Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH

Fritz - Peters - Straße 22
D - 47447 Moers

Tel.: 02841/ 967 33 – 3
Fax.: 02841/ 967 33 – 44
eMail: post@baugrund-moers.de
Internet: www.baugrund-moers.de

Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH Fritz - Peters - Str. 22 47447 Moers

Ingenieurbüro
Manfred Albers
- Herrn Sextro -

Hoffmannallee 50

47533 Kleve

- Erd- und Grundbau
- Ingenieurgeologie
- Hydrogeologie
- Baugrunduntersuchung
- Erdbaulabor

Moers, den 12.12.2003
Unser Zeichen: Ko - db

Baugrunduntersuchung, Hydrogeologisches Gutachten und Gründungsvorgutachten

Projekt: Erschließung Gewerbegebiet Ost IV/III
Weseler Straße/Budberger Straße
46446 Emmerich

Auftraggeber: Ingenieurbüro Manfred Albers
Hoffmannallee 50
47533 Kleve

Gutachten: 03084-01
Bearbeiter: Dr. W. Koppelberg

Geotechnisches Büro Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH

INHALT:

1 Vorgang 4
2 Untersuchungen 4
3 Bodenverhältnisse 5
3.1 Auffüllungen/Oberboden 5
3.2 Lehm 5
3.3 Sand 6
4 Wasserverhältnisse 7
4.1 Gemessene Grundwasserstände und Auswertung 7
4.2 Daten aus Grundwassermessstellen 8
5 Bodenklassen und Bodengruppen 10
6 Bodenmechanische Kennwerte 10
7 Durchlässigkeitsbeiwerte 11
8 Beseitigung des Niederschlagswassers durch Versickern 12
8.1 Regelwerke 12
8.2 Randbedingungen für die Versickerung von Niederschlagswasser 12
8.2.1 Wasserschutzzonen 12
8.2.2 Ortstypische Niederschlagsspende 13
8.2.3 Zu entwässernde Flächen 13
8.2.4 Gebäude- und Grenzabstände 13
8.2.5 Sohlabstand zum Grundwasserhöchststand 13
8.3 Mögliche Anlagentypen 14
8.4 Hinweise für die Dimensionierung der Versickerungsanlagen 15
8.5 Hinweise für die Bauausführung 15
8.6 Schlussbemerkungen zur Versickerung des Niederschlagswassers 17
9 Bebauung des Untersuchungsgebietes 18
9.1 Vorbemerkungen 18
9.2 Beurteilung der Bodenarten 18
9.3 Gründung nichtunterkellerter Gebäude 19
9.4 Gründung unterkellerter Gebäude 20
9.5 Gebäudeabdichtung 20

ANLAGEN:

Schichtenverzeichnis

Tab. 1: Tabelle mit Höhendaten aus den Bohrungen

Tab. 2: Grundwasserströmungsfeld, ermittelt durch Interpolation über eine Regressionsebene (August 2003)

Tab. 3: Grundwasserganglinien benachbarter Messstellen

Tab. 4.1: Grundwasserhöhen im Baugebiet durch Interpolation über eine Regressionsebene für 1965

Tab. 4.2: Grundwasserhöhen im Baugebiet durch Interpolation über eine Regressionsebene für das Frühjahr 1955

Anlage 1: Lageplan mit Bohrungen und Höhenlinien der Oberfläche der gut durchlässigen Sande, Maßstab 1:2000

Anlage 2: Säulendarstellung der Bohrungen B 1 ... B 15, Maßstab 1:2000/50

Anlage 3: Schematische Systemquerschnitte durch die vorgeschlagenen Versickerungsanlagen, Maßstab 1:25

1 Vorgang

Mit Schreiben vom 7.7.2003 wurde unser Büro beauftragt, eine Baugrunduntersuchung für die Erschließung des Gewerbegebietes Ost IV/3 in Emmerich durchzuführen, die hydrogeologischen Voraussetzungen für die Versickerung von Niederschlagswasser zu prüfen und ein Baugrundvorgutachten zu erstellen.

Die rd. 500.000 m² große Fläche wird derzeit noch großenteils als Ackerfläche genutzt (Hafer- und Maisanbau), so dass zunächst bis zum Abernten der Felder keine Betretungserlaubnis für diese Teilflächen vorlag. Auf Veranlassung des Ingenieurbüros Albers wurde aber eine Voruntersuchung insbesondere in Bezug auf die hydrogeologische Situation gewünscht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in dem Vorbericht vom 7.08.2003 zusammengefasst.

Das vorliegende Gutachten untergliedert sich in drei Einheiten:

Teil 1: Darstellung der Baugrundverhältnisse (Kap. 2–7)
Teil 2: Möglichkeiten zur Versickerung von Niederschlagswasser (Kap. 8)
Teil 3: Übersichtsgutachten zur Gründung der Gebäude (Kap. 9)

2 Untersuchungen

Die Voruntersuchungen erfolgten am 07.08.2003. Insgesamt wurden 7 Rammkernsondierungen (im Folgenden Bohrungen genannt) in Tiefen zwischen 3,2 m und 4,2 m unter Geländeoberfläche ausgeführt.

Die restlichen Geländeuntersuchungen wurden zwischen dem 22. und 24.09.2003 vorgenommen. In Absprache mit dem IB Albers sollte der Untersuchungsumfang auf insgesamt 15 Bohrungen erweitert werden. Die planmäßige Bohrung B9 musste allerdings wegen der Unzugänglichkeit der Prüfstelle entfallen, so dass die Untersuchungsfläche durch insgesamt 14 Bohrungen aufgeschlossen wurde.

Die Ansatzpunkte der Bohrungen sind im Lageplan (Anlage 1) eingetragen. Die im Einzelnen erbohrten Schichten sind in dem beigefügten Schichtenverzeichnis wiedergegeben und in Form von Säulenprofildarstellungen in Anlage 2 im Maßstab 1:2.000/50 dargestellt.

Die lagemäßige Einmessung der Bohrpunkte erfolgte per GPS. Das verwendete Gerät, Typ „GEOMETER“ der Fa. GeoSat, weist nach Werksangaben eine Genauigkeit von ca. ± 3 m auf. Die Ansatzhöhen der Bohrungen wurden einnivelliert und auf verschiedene Vermessungspunkte mit bekannten Höhen bezogen.

3 Bodenverhältnisse

Die untersuchte Fläche wird derzeit bis auf die befestigten und unbefestigten Erschließungswege ausschließlich landwirtschaftlich genutzt. Die mittlere Höhe der Geländeoberfläche (Mittelwert der Ansatzhöhen der Bohrpunkte) beträgt nach Tab. 1 14,72 mNN mit Extremwerten von 14,42 mNN bzw. 15,01 mNN.

Die Schichtenfolge untergliedert sich zusammenfassend in folgende Einheiten:

- Auffüllungen/Oberboden
- Lehm
- Sand

3.1 Auffüllungen/Oberboden

Auffüllungen wurden nur in den Bohrungen B8/B8a, B10 und B14 angetroffen. Diese Bohrungen wurden unmittelbar neben vorhandenen Erschließungswegen angeordnet. In den entsprechenden Bereichen wurde der ehemalige Oberboden ausgetauscht und durch Mischungen aus lehmigem Sand und Schotter ausgetauscht.

In den übrigen Bohrungen beginnt die Schichtenfolge mit Oberboden (Wiese/Acker), der von Lehm mit humosen Spuren unterlagert wird. Die Stärke dieser Schicht beträgt ca. 0,4 m. Sie hat derzeit – als Folge der langen Trockenheit – eine harte Konsistenz.

3.2 Lehm

Es folgt Lehm, der örtlich eine stärker tonige, örtlich eine stärker sandige Komponente aufweist. Der Lehm wird z. T. von einer Übergangsschicht aus schwach lehmhaltigen oder schwach schluffhaltigen Sanden unterlagert. Im Westen bilden Torf (Bohrung B7) und weich bis steifer Schluff (Bohrung B3) die Basis der bindigen Schichtenfolge.

Die Unterkante der bindigen Schichten liegt im Westen bei ca. 12 mNN; im übrigen Bereich zwischen 12,5 mNN und 13,35 mNN. Die größte Tiefenlage der bindigen Schichten wurde in den Bohrungen B8/B8a angetroffen. Die Unterkante der bindigen Deckschichten hat dort eine Ordinate von rd. 11,6 mNN.

Einzelheiten zur Zusammensetzung der bindigen Schichtenfolge sind dem Schichtenverzeichnis und den Säulendarstellungen in Anlage 2 zu entnehmen.

3.3 Sand

Den weiteren Untergrund bilden mitteldicht gelagerte Sande und Mittel- bis Grobsande mit einem örtlichen Kiesanteil. Die erbohrten Sande sind rezente Terrassenablagerungen des Rheins. Diese werden von den Kiessanden der Unteren Mittelterrasse des Rheins unterlagert. Das quartäre Terrassensystem endet nach der Hydrolgeologischen Karte, Blatt 4103 Emmerich, bei rd. –10 mNN. Es folgt das Tertiär mit Sanden/Kiessanden bis ca. –20 mNN. Darunter besteht das Tertiär aus dicht gelagerten schluffigen Sanden.

Die Oberfläche der Sande liegt zwischen 1,2 m und 3,4 m unter Geländeoberfläche. Dies entspricht NN-Höhen zwischen 11,61 m und 13,37 m (vgl. Tab. 1). Im Mittel befindet sich die Oberfläche der Sande bei 2,07 m unter GOK bzw. bei 12,65 mNN. Anhand der Bohrdaten zur **Oberfläche der Sande** wurde ein geostatistisches digitales Geländemodell aufgesetzt (Interpolationsverfahren KRIGING), um einen **Höhengleichenplan** der Oberfläche der Sande zu erstellen. Dieser ist in den Lageplan in **Anlage 1** übertragen worden.

Aus dem Höhengleichenplan ist zu ersehen, dass die Oberfläche der Sande überwiegend im Niveau zwischen 12,5 mNN und 13,0 mNN ansteht. Eine größere Tiefenlage wird mit rd. 12 m am Westrand entlang der Weseler Straße erreicht. Eine Anomalie, d.h. eine große Tiefenlage der Lehmschichten ist im Umfeld der Bohrung B8/B8a vorhanden. In Bezug auf den Höhengleichenplan ist allerdings klarzustellen, dass die Interpolationsverfahren grundsätzlich dazu tendieren, möglichst glatte Oberflächen zu erzeugen, d.h. es ist wahrscheinlich, dass die in der Bohrung B8 festgestellte große Tiefenlage der Lehmschichten nur lokal vorhanden ist und nicht den im Höhengleichenplan dargestellten großen Bereich umfasst.

4 Wasserverhältnisse

4.1 Gemessene Grundwasserstände und Auswertung

Der Grundwasserspiegel erwies zum Zeitpunkt der Geländeuntersuchungen am 07.08.2003 Flurabstände zwischen 2,08 m und 2,35 m auf. Dies entspricht NN-Höhen von 12,34 m bis 12,47 m. Die genauen Angaben zu den Wasserständen sind aus Tabelle 1 zu ersehen.

Zur Feststellung der Grundwasserströmungsrichtung wurden diese Daten in unser Auswerteprogramm übernommen (Tabelle 2). In diesem wird aus sämtlichen Messdaten eine Regressionsebene für die Grundwasseroberfläche berechnet und zeichnerisch dargestellt. Die Graphik in Tabelle 2 enthält zusätzlich die Berandung des Untersuchungsgebietes in Form des Polygonzugs durch die Punkte P1- P8.

Die Auswertung in Tabelle 2 zeigt, dass die Differenzen zwischen der berechneten Regressionsebene und den Messwerten nur maximal 0,03 m betragen. Die Grundwasserströmung ist mit einem Gefälle von $2{,}8 \cdot 10^{-4}$ nach SSE gerichtet. Das Grundwassergefälle ist um etwa Faktor 0,1 kleiner als das übliche Grundwassergefälle in Kiessand-Wasserleitern im Niederrheingebiet.

Nach der Berechnung ergibt sich der höchste Grundwasserstand im Untersuchungsgebiet im Punkt P1 mit ca. 12,52 mNN; der niedrigste im Punkt P6 mit 12,24 mNN. Die Grundwasserhöhendifferenz im Untersuchungsgebiet beträgt somit rechnerisch 0,28 m.

Geplant war, die in der zweiten Untesuchungsphase zwischen dem 22. und 24.09.2003 gemessenen Grundwasserstände analog zu der oben beschriebenen Vorgehensweise auszuwerten.

Eine zuverlässige Auswertung in Bezug auf das Grundwasserströmungsfeld ist allerdings nur dann möglich, wenn die Untersuchungspunkte flächenhaft verteilt sind und sich nicht entlang einer Linie akkumulieren. Die Bohrungen B10 bis B15 befinden sich in einem derartigen Streifen mit ungünstigem Längen- zu Breitenverhältnis. In der Bohrung B8 konnte der Wasserspiegel wegen des Schotterunterbaus der angrenzenden Straße, der das Bohrloch unmittelbar nach dem Ziehen des Bohrgestänges versperrte, nicht eingemessen werden. Eine unmittelbar daneben erneut ausgeführte Bohrung (B8a) führte ebenfalls zu keinem Erfolg in Bezug auf die Offenhaltung des Bohrlochs zum Einmessen des Wasserspiegels.

Aus diesen Gründen konnte keine Auswertung der Grundwasserstände vom 22./24.09.2003 in Bezug auf das Grundwasserströmungsfeld vorgenommen werden.

In der Tab. 1 sind die für den 7.08.2003 berechneten Grundwasserstände für die Bohrungen B10 bis B15 den Messwerten gegenüber gestellt. Man erkennt, dass die berechneten Werte für Anfang August um rd. 0,15 m höher sind als die gemessenen Werte Ende September 2003. Im Mittel ist der Grundwasserspiegel somit zwischen dem 7.08.2003 und dem 23.09.2003 um 0,15 m abgefallen. Ein Absinken des Grundwasserspiegels zum Herbst hin ist normal. Bei gewöhnlicher Niederschlagsentwicklung werden die jahreszeitlich bedingten Grundwassertiefststände im Oktober/November und die Höchststände im April/Juni erreicht.

4.2 Daten aus Grundwassermessstellen

Unser Büro erhielt von dem StUA Krefeld die Daten von drei Grundwassermessstellen aus der Umgebung des Erschließungsgebietes. Die Tabelle 3 zeigt diese Grundwasserganglinien (jeweils für die jährlichen Höchst- und Tiefststände des Wasserspiegels), deren Entfernung vom Bauvorhaben sowie einige statistische Auswertungen der einzelnen Messreihen.

In Bezug auf die Qualität der Daten sind einige Anmerkungen notwendig. Die Messstelle 080000046 wird wöchentlich erfasst, während die Daten in den übrigen Messstellen nur halbjährlich erfasst werden, wodurch diese in Bezug auf die tatsächlichen höchsten und niedrigsten Grundwasserstände eine stark eingeschränkte Aussagequalität aufweisen. Darüber hinaus wurden die Daten in den beiden Messstellen nur bis 1966 bzw. 1989 registriert.

Bis Ende der 60er Jahre waren die Grundwasserstände in der westlich gelegenen Messstelle 080000046 fast durchgehend höher als die Messwerte in den übrigen Messstellen. Danach kehrten sich die Verhältnisse um, d. h. die Grundwasserstände in der Messstelle 081330169 weist seitdem die höheren Messwerte auf als die westlich gelegene Messstelle.

Bei der Interpretation der Grundwasserstände und Grundwasserfließrichtung ist zu berücksichtigen, dass im eigentlichen Erschließungsgebiet und in dessen Umfeld ein verzweigtes Entwässerungssystem aus Gräben vorhanden ist, das an den Netterdenschen Kanal angeschlossen ist. Die Messstellen nördlich und südlich des Erschließungsgebietes

befinden sich in direkter Nähe derartiger Entwässerungskanäle, so dass die Wasserstände durch Hochwasserführung verfälscht sein können. Dies wird z. B. für den Wasserstand vom Frühjahr 1988 besonders deutlich. Dieser lag 0,3 m über Geländeoberfläche.

Trotz der unterschiedlichen Erfassungsrate der Grundwasserstände in den einzelnen Messstellen wurde versucht, anhand der Messdaten Grundwassergleichenpläne zu erstellen. Berücksichtigt wurden die Wasserstände aus dem Frühjahr 1965 (tiefer natürlicher Grundwasserstand) und 1955 (sehr hoher natürlicher Grundwasserstand). Die Auswertungen sind in den Tabellen 4.1 und 4.2 aufgeführt.

Im Frühjahr 1965 war die Grundwasserströmung nach der Auswertung der Pegeldaten mit einem Gefälle von $7{,}6 \cdot 10^{-4}$ nach SW gerichtet. Der mittlere Wasserstand im Erschließungsgebiet betrug seinerzeit 11,9 mNN (ca. 0,5 m unter dem aktuellen Grundwasserstand).

Im Frühjahr 1955 hatte das Grundwasser einen extrem hohen natürlichen Stand. Nach der Auswertung in der Tabelle 4.2 wies die Grundwasserströmung seinerzeit (wie auch aktuell) eine Strömung in südöstlicher Richtung auf; das Grundwassergefälle betrug ca. $4{,}0 \cdot 10^{-4}$. Der mittlere Wasserstand im Erschließungsgebiet lag seinerzeit bei 14,1 mNN (1,7 m über dem aktuellen Grundwasserstand).

Die Ganglinie der westlich gelegenen Messstelle 080000046 zeigt, dass seit den nassen 50er und 60er Jahren ein stärkerer Abfall der Grundwasserstände vorhanden ist. Der höchste in den letzten dreißig Jahren aufgetretene Grundwasserstand lag in der Messstelle bei ca. 14,1 mNN, so dass sich zum Frühjahr 1955 eine Grundwasserhöhendifferenz von ca. 14,5 mNN – 14,1 mNN = 0,4 m ergibt.

Auf der Basis des Grundwassergleichenplans vom Frühjahr 1955 und des Abfalls des Grundwasserspiegels in der westlich gelegenen Messstelle seit den nassen 50er und 60er Jahren ergibt sich somit ein **rechnerischer, mittlerer Grundwasserhöchststand** für das Baugebiet von ca. **HGW=13,7 mNN**. Die Differenzen an den Plangebietsrändern ergeben sich analog zur Grafik in Tab. 4.2. Dieser HGW–Wert enthält keinerlei Sicherheitszuschläge.

Der Grundwasserhöchststand hat einen mittleren Flurabstand gemäß Tabelle 1 von 1,02 m.

5 Bodenklassen und Bodengruppen

Bodenart	**Bodenklasse DIN 18.300**	**Bodengruppe DIN 18.196**
Auffüllungen	3-5	A [OH, OU, SU SU*, G, X]
Lehm, z.T. tonig	4	UL – UM
Sand, schluffig/lehmig	3-4	SU
Sand, gleichkörnig	3	SE
Mittel- bis Grobsand, z.T. schwach kiesig	3	SW

6 Bodenmechanische Kennwerte

Bodenart	**Reibungswinkel** φ' [°]	**Kohäsion** c' [kN/m²]	**Steifemodul** E_s [MN/m²]	**Wichte** γ [kN/m³]	**Wichte** γ' [kN/m³]
Lehm, teils tonig, steif bis halbfest	27,5	5-10	12,5-17,5	19	10
Lehm, teils tonig, halbfest bis fest	27,5	10-20	17,5-25	20	11
Sand, schluffig, steif	27,5-30	2,5-5	20-30	19-20	11
Sand, gleichkörnig, mitteldicht	35	0	40-60	19-20	11-12
Mittel- bis Grobsand, z.T. schwach kiesig, mitteldicht	35-37,5	0	50-70	20	12

Die den tieferen Untergrund bildenden, nichtbindigen Bodenarten weisen eine gute Scherfestigkeit und Tragfähigkeit auf. Die Sande sind allerdings fließgefährdet, wenn bei der Ausschachtung der Grundwasserspiegel angeschnitten wird.

Die bindigen Deckschichten besitzen eine normale Scherfestigkeit und Tragfähigkeit. Diese weichen oberflächlich allerdings leicht auf, wenn der Boden bei der Ausschachtung nass wird und zusätzlich durch den Baustellenbetrieb mechanisch stärker mechanisch beansprucht wird.

Die bindigen Bodenarten sind außerdem frostgefährdet (Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach ZTVE-StB 94).

7 Durchlässigkeitsbeiwerte

Es gibt im Baugebiet zwei Typen von Böden:

- bindige Böden mit geringer Durchlässigkeit
- Sande mit hoher Durchlässigkeit

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Schwankungsbreiten der Durchlässigkeitsbeiwerte:

Bodenart	**Durchlässigkeit k [m/s]**
Lehm	$< 1 \cdot 10^{-7}$
Sand, schluffig/lehmig	$5 \cdot 10^{-7}$ - $1 \cdot 10^{-6}$
Sand, z. T. kiesig	$1 \cdot 10^{-4}$ - $5 \cdot 10^{-4}$

Nach ATV A138 kommt eine Versickerung von Niederschlagswasser nur in solchen Bodenarten in Frage, die eine Mindestdurchlässigkeit von $k \geq 10^{-6}$ m/s aufweisen.

Um funktionierende Versickerungsanlagen herzustellen, muss somit durch einen Bodenaustausch ein hydraulischer Anschluss der Versickerungsanlagen zu den gut durchlässigen Sanden hergestellt werden.

8 Beseitigung des Niederschlagswassers durch Versickern

8.1 Regelwerke

Das maßgebliche Regelwerk ist der RdErl. des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 18.05.1998 (IV B 5-673/2-29010/IV B 6-031 002 0901). Dieser Erlass enthält eine Verwaltungsvorschrift zur:

Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51a des Landeswassergesetzes

In dieser Verwaltungsvorschrift sind in erster Linie die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Beseitigung von Niederschlagswasser geregelt.

Für die **Versickerung** von Niederschlagswasser ist das Arbeitsblatt ATV–A138 maßgeblich:

„Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“

Das Arbeitsblatt ATV–A138 beinhaltet im Wesentlichen die ingenieurmäßige Bemessung verschiedener Anlagentypen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Dieses Arbeitsblatt impliziert die Verwendung der ATV–A118 in Bezug auf die ortstypische Niederschlagsspende und die ATV–A117 (Regenrückhaltebecken) in Bezug auf die maßgeblichen Entleerungszeiten der Versickerungsanlagen.

8.2 Randbedingungen für die Versickerung von Niederschlagswasser

8.2.1 Wasserschutzzonen

Nach der „Übersichtskarte der Wasserschutzgebiete und Einzugsgebiete der öffentlichen Trinkwasserversorgung im Regierungsbezirk Düsseldorf“ vom Oktober 2000 befindet sich das Bebauungsplangebiet **außerhalb** von Wasserschutzzonen. Bei einer Versickerung von Niederschlagswasser sind daher **nicht** die erhöhten Anforderungen für Trinkwasserschutzgebiete zu erfüllen.

8.2.2 Ortstypische Niederschlagsspende

In der ATV–A 118 sind ortstypische Niederschlagsspenden angegeben. Der in der Tabelle aufgeführte, nächstgelegene Ort ist Krefeld. Danach gilt für den Raum Emmerich folgende ortstypische Niederschlagsspende:

$$r_{15;1,0} \approx 112 \text{ l/s/ha}$$

Bei einer Versickerung von Niederschlagswasser ist eine jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit von n = 0,2 zu berücksichtigen. Das heißt, die Versickerungsanlagen werden schließlich ausgelegt auf eine Niederschlagsspende von:

$$r_{15;0,2} = 1,78 \cdot r_{15;1,0} = 200 \text{ l/s/ha}$$

8.2.3 Zu entwässernde Flächen

Nach Angaben des Ingenieurbüros Albers ist geplant, ausschließlich das **Niederschlagswasser von Dachflächen** durch Versickern zu beseitigen. Hierbei handelt es sich im Sinne des MURL-RdErl. um sog. unbelastetes (= unverschmutztes) Niederschlagswasser.

Das belastete Wasser (gering oder stark verschmutzt) soll separat über eine Kanalisation entsorgt werden.

8.2.4 Gebäude- und Grenzabstände

Versickerungsanlagen müssen einen Grenzabstand von 2 m aufweisen. Diese Maßgabe entfällt bei gemeinschaftlich genutzten Versickerungsanlagen.

Ein Gebäudeabstand von Versickerungsanlagen ist zu unterkellerten Gebäuden einzuhalten, um eine Beaufschlagung der Kelleraußenwände mit zusätzlichem Sickerwasser aus der Versickerungsanlage zu vermeiden. Im vorliegenden Fall ist diese Maßgabe allerdings unerheblich, da bei unterkellerter Bauweise ohnehin eine Abdichtung der Keller gegen drückendes Wasser erforderlich wird.

8.2.5 Sohlabstand zum Grundwasserhöchststand

Auf Grund des geringen Grundwasserflurabstandes kommt als Anlagentyp ohnehin nur eine Muldenversickerung nach ATV–A138 in Frage. Hierbei handelt es sich um eine flächenhafte Versickerung über die belebte Bodenzone. Für diesen Anlagentyp beträgt der erforderliche Mindestabstand zwischen der Muldensohle und dem Grundwasserhöchststand 1,0 m.

Mit dem in Abschn. 4 ermittelten Grundwasserhöchststand von 13,7 mNN errechnet sich somit die tiefstmögliche Lage der Muldensohle zu 14,7 mNN. Diese Ebene entspricht der derzeitigen mittleren Geländehöhe.

8.3 Mögliche Anlagentypen

Im Baugebiet liegen generell ungünstige Bedingungen für eine Versickerung von Niederschlagswasser vor. Diese resultieren zum einen aus dem geringen Grundwasserflurabstand, zum anderen aus der größeren Stärke der bindigen Deckschichten, die gemäß Tab. 1 im Mittel bis 2,07 m unter Gelände, im günstigsten Fall bis 1,2 m und im ungünstigsten Fall lokal bis 3,4 m unter Geländeoberfläche reichen. Einzelheiten über den Verlauf der Unterkante der bindigen Deckschichten (= Oberkante der Sande) sind dem Höhengleichenplan in Anlage 1 zu entnehmen.

Grundsätzlich kommt als Anlagentyp für eine Versickerung von Niederschlagswasser nur die Sickermulde in Frage. Zur Einhaltung des Sicherheitsabstandes zwischen Grundwasserhöchststand und Muldensohle von 1,0 m muss die Muldensohle über 14,7 mNN angelegt werden. Diese Höhe entspricht der derzeitigen mittleren Höhenlage der Geländeoberfläche.

Außerdem müssen zwei Rahmenbedingungen erfüllt werden:

- Anhebung der Geländeoberfläche um im Mittel mindestens 0,4 m auf mindestens 15,1 mNN
- Aufnahme der bindigen Schichten unterhalb der Muldensohle und Ersatz durch Sand/kiesigen Sand. Der Bodenaustausch kann entweder vollflächig unter der Muldensohle oder wirtschaftlicher nur unter Teilflächen der Mulde über sog. „hydraulische Fenster“ erfolgen.

Als Variante der Muldenversickerung kann auch eine sog. Retentionsraumversickerung vorgenommen werden, wobei es sich um eine Kombination von flachmuldigen, abgedichteten Teichen mit Dauereinstau und randlich angeordneten Muldenversickerungen handelt.

Die jeweiligen Bauherrn können nach ihren Wünschen und den für die Versickerungsanlage bereit zu stellenden Flächen entscheiden, ob eine klassische Muldenversickerung oder eine Retentionsraumversickerung vorgenommen wird.

8.4 Hinweise für die Dimensionierung der Versickerungsanlagen

Sieht man einmal von der Flächenversickerung ab, erfordern alle Versickerungsanlagen nach ATV–A138 einen Pufferspeicher, der das Niederschlagswasser aufnimmt und verzögert in den Untergrund ableitet. Die erforderliche Speichergröße hängt von dem Wasserzufluss und dem Wasserabfluss (= Versickerungsleistung) ab.

In den Bemessungsvorschriften für klassische Anlagen gemäß ATV–A138 sind die Abflussgleichungen in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert des Untergrundes implizit eingearbeitet. Die entsprechenden Abflussgleichungen sind in der ATV–A138 dargestellt.

Im vorliegenden Fall ist die klassische Dimensionierungsvorschrift nach der ATV–A138 wegen des geringen Grundwasserflurabstandes nicht mehr anwendbar. In der ATV–A138 wird der hydraulische Gradient mit i = 1,0 angesetzt. Dieser Wert ist zutreffend bei großen Grundwasserflurabständen. Bei geringen Grundwasserflurabständen kann sich unterhalb der Versickerungsanlage ein Aufstaukörper ausbilden, so dass der hydraulische Gradient wesentlich kleiner als 1 wird und dementsprechend die Versickerungsleistung der Anlage abnimmt.

Unter den vorliegenden Randbedingungen ist somit eine spezielle Abflussgleichung zu entwickeln, die die Reihenschaltung der verschiedenen Fließwiderstände (belebte Bodenzone, Bodenaustausch, Abströmung unterhalb des Bodenaustauschs) berücksichtigt.

8.5 Hinweise für die Bauausführung

In Anlage 3 sind die zwei grundsätzlichen Varianten zur Herstellung von Muldenversickerungen dargestellt.

In der **Variante 1** wird unter der gesamten Muldengrundfläche ein Ersatz der praktisch nicht durchlässigen bindigen Bodenarten durch kiesigen Sand vorgenommen, während in der **Variante 2** ein Bodenaustausch nur unter Teilflächen der Mulde (sog. „hydraulischen Fenster“) vorgenommen wird.

Bei Variante 2 wird zum Quertransport des durch die belebten Bodenzone sickernden Wassers eine Horizontaldränage aus einem hoch durchlässigen Material erforderlich,

das wegen der nicht vorhandenen Filterstabilität gegenüber den anstehenden Bodenarten allseitig in ein Filtervlies aus Geotextil umhüllt werden muss.

Die Konstruktion von Muldenversickerungen erfordert eine generelle Geländeanhebung um mindestens 0,4 m. Um ein seitliches unkontrolliertes Abfließen des in den Mulden gespeicherten Wassers zu vermeiden, müssen randlich der Mulden Dichtungsschürzen aus bindigem Material aufgebracht werden.

Im Einzelnen ist bei der Herstellung der Versickerungsanlagen wie folgt vorzugehen:

- Abschieben des Oberbodens im Bereich der Mulde und im Bereich der randlichen Dichtungsschürzen.
- Herstellung eines vollflächigen (Variante 1) oder grabenförmigen (Variante 2) Bodenaustauschs, um einen hydraulischen Anschluss der Mulde an die gewachsenen Sande zu erreichen.
- Einbau der randlichen Dichtungsschürzen (Verdichtung lagenweise mit einer Schaffußwalze).
- Einbau des Horizontalfilters (nur bei Variante 2).
- Aufbringen der belebten Bodenzone in einer Mindeststärke von 0,2 m und Bepflanzung mit Rollrasen und/oder Schilf und Binsen.
- Konstruktion der Zulaufrinnen zu den Sickermulden und Einbringen eines Auskolkungsschutzes im Einlaufbereich in die Mulde.

Zur Herstellung des Bodenaustauschs müssen die bindigen Deckschichten bis zum gewachsenen Sand aufgenommen und durch kiesigen Sand ersetzt werden. Der kiesige Sand muss filterstabil gegenüber den anstehenden bindigen Bodenarten sein oder man muss den Bodenaustauschkörper durch ein Filtervlies aus Geotextil gegenüber dem angrenzenden bindigen Boden schützen.

Der bindige Boden weist eine hohe Kohäsion auf, so dass die Schachtung nahezu senkrecht vorgenommen werden kann. Problematisch sind allerdings die Bereiche, in denen die bindigen Schichten bis unter den Grundwasserspiegel reichen. Dort muss die Ausschachtung im untersten Teil sehr vorsichtig vorgenommen werden wobei sicherzustellen ist, dass die bindigen Deckschichten restlos aus den Gruben entfernt werden, die Ausschachtung auf der anderen Seite aber nicht zu tief sein darf, da die Sande unter dem Grundwasserspiegel fließgefährdet sind und bei einer zu tiefen Ausschachtung die Gefahr von Böschungsnachbrüchen bis zur Geländeoberfläche besteht.

8.6 Schlussbemerkungen zur Versickerung des Niederschlagswassers

Die oben gemachten Ausführungen zeigen, dass der Bau von Versickerungsanlagen grundsätzlich möglich ist, dass dies aber einen erheblichen Aufwand erfordert.

Dieser entsteht zum einen aus der Notwendigkeit einer generellen Anhebung des Geländes um im Mittel 0,4 m über das jetzige Niveau. Bei einer Grundfläche des gesamten Baugebietes von rd. 500.000 m^2 muss somit rd. 200.000 m^3 verdichtungsfähiger Boden beschafft und eingebaut werden. Hinzu kommt der Ohnehin–Austausch des Oberbodens.

Der weitere Aufwand resultiert aus dem Bodenaustausch, der in einem zu berechnenden Umfang unter jeder Versickerungsanlage notwendig ist.

Bevor eine ortsnahe Versickerung des Niederschlagswassers weiter durchgeplant wird, ist es nach Einschätzung des Unterzeichners zunächst erforderlich, die andere Variante zur Entsorgung des Niederschlagswassers, nämlich die Verlegung einer Regenwasserkanalisation, auf Machbarkeit zu prüfen und kostenmäßig gegenzurechnen.

9 Bebauung des Untersuchungsgebietes

9.1 Vorbemerkungen

Im Folgenden werden die Bodenarten im Hinblick auf ihre Tragfähigkeit für die Gründung unterkellerter und nichtunterkellerter Gebäude beurteilt. Diese Beurteilung ersetzt nicht Gründungsgutachten für Einzelobjekte, da die Wechselwirkung zwischen den Lasten, dem statischen System und dem Baugrund derzeit wegen noch nicht bekannter, konkreter Planungen geprüft werden kann .

9.2 Beurteilung der Bodenarten

Die **humosen Deckschichten** sind für eine Abtragung der Gebäudelasten nicht geeignet. Diese müssen in jedem Fall durchgründet werden.

Unterhalb von Bodenplatten kann ggf. der untere Bereich mit schwach humosen Komponenten nach entsprechender Aufbereitung verbleiben, wenn sich dies für größere Baumaßnahmen rechnen sollte.

Unter den humosen Deckschichten befindet sich in allen Untersuchungspunkten **Lehm**, der z.Zt. als Folge des vergangenen niederschlagsarmen, warmen Sommers eine günstige, halbfeste, z.T. auch halbfest bis feste Konsistenz aufweist.

Eine Ausnahme von diesen Verhältnissen liegt im **westlichen Teil** des Baugebietes entlang der Weseler Straße vor. Dort wurden im unteren Teil der bindigen Deckschichten Bereiche mit nur **weicher Konsistenz** sowie lokal stark zusammendrückbare dünne **Torfeinlagerungen** festgestellt. Für diesen Bereich wird unbedingt eine gezielte Untersuchung zur Gründung der Gebäude notwendig, da stark humose Böden und Torfböden häufig Setzungsschäden an Gebäuden bedingen, wenn diese nicht durchgründet werden.

Die den tieferen Untergrund bildenden **Sande** und **schwach kiesigen Sande** haben eine **gute Tragfähigkeit**.

9.3 Gründung nichtunterkellerter Gebäude

In dem Gewerbegebiet werden voraussichtlich überwiegend nichtunterkellerte Hallenkonstruktionen mit angegliederten Büroteilen errichtet. Für derartige Gebäude mit relativ geringen Lasten kann eine normale Flachgründung in den bindigen Bodenarten unterhalb der humosen Deckschichten vorgenommen werden.

Bei der derzeitigen günstigen Konsistenz kann – vorbehaltlich einer Überprüfung der Setzungen nach DIN 4019 – mit folgenden Werten für die Bodenpressungen gerechnet werden:

Fundamentbreite	Bodenpressung
0,5 m	0,200 MN/m^2
1,0 m	0,225 MN/m^2
1,5 m und mehr	0,250 MN/m^2

Bei ausmittiger Belastung der Fundamente ist die Bodenpressung nach DIN 1054 für die Ersatzfläche zu ermitteln.

Eine **Durchgründung der bindigen Schichten bis auf den Sand** wird nur bei setzungsempfindlichen Gebäuden und/oder hohen Stützen- und Streckenlasten erforderlich. Vorbehaltlich einer Überprüfung der auftretenden Setzungen nach DIN 4019 kann bei einer Gründung auf vertieften Streifen- und Einzelfundamenten im gewachsenen, mitteldicht gelagerten Sand mit folgenden Werten für die Bodenpressungen gerechnet werden:

Fundamentbreite	Bodenpressung
0,5 m	0,25 MN/m^2
1,0 m	0,35 MN/m^2
1,5 m und mehr	0,45 MN/m^2

Dabei braucht das Eigengewicht der Grundkörper nicht berücksichtigt zu werden. Zwischenwerte können interpoliert werden. Bei ausmittig belasteten Fundamenten ist die Bodenpressung nach DIN 1054 für die Ersatzfläche zu ermitteln.

Zur **Gründung der Hallenböden** müssen die humosen Deckschichten vollständig entfernt und durch einen Unterbau ersetzt werden. Bei größeren Hallenflächen kann alternativ

evtl. auch eine Aufbereitung des unteren Teils der humosen Deckschichten wirtschaftlich sinnvoll sein.

Wenn die Geländeanhebung, die für die Beseitigung des Niederschlagswassers über Muldenversickerung notwendig ist, vorgenommen wird, ergibt sich ein wahrscheinliches Niveau der Hallenfußböden um 15,2 – 15,3 mNN, so dass unterhalb der Bodenplatten zwangsweise Aufbaustärken um im Mittel 0,5 m resultieren. Bei der Verwendung von einem gut kornabgestuften Material für den Bodenauftrag unterhalb der Bodenplatte wird eine sehr gute Bettung für die Bodenplatten erzielt.

9.4 Gründung unterkellerter Gebäude

Der Grundwasserhöchststand beträgt gemäß Kapitel 4 13,70 mNN. Für Gebäude muss dieser Wert noch mit einem Sicherheitszuschlag von 0,3 m beaufschlagt werden, so dass als Bemessungsgrundwasserhöchststand für Gebäude folgende Ordinate anzusetzen ist:

HGW = 14,0 mNN

Unterkellerte Gebäudeteile müssen daher als Wannen ausgeführt werden. In derartigen Fällen erfolgen gewöhnlich **Plattengründungen**. Die Schnittgrößen von Plattengründungen werden in der Regel entweder nach dem Bettungsmodulverfahren oder dem Steifemodulverfahren bestimmt.

Für das Steifemodulverfahren können die in Abschn. 6 angegebenen Kennwerte zu Grunde gelegt werden. Bei dem Bettungsmodulverfahren müssen die Bettungsmoduli über Setzungsberechnungen ermittelt werden. Die Bettungsmoduli sind daher objektspezifisch und können erst berechnet werden, wenn die Gründungstiefen und die Gebäudelasten bekannt sind.

9.5 Gebäudeabdichtung

Bei **unterkellerten Gebäudeteilen** wird eine Abdichtung gegen drückendes Wasser analog zu DIN 18.195, Teil 6, notwendig. In Abhängigkeit von der Höhenlage der Kellersohle und dem Baufeld stehen unterhalb der Gründungssohle entweder gut durchlässige, nichtbindige Bodenarten oder noch bindige Bodenarten an. In letzterem Falle wird empfohlen, die bindigen Schichten lokal zu durchbrechen und durch kiesigen Sand zu ersetzen Weiterhin ist durch geeignete Maßnahmen (Verfüllung der Arbeitsräume mit kiesigem Sand

oder Verlegung einer Dränage) dafür Sorge zu tragen, dass sich das in die Arbeitsräume eindringende Wasser nicht über der bindigen Sohle aufstauen kann, sondern dass dieses zu den „hydraulischen Fenster“ geleitet wird und über diese in den gewachsenen Sand absickern kann. Werden diese Maßnahmen nicht durchgeführt, besteht die Gefahr, dass Stauwasser aus den Arbeitsräumen über die Kellerfensterbrüstungen in die Keller gelangt. Dies ist ein häufig zu beobachtender Ausführungsfehler.

Bei **nichtunterkellerten Gebäuden** werden unterhalb der Bodenplatte kapillarbrechende Schichten notwendig. Bei einer Geländeanhebung, die für die Anlage von Versickerungsanlagen notwendig ist, wird man voraussichtlich ein gut verdichtungsfähiges Kiessandmaterial verwenden. Dieses lagert auf sehr schwach durchlässigen Schichten auf. Daher besteht grundsätzlich das Problem, dass sich nach langen niederschlagsreichen Perioden ein Wasseraufstau oberhalb der bindigen Schichten ausbilden kann, der unter die Bodenplatten der Gebäude gelangen und bei geringer Höhendifferenz zwischen Gelände und Unterkante Hallenboden zu einer Vernässung der kapillarbrechenden Schichten mit Schichtenwasser und als Folge hiervon zu Feuchtigkeitsschäden in den Bodenplatten führen kann. Entsprechende Schadensfälle sind durch unser Büro beurteilt worden.
Das Risiko eines seitlichen Eindringens von Wasser ist dann besonders gegeben, wenn die Hallenkonstruktionen in Fertigteilbauweise erstellt werden (z.B. Stützen mit angeformten Fundamentplatten und eingehängten Frostschürzen), da diese gewöhnlich keine vertikalen Abdichtungen zwischen den einzelnen Bauteilen im Gründungsbereich erhalten.

Diese Situationen sind im Einzelfall zu bewerten. Ggf. bietet es sich an, entweder seitliche Abdichtungen vorzunehmen und/oder für einen hydraulischen Anschluss der Tragschichten/kapillarbrechenden Schichten an die gewachsenen Sande zu sorgen, um das in den Unterbau und die kapillarbrechende Schicht ggf. eindringende Wasser in den tieferen Untergrund abzuleiten.

W. Koppelberg

Dr. W. Koppelberg

Schichtenverzeichnis

Bohrung 1 Ansatzhöhe: 14,49 mNN

0,00	m -	0,45	m	Oberboden (Ackernutzung) dunkelbraun
0,45	m -	0,7	m	Lehm, tonig, mit humosen Spuren, halbfest bis fest, braun
0,7	m -	1,3	m	Lehm, tonig, halbfest bis fest, braun
1,3	m -	1,6	m	Lehm, sandig, halbfest, braun
1,6	m -	1,8	m	Feinsand, mittelsandig, lagenweise schwach schluffig, gelbbraun
1,8	m -	2,3	m	Mittelsand, grobsandig, mitteldicht, gelbbraun
2,3	m -	3,2	m	Mittel- bis Grobsand, sehr schwach feinkiesig, mitteldicht, gelbbraun

Grundwasserspiegel 2,15

Bohrung 2 Ansatzhöhe: 14,69 mNN

0,00	m -	0,4	m	Oberboden (Acker) dunkelbraun
0,4	m -	0,7	m	Lehm, tonig, mit humosen Spuren, halbfest bis fest, braun
0,7	m -	1,6	m	Lehm, tonig, halbfest, braun
1,6	m -	1,8	m	Lehm, feinsandig, übergehend in stark feinsandig, steif, grau
1,8	m -	2,6	m	Mittelsand, mitteldicht, graugelb
2,6	m -	2,75	m	Fein- bis Mittelsand, mitteldicht, graugelb
2,75	m -	3,2	m	Mittelsand, grobsandig, lagenweise stark grobsandig, mitteldicht, graugelb

Grundwasserspiegel 2,24 m

Bohrung 3 Ansatzhöhe: 14,72 mNN

0,00	m -	0,3	m	Oberboden (Wiese) dunkelbraun
0,3	m -	0,6	m	Lehm mit humosen Spuren, hellbraun
0,6	m -	0,95	m	Lehm, tonig, halbfest bis fest, hellbraun
0,95	m -	1,8	m	Lehm, stark sandig bis Sand, stark lehmig, annähernd steif
1,8	m -	2,5	m	Feinsand, lagenweise schluffig bis stark schluffig, annähernd steif
2,5	m -	2,75	m	Schluff, weich bis steif
2,75	m -	4,0	m	Mittel- bis Grobsand, lagenweise schwach feinkiesig

Grundwasserspiegel 2,25 m

Bohrung 4 Ansatzhöhe: 14,42 mNN

0,00	m -	0,4	m	Oberboden (Acker) halbfest bis fest, dunkelbraun
0,4	m -	0,6	m	Lehm, tonig, mit humosen Spuren, halbfest bis fest, braun
0,6	m -	1,1	m	Lehm, tonig, halbfest bis fest, graubraun
1,1	m -	1,95	m	Lehm, tonig, ab 1,8 m schwach feinsandig, halbfest, übergehend in steif bis halbfest, übergehend in steif, graubraun, übergehend in grau
1,95	m -	3,2	m	Mittelsand, grobsandig, mitteldicht, graugelb

Grundwasserspiegel 2,08 m

Bohrung 5 Ansatzhöhe: 14,53 mNN

0,00	m -	0,4	m	Oberboden (Acker), halbfest bis fest, dunkelbraun
0,4	m -	0,55	m	Lehm, sandig, mit humosen Spuren, halbfest bis fest, dunkelbraun
0,55	m -	0,8	m	Lehm und Sand, halbfest bis fest, dunkelbraun bis braun
0,8	m -	1,2	m	Mittelsand, sehr schwach lehmhaltig, mitteldicht, gelbbraun
1,2	m -	1,6	m	Mittelsand, mitteldicht, gelbbraun
1,6	m -	2,05	m	Mittelsand, lagenweise Feinsand, schwach schluffig, mitteldicht, dunkelbraun durch Manganausfällungen
2,05	m -	2,7	m	Mittel- bis Grobsand, sehr schwach feinkiesig, mitteldicht, gelbbraun
2,7	m -	3,2	m	Mittelsand, schwach grobsandig, mitteldicht, gelbbraun

Grundwasserspiegel 2,18 m

Bohrung 6 Ansatzhöhe: 14,74 mNN

0,00	m -	0,3	m	Oberboden (Wiese), dunkelbraun
0,3	m -	0,5	m	Lehm, humose Spuren, halbfest bis fest
0,5	m -	1,3	m	Lehm, halbfest bis fest, übergehend in steif bis halbfest, braun
1,3	m -	1,75	m	Mittelsand, schwach feinsandig, sehr schwach lehmhaltig, mitteldicht, gelbbraun
1,75	m -	2,4	m	Mittelsand, mitteldicht, gelbbraun
2,4	m -	3,2	m	Mittelsand, grobsandig, mitteldicht, gelbbraun

Grundwasserspiegel 2,35 m

Bohrung 7 Ansatzhöhe: 14,69 mNN

0,00	m -	0,35	m	Oberboden (Wiese), dunkelbraun
0,35	m -	0,6	m	Lehm, humose Spuren, halbfest bis fest, braun
0,6	m -	1,3	m	Lehm, tonig, halbfest bis fest, braun
1,3	m -	1,6	m	Lehm, tonig, steif bis halbfest, grau
1,6	m -	2,5	m	Lehm, tonig, steif, braun
2,5	m -	2,65	m	Torf
2,65	m -	3,2	m	Mittel- bis Grobsand, gelbbraun, einzelne Holzeinlagerungen

Grundwasserspiegel 2,28 m

Bohrung 8/8a Ansatzhöhe: 15,01mNN

0,00	m -	0,5	m	Auffüllung (Oberboden, darunter sandiger Lehm mit geringen Anteilen an Schotter (Wegeunterbau))
0,5	m -	1,3	m	Lehm, halbfest bis fest, braun
1,3	m -	2,8	m	Lehm, tonig, halbfest bis fest, grau
2,8	m -	3,4	m	Lehm, tonig, mit Einlagerungen von Sand, steif bis halbfest/locker bis mitteldicht
3,4	m -	4,2	m	Mittel- bis Grobsand, lagenweise sehr schwach feinkiesig

Grundwasserspiegel nicht messbar

Bohrung 10 Ansatzhöhe: 14,67 mNN

0,00	m -	0,3	m	Oberboden und humoser, lehmiger Sand
0,3	m -	0,5	m	Auffüllung (Schotter und Sand (Wegeunterbau))
0,5	m -	1,5	m	Lehm, unten sandig, halbfest, übergehend in steif, braun
1,5	m -	1,6	m	Sand, schluffig, braun
1,6	m -	2,3	m	Fein- bis Mittelsand, annähernd mitteldicht, gelbbeige
2,3	m -	3,2	m	Mittelsand, sehr schwach grobsandig, mitteldicht

Grundwasserspiegel 2,48 m

Bohrung 11 Ansatzhöhe: 14,48 mNN

0,00	m -	0,4	m	Oberboden
0,4	m -	0,55	m	Lehm mit humosen Spuren
0,55	m -	1,4	m	Lehm, tonig, halbfest bis fest, übergehend in steif bis halbfest, braun
1,4	m -	1,8	m	Sand, sehr schwach lehmig, annähernd mitteldicht, braun
1,8	m -	2,5	m	Fein- bis Mittelsand, vereinzelt lagenweise sehr schwach schluffig, mitteldicht, graugelb
2,5	m -	3,2	m	Mittelsand, grobsandig, mitteldicht, graugelb

Grundwasserspiegel 2,24 m

Bohrung 12 Ansatzhöhe: 14,97 mNN

0,00	m -	0,3	m	Oberboden
0,3	m -	0,5	m	Lehm mit humosen Spuren
0,5	m -	1,5	m	Lehm, halbfest, übergehend in steif bis halbfest
1,5	m -	1,6	m	Sand, verlehmt, annähernd mitteldicht, braungelb
1,6	m -	2,3	m	Mittelsand, feinsandig,
2,3	m -	3,2	m	Mittelsand, lagenweise sehr schwach grobsandig, mitteldicht

Grundwasserspiegel 2,72 m

Bohrung 13 Ansatzhöhe: 14,91 mNN

0,00	m -	0,3	m	Oberboden
0,3	m -	0,55	m	Lehm, tonig, mit humosen Spuren
0,55	m -	2,15	m	Lehm, tonig, halbfest
2,15	m -	3,2	m	Mittelsand, sehr schwach grobsandig, mitteldicht

Grundwasserspiegel 2,63 m

Bohrung 14 Ansatzhöhe: 14,94 mNN

0,00	m -	0,55	m	Auffüllung (Oberboden, lehmiger Sand und Schotter (Feldweg))
0,55	m -	1,75	m	Lehm, stark tonig, halbfest
1,75	m -	1,85	m	Sand, stark schluffig, übergehend in schluffig, steif
1,85	m -	3,2	m	Mittelsand, mitteldicht

Grundwasserspiegel 2,64 m

Bohrung 15 Ansatzhöhe: 14,83 mNN

0,00	m -	0,4	m	Oberboden
0,4	m -	0,6	m	Lehm mit humosen Spuren
0,6	m -	1,7	m	Lehm, lagenweise sandig bis stark sandig, im obersten Teil steif bis halbfest, ansonsten steif
1,7	m -	1,9	m	Mittelsand, annähernd mitteldicht, dunkelbraun
1,9	m -	2,7	m	Schluff, sandig, lagenweise stark sandig, steif
2,7	m -	4,2	m	Mittel- bis Grobsand, lagenweise sehr schwach feinkiesig, mitteldicht

Grundwasserspiegel 2,51 m

Bohrung	Rechts [m]	Hoch [m]	GOK [mNN]	GW [m u. GOK]	GW [1] [mNN]	ber. GW [2] [mNN]	Δ GW [3] [m]	OK-Sand [m u. GOK]	OK-Sand [mNN]
Untersuchungen am 7.08.2003									
B 1	2519003	5745858	14,49	2,15	12,34	12,36	0,02	1,80	12,69
B 2	2518993	5746107	14,69	2,24	12,45	12,43	-0,02	1,80	12,89
B 3	2518678	5746032	14,72	2,25	12,47	12,45	-0,02	2,75	11,97
B 4	2519098	5745987	14,42	2,08	12,34	12,38	0,04	1,95	12,47
B 5	2519259	5745798	14,53	2,18	12,35	12,32	-0,03	1,20	13,33
B 6	2518845	5745967	14,74	2,35	12,39	12,41	0,02	1,75	12,99
B 7	2518730	5745849	14,69	2,28	12,41	12,40	-0,01	2,65	12,04
Untersuchungen am 22.09.2003 bis 24.09.2003									
B 8	2519444	5745615	15,01					3,40	11,61
B 10	2519579	5745946	14,67	2,48	12,19	12,31	0,12	1,60	13,07
B 11	2519317	5746062	14,48	2,24	12,24	12,38	0,14	1,80	12,68
B 12	2519484	5746103	14,97	2,72	12,25	12,36	0,11	1,60	13,37
B 13	2519144	5746237	14,91	2,63	12,28	12,44	0,16	2,15	12,76
B 14	2518914	5746269	14,94	2,64	12,30	12,48	0,18	1,85	13,09
B 15	2518433	5746147	14,83	2,51	12,32	12,51	0,19	2,70	12,13
(GW am 7.8.2003)									
Minimum				**2,08**	**12,34**	**12,32**	**-0,03**		
Maximum				**2,35**	**12,47**	**12,45**	**0,04**		
Mittelwert				**2,22**	**12,39**	**12,39**	**-0,00**		
(GW am 22./24.9.2003)									
Minimum	**2518433**	**5745615**	**14,42**	**2,24**	**12,19**	**12,31**	**0,11**	**1,20**	**11,61**
Maximum	**2519579**	**5746269**	**15,01**	**2,72**	**12,32**	**12,51**	**0,19**	**3,40**	**13,37**
Mittelwert	**2519066**	**5745998**	**14,72**	**2,54**	**12,26**	**12,41**	**0,15**	**2,07**	**12,65**

[1] gemessene NN-Höhe des Grundwasserspiegels am 7.8.2003 bzw. am 22./24.9.2003

[2] **berechnete GW-Höhe für den 7.8.2003** nach Regressionsgleichung der GW-Oberfläche (siehe Tab. 2)

[3] Differenz zwischen berechneter und gemessener GW-Höhe

Datenpkte:	15	SkalFaktor:	1
Bohrung	x[m]	y[m]	z(GOK)[mNN]
B 1	2519003	5745858	14,49
B 2	2518993	5746107	14,69
B 3	2518678	5746032	14,72
B 4	2519098	5745987	14,42
B 5	2519259	5745798	14,53
B 6	2518845	5745967	14,74
B 7	2518730	5745849	14,69
B 8	2519444	5745615	15,01
B 9	2519422	5745859	entfallen!
B 10	2519579	5745946	14,67
B 11	2519317	5746062	14,48
B 12	2519484	5746103	14,97
B 13	2519144	5746237	14,91
B 14	2518914	5746269	14,94
B 15	2518433	5746147	14,73

Budberger Straße

Sohle_Durchlass: 13,66 mNN

Duirlinger Straße

Weseler Straße

Dechant-Sprünken-Straße

Spillingscher Weg

Am Camp

Klinkerweg

Feldackerweg

Ravensackerweg

Bärenfackerweg

Tackenweide

Lagerhalle

Albert-Einstein-Straße

Marie-Curie-Straße

Max-Planck-Straße

Lise-Meitner-Straße

Brunnenackerkamp

25 18 993,92
57 45 865,67

(entfallen, wegen Unzugänglichkeit)

B 1 ... B 7, ausgeführt am 7.8.2003

B 8 ... B 15, ausgeführt in der 39. KW nach Aberntung der Äcker

11.75 Höhenlinie der Sandoberfläche in mNN

mittlere Höhe nach DGM: **12,54 mNN**

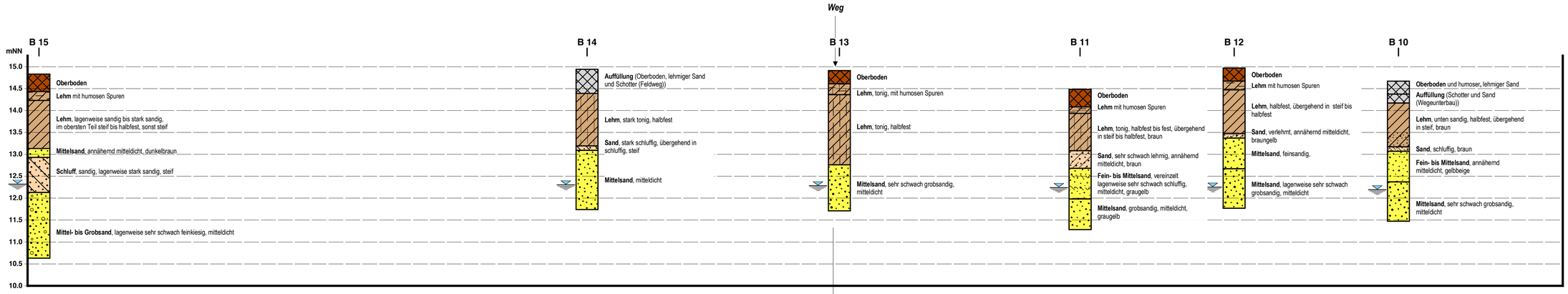
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-44
eMail: post@baugrund-moers.de

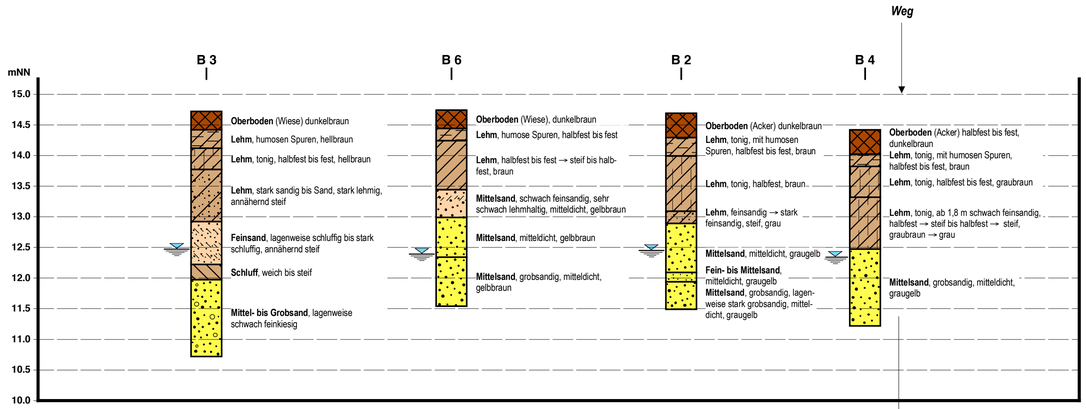
Projekt:
Erschließung Gewerbegebiet Ost IV / 3
Weseler - / Duirlinger Straße 47638 Emmerich

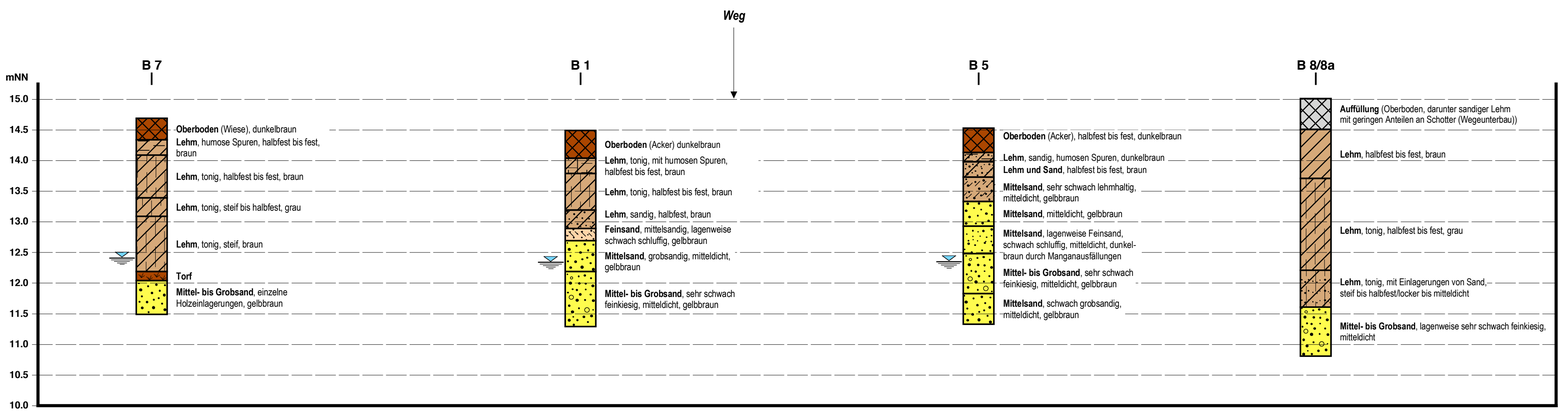
Planer:
Ingenieurbüro Manfred Albers
Hoffmannallee 50 47533 Kleve

Planinhalt:
Lageplan mit:
- **Untersuchungspunkten**
- **Höhenlinienplan der OK der Sande (Niederterrasse)**

Bearbeiter:	Plan-Bez.:	Datum:
Dr. Koppelberg	03084-01-1	20.11.03
Maßstab:	Gutachten-Nr.:	Anlage:
1:2.000	03084	1







Farbe	Bodenart	Durchlässigkeit nach DIN 18130	Intervall der Durchlässigkeit k [m/s]
	Oberboden/Torf	schwach durchlässig bis durchlässig;	1E-6 ... 5E-5
	Lehm	sehr schwach durchlässig;	< 1E-7
	Sand, schluffig	schwach durchlässig;	5 E-7 ... 1 E-6
	Sand, z.T. kiesig	stark durchlässig	1 E-4 ... 5 E-4

Grundwasserstände gemessen am:

7.8.2003: Bohrungen B 1 bis B 7

22./24.9.2003: Bohrungen B 10 bis B 15

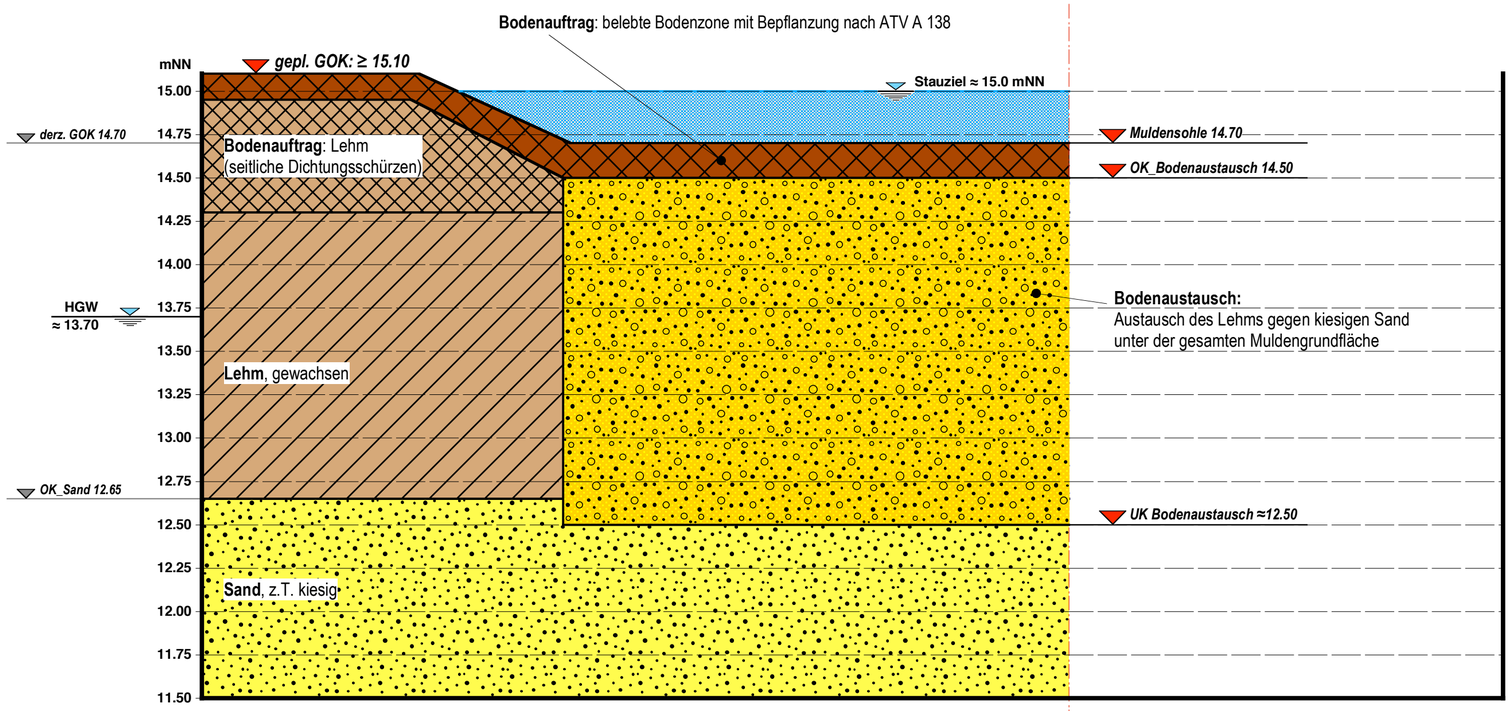
Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-44
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Erschließung Gewerbegebiet Ost IV / 3
Weseler - / Duirlinger Straße 47638 Emmerich

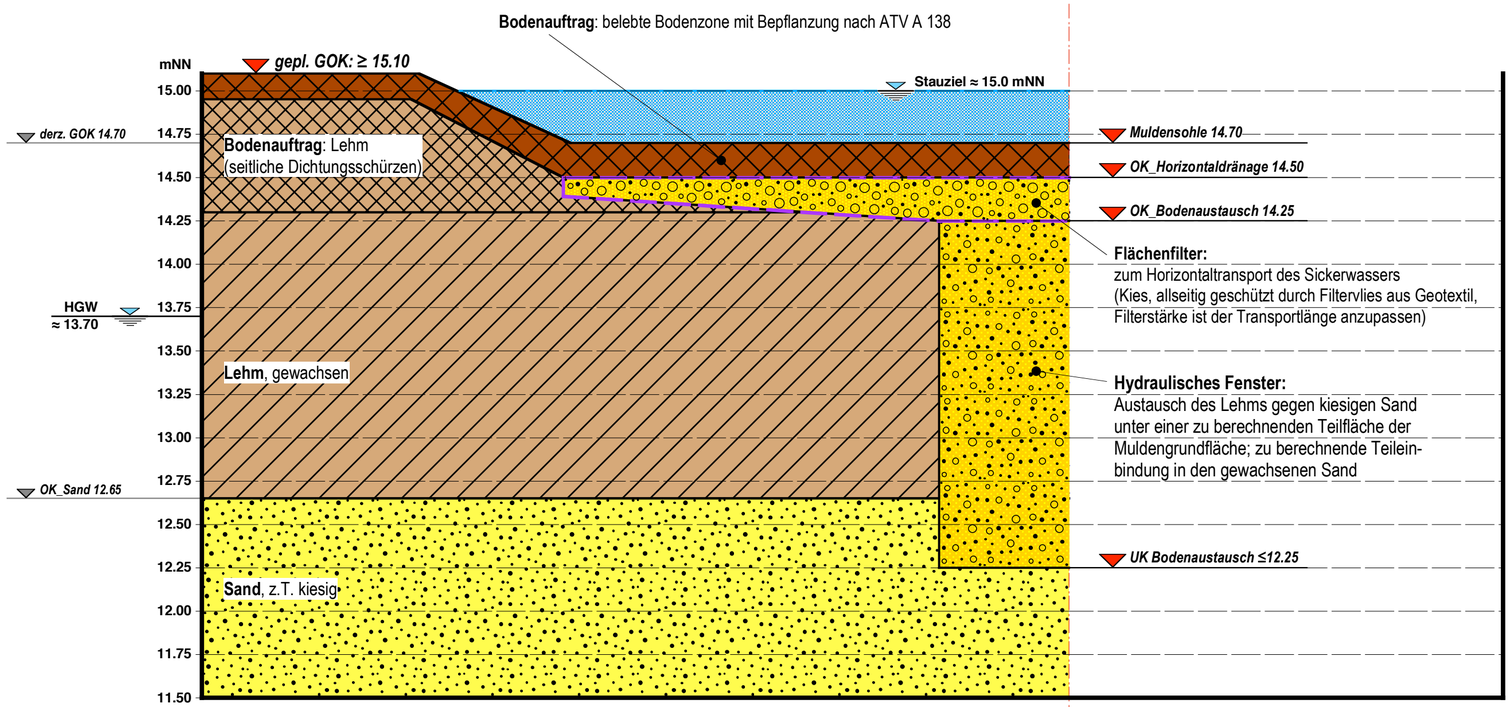
Planer:
Ingenieurbüro Manfred Albers
Hoffmannallee 50 47533 Kleve

Planinhalt:
• Säulendarstellung der Bohrungen B 1 ... B 15

Bearbeiter:	Plan-Bez.:	Datum:
Dr. Koppelberg	03084-01-2	23.11.03
Maßstab:	Gutachten-Nr.:	Anlage:
1:2.000/50	03084	2



Variante 1: Bodenaustausch unter der gesamten Muldengrundfläche



Variante 2: Bodenaustausch unter einer Teilfläche der Mulde

Hinweis:
Die Höhenangaben der dargestellten geologischen Grenzflächen sind die gemittelten Werte gemäß Tab. 1 !

Geotechnisches Büro
Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH
Fritz-Peters-Straße 22, 47447 Moers
Tel.: 02841/96733-3 Fax: 96733-44
eMail: post@baugrund-moers.de

Projekt:
Erschließung Gewerbegebiet Ost IV / 3
Weseler - / Duirlinger Straße 47638 Emmerich

Planer:
Ingenieurbüro Manfred Albers
Hoffmannallee 50 47533 Kleve

Planinhalt:
- **Schematische Systemquerschnitte durch die vorgeschlagenen Versickerungsanlagen (Varianten der Muldenversickerung)**

Bearbeiter:	Plan-Bez.:	Datum:
Dr. Koppelberg	03084-01-3	27.11.03
Maßstab:	Gutachten-Nr.:	Anlage:
1:25	03084	3

x-Offset (Rechtswert): 2519000
y-Offset (Hochwert): 5746000

Zeitpunkt: 7.8.2003

Ein/Aus	Bezeichnung Messstelle	Nr	x [m]	y [m]	z [mNN]	z_{Regr} [mNN]	Δz [m]
☒	B 1	MP 1	3,00	-142,00	12,34	12,37	0,03
☒	B 2	MP 2	-7,00	107,00	12,45	12,43	-0,02
☒	B 3	MP 3	-322,00	32,00	12,47	12,45	-0,02
☒	B 4	MP 4	98,00	-13,00	12,36	12,39	0,03
☒	B 5	MP 5	259,00	-202,00	12,35	12,32	-0,03
☒	B 6	MP 6	-155,00	-33,00	12,39	12,41	0,02
☒	B 7	MP 7	-270,00	-151,00	12,41	12,40	-0,01
☐							
☐							

Gleichung der Regressionsebene:	z_o [mNN]	m_x	m_y	
$z = z_o + m_x \cdot x + m_y \cdot y$	12,40	-1,27E-04	2,49E-04	
hydraulischer Gradient i:	**Betrag [-]**	**math. Winkel [°]**	**Richtung**	
	2,79E-04	**297**	**SSE**	

Zuschläge

für GW-Höchststand	0,00 m
für Entfernung/Messintervalle	0,00 m
Sicherheitszuschlag	0,00 m
Summe der Zuschläge	**0,00 m**

Berechnungspunkte (interpolierte GW-Stände + Σ Zuschläge) und Entfernungen zu den MP

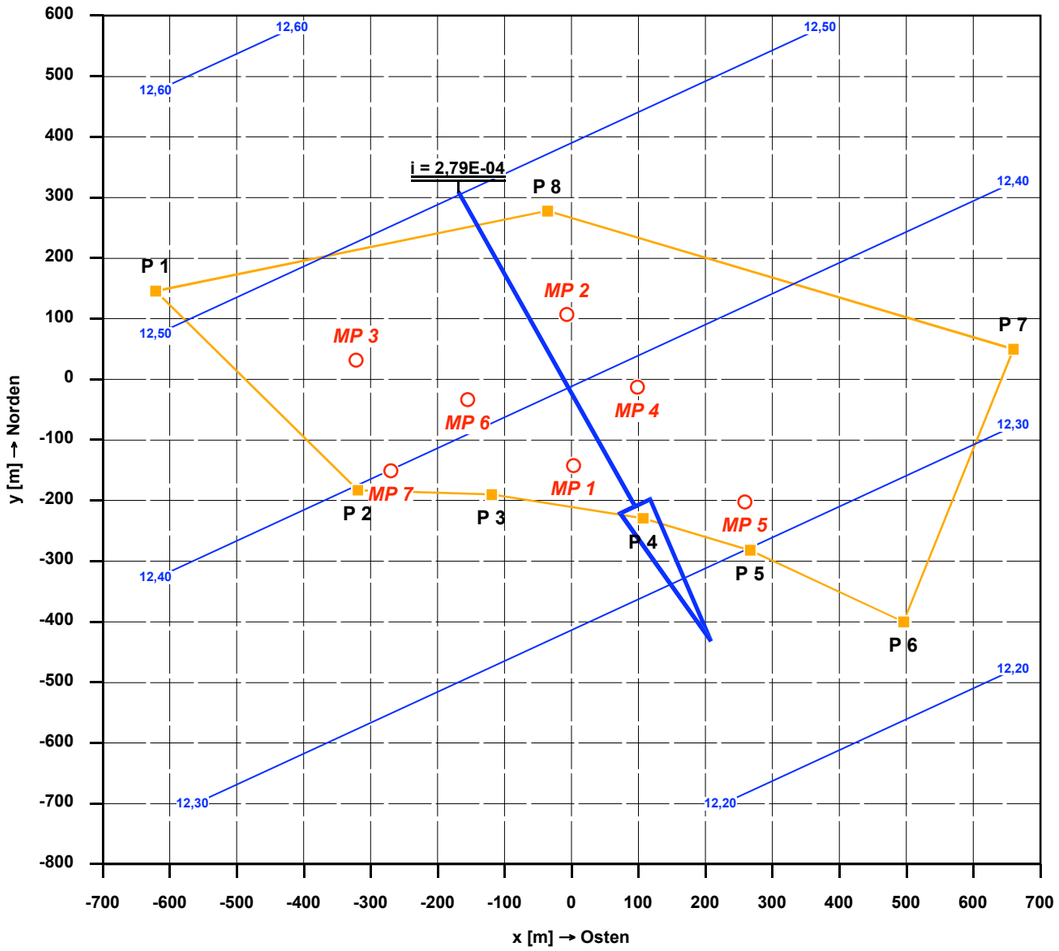
Ort	x[m]	y[m]	z[mNN]	MP1[m]	MP2[m]	MP3[m]	MP4[m]	MP5[m]	MP6[m]	MP7[m]	MP8[m]	MP9[m]
P 1	-621	146	**12,52**	687	615	320	736	946	499	460		
P 2	-319	-183	**12,40**	325	426	215	450	578	222	59		
P 3	-119	-190	**12,37**	131	317	301	280	378	161	156		
P 4	107	-229	**12,33**	136	355	502	216	154	327	385		
P 5	267	-282	**12,30**	299	476	667	318	80	490	553		
P 6	496	-400	**12,24**	556	714	925	555	309	747	805		
P 7	660	50	**12,33**	684	669	982	566	474	819	951		
P 8	-36	278	**12,48**	422	173	377	320	563	333	489		
	-621	146	**12,52**	687	615	320	736	946	499	460		

Entfernungen der Messstellen

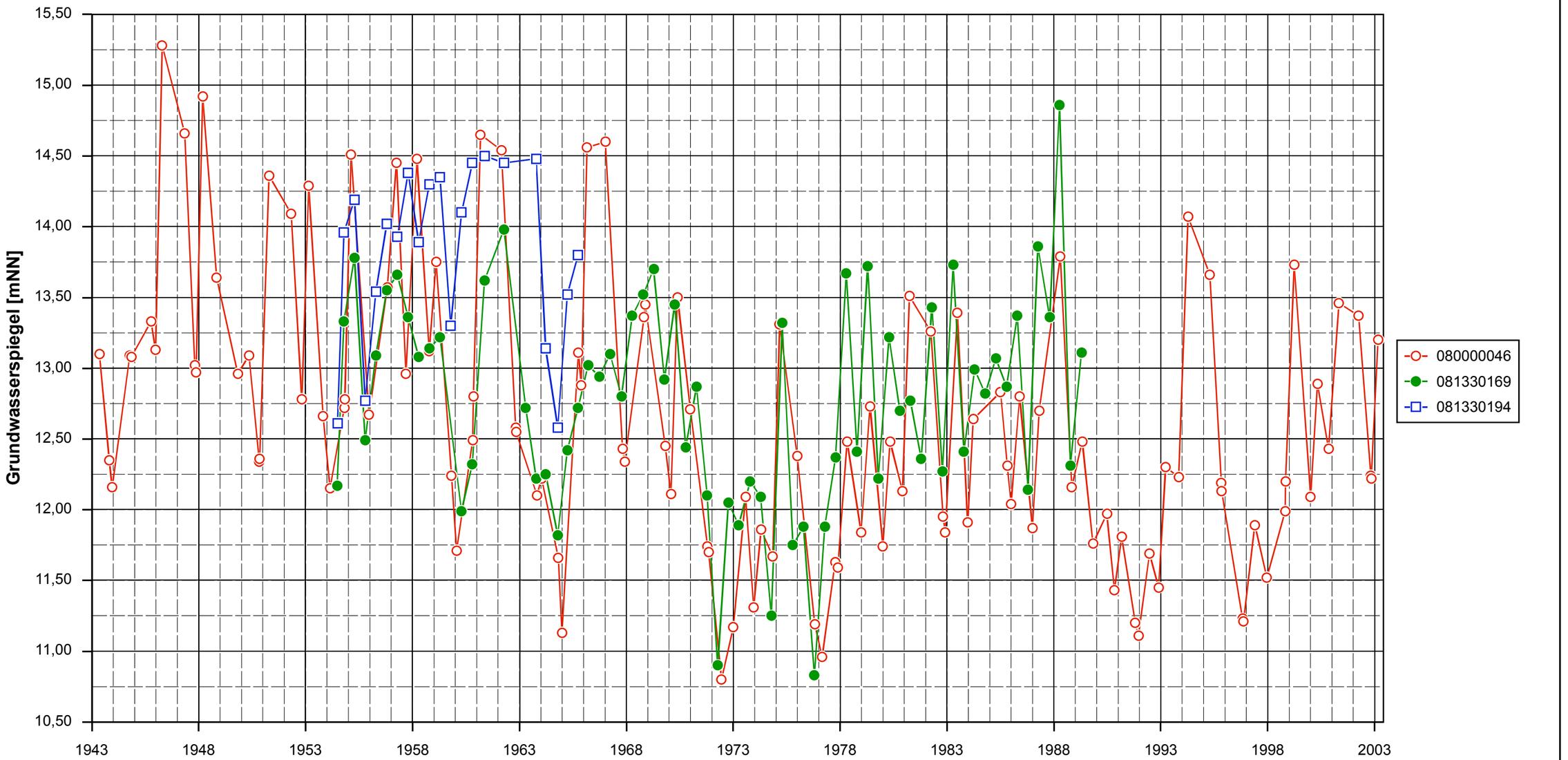
	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	
MP 1		-4,41E-04	-3,53E-04	-1,25E-04	-3,80E-05	-2,60E-04	-2,56E-04			**MP 1**
MP 2	249		-6,18E-05	5,64E-04	2,45E-04	2,95E-04	1,09E-04			**MP 2**
MP 3	369	324		2,60E-04	1,92E-04	4,46E-04	3,15E-04			**MP 3**
MP 4	160	159	422		4,03E-05	-1,18E-04	-1,27E-04			**MP 4**
MP 5	263	408	626	248		-8,95E-05	-1,13E-04			**MP 5**
MP 6	192	204	179	254	447		-1,21E-04			**MP 6**
MP 7	273	368	190	393	531	165				**MP 7**
MP 8										**MP 8**
MP 9										**MP 9**
	MP 1	**MP 2**	**MP 3**	**MP 4**	**MP 5**	**MP 6**	**MP 7**	**MP 8**	**MP 9**	

Gradienten zwischen den Messstellen

Messstellen, Fließrichtung und Gleichenplan (ohne Zuschläge)



RagTime 5.6 Applikation - © W. Koppelberg



Bauwerk	Rechtswert x [m]	Hochwert y [m]	GOK z [mNN]
Koordinaten	2519000	5746000	14,50

Messstellen-bezeichnung	Rechtswert x [m]	Hochwert y [m]	GOK z [mNN]	Dist. zum BV [m]	math. Winkel [°]	Richtung	Zeitfenster von ...	bis...	Mess-werte	min. GW [mNN]	am ...	max. GW [mNN]	am ...	max - min [m]	Median [mNN]	mittl. GW [mNN]	Standard-abw. [m]	Flurabst. max. [m]	Flurabst. mittl. [m]	Flurabst. min. [m]
080000046	2517700	5746100	16,30	1304	176	W	10.05.1943	03.03.2003	122	10,80	12.06.1972	15,28	15.04.1946	4,48	12,48	12,64	0,97	5,50	3,66	1,02
081330169	2519500	5745270	15,01	885	304	SE	25.06.1954	18.04.1989	71	10,83	15.10.1976	14,86	05.04.1988	4,03	12,87	12,82	0,76	4,18	2,19	0,15
081330194	2519630	5746720	14,20	957	49	NE	29.06.1954	27.09.1965	24	12,58	16.10.1964	14,50	16.05.1961	1,92	14,06	13,90	0,62	1,62	0,30	-0,30

x-Offset (Rechtswert): 2519000
y-Offset (Hochwert): 5746000

Zeitpunkt: 1965

Ein/Aus	Bezeichnung Messstelle	Nr	x [m]	y [m]	z [mNN]	z_{Regr} [mNN]	Δz [m]
☒	80000046	MP 1	-1300,00	100,00	11,13	11,13	0,00
☒	81330169	MP 2	500,00	-730,00	11,82	11,82	0,00
☒	81330194	MP 3	630,00	720,00	12,58	12,58	0,00
☐							
☐							
☐							
☐							
☐							
☐							

Gleichung der Ebene:	z_o [mNN]	m_x	m_y	
$z = z_o + m_x \cdot x + m_y \cdot y$	11,86	6,00E-04	4,70E-04	
hydraulischer Gradient i:	**Betrag [-]**	**math. Winkel [°]**	**Richtung**	
	7,63E-04	**218**	**SW**	

Zuschläge

für GW-Höchststand	0,00 m
für Entfernung/Messintervalle	0,00 m
Sicherheitszuschlag	0,00 m
Summe der Zuschläge	**0,00 m**

Berechnungspunkte (interpolierte GW-Stände + Σ Zuschläge) und Entfernungen zu den MP

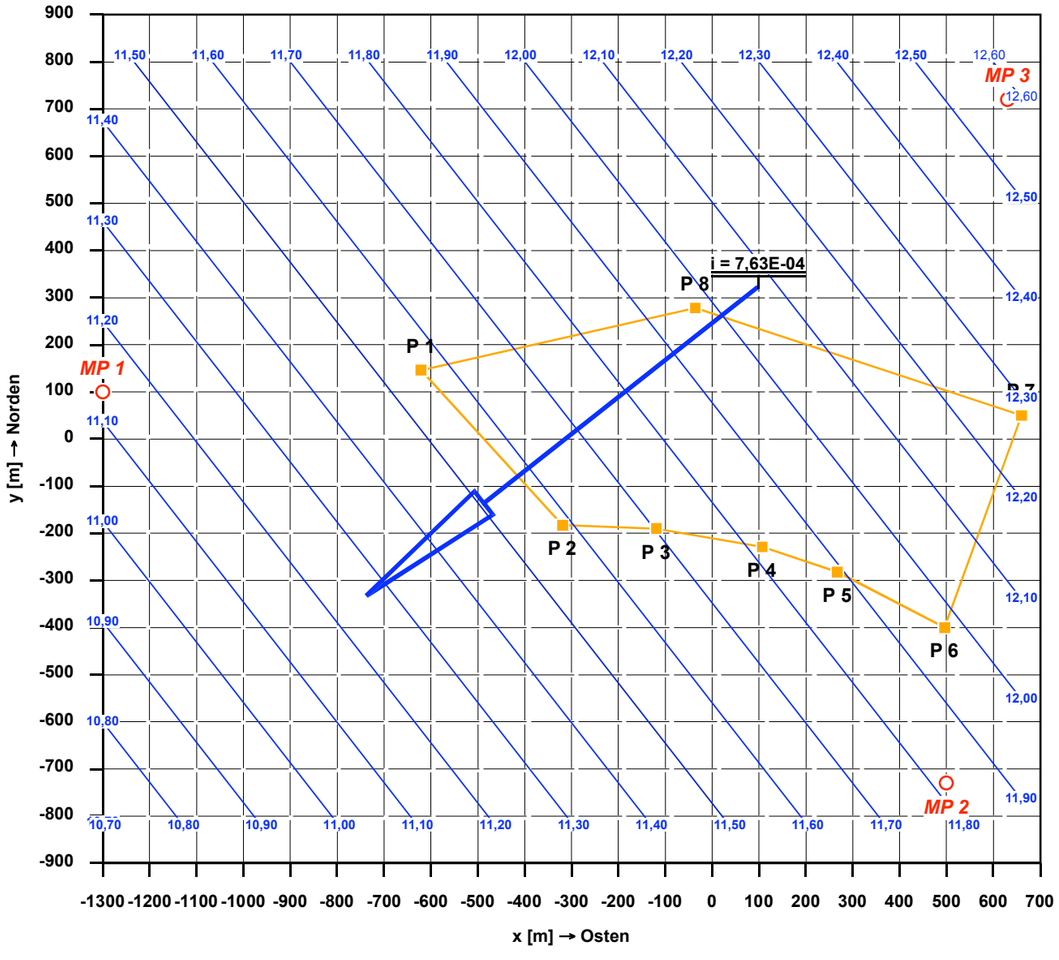
Ort	x[m]	y[m]	z[mNN]	MP1[m]	MP2[m]	MP3[m]	MP4[m]	MP5[m]	MP6[m]	MP7[m]	MP8[m]	MP9[m]
P 1	-621	146	**11,56**	681	1423	1376						
P 2	-319	-183	**11,59**	1021	985	1310						
P 3	-119	-190	**11,70**	1216	821	1179						
P 4	107	-229	**11,82**	1445	637	1084						
P 5	267	-282	**11,89**	1613	505	1066						
P 6	496	-400	**11,97**	1864	330	1128						
P 7	660	50	**12,28**	1961	796	671						
P 8	-36	278	**11,97**	1276	1142	799						
	-621	146	**11,56**	681	1423	1376						

Entfernungen der Messstellen

	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	
MP 1		-3,48E-04	-7,15E-04							**MP 1**
MP 2	1982		-5,22E-04							**MP 2**
MP 3	2027	1456								**MP 3**
MP 4										**MP 4**
MP 5										**MP 5**
MP 6										**MP 6**
MP 7										**MP 7**
MP 8										**MP 8**
MP 9										**MP 9**
	MP 1	**MP 2**	**MP 3**	**MP 4**	**MP 5**	**MP 6**	**MP 7**	**MP 8**	**MP 9**	

Gradienten zwischen den Messstellen

Messstellen, Fließrichtung und Gleichenplan (ohne Zuschläge)



RagTime 5.6 Applikation - © W. Koppelberg

Grundwasserhöhen durch Interpolation über eine Ebene (Zeitpunkt: Frühjahr 1965)
BV: **Erschließung Gewerbegebiet Ost IV / 3, 47638 Emmerich**

Dr. Koppelberg & Gerdes GmbH

Gutachten: 03084-01 | **Tab.: 4.1**

x-Offset (Rechtswert): 2519000
y-Offset (Hochwert): 5746000

Zeitpunkt: Frühjahr 1955

Ein/Aus	Bezeichnung Messstelle	Nr	x [m]	y [m]	z [mNN]	z_{Regr} [mNN]	Δz [m]
☒	80000046	MP 1	-1300,00	100,00	14,51	14,51	0,00
☒	81330169	MP 2	500,00	-730,00	13,78	13,78	0,00
☒	81330194	MP 3	630,00	720,00	14,19	14,19	0,00
☐							
☐							
☐							
☐							
☐							
☐							

Gleichung der Ebene:	z_o [mNN]	m_x	m_y	
$z = z_o + m_x \cdot x + m_y \cdot y$	14,14	-2,64E-04	3,06E-04	
hydraulischer Gradient i:	**Betrag [-]**	**math. Winkel [°]**	**Richtung**	
	4,05E-04	**311**	**SE**	

Zuschläge

für GW-Höchststand	0,00 m
für Entfernung/Messintervalle	0,00 m
Sicherheitszuschlag	0,00 m
Summe der Zuschläge	**0,00 m**

Berechnungspunkte (interpolierte GW-Stände + Σ Zuschläge) und Entfernungen zu den MP

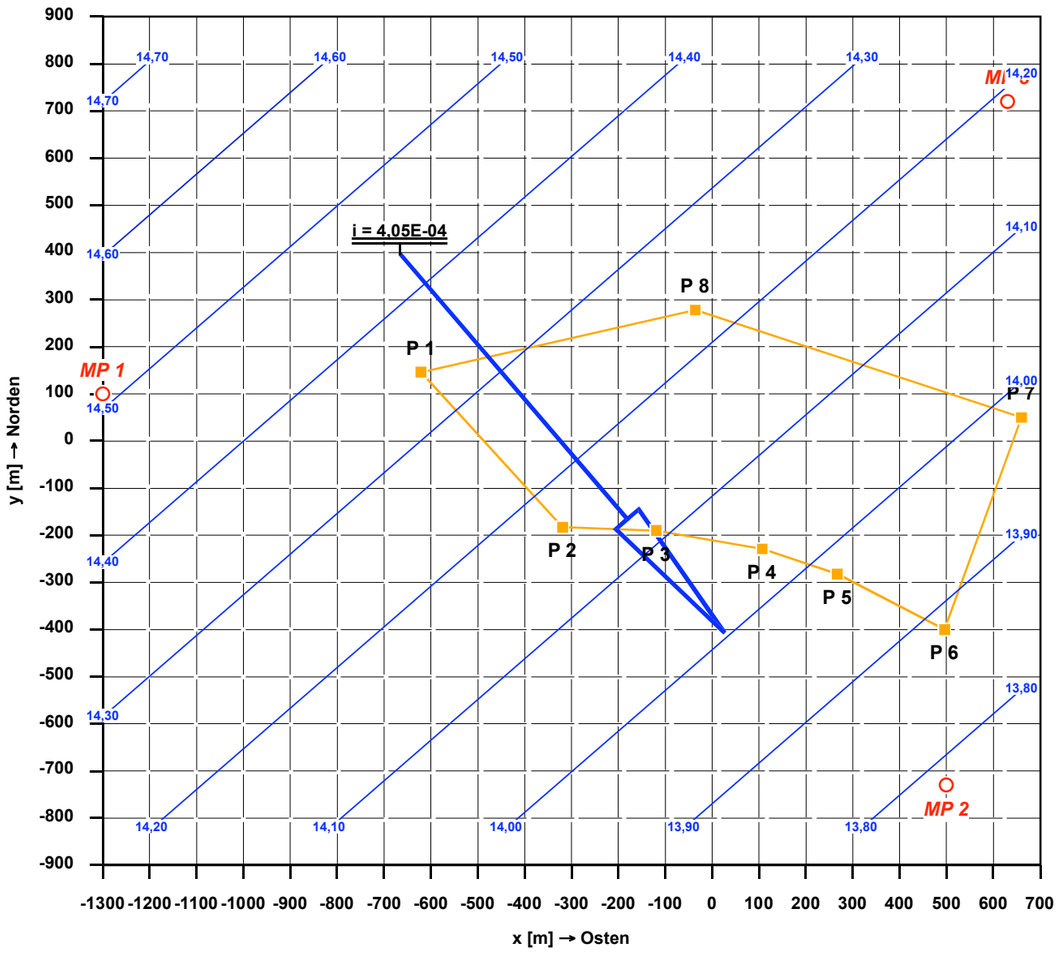
Ort	x[m]	y[m]	z[mNN]	MP1[m]	MP2[m]	MP3[m]	MP4[m]	MP5[m]	MP6[m]	MP7[m]	MP8[m]	MP9[m]
P 1	-621	146	**14,34**	681	1423	1376						
P 2	-319	-183	**14,16**	1021	985	1310						
P 3	-119	-190	**14,11**	1216	821	1179						
P 4	107	-229	**14,04**	1445	637	1084						
P 5	267	-282	**13,98**	1613	505	1066						
P 6	496	-400	**13,88**	1864	330	1128						
P 7	660	50	**13,98**	1961	796	671						
P 8	-36	278	**14,23**	1276	1142	799						
	-621	146	**14,34**	681	1423	1376						

Entfernungen der Messstellen

	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4	MP 5	MP 6	MP 7	MP 8	MP 9	
MP 1		3,68E-04	1,58E-04							**MP 1**
MP 2	1982		-2,82E-04							**MP 2**
MP 3	2027	1456								**MP 3**
MP 4										**MP 4**
MP 5										**MP 5**
MP 6										**MP 6**
MP 7										**MP 7**
MP 8										**MP 8**
MP 9										**MP 9**
	MP 1	**MP 2**	**MP 3**	**MP 4**	**MP 5**	**MP 6**	**MP 7**	**MP 8**	**MP 9**	

Gradienten zwischen den Messstellen

Messstellen, Fließrichtung und Gleichenplan (ohne Zuschläge)



RagTime 5.6 Applikation - © W. Koppelberg