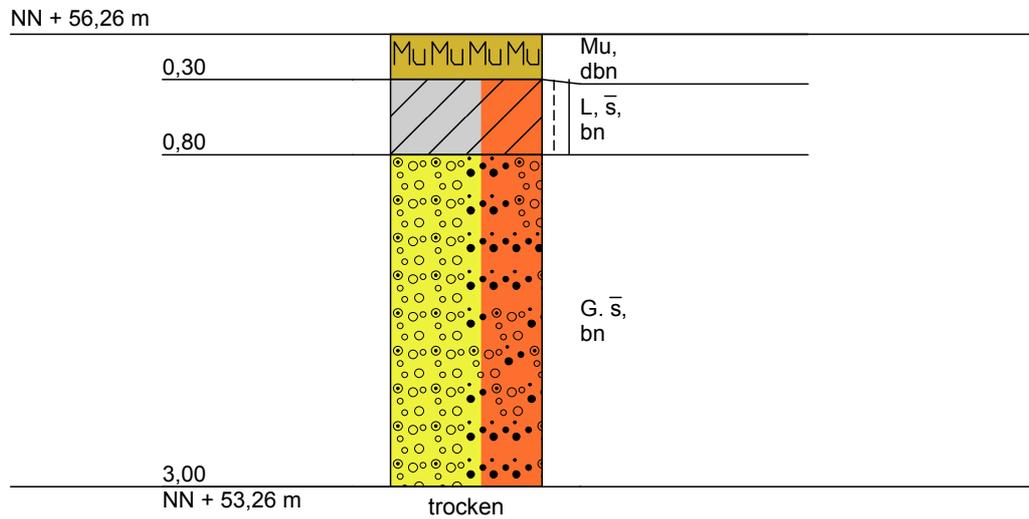
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

BS 13



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Zeichnerische Darstellung von
Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage: 2.13

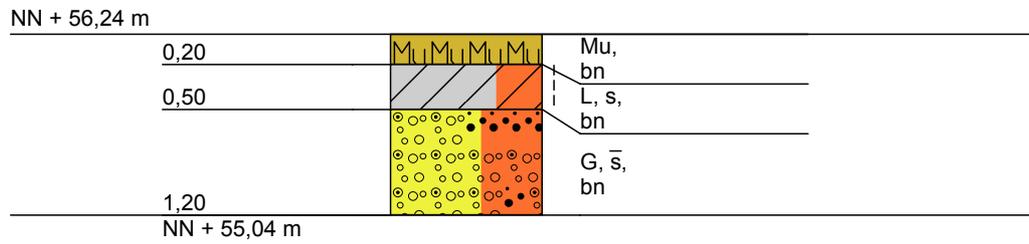
Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

Datum: 08.05.2007

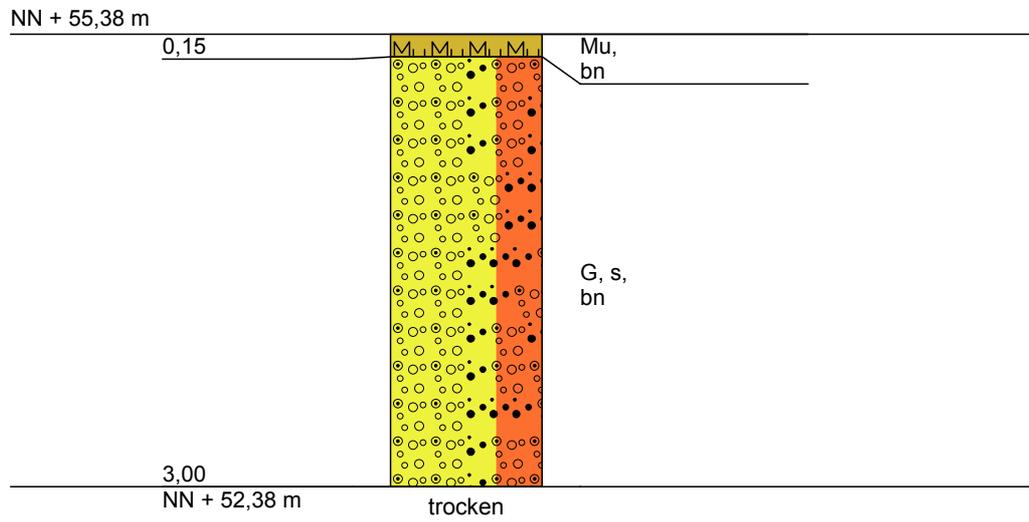
V 14



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN AZ: 29-07-0220	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2.14	
		Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden	
		Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin	
		Bearb.: Sch	Datum: 08.05.2007

BS 15



Höhenmaßstab 1:50

SPITZLEI & JOSSEN AZ: 29-07-0220	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage: 2.15	
		Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden	
		Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin	
		Bearb.: Sch	Datum: 08.05.2007

Boden- und Felsarten



Mutterboden, Mu



Verwitterungslehm, L



Kies, G, kiesig, g



Sand, S, sandig, s



Schluff, U, schluffig, u

Korngrößenbereich

f - fein
m - mittel
g - grob

Nebenanteile

' - schwach (<15%)
- - stark (30-40%)

Konsistenz



breiig



weich



steif



halbfest



fest

SPITZLEI & JOSSEN

AZ: 29-07-0220

Legende und Zeichenerklärung
nach DIN 4023

Anlage: 2.16

Projekt: Machbarkeitsstudie Sankt
Augustin-Menden

Auftraggeber: Stadt Sankt Augustin

Bearb.: Sch

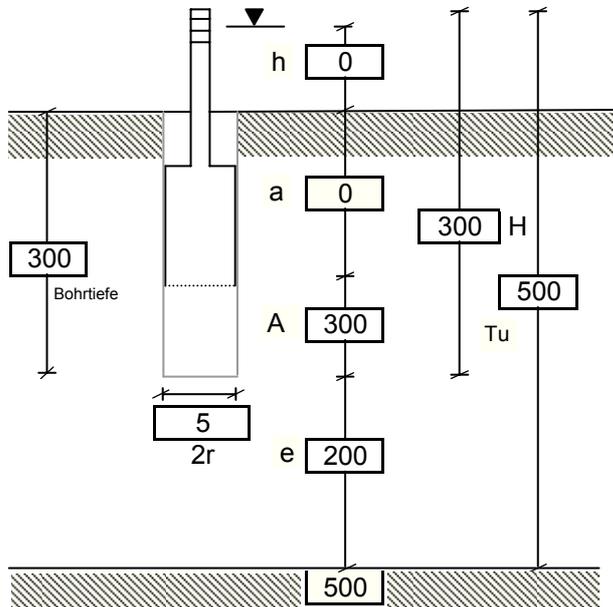
Datum: 18.05.2007

Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. : BS 1

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



- h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände
- a = Tiefe der Verrohrung
- A = Länge des unverrohrten Bohrlochs
- H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch
- Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont
- e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW
- r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 196 cm³ in 1 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,6 Tu/A = 1,67

Maßgebende Formel: Formel 1: Formel 2:

Formel 1:
$$\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$$

A/H = H/r =

Cu = 85 nach USBR Earth Manual

K = cm/s oder m/s

Formel 2:
$$\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$$

A/r = 100,00 Cs = 125

K = 2,03E-03 cm/s oder 2,03E-05 m/s

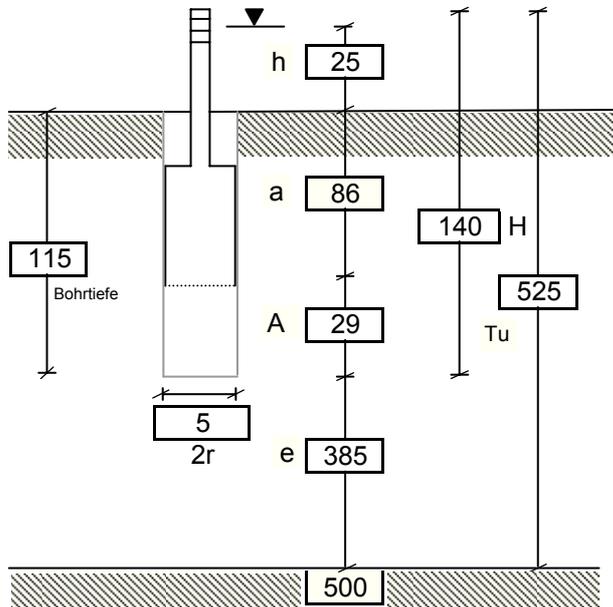
Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. :

V 2

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände

a = Tiefe der Verrohrung

A = Länge des unverrohrten Bohrlochs

H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch

Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont

e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW

r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 200 cm³ in 5 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,267 Tu/A = 18,1

Maßgebende Formel: Formel 1: x Formel 2:

Formel 1: $\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$

A/H = 0,21 H/r = 56

Cu = 35 nach USBR Earth Manual

K = 2,72E-03 cm/s oder 2,72E-05 m/s

Formel 2: $\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$

A/r = Cs =

K = cm/s oder m/s

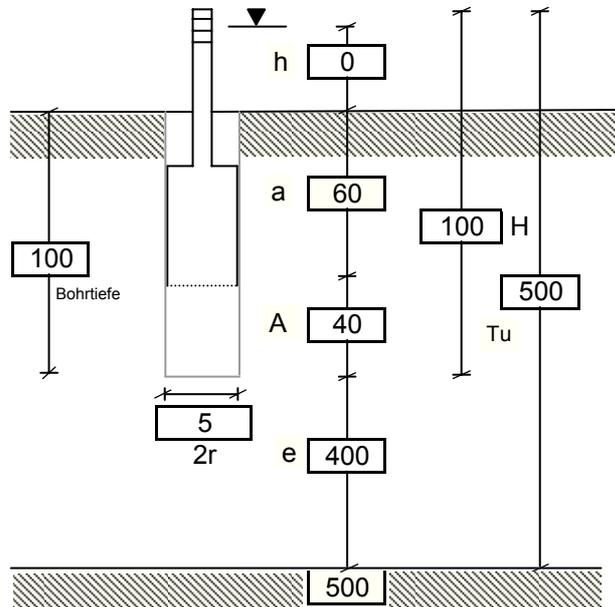
Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. :

V 3

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände

a = Tiefe der Verrohrung

A = Länge des unverrohrten Bohrlochs

H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch

Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont

e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW

r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 14 cm³ in 4 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,2 Tu/A = 12,5

Maßgebende Formel: Formel 1: x Formel 2:

Formel 1:
$$\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$$

A/H = 0,40 H/r = 40

Cu = 55 nach USBR Earth Manual

K = 2,12E-04 cm/s oder 2,12E-06 m/s

Formel 2:
$$\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$$

A/r = Cs =

K = cm/s oder m/s

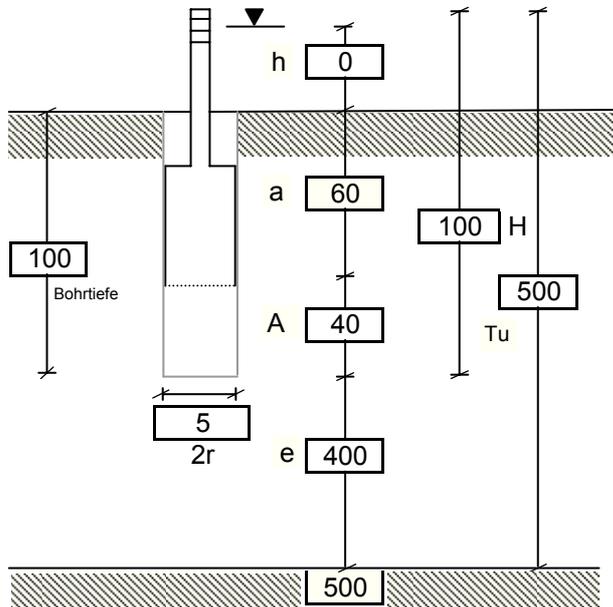
Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. :

V 6

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände

a = Tiefe der Verrohrung

A = Länge des unverrohrten Bohrlochs

H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch

Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont

e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW

r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 200 cm³ in 41 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,2 Tu/A = 12,5

Maßgebende Formel: Formel 1: x Formel 2:

Formel 1:
$$\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$$

A/H = 0,40 H/r = 40

Cu = 55 nach USBR Earth Manual

K = 2,96E-04 cm/s oder 2,96E-06 m/s

Formel 2:
$$\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$$

A/r = Cs =

K = cm/s oder m/s

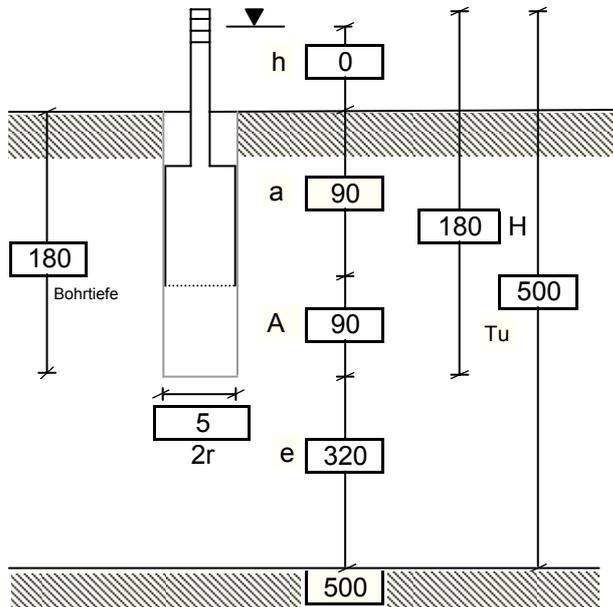
Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. :

V 8

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände

a = Tiefe der Verrohrung

A = Länge des unverrohrten Bohrlochs

H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch

Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont

e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW

r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 200 cm³ in 10 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,36 Tu/A = 5,56

Maßgebende Formel: Formel 1: x Formel 2:

Formel 1:
$$\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$$

A/H = 0,50 H/r = 72

Cu = 90 nach USBR Earth Manual

K = 4,12E-04 cm/s oder 4,12E-06 m/s

Formel 2:
$$\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$$

A/r = Cs =

K = cm/s oder m/s

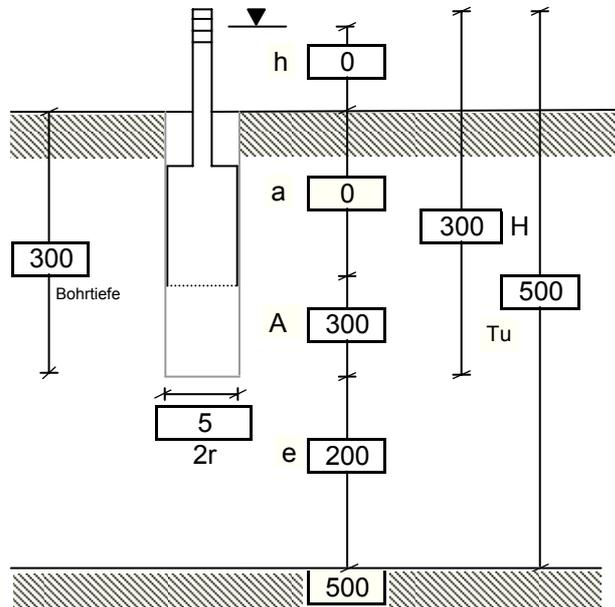
Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. :

BS 9

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände

a = Tiefe der Verrohrung

A = Länge des unverrohrten Bohrlochs

H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch

Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont

e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW

r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 196 cm³ in 1 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,6 Tu/A = 1,67

Maßgebende Formel: Formel 1: Formel 2: x

Formel 1:
$$\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$$

A/H = H/r =

Cu = 85 nach USBR Earth Manual

K = cm/s oder m/s

Formel 2:
$$\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$$

A/r = 100,00 Cs = 125

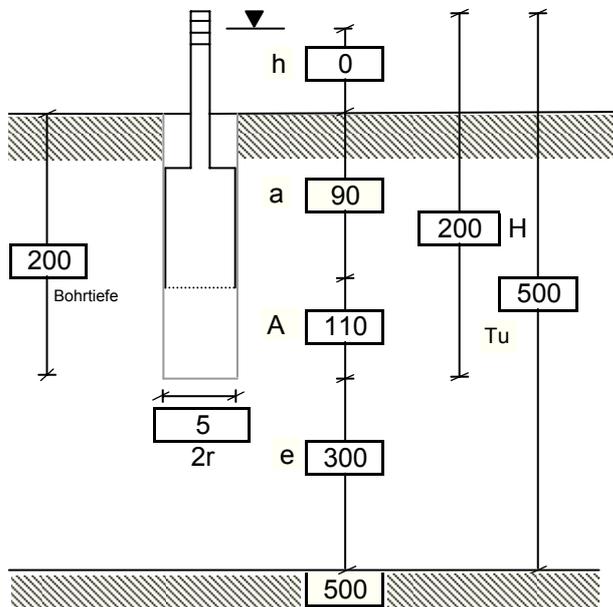
K = 2,03E-03 cm/s oder 2,03E-05 m/s

Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. : V 10

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände

a = Tiefe der Verrohrung

A = Länge des unverrohrten Bohrlochs

H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch

Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont

e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW

r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 200 cm³ in 2 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,4 Tu/A = 4,55

Maßgebende Formel: Formel 1: x Formel 2:

Formel 1: $\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$

A/H = 0,55 H/r = 80

Cu = 120 nach USBR Earth Manual

K = 1,39E-03 cm/s oder 1,39E-05 m/s

Formel 2: $\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$

A/r = Cs =

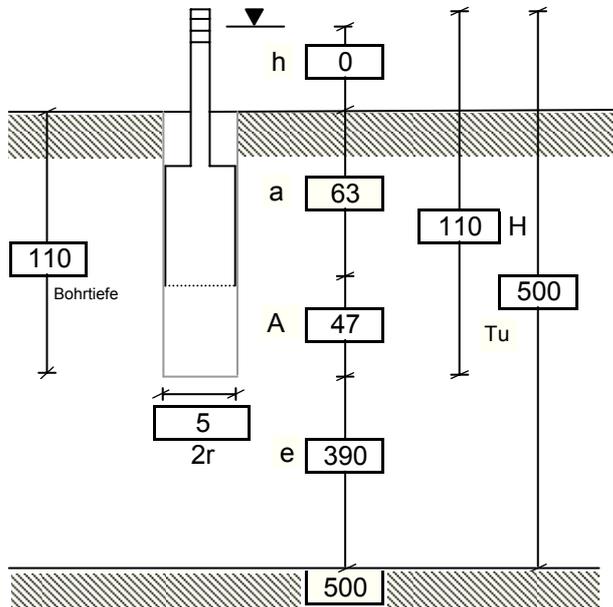
K = cm/s oder m/s

Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. : V 12

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände

a = Tiefe der Verrohrung

A = Länge des unverrohrten Bohrlochs

H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch

Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont

e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW

r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 200 cm³ in 9 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,22 Tu/A = 10,6

Maßgebende Formel: Formel 1: x Formel 2:

Formel 1: $\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$

A/H = 0,43 H/r = 44

Cu = 60 nach USBR Earth Manual

K = 1,12E-03 cm/s oder 1,12E-05 m/s

Formel 2: $\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$

A/r = Cs =

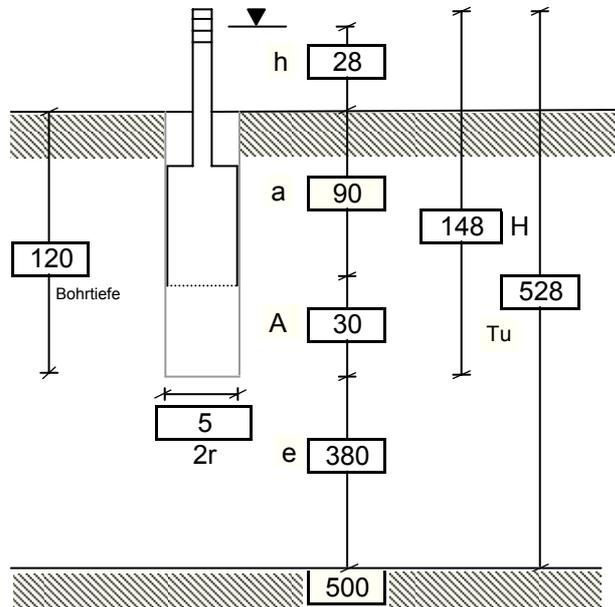
K = cm/s oder m/s

Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. : V 14

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände

a = Tiefe der Verrohrung

A = Länge des unverrohrten Bohrlochs

H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch

Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont

e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW

r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 200 cm³ in 4 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,28 Tu/A = 17,6

Maßgebende Formel: Formel 1: x Formel 2:

Formel 1:
$$\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$$

A/H = 0,20 H/r = 59,2

Cu = 45 nach USBR Earth Manual

K = 2,50E-03 cm/s oder 2,50E-05 m/s

Formel 2:
$$\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$$

A/r = Cs =

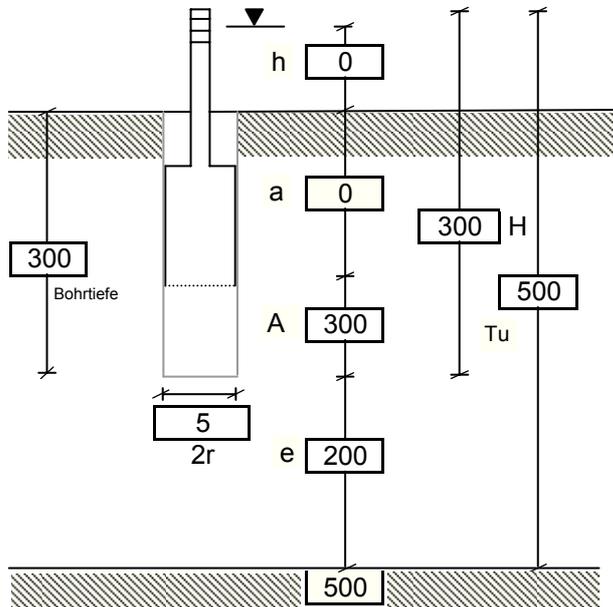
K = cm/s oder m/s

Datum: 08.05.2007

Versuch Nr. : BS 15

Wetter: Bedeckt

Alle Angaben in cm:



- h = Höhe des Wasserspiegels über OK Gelände
- a = Tiefe der Verrohrung
- A = Länge des unverrohrten Bohrlochs
- H = Tiefe von Wasserspiegel bis Sohle Bohrloch
- Tu = Tiefe Wasserspiegel bis zur Grenze der untersuchten Schicht, ggf. Fels- oder Hangwasserhorizont
- e = Abstand von der Sohle Bohrloch bis Grenze der untersuchten Schicht oder GW
- r = Radius der Bohrung

Wartezeit: 90 min

Versickerte Wassermenge: 196 cm³ in 2 sek

Entscheidungskriterium:

H/Tu = 0,6 Tu/A = 1,67

Maßgebende Formel: Formel 1: Formel 2:

Formel 1:
$$\frac{Q}{s \times C_u \times r \times H}$$

A/H = H/r =

Cu = 85 nach USBR Earth Manual

K = cm/s oder m/s

Formel 2:
$$\frac{2Q}{s \times (C_s + 4) \times r \times (T_u + H - A)}$$

A/r = 100,00 Cs = 125

K = 1,01E-03 cm/s oder 1,01E-05 m/s

Dimensionierung einer Versickerungsmulde nach Arbeitsblatt DWA-A 138

Machbarkeitsstudie, Sankt Augustin-Menden

Auftraggeber:

Stadt Sankt Augustin

Muldenversickerung:

Variante 1:

Eingabedaten: $V = [(A_u + A_s) * 10^{-7} * r_{D(n)} - A_s * k_f / 2] * D * 60 * f_z$

Einzugsgebietsfläche	A_E	m ²	1.000
Abflussbeiwert gem. Tabelle 2 (DWA-A 138)	Ψ_m	1	1,00
undurchlässige Fläche	A_u	m ²	1.000
Versickerungsfläche	A_s	m ²	180
Durchlässigkeitsbeiwert der gesättigten Zone	k_f	m/s	1,0E-05
gewählte Regenhäufigkeit	n	1/Jahr	0,2
Zuschlagsfaktor	f_z	1	1,2

örtliche Regendaten:

D [min]	$r_{D(n)}$ [l/(s*ha)]
20	165,3
30	128,9
45	98,3
60	80,3
90	57,7
120	45,7
180	33,0
240	26,2
360	18,9

Berechnung:

V [m ³]
26,8
30,9
34,7
37,0
38,3
38,8
38,8
37,9
34,5

Ergebnisse:

maßgebende Dauer des Bemessungsregens	D	min	120
maßgebende Regenspende	$r_{D(n)}$	l/(s*ha)	45,7
erforderliches Muldenspeichervolumen	V	m³	38,8
gewähltes Muldenspeichervolumen	V_{gew}	m³	40
Einstauhöhe in der Mulde	Z_M	m	0,22
Entleerungszeit der Mulde	t_E	h	12,3

Dimensionierung einer Versickerungsmulde nach Arbeitsblatt DWA-A 138

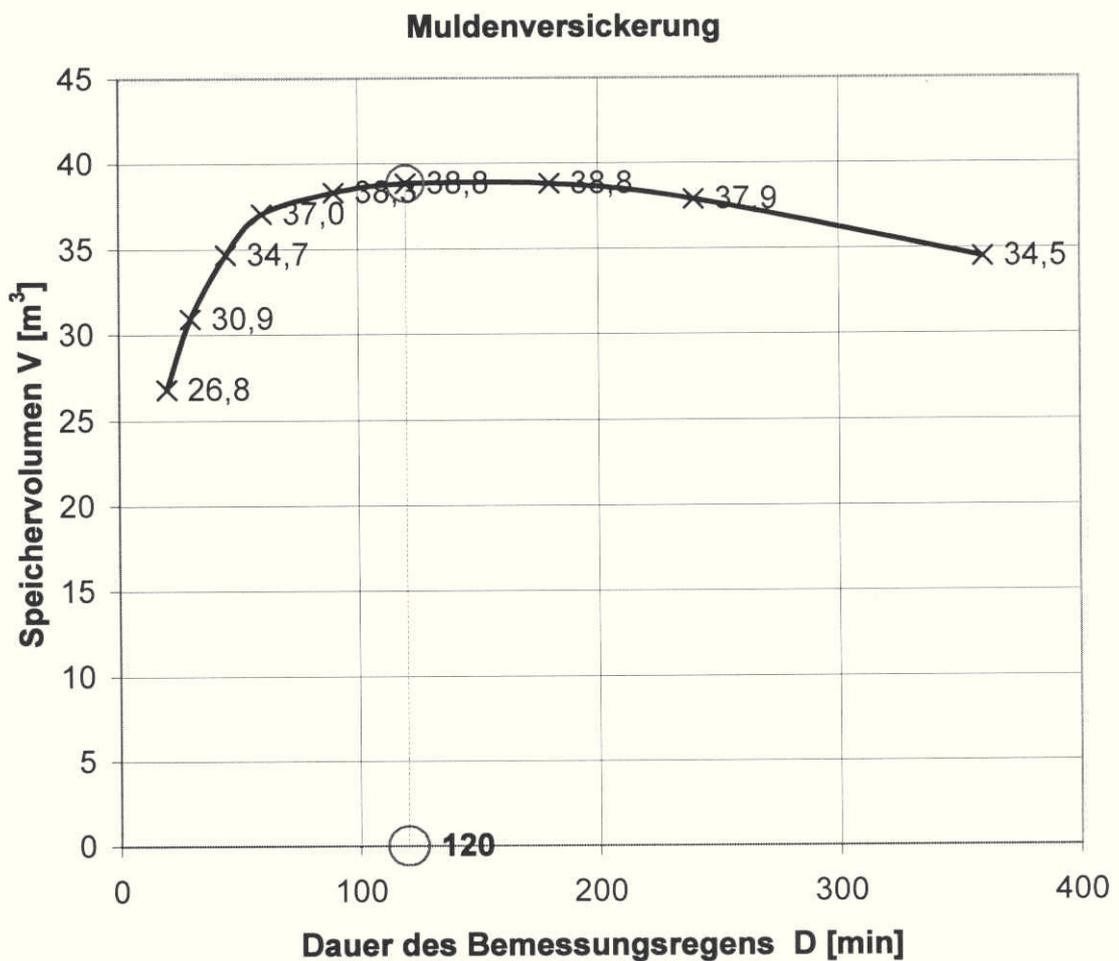
Machbarkeitsstudie, Sankt Augustin-Menden

Auftraggeber:

Stadt Sankt Augustin

Muldenversickerung:

Variante 1:



Dimensionierung eines Mulden-Rigolen-Elementes nach Arbeitsblatt DWA-A 138

Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden

Auftraggeber:

Stadt Sankt Augustin

Mulden-Rigolen-Element:

Variante 2:

Eingabedaten Mulde:

$$V_M = [(A_u + A_{S,M}) * 10^{-7} * r_{D(n)} + Q_{zu,M} * 10^{-3} - A_{S,M} * k_f / 2] * D * 60 * f_{Z,M}$$

Einzugsgebietsfläche	A_E	m^2	1.000
Abflussbeiwert gem. Tabelle 2 (DWA-A 138)	Ψ_m	1	1,00
undurchlässige Fläche	A_u	m^2	1.000
gewählte Versickerungsfläche der Mulde	$A_{S,M}$	m^2	150
gewählte Muldenbreite	b_M	m	5
Durchlässigkeitsbeiwert des Muldenbettes	$k_{f,M}$	m/s	1,0E-05
Bemessungshäufigkeit Mulde	n_M	1/Jahr	0,2
Zuschlagsfaktor Mulde	$f_{Z,M}$	1	1,2

Regendaten Muldenberechnung:

D [min]	$r_{D(n)}$ [l/(s*ha)]
20	165,3
30	128,9
45	98,3
60	80,3
90	57,7
120	45,7
180	33,0
240	26,2
360	18,9

Berechnung Muldenvolumen:

V_M [m ³]
26,29
30,40
34,20
36,65
38,14
38,93
39,46
39,10
36,90

Ergebnisse Muldenbemessung:

erforderliches Muldenvolumen	V_M	m^3	39,46
gewähltes Muldenvolumen	$V_{M,gew}$	m^3	40,0
Einstauhöhe in der Mulde	Z_M	m	0,32
vorhandene Muldenfläche	$A_{S,M \text{ vorh}}$	m^2	125
Entleerungszeit der Mulde	t_E	h	17,8

Dimensionierung eines Mulden-Rigolen-Elementes nach Arbeitsblatt DWA-A 138

Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden

Auftraggeber:

Stadt Sankt Augustin

Mulden-Rigolen-Element:

Variante 2:

Eingabedaten Rigole:

$$L_R = [(A_u + A_{S,M} + A_{u,R}) \cdot 10^{-7} \cdot r_{D(n)} - Q_{Dr} - V_M / (D \cdot 60 \cdot f_{z,R})] / [(b_R \cdot h_R \cdot s_{RR}) / (D \cdot 60 \cdot f_{z,R}) + (b_R + h_R / 2) \cdot k_f / 2]$$

undurchlässige Fläche direkt an Rigole	$A_{u,R}$	m ²	1000
gewählte Breite der Rigole	b_R	m	5,0
gewählte Höhe der Rigole	h_R	m	1,5
Speicherkoefizient des Füllmaterials der Rigole	s_R	1	0,3
Außendurchmesser Rohr(e) in der Rigole	d_a	mm	
Innendurchmesser Rohr(e) in der Rigole	d_i	mm	
gewählte Anzahl der Rohre in der Rigole	a	1	0
Gesamtspeicherkoefizient	s_{RR}	1	0,30
mittlerer Drosselabfluss aus der Rigole	Q_{Dr}	l/s	
Durchlässigkeitsbeiwert der gesättigten Zone	k_f	m/s	4,0E-04
Bemessungshäufigkeit Rigole	n_R	1/Jahr	0,2
Zuschlagsfaktor Rigole	$f_{z,R}$	1	1,2

Regendaten Rigolenberechnung:

D [min]	$r_{D(n)}$ [l/(s*ha)]
10	230,2
15	186,7
20	158,6
30	123,4
45	93,8
60	76,4
90	54,3
120	42,7
180	30,4

Berechnung Rigolenlänge:

L_R [m]
0,0
1,0
2,3
3,7
4,2
4,3
3,7
3,2
2,6

Ergebnisse Rigolenbemessung:

erforderliche Länge der Rigole	L_R	m	4,3
erforderliches Rigolen-Speichervolumen	V_R	m ³	9,7
gewählte Rigolenlänge	$L_{R,gew}$	m	25
gewähltes Rigolen-Speichervolumen	$V_{R,gew}$	m ³	56,3
Rigolenaushub	$V_{R,Aushub}$	m ³	187,5

Dimensionierung eines Mulden-Rigolen-Elementes nach DWA-A 138

Machbarkeitsstudie Sankt Augustin-Menden

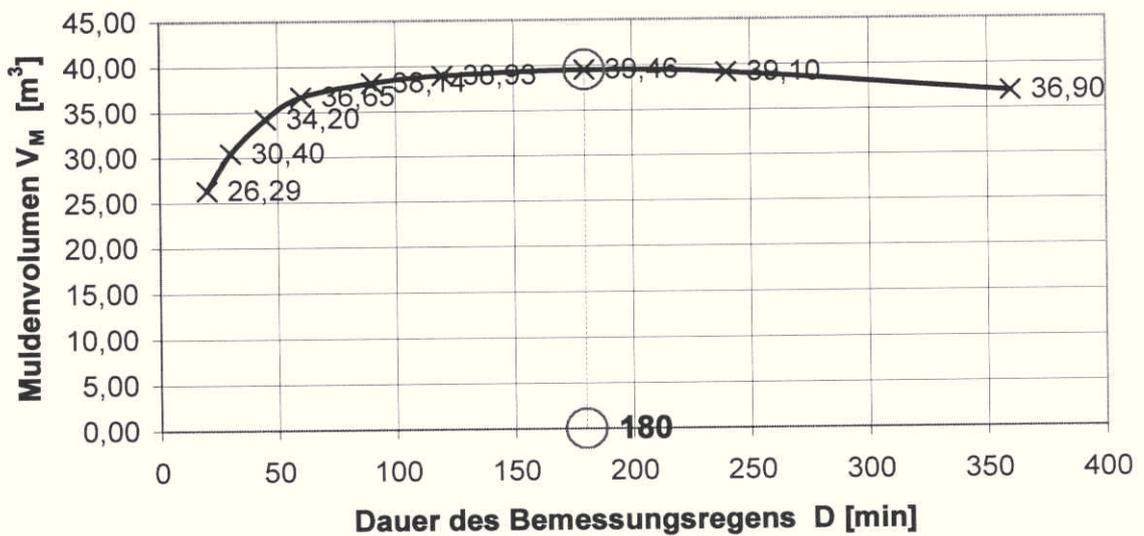
Auftraggeber:

Stadt Sankt Augustin

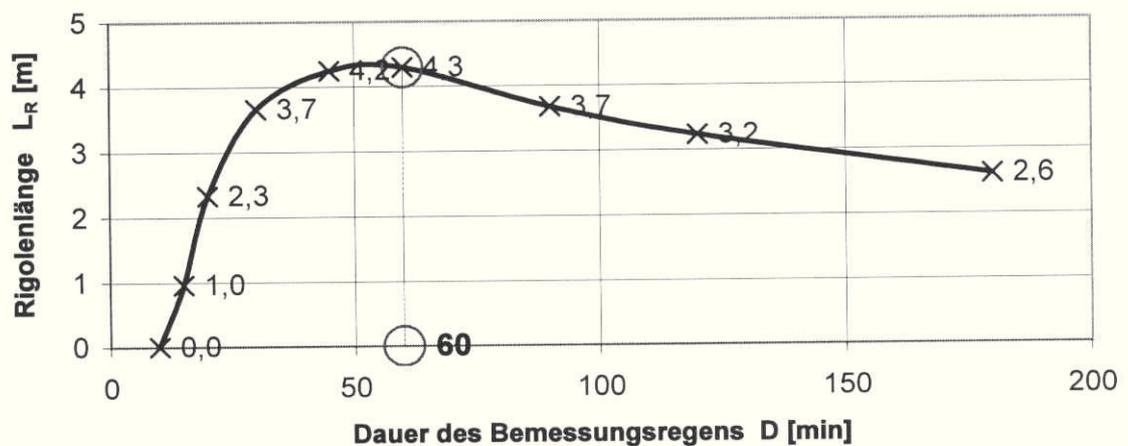
Mulden-Rigolen-Element:

Variante 2:

Mulde



Rigole





Niederschlagshöhen und -spenden

Zeitspanne : Januar - Dezember

Rasterfeld : Spalte: 12 Zeile: 57

T	0,5		1,0		2,0		5,0		10,0		20,0		50,0		100,0	
D	hN	rN	hN	rN	hN	rN										
5,0 min	3,1	102,0	5,1	170,0	7,1	238,0	9,8	327,9	11,9	396,0	13,9	464,0	16,6	553,9	18,7	621,9
10,0 min	5,5	91,9	8,2	136,4	10,9	180,9	14,4	239,7	17,1	284,2	19,7	328,7	23,2	387,5	25,9	432,0
15,0 min	7,1	79,2	10,3	113,9	13,4	148,6	17,5	194,5	20,6	229,2	23,7	263,9	27,9	309,7	31,0	344,5
20,0 min	8,2	68,7	11,7	97,8	15,2	126,9	19,8	165,3	23,3	194,4	26,8	223,5	31,4	262,0	34,9	291,1
30,0 min	9,6	53,5	13,7	76,2	17,8	98,9	23,2	128,9	27,3	151,6	31,4	174,3	36,8	204,3	40,9	227,0
45,0 min	10,7	39,5	15,5	57,2	20,2	74,9	26,6	98,3	31,3	116,0	36,1	133,7	42,4	157,2	47,2	174,9
60,0 min	11,2	31,0	16,5	45,8	21,8	60,7	28,9	80,3	34,3	95,1	39,6	110,0	46,7	129,6	52,0	144,4
90,0 min	12,9	23,8	18,4	34,0	23,9	44,3	31,2	57,7	36,7	68,0	42,2	78,2	49,5	91,7	55,0	101,9
2,0 h	14,2	19,7	19,8	27,6	25,5	35,4	32,9	45,7	38,6	53,6	44,2	61,4	51,7	71,8	57,3	79,6
3,0 h	16,3	15,1	22,1	20,5	27,9	25,9	35,6	33,0	41,4	38,4	47,2	43,8	54,9	50,9	60,8	56,3
4,0 h	17,9	12,5	23,9	16,6	29,8	20,7	37,7	26,2	43,6	30,3	49,6	34,4	57,4	39,9	63,4	44,0
6,0 h	20,5	9,5	26,6	12,3	32,7	15,2	40,8	18,9	47,0	21,8	53,1	24,6	61,2	28,3	67,4	31,2
9,0 h	23,3	7,2	29,6	9,1	36,0	11,1	44,3	13,7	50,7	15,6	57,0	17,6	65,4	20,2	71,7	22,1
12,0 h	25,5	5,9	32,0	7,4	38,5	8,9	47,0	10,9	53,5	12,4	60,0	13,9	68,5	15,9	75,0	17,4
18,0 h	27,6	4,3	34,8	5,4	41,9	6,5	51,4	7,9	58,6	9,0	65,8	10,2	75,3	11,6	82,5	12,7
24,0 h	29,6	3,4	37,5	4,3	45,4	5,3	55,8	6,5	63,8	7,4	71,7	8,3	82,1	9,5	90,0	10,4
48,0 h	36,7	2,1	45,0	2,6	53,3	3,1	64,2	3,7	72,5	4,2	80,8	4,7	91,7	5,3	100,0	5,8
72,0 h	35,2	1,4	45,0	1,7	54,8	2,1	67,7	2,6	77,5	3,0	87,3	3,4	100,2	3,9	110,0	4,2

T - Wiederkehrzeit (in [a]): mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet

D - Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen (in [min, h])

hN - Niederschlagshöhe (in [mm])

rN - Niederschlagspende (in [l/(s*ha)])

Für die Berechnung wurden folgende Grundwerte (hN in [mm]) verwendet:

T/D	15,0 min	60,0 min	12,0 h	24,0 h	48,0 h	72,0 h
1 a	10,25	16,50	32,00	37,50	45,00	45,00
100 a	31,00	52,00	75,00	90,00	100,00	110,00

Berechnung "Kurze Dauerstufen" (D<=60 min): u hyperbolisch, w doppelt logarithmisch

Wenn die angegebenen Werte für Planungszwecke herangezogen werden, sollte für rN(D;T) bzw. hN(D;T) in Abhängigkeit von der Wiederkehrzeit (Jährlichkeit)

bei 0,5 a <= T <= 5 a ein Toleranzbetrag ± 10 %,

bei 5 a < T <= 50 a ein Toleranzbetrag ± 15 %,

bei 50 a < T <= 100 a ein Toleranzbetrag ± 20 %,

Berücksichtigung finden.