

Gutachten
Beratung
Planung

GuD GEOTECHNIK und
DYNAMIK CONSULT GmbH



GuD GEOTECHNIK und DYNAMIK CONSULT GmbH
Darwinstraße 13 • 10589 Berlin

BERATENDE INGENIEURE
Öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige
und Prüfsachverständige für Erd- und Grundbau
Darwinstraße 13 • 10589 Berlin
Tel.: (030) 78 90 89-0 Fax: (030) 78 90 89-89
e-mail: office@gudconsult.de
www.gudconsult.de

Ingenieurleistungen im Bauwesen und der
Geotechnik

29.04.2014

WS/Sa

Verflüssigungsnachweis nach KTA 2201.2 und NCEER-Workshop 1996/1998 für das Gebäude 12.6 mit AVR-Behälterlager der Forschungszentrum Jülich GmbH

— Gutachterliche Kurzstellungnahme —

Zum Nachweis der potentiellen Bodenverflüssigung im Lastfall Erdbeben nach dem in KTA 2201.2 /1/ gegebenen Nachweisverfahren unter dem Gebäude 12.6 mit AVR-Behälterlager auf dem Gelände des FZ Jülich wurden Anfang 2013 erste Untersuchungen durchgeführt. Grundlage dieser Untersuchung waren Erkundungsbohrungen und Sondierungen, die nicht am Gebäude 12.6 selbst, sondern in dessen näherer Umgebung durchgeführt wurden. Die Untersuchungen konnten eine Bodenverflüssigung nicht sicher ausschließen.

Für eine genauere Beurteilung der Bodenverflüssigungsgefahr am Standort des Gebäudes 12.6 mit AVR-Behälterlager wurde deshalb in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde BfS im Herbst und Winter 2013/2014 ein umfangreiches Bohr- und Erkundungsprogramm mit Niederbringung von 4 tiefen Erkundungsbohrungen und 15 Drucksondierungen in unmittelbarer Nähe zum Gebäude 12.6 durchgeführt, um den Untergrund bis in eine Tiefe von 50 m zu erkunden und die Parameter für die nach KTA 2201 erforderlichen Erdbebennachweise standortbezogen zu identifizieren.

Geschäftsleitung: Prof. Dr.-Ing. Kurt-M. Borchert¹⁾²⁾⁵⁾ • Dipl.-Ing. Hans L. Hebener¹⁾³⁾ • Dr. rer. nat. Götz Hirschberg • Dr.-Ing. Fabian Kirsch¹⁾
Dr.-Ing. Jens Mittag¹⁾ • Prof. Dr.-Ing. Thomas Richter¹⁾⁴⁾ • Univ. Prof. Dr.-Ing. Stavros Savidis¹⁾ • Dipl.-Ing. Univ. Nikolaus Schneider
Dipl.-Ing. Kerstin Deterding⁵⁾ (ppa.) • Dipl.-Ing. Josef-A. Patron (ppa.)

1) Anerkannte Prüfsachverständige für den Erd- und Grundbau.

2) von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugruben, Injektionen und Bauwerksabdichtungen im Untergrund.

3) von der Baukammer Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Spezialtiefbau, Schwingungen im Baugrund und Bauwerk, Gründungsschäden.

4) von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gründungen, Wasserhaltungen, Erschütterungen im Baugrund.

5) EBA-Gutachter für Geotechnik bei Baumaßnahmen im Eisenbahnbau.

Handelsregister Nr.:
HRB 16 439
Berlin-Charlottenburg

Berliner Volksbank
BLZ 100 900 00 BIC: BEVODE33
Konto 2094 096 009 IBAN-Nr.: DE47100900002094096009

■ Michendorf ■ Köln
■ Leipzig ■ Athen
■ Hamburg ■ New Delhi

K:\AVR-B_G138.13\SCHRIFTVERKEHR\2014-04-29\2014-04-29_G138.1_Bewertung-Verflüssigung.docx

Gutachterlich KurzstellungnahmeVerflüssigungsgefahr AVR-Behälterlager

Wir wurden beauftragt, auf Grundlage dieser Untersuchungen einen Nachweis der Bodenverflüssigung nach KTA 2201.2 /1/ und nach den Empfehlungen des NCEER-Workshops 1996/1998 /2/ durchzuführen.

Der Nachweis nach KTA ist ein konservatives, zweistufiges Verfahren. Im der ersten Stufe wird ein Ausschlusskriterium aufgrund der Sieblinien der jeweiligen Schichten angewendet. Liegen die Sieblinien nicht in einem der eng begrenzten unkritischen Bereiche, so ist in der zweiten Stufe ein weiterer Nachweis unter überschlägiger Berücksichtigung der seismischen Einwirkung und der in-situ Lagerungsdichte anzuwenden. Kann auch nach dem zweiten Kriterium eine Verflüssigung nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden, sind genauere Untersuchungen erforderlich, deren Form und Umfang nicht näher spezifiziert werden.

Das Verfahren nach den Empfehlungen des NCEER-Workshops wird allgemein als „vereinfachtes Verfahren“ bezeichnet. Zur Ermittlung der geologisch-geotechnischen Standortparameter sind Sondierungen erforderlich, die in normierter Form in eine Größe zur Beschreibung des Widerstandes gegen Verflüssigung umgerechnet werden. Diese Größe wird der seismischen Einwirkung gegenübergestellt, und man erhält eine Sicherheit gegen Verflüssigung FS (factor of safety). Ergibt sich $FS < 1$, so kann eine Verflüssigung nicht ausgeschlossen werden. Die Herleitung des Verfahrens beruht auf der statistischen Auswertung aufgetretener Schadensfälle. Mit diesem Verfahren ist gegenüber dem Nachweisverfahren nach KTA 2201.2 eine deutlich präzisere Identifikation kritischer Schichten möglich.

Die Nachweise nach KTA 2201.2 ergaben, dass lokal für hinsichtlich der Kornverteilung kritische Teufenbereiche bis zu einer Tiefe von 50 m unter GOK eine Verflüssigung nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden kann. Demnach sind die betroffenen Schichten verflüssigungsgefährdet, und es sind genauere Untersuchungen erforderlich.

Die Nachweise der Bodenverflüssigung nach NCEER-Workshop ergaben, dass in wenigen, vergleichsweise geringmächtigen Bereichen/Schichten bis zu einer Tiefe von ca. 30 m unter GOK eine Bodenverflüssigungsgefahr besteht. Damit konnte für einige der nach KTA 2201.2 als verflüssigungsgefährdet einzustufende Schichten nachgewiesen werden, dass keine Verflüssigungsgefahr besteht.

Nach unserer Einschätzung und den Empfehlungen des KTA-Regelwerkes sind somit für die betroffenen Schichten genauere Untersuchungen notwendig, die gegenwärtig durchgeführt werden. Diese Untersuchungen umfassen eine genauere Erfassung der durch die seismische Einwirkungen hervorgerufenen Beanspruchungen des Untergrundes, die gegenwärtig von SDA-engineering

Gutachterlich Kurzstellungnahme

Verflüssigungsgefahr AVR-Behälterlager

GmbH (AVR-BL-0058 /3/; u. a. mit neuen Dämpfungsparametern und Bodenbeschleunigungen) durchgeführt wird. Ferner wird zyklische Laborversuche durchgeführt, mit denen das reale Verflüssigungsverhalten des am Standort des Gebäudes 12.6 mit AVR-Behälterlager anstehenden Bodens unter seismischer Einwirkung experimentell ermittelt werden kann. Sollten diese Versuche zu dem Ergebnis führen, dass unter dem Bemessungserdbeben eine Verflüssigung ausgeschlossen werden kann, ist der Nachweis gegen Bodenverflüssigung erbracht.

Für Rückfragen zu dieser Stellungnahme stehe ich gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen



Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Savidis

Literaturverweise

- /1/ KTA 2201.2:2012-11 Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen – Teil 2: Baugrund. Kerntechnischer Ausschuss
- /2/ Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., et al. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 127(10), 817-833
- /3/ AVR-BL-0058 Berechnung von Freifeld-Antwortspektren für den Standort des AVR-Behälterlagers der Forschungszentrum Jülich GmbH (Technische Notiz zu Erdbebenstandortsicherheitsnachweisen). SDA-engineering GmbH, Rev. 2, (noch in Überarbeitung)

AVR-Behälterlager Jülich (Geb. 12.6)

**Genehmigungsverfahren nach § 6 AtG zur weiteren Aufbewahrung
der AVR-Brennelemente für drei Jahre**

AVR-BL-0605

Gebäude 12.6 mit AVR-Behälterlager am Forschungszentrum Jülich Vereinfachter Verflüssigungsnachweis nach KTA 2201.2 und NCEER

Einreich.-Nr.	Titel	Datum	Ersteller/ Rev.
AVR-BL-0605	Gebäude 12.6 mit AVR-Behälterlager am Forschungszentrum Jülich Vereinfachter Verflüssigungsnachweis nach KTA 2201.2 und NCEER	13.06.2014	GuD/Prof. Savidis, G 138/13A, Rev.00

Einreichungsdatum: 18.06.2014

Einreichungsnummer: **AVR-BL-0605**

Gutachten ■
Beratung ■
Planung ■
Bauüberwachung ■

**GuD GEOTECHNIK und
DYNAMIK CONSULT GmbH**



GuD GEOTECHNIK UND DYNAMIK CONSULT GmbH
Darwinstraße 13 • 10589 Berlin

BERATENDE INGENIEURE
Öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige
und Prüfsachverständige für Erd- und Grundbau

Darwinstraße 13 • 10589 Berlin
Tel.: (030) 78 90 89-0 Fax: (030) 78 90 89-89
e-mail: office@gudconsult.de
www.gudconsult.de

Ingenieurleistungen im Bauwesen und der
Geotechnik

Gebäude 12.6 mit AVR-Behälterlager am Forschungszentrum Jülich

Vereinfachter Verflüssigungsnachweis nach KTA 2201.2 und NCEER

Auftraggeber: Forschungszentrum Jülich GmbH
Leo-Brand-Straße
52428 Jülich

Bearbeiter: Dipl.-Ing. W. Schepers
M. Sc. K. Grivas

Sachverständiger: Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Savidis

Berlin, den 13.06.2014

Berichtsnummer: G 138/13A

Dieser Bericht umfasst 52 Seiten einschließlich Deckblatt und Anlagen

K:\AVR-B_G138.13\BERICHTE-GUTACHTEN\03_Verflüssigungsnachweis\G138-13A_04_Verflüssigungsnachweis-1-Rev00.WS.doc

Geschäftsleitung: Prof. Dr.-Ing. Kurt-M. Borchert¹⁾²⁾⁵⁾ • Dipl.-Ing. Hans L. Hebener¹⁾³⁾ • Dr. rer. nat. Götz Hirschberg • Dr.-Ing. Fabian Kirsch¹⁾
Dr.-Ing. Jens Mittag¹⁾ • Prof. Dr.-Ing. Thomas Richter¹⁾⁴⁾ • Univ. Prof. Dr.-Ing. Stavros Savidis • Dipl.-Ing. Univ. Nikolaus Schneider
Dipl.-Ing. Kerstin Deterding⁵⁾ (ppa.) • Dipl.-Ing. Josef-A. Patron (ppa.)

- 1) Anerkannte Prüfsachverständige für den Erd- und Grundbau.
- 2) von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Baugruben, Injektionen und Bauwerksabdichtungen im Untergrund.
- 3) von der Baukammer Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Spezialtiefbau, Schwingungen im Baugrund und Bauwerk, Gründungsschäden.
- 4) von der IHK Berlin öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gründungen, Wasserhaltungen, Erschütterungen im Baugrund.
- 5) EBA-Gutachter für Geotechnik bei Baumaßnahmen im Eisenbahnbau.

Handelsregister Nr.:
HRB 16 439
Berlin-Charlottenburg

Berliner Volksbank
BLZ 100 900 00
Konto 2094 096 009
BIC: BEVODEBB
IBAN-Nr.: DE47100900002094096009

■ Michendorf
■ Leipzig
■ Hamburg
■ Köln
■ Athen
■ New Delhi

Revisionsblatt für Bericht G 138/13A

Revision	Datum	Bemerkung	erstellt	geprüft / freigegeben
00	13.06.2014	Urfassung	WS, KG	Sa

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Referenzen	6
2.1	Unterlagen	6
2.2	Normen und Regelwerke	6
2.3	Fachliteratur	6
3	Veranlassung und Vorgeschichte	8
4	Systematisierung der Eingangsdaten	9
4.1	Auflasten	9
4.2	Grundwasserstände	10
4.3	Kenngößen für den Nachweis nach KTA 2201.2	13
4.4	Kenngößen für den Nachweis nach NCEER-Workshop	13
5	Nachweis der Verflüssigungsgefahr nach KTA 2201.2	14
5.1	Vorgehensweise	14
5.2	Beschränkungen des KTA-Verfahrens	16
5.3	Umfang der Nachweise	17
5.4	Zuordnung der Kornverteilungskurven zu Zonen nach KTA 2201.2	21
5.5	Grafische Darstellung der Sicherheit gegen Bodenverflüssigung	28
5.5.1	Bohrloch RKB 1	29
5.5.2	Bohrloch RKB 2	30
5.5.3	Bohrloch RKB 3	31
5.5.4	Bohrloch RKB 4	32
5.6	Zusammenfassung der Ergebnisse nach KTA 2201.2	33
6	Nachweis der Verflüssigungsgefahr nach NCEER-Workshop	34
6.1	Vorgehensweise	34
6.2	Umfang der Nachweise	37
6.3	Beschränkungen des Verfahrens	38
6.4	Grafische Darstellung der Sicherheit gegen Bodenverflüssigung	38
6.4.1	Sondierung CPTU 1	39
6.4.2	Sondierung CPT 2B mit CPTU 2C	40
6.4.3	Sondierung CPT 3 mit CPTU 3A	41
6.5	Zusammenfassung der Ergebnisse nach NCEER-Workshop	42
7	Unterschriften	43
Anlage A	Detaillergebnisse des Nachweises nach KTA 2201.2	45
Anlage B	Ergebnisdetails des Nachweises nach NCEER-Workshop	49

1 ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Bericht enthält die Ergebnisse der vereinfachten Nachweise der Sicherheit gegen Bodenverflüssigung am Gebäude 12.6 des Forschungszentrums Jülich. Die Nachweise erfolgen sowohl nach KTA 2201.2:2012:10 [N2], als auch nach dem Verfahren nach NCEER-Workshop [L2].

Die Berechnungen erfolgen unter Heranziehung der in Herbst und Winter 2013/2014 durchgeführten Baugrunduntersuchungen [U1] und Drucksondierungen [U2], sowie von kürzlich durchgeführten seismologischen Untersuchungen [U5].

Das KTA-Verfahren zur Abschätzung der Möglichkeit einer Bodenverflüssigung ist am Standort des Gebäudes 12.6 in seiner Anwendbarkeit beschränkt, da für die überwiegend anstehenden Sand-Schluff-Gemische keine gesicherten Korrelationen zwischen der relativen Lagerungsdichte und dem Spitzenwiderstand einer Drucksondierung existieren. An denjenigen Stellen, an denen das KTA-Verfahren ohne Einschränkung anwendbar ist, wird überwiegend ermittelt, dass keine Verflüssigung anzunehmen ist. Lediglich in der Tiefenlage von ca. 10,00 m bis 13,00 m wird prognostiziert, dass lokal eine Bodenverflüssigung nicht auszuschließen ist, und es sind genauere Untersuchungen erforderlich (siehe KTA 2201.2 [N2], Abschnitt A 4.2, Schritt 3). Mit anderen Worten: die nach KTA 2201.2 durchgeführten Nachweise ergeben, dass genauere Untersuchungen erforderlich sind, weil lokal verflüssigungsgefährdete Schichten existieren. Eine grafische Darstellung der Verflüssigungsgefahr nach dem KTA-Verfahren findet sich im Abschnitt 5.5. Eine Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse nach dem KTA-Verfahren enthält Abschnitt 5.6.

Das Verfahren nach NCEER-Workshop [L2] ergibt im Tiefenbereich von ca. 7,00 m bis ca. 41,00 m bis zu fünf eng begrenzte Bänder mit unterschiedlicher Mächtigkeit (1,0 m bis 2,0 m je nach Bohrung bzw. Sondierung), in denen eine Verflüssigung aufgrund der rechnerischen Ergebnisse nicht ausgeschlossen werden kann. Eine grafische Darstellung der Verteilung der Sicherheit gegen Bodenverflüssigung nach NCEER-Workshop über die Tiefe enthält Abschnitt 6.4. Eine Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse nach NCEER-Workshop enthält Abschnitt 6.5.

Da tertiäre Bodenschichten, die am Gebäude 12.6 unterhalb einer Tiefe von ca. 29,00 m anstehen, aufgrund ihres hohen Alters im Allgemeinen immun gegen Bodenverflüssigung sind, kann unterhalb von 29,00 m Tiefe davon ausgegangen werden, dass keine Bodenverflüssigung auftritt wird.

Aufgrund von vereinzelt auftretenden Widersprüchen zwischen der lithologischen Bewertung des Untergrundes aus den Ergebnissen der Drucksondierungen und der Ansprache der durch

Bohrungen gewonnenen Schichtprofile, sowie der verfahrensbedingten Unschärfen bei der Bestimmung des Bodentyps aus den Messergebnissen der Drucksondierungen, sind weitere, genauere Untersuchungen (u. a. Durchführung von zyklischen Laborversuchen am gewonnenen Probenmaterial) erforderlich.

Im Rahmen der von uns gegenwärtig durchgeführten weiteren genaueren Nachweise werden zyklische bodenmechanische Laborversuche ausgeführt. Ferner werden die im KTA- und NCEER-Verfahren getroffenen pauschalen Annahmen zur Verteilung der durch das Erdbeben induzierten zyklischen Spannungen im Untergrund durch von SDA-engineering gelieferte ortsspezifische Analysen ersetzt.

2 REFERENZEN

2.1 UNTERLAGEN

- [U1] Abschlußbericht zu den Geotechnischen Untersuchungen im Bereich des Gebäudes 12.6 des Forschungszentrum Jülich GmbH. Gutachten Nr. N-OG 025/13 – BGA – Abschlußbericht mit Datum vom 22.04.2014. Geotechnisches Büro N. Müller, Dr. W. Müller und Partner
- [U2] Dokumentation Auswertung von elektrischen Drucksondierungen hinsichtlich der bezogenen Lagerungsdichte und Konsistenz für das Bauvorhaben Forschungszentrum Jülich, Gebäude 12.6 mit AVR-Behälterlager. Aufgestellt durch Fugro Consult GmbH, KT-Nr. 630-14-601, mit Datum vom 10.04.2014
- [U3] Gutachten zur Beurteilung der Auswirkungen des Bemessungserdbebens auf unzulässige Veränderungen des Baugrunds im Bereich des vorhandenen AVR-Behälterlagers, hier: potentielle Bodenverflüssigung infolge Erdbeben. Erstellt durch IQ Ingenieurgesellschaft Quadriga mbH mit Datum vom 23.05.2013
- [U4] Berechnung der seismischen Belastung auf der Bodenplatte des AVR-Behälterlagers der Forschungszentrum Jülich GmbH (Technische Notiz zu Erdbebenstandsicherheitsnachweisen). Aufgestellt durch SDA-engineering GmbH, TN SDA/WTI Bodenpl., Rev. 2 mit Datum vom 11.03.2013.
- [U5] Technische Notiz Neuberechnung von standortbezogenen Freifeld-Antwortspektren für die Standort des Gebäudes 12.6 mit AVR-Behälterlager und Verladehalle der Abfallzellen der Forschungszentrum Jülich GmbH. Entwurf von 04.06.2014, aufgestellt durch SDA-engineering GmbH

2.2 NORMEN UND REGELWERKE

- [N1] KTA 2201.1:2012-11 Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen – Teil 1: Grundlagen. Kerntechnischer Ausschuss
- [N2] KTA 2201.2:2012-11 Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen – Teil 2: Baugrund. Kerntechnischer Ausschuss
- [N3] DIN 4020:2010-12 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2

2.3 FACHLITERATUR

- [L1] Seed, H., & Idriss, I. M. (1970). A Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential. *J Soil Mech Found Div, ASCE*, 97 (SM9), 1249-1273

- [L2] Youd, T. L., Idriss, I. M., Andrus, R. D., Arango, I., Castro, G., Christian, J. T., et al. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127 (10), 817-833
- [L3] Jamiolkowski M., Ghionna V. N., Lancelotta R., Pasqualini E. (1988) New correlations of penetration tests for design practice. In: de Ruiter, J. (Ed.) Penetration Testing 1988, 20-24 March 1988, Orlando, FL, USA, Vol. 1 pp. 263-296. A. A. Balkema Rotterdam/Brookfield
- [L4] Baldi G., Bellotti R., Ghionna V., Jamiolkowski M. and Pasqualini E. (1986) „Interpretation of CPTs and CPTUs; 2nd Part: Drained Penetration of Sands“, Proceedings of the Fourth International Geotechnical Seminar, Singapore, 143-56
- [L5] Whitman R. V. et al. (1985) Liquefaction of Soils During Earthquakes. Final Report of a workshop of the Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council. Dedham, USA, March 28-30, 1985
- [L6] Hamada M. et al. (2000) Earthquake Resistant Design Codes in Japan. Japan Society of Civil Engineers, ISBN 4-8106-0266-4. Tokyo: Maruzen
- [L7] Tsuchida, H. (1970) Prediction and Countermeasure Against the Liquefaction in Sand Deposits, pp. 3.1-3.33. In: Abstract of the Seminar in the Port and Harbor Research Institute (in Japanese).
- [L8] Poulos H. G., Davis E. H. (1974) Elastic solutions for soil and rock mechanics. John Wiley & Sons, New York

3 VERANLASSUNG UND VORGESCHICHTE

Zum Nachweis der Sicherheit gegen Bodenverflüssigung unter dem Gebäude 12.6 mit AVR-Behälterlager auf dem Gelände des FZ Jülich wurden im Frühjahr 2013 erste Untersuchungen nach KTA 2201.2 durchgeführt. Grundlage dieser Untersuchung waren Erkundungsbohrungen und Sondierungen, die nicht am Gebäude 12.6 selbst, sondern in dessen näherer Umgebung in früherer Zeit durchgeführt wurden. Die Untersuchungen konnten eine Bodenverflüssigung nicht sicher ausschließen.

Für eine genauere Beurteilung der Verflüssigungsgefahr unter dem Gebäude 12.6 mit AVR-Behälterlager wurden in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde im Herbst und Winter 2013/2014 Erkundungsbohrungen und Drucksondierungen in unmittelbarer Nähe zum Gebäude 12.6 durchgeführt. Wir wurden beauftragt, auf Grundlage dieser neuen Bodenuntersuchungen einen Nachweis der Sicherheit gegen Bodenverflüssigung nach KTA 2201.2 [N2] und nach den Empfehlungen des NCEER-Workshops [L2] durchzuführen.

4 SYSTEMATISIERUNG DER EINGANGSDATEN

4.1 AUFLASTEN

Die vereinfachten Nachweisverfahren nach KTA 2201.2 [N2] und NCEER-Workshop [L2] wurden für den Fall einer freien Oberfläche ohne Auflasten durch Gebäude oder andere Strukturen entwickelt. Da im vorliegenden Fall das Gebäude 12.6 bereits in Betrieb ist, muss überprüft werden, ob die daraus resultierenden zusätzlichen Spannungen im Untergrund einen günstigen oder einen ungünstigen Einfluss auf die Sicherheit gegen Bodenverflüssigung haben.

Bauwerkslasten führen in der Regel zu einer Abminderung der Gefahr einer Bodenverflüssigung, da die effektiven vertikalen Spannungen im Boden erhöht werden. Ist die Einbindetiefe jedoch so hoch, dass das Gewicht des ausgehobenen Bodens das Gebäudeeigengewicht übersteigt, so tritt im Vergleich zu einer Freifeldsituation unterhalb des Gebäudes der gegenteilige Effekt auf und die Gefahr einer Bodenverflüssigung steigt.

Dem Gutachten [U4] ist zu entnehmen, dass die Einbindetiefe des Gebäudes 12.6 mit der Dicke der Bodenplatte übereinstimmt. Die Dicke der Bodenplatte beträgt ca. 0.5 m. Da ferner beim höchsten anzunehmenden Grundwasserstand der Grundwasserspiegel unter UK Bodenplatte liegt (siehe Abschnitt 4.2), entspricht das Gewicht der Bodenplatte in guter Näherung dem Gewicht des ausgehobenen Bodens. Die Einbindung des Gebäudes in den Untergrund kann daher vernachlässigt werden.

Durch die Stützen des Gebäudes werden nach Unterlage [U3] Pressungen von ca. 80 kN/m^2 in den Untergrund geleitet. Die Einbindetiefe der Köcherfundamente beträgt nach Unterlagen [U3] und [U4] ca. 1.50 m bei einer Höhe von ca. 1,20 m und horizontalen Abmessungen von ca. $2,70 \text{ m} \times 3,70 \text{ m}$. Die Auflasten auf die Stützenfundamente führen somit zu Bodenpressungen von ca. 50 kN/m^2 . Da die Köcherfundamente nur geringe horizontale Abmessungen haben, klingen die bzgl. der Bodenverflüssigung mindernd wirkenden Spannungen sehr schnell mit der Tiefe ab. Für einen vereinfachten Nachweis der Sicherheit gegen Bodenverflüssigung können die Bodenpressungen aus den Köcherfundamenten daher ebenfalls auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt werden.

Die Bodenpressungen unter der Bodenplatte aus der vorhandenen Befüllung betragen nach [U4] ca. 95 kN/m^2 . Durch die großen Abmessungen der Bodenplatte von ca. $25 \text{ m} \times 18 \text{ m}$ werden diese Pressungen bis tief in den Untergrund eingeleitet. Es wäre daher überkonservativ, die günstige Wirkung zu vernachlässigen. Es ist dabei zu beachten, dass der Verlauf der Zusatzspannungen im Boden aus dem Gewicht der Befüllung von der Lage des betrachteten Punkte auf der Bodenplatte abhängt. An den Ecken der Bodenplatte klingen die Zusatzspannungen am

schnellsten mit zunehmender Tiefe ab, in der Mitte der Bodenplatte am langsamsten. Auf der sicheren Seite liegend wird daher der Zusatzspannungsverlauf an einer Ecke der Bodenplatte angenommen.

Der Verlauf der vertikalen Zusatzspannungen durch die Lagerbefüllung errechnet sich nach [L8] aus:

$$\Delta\sigma_z = \frac{p}{2\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{L \cdot B}{z \cdot R_3} \right) + \frac{L \cdot B \cdot z}{R_3} \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right] \quad (4-1)$$

mit p als konstant angenommener Sohlpressung, L und B der Länge und Breite der Bodenplatte, z der Tiefe, $R_1^2 = L^2 + z^2$, $R_2^2 = B^2 + z^2$ und $R_3 = \sqrt{L^2 + B^2 + z^2}$.

4.2 GRUNDWASSERSTÄNDE

Ein hoher Grundwasserstand vermindert die effektiven Spannungen im Boden und führt zu einer Erhöhung der Gefahr einer Bodenverflüssigung in den wasserführenden Schichten. Liegen mehrere Grundwasserleiter vor, so hängt es von den Druckverhältnissen in den Grundwasserleitern ab, ob dadurch eine Erhöhung oder eine Abminderung der Gefahr der Bodenverflüssigung in den angrenzenden, weniger durchlässigen Bodenschichten zwischen den Grundwasserleitern hervorgerufen wird. Findet eine Strömung von unten nach oben statt, so wird die effektive Spannungen gegenüber einem rein hydrostatischen Zustand vermindert, und die Gefahr der Bodenverflüssigung wird erhöht. Bei einer Strömung von oben nach unten wird die Gefahr der Bodenverflüssigung entsprechend abgemindert.

Im Abschlussbericht zu den geotechnischen Untersuchungen [U1] werden drei Grundwasserleiter mit den dazugehörigen mittleren Grundwasserspiegeln aufgeführt, siehe Tabelle 4.1.

Tabelle 4.1: Potentialhöhen der Grundwasserleiter, nach [U1]

Grundwasser- stockwerk	Schichtglied	Horizont	mittlerer GWS 10/2013 und 01/2014	
			[m u. GOK]	[mNN]
1	Rur-Niederterrasse	19	ca. 3,1	87,15
	Jüngere Hauptterrasse	16		
2	Ältere Hauptterrasse	14	ca. 5,35	84,90
	Prätegelen-Schichten	12		
3	Reuver-Sande	10	ca. 28,75	61,50

Demnach wird das oberste GW-Stockwerk vom Schichthorizont 15 (Waal-Horizont) getragen. Der zweite GW-Leiter wird vom Schichthorizont 11 (Reuver-Ton) getragen, und der dritte GW-Leiter von einer tiefen, unterhalb der Erkundungstiefe liegenden Schicht.

Die Grundwasserstockwerke 2 und 3 sind gespannte Grundwasserleiter. Die Potentialhöhe des GW-Stockwerks 2 reicht bis in den Schichthorizont 16, und die Potentialhöhe des GW-Stockwerks 3 reicht bis in das GW-Stockwerk 2. Die sich daraus ergebenden Wasserdruckverlauf sind in Bild 4.1 am Beispiel der Bohrung RKB1 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass der Potentialausgleich in den Horizonten 15 und 11 stets zu einer Strömung nach unten führt, und somit die Gefahr der Bodenverflüssigung durch Erhöhung der effektiven Spannungen im Boden vermindert. Der Wasserdruckverlauf in den Bohrungen RKB2 bis RKB4 unterscheidet sich vom Verlauf in Bohrung RKB1 nur dadurch, dass die Oberkanten der Horizonte 15 und 11 leicht voneinander abweichend liegen, während weiterhin dieselben GWS wie in RKB1 angesetzt werden.

Vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend wird bei den Nachweisen der Bodenverflüssigung davon ausgegangen, dass sich im Grundwasserstockwerk 1 ein Grundwasserstand von 89.25 mNHN gemäß den Angaben in [U1] (Seite 49) ausbildet.

Da der Horizont 13 (Tegelen-Formation) nicht durchgehend in allen Bohrungen aufgefunden wurde, muss davon ausgegangen werden, dass die Druckverhältnisse des GW-Stockwerk 2 durch diese Bodenschicht nicht beeinflusst werden.

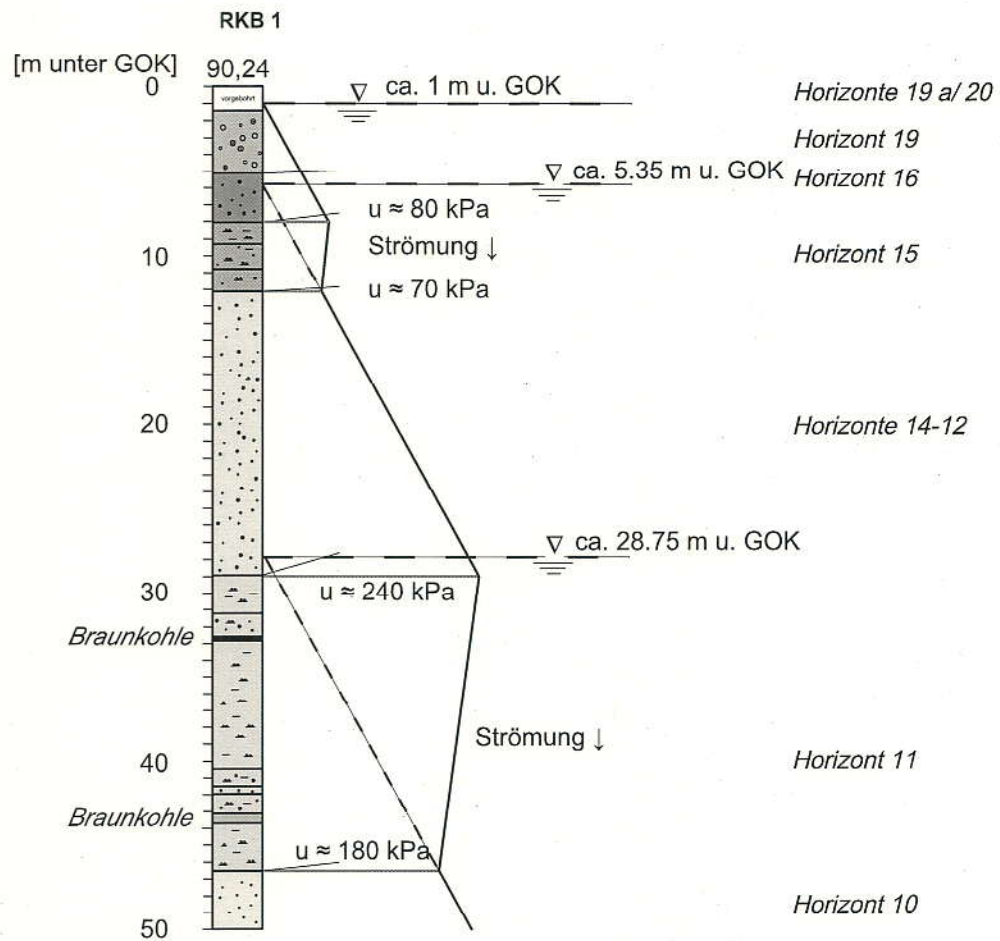


Bild 4.1: Wasserdrücke in den Schichten der Bohrung RKB 1 nach [U1] bei höchstem anzunehmendem GW-Stand nach KTA 2201.2 [N2]

4.3 KENNGRÖßEN FÜR DEN NACHWEIS NACH KTA 2201.2

Erforderliche Daten	Quelle	Bemerkungen
Zugehörigkeit zu KTA-Zonen	[U1], Anlage 15 und 16	
Feuchtwichte	[U1], Seite 37	
Effektive Wichte	[U1], Seite 37	
Maximale Oberflächenbeschleunigung	[U5], Tabelle 2	$a_{\max} = 0,230 \text{ g}$ (RKB1, RKB3) bzw. $a_{\max} = 0,215 \text{ g}$ (RKB2)
Bezogene Lagerungsdichte	[U2] Anlage 2	

4.4 KENNGRÖßEN FÜR DEN NACHWEIS NACH NCEER-WORKSHOP

Erforderliche Daten	Quelle	Bemerkungen
Schichthorizont	[U1], Anlage 5	
Feuchtwichte	[U1], Seite 37	
Effektive Wichte	[U1], Seite 37	
CPT Spitzenwiderstand	[U2], Anlage 2	
CPT lokale Mantelreibung	[U2], Anlage 2	
Maximale Oberflächenbeschleunigung	[U5], Tabelle 2	$a_{\max} = 0,230 \text{ g}$ (CPTU1, CPTU3) bzw. $a_{\max} = 0,215 \text{ g}$ (CPTU2)
Bezogene Lagerungsdichte	[U2] Anlage 2	

5 NACHWEIS DER VERFLÜSSIGUNGSGEFAHR NACH KTA 2201.2

5.1 VORGEHENSWEISE

Anhang A4 der KTA 2201.2:2012-11 [N2] enthält einen zweistufigen Nachweis der Verflüssigungsgefahr. Die erste Stufe besteht in einem Vergleich der Lage der Kornverteilungskurve einer Bodenprobe relativ zu zwei Kornverteilungszonen nach Bild 5.1.

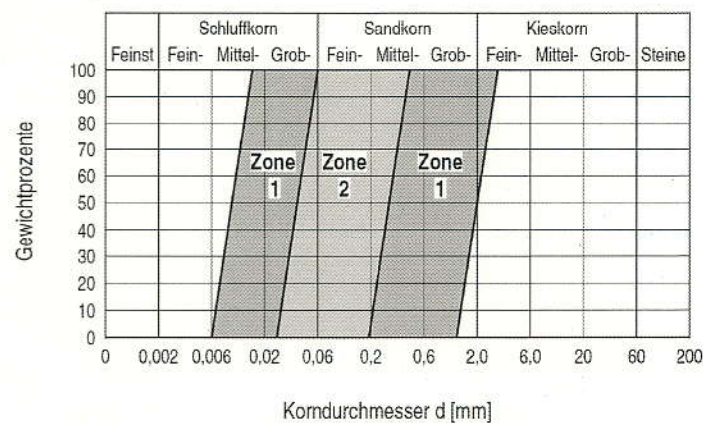


Bild 5.1: Verflüssigungsgefährdete Kornverteilungsbereiche nach KTA 2201.2:2012-11, Bild A-4

Liegt die Kornverteilungskurve außerhalb der angegebenen Zonen 1 und 2, ist keine Verflüssigung anzunehmen. Liegt der wesentliche Anteil der Kornverteilungskurve innerhalb der Zonen 1 und 2, so ist die zweite Stufe der Prüfung durchzuführen.

In der zweiten Stufe wird das durch die Erdbebenbelastung in jeder Tiefe induzierte dynamische Schubspannungsverhältnis $\max \tau / \sigma'_0$ der bezogenen Lagerungsdichte I_D gegenübergestellt. Das dynamische Schubspannungsverhältnis wird aus der Beziehung

$$\frac{\max \tau}{\sigma'_0} = \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} \cdot \frac{\max a}{g} \cdot r_d \quad (5-1)$$

ermittelt, mit $\max a$ der maximalen Erdbebenbeschleunigung an der Bodenoberfläche, g der Erdbeschleunigung, σ'_0 der effektiven Spannung unter Bauwerkslast und Bodeneigengewicht, σ_0 der totalen Spannung unter Bauwerkslast und Bodeneigengewicht bei höchstem Grundwasserstand, und r_d dem tiefenabhängigen Reduktionsfaktor nach Bild 5.2. Bei Tiefen $z > 29$ m wird konservativ $r_d = 0,5$ gesetzt.

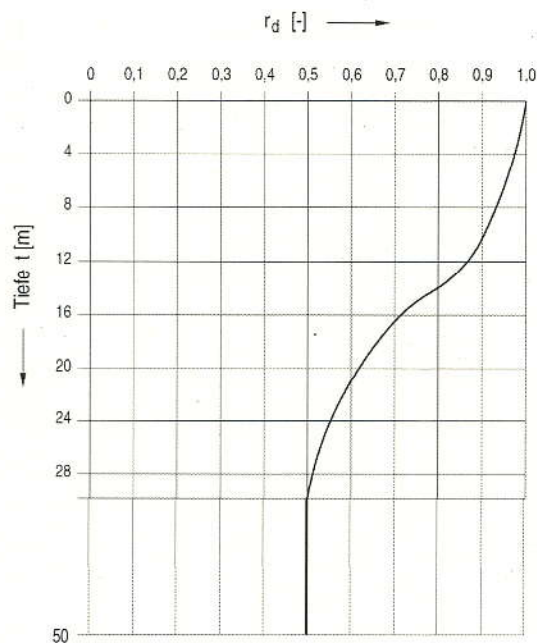


Bild 5.2: Reduktionsfaktor r_d in Abhängigkeit von der Tiefe nach KTA 2201.2:2011-12, Bild A-6

In [L2] (Seite 830), wird der Frage nachgegangen, in welcher Form dem Vorhandensein von zwei senkrecht zu einander wirkenden Horizontalbeschleunigungen Rechnung zu tragen ist. Es wird in [L2] erwähnt, dass von Professor Idriss, einem der Autoren von [L1], das als Grundlage für den Verflüssigungsnachweis nach KTA 2201.2 [N2] dient, berichtet wurde, dass stets nur der größere der beiden Maximalwerte der horizontalen Beschleunigungen für die Zusammenstellung von Daten zur Herleitung des Verfahrens nach [L1] verwendet wurde. In den nachfolgenden Verflüssigungsnachweisen wird daher stets nur der Maximalwert der horizontalen Beschleunigung verwendet. Nach KTA 2201.1 [N1] Abschnitt 3.5 (4) werden die Bodenantwortspektren und damit die maximalen Beschleunigungen für beide horizontalen Komponenten als gleich groß angenommen. Die Erhöhung um den Faktor 1,2 zur Ermittlung der resultierenden horizontalen Maximalbeschleunigung wird nicht angewendet, weil sie bei der Herleitung des Verfahrens zur Abschätzung der Verflüssigungsgefahr bereits enthalten ist.

Das nach Gleichung (5-1) für jede Tiefenkoordinate ermittelte dynamische Schubspannungsverhältnis wird der bezogenen Lagerungsdichte gegenübergestellt. Liegt deren Schnittpunkt oberhalb der maßgebenden Grenzlinie nach Bild 5.3, so ist Bodenverflüssigung nicht auszuschließen, und es sind genauere Untersuchungen erforderlich.

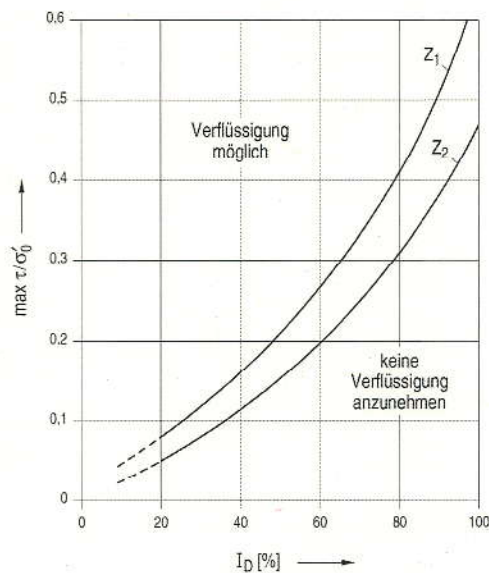


Bild 5.3: Diagramm zur Abschätzung der Möglichkeiten einer Bodenverflüssigung, nach KTA 2201.2:2011-12, Bild A-5

Die Kurven in Bild 5.3 werden mit folgenden Formeln approximiert:

$$\text{Zone 1: } \left(\frac{\max \tau}{\sigma'_0} \right)_{\text{grenz, Zone 1}} = 0.531 \cdot (I_D)^3 - 0.3508 \cdot (I_D)^2 + 0.4344 \cdot I_D + 0.0198 \quad (5-2)$$

$$\text{Zone 2: } \left(\frac{\max \tau}{\sigma'_0} \right)_{\text{grenz, Zone 2}} = 0.262 \cdot (I_D)^3 - 0.0751 \cdot (I_D)^2 + 0.2792 \cdot I_D + 0.0043 \quad (5-3)$$

Eine Sicherheit gegen Verflüssigung FS („Factor of Safety“)¹ lässt sich definieren als das Verhältnis zwischen dem Spannungsverhältnis der Grenzkurven nach Gl. (5-2) bzw. Gl. (5-3) und dem zu erwartenden Spannungsverhältnis aufgrund der Erdbebenbelastung nach Gl. (5-1).

5.2 BESCHRÄNKUNGEN DES KTA-VERFAHRENS

Die erste Stufe des Verfahrens nach KTA 2201.2 zum Nachweis der Sicherheit gegen Bodenverflüssigung kann nur in einer vergleichsweise geringen Anzahl von Fällen ein Bodenverflüssigung sicher ausschließen. Diese Fälle umfassen lediglich Ton-Schluff-Gemische mit einem mittleren Korndurchmesser $d_{50} < 0,01$ mm, sowie Sand-Kies-Gemische mit einem Sandkornanteil unterhalb von 50 %. Von diesen Bodenarten sind lediglich die Ton-Schluff-Gemische in gerin-

¹ Es sei angemerkt, dass die KTA 2201.2 keine Definition einer Sicherheit gegen Verflüssigung enthält. Diese Größe wird hier eingeführt, um eine grafische Darstellung und einen unmittelbaren Vergleich mit dem Nachweis nach NCEER-Workshop [L2] zu ermöglichen.

gem Umfang in den Bohrungen am Gebäude 12.6 angetroffen worden. Für die Mehrzahl der Bodenproben mussten daher weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Die zweite Stufe des Verfahrens stellt auf die bezogene Lagerungsdichte ab. Zur Ermittlung der bezogenen Lagerungsdichte aus in-situ Versuchen, insbesondere aus Drucksondierungen, stehen jedoch nur eingeschränkt Korrelationen zur Verfügung, mit deren Hilfe die bezogene Lagerungsdichte aus dem Sondierspitzenwiderstand abgeleitet werden kann. Die in DIN 4020 [N3] enthaltenen Korrelationen haben einen vergleichsweise stark eingeschränkten Anwendungsbereich auf Spitzenwiderstände von $3 \text{ MPa} \leq q_c \leq 30 \text{ MPa}$, sowie auf enggestufte Sande SE mit Ungleichförmigkeit $U \leq 3$ und weitgestufte Sande SW und Kiese GW mit $U \geq 6$.

Insbesondere im vorliegenden Fall, bei dem feinkörnige Sande und Sand-Schluff-Gemische dominant vorkommen, ist die Anwendung dieser Korrelationen nur unter Mißachtung der Anwendungsgrenzen möglich, so dass die sich daraus ergebenden Sicherheiten gegen Bodenverflüssigung mit erheblichen verfahrensbedingten Unsicherheiten behaftet sind.

Der Wertebereich ist durch die Grenzen des Spitzenwiderstandes auf $0 \leq I_D \leq 0,75$ begrenzt. Da jedoch die vorgefundenen Spitzenwiderstände vielfach deutlich oberhalb der Grenze von $q_c = 30 \text{ MPa}$ liegen, können die tatsächlich vorhandenen hohen relativen Lagerungsdichten im Nachweis nicht berücksichtigt werden. Der Nachweis nach KTA 2201.2 ist daher im vorliegenden Fall – sofern anwendbar – übermäßig konservativ.

Von einer Bewertung der Sicherheit gegen Bodenverflüssigung allein auf der Grundlage der Ergebnisse des Verfahrens nach KTA 2201.2 ist daher im vorliegenden Fall dringend abzuraten.

5.3 UMFANG DER NACHWEISE

Ein Verflüssigungsnachweis wird für jede Probe aus den Bohrungen RKB1, RKB2, RKB3 und RKB4 durchgeführt, für die eine Kornverteilungskurve und Bodenansprache gemäß [U1] vorliegt.

Die Ermittlung der Zugehörigkeit der Kornverteilungskurven zu den Zonen nach KTA 2201.2, Abschnitt A 4.2, erfolgte durch Auswertung der Kornverteilungskurven im Bericht zu den Geotechnischen Untersuchungen [U1], Anlagen 15 und 16.

Die Zuordnung der bezogenen Lagerungsdichte zu den Bodenproben erfolgte durch Auswertung der Dokumentation der Drucksondierungen [U2]. Das dort verwendete Verfahren zur Ermittlung der bezogenen Lagerungsdichte I_D aus den Spitzenwiderständen der Drucksondierungen ist in seiner Gültigkeit in Bezug auf die gemessenen Spitzenwiderstände beschränkt. Bei

bezogenen Lagerungsdichten, die als „>0,71“ angegeben wurden, ist im Nachweis der Wert $I_D = 0,71$ verwendet worden.

Die in [U2] vereinzelt ebenfalls angegebene, nach Jamiolkowski et al. [L3] berechnete, bezogene Lagerungsdichte D_r wurde an den jeweiligen Stellen statt der bezogenen Lagerungsdichten I_D verwendet. Auf die Ursachen für die abweichenden Ergebnisse wird im Bericht zu den Geotechnischen Untersuchungen [U1], Abschnitt 4.1.3.3, näher eingegangen.

Führte die Auswertung der Sieblinien zu einer Zuordnung der Sieblinien zu einer der Zonen nach KTA 2201.2, während in der Dokumentation der Drucksondierungen [U2] aufgrund der lithografischen Bewertung keine bezogene Lagerungsdichte aufgeführt wurde, so wurde die bezogene Lagerungsdichte gemäß dem Verfahren nach [U1], Abschnitt 4.1.3.3, aus den Ergebnissen der Drucksondierungen nachträglich von uns ermittelt.

Die Sondierungen zu den Bohrlöchern RKB2 und RKB3 wurden jeweils abgebrochen und nach Vorbohrung neu angesetzt. Für die Übergangsbereiche bei ca. 7 m-9 m (RKB2) und ca. 25 m (RKB3) liegen keine Ergebnisse der Sondierungen vor. Daher können keine Aussagen zur Verflüssigungsgefahr gemacht werden.

Bei RKB2 im Bereich von 16,10 m bis 17,50 m zeigt sich ein erheblicher Widerspruch zwischen der lithologischen Bewertung der Sondierung und den Sieblinien, vgl. Dokumentation [U2], Anlagen 2.2.2.4 und 2.4.2. Die Sieblinie zeigt eine klare Zuordnung zu Zone 1 im Bereich eines Mittelsandes, wohingegen die lithografische Bewertung eine Schluff- oder Tonschicht bei sehr geringem Spitzendruckwiderstand ausweist. Entsprechend werden in [U2] an diesen Stellen keine bezogenen Lagerungsdichten ausgewiesen. Eine Bewertung bzgl. der Verflüssigungsgefahr ist daher nicht möglich.

Eine vollständige Liste der Bodenproben, deren bezogene Lagerungsdichten I_D gegenüber den Angaben in [U2] – sofern sinnvoll – manuell korrigiert wurden, sind in den nachfolgenden Tabellen für die Bohrungen RKB1, RKB2, RKB3 und RKB4 zusammengefasst.

G 138/13A

Geb. 12.6 mit AVR-Behälterlager, FZ Jülich

Tabelle 5.1: Bodenproben mit manueller Korrektur der bezogenen Lagerungsdichte beim Nachweis nach KTA von Bohrung RKB1

Bohrung	Zugeordnete Tiefenlage unter GOK	Korrekturgrund
RKB1	9,50 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020
	10,50 m	
	10,52 m	
	10,72 m	
	10,90 m	
RKB1	12,70 m	Verwendung von D_r nach Jamiolkowski et al. [L3] statt I_D
	14,33 m	
RKB1	28,00 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020
	28,50 m	
	32,81 m	
	32,88 m	
	33,10 m	
	33,43 m	
	35,40 m	
	36,65 m	
	37,10 m	
	38,00 m	
	38,95 m	
	40,78 m	
	42,75 m	
RKB1	45,95 m	Sondierung CPTU1 bei 45,62 m unter GOK abgebrochen, keine Bewertung möglich
	46,75 m	
	48,00 m	
	48,70 m	
	49,40 m	
	50,00 m	

G 138/13A

Geb. 12.6 mit AVR-Behälterlager, FZ Jülich

Tabelle 5.2: Bodenproben mit manueller Korrektur der bezogenen Lagerungsdichte beim Nachweis nach KTA von Bohrung RKB2

Bohrung	Zugeordnete Tiefenlage unter GOK	Korrekturgrund
RKB2	7,40 m 8,20 m	Bereich der Vorbohrung nach Neuansatz der Sondierung, keine Bewertung möglich.
RKB2	10,10 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020
RKB2	16,10 m 16,50 m 17,30 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, keine Bewertung möglich
RKB2	25,75 m – 25,90 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020
RKB2	25,90 m – 26,17 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie. Sieblinie weit außerhalb der Gültigkeitsgrenzen nach DIN 4020 (Schluff). Keine Auswertung möglich.
RKB2	28,10 m bis 33,80 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, keine Bewertung möglich
RKB2	35,42 m bis Endteufe	Sondierung CPTU2C bei 34,70 m unter GOK abgebrochen, keine Bewertung möglich

Tabelle 5.3: Bodenproben mit manueller Korrektur der bezogenen Lagerungsdichte beim Nachweis nach KTA von Bohrung RKB3

Bohrung	Zugeordnete Tiefenlage unter GOK	Korrekturgrund
RKB3	8,45 m 9,12 m 16,35 m 26,40 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020
RKB3	27,40 m	Auswertung nach DIN 4020 außerhalb der Gültigkeitsgrenzen
RKB3	31,40 m 32,40 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020
RKB3	32,75 m	Auswertung nach DIN 4020 außerhalb der Gültigkeitsgrenzen
RKB3	33,20 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020 läge weit außerhalb der Gültigkeitsgrenzen, keine Bewertung möglich
RKB3	35,15 m 38,95 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020
RKB3	44,30 m bis Endteufe	Sondierung CPTU3A bei 43,87 m unter GOK abgebrochen, keine Bewertung möglich

Tabelle 5.4: Bodenproben mit manueller Korrektur der bezogenen Lagerungsdichte beim Nachweis nach KTA von Bohrung RKB4

Bohrung	Zugeordnete Tiefenlage unter GOK	Korrekturgrund
RKB4	10,23 m 20,80 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020
RKB4	27,80 m 28,95 m 32,50 m	Auswertung nach DIN 4020 außerhalb der Gültigkeitsgrenzen
RKB4	37,06 m 38,10 m	Widerspruch zwischen CPT-Lithographie und Sieblinie, Auswertung nach DIN 4020
RKB4	41,22 m 43,80 m	Auswertung nach DIN 4020 außerhalb der Gültigkeitsgrenzen
RKB4	46,56 m bis Endteufe	Sondierung CPTU4A bei 44,95 m unter GOK abgebrochen, keine Bewertung möglich

5.4 ZUORDNUNG DER KORNERTEILUNGSKURVEN ZU ZONEN NACH KTA 2201.2

Die Vorgehensweise zur Zuordnung der Kornverteilungskurven einer Bodenprobe zu den Zonen nach KTA 2201.2 [N2], Abschnitt A 4.2, wird dort nur qualitativ beschrieben. Demnach erfolgt die Zuordnung zu Zone 1 oder Zone 2, wenn der „wesentliche Anteil der Kornverteilungskurve“ innerhalb der dort in Bild A-4 angegebenen Grenzen liegt. Ein quantitatives Kriterium fehlt. Es ist naheliegend, ein Kriterium in Bezug auf den Massenanteil einer Probe innerhalb der Zonengrenzen in der Kornverteilungskurve als quantitatives Kriterium heranzuziehen.

Ein Recherche in der Fachliteratur blieb ohne Erfolg. Ein ähnliches Diagramm wie Bild A-4 der KTA 2201.2 [N2] findet sich vergleichsweise häufig, aber stets nur mit ebenfalls qualitativen Angaben zur Zuordnung einer Kornverteilungskurven zu den dargestellten Zonen, z. B. [L5] und [L6]. Allen Sekundärquellen gemeinsam ist ein Verweis auf eine sehr schwer beschaffbare, in japanischer Sprache abgefasste Quelle [L7], so dass die Recherche an diesem Punkt beendet wurde.

Zur Untersuchung der Sensitivität der Zuordnung der Korngrößenverteilungen zu den Zonen nach KTA 2201.2 in Bezug auf den Massenanteil, ab dessen Überschreitung eine Kornverteilungskurve einer Zone nach KTA 2201.2 zugeordnet werden kann, wurde eine Parameterstudie durchgeführt.

Dazu wurden zunächst die Schnittpunkte der Kornverteilungskurven aus dem Abschlussbericht zu den Geotechnischen Untersuchungen [U1], Anlagen 15 und 16, mit den Zonengrenzen nach KTA 2201.2, Bild A-4, ermittelt. Das Ergebnis ist in Bild 5.4 bis Bild 5.7 dargestellt. Der jeweils

rot dargestellte Bereich ist der Anteil in Zone 2, und der rote und die beiden gelben Bereiche zusammengenommen ist der Anteil in Zone 1 nach KTA 2201.2. Die Breite der Balken ist somit ein Maß für den Massenanteil innerhalb der Zonengrenzen. Man erkennt, dass bei allen Bohrungen der überwiegende Teil der Sieblinien der Bodenproben innerhalb der in KTA 2201.2 angegebenen Grenzen der Zone 1 verlaufen.

Anschließend wurde die Häufigkeit der Zuordnung einer Bodenprobe zu den Zonen 1 und 2 in Abhängigkeit von der Wahl des Grenzkriteriums untersucht. Eine Bodenprobe wurde dabei der Zone 1 bzw. 2 zugeordnet, wenn der Massenanteil m' innerhalb der Korngrößen-Grenzlinien der Zonen liegt. Als Massenanteil m' wurde ein Wert von 50 %, 75 %, 85 % und 95 % verwendet. Die Auswertung erfolgte für jede Bohrung getrennt.

Das Ergebnis ist in Bild 5.8 zusammengefasst. Man erkennt, dass eine substantielle Verminderung der Anzahl der Proben, die keiner Zone zuzuordnen wären, erst bei einem Grenzkriterium von $m' = 95 \%$ eintritt. Diese Bedingung für eine Zuordnung erscheint uns jedoch zu streng zu sein. Die Zuordnung zu einer Zone beim Nachweis der Verflüssigung erfolgt daher vereinfachend dadurch, dass eine Probe den Zonen 1 und 2 genau dann zugeordnet wird, wenn 50 % Massenanteil innerhalb der jeweiligen Korngrößen-Grenzlinien nach KTA 2201.2, Bild A-4, liegen.

In Bild 5.8 ist ferner zu erkennen, dass der Anteil an Proben an der Gesamtanzahl Proben je Bohrloch, die jeweils einer Zone zugeordnet werden, bei allen Bohrungen näherungsweise gleich ist. Man kann daher davon ausgehen, dass der Untergrund unter dem Gebäude 12.6 in Bezug auf die Verflüssigungsgefahr diesbezüglich näherungsweise als homogen betrachtet werden kann.

Verteilung KTA-Zonen 1 und 2 RKB1

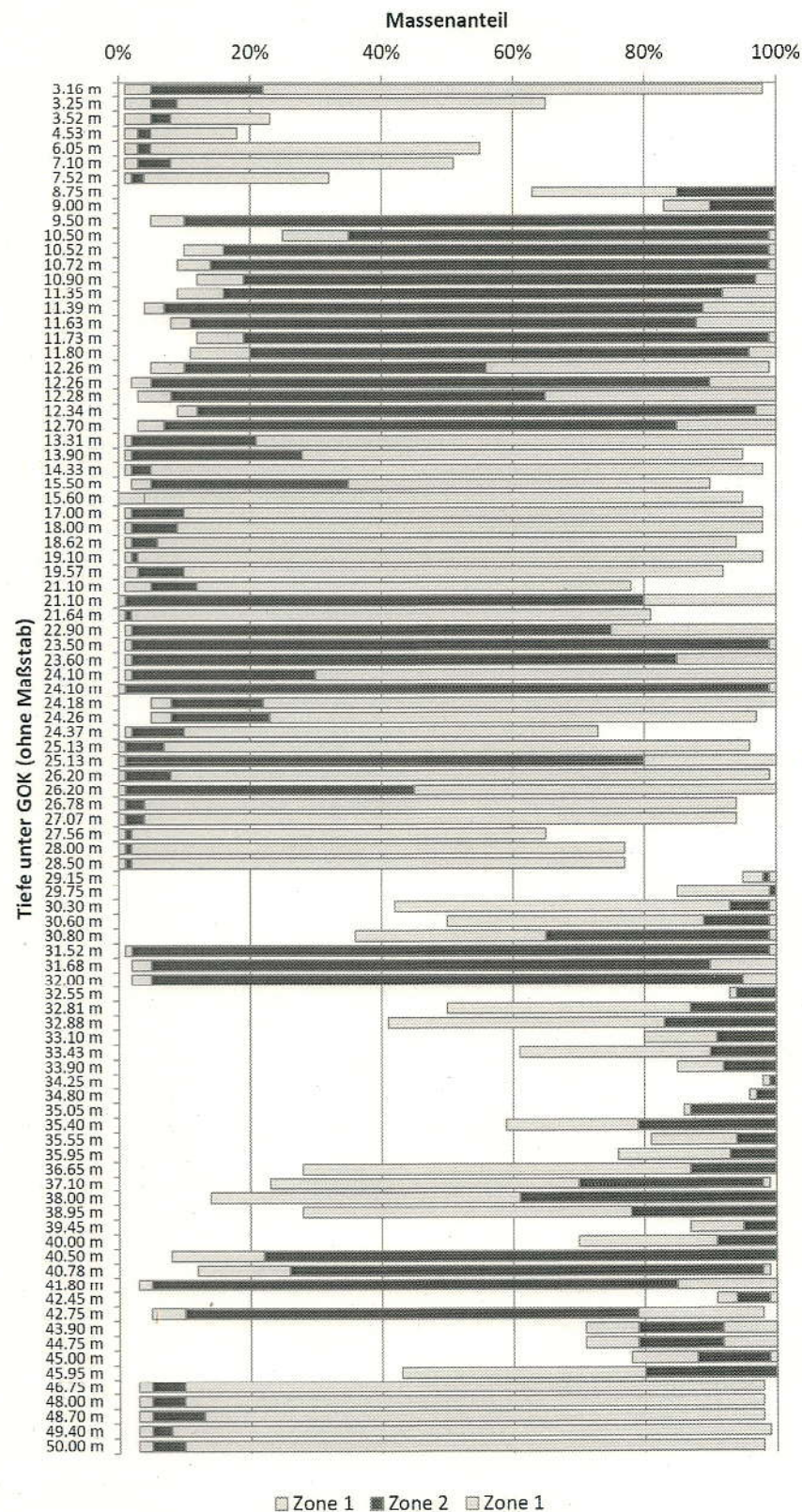


Bild 5.4: Massenanteile der Kornverteilungskurven von Bodenproben aus Bohrloch RKB1 in den Zonen nach KTA 2201.2 [N2]

Verteilung KTA-Zonen 1 und 2 RKB2

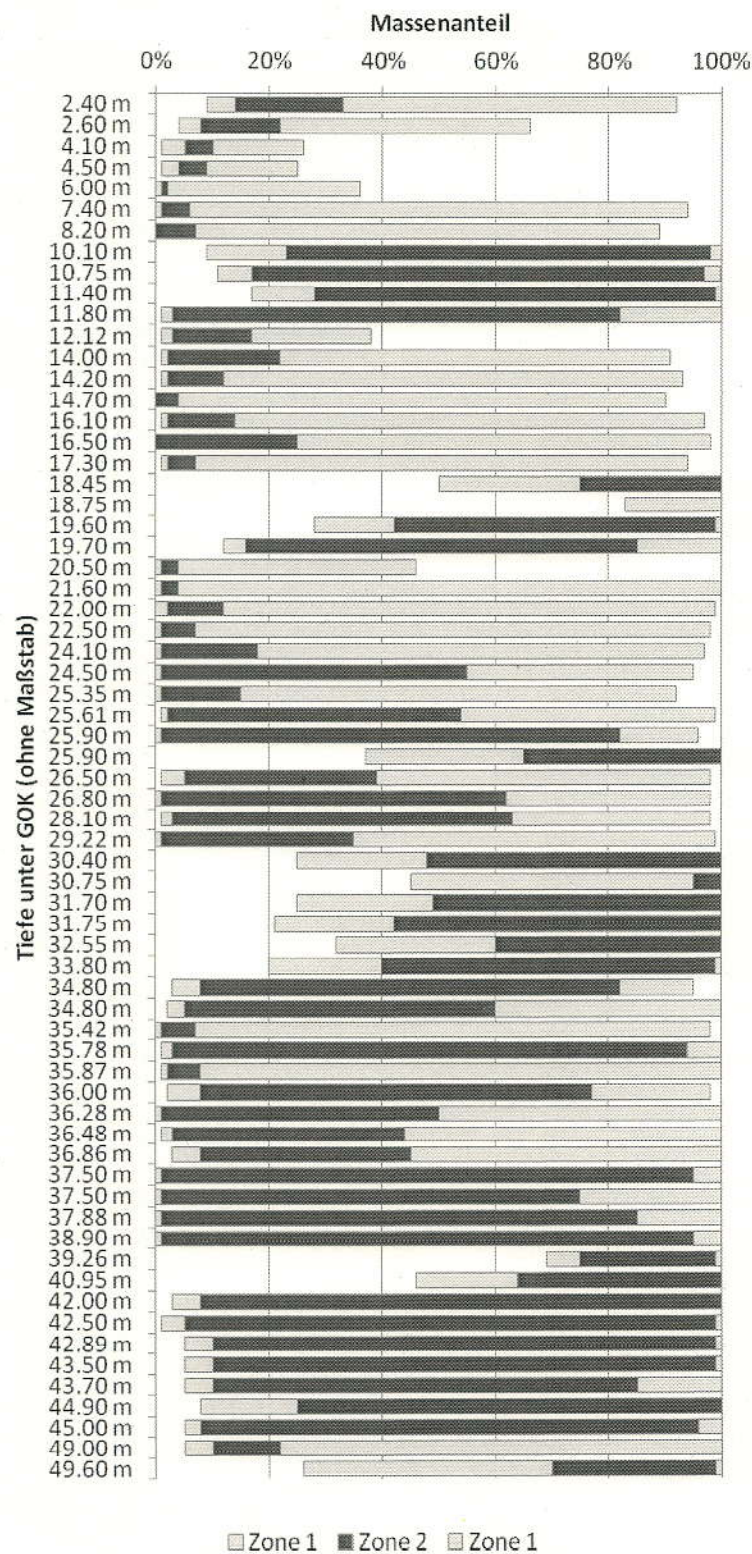


Bild 5.5: Massenanteile der Kornverteilungskurven von Bodenproben aus Bohrloch RKB2 in den Zonen nach KTA 2201.2 [N2]

Verteilung KTA-Zonen 1 und 2 RKB3



Bild 5.6: Massenanteile der Kornverteilungskurven von Bodenproben aus Bohrloch RKB3 in den Zonen nach KTA 2201.2 [N2]

Verteilung KTA-Zonen 1 und 2 RKB4

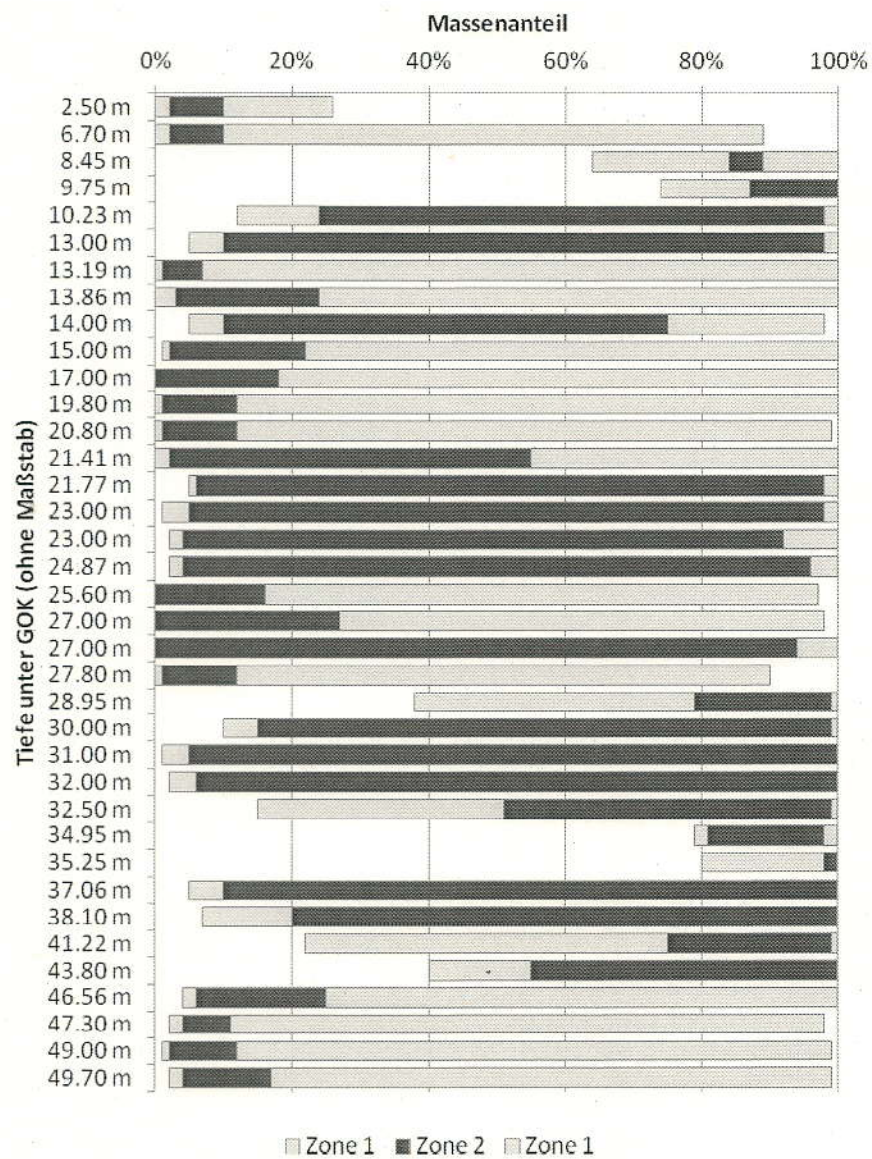


Bild 5.7: Massenanteile der Kornverteilungskurven von Bodenproben aus Bohrloch RKB4 in den Zonen nach KTA 2201.2 [N2]

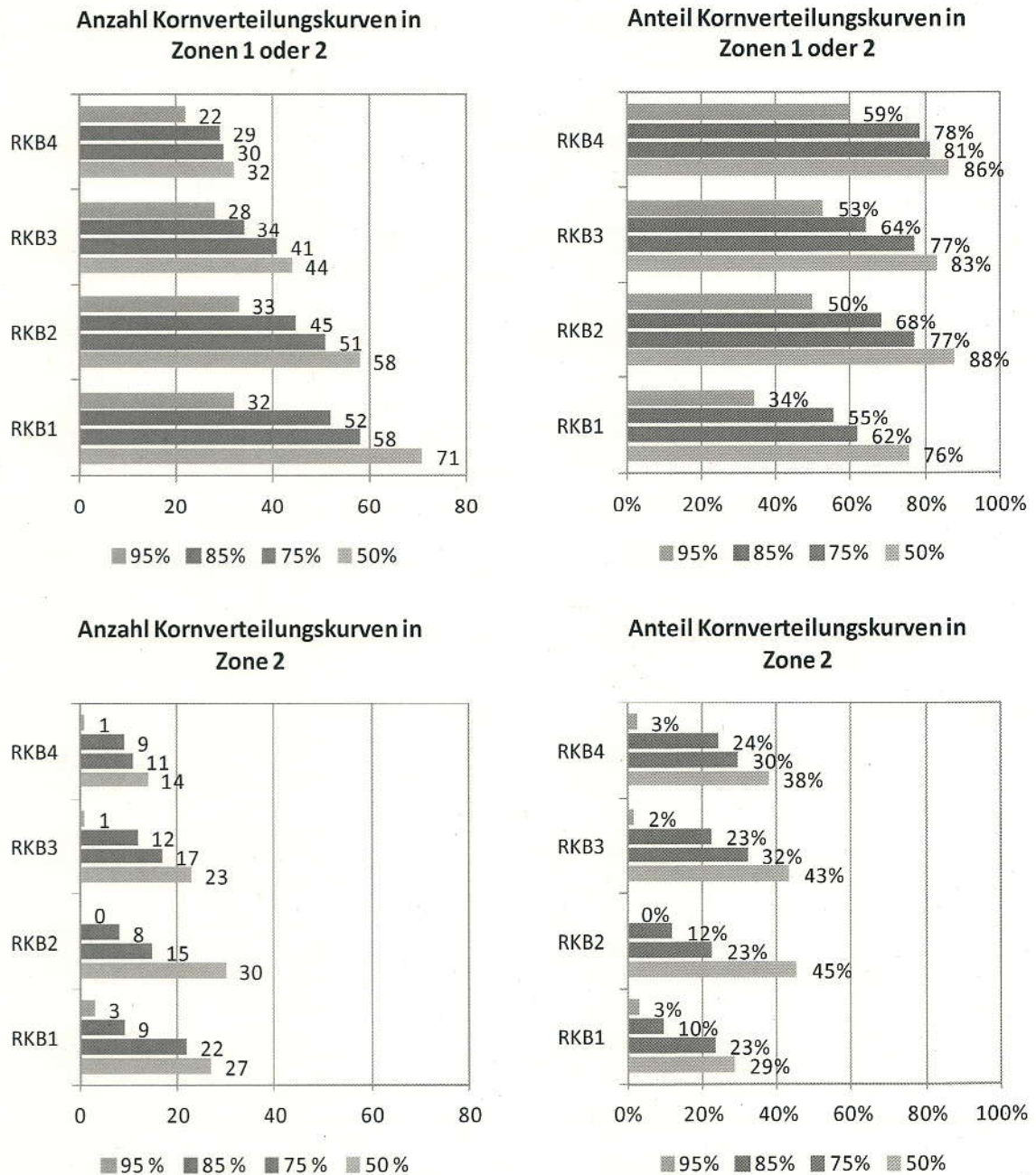


Bild 5.8: Anzahl Kornverteilungskurven je Bohrung und Anteil an den je Bohrung untersuchten Proben in den Zonen nach KTA 2201.2 [N2] in Abhängigkeit des Massenanteils, der als Kriterium zur Festlegung der Zuordnung angewendet wurde

5.5 GRAFISCHE DARSTELLUNG DER SICHERHEIT GEGEN BODENVERFLÜSSIGUNG

Die folgenden Grafiken zeigen die Auswertung der Bohrungen und Sondierungen nach KTA 2201.2. Die mit einem Kreuz markierten Tiefenbereiche konnten automatisiert ausgewertet werden.

Gelb markierte Tiefenbereiche zeigen an, dass keine Auswertung möglich war. Bei den mit einem Kreis markierten Tiefenbereichen musste eine manuelle Auswertung erfolgen. Details über die Gründe sind jeweils in den Tabellen in Abschnitt 5.3 zu finden.

Zur Erhöhung der Lesbarkeit der Diagramme wurde einer Bodenprobe, für die eine Sicherheit gegen Bodenverflüssigung $FS > 3$ ermittelt wurde, der Wert $FS = 3$ zugewiesen. Bodenproben, bei denen aufgrund der Sieblinie eine Verflüssigung ausgeschlossen werden kann, wurde ebenfalls die Sicherheit $FS = 3$ zugewiesen.

Die jeweils rechts neben den Diagrammen zur Bodenverflüssigungsgefahr dargestellten Schichtenprofile sind dem Bericht [U1] entnommen.

5.5.1 Bohrloch RKB 1

Nachweis nach KTA, RKB1

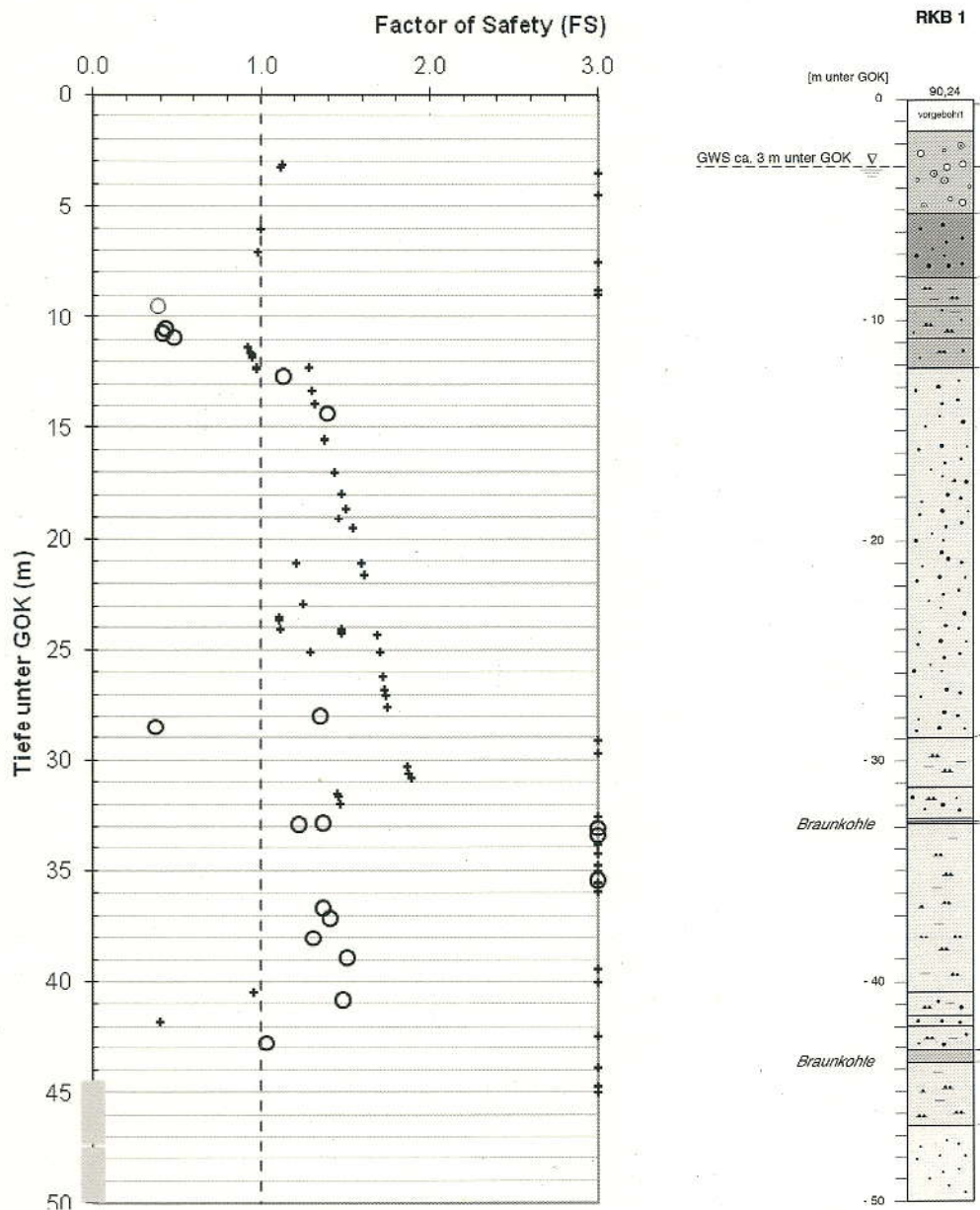


Bild 5.9: Grafische Darstellung der rechnerischen Sicherheit gegen Bodenverflüssigung nach KTA 2201.2 [N2] für Bohrloch RKB 1. Anmerkungen zu einzelnen Punkten siehe Tabelle 5.1 auf Seite 19

5.5.2 Bohrloch RKB 2

Nachweis nach KTA, RKB2

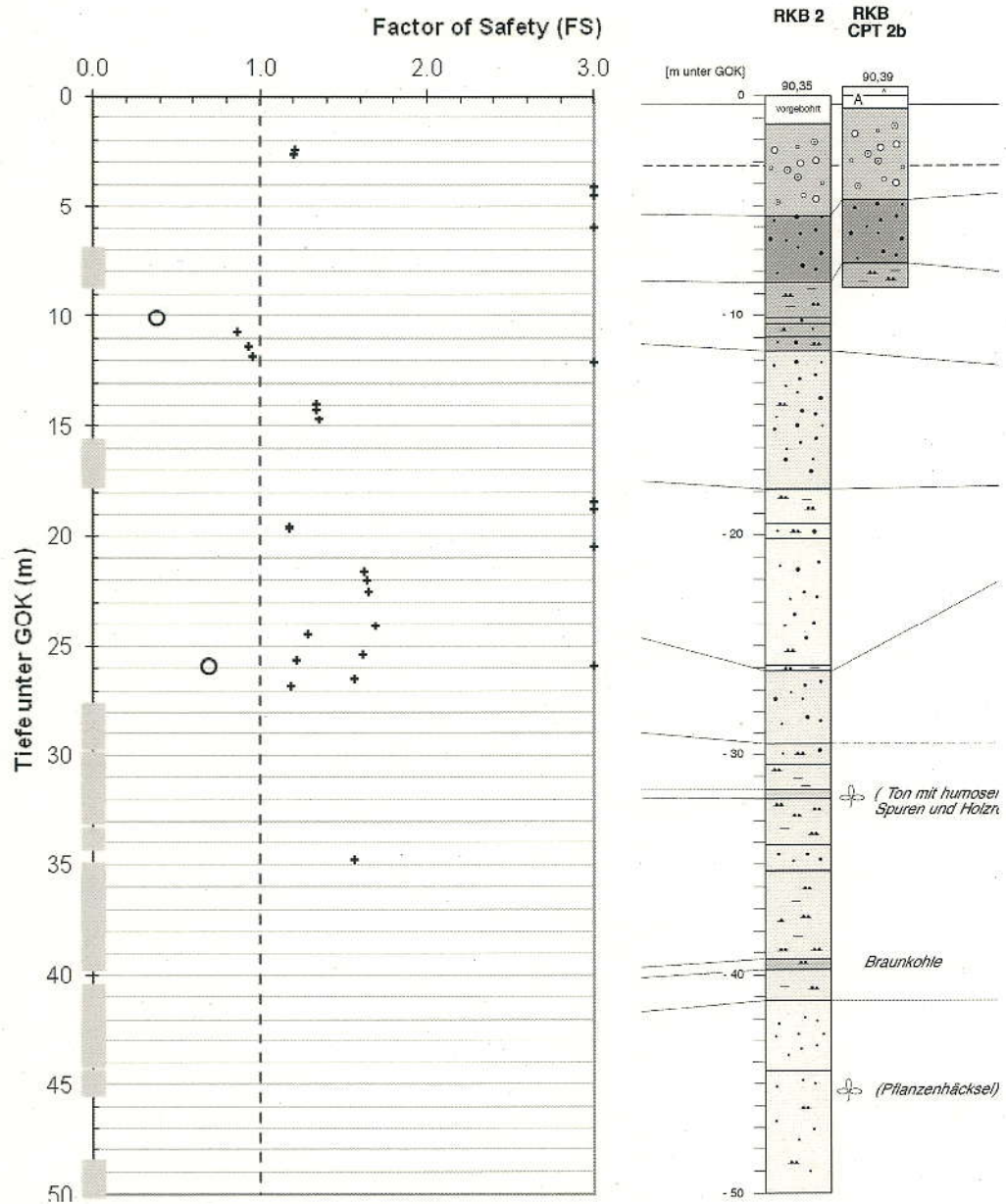


Bild 5.10: Grafische Darstellung der rechnerischen Sicherheit gegen Bodenverflüssigung nach KTA 2201.2 [N2] für Bohrloch RKB 2. Anmerkungen zu einzelnen siehe Tabelle 5.2 auf Seite 20

5.5.3 Bohrloch RKB 3

Nachweis nach KTA, RKB3

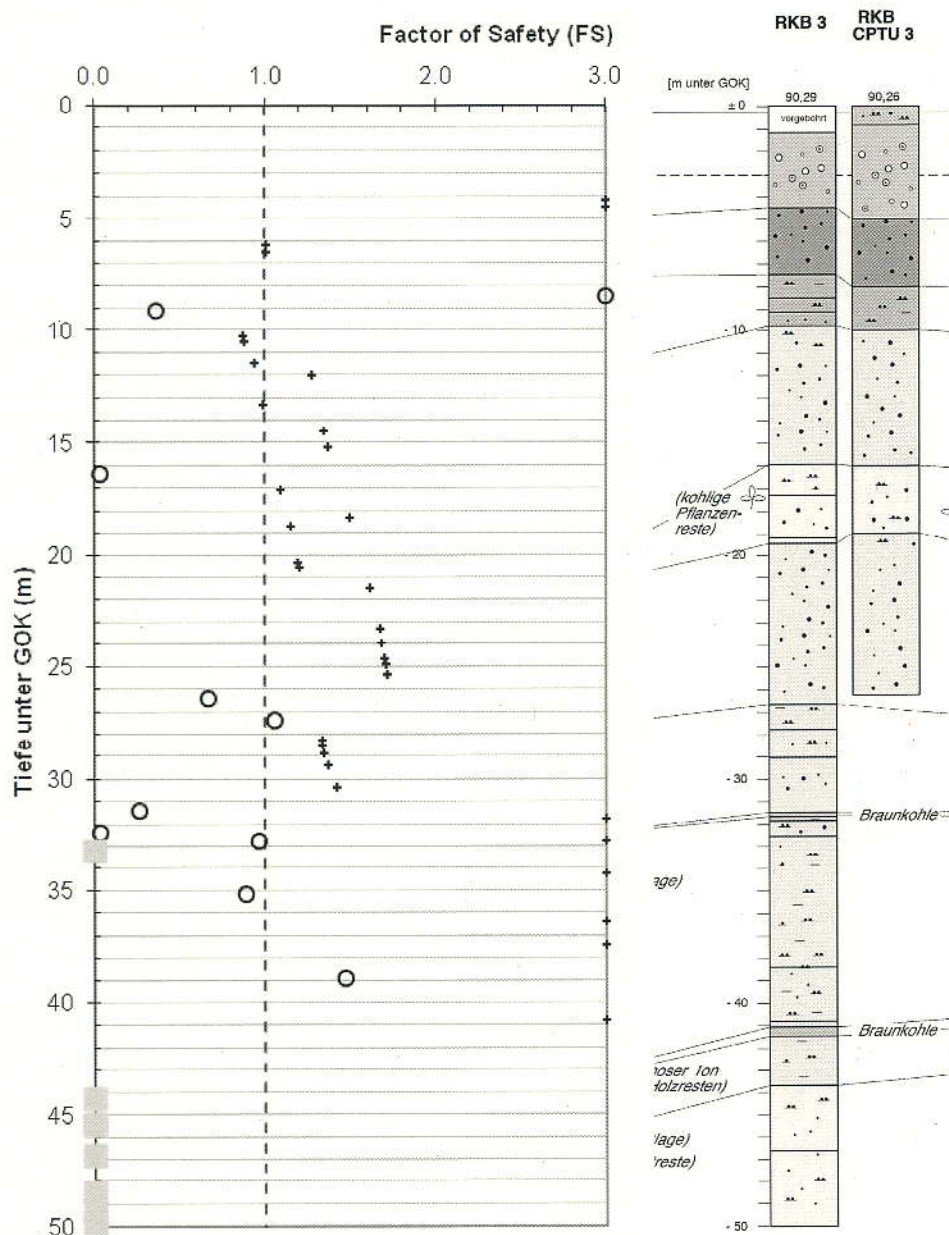


Bild 5.11: Grafische Darstellung der rechnerischen Sicherheit gegen Bodenverflüssigung nach KTA 2201.2 [N2] für Bohrloch RKB 3. Anmerkungen zu einzelnen Punkten siehe Tabelle 5.3 auf Seite 20

5.5.4 Bohrloch RKB 4

Nachweis nach KTA, RKB4

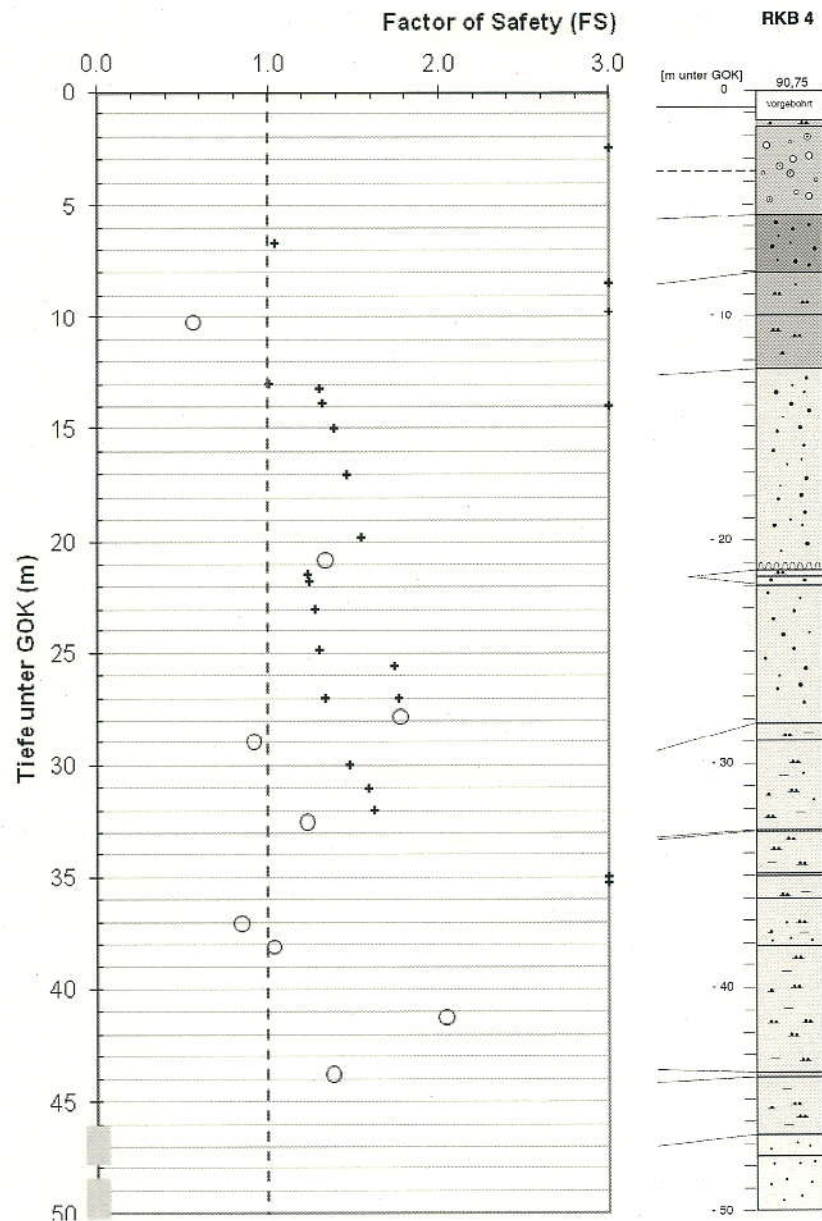


Bild 5.12: Grafische Darstellung der rechnerischen Sicherheit gegen Bodenverflüssigung nach KTA 2201.2 [N2] für Bohrloch RKB 4. Anmerkungen zu einzelnen Punkten siehe Tabelle 5.4 auf Seite 21

5.6 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE NACH KTA 2201.2

Aus den detaillierten Ergebnissen in Anlage A sind folgende Schlüsse zu ziehen:

- a) Nur eine sehr geringe Anzahl Sieblinien liegen außerhalb der Zonengrenzen, so dass in der überwiegenden Zahl der Fälle weitergehende Betrachtungen notwendig sind
- b) Im Tiefenbereich von ca. 9,00 m bis 13,00 m unter GOK, d. h. im Bereich des unteren Waal-Horizontes, kann die Gefahr der Bodenverflüssigung mit dem Verfahren nach KTA 2201.2 nicht ausgeschlossen werden.
- c) Im Tiefenbereich zwischen ca. 13,00 m bis ca. 27,00 m kann eine Bodenverflüssigung ausgeschlossen werden.
- d) Im Bereich unterhalb von ca. 27,00 m liegen die Kennwerte des Bodens überwiegend außerhalb des Gültigkeitsbereiches der angewendeten Beziehungen zwischen Spitzendruck und bezogener Lagerungsdichte. Die ermittelten Werte für die Sicherheit gegen Verflüssigung sind daher nicht vertrauenswürdig. Eine belastbare Aussage über die Gefahr der Bodenverflüssigung ist daher nicht möglich.

6 NACHWEIS DER VERFLÜSSIGUNGSGEFAHR NACH NCEER-WORKSHOP

6.1 VORGEHENSWEISE

Der Nachweis erfolgt nach den Empfehlungen von zwei Workshops, die in den Jahren 1996 und 1998 in den USA vom National Center for Earthquake Engineering Research (NCEER) bzw. vom NCEER und der National Science Foundation (NSF) mit den führenden Experten mit dem Ziel durchgeführt wurden, einen Konsens bzgl. Updates und Ergänzungen zu Standard-Verfahren zur Bewertung des Verflüssigungswiderstandes, die in den 30 Jahren zuvor entwickelt wurden, herzustellen.

Die Ergebnisse der Workshops wurden in einem Fachaufsatz von allen Teilnehmern der Workshops im Jahre 2001 im Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering veröffentlicht [L2].

Die Sicherheit FS gegen Bodenverflüssigung wird definiert als

$$FS = (CRR_{7.5}/CSR) \cdot MSF \cdot K_{\sigma} \cdot K_{\alpha} \quad (6-1)$$

Darin ist $CRR_{7.5}$ der Widerstand gegen Bodenverflüssigung („cyclic resistance ratio“) bei einem Erdbeben der Magnitude $M_w = 7.5$, CSR die seismische Einwirkung („cyclic stress ratio“), und MSF ein Skalierungsfaktor („magnitude scaling factor“) zur Anpassung der Sicherheit an andere Erdbebenmagnituden als $M_w = 7.5$. Die empfohlene Beziehung zwischen Momentenmagnitude und MSF ist in Bild 6.1 reproduziert.

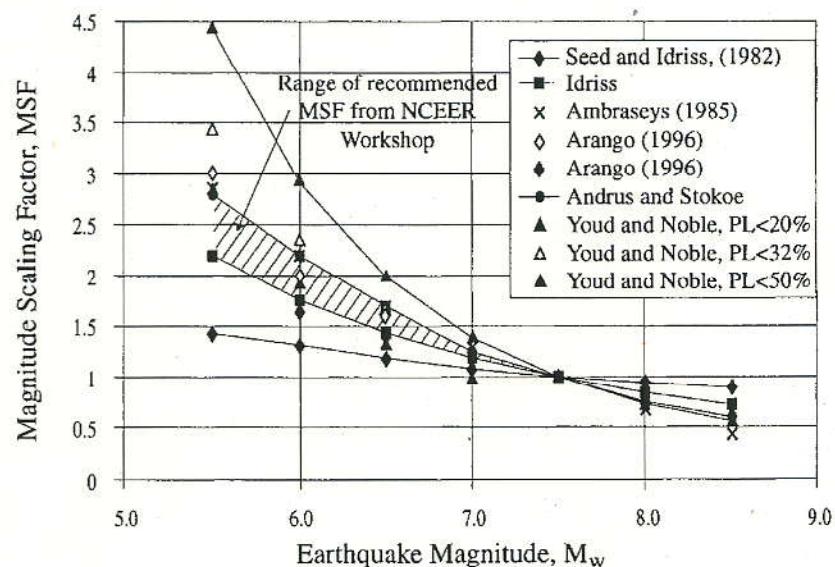


Bild 6.1: Magnitude Scaling Factor MSF nach [L2]

Der CSR ist definiert als

$$\text{CSR} = 0.65 \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot \frac{\max a}{g} \cdot r_d \quad (6-2)$$

mit $\max a$ der maximalen Beschleunigung an der Bodenoberfläche, g der Erdbeschleunigung, σ'_{v0} der effektiven vertikalen Spannung aus Bauwerkslast und Bodeneigengewicht, σ_{v0} der totalen vertikalen Spannung unter Bauwerkslast und Bodeneigengewicht bei höchstem Grundwasserstand, und r_d dem tiefenabhängigen Reduktionsfaktor nach Gl. (6-3).

$$r_d = \frac{1.000 - 0.4113 z^{0.5} + 0.04052 z + 0.001753 z^{1.5}}{1.000 - 0.4177 z^{0.5} + 0.05729 z^{1.5} - 0.006205 z^{1.5} + 0.001210 z^2} \quad (6-3)$$

Der Verflüssigungswiderstand CRR kann aus dem Spitzenwiderstand einer CPT-Sondierung ermittelt werden. Die Beziehung zwischen dem CRR und dem normalisierten Spitzenwiderstand ist in Bild 6.2 dargestellt. Der CRR, der durch die sog. „Clean Sand Base Curve“ definiert wird, kann dabei als dasjenige zyklische Spannungsverhältnis interpretiert werden, das erforderlich ist, um bei einer Magnitude $M_w = 7.5$ eine Bodenverflüssigung in einem Sand mit weniger als 5 % Feinkornanteil auszulösen.

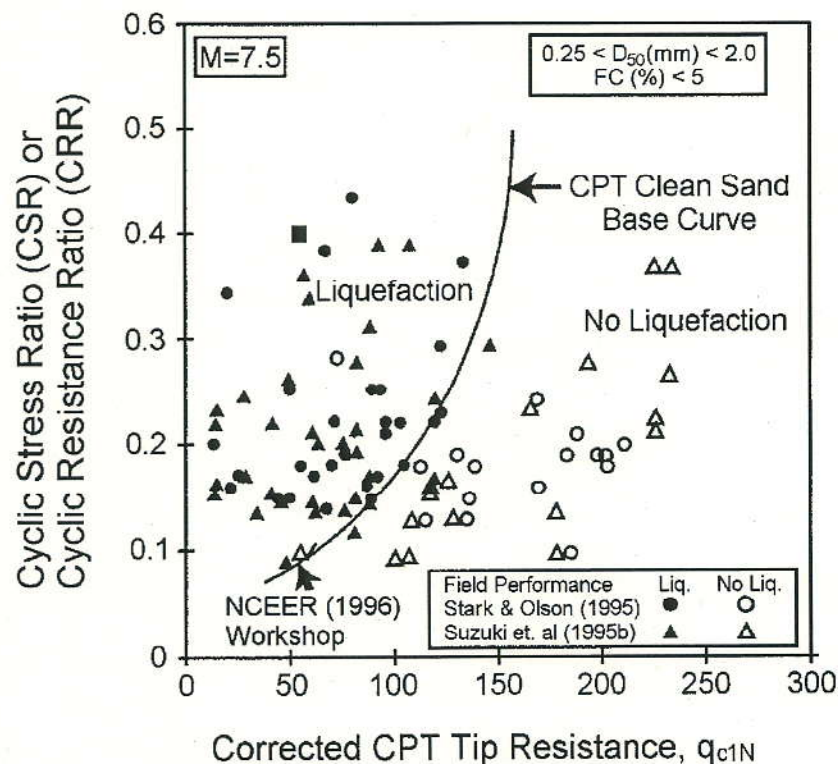


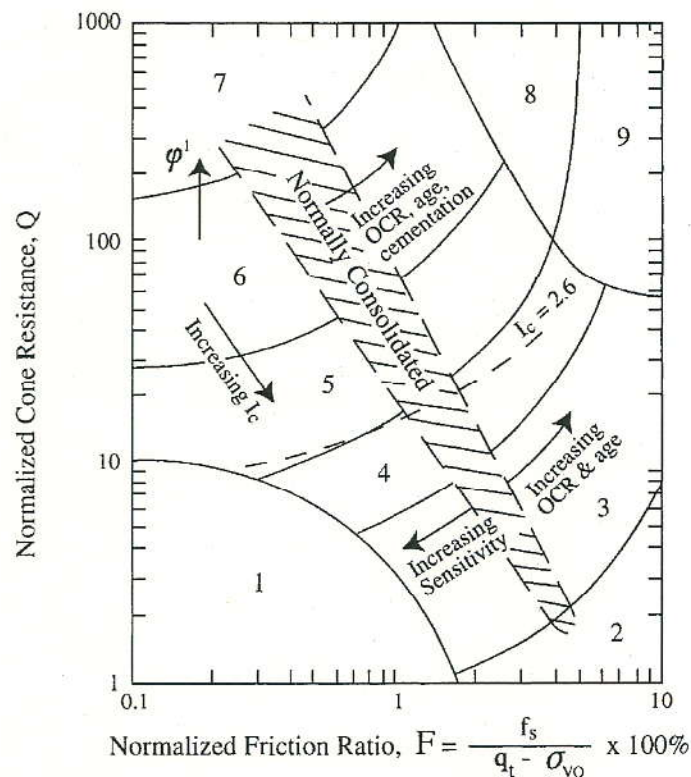
Bild 6.2: Beziehung zwischen CRR und normalisiertem Spitzenwiderstand nach [L2]

Der normalisiert Spitzenwiderstand wird aus dem gemessenen Spitzenwiderstand nach

$$q_{c1N} = C_Q (q_c / P_a) \quad (6-4)$$

$$C_Q = (P_a / \sigma'_0)^n \quad (6-5)$$

ermittelt. Darin ist P_a der Luftdruck an der Geländeoberfläche, der als Skalierungsfaktor verwendet wird. Der Exponent n in Gl. (6-5) hängt vom Bodentyp ab, und wird iterativ ermittelt. Der Bodentyp wird aus dem Reibungsverhältnis zwischen Mantelreibung und Spitzendruckwiderstand der Drucksonde ermittelt. Die Einstufung erfolgt nach dem Diagramm, dass in Bild 6.3 reproduziert ist.



- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. Sensitive, fine grained | 6. Sands - clean sand to silty sand |
| 2. Organic soils - peats | 7. Gravelly sand to dense sand |
| 3. Clays - silty clay to clay | 8. Very stiff sand to clayey sand* |
| 4. Silt mixtures - clayey silt to silty clay | 9. Very stiff, fine grained* |
| 5. Sand mixtures - silty sand to sandy silt | |

*Heavily overconsolidated or cemented

Bild 6.3: Diagramm zur Einstufung des Bodentyps aus den Ergebnissen einer Drucksondierung, nach [L2]

Da die Beziehung zwischen Verflüssigungswiderstand CRR und normalisiertem Spitzendruckwiderstand nur für reine Sande in Bild 6.2 gegeben ist, muss berücksichtigt werden, dass Sand-Schluff-Gemische einen höheren Verflüssigungswiderstand haben als reine Sande. Der für einen reinen Sand äquivalente normalisierte Spitzendruckwiderstand ergibt sich nach

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c \cdot q_{c1N} \quad (6-6)$$

Der Korrekturfaktor K_c hängt von der Bodenart ab, und wird in einem iterativen Verfahren aus dem gemessenen Spitzendruck und der Mantelreibung der CPT-Sondierung ermittelt.

Der Korrekturfaktor K_σ in Gl. (6-1) berücksichtigt, dass mit zunehmendem Überlagerungsdruck der Widerstand gegen Bodenverflüssigung abnimmt. Die in [L2] empfohlene Beziehung zwischen effektiver Spannung und K_σ ist in Bild 6.4 reproduziert.

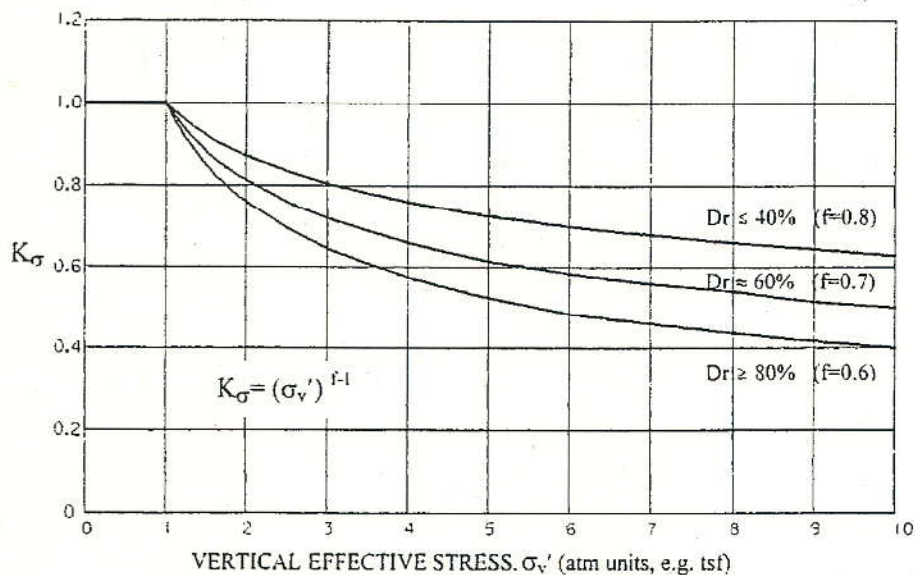


Bild 6.4: Empfohlene Beziehung zwischen effektiver Spannung und Korrekturfaktor K_σ zur Berücksichtigung eines hohen Überlagerungsdruckes nach [L2]

Der Korrekturfaktor K_α in Gl. (6-1) berücksichtigt den Einfluss von statischen horizontalen Schubspannungen. Es wird jedoch in [L2] empfohlen, diese Korrektur im Regelfall nicht anzuwenden. In den nachfolgenden Berechnungen wird daher $K_\alpha \equiv 1$ verwendet.

6.2 UMFANG DER NACHWEISE

Der Nachweis erfolgt für die Drucksondierungen CPTU 1, CPT 2B mit CPTU 2C, und CPT 3 mit CPTU 3A.

Der Nachweis wird über die gesamte Tiefe der jeweiligen Sondierungen in Schrittweiten von 2 cm geführt.

6.3 BESCHRÄNKUNGEN DES VERFAHRENS

Im Verfahren nach NCEER-Workshop [L2] wird auf dem Spitzenwiderstand und der Mantelreibung an der Sonde auf den Bodentyp geschlossen. In der Beschreibung des Verfahrens in [L2] wird diese Prozedur jedoch nur als „rough estimate of soil type and fine contents“ bezeichnet. Es ist daher stets ein Vergleich zwischen der Einschätzung des Bodentyps nach [L2] und der Ansprache der Bodenproben aus den Rammkernbohrungen durchzuführen. Bei offensichtlichen Fehleinschätzungen des Bodentyps aus den Sondiererergebnissen ist eine manuelle Korrektur notwendig.

Eine präzise Ermittlung des Bodentyps aus den Sonderergebnissen wäre nur möglich, wenn vorab sehr aufwändige Kalibrierversuche der Drucksondierung mit den in-situ vorliegenden Böden durchgeführt werden würden.

6.4 GRAFISCHE DARSTELLUNG DER SICHERHEIT GEGEN BODENVERFLÜSSIGUNG

Die folgenden Grafiken zeigen die Sicherheit gegen Bodenverflüssigung über die Tiefe. Farblich markierte Tiefenbereiche am linken Rand zeigen an, dass keine Aussagen möglich waren, weil keine Sondiererergebnisse vorlagen. Die mit einem Kreuz markierten Tiefenbereiche zeigen die automatisiert ermittelte Sicherheit gegen Bodenverflüssigung an.

Zur Erhöhung der Lesbarkeit der Diagramme wurde den Tiefenkoordinaten, für die eine Sicherheit gegen Bodenverflüssigung $FS > 3$ ermittelt wurde, der Wert $FS = 3$ zugewiesen. Tiefenkoordinaten, bei denen aufgrund des Reibungsverhältnisses während der Drucksondierung eine Verflüssigung ausgeschlossen werden kann, wurde ebenfalls die Sicherheit $FS = 3$ zugewiesen.

Die jeweils rechts neben den Diagrammen zur Bodenverflüssigungsgefahr dargestellten Schichtenprofile sind dem Bericht [U1] entnommen.

6.4.1 Sondierung CPTU 1

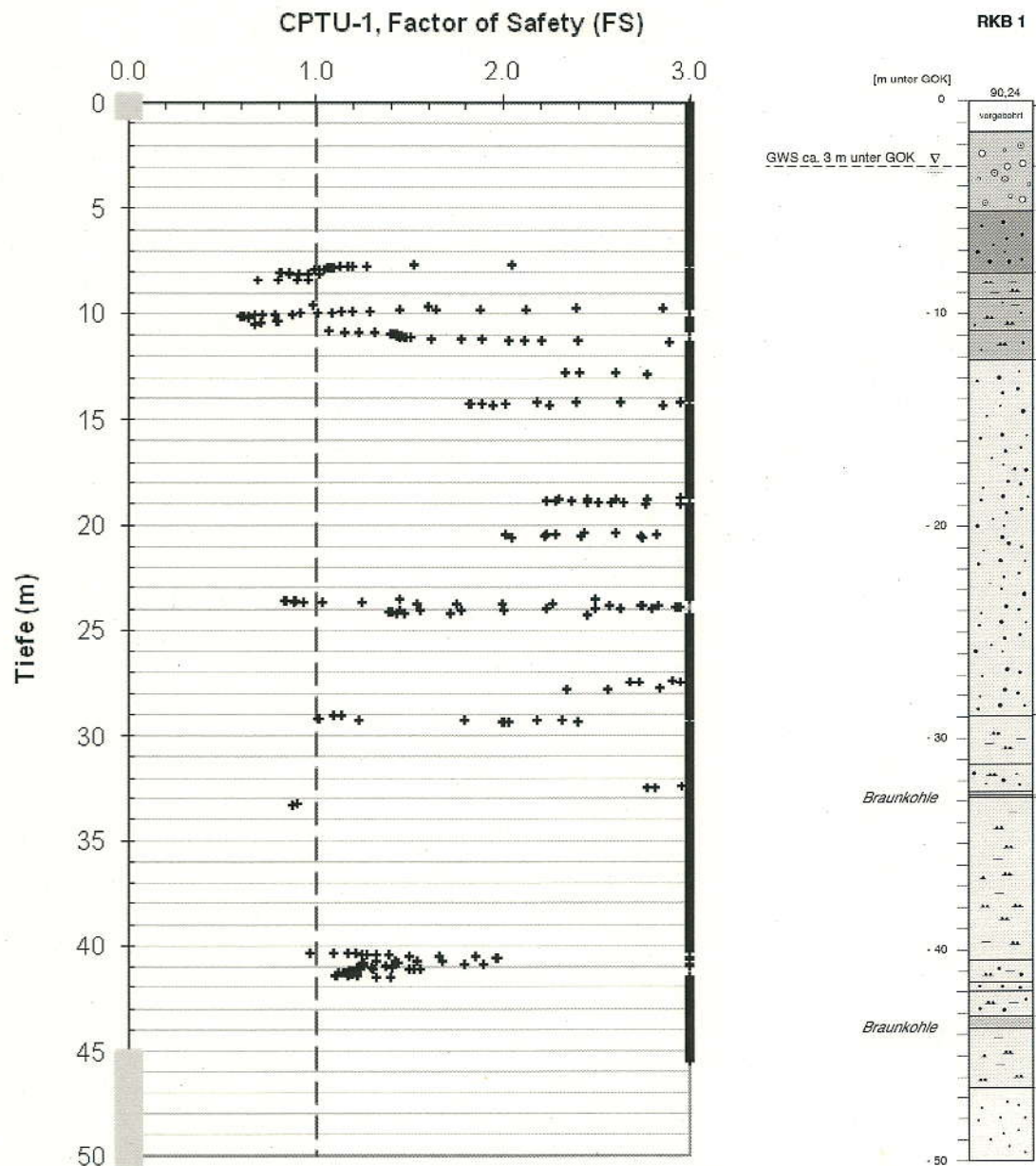


Bild 6.5: Grafische Darstellung der rechnerischen Sicherheit gegen Bodenverflüssigung nach NCEER-Workshop [L2] für Sondierung CPTU1

6.4.2 Sondierung CPT 2B mit CPTU 2C

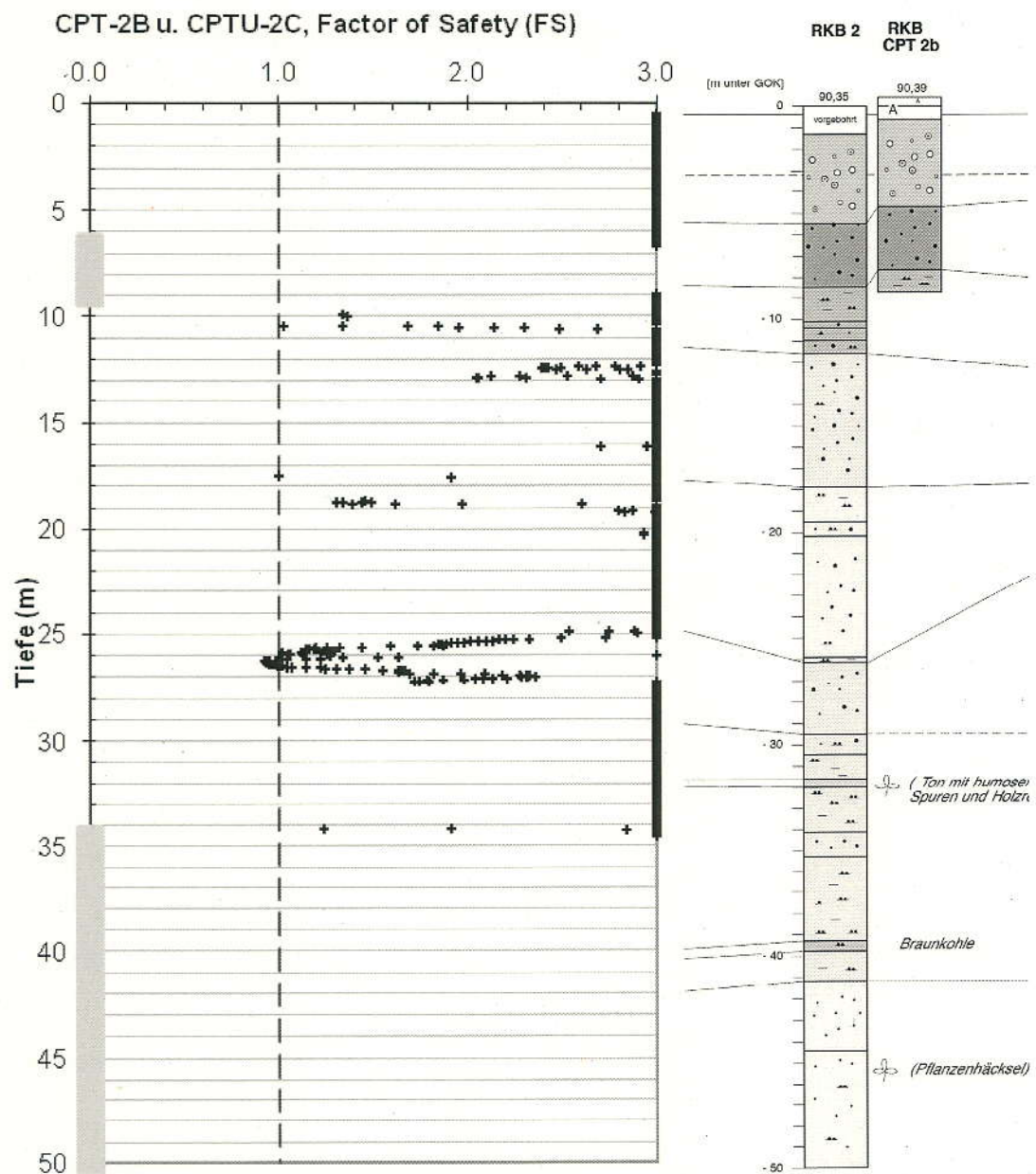


Bild 6.6: Grafische Darstellung der rechnerischen Sicherheit gegen Bodenverflüssigung nach NCEER-Workshop [L2] für Sondierung CPT 2B mit CPTU 2C

6.4.3 Sondierung CPT 3 mit CPTU 3A

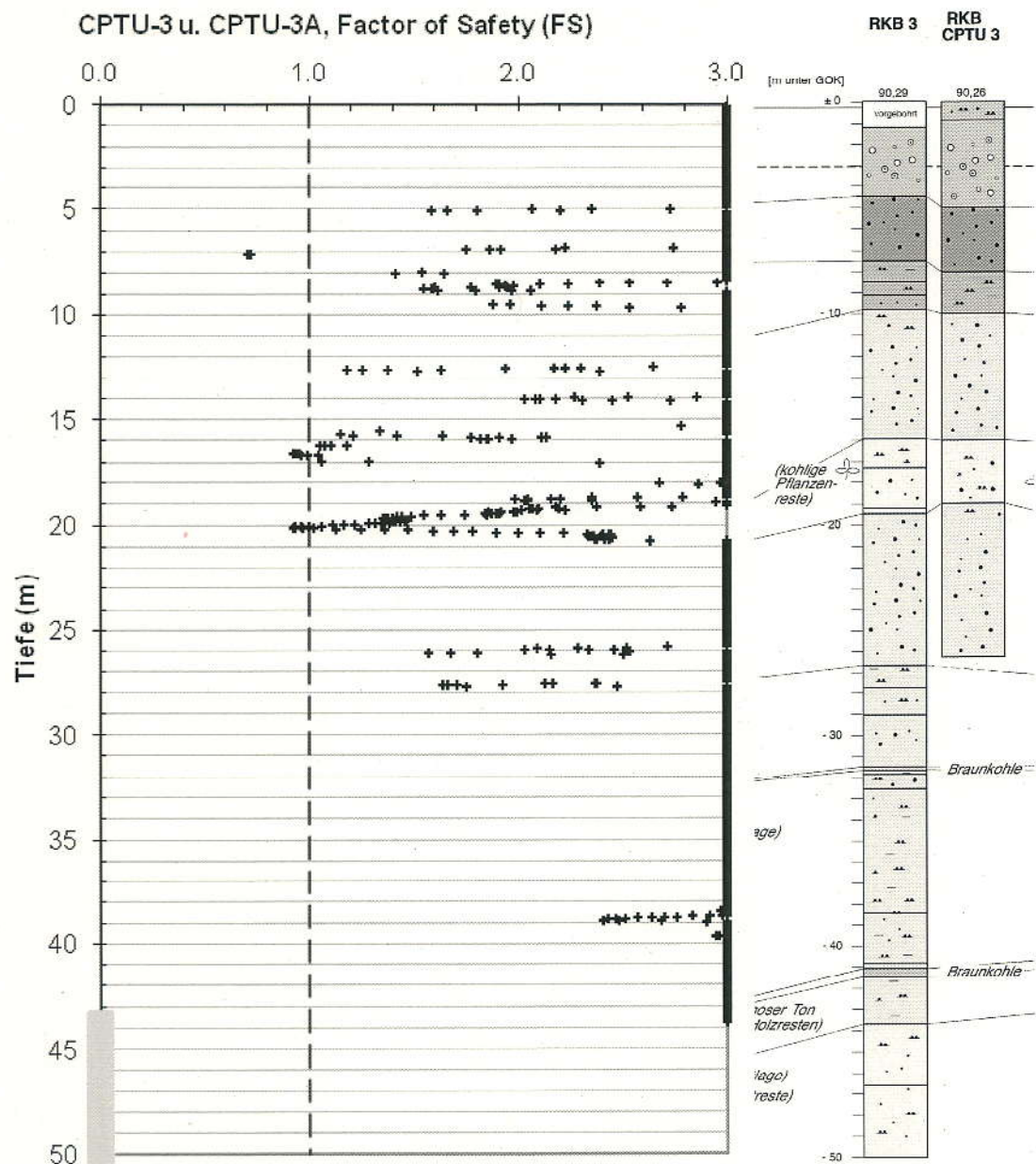


Bild 6.7: Grafische Darstellung der rechnerischen Sicherheit gegen Bodenverflüssigung nach NCEER-Workshop [L2] für Sondierung CPT 3 mit CPTU 3A

6.5 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE NACH NCEER-WORKSHOP

Aus den detaillierten Ergebnissen in Anlage B sind folgende Schlüsse zu ziehen:

- a) Im Tiefenbereich zwischen ca. 7,50 m und 9,00 m bei CPT1U und zwischen 7,50 m und 8,00 m bei CPTU3 ergibt sich eine Sicherheit gegen Bodenverflüssigung $FS < 1$. Da in diesem Bereich jedoch die Auswertung des Bodentyps aus den Sondiererergebnissen und die Bodenansprache zu widersprüchlichen Aussagen führen, sind nähere Untersuchungen erforderlich, um Bodenverflüssigung ausschließen zu können.
- b) Im Tiefenbereich zwischen ca. 9,50 m und 11,00 m ergeben sich über einen größeren Bereich eine Sicherheit gegen Bodenverflüssigung $FS < 1$. In diesem Bereich muss daher insbesondere im Gebiet um den Ort der Sondierungen CPTU1 und CPTU2C mit einer Bodenverflüssigung unter den hier angenommenen seismischen, hydrologischen und geologischen Randbedingungen gerechnet werden.
- c) An den Übergangsbereichen von der Älteren Hauptterasse (Horizont 14) auf die Tegelen-Formation (Horizont 13) und weiter am Übergang der Tegelen-Formation auf den Prätegelen-Horizont (12) ergeben sich bei den Sondierungen CPTU2 und CPTU3 ebenfalls Sicherheiten gegen Bodenverflüssigung $FS < 1$. Bei Sondierung CPTU2 finden sich diese Bänder in 17,00 m bis 18,00 m bzw. 25,00 m bis 27,00 m Tiefe, und bei Sondierung CPTU3 in 16,00 m bis 20,50 m. Dasselbe Phänomen findet sich bei Sondierung CPTU1, bei der die Tegelen-Formation erodiert ist, in einer Tiefe von ca. 24 m, so dass hier Reste der Tegelen-Formation vorliegen könnten. Teilweise liegen widersprüchliche Ergebnisse zwischen Drucksondiererergebnissen und Bodenansprache vor, aber überwiegend muss festgestellt werden, dass eine Verflüssigung in diesen Bereichen nicht vollständig ausgeschlossen werden kann.
- d) An einzelnen Stellen finden sich Bereiche, bei denen sich rechnerisch eine Sicherheit gegen Bodenverflüssigung $FS < 1$ in tertiären Bodenschichten, die am Gebäude 12.6 unterhalb einer Tiefe von ca. 29,00 m anstehen, ergibt. Nach [L2], S. 829, sind tertiäre Bodenschichten aufgrund ihres hohen Alters im Allgemeinen immun gegen Bodenverflüssigung.

7 UNTERSCHRIFTEN

Für Rückfragen zum vorstehenden Bericht stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Bearbeiter

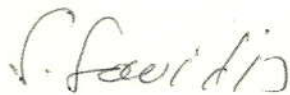


Dipl.-Ing. Winfried Schepers



M. Sc. Kostas Grivas

Sachverständiger



Univ.-Prof. Dr.-Ing. S. Savidis

Anlagenverzeichnis

Anlage A	Detailergebnisse des Nachweises nach KTA 2201.2.....	45
Anlage B	Ergebnisdetails des Nachweises nach NCEER-Workshop.....	49

**ANLAGE A DETAILERGEBNISSE DES NACHWEISES NACH
KTA 2201.2**

ID	Telecom- coding int. code	Language (OPT)	UTERZ		UTERZ Zone 1	UTERZ Zone 2	UTERZ Zone 3	UTERZ Zone 4	UTERZ Zone 5	UTERZ Zone 6	UTERZ Zone 7	UTERZ Zone 8	UTERZ Zone 9	UTERZ Zone 10	UTERZ Zone 11	UTERZ Zone 12	UTERZ Zone 13	UTERZ Zone 14	UTERZ Zone 15	UTERZ Zone 16	UTERZ Zone 17	UTERZ Zone 18	UTERZ Zone 19	UTERZ Zone 20	UTERZ Zone 21	UTERZ Zone 22	UTERZ Zone 23	UTERZ Zone 24	UTERZ Zone 25	UTERZ Zone 26	UTERZ Zone 27	UTERZ Zone 28	UTERZ Zone 29	UTERZ Zone 30	UTERZ Zone 31	UTERZ Zone 32	UTERZ Zone 33	UTERZ Zone 34	UTERZ Zone 35	UTERZ Zone 36	UTERZ Zone 37	UTERZ Zone 38	UTERZ Zone 39	UTERZ Zone 40	UTERZ Zone 41	UTERZ Zone 42	UTERZ Zone 43	UTERZ Zone 44	UTERZ Zone 45	UTERZ Zone 46	UTERZ Zone 47	UTERZ Zone 48	UTERZ Zone 49	UTERZ Zone 50	UTERZ Zone 51	UTERZ Zone 52	UTERZ Zone 53	UTERZ Zone 54	UTERZ Zone 55	UTERZ Zone 56	UTERZ Zone 57	UTERZ Zone 58	UTERZ Zone 59	UTERZ Zone 60	UTERZ Zone 61	UTERZ Zone 62	UTERZ Zone 63	UTERZ Zone 64	UTERZ Zone 65	UTERZ Zone 66	UTERZ Zone 67	UTERZ Zone 68	UTERZ Zone 69	UTERZ Zone 70	UTERZ Zone 71	UTERZ Zone 72	UTERZ Zone 73	UTERZ Zone 74	UTERZ Zone 75	UTERZ Zone 76	UTERZ Zone 77	UTERZ Zone 78	UTERZ Zone 79	UTERZ Zone 80	UTERZ Zone 81	UTERZ Zone 82	UTERZ Zone 83	UTERZ Zone 84	UTERZ Zone 85	UTERZ Zone 86	UTERZ Zone 87	UTERZ Zone 88	UTERZ Zone 89	UTERZ Zone 90	UTERZ Zone 91	UTERZ Zone 92	UTERZ Zone 93	UTERZ Zone 94	UTERZ Zone 95	UTERZ Zone 96	UTERZ Zone 97	UTERZ Zone 98	UTERZ Zone 99	UTERZ Zone 100	UTERZ Zone 101	UTERZ Zone 102	UTERZ Zone 103	UTERZ Zone 104	UTERZ Zone 105	UTERZ Zone 106	UTERZ Zone 107	UTERZ Zone 108	UTERZ Zone 109	UTERZ Zone 110	UTERZ Zone 111	UTERZ Zone 112	UTERZ Zone 113	UTERZ Zone 114	UTERZ Zone 115	UTERZ Zone 116	UTERZ Zone 117	UTERZ Zone 118	UTERZ Zone 119	UTERZ Zone 120	UTERZ Zone 121	UTERZ Zone 122	UTERZ Zone 123	UTERZ Zone 124	UTERZ Zone 125	UTERZ Zone 126	UTERZ Zone 127	UTERZ Zone 128	UTERZ Zone 129	UTERZ Zone 130	UTERZ Zone 131	UTERZ Zone 132	UTERZ Zone 133	UTERZ Zone 134	UTERZ Zone 135	UTERZ Zone 136	UTERZ Zone 137	UTERZ Zone 138	UTERZ Zone 139	UTERZ Zone 140	UTERZ Zone 141	UTERZ Zone 142	UTERZ Zone 143	UTERZ Zone 144	UTERZ Zone 145	UTERZ Zone 146	UTERZ Zone 147	UTERZ Zone 148	UTERZ Zone 149	UTERZ Zone 150	UTERZ Zone 151	UTERZ Zone 152	UTERZ Zone 153	UTERZ Zone 154	UTERZ Zone 155	UTERZ Zone 156	UTERZ Zone 157	UTERZ Zone 158	UTERZ Zone 159	UTERZ Zone 160	UTERZ Zone 161	UTERZ Zone 162	UTERZ Zone 163	UTERZ Zone 164	UTERZ Zone 165	UTERZ Zone 166	UTERZ Zone 167	UTERZ Zone 168	UTERZ Zone 169	UTERZ Zone 170	UTERZ Zone 171	UTERZ Zone 172	UTERZ Zone 173	UTERZ Zone 174	UTERZ Zone 175	UTERZ Zone 176	UTERZ Zone 177	UTERZ Zone 178	UTERZ Zone 179	UTERZ Zone 180	UTERZ Zone 181	UTERZ Zone 182	UTERZ Zone 183	UTERZ Zone 184	UTERZ Zone 185	UTERZ Zone 186	UTERZ Zone 187	UTERZ Zone 188	UTERZ Zone 189	UTERZ Zone 190	UTERZ Zone 191	UTERZ Zone 192	UTERZ Zone 193	UTERZ Zone 194	UTERZ Zone 195	UTERZ Zone 196	UTERZ Zone 197	UTERZ Zone 198	UTERZ Zone 199	UTERZ Zone 200	UTERZ Zone 201	UTERZ Zone 202	UTERZ Zone 203	UTERZ Zone 204	UTERZ Zone 205	UTERZ Zone 206	UTERZ Zone 207	UTERZ Zone 208	UTERZ Zone 209	UTERZ Zone 210	UTERZ Zone 211	UTERZ Zone 212	UTERZ Zone 213	UTERZ Zone 214	UTERZ Zone 215	UTERZ Zone 216	UTERZ Zone 217	UTERZ Zone 218	UTERZ Zone 219	UTERZ Zone 220	UTERZ Zone 221	UTERZ Zone 222	UTERZ Zone 223	UTERZ Zone 224	UTERZ Zone 225	UTERZ Zone 226	UTERZ Zone 227	UTERZ Zone 228	UTERZ Zone 229	UTERZ Zone 230	UTERZ Zone 231	UTERZ Zone 232	UTERZ Zone 233	UTERZ Zone 234	UTERZ Zone 235	UTERZ Zone 236	UTERZ Zone 237	UTERZ Zone 238	UTERZ Zone 239	UTERZ Zone 240	UTERZ Zone 241	UTERZ Zone 242	UTERZ Zone 243	UTERZ Zone 244	UTERZ Zone 245	UTERZ Zone 246	UTERZ Zone 247	UTERZ Zone 248	UTERZ Zone 249	UTERZ Zone 250	UTERZ Zone 251	UTERZ Zone 252	UTERZ Zone 253	UTERZ Zone 254	UTERZ Zone 255	UTERZ Zone 256	UTERZ Zone 257	UTERZ Zone 258	UTERZ Zone 259	UTERZ Zone 260	UTERZ Zone 261	UTERZ Zone 262	UTERZ Zone 263	UTERZ Zone 264	UTERZ Zone 265	UTERZ Zone 266	UTERZ Zone 267	UTERZ Zone 268	UTERZ Zone 269	UTERZ Zone 270	UTERZ Zone 271	UTERZ Zone 272	UTERZ Zone 273	UTERZ Zone 274	UTERZ Zone 275	UTERZ Zone 276	UTERZ Zone 277	UTERZ Zone 278	UTERZ Zone 279	UTERZ Zone 280	UTERZ Zone 281	UTERZ Zone 282	UTERZ Zone 283	UTERZ Zone 284	UTERZ Zone 285	UTERZ Zone 286	UTERZ Zone 287	UTERZ Zone 288	UTERZ Zone 289	UTERZ Zone 290	UTERZ Zone 291	UTERZ Zone 292	UTERZ Zone 293	UTERZ Zone 294	UTERZ Zone 295	UTERZ Zone 296	UTERZ Zone 297	UTERZ Zone 298	UTERZ Zone 299	UTERZ Zone 300	UTERZ Zone 301	UTERZ Zone 302	UTERZ Zone 303	UTERZ Zone 304	UTERZ Zone 305	UTERZ Zone 306	UTERZ Zone 307	UTERZ Zone 308	UTERZ Zone 309	UTERZ Zone 310	UTERZ Zone 311	UTERZ Zone 312	UTERZ Zone 313	UTERZ Zone 314	UTERZ Zone 315	UTERZ Zone 316	UTERZ Zone 317	UTERZ Zone 318	UTERZ Zone 319	UTERZ Zone 320	UTERZ Zone 321	UTERZ Zone 322	UTERZ Zone 323	UTERZ Zone 324	UTERZ Zone 325	UTERZ Zone 326	UTERZ Zone 327	UTERZ Zone 328	UTERZ Zone 329	UTERZ Zone 330	UTERZ Zone 331	UTERZ Zone 332	UTERZ Zone 333	UTERZ Zone 334	UTERZ Zone 335	UTERZ Zone 336	UTERZ Zone 337	UTERZ Zone 338	UTERZ Zone 339	UTERZ Zone 340	UTERZ Zone 341	UTERZ Zone 342	UTERZ Zone 343	UTERZ Zone 344	UTERZ Zone 345	UTERZ Zone 346	UTERZ Zone 347	UTERZ Zone 348	UTERZ Zone 349	UTERZ Zone 350	UTERZ Zone 351	UTERZ Zone 352	UTERZ Zone 353	UTERZ Zone 354	UTERZ Zone 355	UTERZ Zone 356	UTERZ Zone 357	UTERZ Zone 358	UTERZ Zone 359	UTERZ Zone 360	UTERZ Zone 361	UTERZ Zone 362	UTERZ Zone 363	UTERZ Zone 364	UTERZ Zone 365	UTERZ Zone 366	UTERZ Zone 367	UTERZ Zone 368	UTERZ Zone 369	UTERZ Zone 370	UTERZ Zone 371	UTERZ Zone 372	UTERZ Zone 373	UTERZ Zone 374	UTERZ Zone 375	UTERZ Zone 376	UTERZ Zone 377	UTERZ Zone 378	UTERZ Zone 379	UTERZ Zone 380	UTERZ Zone 381	UTERZ Zone 382	UTERZ Zone 383	UTERZ Zone 384	UTERZ Zone 385	UTERZ Zone 386	UTERZ Zone 387	UTERZ Zone 388	UTERZ Zone 389	UTERZ Zone 390	UTERZ Zone 391	UTERZ Zone 392	UTERZ Zone 393	UTERZ Zone 394	UTERZ Zone 395	UTERZ Zone 396	UTERZ Zone 397	UTERZ Zone 398	UTERZ Zone 399	UTERZ Zone 400	UTERZ Zone 401	UTERZ Zone 402	UTERZ Zone 403	UTERZ Zone 404	UTERZ Zone 405	UTERZ Zone 406	UTERZ Zone 407	UTERZ Zone 408	UTERZ Zone 409	UTERZ Zone 410	UTERZ Zone 411	UTERZ Zone 412	UTERZ Zone 413	UTERZ Zone 414	UTERZ Zone 415	UTERZ Zone 416	UTERZ Zone 417	UTERZ Zone 418	UTERZ Zone 419	UTERZ Zone 420	UTERZ Zone 421	UTERZ Zone 422	UTERZ Zone 423	UTERZ Zone 424	UTERZ Zone 425	UTERZ Zone 426	UTERZ Zone 427	UTERZ Zone 428	UTERZ Zone 429	UTERZ Zone 430	UTERZ Zone 431	UTERZ Zone 432	UTERZ Zone 433	UTERZ Zone 434	UTERZ Zone 435	UTERZ Zone 436	UTERZ Zone 437	UTERZ Zone 438	UTERZ Zone 439	UTERZ Zone 440	UTERZ Zone 441	UTERZ Zone 442	UTERZ Zone 443	UTERZ Zone 444	UTERZ Zone 445	UTERZ Zone 446	UTERZ Zone 447	UTERZ Zone 448	UTERZ Zone 449	UTERZ Zone 450	UTERZ Zone 451	UTERZ Zone 452	UTERZ Zone 453	UTERZ Zone 454	UTERZ Zone 455	UTERZ Zone 456	UTERZ Zone 457	UTERZ Zone 458	UTERZ Zone 459	UTERZ Zone 460	UTERZ Zone 461	UTERZ Zone 462	UTERZ Zone 463	UTERZ Zone 464	UTERZ Zone 465	UTERZ Zone 466	UTERZ Zone 467	UTERZ Zone 468	UTERZ Zone 469	UTERZ Zone 470	UTERZ Zone 471	UTERZ Zone 472	UTERZ Zone 473	UTERZ Zone 474	UTERZ Zone 475	UTERZ Zone 476	UTERZ Zone 477	UTERZ Zone 478	UTERZ Zone 479	UTERZ Zone 480	UTERZ Zone 481	UTERZ Zone 482	UTERZ Zone 483	UTERZ Zone 484	UTERZ Zone 485	UTERZ Zone 486	UTERZ Zone 487	UTERZ Zone 488	UTERZ Zone 489	UTERZ Zone 490	UTERZ Zone 491	UTERZ Zone 492	UTERZ Zone 493	UTERZ Zone 494	UTERZ Zone 495	UTERZ Zone 496	UTERZ Zone 497	UTERZ Zone 498	UTERZ Zone 499	UTERZ Zone 500	UTERZ Zone 501	UTERZ Zone 502	UTERZ Zone 503	UTERZ Zone 504	UTERZ Zone 505	UTERZ Zone 506	UTERZ Zone 507	UTERZ Zone 508	UTERZ Zone 509	UTERZ Zone 510	UTERZ Zone 511	UTERZ Zone 512	UTERZ Zone 513	UTERZ Zone 514	UTERZ Zone 515	UTERZ Zone 516	UTERZ Zone 517	UTERZ Zone 518	UTERZ Zone 519	UTERZ Zone 520	UTERZ Zone 521	UTERZ Zone 522	UTERZ Zone 523	UTERZ Zone 524	UTERZ Zone 525	UTERZ Zone 526	UTERZ Zone 527	UTERZ Zone 528	UTERZ Zone 529	UTERZ Zone 530	UTERZ Zone 531	UTERZ Zone 532	UTERZ Zone 533	UTERZ Zone 534	UTERZ Zone 535	UTERZ Zone 536	UTERZ Zone 537	UTERZ Zone 538	UTERZ Zone 539	UTERZ Zone 540	UTERZ Zone 541	UTERZ Zone 542	UTERZ Zone 543	UTERZ Zone 544	UTERZ Zone 545	UTERZ Zone 546	UTERZ Zone 547	UTERZ Zone 548	UTERZ Zone 549	UTERZ Zone 550	UTERZ Zone 551	UTERZ Zone 552	UTERZ Zone 553	UTERZ Zone 554	UTERZ Zone 555	UTERZ Zone 556	UTERZ Zone 557	UTERZ Zone 558	UTERZ Zone 559	UTERZ Zone 560	UTERZ Zone 561	UTERZ Zone 562	UTERZ Zone 563	UTERZ Zone 564	UTERZ Zone 565	UTERZ Zone 566	UTERZ Zone 567	UTERZ Zone 568	UTERZ Zone 569	UTERZ Zone 570	UTERZ Zone 571	UTERZ Zone 572	UTERZ Zone 573	UTERZ Zone 574	UTERZ Zone 575	UTERZ Zone 576	UTERZ Zone 577	UTERZ Zone 578	UTERZ Zone 579	UTERZ Zone 580	UTERZ Zone 581	UTERZ Zone 582	UTERZ Zone 583	UTERZ Zone 584	UTERZ Zone 585	UTERZ Zone 586	UTERZ Zone 587	UTERZ Zone 588	UTERZ Zone 589	UTERZ Zone 590	UTERZ Zone 591	UTERZ Zone 592	UTERZ Zone 593	UTERZ Zone 594	UTERZ Zone 595	UTERZ Zone 596	UTERZ Zone 597	UTERZ Zone 598	UTERZ Zone 599	UTERZ Zone 600	UTERZ Zone 601	UTERZ Zone 602	UTERZ Zone 603	UTERZ Zone 604	UTERZ Zone 605	UTERZ Zone 606	UTERZ Zone 607	UTERZ Zone 608	UTERZ Zone 609	UTERZ Zone 610	UTERZ Zone 611	UTERZ Zone 612	UTERZ Zone 613	UTERZ Zone 614	UTERZ Zone 615	UTERZ Zone 616	UTERZ Zone 617	UTERZ Zone 618	UTERZ Zone 619	UTERZ Zone 620	UTERZ Zone 621	UTERZ Zone 622	UTERZ Zone 623	UTERZ Zone 624	UTERZ Zone 625	UTERZ Zone 626	UTERZ Zone 627	UTERZ Zone 628	UTERZ Zone 629	UTERZ Zone 630	UTERZ Zone 631	UTERZ Zone 632	UTERZ Zone 633	UTERZ Zone 634	UTERZ Zone 635	UTERZ Zone 636	UTERZ Zone 637	UTERZ Zone 638	UTERZ Zone 639	UTERZ Zone 640	UTERZ Zone 641	UTERZ Zone 642	UTERZ Zone 643	UTERZ Zone 644	UTERZ Zone 645	UTERZ Zone 646	UTERZ Zone 647	UTERZ Zone 648	UTERZ Zone 649	UTERZ Zone 650	UTERZ Zone 651	UTERZ Zone 652	UTERZ Zone 653	UTERZ Zone 654	UTERZ Zone 655	UTERZ Zone 656	UTERZ Zone 657	UTERZ Zone 658	UTERZ Zone 659	UTERZ Zone 660	UTERZ Zone 661	UTERZ Zone 662	UTERZ Zone 663	UTERZ Zone 664	UTERZ Zone 665	UTERZ Zone 666	UTERZ Zone 667	UTERZ Zone 668	UTERZ Zone 669	UTERZ Zone 670	UTERZ Zone 671	UTERZ Zone 672	UTERZ Zone 673	UTERZ Zone 674	UTERZ Zone 675	UTERZ Zone 676	UTERZ Zone 677	UTERZ Zone 678	UTERZ Zone 679	UTERZ Zone 680	UTERZ Zone 681	UTERZ Zone 682	UTERZ Zone 683	UTERZ Zone 684	UTERZ Zone 685	UTERZ Zone 686	UTERZ Zone 687	UTERZ Zone 688	UTERZ Zone 689	UTERZ Zone 690	UTERZ Zone 691
----	---------------------------------	-------------------	-------	--	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

D. nach Fertigstellung
12 nach DIN4020
keine Änderung möglich

IKB2	Tierens- ordnung (n u. GOK)	Lithologie (GPT)	geschicht	Obere Grenze Zone 1	Untere Grenze Zone 1	Obere Grenze Zone 2	Untere Grenze Zone 2	Anteil KTA-Zone 1+2+1	2	Zuordnung KTA-Zone	y _{bw, y_p} [mm]	V [mm ³]	i [%]	L.V. [mm ³]	u [mm ³]	σ _v [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	σ _v [kN/m ²]	q _s [kN/m ²]	J H	I _p [%]	max t / σ _v Zone 1 [s]	max t / σ _v Zone 2 [s]	FS Zone 1 [s]	FS Zone 2 [s]	FS [s]
	1.00	Kies		9%	14%	30%	14%	83%	10%	1	19	95	25.0%	23.7	13.9	72.1	56.1	0.98	50.0	50.0	71	0.342	0.258	1.22	1.00	1.32
	2.40	Kies		9%	14%	30%	14%	83%	10%	1	21	95	25.0%	23.7	15.0	79.3	0.89	0.89	48.3	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	2.60	Kies		4%	6%	22%	10%	85%	6%	0	21	95	25.0%	23.7	15.0	79.3	0.89	0.89	48.3	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	4.10	Kies		1%	5%	26%	10%	85%	6%	0	21	95	24.9%	23.6	30.0	100.7	0.77	0.87	47.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	4.50	Kies		1%	5%	26%	10%	85%	6%	0	21	95	24.9%	23.6	34.0	118.1	0.84	0.97	47.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	6.00	Kies		0%	1%	2%	3%	97%	1%	0	21	95	24.6%	23.3	46.0	146.3	1.00	1.03	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	7.40	?		0%	0%	7%	6%	93%	5%	1	21	95	24.2%	22.8	63.0	176.4	1.15	1.15	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	8.20	?		0%	0%	7%	6%	93%	5%	1	21	95	24.0%	22.8	69.5	195.0	1.25	1.25	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	10.10	Schluff / Ton		8%	23%	95%	91%	75%	75%	2	21	95	23.3%	22.1	68.5	234.2	1.65	1.65	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	10.75	Sand		17%	17%	97%	97%	80%	80%	2	21	95	23.0%	21.6	68.1	247.6	1.75	1.75	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	11.60	Sand		17%	17%	97%	97%	80%	80%	2	21	95	22.7%	21.6	68.1	247.6	1.75	1.75	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	11.90	Sand		1%	3%	92%	92%	79%	79%	2	21	95	22.5%	21.4	67.4	260.2	2.01	2.01	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	12.12	Sand		1%	3%	92%	92%	79%	79%	2	21	95	22.4%	21.3	67.4	260.2	2.01	2.01	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	14.00	Kies / Sand		1%	2%	22%	12%	87%	10%	0	21	95	21.4%	20.3	65.9	275.8	2.08	2.08	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	14.20	Kies / Sand		1%	2%	22%	12%	87%	10%	0	21	95	21.3%	20.2	65.9	275.8	2.08	2.08	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	14.70	Kies / Sand		0%	4%	12%	4%	90%	4%	1	21	95	21.0%	20.0	62.9	328.7	2.38	2.38	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	16.10	Schluff / Ton		1%	2%	97%	97%	95%	12%	1	21	95	20.2%	19.2	100.9	357.3	2.50	2.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	16.90	Schluff / Ton		0%	2%	98%	98%	98%	25%	1	21	95	20.0%	19.0	110.9	365.5	2.54	2.54	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	17.20	Schluff / Ton		1%	2%	98%	98%	98%	25%	1	21	95	19.5%	18.5	118.9	381.8	2.63	2.63	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	18.45	Schluff / Ton		55%	75%	100%	100%	50%	25%	0	21	95	18.7%	17.7	130.4	405.4	2.75	2.75	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	18.75	Schluff / Sand		100%	100%	100%	100%	17%	5%	0	21	95	18.7%	17.7	130.4	405.4	2.75	2.75	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	19.60	Schluff / Sand		100%	100%	100%	100%	17%	5%	0	21	95	18.7%	17.7	130.4	405.4	2.75	2.75	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	19.70	Sand		12%	12%	85%	85%	86%	69%	2	21	95	18.7%	17.2	141.9	428.9	2.87	2.87	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	20.90	Sand		0%	1%	4%	4%	96%	3%	0	21	95	17.6%	16.8	150.9	447.3	3.06	3.06	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	21.60	Sand		0%	1%	4%	4%	96%	3%	0	21	95	17.0%	16.2	161.9	468.9	3.07	3.07	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	22.00	Sand		0%	1%	7%	7%	93%	10%	1	21	95	16.8%	15.9	169.9	477.9	3.12	3.12	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	22.50	Sand		0%	1%	7%	7%	93%	10%	1	21	95	16.5%	15.7	170.9	488.2	3.17	3.17	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	24.10	Sand		0%	1%	10%	10%	87%	17%	1	21	95	15.6%	14.6	169.9	520.9	3.34	3.34	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	24.90	Sand		0%	1%	10%	10%	87%	17%	1	21	95	15.4%	14.6	169.9	520.9	3.34	3.34	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	25.25	Sand		0%	1%	10%	10%	87%	17%	1	21	95	15.4%	14.6	169.9	520.9	3.34	3.34	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.60	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.8%	14.1	202.0	551.9	3.49	3.49	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99	1.31	
	26.90	Schluff / Sand		1%	2%	54%	54%	92%	84%	2	21	95	14.7%	13.9	204.9	557.8	3.50	3.50	46.0	71	0.342	0.258	1.31	0.99		

G 138/13A

Geb. 12.6 mit AVR-Behälterlager, FZ Jülich

RKB3	Tiefen- ordnung (m u. GÜH)	Lithologie (GPT)	geschützt		Anteil KTA-Zone 1+2+1	Zuordnung KTA-Zone	y _{bw, y_r} [m]	V [m³/m]	i [%]	i · V [m³/m]	u [kN/m²]	σ _v [kN/m²]	σ _v [kN/m²]	t ₀ (KTA) [s]	max a [g]	max r [mm]	max r / σ _v [s]	q _r [MPa]	U [H]	I ₅ [s]	max r / σ _v Zone 1 [s]	max r / σ _v Zone 2 [s]	FS Zone 1 [s]	FS Zone 2 [s]	FS [s]
			Untere Grenze Zone 1	Obere Grenze Zone 1	2																				
1.10	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	31,2	111,0	78,8	0,97	0,230	24,79	8,31	2,8	48,7	71	—	—	—	—	—
1.20	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
1.30	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
1.40	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
1.50	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
1.60	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
1.70	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
1.80	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
1.90	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.00	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.10	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.20	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.30	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.40	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.50	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.60	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.70	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.80	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
2.90	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.00	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.10	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.20	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.30	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.40	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.50	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.60	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.70	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.80	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
3.90	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.00	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.10	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.20	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.30	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.40	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.50	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.60	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.70	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.80	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
4.90	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—
5.00	Sand / Kies	0%	0%	3%	3%	23	59	23,6	24,6%	23,6	34,6	118,1	83,5	0,97	0,230	26,32	8,32	—	15,3	71	—	—	—	—	—

D nach Janssen
 In nach DIN 4020
 Keine Auswertung möglich

**ANLAGE B ERGEBNISDETAILS DES NACHWEISES NACH
NCEER-WORKSHOP**

M_w	6.9
$a_{max} (g)$	0.230
$a_{max} (m/s^2)$	2.26

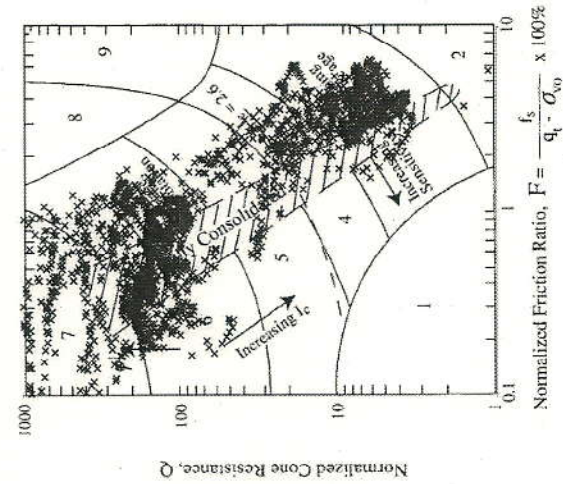
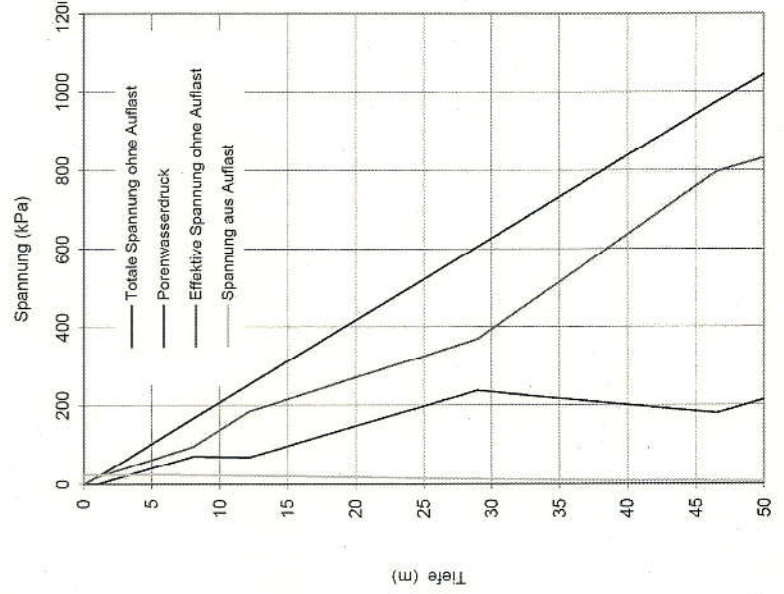
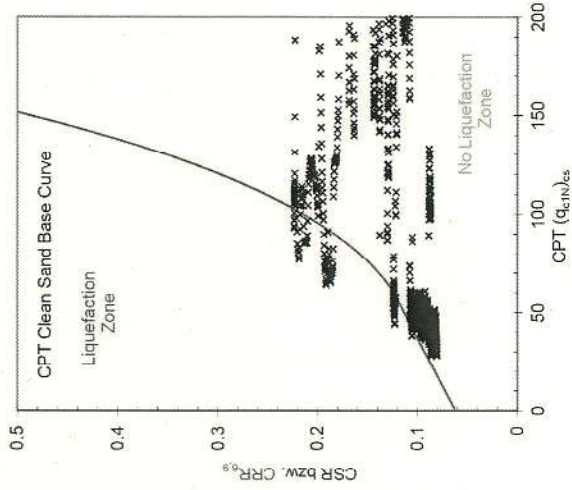
Auflast	95.00 kN/m ²
---------	-------------------------

Verflüssigungsnachweis nach NCEER-Workshop

Sondierung	CPTU-1
max. Tiefe	45.9 m
GOK	90.20 mNN

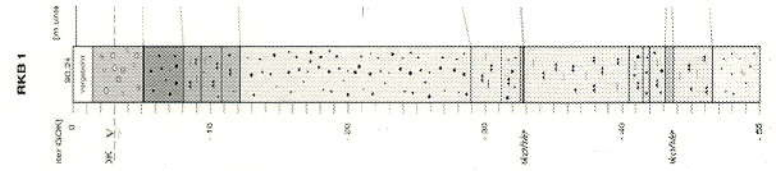
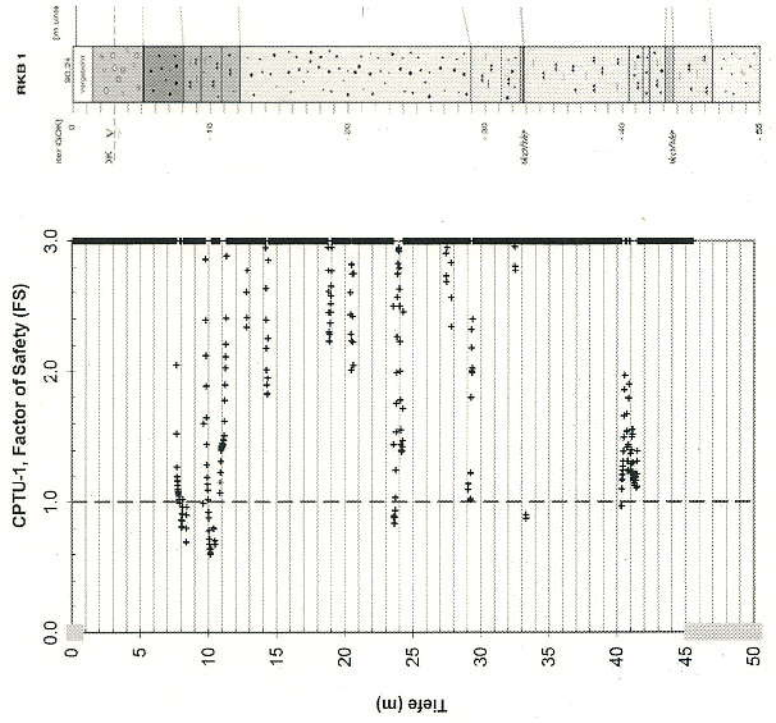
$P_a (kPa) =$	100
$n (1)$	1
$r (0.5)$	0.5
$r (0.7)$	0.7

Horizont	$\gamma (kN/m^3)$	OK (m u. GOK)
19a	19	0.00
19	21	1.50
16	21	5.18
15	21	8.06
14	21	12.15
13	21	12.15
12	21	21.50
11	21	28.95
10	20	46.52



1. Sensitive, fine grained
 2. Organic soils - peats
 3. Clays - silty clay to clay
 4. Silt mixtures - clayey silt to silty clay
 5. Sand mixtures - silty sand to sandy silt
 6. Sands - clean sand to silty sand
 7. Gravely sand to dense sand
 8. Very stiff sand to clayey sand*
 9. Very stiff, fine grained*
- *Heavily overconsolidated or cemented

FIG. 5. CPT-Based Soil Behavior-Type Chart Proposed by Robertson (1990)



M_{Wj}	6.9
$a_{max} (g)$	0.215
$a_{max} (m/s^2)$	2.11

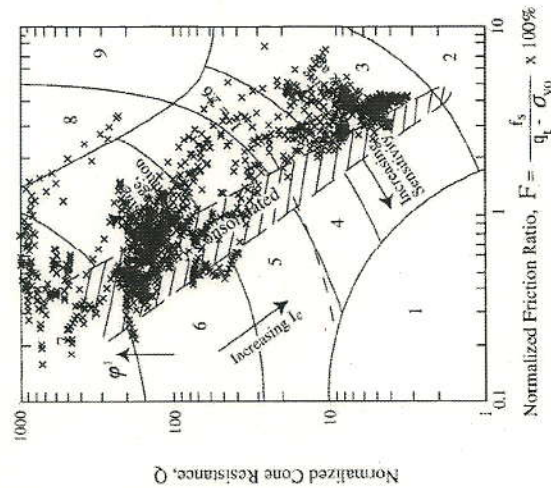
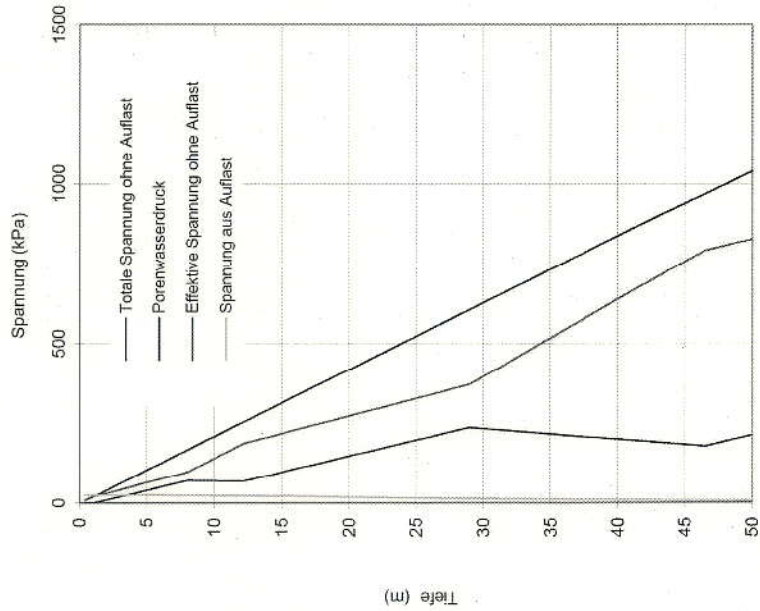
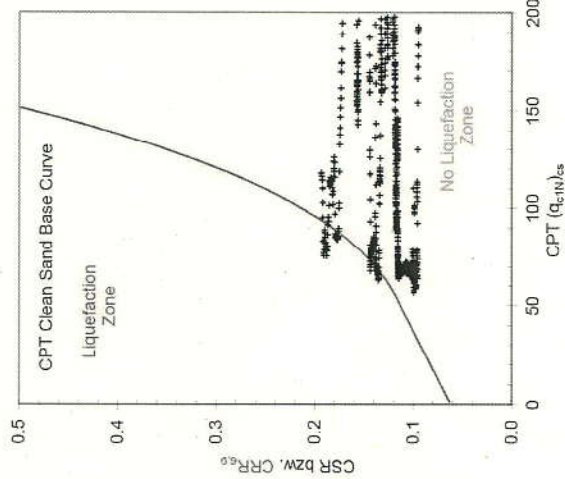
Auflast	95.00 kN/m ²
---------	-------------------------

Verflüssigungsnachweis nach NCEER-Workshop

Sondierung	CPT-2B, CPTU-2C
max. Tiefe	34.9 m
GOK	90.39 mNN

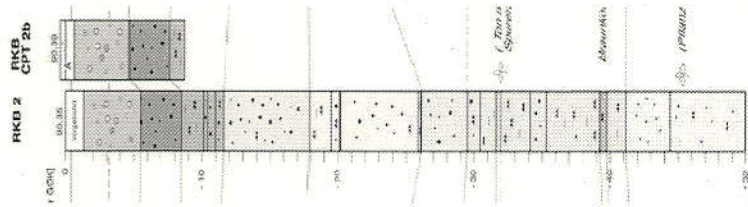
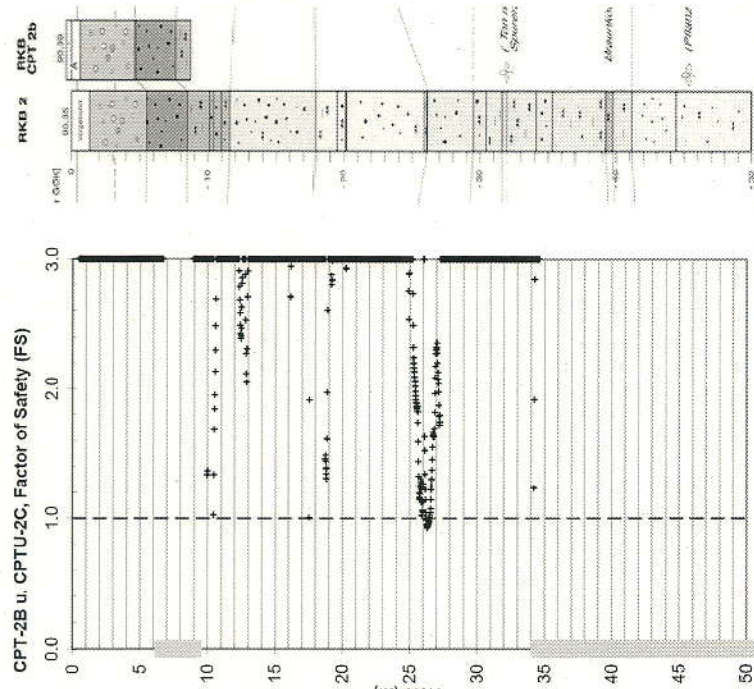
Horizont	γ (kN/m ³)	OK (m u. GOK)
19a	19	0.00
19	21	1.50
16	21	5.50
15	21	8.50
14	21	11.60
13	21	17.91
12	21	26.17
11	21	29.82
10	20	41.14

P_a (kPa) =	100
$n(1)$	1
$n(0.5)$	0.5
$n(0.7)$	0.7



1. Sensitive, fine grained
 2. Organic soils - peats
 3. Clays - silty clay to clay
 4. Silt mixtures - clayey silt to silty clay
 5. Sand mixtures - silty sand to sandy silt
 6. Sands - clean sand to silty sand
 7. Gravelly sand to dense sand
 8. Very stiff sand to clayey sand*
 9. Very stiff, fine grained*
- *Heavily overconsolidated or cemented

FIG. 5. CPT-Based Soil Behavior-Type Chart Proposed by Robertson (1990)



Verflüssigungsnachweis nach NCEER-Workshop

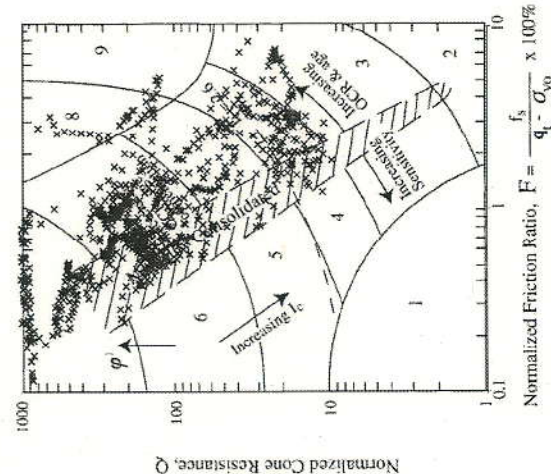
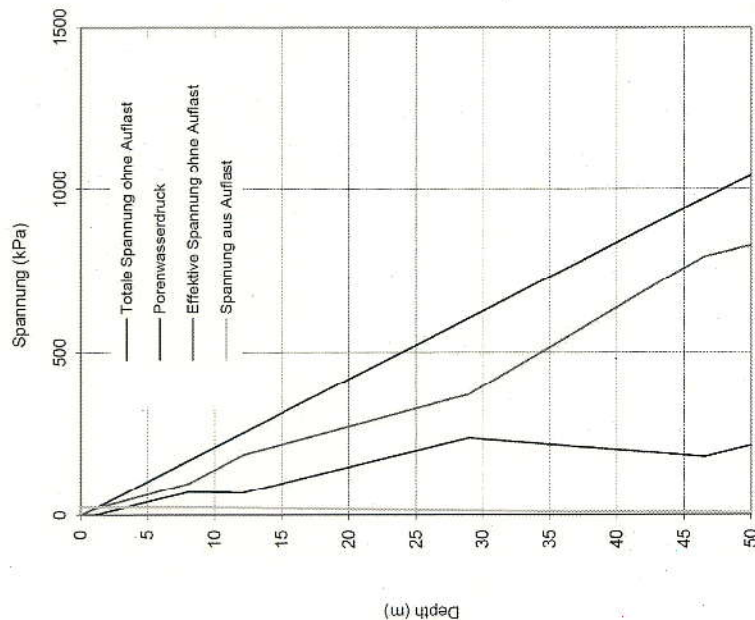
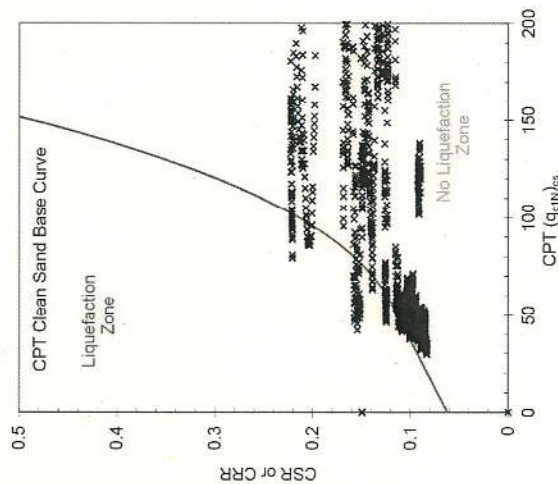
M_W	6.9
a_{max} (g)	0.230
a_{max} (m/s ²)	2.26

Auflast	95.00 kN/m ²
---------	-------------------------

Sondierung	CPTU-3, CPTU-3A
max. Tiefe	43.9 m
GOK	90.26 mNN

Horizont	γ (kN/m ³)	OK (m u. GOK)
19a	19	0.00
19	21	1.50
16	21	4.50
15	21	7.55
14	21	9.85
13	21	16.02
12	21	19.40
11	21	26.68
10	20	43.72

P_a (kPa) =	100
$n(1)$	1
$n(0.5)$	0.5
$n(0.7)$	0.7



1. Sensitive, fine grained
 2. Organic soils - peats
 3. Clays - silty clay to clay
 4. Silt mixtures - clayey silt to silty clay
 5. Sand mixtures - silty sand to sandy silt
 6. Sands - clean sand to silty sand
 7. Gravely sand to dense sand
 8. Very stiff sand to clayey sand*
 9. Very stiff, fine grained*
- *Heavily overconsolidated or cemented

FIG. 5. CPT-Based Soil Behavior-Type Chart Proposed by Robertson (1990)

