

Erläuterungen der Untersuchung des Rammvorganges mit der Wellengleichungsmethode

- 1. Einführung**
- 2. Tragfähigkeitsuntersuchung**
 - 2.1 Eingabedaten für die Berechnung**
 - 2.2 Ergebnis**
- 3. Rammbarkeitsuntersuchung**
 - 3.1 Eingabedaten für die Berechnung**
 - 3.2 Ergebnis**

1. Einführung

Das Wellengleichungsprogramm GRLWEAP berechnet für ein gegebenes System Hammer/Pfahl/Boden den dynamischen Rammvorgang.

Hierbei wird von dem für den angegebenen Hammertyp charakteristischen Stoßkraft-Zeitverlauf ausgegangen, die Kraftübertragung über die elastisch/plastische Rammhaube auf den Pfahl und dann die Kraftübertragung vom Pfahl in den Boden während eines Rammschlages (also über einen Zeitraum von ca. 0,05 sec) nachvollzogen.

Die Betrachtung dieses kurzen Zeitraums zeigt, daß die durch das Rammgerät eingeleitete Kraft sich als Stoßwelle im Pfahl ausbreitet bzw. in die Tiefe bewegt und dann je nach Einbindung in den Boden abgegeben wird oder reflektiert oder gebrochen wird.

Mit der **Option "Bearing Graph" = Tragfähigkeitsuntersuchung** wird für ein gegebenes schematisches Pfahl-Boden-Modell der Zusammenhang zwischen Schlagzahlen und erreichter Tragfähigkeit angegeben.

Die Berechnung zeigt :

1. die in Abhängigkeit von Rammhaube und Rammfutter sowie der Pfahlsteifigkeit und dem Bodenwiderstand tatsächlich in den Pfahl eingeleitete Energie,
2. die zu jedem Zeitpunkt in jeder Ebene unterschiedliche Spannung im Pfahl, so daß die maximalen Druck- und Zugspannungen ausgegeben werden können,
3. die tatsächliche Wirkung des Bodenwiderstandes als dynamische Wirkung (Dämpfung) und statische Wirkung (statisch nutzbarer Widerstand = Tragfähigkeit) sowie die zugehörige bleibende Setzung.

Mit der **Option "Driveability" = Rammbarkeitsuntersuchung** wird der vollständige Rammvorgang simuliert. Wie beim tatsächlichen Rammvorgang können die Effektivität des Rammgerätes, die Fallhöhe, die Schlagfrequenz und die Steifigkeit des Rammfutters mit der Tiefe bzw. der Dauer des Rammens angepaßt werden. Es kann ein beliebig geschichtetes Bodenprofil (statische und dynamische Parameter) eingegeben werden. Es können einfache, gekuppelte und auch zusammengesetzte Pfähle aller üblichen Materialien oder auch der Kombinationen daraus untersucht werden.

Die Berechnung zeigt :

1. die Entwicklung der Tragfähigkeit über die Tiefe, insbesondere die für eine bestimmte erforderliche Tragfähigkeit nötige Rammtiefe,
2. die Entwicklung Schlagzahlen über die Tiefe, daraus kann ersehen werden, ob es mit einem bestimmten Rammgerät möglich ist, eine vorgegebene Rammtiefe (tragfähige Schicht) zu erreichen, außerdem kann die Gesamtzahl der Schläge ermittelt werden und damit die Dauer der Rammung als Grundlage der Arbeitsvorbereitung / Kalkulation bestimmt werden,
3. die Entwicklung über die Tiefe der in Abhängigkeit von Rammhaube und Rammfutter sowie der Pfahlsteifigkeit und dem Bodenwiderstand tatsächlich in den Pfahl eingeleiteten Energie,
4. die zur aktuellen Rammtiefe gehörige maximale Zug- und Druckspannung im Pfahl, so daß die Haltbarkeit des Rammgutes bekannt ist, vor allem können die Zugspannungen bei Betonpfählen überprüft werden,
5. die tatsächliche Wirkung des Bodenwiderstandes als dynamische Wirkung (Dämpfung) und statische Wirkung (statisch nutzbarer Widerstand = Tragfähigkeit) sowie die zugehörige bleibende Setzung.

2. Tragfähigkeitsuntersuchung

2.1 Eingabedaten für die Berechnung

Für die Option "Bearing Graph" = Tragfähigkeitsuntersuchung fordert das Programm die folgenden Werte :

- Rammgerät : Hersteller und Typ, aus einer Datenbank mit 704 Einträgen für Diesel-,
Hydraulik-, Schnellschlag- und Vibrationshämmern entnimmt das
Programm die erforderlichen Daten (z.B. Energie, Thermodynamik),
Rammhaube : Gewicht,
Futter in der Rammhaube : E-Modul, Querschnittsfläche und Dicke,
Futter auf dem Pfahl : E-Modul, Querschnittsfläche und Dicke,
Effektivität falls von Herstellerangaben abweichend;
- Pfahl : Länge
 Querschnittsfläche
 Umfang
 E-Modul
 Gewicht pro Volumeneinheit
- Boden : Verhältnis von Mantelreibung zu Spitzendruck,
 Verteilung der Mantelreibung (dreieckförmig, rechteckförmig, Tiefe),
 elastische Grenzdehnung für Mantel und Spitzendruck (quake),
 Dämpfung Mantel,
 Dämpfung Spitze,

2.2 Ergebnis

Das Ergebnis ist als Grafik und als Tabelle auszugeben.

Die untere durchgezogene Linie in der Grafik zeigt den Zusammenhang zwischen Schlagzahl pro Meter (Blows/m) und Tragfähigkeit (Ult Cap = Ultimate Capacity).

Die untere gestrichelte Linie gibt die zum jeweiligen Rammvorgang gehörige Äquivalente Fallhöhe eines Freifallbären an.

Die obere durchgezogene Linie gibt die Druckspannungen an (Skalierung auf der linken Seite), die obere gestrichelte Linie die Zugspannung (Skalierung auf der rechten Seite). Rechts unten ist der Pfahlquerschnitt sowie das gewählte Bodenprofil dargestellt.

Eingabeschema und Aufbau des verlängerten Systems 1 ist im Screenshot gezeigt.

The screenshot shows the GRLWEAP 2002-1-GSP Mannheim software interface. The main window displays input parameters for a pile system. The 'Hammer Information' section includes a table of hammer specifications:

ID	Name	Type	Flam Wt	Energy/Power
320	IHC S-35	ECH	29.504	34.622
321	IHC S-70	ECH	34.398	69.513
322	IHC S-90	ECH	44.233	89.387

Other parameters include Hammer parameters (Efficiency: 0.950, Stroke: 2.02 m), Ultimate Capacities (up to 10), Soil Parameters (Quake, Shaft, Toe), Damping (Shaft, Toe), and Shaft Resistance (Percentage: 50%). The right side of the interface shows a 'Bearing Graph - prop. shaft resistance' with a vertical axis from 0 to 16.0 and a horizontal axis for resistance.

Ergebnis Tragfähigkeitsanalyse – bearing graph

The screenshot shows the 'Bearing Graph - Hagbachs10nach.gwb' software interface. The main window displays the results of a bearing capacity analysis. The left side shows two graphs: 'Compressive Stress (MPa)' vs 'Blow Count (bl/m)' and 'Ultimate Capacity (kN)' vs 'Blow Count (bl/m)'. The right side shows a table of results:

Ultimate Capacity kN	Maximum Compression Stress MPa	Maximum Tension Stress MPa	Blow Count bl/m
500.0	100.987	30.6	101.4
600.0	101.486	22.7	122.1
700.0	101.981	15.3	146.2
800.0	102.473	13.8	174.5
900.0	102.961	19.5	206.8
1000.0	103.446	17.0	241.4
1100.0	103.927	13.5	275.3
1200.0	104.405	11.6	313.8
1300.0	104.871	10.9	358.7
1400.0	105.345	11.7	411.4

Additional parameters shown include: IHC S-70, Stroke 0.30 meter, Efficiency 0.950, Helmet 14.00 kN, Skin Quake 1.000 mm, Toe Quake 2.500 mm, Skin Dampir 0.500 sec/m, Toe Dampir 0.200 sec/m, Pile Length 12.00 m, Pile Penetrat 9.00 m, Pile Top Arr 212.40 cm2. The bottom right shows a 'Pile Model' and 'Skin Friction Distribution' diagram.

3. Rammbarkeitsuntersuchung

3.1 Eingabedaten für die Berechnung

Für die Option "Driveability" = Rammbarkeitsuntersuchung fordert das Programm zusätzlich die folgenden Werte :

Rammgerät : es muß jeweils die Tiefe angegeben, in der eine Berechnung erfolgen soll sowie die in dieser Tiefe aktuellen Parameter für das Rammgerät, die wichtigsten sind
Effektivität,
Steifigkeit des Fatters (das Futter kann bei Rammen abgenutzt werden),
Fallhöhe (es ist sinnvoll, erst bei geringem Widerstand eine geringe Fallhöhe einzustellen)

Pfahl : wenn es sich um einen gekuppelten oder zusammengesetzten Pfahl handelt, sind einzugeben :
Anzahl und Ort der Kupplungen,
Bereiche konstanten Querschnitts,
aktuelle Pfahllänge für die erreichte Berechnungstiefe,

Boden : explizite Angabe über die Tiefe von
Mantelreibung (kPa) und
Spitzendruck (kN),
zugehörige Grenzdehnung (quake) und Dämpfung.

Eingabeschema für Rammbarkeitsanalyse – Hammer- und Pfahldaten

Bonny LNG New MOF Jetty - GCPfahl

Hammer Information
Select from following list: ID: 445

ID	Name	Type	Ram Wt	Energy/Power
445	MENCK MHF5-9	ECH	88.290	94.470
446	MENCK MHF5-10	ECH	98.100	104.967
447	MENCK MHF5-11	ECH	107.910	115.464

Hammer parameters:
Efficiency: 1.000
Stroke: 1.1 m
Type: ECH

Resistance Gain/Loss Factors:

1	2	3	4	5
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Toe Area: 1.0 cm²
Top Circum: 2.4 m

Soil Parameters:
Quake: Shaft 1.0 mm Const, Toe 2.5 mm
Damping: Shaft 0.3 s/m Const, Toe 0.1 s/m Smith

Shaft Resistance: Percentage 80 %
Dist. Shape Num 0.1

Pile Information:
Length: 50.0 m, Penetration: 45.0 m, Section Area: 287.0 cm², Spec Weight: 77.5 kN/m³, Strength/Yield: 248.0 MPa

Diagram: MENCK MHF5-10 hammer, 200.00 mm diameter, 1.00 kN force. Pile depth 45.0 m.

Bodendaten

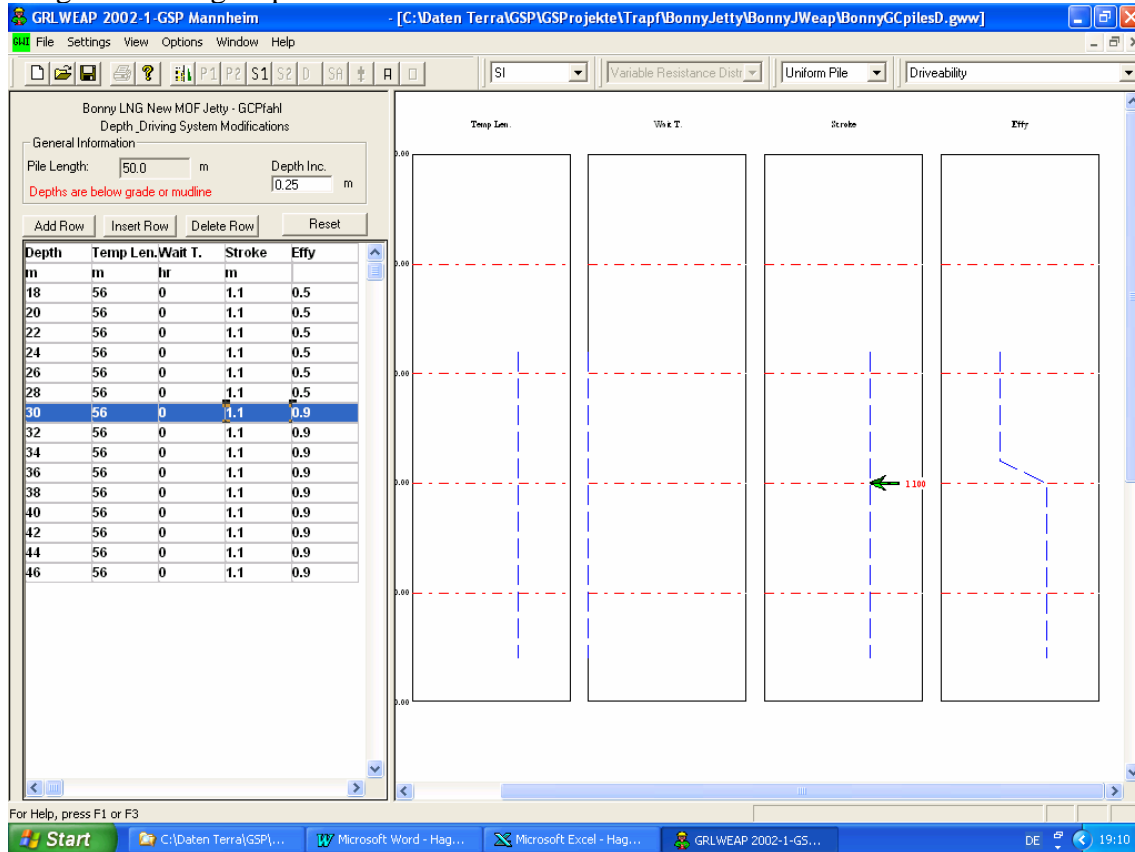
Bonny LNG New MOF Jetty - GCPfahl
Resistance Distribution Input for Pile 1

General Information
Pile Length: 50.0 m, Water Table: 4.0 m
Depths are below grade or mudline

Depth	Unit SR	Toe Resist	Skin Q	Toe Q	Skin D	Toe D	Setup F	Relat. E	Setup T
m	kPa	kN	mm	mm	s/m	s/m		m	hours
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.0
12.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.0
14.000	5.000	50.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.0
30.000	15.000	500.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.0
36.000	30.000	1000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.0
40.000	30.000	1000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.0
46.000	100.000	2500.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.0
50.000	100.000	3000.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.0

Graphs: Skin Q, Toe Resist, Toe D vs Depth (0.00 to 60.00 m).

Berechnungs- und Ausgabepunkte



3.2 Ergebnis

Das Ergebnis ist als Grafik und als Tabelle auszugeben.

Im ersten Bild links zeigt die durchgezogene Linie in der Grafik die Entwicklung der Schlagzahl über die Tiefe (Skalierung unten), die gestrichelte Linie die Entwicklung der Trgfähigkeit (Skalierung oben). Das zweite Bild zeigt die Entwicklung der Spannungen - Zugspannung durchgezogene Linie (Skalierung unten), Druckspannung gestrichelte Linie (Skalierung oben). Das dritte Bild zeigt die Entwicklung der eingetragenen Energie. Die durchgezogene Linie zeigt die eventuel eingegebene Veränderung der Schlagfrequenz mit der Tiefe. Das vierte Bild zeigt, wie sich der Spitzendruck aufbaut und wie sich der Anteil der Mantelreibung an der Gesamttragfähigkeit entwickelt.

Ergebnis der Rammpbarkeitsanalyse

