

Klipfel & Lenhardt Consult GmbH



- BERATENDE GEOLOGEN -

Bahlinger Weg 27
79346 Endingen
☎ 07642-9229-70
📄 07642-9229-89
klc@klc-endingen.de
www.klc-endingen.de

EGS GmbH

Friesenheimer Hauptstraße 7
77948 Friesenheim

**Neubau eines Mehrgenerationen
hauses und eines Lebensmittel
marktes, Rheinhausen
- Geotechnisches Gutachten**

Projekt 10/077-1

Endingen, den 17. Dezember 2010

10/077-1 EGS GmbH
 Neubau eines Mehrgenerationenhauses und eines
 Lebensmittelmarktes, Rheinhausen
 - Geotechnisches Gutachten

INHALT		Seite
1.0	Veranlassung und Zielsetzung	3
2.0	Verwendete Unterlagen	3
3.0	Allgemeine Angaben zum Standort.....	3
3.1	Standortbeschreibung.....	3
3.2	Hydrogeologische Situation	4
4.0	Durchgeführte Untersuchungen	5
5.0	Ergebnisse der Untersuchungen.....	5
5.1	Schichtaufbau.....	5
5.2	Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und Lagerungsdichte.....	6
6.0	Baugrund- und Gründungsberatung.....	7
6.1	Bauwerk, Geotechnische Kategorie	7
6.2	Bodenmechanische Kennwerte	7
6.3	Grundwasserverhältnisse	8
6.4	Gründung	8
6.5	Verkehrsflächen.....	12
6.6	Baugrubensicherung und Grundwasserhaltung	15
6.7	Abdichtung und Drainage	16
6.8	Erdbebengefährdung	16
6.9	Aushub und Wiedereinbau.....	16
7.0	Schlussbemerkungen	17

10/077-1 EGS GmbH
 Neubau eines Mehrgenerationenhauses und eines
 Lebensmittelmarktes, Rheinhausen
 - Geotechnisches Gutachten

ANLAGEN

Anlage 1: Übersichtslageplan

Anlage 2: Detailplan mit Lage der Baugrundaufschlüsse

Anlage 3: Messprotokolle der Rammsondierungen

Anlage 4: Bohrprofile

Anlage 5: Geotechnische Profile

Anlage 6: Bodenmechanische Laborversuche

Anlage 7: Vorbemessung Streifen- und Einzelfundamente

Anlage 7.1: Gründung in den Auelehmen

Anlage 7.2: Vertiefte Gründung in den Rheinkiesen

1.0 Veranlassung und Zielsetzung

Die EGS GmbH mit Sitz in Friesenheim plant die Errichtung eines Mehrgenerationenhauses und eines Lebensmittelmarktes in Rheinhausen. Im Zuge der derzeit laufenden Planungen sollen die Untergrundverhältnisse auf dem zur Bebauung vorgesehenen Gelände untersucht werden. Ziel der Untersuchungen ist die Beurteilung der örtlichen Baugrundverhältnisse und die Festlegung charakteristischer Bodenkennwerte. Auf dieser Grundlage sollen Aussagen zur Gründung der Bauwerke getroffen werden.

Die KLC GmbH wurde am 24.11.2010 von der EGS GmbH, vertreten durch Herrn Kopf, mit der Durchführung der notwendigen Arbeiten beauftragt.

2.0 Verwendete Unterlagen

Karten und Pläne

- [1] Djafari Eurich Architekten, Konzeptstudie – Lageplan 1:250
- [2] Kappis Ingenieure GmbH, Bestandsplan Kanal 1:500
- [3] Geologische Karte von Baden Württemberg, Blatt 7711/7712 Ettenheim
- [4] Hydrogeologische Karte „Raum Lahr“, 1:50 000
- [5] Topographische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7711/7712 Ettenheim 1:25 000

3.0 Allgemeine Angaben zum Standort

3.1 Standortbeschreibung

Das geplante Bauvorhaben befindet sich im Zentrum der Gemeinde Rheinhausen zwischen den beiden Teilgemeinden Oberhausen und Niederhausen (siehe Anlage 1).

Das Plangebiet umfasst das Flurstück 620 (teilweise). Das betroffene Flurstück ist derzeit überwiegend landwirtschaftlich genutzt (Ackerflächen). Im Südosten sind Haufwerke aus Erdaushub aufgeschüttet.

Für den Großteil der Fläche kann eine mittlere Höhe von 168,50 m über NN angegeben werden. Insgesamt steigt das Gelände von Westen (ca. 167,90 m über NN) nach Osten auf bis zu 169 m über NN an.

3.2 Hydrogeologische Situation

Der geplante Standort befindet sich im Bereich der rechtsrheinischen Niederterrasse. Im Untergrund stehen die quartären Lockergesteinssedimente der Rheingrabenverfüllung an. Die Kiese und Sande sind von Auelehm überdeckt.

Nach den Hydrogeologischen Karten „Raum Lahr“ [4] und „Freiburger Bucht“ lassen sich die quartären Sedimente in diesem Raum generell in das obere, mittlere und untere Kieslager unterteilen. Meist werden die einzelnen Kieslager durch schluffige-sandige Zwischenhorizonte von einander getrennt (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Hydrogeologische und lithologische Gliederung nach der HGK Raum Lahr

Maximale Mächtigkeiten [m]	Hydrogeologische Gliederung	Lithologische Gliederung	
5	Deckschichten	Lehme, Sande Löß	
30	Oberes Kieslager	Kiese, Sande	
5	Oberer Zwischenhorizont	Schluff, Feinsand, Feinkies, (Torf)	
40	Mittleres Kieslager	Kiese, Sande	Schluff, Sande, zersetzte Kiese (Kaiserstuhlnordrand, Riegeler Pforte)
5	Unterer Zwischenhorizont	Sand, Schluff, Ton, Feinkies	
100	Unteres Kieslager	Kiese, Sande	Schluff, Sande, zersetzte Kiese (Kaiserstuhlnordrand, Riegeler Pforte)
	Sohlschicht		

Das obere, mittlere und untere Kieslager stellen einen bedeutenden Grundwasserleiter dar. Die HGK „Raum Lahr“ [4] gibt als Ergebnis einer geoelektrischen Kartierung für den geplanten Standort eine Grundwassermächtigkeit von 110 m an. Die Durchlässigkeit der Lockergesteine wird von ihrer Materialzusammensetzung sowie der Lagerungsdichte bestimmt. Für das obere Kieslager können nach [4] durchschnittliche Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 15 \times 10^{-3}$ m/s angenommen werden. Detaillierte Untersuchungen zu den Durchlässigkeiten des mittleren und unteren Kieslagers liegen nicht vor. Generell ist jedoch mit einer Abnahme der Durchlässigkeiten von oben nach unten zu rechnen.

Die Grundwasserfließrichtung ist im Untersuchungsgebiet nach Nordnordwest gerichtet. Die Ganglinien von Messstellen aus dem weiteren Umfeld des Standortes belegen Grundwasserspiegelschwankungen von bis zu 1 m (z.B: Messstelle Nr. 153 067 oder 155 067). Der Grundwasserflurabstand beträgt ca. 3-4 m zur Geländeoberkante.

4.0 Durchgeführte Untersuchungen

Am 03.12.10 wurden durch den Feldtrupp des Büros KLC Felduntersuchungen durchgeführt. Insgesamt wurden sechs Rammsondierungen (RS1-RS4) mit der schweren Rammsonde (DPH n. DIN 4094-3) bis maximal 6 m unter GOK (Geländeoberkante) ausgeführt. Die Lage der Baugrundaufschlüsse ist der Anlage 2 zu entnehmen.

Weiterhin wurden vier Kleinbohrungen (KB1 bis KB4) auf der Fläche angelegt. Die Kleinbohrungen wurden bis maximal 6 m unter Gelände abgeteuft. Die Schichtenprofile wurden durch einen erfahrenen Geologen vor Ort nach DIN 4022 aufgenommen.

Aus geotechnische relevanten Einheiten wurden Bodenproben entnommen. Im bodenmechanischen Labor wurden an zwei Proben die Kornverteilung nach DIN 18 196 bestimmt (vgl. Anlage 6).

Sämtliche Aufschlusspunkte wurden nach Höhe und Lage eingemessen. Die Schlagprofile (n. DIN 4094-3) sowie die Schichtenprofile (n. DIN 4023) sind in den Anlagen 3 und 4 dargestellt.

5.0 Ergebnisse der Untersuchungen

5.1 Schichtaufbau

Die im Untersuchungsbereich durchgeführten Untersuchungen bestätigen den für diesen Raum typischen Untergrundaufbau.

Das Profil beginnt mit braunen, sandigen, schwach tonigen Schluffen mit geringem Kiesanteil, die als geogene **Auelehme** zu interpretieren sind. Mit zunehmender Tiefe ist innerhalb der Einheit eine Zunahme des Sandgehalts feststellbar. Durch die Bearbeitung mit dem Pflug ist diese Einheit in den oberen 0,5 m örtlich anthropogen (Wurzeln, organisches Material, Auflockerung) überprägt. Die Konsistenz dieser Einheit ist vorwiegend steif. Die Mächtigkeit variiert innerhalb der Bauwerksfläche nur gering, zwischen 1,2 m und 1,4 m. In rinnenartigen Strukturen können auch größere Mächtigkeiten vorhanden sein.

Die Auelehme werden von nicht bindigen Abfolgen unterlagert, die zusammenfassend als **Rheinkiese** bezeichnet werden können. In der Zusammensetzung handelt es sich im wesentlichen aus sandigen bis stark sandigen Kiesen mit geringen Feinkornanteilen (<15%). In die Kiese können erfahrungsgemäß Sandlagen eingeschaltet sein, die Mächtigkeiten von über einem Meter erreichen können. In Bohrung KB1 wurde eine schluffige Sandlage im Tiefenbereich von 2,7 m bis 3,0 m unter Geländeoberkante angetroffen. Bindige und torfige Einschaltungen treten im Untersuchungsraum örtlich sehr untergeordnet ebenfalls in den Kiesen auf, konnten in den Aufschlüssen jedoch nicht nachgewiesen werden.

Die Kiesoberfläche ist meist gewellt. Die Kiese erreichen im Untersuchungsgebiet Mächtigkeiten von über 100 m und sind grundwasserführend. Nach den durchgeführten Untersuchungen liegt die Kiesoberfläche innerhalb des Baufeldes zwischen 166,59 m über NN und 167,48 m über NN, wobei ein Anstieg nach Osten festzustellen ist. In Rinnen kann die Kiesoberfläche auch tiefer liegen.

Die Grundwasseroberfläche wurde zum Zeitpunkt der Feldarbeiten bei ca. 164,69 m über NN angetroffen.

5.2 Bodenklassifikation nach DIN 18196 und Lagerungsdichte

Die Lagerungsdichte der nichtbindigen Einheiten (Rheinkiese) wurde mittels Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) nach DIN 4094-3 überprüft. An kennzeichnenden Proben wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt.

Zur geotechnischen Charakterisierung der Auelehme sowie der Rheinkiese wurden an zwei Proben die Kornverteilung nach DIN 18 123 bestimmt.

Tabelle 2: Korngrößenverteilungen der Auelehme und der Rheinkiese

Probe	Entnahmetiefe	T [%]	U [%]	S [%]	G [%]	Bodengruppe	Baugrund
KB1/1	0,6-1,4 m	6	50	43	2	SU*/TL	Auelehm
BS1/2	1,0-1,5 m	9		33	58	GU	Rheinkiese

T: Ton

U: Schluff

S: Sand

G: Kies

Nach den Geländebefunden besitzen die sandigen Schluffe (Auelehm) meist steife Konsistenz. Die Auelehme zeigen charakteristische Schlagzahlen zwischen 1 und 4, was mit den überwiegend steifen Konsistenzen der Serie korreliert. Basierend auf den Kennzahlen sowie der Materialzusammensetzung ist nach DIN 18 196 eine Zuordnung zu den Bodengruppen leichtplastische Tone (TL), stark schluffige Sande (SU*) möglich.

In den Rheinkiesen bewegen sich die N_{10} -Werte überwiegend in einem breiten Spektrum zwischen 8 und < 50 . Basierend auf weit bis intermittierend gestuften Kiesen sowie Kies-Schluff-Gemischen (vgl. Anlage 6) der Bodengruppen GW/GU nach DIN 18196 ergeben sich nach DIN 4094-3 unterschiedliche Lagerungsdichten von locker bis mitteldicht. Sämtliche Rammprofile geben bis zur Endteufe von maximal 6 m keine Hinweise auf Schluff-, Ton- oder Torflinsen. Die in KB1 nachgewiesene Sandlinse ist durch Schlagzahlen N_{10} von 3 charakterisiert. Nach DIN 18 196 ist dieses Material den Bodengruppen SU bis SU* zuzuordnen.

In Anlage 5 ist die anzunehmende Lage der gründungsrelevanten Schichten im Untersuchungsgebiet in einem Profil dargestellt.

6.0 Baugrund- und Gründungsberatung

6.1 Bauwerk, geotechnische Kategorie

Auf dem überplanten Grundstück ist die Errichtung eines Mehrgenerationenwohnhauses und eines Lebensmittelmarkts vorgesehen.

Mehrgenerationenhaus

Das Mehrgenerationenhaus soll im Westteil der Fläche entstehen. Dabei handelt es sich voraussichtlich um ein zweigeschossiges, nicht oder teilunterkellertes Gebäude mit Abmessungen von ca. 52 m x 56 m (Vorentwurf). Eine detaillierte Planung liegt derzeit noch nicht vor.

Lebensmittelmarkt

Der Lebensmittelmarkt soll im Ostteil der Fläche entstehen. Dabei handelt es sich voraussichtlich um ein eingeschossiges, nicht unterkellertes Gebäude mit Abmessungen von ca. 70 m x 35 m (Vorentwurf). Eine detaillierte Planung liegt derzeit noch nicht vor.

Um den Markt sind Verkehrsflächen (Straßen, Parkplätze) geplant. Eine Einordnung in Bauklassen nach RStO 01 liegt noch nicht vor. Erfahrungsgemäß wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Verkehrsflächen der Bauklasse III nach RStO 01 zugeordnet werden.

Das Bauobjekt und die Baugrundverhältnisse sind der geotechnischen Kategorie 1 nach DIN 4020 bzw. DIN 1054 (2003-01) zuzuordnen.

6.2 Bodenmechanische Kennwerte

Für die im Bauwerksbereich geotechnisch relevanten Schichten können nach DIN 1055, den durchgeführten Untersuchungen sowie nach Erfahrungswerten folgende charakteristische bodenmechanische Kennwerte angenommen werden

Tabelle 3: Kennwerte geotechnisch relevanter Schichten

	Bgr.		γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	Φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	c_{uk} [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
Auelehme Sandlinse	TL, SU*	steif	20	10	27,5	0-2	15-40	6 - 12
Rhein- kiese	GU	locker -	20	12	32,5	0	0	50-70
	GW/GI	mitteldicht	22	14	35	0	0	70-100

Anm.: UL, GT* Bodengruppe n. DIN 18 196

6.3 Grundwasserverhältnisse

In den Rheinkiesen ist ein zusammenhängender Grundwasserspiegel vorhanden, der größeren Schwankungen unterliegen kann. Im Umfeld des Bauvorhabens sind mehrere amtliche Messstellen vorhanden, deren Grundwasserstände teilweise von 1954 bis heute gemessen werden. Als Referenzmessstelle wird die ca. 300 m südwestlich liegende Messstelle 1530679 herangezogen. Hier liegen Messwerte von 1970 bis heute vor. In Verbindung mit dem Grundwassergefälle sowie den Messungen auf dem Baufeld lassen sich die charakteristischen Grundwasserstände interpolieren.

Tabelle 4: Grundwassermessstelle 1530679

Messstelle	1530679	Baugelände Süd Interpoliert
NNW [m über NN]	164,00	163,80
MW [m über NN]	164,45	164,25
MHW [m über NN]	164,80	164,60
HHW [m über NN]	165,14	164,94

NNW: niedrigster GW-Stand, MW: mittlerer GW-Stand, MHW: mittlerer GW-Hochstand, HHW: höchster GW-Stand

Am 02.12.2010 wurde auf dem Untersuchungsgelände ein Grundwasserstand von 164,69 m über NN gemessen. Dies entspricht ungefähr einem mittleren Grundwasserhochstand.

Der Bemessungswasserspiegel für das Bauvorhaben wird mit einem Sicherheitszuschlag von 0,3 m auf **165,24 m über NN** festgelegt.

6.4 Gründung

Gebäude – aufnehmbarer Sohldruck

Einzel- und Streifenfundamente

Derzeit liegen die Gründungsniveaus für die einzelnen Gebäude noch nicht fest. Die **Auelehme** stellen aufgrund ihrer hohen Zusammendrückbarkeit und geringen Scherfestigkeit einen ungünstigen Baugrund für eine Streifen- und Einzelfundamentgründungen dar. Insgesamt sind hier nur geringe zulässige Sohldrücke bei vergleichsweise hohen Setzungen zulässig.

Die darunter liegenden **Rheinkiese** mit mitteldichter Lagerung bilden einen gut tragfähigen Gründungshorizont.

Für nicht unterkellerte Gebäude ist grundsätzlich eine Gründung in den Auelehmen oder vertieft in den Rheinkiesen möglich. Zur Festlegung der aufnehmbaren Sohldrücke wurden Grundbruchberechnungen nach DIN 4017 und Setzungsberechnungen nach DIN 4019 durchgeführt. Dabei wurden beide Varianten untersucht, zum einen eine Gründung in den Auelehmen zum anderen eine Gründung über vertiefte Einzel- und Streifenfundamente in den Rheinkiesen. In den Anlagen 7.1 und 7.2 befinden sich für beide Varianten Berechnungen. Für die Berechnungen wurde ein vergleichsweise weicher Baugrund angenommen, die nachgewiesene Sandlage (KB1) wurde hierzu als durchgehende Schicht berücksichtigt. Die Berechnungen wurden für Streifenfundamente sowie für quadratische Einzelfundamente durchgeführt. Die Werte gelten nur unter der Voraussetzung, dass sich die Fundamente nicht gegenseitig beeinflussen und die in der Anlage genannten Bedingungen eingehalten sind (z.B. $H/V < 0,1$). Bei außermittiger Belastung darf die zulässige Belastung nur mit abgeminderten Fundamentbreiten nach DIN 4017 ermittelt werden.

Die angegebenen Setzungen treten in den nichtbindigen Rheinkiesen sowie in den Tragschichten ohne zeitliche Verzögerung im Zuge der Lastaufbringung auf. Ein Anteil von veränderlichen Lasten wurde nicht berücksichtigt.

Es wird darauf hingewiesen, dass aufgelockertes Material in den Aufstandsflächen der Fundamente nachzuverdichten ist. Sollte im Gründungsniveau aufgeweichtes oder aufgefülltes Material anstehen, so ist dieses vollständig zu entfernen. Die Differenz zwischen geplantem und baugrundbedingtem Gründungsniveau kann durch Magerbeton ausgeglichen werden. Bei einer Tiefgründung in die Rheinkiese sind im Bereich von Streifen- und Einzelfundamenten die Auelehme zu entfernen und durch Magerbeton zu ersetzen. Die Fundamente können dann in der planmäßig vorgesehenen Tiefe gegründet werden. Entsprechend dem Schichtverlauf können die Fundamenteinbindetiefen dann mit $d \geq 1$ m angegeben werden.

Bei Vorliegen der endgültigen Planung sind die Berechnungen gegebenenfalls zu aktualisieren.

Es wird darauf hingewiesen, dass die im Gründungsniveau anstehenden Auelehme stark frost- und witterungsempfindliche sind.

Bei unterkellerten Bauwerken wird wegen der notwendigen wasserdruckhaltenden Abdichtung des Bauwerks eine Plattengründung über elastisch gebettete, bewehrte Bodenplatten empfohlen. Lastangaben liegen derzeit noch nicht vor. Die Berechnung der Gründungsplatten kann über Verfahren mit verformungsabhängiger Sohldruckverteilung (Steife- oder Bettungsmodulverfahren) vorgenommen werden. Zur Bemessung können für die unterlagernden Schichten die in Tabelle 3 genannten Steifemodule verwendet werden.

Zur Vorbemessung kann ein mittlerer Bettungsmodul von 10 MN/m^3 angesetzt werden. In den Randbereichen der Bodenplatte und im Bereich hoher Lasten kann ein erhöhter Bettungsmodul von 20 MN/m^3 angenommen werden. Es wird empfohlen, den bauwerkspezifischen Bettungsmodul nach Vorliegen detaillierter Last- und Fundamentpläne mittels Setzungsberechnungen zu ermitteln.

Das Rohplanum sollte mit schwerem Gerät nachverdichtet werden. Voraussetzung hierfür sind Grundwasserspiegelhöhen, die mindestens $0,5 \text{ m}$ unter Oberkante Planum liegen. Sollten im Rohplanum Bereiche mit aufgeweichtem oder organischem Material angetroffen werden, sind diese bis zum Übergang in nichtbindiges Material mit mitteldichter Lagerung auszuheben und durch Tragschichtenmaterial auszugleichen. Für Tragschichten ist nichtbindiges, klassiertes Material (z.B. Korngemische 0-32, 0-45 oder 0-56 der Bgr. GW/GI/GU n. DIN 18 196) zu verwenden. Recyclingmaterial darf nur verwendet werden, wenn es den einschlägigen Technischen Lieferbedingungen für Tragschichten entspricht. Das Material ist gemäß den einschlägigen Richtlinien lagenweise einzubauen und ausreichend zu verdichten.

Die Auftriebssicherheit ist nach DIN 1054 sowohl für das gesamte Bauwerk bzw. die einzelnen Bauwerksteile (Lastfall 1, Endzustand) als auch die Baugrubensohle (Lastfall 2/3, Bauzustand) nachzuweisen. Hierzu zählt auch die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch bzw. ein Aufbrechen nach Aushub auf die erforderliche Sohlentiefe. Als Auftriebskraft ist der aus dem angegebenen Bemessungswasserspiegel resultierende Sohlwasserdruck anzusetzen.

Sollte zum Zeitpunkt der Bauausführung die Grundwasseroberfläche im Bereich des Planums oder darüber liegen, sind Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig.

Bei Teilunterkellerung sollten die Setzungen des nichtunterkellerten und des unterkellerten Gebäudeteils in der gleichen Größenordnung liegen. Die Setzungen sollten bei einer Streifen- und Einzelfundamentgründung auf $< 1 \text{ cm}$ begrenzt werden.

Betonboden - Lebensmittelmarkt

Es wird davon ausgegangen, dass die Bauwerkslasten über Streifen- und Einzel-fundamente abgetragen werden. Um eine ausreichende Tragfähigkeit für den Betonboden zu erreichen, sollte eine Tragschicht von mindestens 0,3 m eingebaut werden. Für Tragschichten ist nichtbindiges, klassiertes Material (z.B. Korngemische 0-32, 0-45 oder 0-56 der Bgr. GW/GI/GU n. DIN 18 196) zu verwenden. Recyclingmaterial darf nur verwendet werden, wenn es den einschlägigen Technischen Lieferbedingungen für Tragschichten entspricht. Das Material ist gemäß den einschlägigen Richtlinien lagenweise einzubauen und ausreichend zu verdichten.

Nach den vorliegenden Daten ist auf der Bodenplatte mit insgesamt nur geringen Lasten zu rechnen (Einzellasten $< 32 \text{ kN}$, entspricht ungefähr einem mittleren Stapler mit Gesamtgewicht 7 t). Bei diesen Einzellasten ist nach LOHMEYER auf der Tragschicht im statischen Plattendruckversuch nach DIN 18 134 ein E_{v2} -Wert $\geq 80 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Dieser Wert kann nur dort erreicht werden, wo auf dem Planum für die Tragschichten ein E_{v2} -Wert von $> 45 \text{ MN/m}^2$ vorhanden ist. Dieser Wert ist auf dem vorhandenen Untergrund (Auelehme) nicht zu erreichen.

Als Möglichkeiten zur Untergrundverbesserung sind folgende Maßnahmen denkbar:

- **Bodenaustausch**

Eine Verbesserung des Planums kann durch eine größere Aufbaustärke erreicht werden. Für die Trag- und Austauschschichten ist nichtbindiges, klassiertes Material (z.B. Korngemische 0-45 oder 0-56, Bgr. GW/GI n. DIN 18 196) zu verwenden. Das Material ist lagenweise einzubauen und ausreichend zu verdichten. An der Basis ist ggf. ein Vlies zum Trennen der Tragschichten und des bindigen Untergrunds zu verlegen. Es wird empfohlen, durch Probefelder mit entsprechenden Versuchen das gewählte Verfahren zu überprüfen und gegebenenfalls die Austauschmächtigkeit zu optimieren. Erfahrungsgemäß sollte, um auf dem Planum einen E_{v2} -Wert $\geq 80 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen, von einem zusätzlichen Aufbau von ca. 0,3 m bis 0,5 m (Gesamtaufbau ca. 0,6 m bis 0,8 m) ausgegangen werden.

Vor Aufbringen der Tragschichten ist das Planum mit schwerem Gerät nachzuverdichten.

▪ Verfestigen des Untergrunds durch Kalken

Alternativ ist eine Bodenverbesserung mit Kalk oder Zement möglich. Der Wassergehalt des Bodens wird dadurch herabgesetzt und die Verdichtbarkeit verbessert. Bei Bodenverbesserungen mit Kalk tritt auch als Langzeitwirkung eine merkbare Bodenverfestigung auf. Die Anforderungen sind in der ZTVE-StB vorgegeben. Aus bautechnischen Gründen sollte eine Mindestdicke der zu verfestigenden Schicht von mindestens 0,15 m vorgesehen werden.

Wir weisen daraufhin, dass die Wassergehalte und damit die Bindemittelmengen von den Witterungsverhältnissen im Ausführungszeitraum abhängen. Es ist zu empfehlen, baubegleitend entsprechende Untersuchungen zu veranlassen. Weiterhin wird auf das Merkblatt für die Bodenverfestigung und Bodenverbesserung mit Bindemittel 2004, hingewiesen.

Genauere Angaben sind hier zu machen, sobald die FFB-Niveaus des Bauwerks bekannt sind.

6.5 Verkehrsflächen

Über die Höhenlage der Verkehrsflächen ist derzeit noch nichts bekannt. Für die Straßenplanung gelten die Angaben der RStO 01, die je nach Bauklasse und anstehenden Böden unterschiedliche Angaben zum Straßenaufbau macht. Dieser wird über die Größe der Verkehrsbelastung standardisiert. Im vorliegenden Fall besteht der Untergrund aus frost- und witterungsempfindlichem Material.

In Tabelle 5 ist die Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus aufgeführt:

Tabelle 5: Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus (RStO 01)

Zeile	Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Bauklasse		
		SV/II	III/IV	V/VI
2	F3	65	60	50

Mehr- oder Minderdicken ergeben sich aufgrund der örtlichen Verhältnisse. Je nach Ausführung der Randbereiche ist im vorliegenden Fall mit Minderdicken von 5 cm bis 10 cm zu rechnen (vgl. RStO 01).

Nach RStO 01 sollte auf dem Frostschutzplanum bei Bauklasse III ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ und ein Verhältnis $E_{v2}/E_{v1} \leq 2.2$ nachgewiesen werden. Bei Pflasterbauweise ist auf den Tragschichten ein $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Nach RStO 01 bzw. ZTVE-StB 94 (97) ist auf dem Untergrundplanum ein E_{v2} -Modul von mindestens 45 MN/m^2 nachzuweisen, um eine ausreichende Verdichtungsfähigkeit der Frostschutzschichten zu erreichen. Ohne weitere Maßnahmen ist dieser Verformungsmodul nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zu erreichen.

Als Möglichkeiten zur Untergrundverbesserung sind folgende Maßnahmen denkbar:

- **Bodenaustausch**

Eine Verbesserung des Planums kann durch eine größere Aufbaustärke erreicht werden. Für die Trag- und Austauschschichten ist nichtbindiges, klassiertes Material (z.B. Korngemische 0-45 oder 0-56, Bgr. GW/GI n. DIN 18 196) zu verwenden. Das Material ist lagenweise einzubauen und ausreichend zu verdichten. An der Basis ist ein Vlies zum Trennen der Tragschichten und des bindigen Untergrunds zu verlegen. Es wird empfohlen, durch Probefelder mit entsprechenden Versuchen das gewählte Verfahren zu überprüfen und gegebenenfalls die Austauschmächtigkeit zu optimieren. Erfahrungsgemäß sollte von einem zusätzlichen Aufbau von ca. 0,4 m bis 0,6 m ausgegangen werden (Gesamtaufbau 1,0 bis 1,2 m). Bei Pflasterbauweise ist mit einem weiteren Aufbau um ca. 0,2 m zu rechnen.

- **Einbau eines Geogitters kombiniert mit Filtervlies**

Unterhalb der Trag-/Frostschutzschichten wird ein dehnungssteifer Geokunststoff (Geogitter) kombiniert mit Filtervlies eingebaut, um ein Erreichen der vorgegebenen Verdichtungsanforderungen sowie die Filterstabilität der Tragschichten zu gewährleisten. Hierdurch kann die Mächtigkeit des Bodenaustauschs (s.o.) reduziert werden (ca. $-0,4 \text{ m}$).

- **Verfestigen des Untergrunds durch Kalken**

Alternativ ist eine Bodenverbesserung mit Kalk oder Zement möglich (vgl. oben).

Das Planum ist möglichst schnell zu versiegeln und vor Witterungseinflüsse zu schützen. Während der Baumaßnahme ist das Planum durch geeignete Maßnahmen, wie ausreichendes Quergefälle zur Ableitung von Niederschlagswasser, wasserfrei zu halten.

6.6 Baugrubensicherung und Grundwasserhaltung – unterkellerte Bauwerke

Für Baugrubenböschungen, die nach den Kriterien der DIN 4124 (2002-10) ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit angelegt werden und eine Höhe von 5 m nicht überschreiten, kann in den Rheinkiesen oberhalb des Grundwassers eine Böschungsneigung von maximal 45° vorgesehen werden. In den Auelehmen sind Böschungswinkel bis 60° zulässig. Können die in DIN 4124 angegebenen Kriterien, insbesondere Böschungswinkel und Böschungshöhe (max. 5 m) nicht eingehalten werden oder ist eine offene Wasserhaltung notwendig, ist die Standsicherheit der unverbauten Böschungen und Wände nach DIN 4084 nachzuweisen.

Baugrubenböschungen, die nicht verbaut werden, sind durchgehend mit Folien abzudecken, um den Zutritt von Oberflächenwasser und eine Rückverwitterung und Erosion des feuchtigkeits- und frostempfindlichen Bodenmaterials in den Auelehmen zu verhindern. Ein Aufbringen zusätzlicher Lasten in den rückwärtigen Böschungsbereichen ist zu vermeiden. Auf die in der DIN 4124 genannten Abstände von Fahrzeugen, Baumaschinen und Baugeräten sowie Lagerflächen zur Böschungsoberkante wird hingewiesen.

In Abhängigkeit von den Potentialhöhen während der Bauzeit sind gegebenenfalls Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Bei Ausführung zwischen MHW und Bemessungswasserspiegel sind relevante Grundwasserspiegel im gesamten Baufeld zu erwarten. Ausgehend von insgesamt geringen Absenkbeträgen kann eine offene Wasserhaltung (z.B. Kiesfilterdrainage) eingesetzt werden. Gegebenenfalls ist ein Kiespolster (> 0,15 m, z.B. 2/32) flächig einzubauen und in die Bauwasserhaltung mit einzubinden. Die entsprechende Ausrüstung ist vorzuhalten.

Je nach Einbindung in das Grundwasser sind weitere Maßnahmen zu planen. Nach Vorliegen der endgültigen Planung ist hierüber zu entscheiden.

Es wird empfohlen, vor und während der Bauphase den Grundwasserstand, z.B. in einer temporären Messstelle, kontinuierlich zu messen.

Für die Ausführung der Wasserhaltungsmaßnahmen ist bei der unteren Verwaltungsbehörde (Landratsamt) eine wasserrechtliche Erlaubnis zu beantragen.

6.7 Abdichtung und Dränage

Da Untergeschosse zumindest temporär unterhalb des Bemessungswasserspiegels liegen, muss eine Abdichtung gegen drückendes Wasser (nach DIN 18195-6) vorgesehen werden. Die Abdichtung kann durch Ausführung der relevanten Bauwerksabschnitte aus WU-Beton oder wannenförmig mit Dichtungsbahnen erfolgen und ist bis 0,3 m (Mindesthoh)e über das Niveau des Bemessungswasserspiegels auszuführen. Die darüber liegenden Bauwerksabschnitte sollten bis ca. 0.3 m über Geländeoberfläche gegen Bodenfeuchtigkeit (DIN 18195-4) bzw. nichtdruckendes Wasser (DIN 18195-5) geschützt werden. Wände und Bodenplatte sind in den entsprechenden Abschnitten auf Wasserdruck zu bemessen.

Sollten Bodenplatten nicht unterkellertes Gebäude auf den Auelehmen aufliegen, empfiehlt sich der Einbau einer kapillarbrechenden Schicht (z.B. 8/16) von mindestens 0,15 m. Zum Trennen ist zwischen dem bindigen Untergrund und der kapillarbrechenden Schicht ein Geotextil (Vlies) zu verlegen.

6.8 Erdbebengefährdung

Nach DIN 4149 (April 2005) liegt das Bauvorhaben in der Erdbebenzone 1 (Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g 0,4 m/s²). Die Untergrundverhältnisse sind der geologischen Untergrundklasse S und der Baugrundklasse C zuzuordnen.

6.9 Aushub und Wiedereinbau

Das bei der Bauausführung anfallende Material kann nach DIN 18 300 und ZTVE-StB 94 (97) in folgende Boden- und Frostempfindlichkeitsklassen eingestuft werden:

Tabelle 5: Boden- und Frostempfindlichkeitsklassen

Aushubmaterial	Bgr.	DIN 18300	ZTVE-StB 94 (97)
Auelehme	TL, ST*, SU*	4, (2)	F3: sehr frostempfindlich
Rheinkiese	GW/GI, GU	3, 5*	F1: nicht frostempfindlich F2**: gering bis mittel frostempfindlich

* mit > 30 Gew.% Steinen bis 0,01m³ bzw. < 30 Gew.% Steine von 0,01 m³-0,1 m³

** je nach Anteil von Korn unter 0,063 mm auch F1

Das Aushubmaterial aus den Auelehmen sollte aufgrund der ungünstigen Verdichtungseigenschaften (V3) nur für untergeordnete Schüttungen (Garten- und Grünflächen) verwendet werden. Bei Wasserzutritt können die Auelehme die Eigenschaften der Bodenklasse 2 annehmen.

Das Aushubmaterial aus den Rheinkiesen kann auch zum Wiedereinbau im Bereich belasteter Flächen eingesetzt werden. Die in den einschlägigen Richtlinien empfohlenen Verdichtungsanforderungen sind zu beachten.

7.0 Schlussbemerkungen

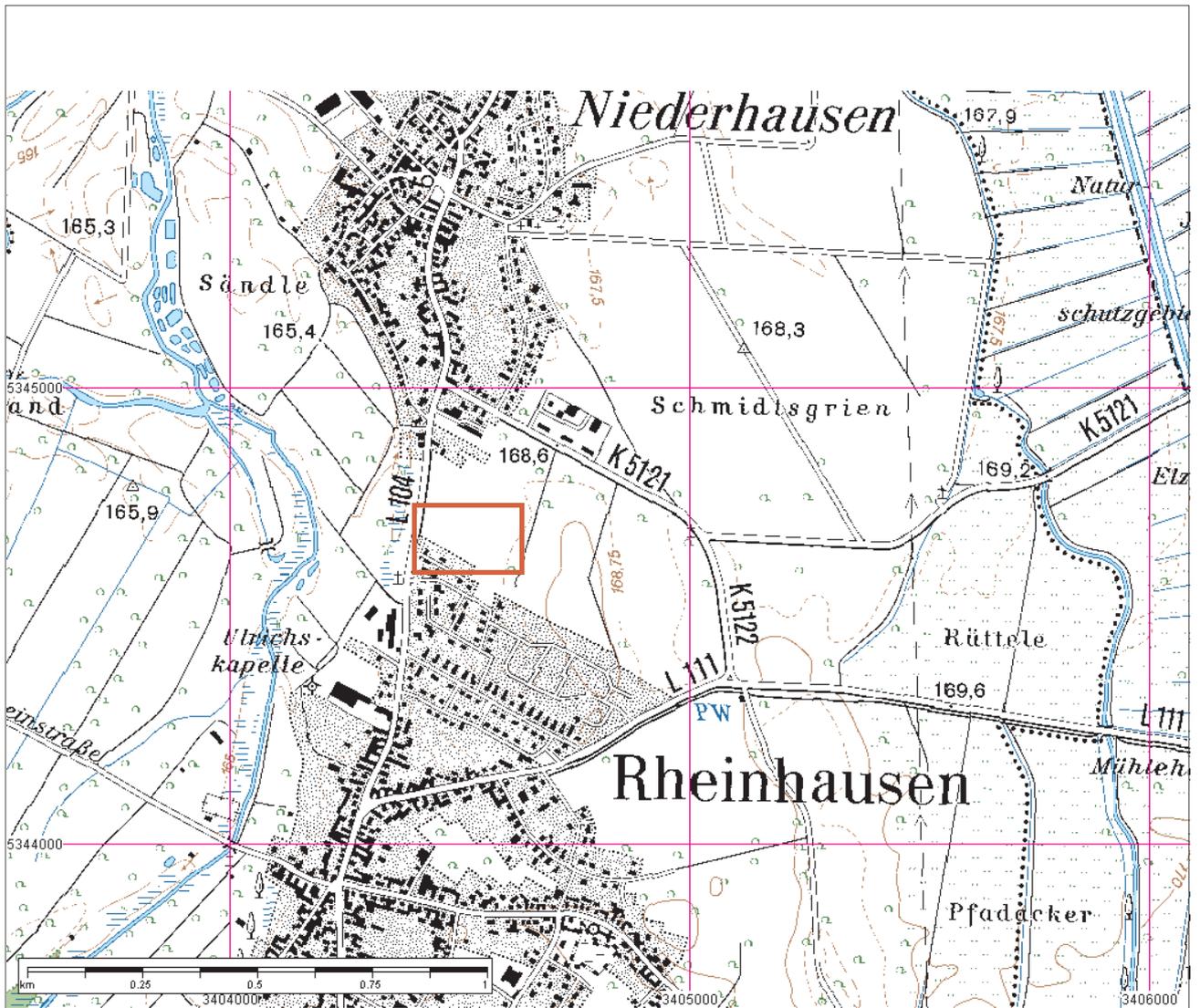
Die Ergebnisse und Aussagen des Gutachtens beziehen sich auf die stichprobenhaft gewonnen Erkenntnisse an den einzelnen Untersuchungsstellen. Bei Änderung der Planungsgrundlagen nach Kapitel 2 ist unter Umständen zu prüfen, ob die getroffenen Aussagen noch Gültigkeit besitzen.

Es wird empfohlen nach Freilegung der Fundamentgruben eine abschließende Baugrundbeurteilung (Sohlabnahme) durchzuführen. Damit kann ein Vergleich der angetroffenen Baugrundverhältnisse mit den im Gutachten beschriebenen Annahmen durchgeführt werden.

Klipfel & Lenhardt Consult GmbH

Endingen, den 17. Dezember 2010

Dipl.-Geol. M. Klipfel



Untersuchungsgebiet



Klipfel & Lenhardt Consult GmbH
Bahlinger Weg 27 ■ 79346 Eendingen
Tel: 07642/9229-70 ■ Fax: 07642/9229-89

Projekt 10/077-1

Neubau eines Mehrgenerationenhauses und
eines Lebensmittelmarktes, Rheinhausen
Geotechnisches Gutachten

Auftraggeber:

EGS GmbH
77948 Friesenheim

Titel:

Übersichtslageplan TK 25 7711/7712 Ettenheim

Bearbeiter:

MK/JS

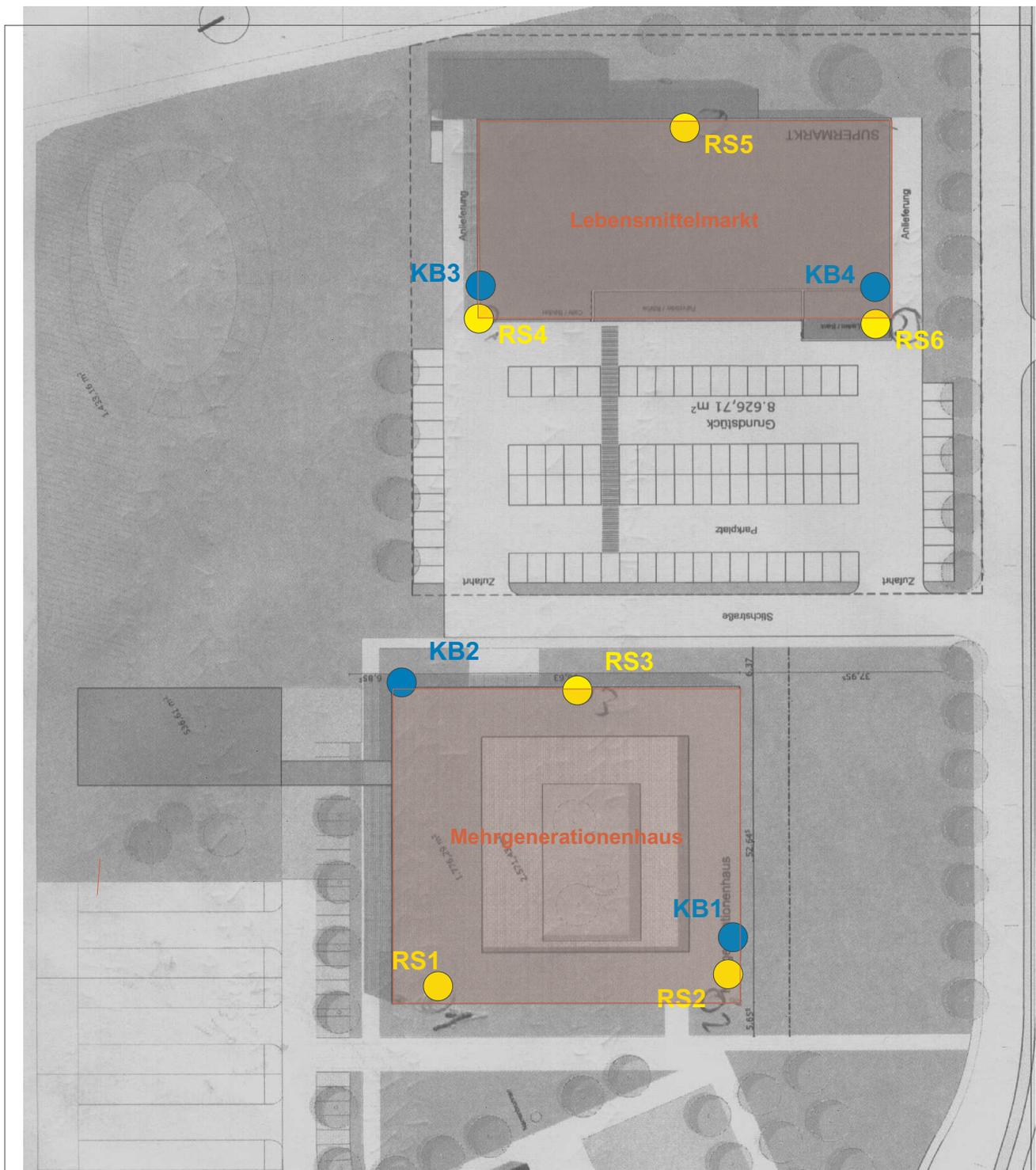
Datum:

13.12.2010

Maßstab:

1:25 000

Anlage: 1



- Rammsondierung (DPH n. DIN 4094-3)
- Kleinbohrung 60 mm



Klipfel & Lenhardt Consult GmbH
 Bahlinger Weg 27 • 79346 Endingen
 Tel: 07642/9229-70 • Fax: 07642/9229-89

Projekt 10/077-1

Neubau eines Mehrgenerationenhauses und
 eines Lebensmittelmarktes, Rheinhausen
 Geotechnisches Gutachten

Auftraggeber:

EGS GmbH
 77948 Friesenheim

Titel:

Detailplan mit Lage der Baugrundaufschlüsse

Bearbeiter:
 MK/JS

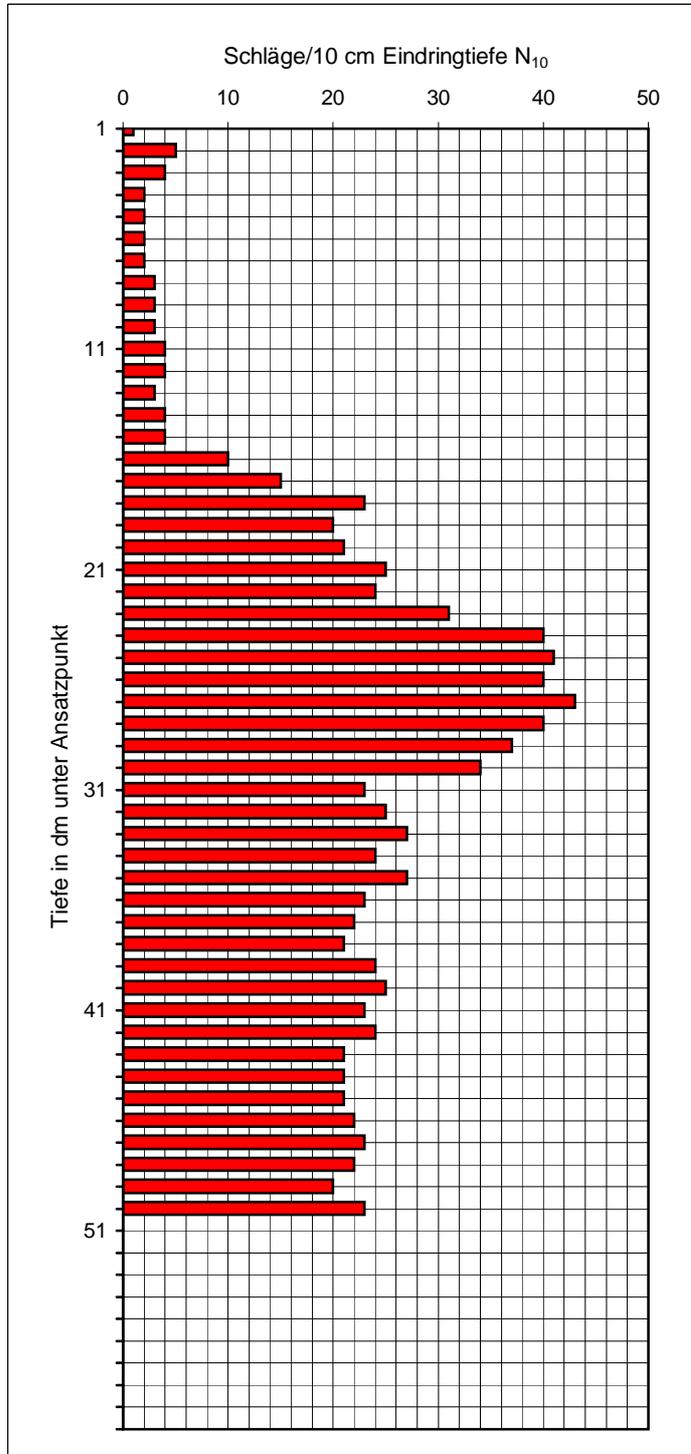
Datum:
 13.12.2010

Maßstab:
 1:1000

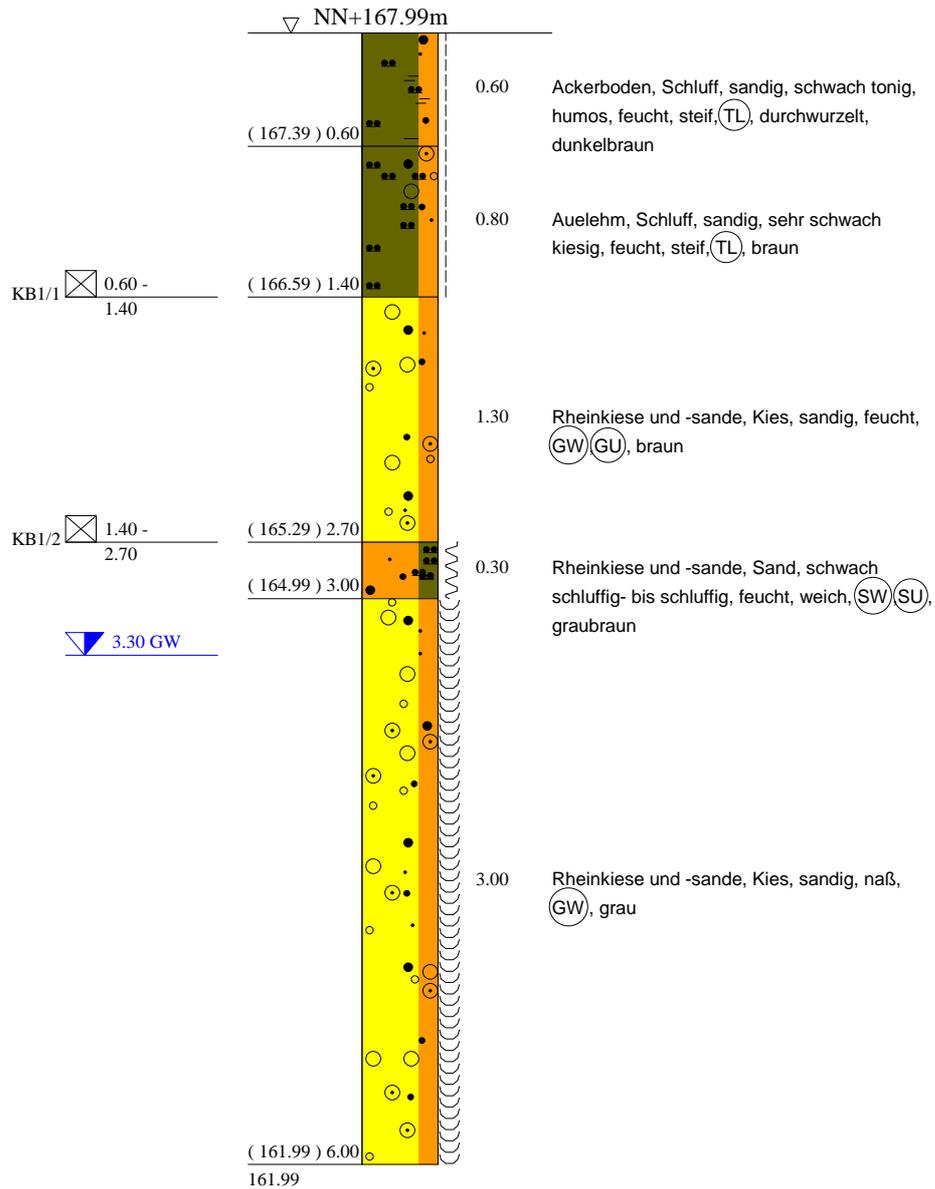
Anlage: 2

Meßprotokoll für Rammsondierungen nach DIN 4094-3			
Auftragnehmer: KLC	Projektnummer: 10/019	Anlage: 3	
Bauvorhaben: EGS, BV Rheinhausen		Höhe ü.NN: 168,17 m	
SondierungNr. RS1	Datum: 03.12.10	Sondierart: DPH	

Tiefe	N_{10}	Tiefe	N_{10}
0,10	1	5,10	
0,20	5	5,20	
0,30	4	5,30	
0,40	2	5,40	
0,50	2	5,50	
0,60	2	5,60	
0,70	2	5,70	
0,80	3	5,80	
0,90	3	5,90	
1,00	3	6,00	
1,10	4	6,10	
1,20	4	6,20	
1,30	3	6,30	
1,40	4	6,40	
1,50	4	6,50	
1,60	10	6,60	
1,70	15	6,70	
1,80	23	6,80	
1,90	20	6,90	
2,00	21	7,00	
2,10	25	7,10	
2,20	24	7,20	
2,30	31	7,30	
2,40	40	7,40	
2,50	41	7,50	
2,60	40	7,60	
2,70	43	7,70	
2,80	40	7,80	
2,90	37	7,90	
3,00	34	8,00	
3,10	23	8,10	
3,20	25	8,20	
3,30	27	8,30	
3,40	24	8,40	
3,50	27	8,50	
3,60	23	8,60	
3,70	22	8,70	
3,80	21	8,80	
3,90	24	8,90	
4,00	25	9,00	
4,10	23	9,10	
4,20	24	9,20	
4,30	21	9,30	
4,40	21	9,40	
4,50	21	9,50	
4,60	22	9,60	
4,70	23	9,70	
4,80	22	9,80	
4,90	20	9,90	
5,00	23	10,00	



KB1



Klipfel & Lenhardt Consult GmbH

Bahlinger Weg 27 79346 Endingen
Tel.: 07642/922970 Fax: 07642/922989

Projekt: 10/077-1
Neubau Mehrgenerationenhaus
und Supermarkt
Rheinhausen

Auftraggeber:
EGS GmbH

Titel:
Bohrprofile

Bearbeiter:
MK

Datum:
3.12.10

Anlage: 4



Klipfel & Lenhardt Consult GmbH

Bahlinger Weg 27 79346 Endingen
Tel.: 07642/922970 Fax: 07642/922989

Projekt: 10/077-1
Neubau Mehrgenerationenhaus
und Supermarkt
Rheinhausen

Auftraggeber:
EGS GmbH

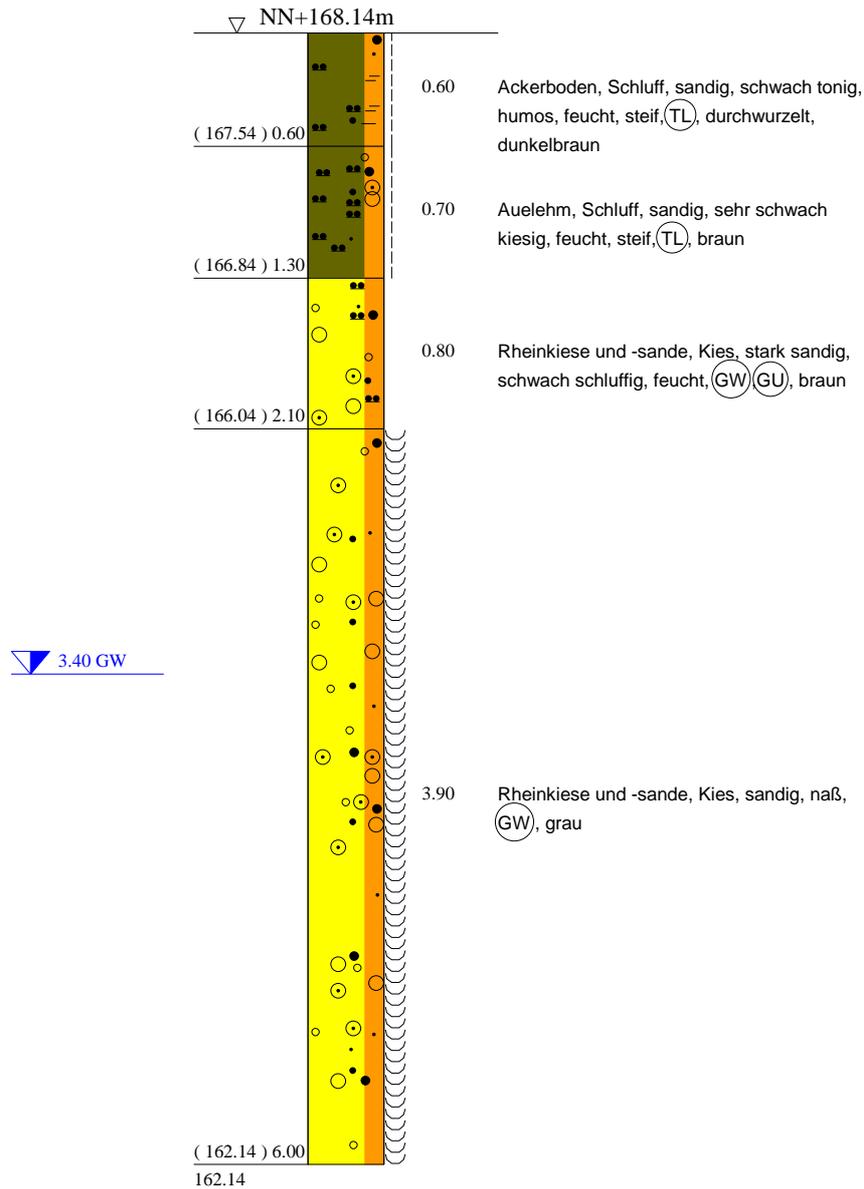
Titel:
Bohrprofile

Bearbeiter:
MK

Datum:
3.12.10

Anlage: 4

KB2



Klipfel & Lenhardt Consult GmbH

Bahlinger Weg 27 79346 Endingen
Tel.: 07642/922970 Fax: 07642/922989

Projekt: 10/077-1
Neubau Mehrgenerationenhaus
und Supermarkt
Rheinhausen

Auftraggeber:
EGS GmbH

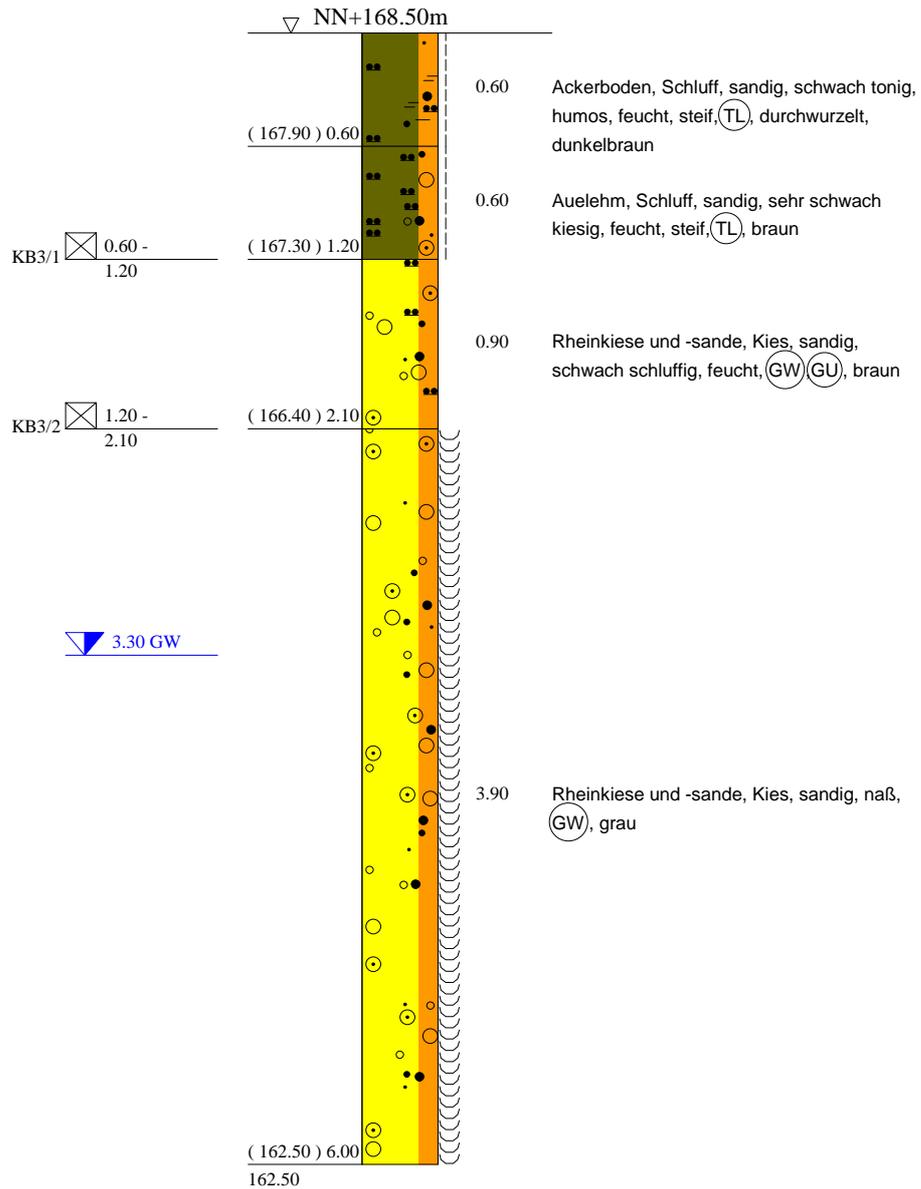
Titel:
Bohrprofile

Bearbeiter:
MK

Datum:
3.12.10

Anlage: 4

KB3



Klipfel & Lenhardt Consult GmbH

Bahlinger Weg 27 79346 Endingen
Tel.: 07642/922970 Fax: 07642/922989

Projekt: 10/077-1
Neubau Mehrgenerationenhaus
und Supermarkt
Rheinhausen

Auftraggeber:
EGS GmbH

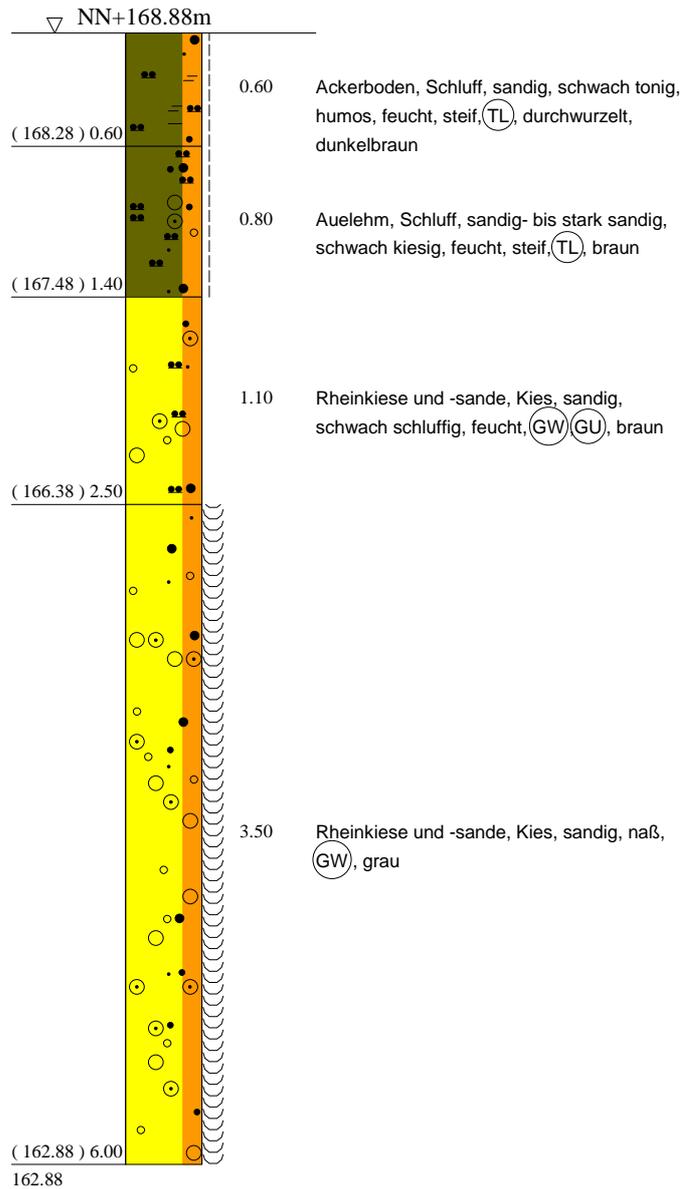
Titel:
Bohrprofile

Bearbeiter:
MK

Datum:
3.12.10

Anlage: 4

KB4



Klipfel & Lenhardt Consult GmbH

Bahlinger Weg 27 79346 Endingen
Tel.: 07642/922970 Fax: 07642/922989

Projekt: 10/077-1
Neubau Mehrgenerationenhaus
und Supermarkt
Rheinhausen

Auftraggeber:
EGS GmbH

Titel:
Bohrprofile

Bearbeiter:
MK

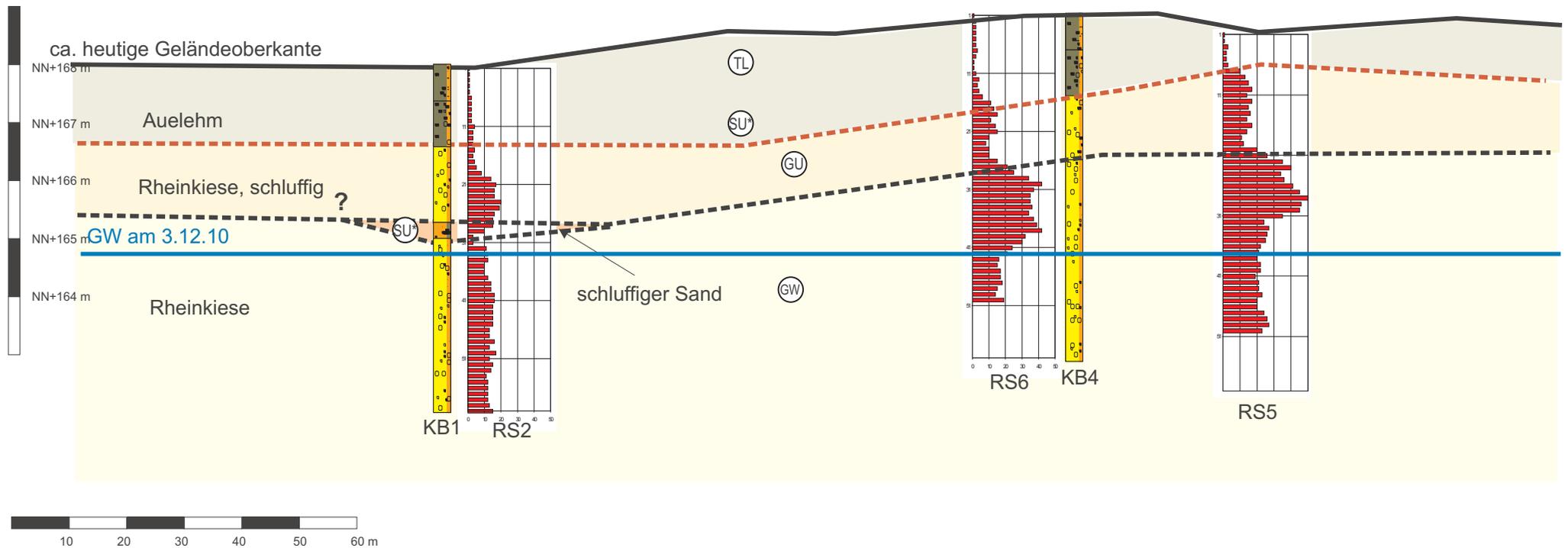
Datum:
3.12.10

Anlage: 4

SE

NW

FFB-Niveaus sind noch nicht festgelegt



Die einzelnen Aufschlüsse liegen nicht zwingend auf einer Profillinie. Schichtgrenzen zwischen den einzelnen Punkten sind interpoliert.

BS: Kleinbohrung
KB: Rammsondierung (DPH)

⊙ Bodengruppe n. DIN 18 196

--- Oberkante gut tragfähiger Baugrund

Projekt 10/077-1
**Neubau eines Mehrgenerationenhauses und
eines Lebensmittelmarktes, Rheinhausen, Geotechnisches Gutachten**

Auftraggeber:
EGS GmbH, 77948 Friesenheim

Titel:
Geotechnisches Profil (schematisch)

Bearbeiter:
MK/JS

Datum:
14.12.2010

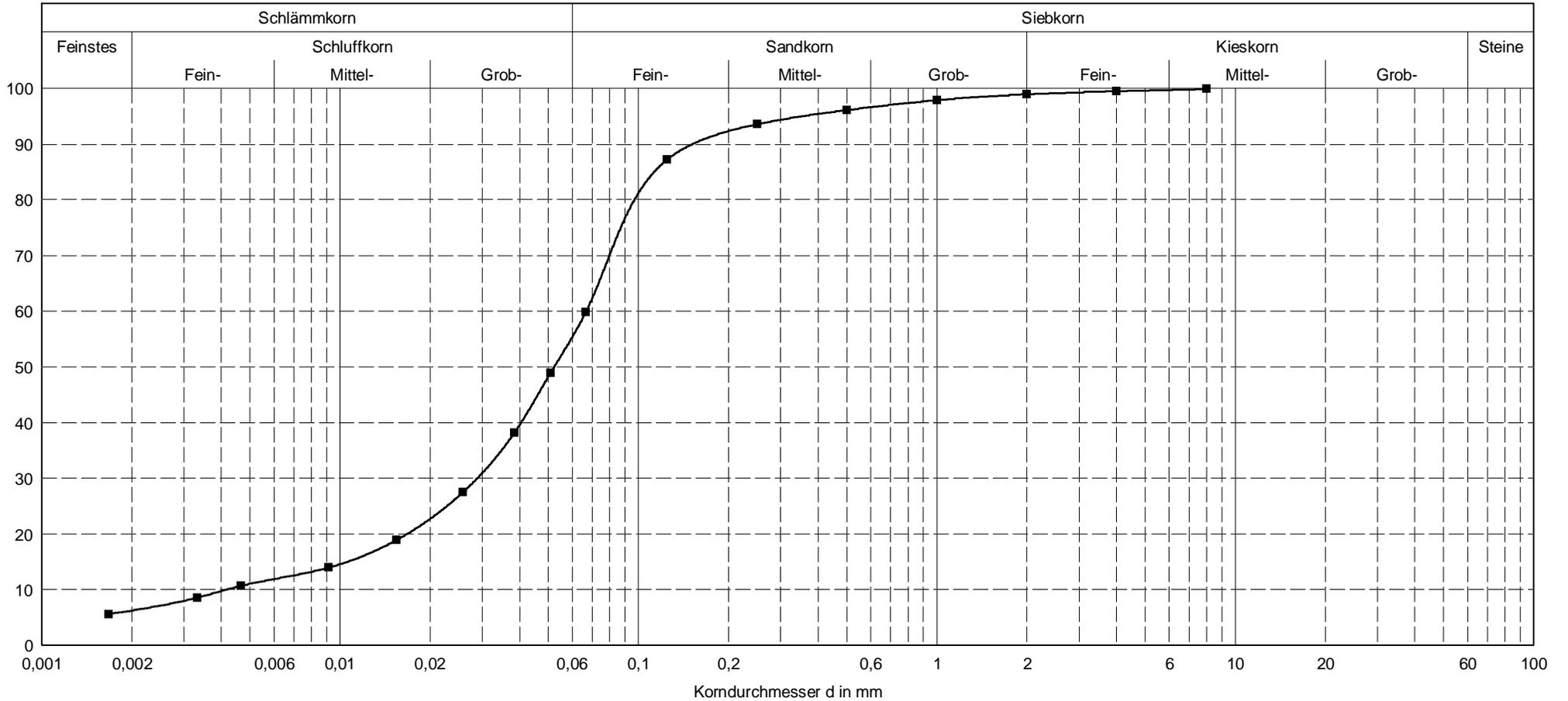
Maßstab:
L / H 1:1000/ 1:100

Anlage:
5



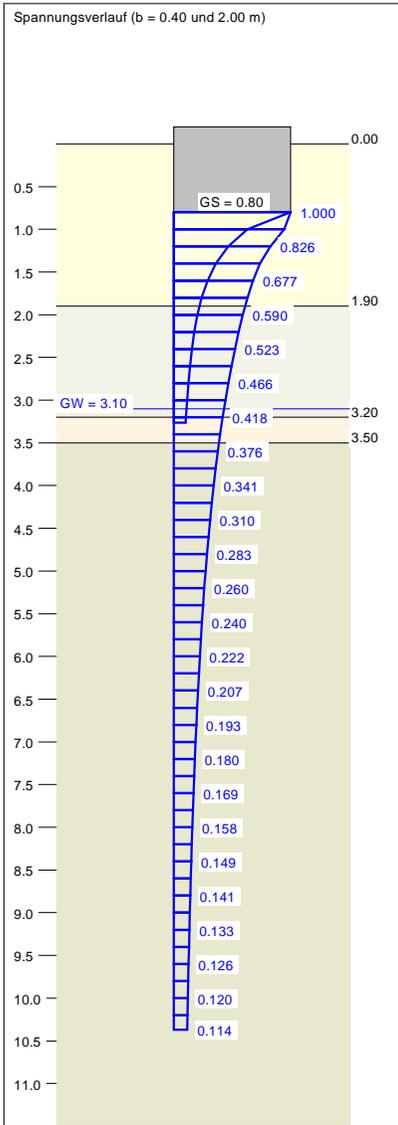
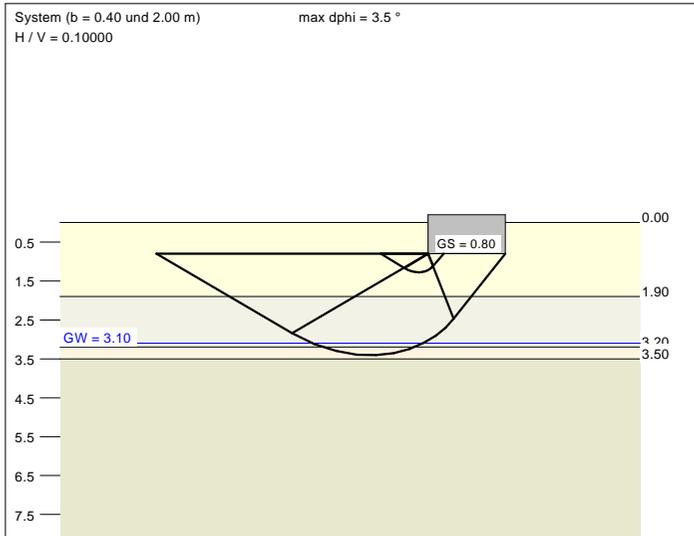
Klipfel & Lenhardt Consult GmbH
Bahlinger Weg 27 ■ 79346 Eendingen
Tel: 07642/9229-70 ■ Fax: 07642/9229-89

Prüfung DIN 18 123 - 7



Probe	Signatur	Entnahmetiefe	Bodenart	H2O-Gehalt [%]	Korndichte [g/cm³]	k [m/s]	U (d60/d10)	Cc	Bemerkungen
KB 1 / 1	—■—■—				2,680		16,0	3,0	

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	27.5	0.0	8.0	0.00	Auelehm
	19.0	10.0	32.5	0.0	60.0	0.00	Rheinkies schluffig
	20.0	12.0	27.5	0.0	12.0	0.00	Sandlinse
	22.0	14.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Rheinkiese

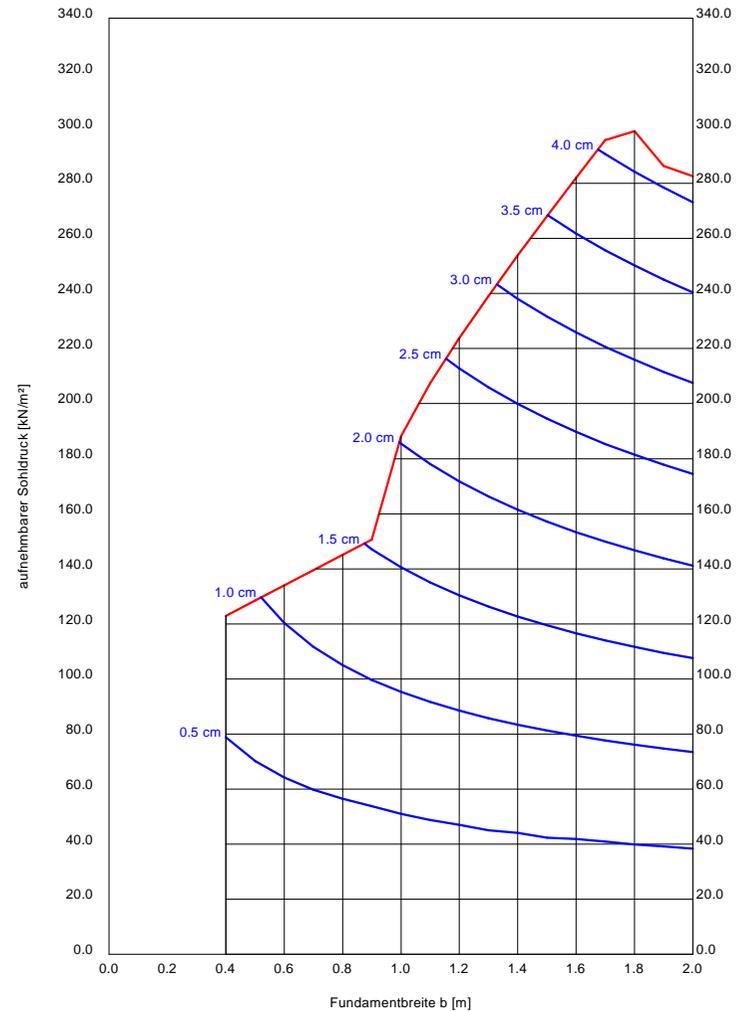


a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	$\sigma_{\bar{0}}$ [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]
50.00	0.40	123.0	49.2	0.80	27.5	0.00	20.00	16.00	3.27	1.28
50.00	0.50	128.5	64.2	0.97	27.5	0.00	20.00	16.00	3.73	1.40
50.00	0.60	134.0	80.4	1.12	27.5	0.00	20.00	16.00	4.15	1.52
50.00	0.70	139.6	97.7	1.26	27.5	0.00	20.00	16.00	4.56	1.64
50.00	0.80	145.1	116.1	1.40	27.5	0.00	20.00	16.00	4.96	1.76
50.00	0.90	150.6	135.5	1.54	27.5	0.00	20.00	16.00	5.34	1.88
50.00	1.00	188.2	188.2	2.03	29.0	0.00	19.96	16.00	6.26	2.06
50.00	1.10	207.4	228.1	2.34	29.4	0.00	19.90	16.00	6.85	2.21
50.00	1.20	223.8	268.6	2.64	29.8	0.00	19.84	16.00	7.40	2.36
50.00	1.30	239.1	310.9	2.92	30.0	0.00	19.80	16.00	7.92	2.50
50.00	1.40	253.8	355.3	3.21	30.2	0.00	19.75	16.00	8.42	2.65
50.00	1.50	268.1	402.1	3.49	30.4	0.00	19.71	16.00	8.91	2.79
50.00	1.60	282.0	451.2	3.78	30.5	0.00	19.67	16.00	9.38	2.94
50.00	1.70	295.6	502.6	4.07	30.7	0.00	19.64	16.00	9.85	3.08
50.00	1.80	299.0	538.2	4.22	30.5	0.00	19.53	16.00	10.16	3.21
50.00	1.90	286.3	544.0	4.12	30.0	0.00	19.42	16.00	10.20	3.29
50.00	2.00	282.5	565.1	4.14	29.8	0.00	19.26	16.00	10.37	3.41

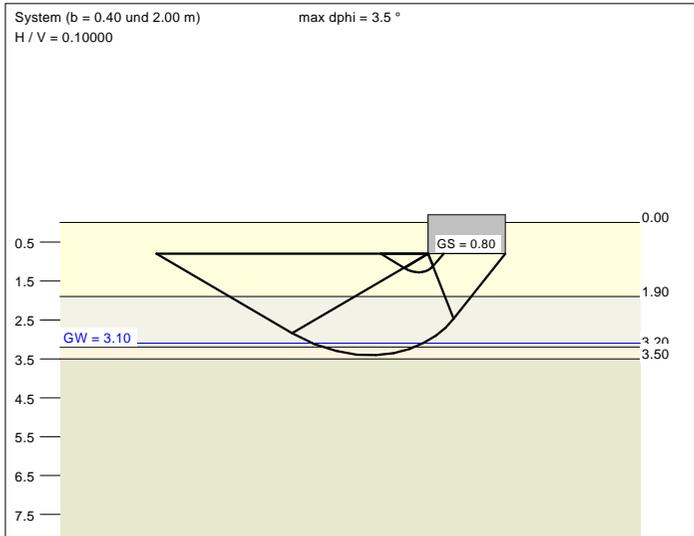
zul $\sigma = \sigma_{01,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{01,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{01,k} / 1.89$
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00

Berechnungsgrundlagen:
Rheinhausen, Gründung Auelehm
Grundbruchformel nach DIN 4017 (neu)
Teilsicherheitskonzept
Streifenfundament (a = 50.00 m)
 $\gamma (Gr) = 1.40$
 $\gamma (G) = 1.35$
 $\gamma (Q) = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.0 %

H/V = 0.1000
Gründungssohle = 0.80 m
Grundwasser = 3.10 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenziefen spannungsvariabel bestimmt
aufnehmbarer Sohldruck
Setzungen

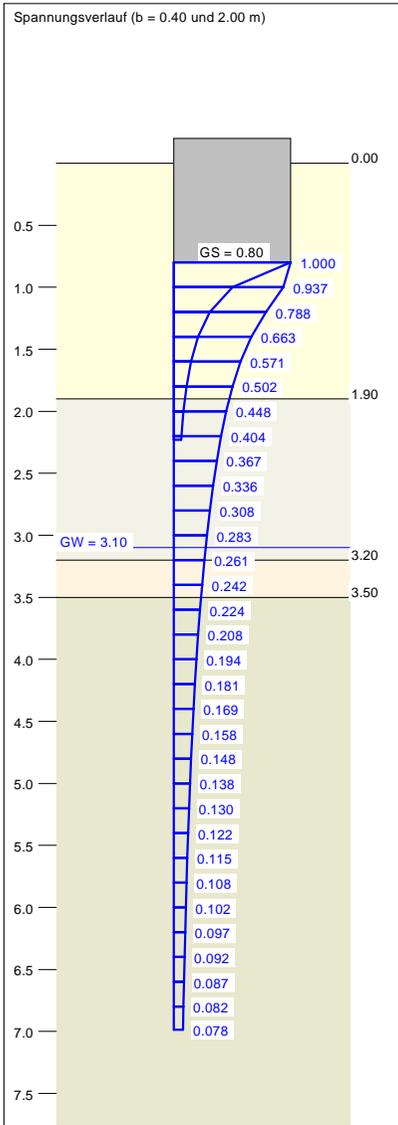


Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	27.5	0.0	8.0	0.00	Auelehme
	19.0	10.0	32.5	0.0	60.0	0.00	Rheinkies schluffig
	20.0	12.0	27.5	0.0	12.0	0.00	Sandlinse
	22.0	14.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Rheinkiese



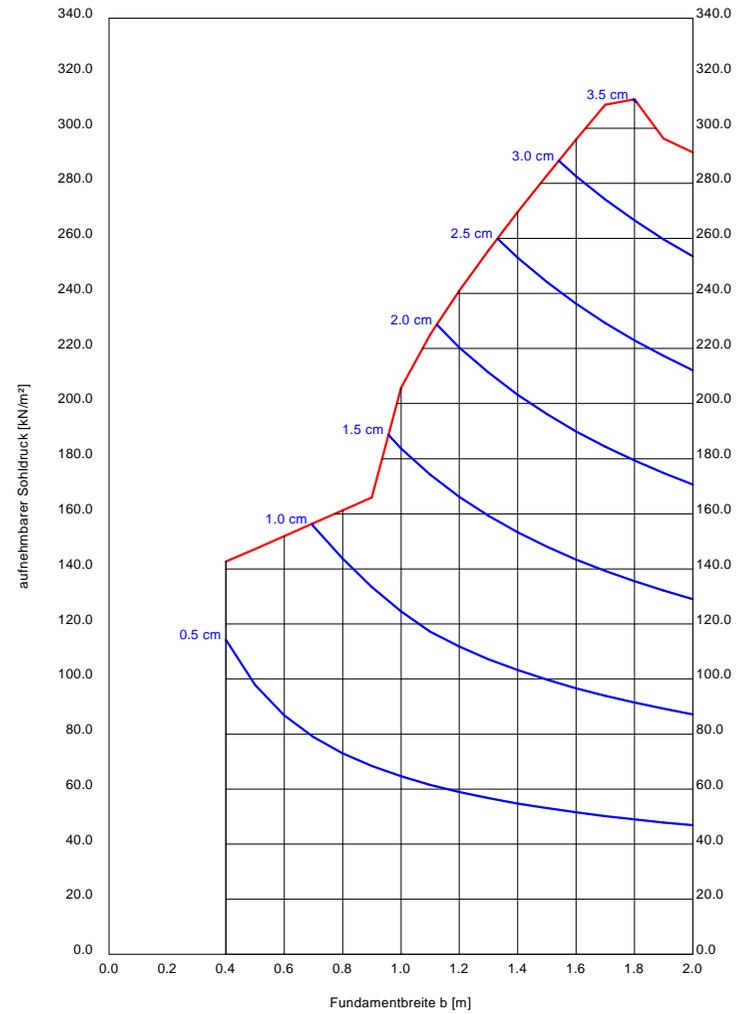
a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	$\sigma_{\bar{0}}$ [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]
0.80	0.40	142.6	45.6	0.63	27.5	0.00	20.00	16.00	2.23	1.28
1.00	0.50	147.3	73.6	0.76	27.5	0.00	20.00	16.00	2.50	1.40
1.20	0.60	151.9	109.4	0.89	27.5	0.00	20.00	16.00	2.76	1.52
1.40	0.70	156.6	153.4	1.01	27.5	0.00	20.00	16.00	3.01	1.64
1.60	0.80	161.2	206.4	1.13	27.5	0.00	20.00	16.00	3.28	1.76
1.80	0.90	165.9	268.7	1.27	27.5	0.00	20.00	16.00	3.55	1.88
2.00	1.00	205.8	411.6	1.68	29.0	0.00	19.96	16.00	4.08	2.06
2.20	1.10	225.0	544.5	1.95	29.4	0.00	19.90	16.00	4.45	2.21
2.40	1.20	241.0	694.1	2.19	29.8	0.00	19.84	16.00	4.80	2.36
2.60	1.30	255.7	864.3	2.43	30.0	0.00	19.80	16.00	5.15	2.50
2.80	1.40	269.6	1056.9	2.67	30.2	0.00	19.75	16.00	5.48	2.65
3.00	1.50	283.0	1273.4	2.91	30.4	0.00	19.71	16.00	5.82	2.79
3.20	1.60	295.9	1515.1	3.14	30.5	0.00	19.67	16.00	6.15	2.94
3.40	1.70	308.5	1783.2	3.38	30.7	0.00	19.64	16.00	6.47	3.08
3.60	1.80	310.5	2012.3	3.51	30.5	0.00	19.53	16.00	6.72	3.21
3.80	1.90	296.2	2138.7	3.43	30.0	0.00	19.42	16.00	6.82	3.29
4.00	2.00	291.2	2329.7	3.46	29.8	0.00	19.26	16.00	6.98	3.41

zul $\sigma = \sigma_{01,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{01,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{01,k} / 1.89$
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00

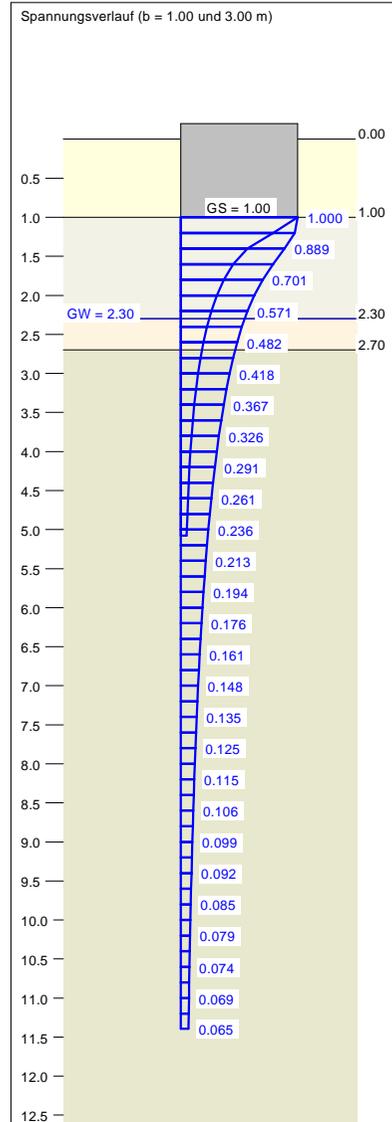
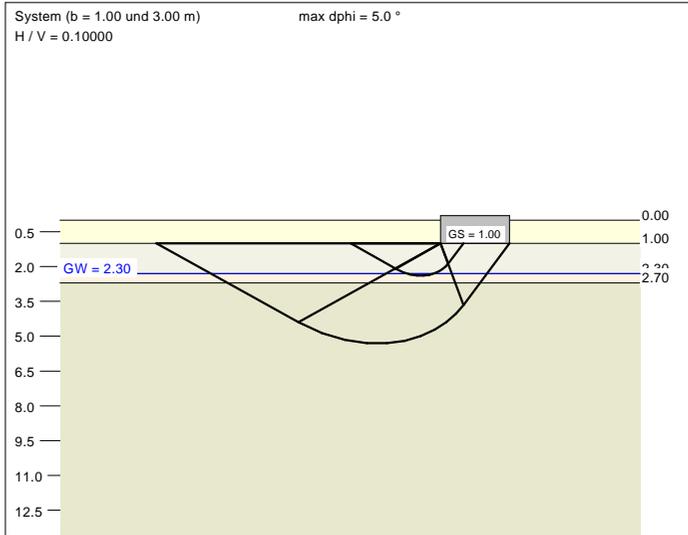


Berechnungsgrundlagen:
Rheinhausen, Gründung Auelehme
Grundbruchformel nach DIN 4017 (neu)
Teilsicherheitskonzept
Einzelfundament (a/b = 2.00)
 $\gamma (G) = 1.40$
 $\gamma (Q) = 1.35$
 $\gamma (Q) = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.0 %

H/V = 0.1000
Gründungssohle = 0.80 m
Grundwasser = 3.10 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
— aufnehmbare Sohlldruck
— Setzungen



Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	27.5	0.0	8.0	0.00	Auelehm
	19.0	10.0	32.5	0.0	60.0	0.00	Rheinkies schluffig
	20.0	12.0	27.5	0.0	12.0	0.00	Sandlinse
	22.0	14.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Rheinkiese

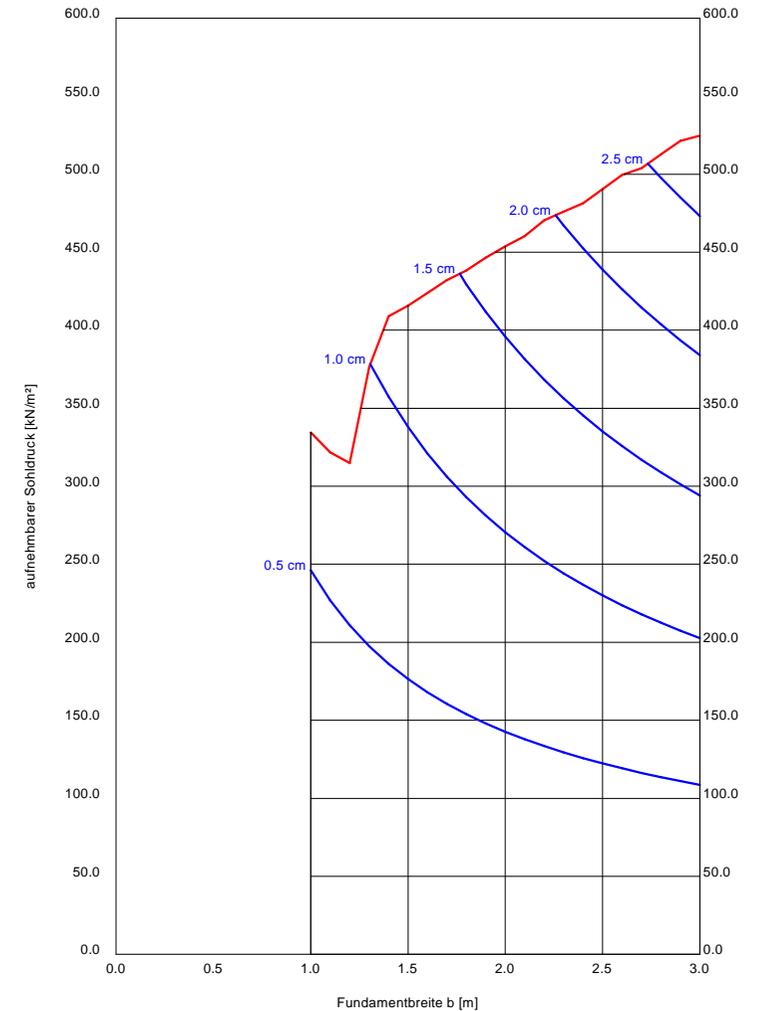


a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	$\sigma_{\bar{0}}$ [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]
2.00	1.00	334.5	669.0	0.69	31.5	0.00	18.89	20.00	5.08	2.39
2.20	1.10	321.6	778.3	0.72	31.1	0.00	18.65	20.00	5.29	2.50
2.40	1.20	314.9	906.9	0.76	30.8	0.00	18.39	20.00	5.53	2.62
2.60	1.30	376.4	1272.2	0.99	32.0	0.00	17.96	20.00	6.15	2.83
2.80	1.40	409.0	1603.3	1.15	32.5	0.00	17.69	20.00	6.61	3.01
3.00	1.50	415.7	1870.7	1.24	32.5 *	0.00	17.49	20.00	6.93	3.16
3.20	1.60	423.7	2169.4	1.34	32.5 *	0.00	17.31	20.00	7.24	3.30
3.40	1.70	432.0	2496.9	1.44	32.5 *	0.00	17.15	20.00	7.56	3.45
3.60	1.80	438.2	2839.5	1.53	32.5 *	0.00	17.01	20.00	7.86	3.59
3.80	1.90	446.4	3223.2	1.63	32.5 *	0.00	16.87	20.00	8.17	3.74
4.00	2.00	453.8	3630.0	1.73	32.5 *	0.00	16.75	20.00	8.47	3.88
4.20	2.10	460.3	4060.1	1.83	32.5 *	0.00	16.65	20.00	8.77	4.02
4.40	2.20	470.3	4552.7	1.94	32.5 *	0.00	16.54	20.00	9.09	4.17
4.60	2.30	476.1	5036.6	2.04	32.5 *	0.00	16.45	20.00	9.37	4.31
4.80	2.40	481.3	5544.5	2.14	32.4 *	0.00	16.36	20.00	9.65	4.45
5.00	2.50	490.5	6131.2	2.25	32.5 *	0.00	16.27	20.00	9.96	4.59
5.20	2.60	499.6	6754.6	2.37	32.5 *	0.00	16.19	20.00	10.27	4.74
5.40	2.70	503.9	7346.2	2.46	32.4 *	0.00	16.13	20.00	10.53	4.88
5.60	2.80	512.6	8038.0	2.58	32.5 *	0.00	16.06	20.00	10.84	5.02
5.80	2.90	521.3	8769.0	2.70	32.5 *	0.00	15.99	20.00	11.13	5.17
6.00	3.00	524.8	9445.6	2.79	32.4 *	0.00	15.93	20.00	11.39	5.31

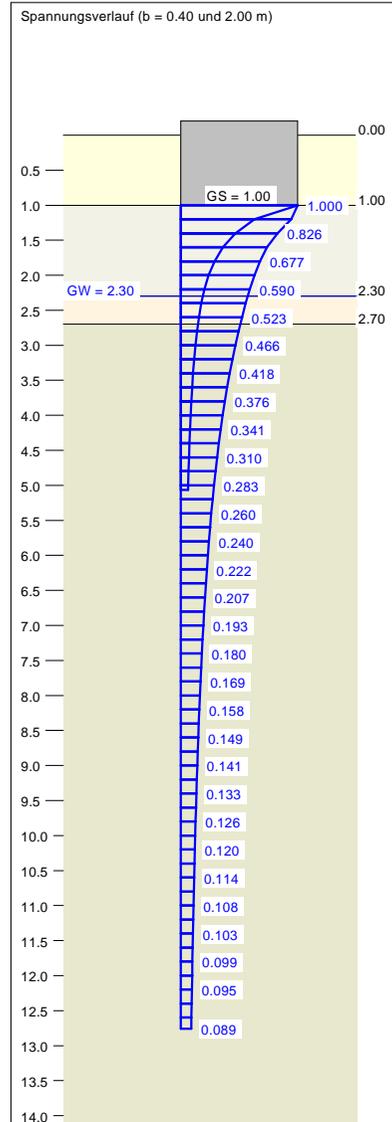
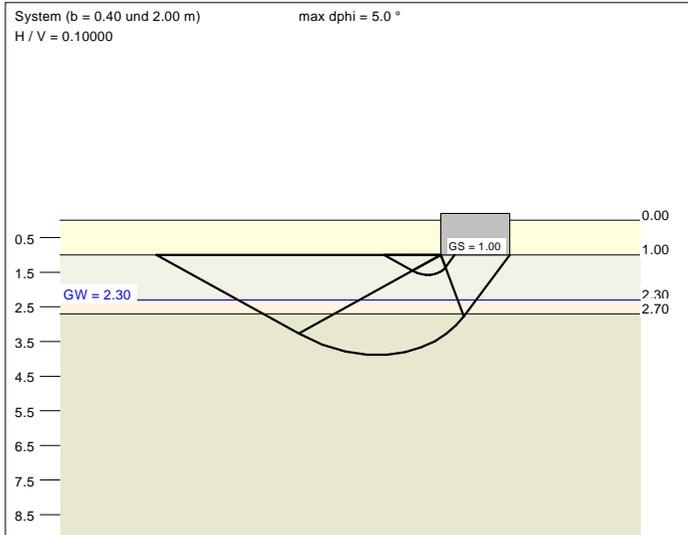
* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $zul \sigma = \sigma_{0f,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{0f,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{0f,k} / 1.89$
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00

Berechnungsgrundlagen:
 Rheinhausen, Tiefgründung Rheinkiese
 Grundbruchformel nach DIN 4017 (neu)
 Teilsicherheitskonzept
 Einzelfundament (a/b = 2.00)
 $\gamma(G) = 1.40$
 $\gamma(Q) = 1.35$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.0 %

H/V = 0.1000
 Gründungssohle = 1.00 m
 Grundwasser = 2.30 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
 — aufnehmbare Sohlendruck
 — Setzungen



Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	27.5	0.0	8.0	0.00	Auelehm
	19.0	10.0	32.5	0.0	60.0	0.00	Rheinkies schluffig
	20.0	12.0	27.5	0.0	12.0	0.00	Sandlinse
	22.0	14.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Rheinkiese



a [m]	b [m]	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN/m]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	$\sigma_{\bar{0}}$ [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]
50.00	0.40	269.4	107.8	0.46	32.5	0.00	19.00	20.00	5.07	1.58
50.00	0.50	281.2	140.6	0.58	32.5	0.00	19.00	20.00	5.72	1.72
50.00	0.60	292.9	175.8	0.71	32.5	0.00	19.00	20.00	6.34	1.86
50.00	0.70	304.7	213.3	0.83	32.5	0.00	19.00	20.00	6.92	2.01
50.00	0.80	316.4	253.2	0.97	32.5	0.00	19.00	20.00	7.48	2.15
50.00	0.90	328.2	295.4	1.10	32.5	0.00	19.00	20.00	8.01	2.30
50.00	1.00	298.9	298.9	1.08	31.5	0.00	18.89	20.00	8.05	2.39
50.00	1.10	289.5	318.4	1.11	31.1	0.00	18.65	20.00	8.28	2.50
50.00	1.20	285.2	342.3	1.17	30.8	0.00	18.39	20.00	8.54	2.62
50.00	1.30	342.5	445.3	1.51	32.0	0.00	17.96	20.00	9.61	2.83
50.00	1.40	374.2	523.9	1.76	32.5	0.00	17.69	20.00	10.32	3.01
50.00	1.50	382.4	573.6	1.89	32.5 *	0.00	17.49	20.00	10.74	3.16
50.00	1.60	391.7	626.8	2.02	32.5 *	0.00	17.31	20.00	11.16	3.30
50.00	1.70	401.4	682.3	2.17	32.5 *	0.00	17.15	20.00	11.58	3.45
50.00	1.80	409.0	736.2	2.30	32.5 *	0.00	17.01	20.00	11.96	3.59
50.00	1.90	418.5	795.2	2.44	32.5 *	0.00	16.87	20.00	12.37	3.74
50.00	2.00	427.2	854.4	2.58	32.5 *	0.00	16.75	20.00	12.76	3.88

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
zul $\sigma = \sigma_{0f,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{0f,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{0f,k} / 1.89$
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00

Berechnungsgrundlagen:
Rheinhausen, Tiefgründung Rheinkiese
Grundbruchformel nach DIN 4017 (neu)
Teilsicherheitskonzept
Streifenfundament (a = 50.00 m)
 $\gamma(G) = 1.40$
 $\gamma(Q) = 1.35$
 $\gamma(Q) = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.0 %

H/V = 0.1000
Gründungssohle = 1.00 m
Grundwasser = 2.30 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
aufnehmbarer Sohldruck
Setzungen

