

AquaSoli GmbH & Co. KG

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik, Wasserbau und Deponiebau



AquaSoli GmbH & Co. KG, Birkenleiten 41, 81543 München

WES Green
Frau Julia Pape
Bahnhofstraße 30-32
54292 Trier

Internet: www.aquasoli.de
e-mail: info@aquasoli.de
HRA 85493, Amtsger. Mü.
USt-IdNr.: DE240467166
Bankverb.: Kto.-Nr. 995 995 8
bei KSK München-Starnberg
BLZ 702 501 50

03.07.2018

Unser Zeichen: Sd
Juergen.schmidt|18-160 (WES Green) Photovoltaikanlage Niersteheide in
Lünen_Vorabauskunft.doc

18-160 (WES Green) Photovoltaikanlage Niersteheide in Lünen - Vorabauskunft

Sehr geehrte Frau Pape,

anbei übersenden wir Ihnen eine kurze Vorabauskunft über die Ergebnisse der Versickerungsversuche und der Probelastungen auf der Grundstücksfläche der geplanten Photovoltaikanlage in Niersteheide in Lünen.

1. Beschreibung von Oberfläche und Bodenbeschaffenheit

Das geplante Areal der Solarthermieanlage ist bis dato Grünland (Wiese), deren Ertrag als Viehfutter genutzt wird. Die Geländeoberfläche ist fast eben.

Folgendes Versuchsprogramm wurde durchgeführt:

- a) Versickerungsversuche gem. DIN 19682-7
- b) Bodenaufschlüsse
- c) Elektrische Bodenwiderstand (Wenner-Methode)
- d) Pfahlprobelastungen gem. EA Pfähle / EC7

Bild 1 zeigt die geometrische Verteilung der Untersuchungspunkte.

2. Versickerungsversuche

Exemplarisch wird hiermit das Ergebnis von Versuchspunkt 1 (**Bild 2, Bild 3**) dargestellt. Mittels der Versickerungsversuche wurden Durchlässigkeiten von ca. $2,7 \times 10^{-7}$ m/s gemessen.



Bild 1 - Geometrische Verteilung der Untersuchungspunkte



Bild 2 – Versickerungsversuch am Untersuchungspunkt Nummer 1

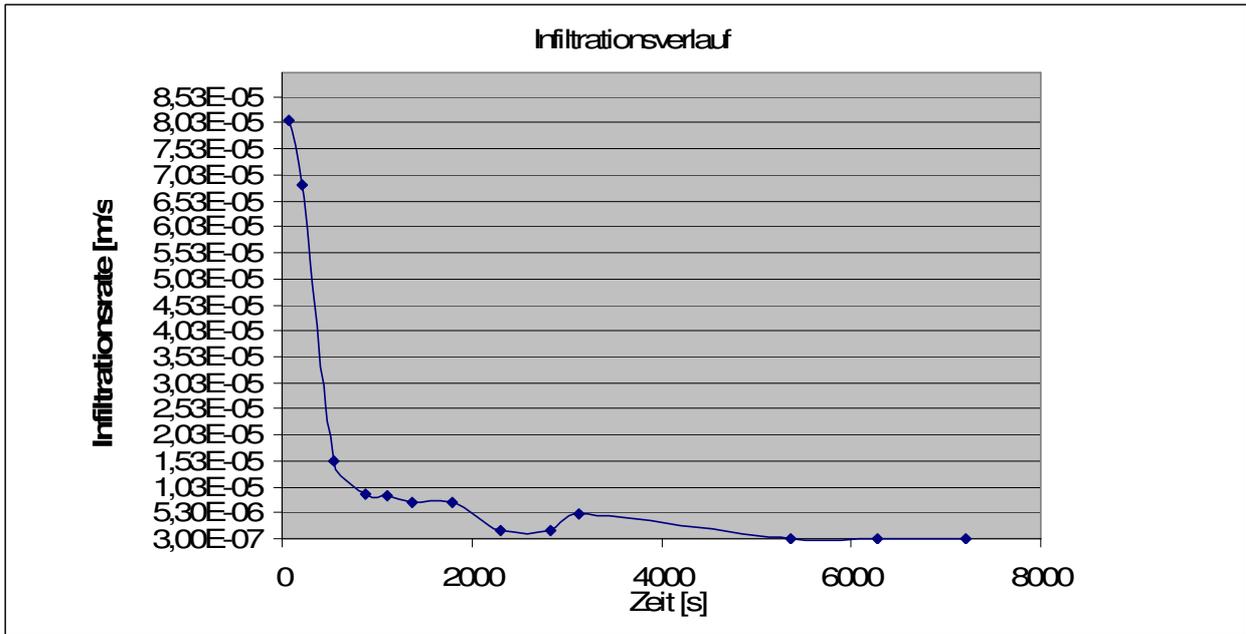


Bild 3 – Absenkungslinie im Versickerungsversuch am Untersuchungspunkt Nummer 1

3. Bodenaufschlüsse

Exemplarisch wird hiermit das Bodenprofil von Versuchspunkt 1 (**Bild 4**) wieder gegeben:

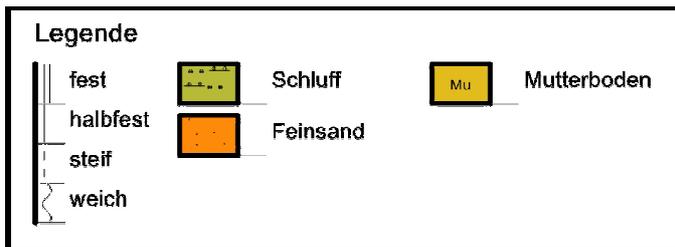
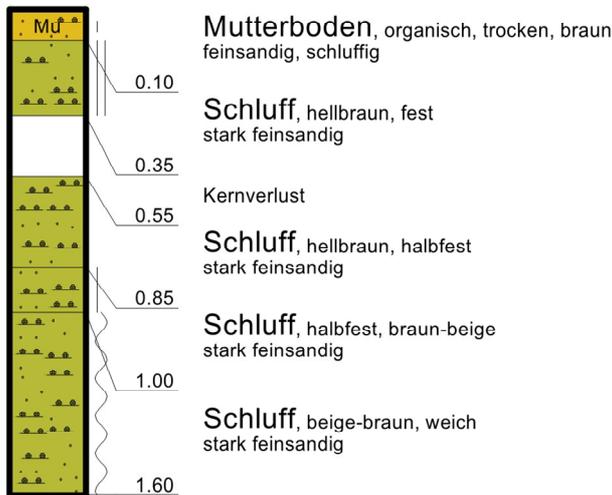


Bild 4 – Bodenprofil am Untersuchungspunkt Nummer 1



4. Elektrischer Bodenwiderstand

Exemplarisch wird hiermit das mit der Wenner-Vierpunkt-Methode ermittelte Ergebnis des elektrischen Bodenwiderstandes in Höhe von $96,1 \text{ Ohm} \cdot \text{Meter}$, gemessen am Versuchspunkt 4 (Bild 5) wieder gegeben:



Bild 5 – Elektrischer Bodenwiderstand am Untersuchungspunkt Nummer 4

5. Probelastungen

Exemplarisch wird hiermit das Ergebnis von Versuchspunkt 1 dargestellt.

Nach der Installation der Profile wurden diese in axialer Druck-, axialer Zug- wie horizontaler Zugrichtung belastet.



Bild 6 – Messaufbau Probelastung und Versickerungsversuch m Untersuchungspunkt Nummer 1

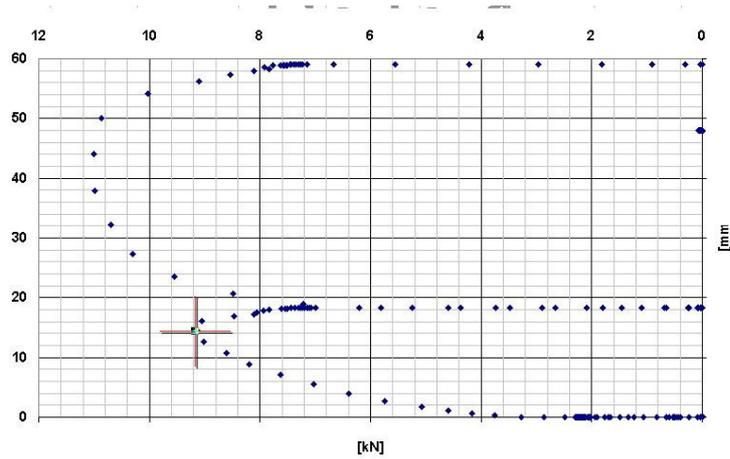


Bild 7 – Arbeitslinie „Axialer Druckversuch“ am Untersuchungspunkt Nummer 1

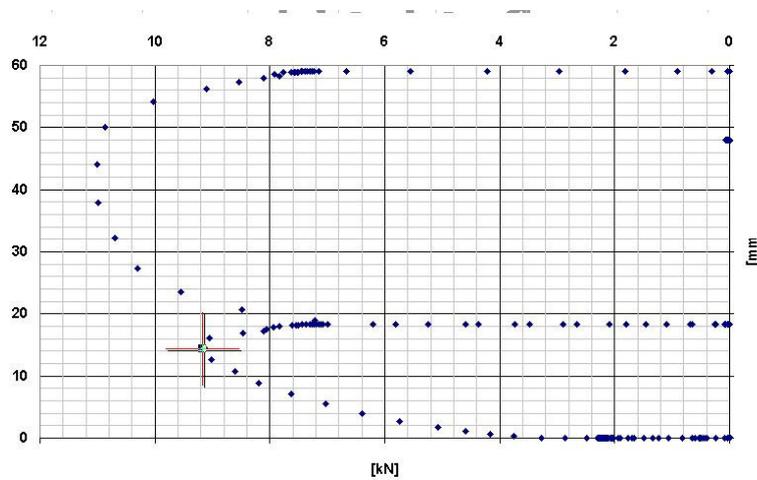


Bild 8 – Arbeitslinie „Axialer Zugversuch“ am Untersuchungspunkt Nummer 1

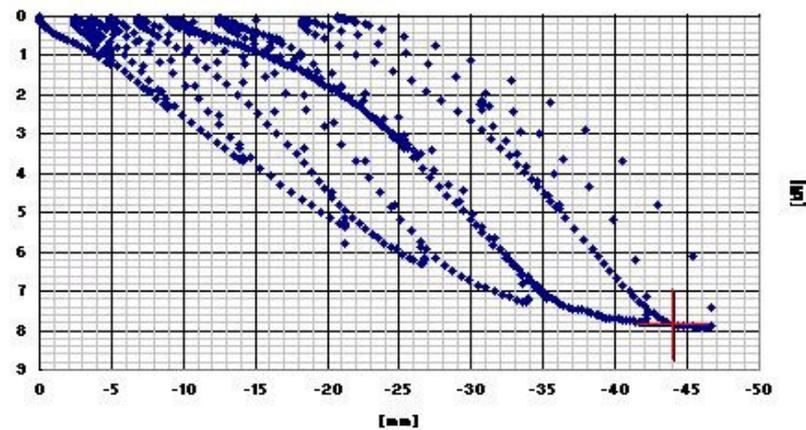


Bild 9 – Arbeitslinie „Horizontaler Zugversuch“ am Untersuchungspunkt Nummer 1

Als Grenzkriterium wurden dabei 20mm plastische Verformung in axialer Zug- und Druckrichtung festgelegt.



6. Zusammenfassung

Das vorliegende Dokument gibt einen kurzen Überblick über die auf der Fläche der geplanten PV-Anlage Lünen durchgeführten geotechnischen Versuche.

Mittels Versickerungsversuchen wurden Durchlässigkeiten von ca. $2,7 \times 10^{-7}$ m/s gemessen.

Eine ausführliche Darstellung der Feld- und Laborversuche, der Auswertung der Probelastungswiderstände gem. EC7 wie auch die Darstellung der einzelnen Arbeitslinien werden im finalen Bericht übermittelt.

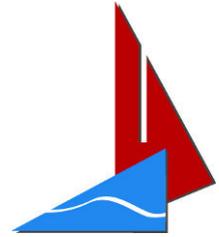
Wir bedanken uns für das entgegengebrachte Vertrauen und stehen Ihnen für Rückfragen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,

AquaSoli GmbH & Co. KG

Dipl.-Ing. Jürgen Schmid, CEO
Geschäftsführender Gesellschafter
Tel. 089/ 62233768-0
juergen.schmid@aquasoli.de

M. Sc. Ing. Geol Gordian Woyde
Tel. 089/ 62233768-17
gordian.woyde@aquasoli.de



Durchführung und Auswertung von Probelastungen an Kleinpfählen

BV: PV-Anlage Niersteheide/Lünen, 1.5MWp

Auftrag Nr. A 18-160

WES Green GmbH.

WES Green

München, 23.08.2018

Der Bericht umfasst 14 Blatt Text und 34 Blatt Anlagen.

Er darf nur ungekürzt weitergegeben werden und darf als Ganzes oder in Teilen nur mit vorheriger Zustimmung der AquaSoli GmbH & Co. KG veröffentlicht werden.



INHALTSVERZEICHNIS

1 VERZEICHNIS VERWENDETER QUELLEN UND LITERATUR.....	3
2 VERZEICHNIS DER ANLAGEN.....	3
3 VERANLASSUNG.....	3
4 ALLGEMEINE DATEN ZUM BAUWERK.....	3
5 BESCHREIBUNG DER BAUGRUNDVERHÄLTNISSE UND DER RAMMBARKEIT.....	4
6 ERMITTLUNG DER PFAHLWIDERSTÄNDE MITTELS PROBEBELASTUNGEN.....	7
6.1 Allgemeines zu den Probelastungen mit Rammprofilen.....	7
6.2 Ergebnisse.....	7
7 VERSICKERUNGSVERSUCHE GEM. DIN 19682-7.....	10
8 RAMMHINDERNISSE/ EINDREHHINDERNISSE.....	12
9 GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG.....	13
10 ANMERKUNGEN ZU ERDARBEITEN.....	13
11 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND ABSCHLIEßENDE HINWEISE.....	14



1 Verzeichnis verwendeter Quellen und Literatur

ID	Quelle/ Autor	Titel
U2	GoogleEarth	Zitat aus GoogleEarth/ Geodis / PPWK/ Teleatlas/ TerraMetrics
U3	EC 7	Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
U4	WES Green GmbH	Detail Photovoltaikanlage versendet via email von Frau Julia Pape am 23.08.2018

2 Verzeichnis der Anlagen

Anlage L	Lage der geplanten PV-Anlage Lünen. [U2].
Anlage N	Fotodokumentation
Anlage E	Auswertung der Probelastungen

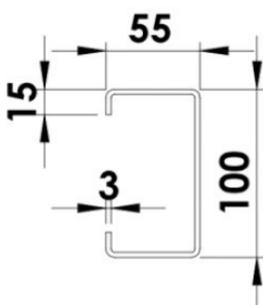
3 Veranlassung

Die WES Green GmbH (= WES) hat die Ing.-Ges. AquaSoli GmbH & Co. KG (AquaSoli) mit der Durchführung von Probelastungen und Sickerversuchen für die Freiflächen-PV- Anlage Niersteheide/ Lünen beauftragt. Diese wurden in situ am 10.08.2018 durchgeführt (**Anlage L**). Primäres Ziel der Untersuchungen war es für die projektierte Rammfundamentierung Pfahlwiderstandswerte zu ermitteln sowie die Durchlässigkeit des Untergrundes hins. Versickerung von Niederschlagswasser einzuschätzen.

4 Allgemeine Daten zum Bauwerk

Die geplante Solarfreiflächenanlage befindet sich ca. 3,5 km südlich des Stadtzentrums von Lünen, unmittelbar neben der A2. Das Gelände ist relativ eben und fällt sanft in östlich-nordöstlicher Richtung ab. Der geplante PV-Park soll eine Leistung von ca. 1,5 MW erzielen.

Vor Ort wurden C100 Rammprofile (**Abbildung 1**) getestet. Eine Statik mit projektspezifischen Einwirkungen stand zum Zeitpunkt der Probelastungen nicht zur Verfügung. Daher wurde eine Bandbreite von drei Einbindtiefen getestet.



Pfosten C 100 x 55 x 15 x 3 – S355



Abbildung 1: Abmessung der getesteten C100 Rammprofile.

5 Beschreibung der Baugrundverhältnisse und der Rammpbarkeit

Rammhindernisse wurden nicht angetroffen. Die Rammung mit der HRE-1000/3000 erfolgte in Vollgasstellung mit nahezu konstanter Geschwindigkeit. Erst ab einer Tiefe von ca. 1,6m war eine überproportionale Zunahme des Rammwiderstandes zu beobachten. Die gemessenen Ramm dauern sind in **Abbildung 2** in 20cm-Inkrementen visualisiert.

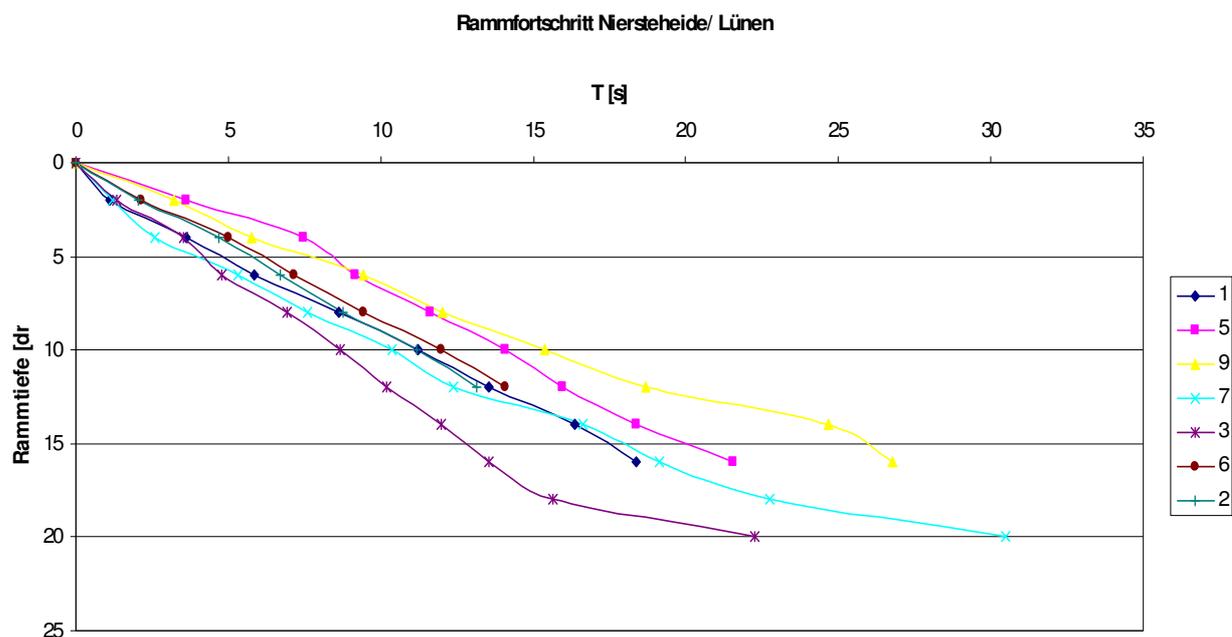


Abbildung 2: Rammfortschrittsdiagramm der getesteten C100 Rammprofile.

Aus den nach Abschluss der Probelastungen jeweils wieder aus dem Boden gezogenen Stahlprofilen konnten Bodenproben entnommen und die Schichten bodenmechanisch angesprochen werden. **Abbildung 3** zeigt exemplarisch die Bodenansprache am Pfahl 1. Der Untergrund erwies sich demnach als weitgehend einheitlich (**Abbildung 4**) und kann in folgende vier Homogenbereiche eingeteilt werden (**Tabelle 1**).

S1: Mutterboden (OU nach DIN 18196)

Der Mutterboden wurde in einer Mächtigkeit von ca. 0,10 m angetroffen und besteht aus trockenem, stark schluffigem Feinsand und humoser Substanz.

S2: stark feinsandiger Schluff (UL/UM nach DIN 18196), fest

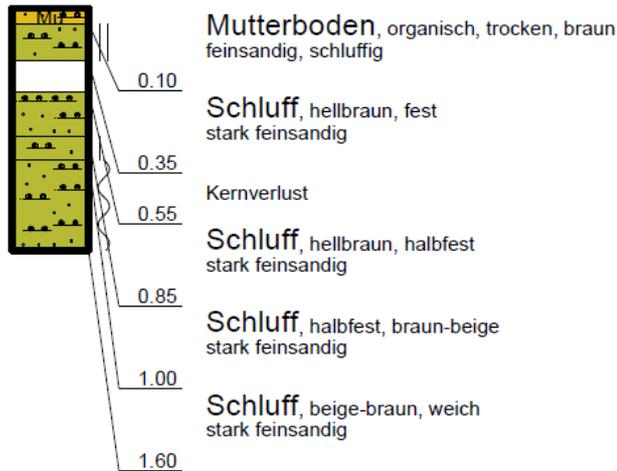
S3: stark feinsandiger Schluff (UL/UM nach DIN 18196), halbfest



S4: stark feinsandiger Schluff (UL/UM nach DIN 18196), steif

Homogenbereich	Mittlere Tiefe [m] unter GOK der Homogenbereiche:	Bodenart
S1	0,10	Mutterboden
S2	0,33	Schluff, fest
S3	0,26	Schluff, halb- fest
S4	0,41	Schluff, weich

Tabelle 1 – Mittlere Tiefe des Homogenbereiches



Legende

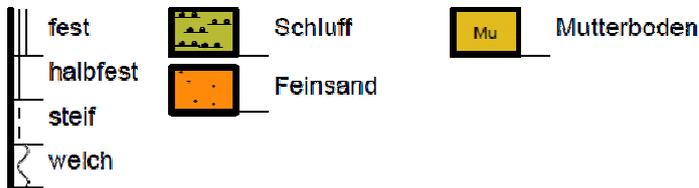


Abbildung 3: Bodenprofil am Pfahl 1 als typisches Bodenprofil

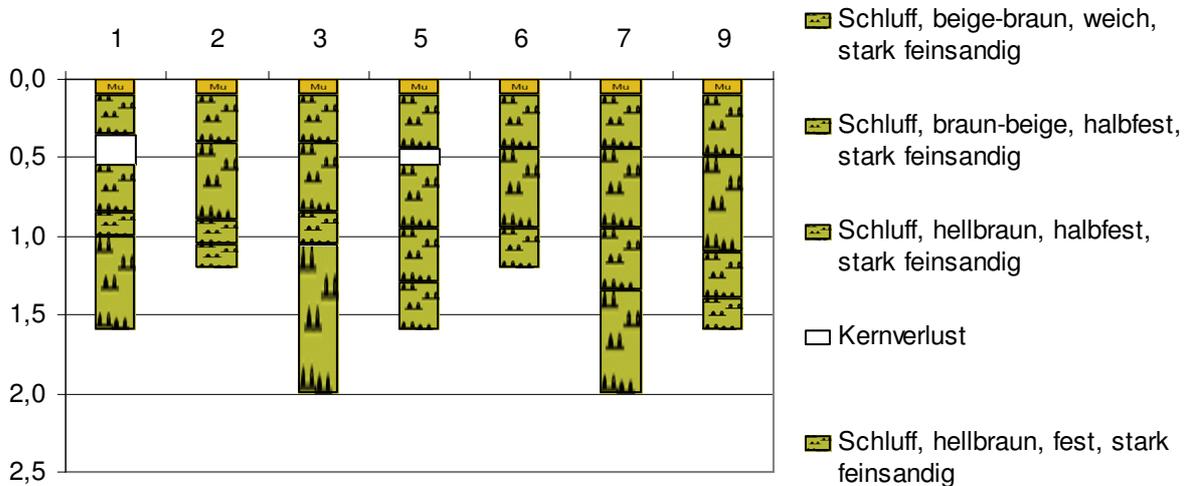


Abbildung 4: Bodenprofile 1 bis 9





6 Ermittlung der Pfahlwiderstände mittels Probelastungen

6.1 Allgemeines zu den Probelastungen mit Rammprofilen

Das in Probelastungen ermittelte Tragverhalten der C-Rammprofile ist in den Arbeitslinien gem. **Anlage 1C ff.** und der **Anlage E** dokumentiert; die Horizontalkraft wurde bei den Probelastungen in einer Höhe von ca. $h = 1,00$ m, über GOK eingeleitet (**Abbildung 5**).

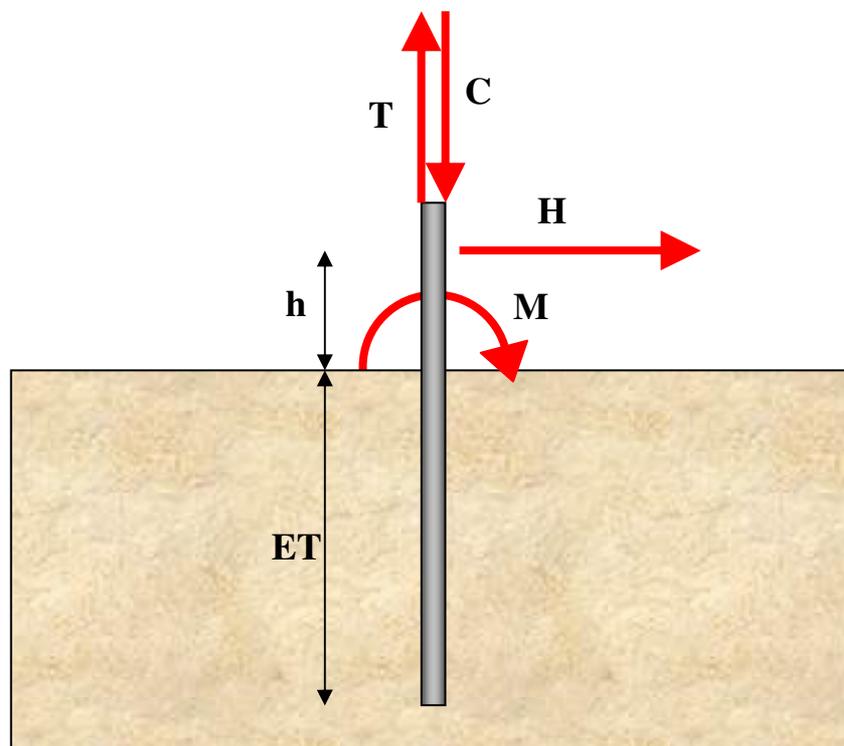


Abbildung 5 - Definition der Abmessungen, Kraft- und Verformungsrichtungen bei den Probelastungen. T= axialer Zug; C= axialer Druck; H= horizontaler Zug; M= Moment auf GOK; ET= Einbindetiefe; h= Hebelarm der horizontalen Krafteinleitung.

6.2 Ergebnisse

Nach dem Einrammen der Profile wurde damit begonnen, die hydraulisch erzeugte Prüfkraft in den Kopf der Profile einzuleiten und den Verlauf der Prüfkraft per Druckmesszelle sowie der zugehörigen Verformungen elektronisch kontinuierlich aufzuzeichnen. Das jeweilige Diagramm mit der gemessenen Kraft dargestellt über dem zugehörigen Wegverlauf stellt die sogenannte Arbeitslinie der Probelastung dar. Grundsätzlich



wurden in den Arbeitslinien neben Erstbelastungen auch Entlastungen und Wiederbelastungen zur Ermittlung plastischer Verformungsanteile gefahren.

Das Kriechverhalten des Bodens wurde berücksichtigt. Für die Auswertung wurde angenommen, dass das später projektierte Gestellsystem eine lastverteilende Wirkung gem. EC7 aufweist!

Als Grenzverformung werden in allen Belastungsrichtungen 20mm plastische Verformungen zugelassen (sollte dieser Wert nicht den Kriterien des Gestells entsprechen, so ist dies AquaSoli mitzuteilen!).



Abbildung 6 – Lage der Testpunkte gem. [U2].

Auf der geprüften Fläche wurden insgesamt 7 Pfähle jeweils in axialer Druck-, Zug- und Horizontalrichtung geprüft.

Grenzlasten in axialer Druckrichtung konnten nur mit Einbindetiefen von $ET=1,20\text{m}$ und $1,60\text{m}$ u. GOK ermittelt werden. Bei der getesteten Einbindetiefe von $ET=2,00\text{m}$ wurden axiale Druckkräfte zwischen $14,06$ und $14,50$ kN ohne erkennbare bleibende axiale Verformung in den Pfahlkopf eingeleitet. Grenzlasten wurden nicht erreicht. Aus diesem Grund ist bei den gegebenen Bodeneigenschaften davon auszugehen, dass der reali-



sierbare axiale Druckwiderstand über den gemessenen Werten liegt und die in der Tabelle dargestellten Bemessungswiderstände Mindestwerte darstellen.

In horizontaler Belastungsrichtung wurden die Verformungen auf 1,0m über GOK ermittelt.

Für die Umrechnung der Widerstände in horizontaler Belastungsrichtung wurde der Knickpunkt des Profils auf 0,3 m unter GOK angesetzt.

Tabelle 2 – Grenzlasten und zugehörige Verformungen bei den axialen Probelastungen hins. axialer Druckbelastung.

Gemessene Widerstände in axialer Druckrichtung					
ID	Profiltyp	Einbindetiefe ET [m]	Grenzlast/ maximale Last [kN]	zugehörige Verformung [mm]	Installationszeit [sek]
1C	C100	1,60	14,66	0	18
2C	C100	1,20	7,48	13	13
3C	C100	2,00	14,06	1	23
5C	C100	1,60	13,22	16	22
6C	C100	1,20	8,25	20	14
7C	C100	2,00	14,50	0	31
9C	C100	1,60	13,46	0	27

Tabelle 3 – Grenzlasten und zugehörige Verformungen bei den axialen Probelastungen hins. axialer Zugbelastung.

Gemessene Widerstände in axialer Zugrichtung					
ID	Profiltyp	Einbindetiefe ET [m]	Grenzlast/ maximale Last [kN]	zugehörige Verformung [mm]	Installationszeit [sek]
1T	C100	1,60	9,10	15	18
2T	C100	1,20	5,74	7	13
3T	C100	2,00	9,40	19	23
5T	C100	1,60	5,91	20	22
6T	C100	1,20	8,26	13	14
7T	C100	2,00	16,30	6	31
9T	C100	1,60	14,00	18	27



Tabelle 4 – Grenzlaster und zugehörige Verformungen bei den horizontalen Probebelastungen.

Gemessene Widerstände in horizontaler/ transversaler Zugrichtung							
ID	Profiltyp	Einbindetiefe ET [m]	getesteter Hebelarm h [m]	umgerechneter Hebelarm [m]	Grenzlaster/ maximale Last [kN]	zugehörige Verformung [mm]	Installationszeit [sek]
1H	C100	1,60	1,00		7,86	45	18
2H	C100	1,20	1,00		6,10	106	13
3H	C100	2,00	1,00		7,95	43	23
5H	C100	1,60	1,00		7,80	33	22
6H	C100	1,20	1,00		7,26	54	14
7H	C100	2,00	1,00		7,86	34	31
9H	C100	1,60	1,00		7,63	42	27

Aus den vor Ort ermittelten Widerständen ergeben sich gem. EC7 und **Anlage E** folgende Design Widerstände für die getesteten C100 Rammprofile.

Tabelle 5 – Design Widerstände gem. [U3] für C100 Rammprofile

Einbindetiefe ET [m]	Axialer Druck [kN]	Axialer Zug [kN]	Horizontal [kN]	Hebelarm [m]
1,20	6,29	4,77	5,07	1,0
1,60	11,98	5,14	6,46	1,0
2,00	12,78*)	7,82	6,83	1,0

*) Bei den Versuchen vor Ort konnten in axialer Druckrichtung bei der Tiefe T=2,00m keine Grenzlaster generiert werden. Aus diesem Grund und aufgrund der Bodeneigenschaften vor Ort ist davon auszugehen, dass der realisierbare axiale Druckwiderstand über den gemessenen Werten liegt und die in der Tabelle dargestellten Bemessungswiderstände Mindestwerte darstellen.

7 Versickerungsversuche gem. DIN 19682-7

Vor Ort wurden an den Untersuchungsstellen 1 und 8 Versickerungsversuche mittels Ringinfiltrometer (DIN 19682-7) durchgeführt.

Mittels der Versickerungsversuche wurden Durchlässigkeiten zwischen $2,7 \times 10^{-7}$ m/s (P1) und $1,08 \times 10^{-6}$ m/s (P8) gemessen (**Abbildung 7; Abbildung 8**).

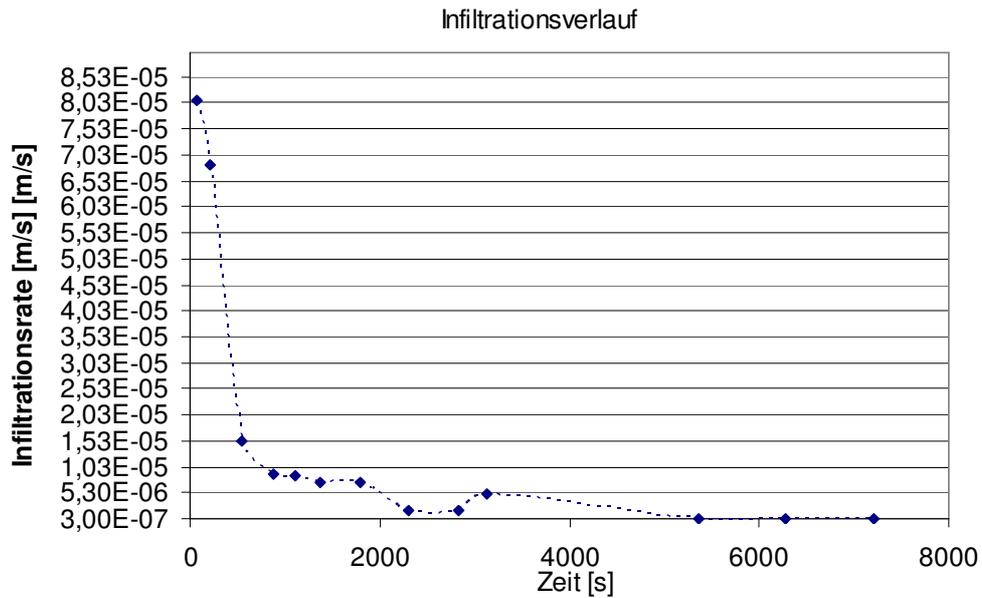


Abbildung 7 – Infiltrationsrate bei P1

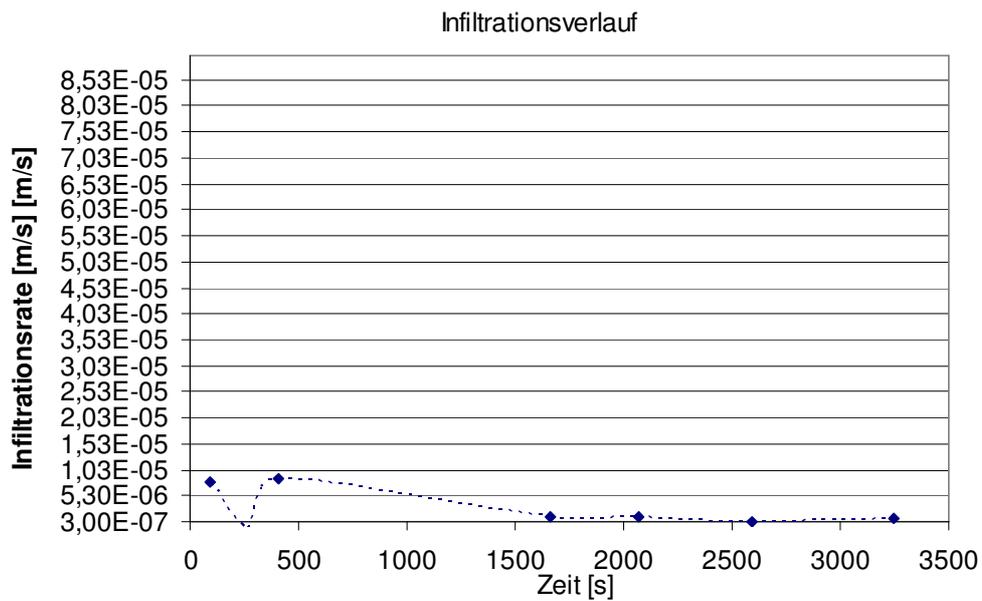


Abbildung 8 – Infiltrationsrate bei P8

Gem. DIN18130 TI.1 ist der Untergrund als schwach durchlässig einzustufen.

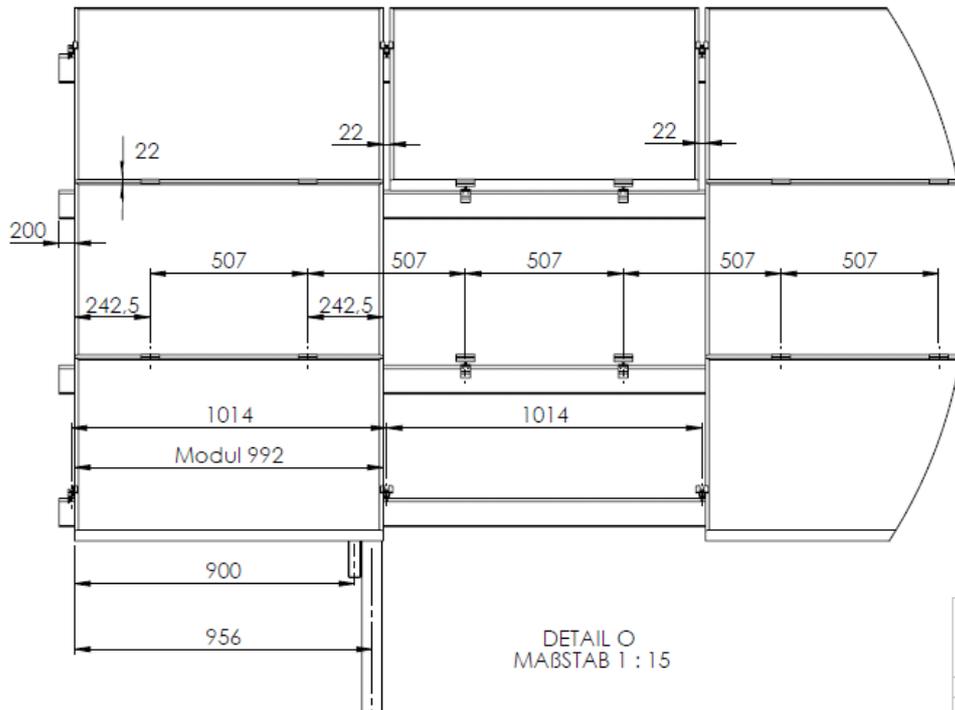


Abbildung 9 – Teilabschnitt Modultisch mit Tropfspalten [U4]

Durch Tropfspalte (**Abbildung 9**) zwischen den Modulen und Abstände zwischen den Tischreihen wird der Wassereintrag des Niederschlagswassers verteilt über die Fläche. Damit ist der Effekt der Versiegelung der Fläche durch die Module gering. Des Weiteren ist ein bebauungsfreier Streifen in der Belegungsplanung eingerichtet, sowie verläuft ein Entwässerungsgraben östlich an der Baufläche.

Im Hinblick auf die Entwässerung der Fläche und die Erhaltung der Tragkraft der Pfahlgründung in axialer und insbesondere lateraler Richtung sind Mulden in der Fläche unerwünscht, in denen das Wasser länger (=mehrere Tage) stehen bleibt, insbesondere da Schluffböden bereits bei Aufnahme geringer Wassermengen zu Konsistenzänderung (=> Tragkraftverschlechterung) neigen. Unter Entwässerungsgesichtspunkten wie auch gründungstechnischen Aspekten sind daher eine Beseitigung von Mulden und eine Verstetigung des Geländegefälles wünschenswert. Jedoch sind die Maßgaben bzgl. Erdarbeiten in Kapitel 10 zu beachten.“

8 Rammhindernisse/ Eindrehhindernisse

Während der Installation der C100 Profile wurden keine Rammhindernisse angetroffen.



9 Gründungsempfehlung

Nach [U3] ist für den Standsicherheitsnachweis der Fundamente ein Ausnutzungsgrad $\eta \leq 1.0$ (= Design Einwirkung/ Design Widerstand) zu erreichen.

Eine projektspezifische Statik stand zum Zeitpunkt der Probelastungen nicht zur Verfügung. Die ermittelten Design Widerstände für die getesteten C100 Rammprofile sind in **Tabelle 5** angegeben.

10 Anmerkungen zu Erdarbeiten

Generell haben nach Durchführung der vorliegenden projektspezifischen Probelastungen im Radius der Einbindetiefe ET um die geplanten Pfahlgründungspunkte Erdarbeiten und jedwede Maßnahmen, die eine Verschlechterung der Bodenkonsistenz bewirken könnten, zu unterbleiben. Anderenfalls sind Tragfähigkeitseinbußen gegenüber dem vorliegenden Gutachten nicht auszuschließen. Sollten dennoch im Bereich der PV-Anlage noch Erdbewegungen durchgeführt werden müssen, so sind diese Bereiche mit dem Original-Erdmaterial oder im Hinblick auf die Tragfähigkeit der Pfahlgründung mit mindestens gleichwertigem Erdmaterial qualifiziert lagenweise zu verfüllen und zu verdichten: Nichtbindige Böden wie Sand oder Kies mit einem Feinkornanteil $< 10\%$ werden idealerweise mittels Glattmantelwalze verdichtet; es ist mindestens ein Verdichtungsgrad von wenigstens $D_{Pr} = 100\%$ der einfachen Proctordichte zu erreichen. Für bindige Böden wie Schluff oder Ton eignen sich Schafffußwalzen; sie sind auf mindestens einen Verdichtungsgrad von 99% der einfachen Proctordichte zu kompaktieren. Die Schichtdicke der einzelnen Lagen muss abgestimmt auf das eingesetzte Verdichtungsgerät begrenzt werden und darf generell eine Lagenstärke von 20cm nicht überschreiten. Der Einbau kann nur bei optimalem Wassergehalt erfolgen, um die oben genannten Verdichtungsziele erreichen zu können, d.h. das Material darf weder vernässt noch zu trocken sein. Im Zweifelsfall ist AquaSoli zu konsultieren und in die Qualitätssicherung mit einzubinden.



11 Schlussfolgerungen und abschließende Hinweise

Das vorliegende Dokument berichtet über die durch Aquasoli durchgeführten Probebelastungen in Lünen an C100 Rammprofilen bei Einbindetiefen von $ET = 1,20\text{ m}$, $1,60\text{ m}$ und $1,80\text{ m}$. Aus den dokumentierten Verformungen und Laststufen wurden Pfahlwiderstände gem. EC7 ermittelt.

Hinweise:

- Zum Zeitpunkt der Probebelastungen lagen noch keine Einwirkungen seitens des Herstellers des Montagesystemes vor.
- Der horizontale Widerstand wurde vor Ort für einen Hebelarm von $h = 1,00\text{ m}$ ermittelt.
- Es wurde angenommen, dass das System eine lastverteilende Wirkung gem. EC7 aufweist.

Wir empfehlen generell, die Gründung von Freiflächen- PV-Anlagen durch Begehung in regelmäßigen Abständen (z.B. im Jahresturnus) sowie nach größeren Stürmen im Hinblick auf Verformungen zu kontrollieren oder eine automatisierte Überwachung in Anlehnung an die Beobachtungsmethode gem. EC7 vorzunehmen.

Wir danken Ihnen für das entgegengebrachte Vertrauen und stehen für Rückfragen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,

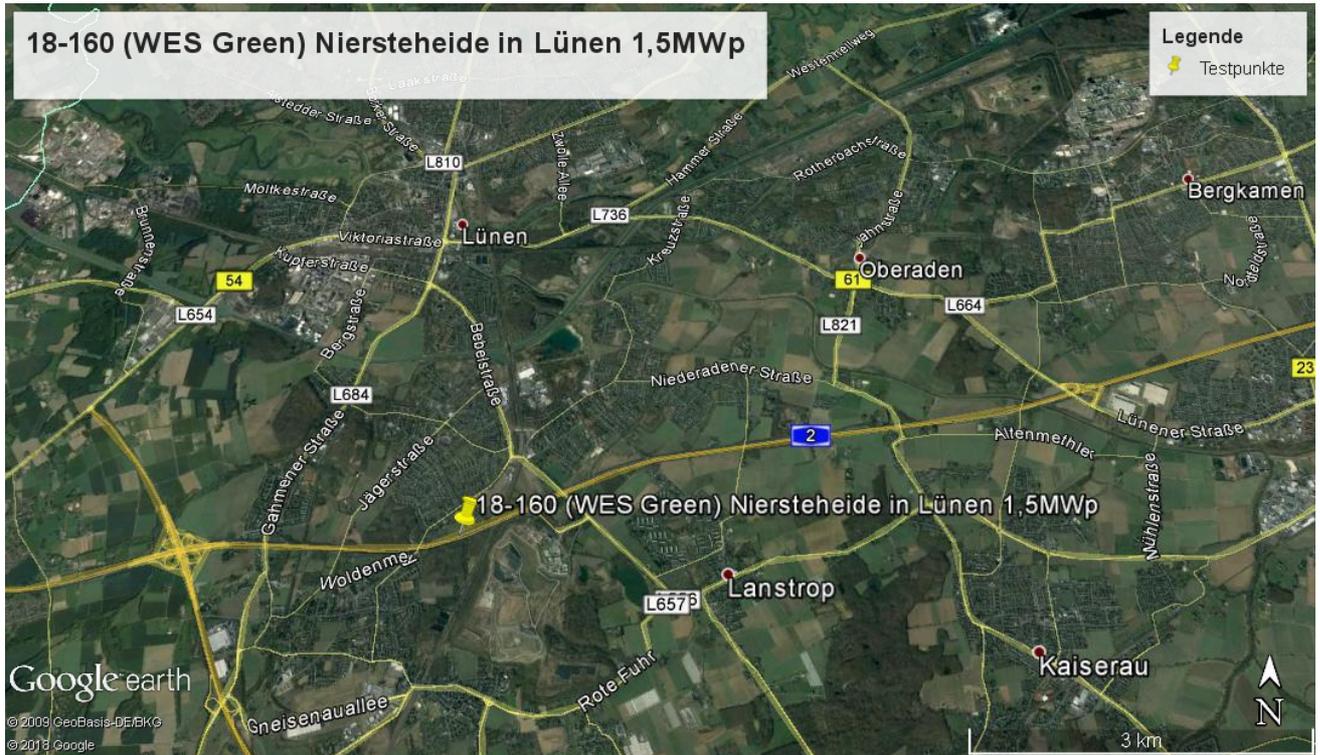
München, 23.08.2018

AquaSoli GmbH & Co. KG

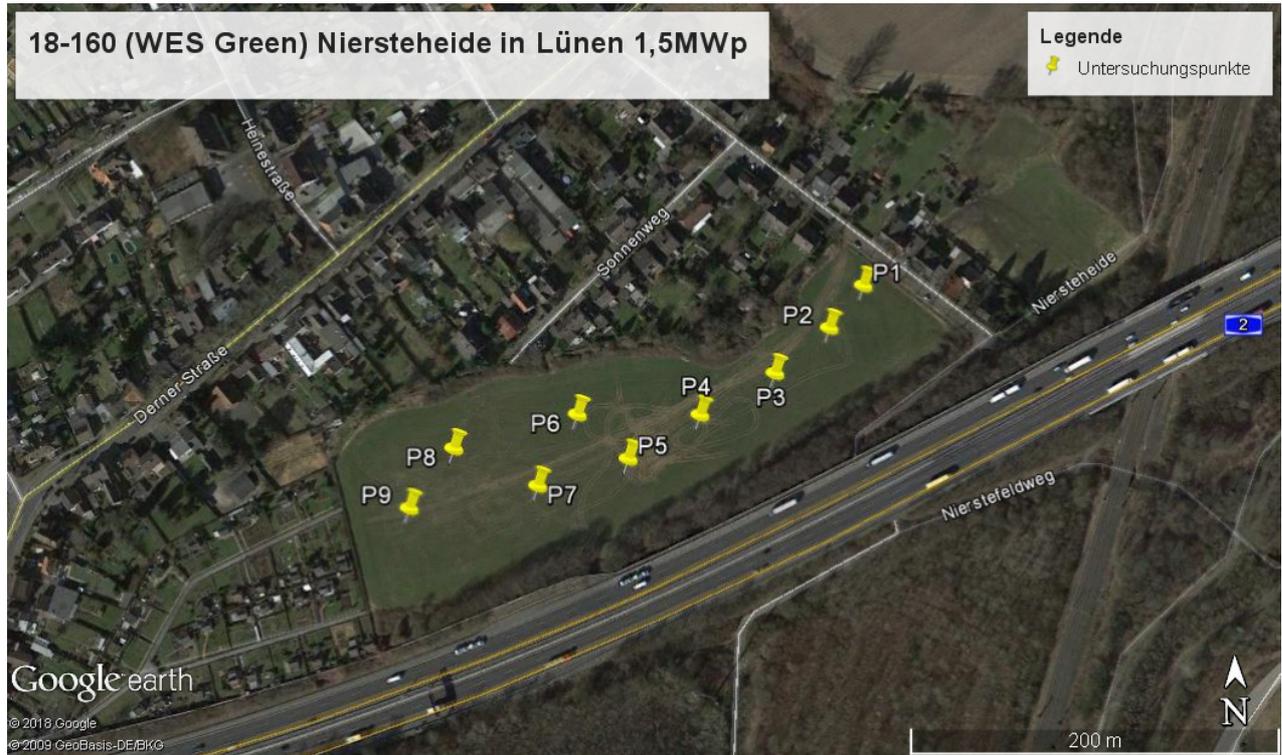
Dipl.-Ing. Jürgen Schmid, CEO
Tel. 089/ 622 33 768 -0
e-mail: juergen.schmid@aquasoli.de

B. Sc. Geol. Udo Roth
Tel. 089/ 622 337 68 -12
e-mail: udo.roth@aquasoli.de

Anlage L: Lage der geplanten PV-Anlage Lünen [U2].



Anlage N: Lage der Untersuchungspunkte



Anlage N: Photodokumentation



Vorbereitung horizontaler Zugversuch



Vorbereitung axialer Zugversuch



Bodenprofil



Bodenprofil



Versickerungsversuch an Untersuchungsstelle P1

**Ermittlung des Design-Widerstandes in axialer Druckrichtung**Profiltyp: **C100**Einbindetiefe ET [m]: **1,2**Kritische bzw. maximale
Last in axialer
Druckrichtung [kN]

7,48

8,25

 $8,25 (R_{c,m})_{max}$ $7,87 (R_{c,m})_{mean}$ $7,48 (R_{c,m})_{min}$ $2 N$ $1,14 X_{i1}$: $1,05 X_{i2}$: $(R_{c,m})_{mean} / \xi_1 = 6,92$ $(R_{c,m})_{min} / \xi_2 = 7,15$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer charakt. Pfahlwiderstand gem. EC7 / DIN EN 1997:

 $R_{c;k} [kN] = 6,92$

Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite (Versagen des Systemes Pfahl-Boden) gem. EC7 / DIN EN 1997

 $\gamma_t = 1,1$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer Bemessungs-Pfahlwiderstand (Designwert) gem. EC7 / DIN EN 1997:

 $R_{c;d} [kN] = 6,29$

Anmerkungen:

--

**Ermittlung des Design-Widerstandes in axialer Druckrichtung**Profiltyp: **C100**Einbindetiefe ET [m]: **1,6**Kritische bzw. maximale
Last in axialer
Druckrichtung [kN]

14,66

13,22

13,46

 $14,66 (R_{c,m})_{max}$ $13,78 (R_{c,m})_{mean}$ $13,22 (R_{c,m})_{min}$

3 N

1,05 X_{i_1} :1,00 X_{i_2} : $(R_{c,m})_{mean} / \xi_1: 13,18$ $(R_{c,m})_{min} / \xi_2: 13,22$ **Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer charakt. Pfahlwiderstand gem. EC7 / DIN EN 1997:** $R_{c;k} [kN] = 13,18$ **Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite (Versagen des Systemes Pfahl-Boden) gem. EC7 / DIN EN 1997** $\gamma_t = 1,1$ **Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer Bemessungs-Pfahlwiderstand (Designwert) gem. EC7 / DIN EN 1997:** $R_{c;d} [kN] = 11,98$ **Anmerkungen:**

--

**Ermittlung des Design-Widerstandes in axialer Druckrichtung**Profiltyp: **C100**Einbindetiefe ET [m]: **2**Kritische bzw. maximale
Last in axialer
Druckrichtung [kN]

14,06

14,50

 $14,50 (R_{c,m})_{max}$ $14,28 (R_{c,m})_{mean}$ $14,06 (R_{c,m})_{min}$

5 N

1,00 X_{i_1} :1,00 X_{i_2} : $(R_{c,m})_{mean} / \xi_1: 14,28$ $(R_{c,m})_{min} / \xi_2: 14,06$ **Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer charakt. Pfahlwiderstand gem. EC7 / DIN EN 1997:** $R_{c;k} [kN] = 14,06$ **Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite (Versagen des Systemes Pfahl-Boden) gem. EC7 / DIN EN 1997** $\gamma_t = 1,1$ **Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer Bemessungs-Pfahlwiderstand (Designwert) gem. EC7 / DIN EN 1997:** $R_{c;d} [kN] = 12,78$ **Anmerkungen:**

--

**Ermittlung des Design-Widerstandes in axialer Zugrichtung**Profiltyp: **C100**Einbindetiefe ET [m]: **1,2**Kritische bzw. maximale
Last in axialer
Zugrichtung [kN]

5,74

8,26

8,26 $(R_{t,m})_{max}$ 7,00 $(R_{t,m})_{mean}$ 5,74 $(R_{t,m})_{min}$

2 N

1,14 χ_{i1} :1,05 χ_{i2} : $(R_{t,m})_{mean} / \xi_1: 6,16$ $(R_{t,m})_{min} / \xi_2: 5,49$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer charakt. Pfahlwiderstand gem. EC7 / DIN EN 1997:

$$R_{t,k} [\text{kN}] = 5,49$$

Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite (Versagen des Systemes Pfahl-Boden) gem. EC7 / DIN EN 1997

$$\gamma_{s,t} = 1,15$$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer Bemessungs-Pfahlwiderstand (Designwert) gem. EC7 / DIN EN 1997:

$$R_{t,d} [\text{kN}] = 4,77$$

Anmerkungen:

--

**Ermittlung des Design-Widerstandes in axialer Zugrichtung**Profiltyp: **C100**Einbindetiefe ET [m]: **1,6**Kritische bzw. maximale
Last in axialer
Zugrichtung [kN]

9,10

5,91

14,00

 $14,00 (R_{t,m})_{max}$ $9,67 (R_{t,m})_{mean}$ $5,91 (R_{t,m})_{min}$

3 N

 $1,05 X_{i1}$: $1,00 X_{i2}$: $(R_{t,m})_{mean} / \xi_1: 9,25$ $(R_{t,m})_{min} / \xi_2: 5,91$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer charakt. Pfahlwiderstand gem. EC7 / DIN EN 1997:

$$R_{t,k} [\text{kN}] = 5,91$$

Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite (Versagen des Systemes Pfahl-Boden) gem. EC7 / DIN EN 1997

$$\gamma_{s,t} = 1,15$$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer Bemessungs-Pfahlwiderstand (Designwert) gem. EC7 / DIN EN 1997:

$$R_{t,d} [\text{kN}] = 5,14$$

Anmerkungen:

--

**Ermittlung des Design-Widerstandes in axialer Zugrichtung**Profiltyp: **C100**Einbindetiefe ET [m]: **2****Kritische bzw. maximale
Last in axialer
Zugrichtung [kN]**

9,40

16,30

 $16,30 (R_{t,m})_{max}$ $12,85 (R_{t,m})_{mean}$ $9,40 (R_{t,m})_{min}$ $2 N$ $1,14 X_{i1}$ $1,05 X_{i2}$ $(R_{t,m})_{mean} / \xi_1: 11,31$ $(R_{t,m})_{min} / \xi_2: 8,99$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer charakt. Pfahlwiderstand gem. EC7 / DIN EN 1997:

$$R_{t,k} [\text{kN}] = 8,99$$

Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite (Versagen des Systemes Pfahl-Boden) gem. EC7 / DIN EN 1997

$$\gamma_{s,t} = 1,15$$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer Bemessungs-Pfahlwiderstand (Designwert) gem. EC7 / DIN EN 1997:

$$R_{t,d} [\text{kN}] = 7,82$$

Anmerkungen:

--

**Ermittlung des Design-Widerstandes in horizontaler/transversaler Zugrichtung**Profiltyp: **C100**Einbindetiefe ET [m]: **1,2**Kritische bzw. maximale
Last in horizontaler
Zugrichtung [kN]

6,10

7,26

7,26 $(R_{tr,m})_{max}$ 6,68 $(R_{tr,m})_{mean}$ 6,10 $(R_{tr,m})_{min}$

2 N

1,14 χ_{i1} :1,05 χ_{i2} : $(R_{tr,m})_{mean} / \xi_1: 5,88$ $(R_{tr,m})_{min} / \xi_2: 5,83$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer charakt. Pfahlwiderstand gem. EC7 / DIN EN 1997:

$$R_{H;k} [\text{kN}] = 5,83$$

Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite (Versagen des Systemes Pfahl-Boden) gem. EC7 / DIN EN 1997

$$\gamma_{s,t} = 1,15$$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer Bemessungs-Pfahlwiderstand (Designwert) gem. EC7 / DIN EN 1997:

$$R_{H;d} [\text{kN}] = 5,07$$

Anmerkungen:

--

**Ermittlung des Design-Widerstandes in horizontaler/transversaler Zugrichtung**Profiltyp: **C100**Einbindetiefe ET [m]: **1,6****Kritische bzw. maximale
Last in horizontaler
Zugrichtung [kN]**

7,86

7,80

7,63

7,86 $(R_{tr,m})_{max}$ 7,76 $(R_{tr,m})_{mean}$ 7,63 $(R_{tr,m})_{min}$

3 N

1,05 χ_{i1} :1,00 χ_{i2} : $(R_{tr,m})_{mean} / \xi_1$: 7,43 $(R_{tr,m})_{min} / \xi_2$: 7,63**Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer charakt. Pfahlwiderstand gem. EC7 / DIN EN 1997:**

$$R_{H;k} [\text{kN}] = 7,43$$

Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite (Versagen des Systemes Pfahl-Boden) gem. EC7 / DIN EN 1997

$$\gamma_{s,t} = 1,15$$

Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer Bemessungs-Pfahlwiderstand (Designwert) gem. EC7 / DIN EN 1997:

$$R_{H;d} [\text{kN}] = 6,46$$

Anmerkungen:

--

**Ermittlung des Design-Widerstandes in horizontaler/transversaler Zugrichtung**Profiltyp: **C100**Einbindetiefe ET [m]: **2****Kritische bzw. maximale
Last in horizontaler
Zugrichtung [kN]**

7,95

7,86

 $7,95 (R_{tr,m})_{max}$ $7,91 (R_{tr,m})_{mean}$ $7,86 (R_{tr,m})_{min}$

4 N

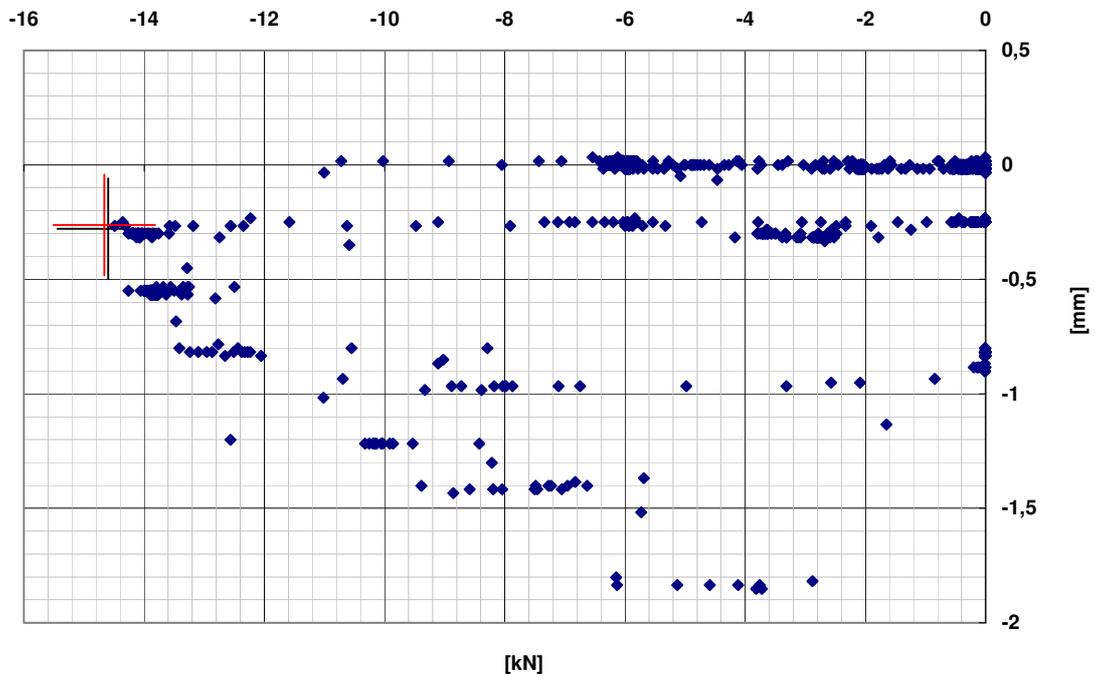
1,00 X_{i1} :1,00 X_{i2} : $(R_{tr,m})_{mean} / \xi_1: 7,91$ $(R_{tr,m})_{min} / \xi_2: 7,86$ **Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer charakt. Pfahlwiderstand gem. EC7 / DIN EN 1997:** $R_{H;k} [kN] = 7,86$ **Teilsicherheitsbeiwert auf der Widerstandsseite (Versagen des Systemes Pfahl-Boden) gem. EC7 / DIN EN 1997** $\gamma_{s,t} = 1,15$ **Unter Annahme einer lastverteilenden Wirkung der PV-Tischkonstruktion ergibt sich folgender axialer Bemessungs-Pfahlwiderstand (Designwert) gem. EC7 / DIN EN 1997:** $R_{H;d} [kN] = 6,83$ **Anmerkungen:**

--



ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige		Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
1C	1,60	1	14,66	0,263	C100

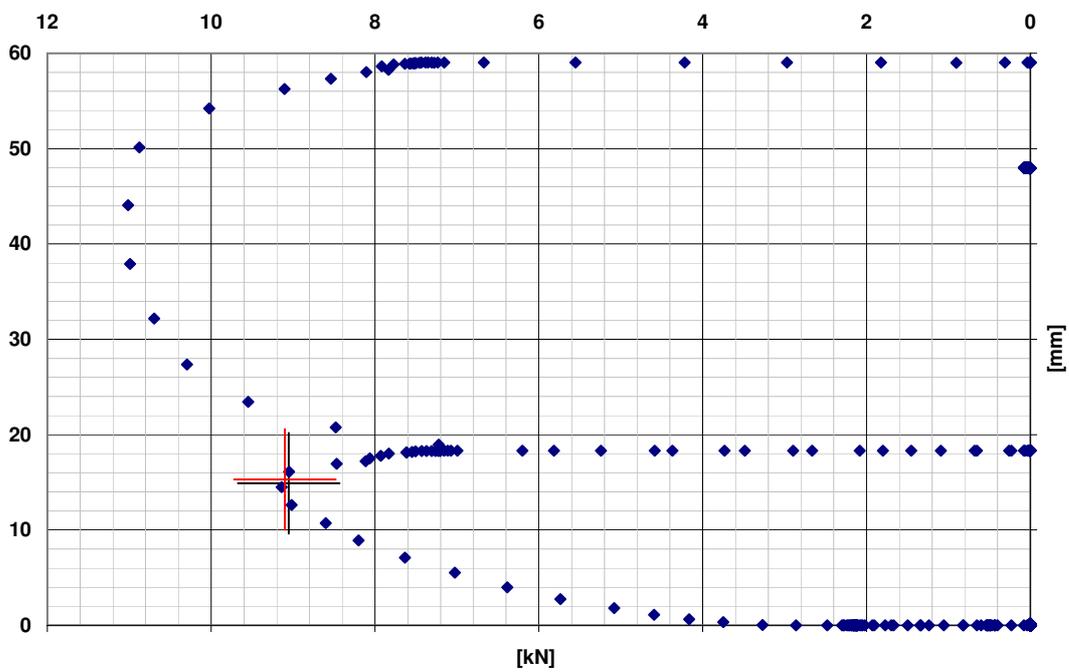
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige Maximallast Verformung		Profiltyp:
			[kN]:	[mm]:	
1T	1,60	1	9,1	15,3	C100

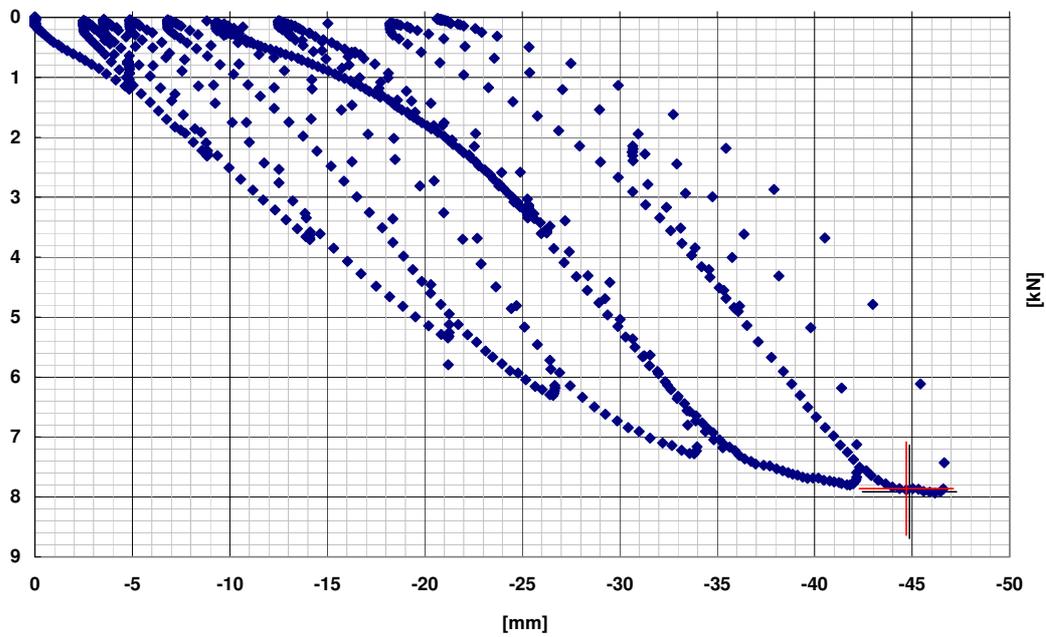
Rammzeit [Sek]:	18	
	bis [m]	Bodenbeschreibung
Schicht 1		
Schicht 2		
Schicht 3		
Schicht 4		
Schicht 5		
Weitere Informationen		





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ Maximallast [kN]:	zugehörige Verformung [mm]:	Profiltyp:
1H	1,60	1	7,86	44,7	C100

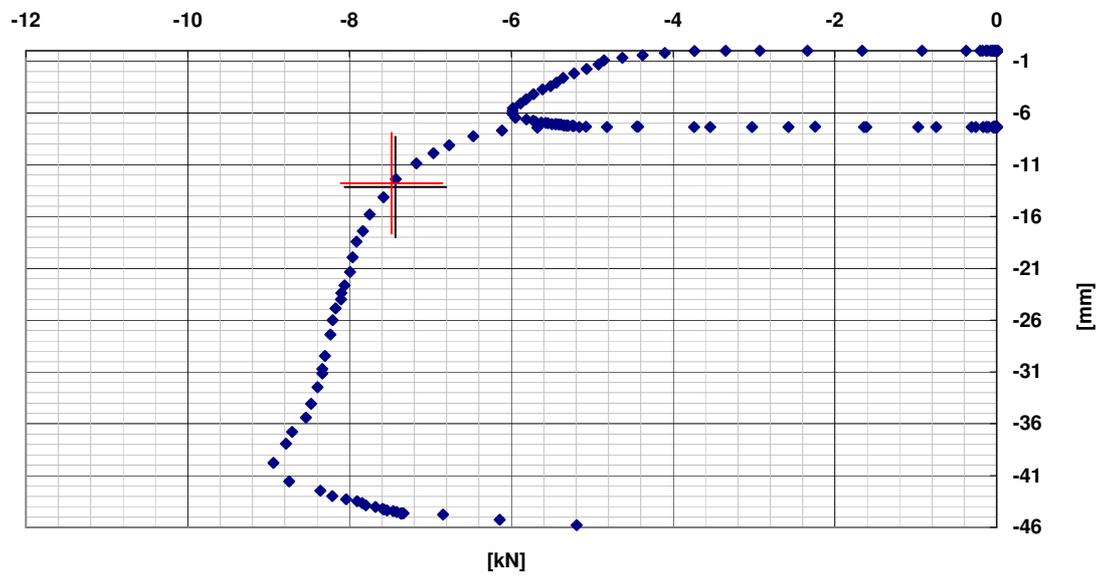
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]	h [m]=	Grenz-/	zugehörige	Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
2C	1,20	1,00	7,48	12,8	C100

Weitere Informationen

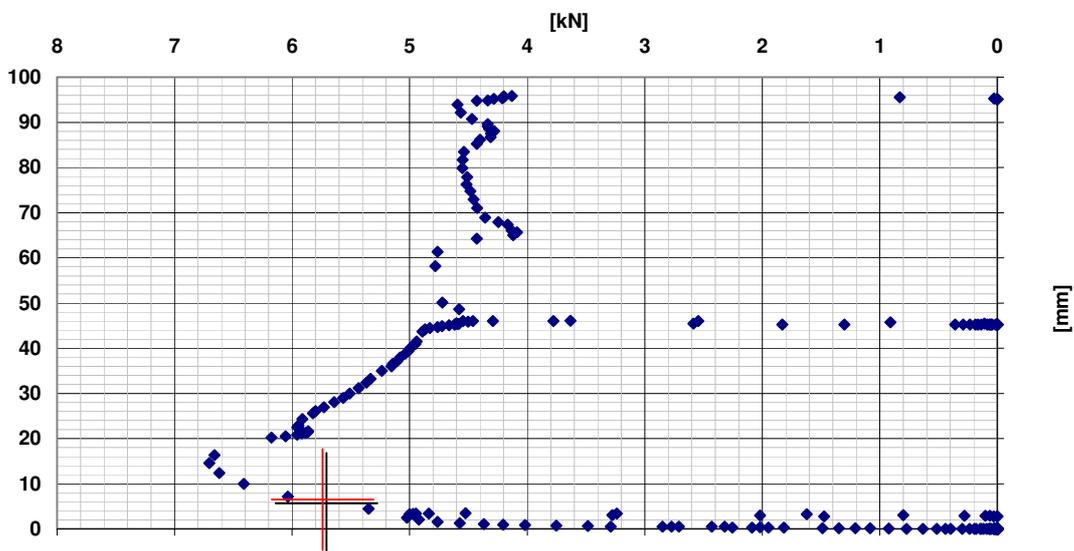




ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/	zugehörige	Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
2T	1,20	1,00	5,74	6,5	C100

Rammzeit [Sek]:	13	
	bis [m]	Bodenbeschreibung
Schicht 1		
Schicht 2		
Schicht 3		
Schicht 4		
Schicht 5		
Weitere Informationen		

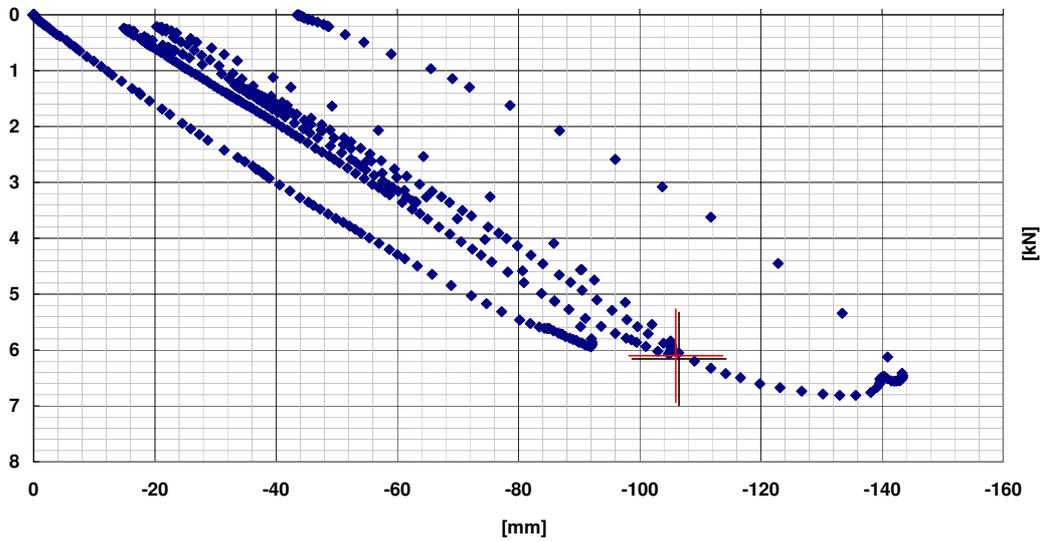
1,21





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/Maximallast [kN]:	zugehörige Verformung [mm]:	Profiltyp:
2H	1,20	1,00	6,1	106	C100

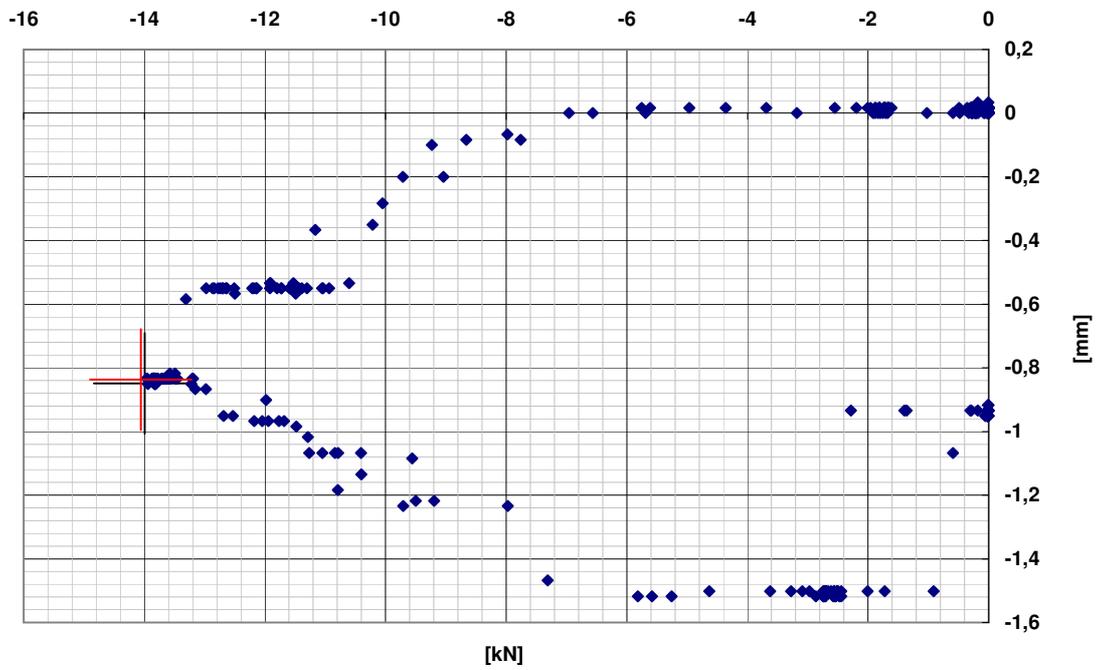
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige		Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
3C	2,00	1,00	14,06	0,837	C100

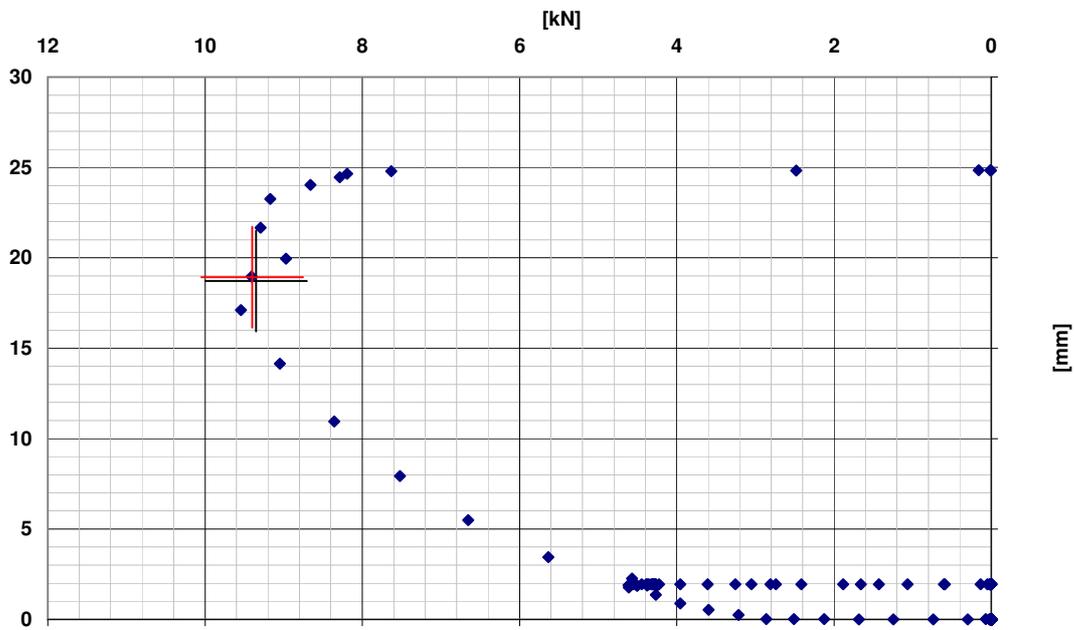
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/	zugehörige	Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
3T	2,00	1,00	9,4	18,92	C100

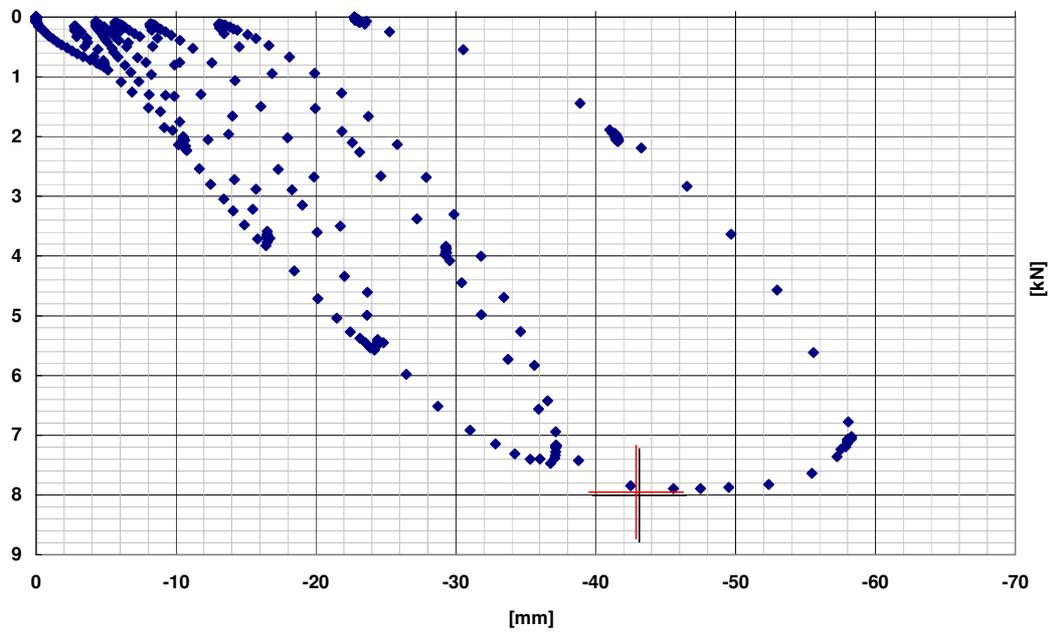
Rammzeit [Sek]:	23	
	bis [m]	Bodenbeschreibung
Schicht 1		
Schicht 2		
Schicht 3		
Schicht 4		
Schicht 5		
Weitere Informationen		





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/Maximallast [kN]:	zugehörige Verformung [mm]:	Profiltyp:
3H	2,00	1,00	7,95	42,9	C100

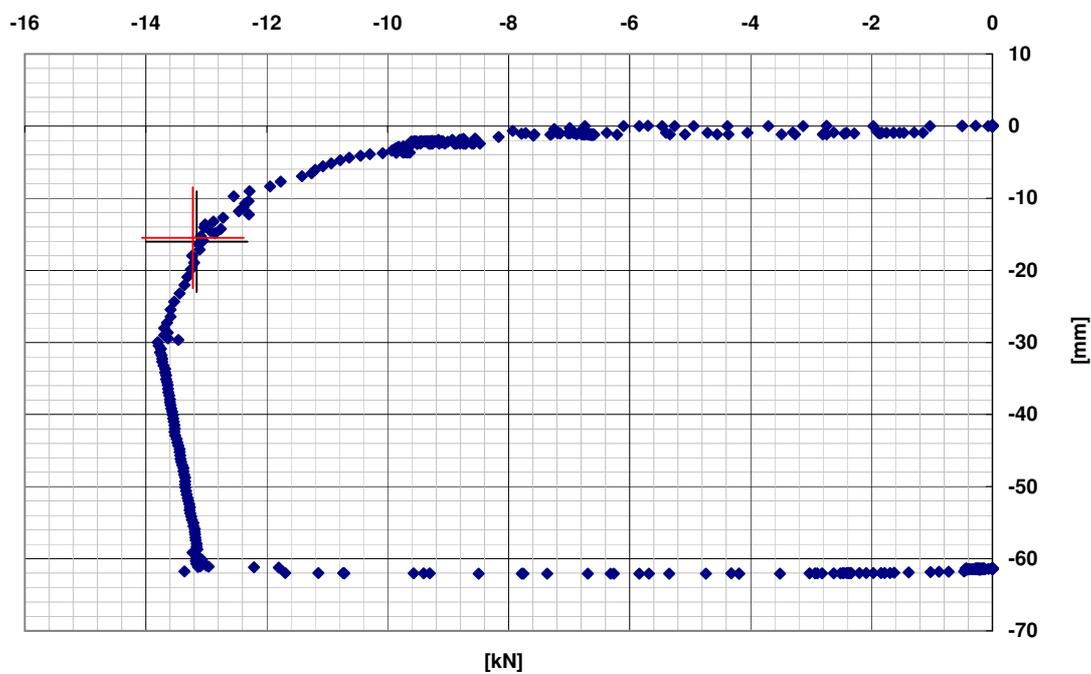
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige		Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
5C	1,60	1,00	13,22	15,5	C100

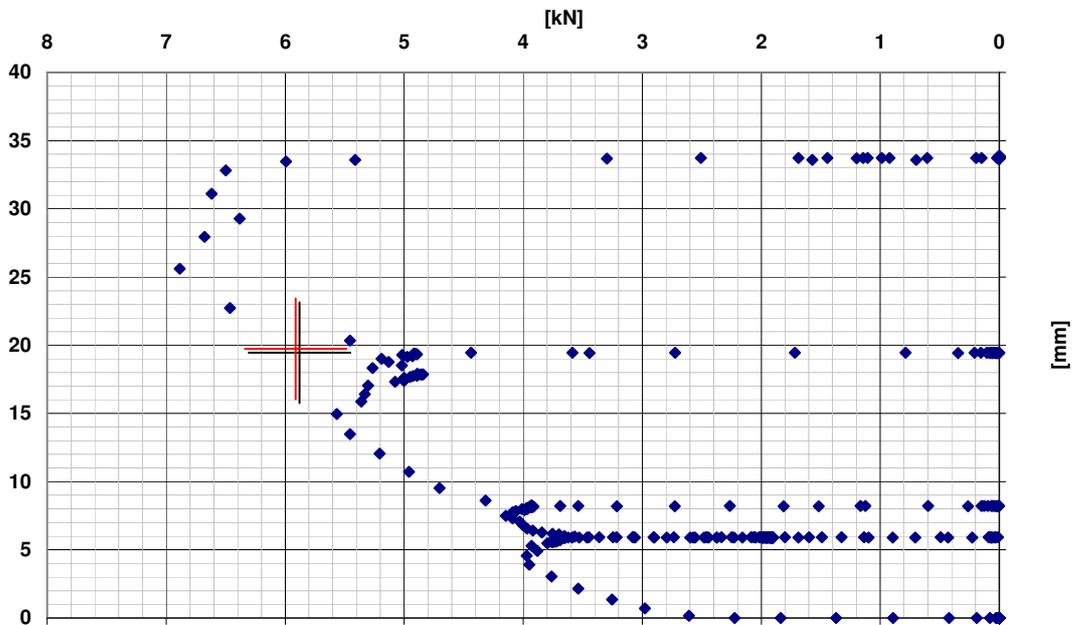
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/	zugehörige	Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
5T	1,60	1,00	5,913	19,74	C100

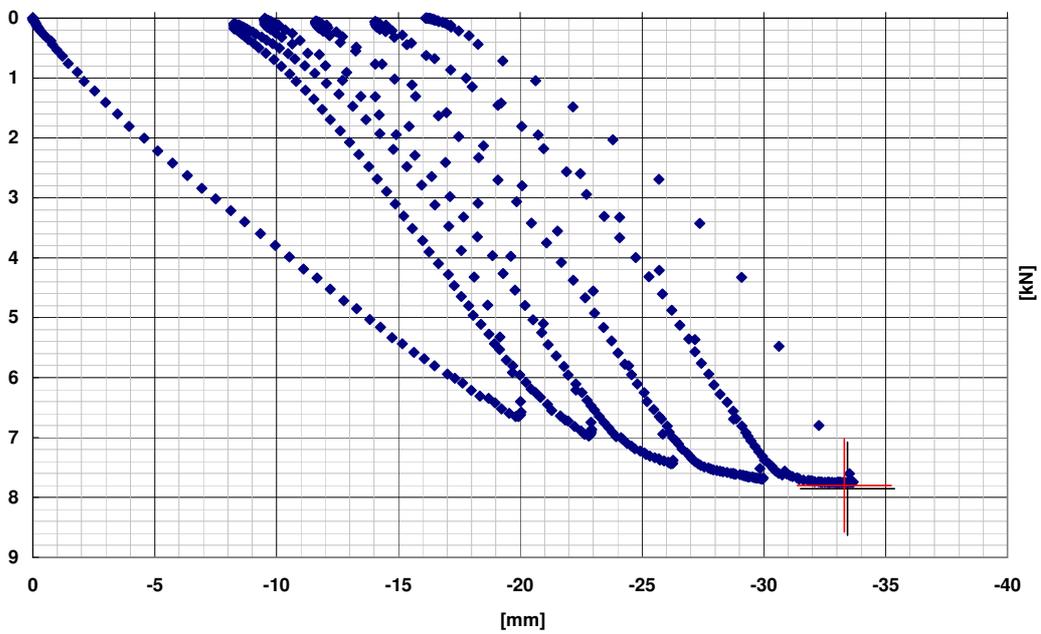
Rammzeit [Sek]:	22	
	bis [m]	Bodenbeschreibung
Schicht 1		
Schicht 2		
Schicht 3		
Schicht 4		
Schicht 5		
Weitere Informationen		





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige	
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:
5H	1,60	1,00	7,8	33,3
			Profiltyp:	
			C100	

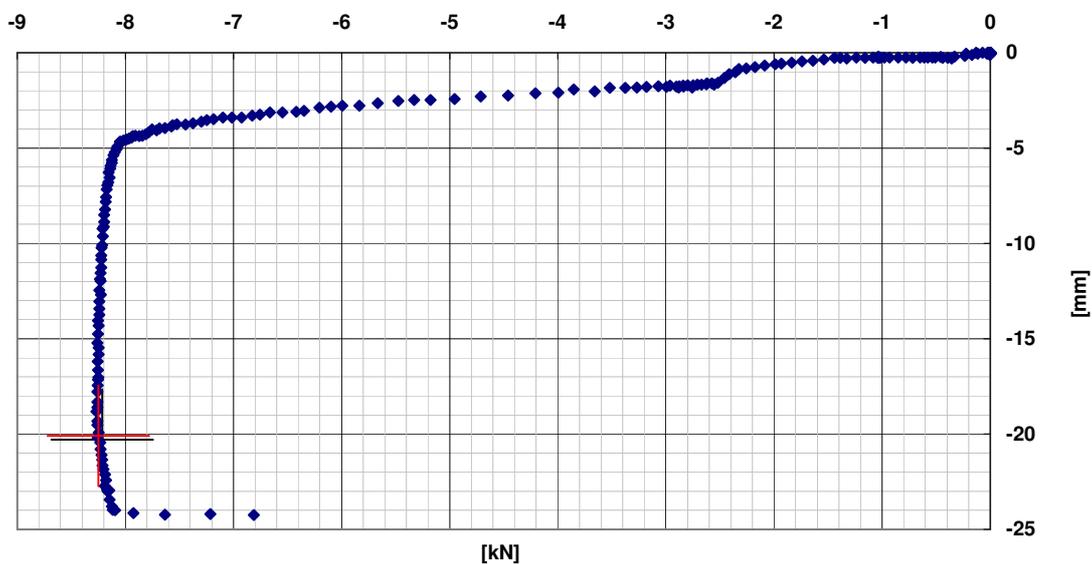
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige		Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
6C	1,20	1,00	8,25	20,1	C100

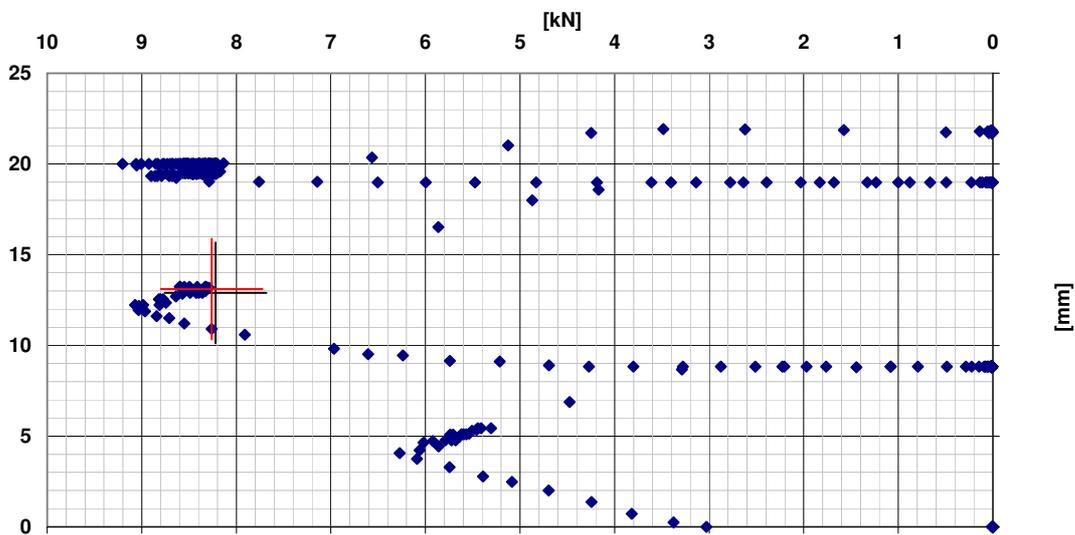
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige Maximallast Verformung		Profiltyp:
			[kN]:	[mm]:	
6T	1,20	1	8,26	13,1	C100

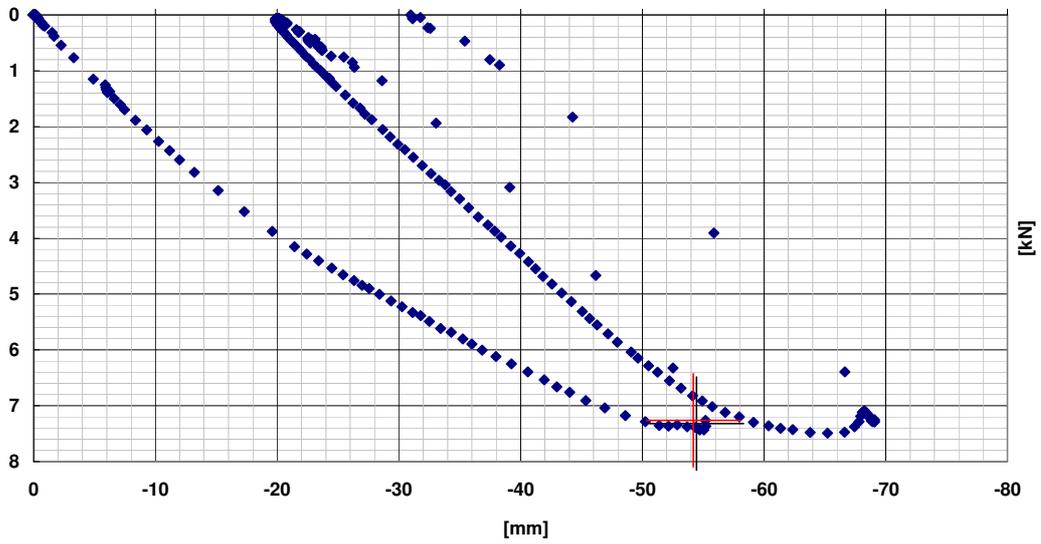
Rammzeit [Sek]:	14	
	bis [m]	Bodenbeschreibung
Schicht 1		
Schicht 2		
Schicht 3		
Schicht 4		
Schicht 5		
Weitere Informationen		





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/Maximallast [kN]:	zugehörige Verformung [mm]:	Profiltyp:
6H	1,20	1,00	7,26	54,2	C100

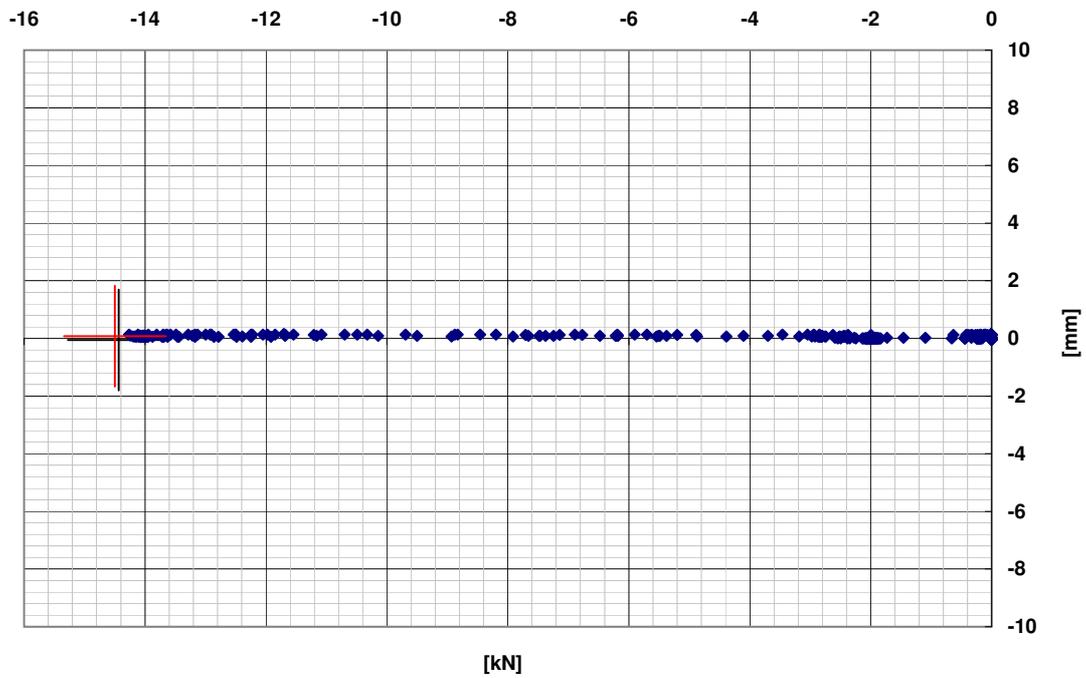
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige		Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
7C	2,00	1,00	14,5	0,073	C100

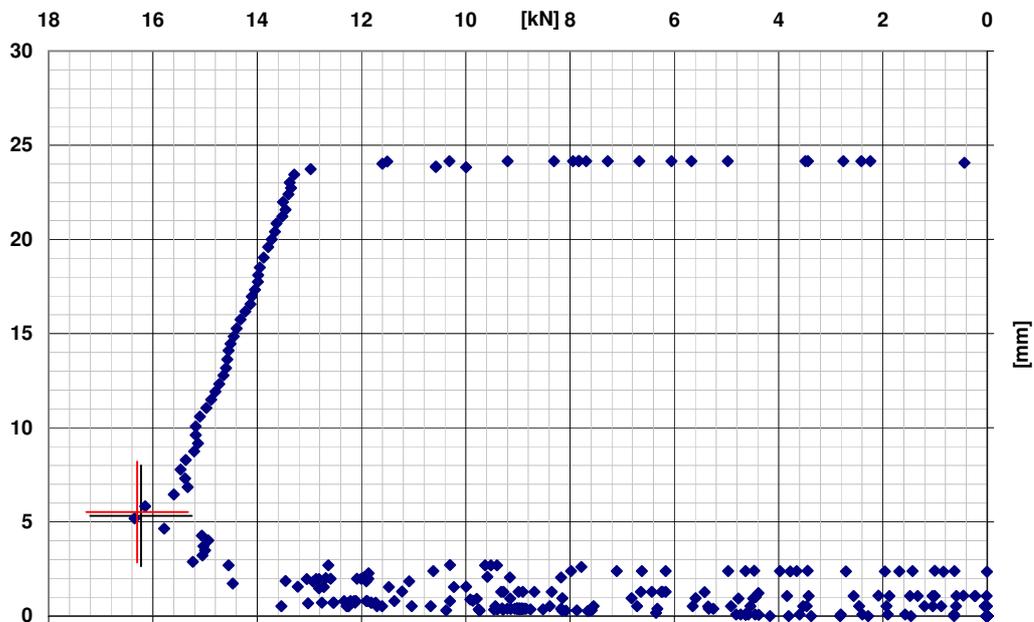
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/	zugehörige	Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
7T	2,00	1,00	16,3	5,53	C100

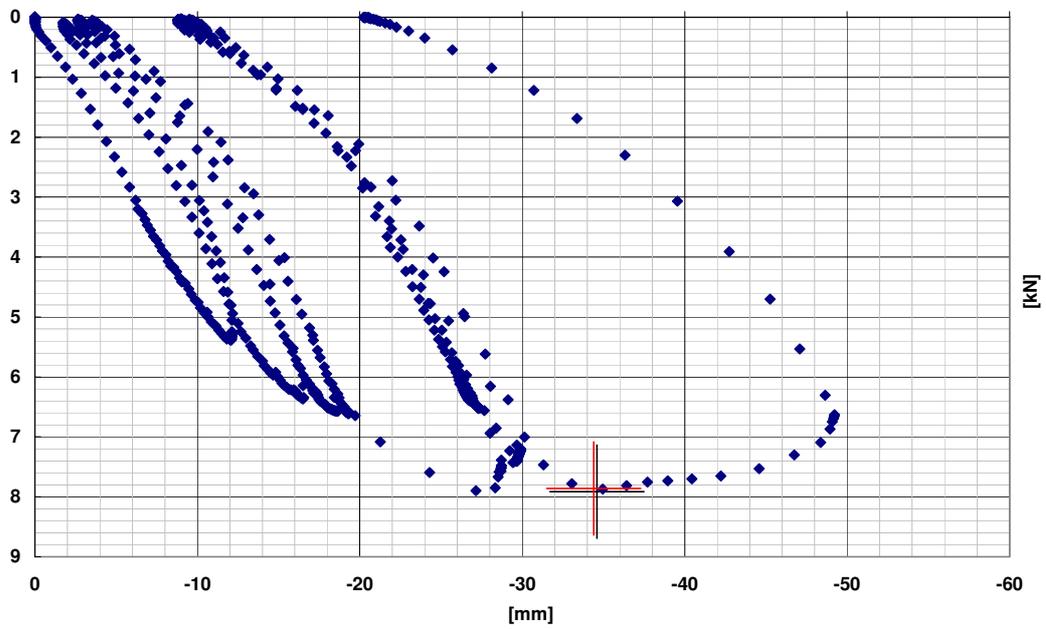
Rammzeit [Sek]:	31	
	bis [m]	Bodenbeschreibung
Schicht 1		
Schicht 2		
Schicht 3		
Schicht 4		
Schicht 5		
Weitere Informationen		





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/Maximallast [kN]:	zugehörige Verformung [mm]:	Profiltyp:
7H	2,00	1,00	7,86	34,4	C100

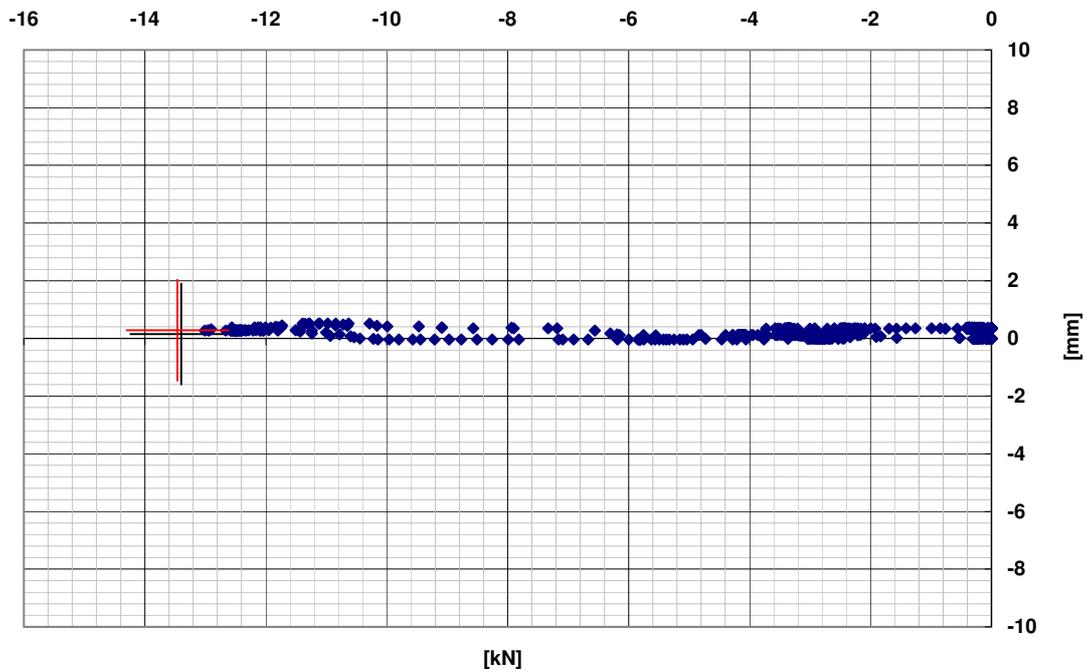
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige		Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
9C	1,60	1,00	13,46	0,28	C100

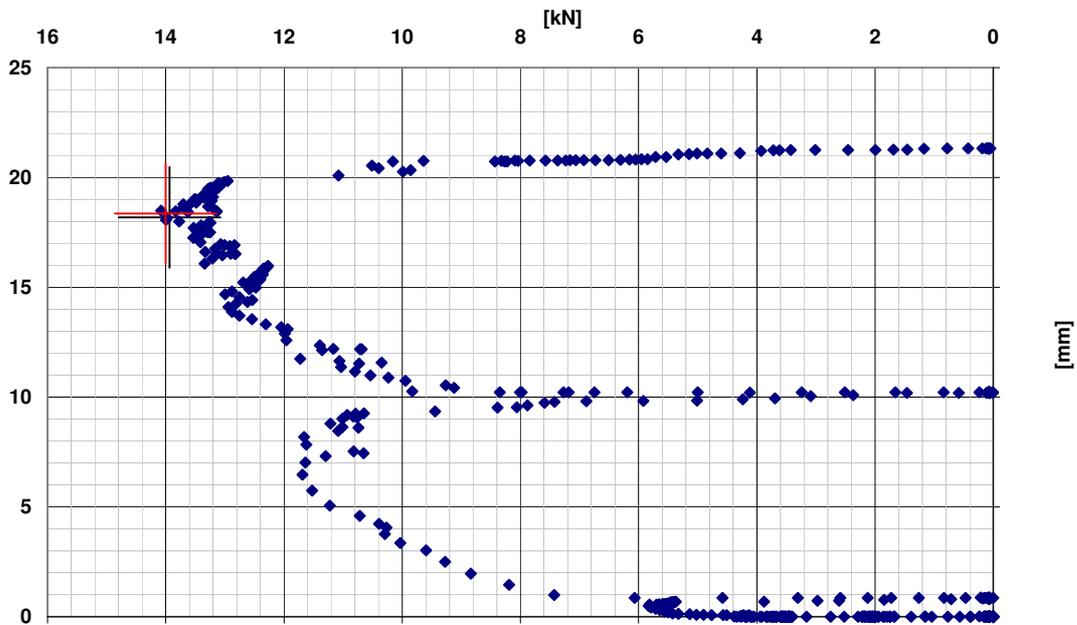
Weitere Informationen





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/ zugehörige		Profiltyp:
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:	
9T	1,60	1,00	14	18,36	C100

Rammzeit [Sek]:	27	
	bis [m]	Bodenbeschreibung
Schicht 1		
Schicht 2		
Schicht 3		
Schicht 4		
Schicht 5		
Weitere Informationen		





ID	Einbindetiefe ET [m]=	h [m]=	Grenz-/	zugehörige
			Maximallast [kN]:	Verformung [mm]:
9H	1,60	1,00	7,63	42,1
			Profiltyp: C100	

Weitere Informationen

