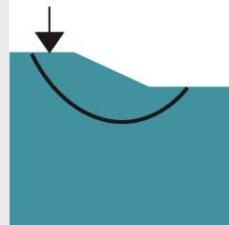


Tragfähigkeit von gerammten und vibrierten Stahlrohrpfählen

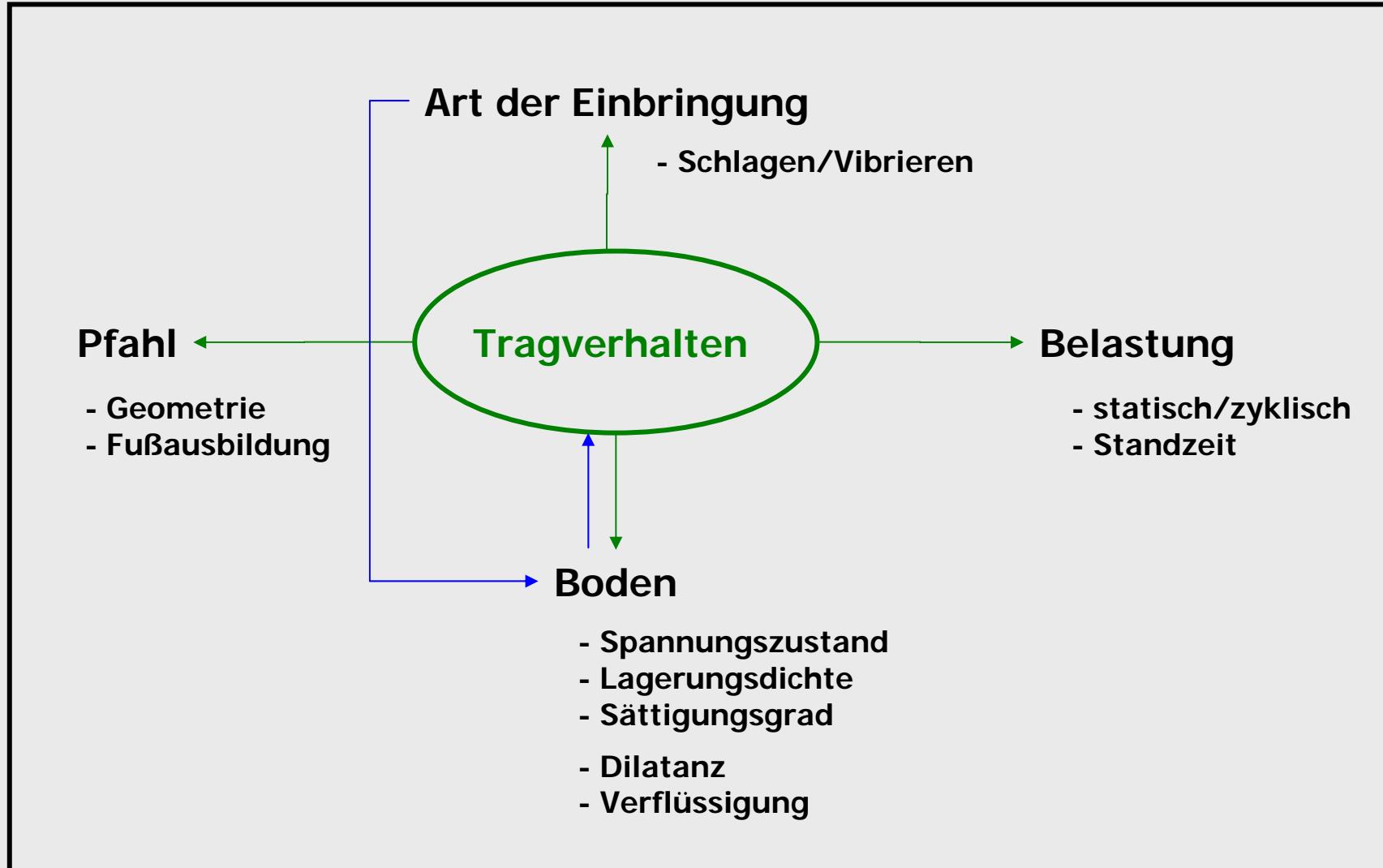
Patrick Lammertz

Universität
Duisburg-Essen

Institut für Grundbau
und Bodenmechanik

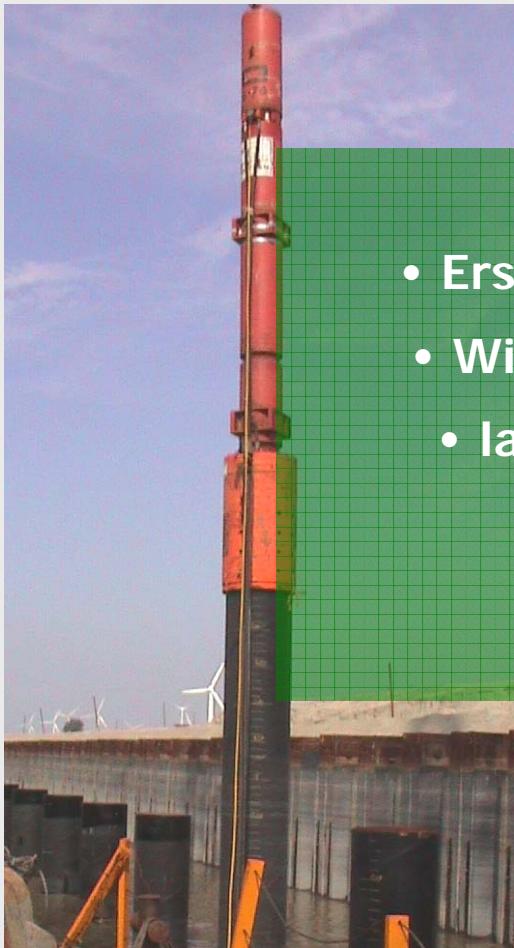


Problemstellung



Rammvorgang

Schlagen



- Schonung des Rammguts
- Erschütterungen, Lärmbelästigung
- Wirtschaftlichkeit (Rammbarkeit)
- lage- und lotrechtes Einbringen
 - hohe Flexibilität
- Tragfähigkeit

Vibrieren



Isolator

Elastomer

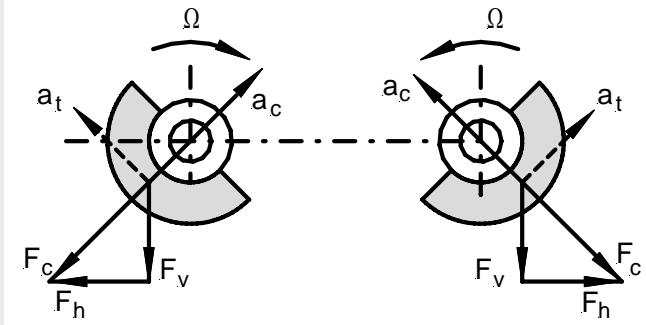
Erregerzelle

Spannzange

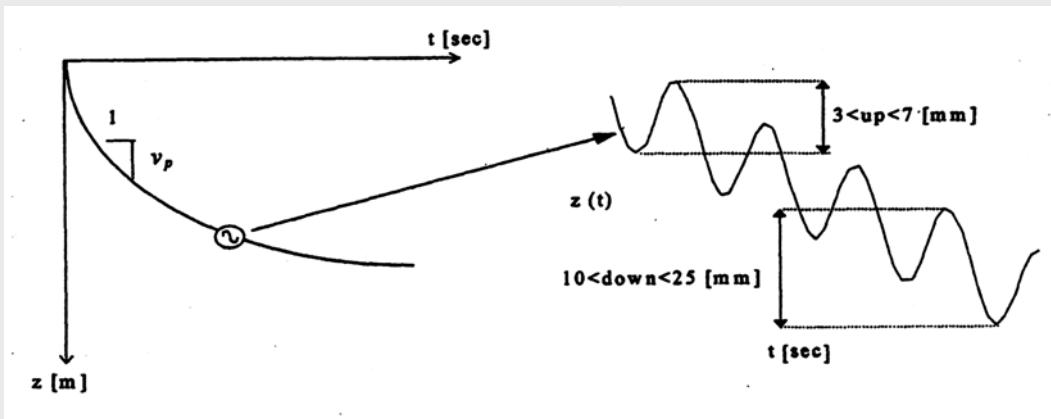
Pfahl

- **Quantitativer Vergleich der Tragfähigkeit von vibrierten Pfählen mit der Tragfähigkeit gerammter Pfähle**
 - **Quantitative Erfassung des Einflusses der Maschinenparameter Frequenz und statisches Moment auf die Tragfähigkeit von vibrierten Pfählen**
- ⇒ **Ansatz zur Ermittlung der Tragfähigkeit von vibrierten Pfählen**

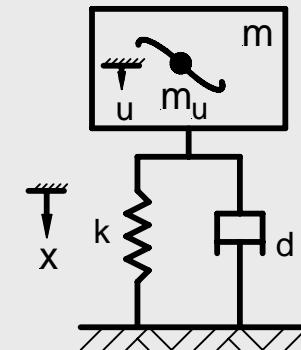
Bewegung des Rammguts beim Vibrieren



$$F(t) = M_{st} \cdot \Omega^2 \cdot \cos(\Omega t)$$



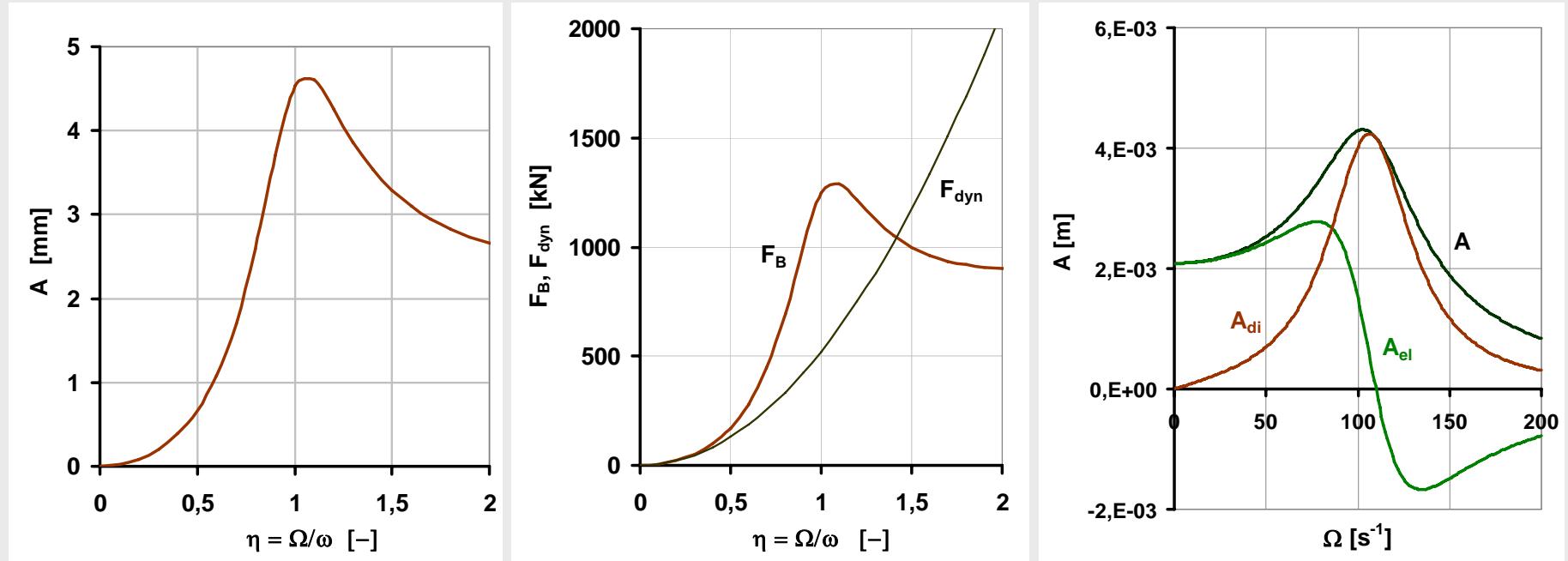
Modell: Massenkrafterregung



$$x_p(t) = \hat{r}_k \cdot V_k \cdot \cos(\Omega t - \psi_k)$$

$$\hat{r}_k = \frac{M_{st}}{m_v + m_z + m_p}$$

Bewegung des Rammguts beim Vibrieren



$$\hat{r}_k = \frac{32}{5000 + 1440 + 8800} = 2,086 \text{ mm}$$

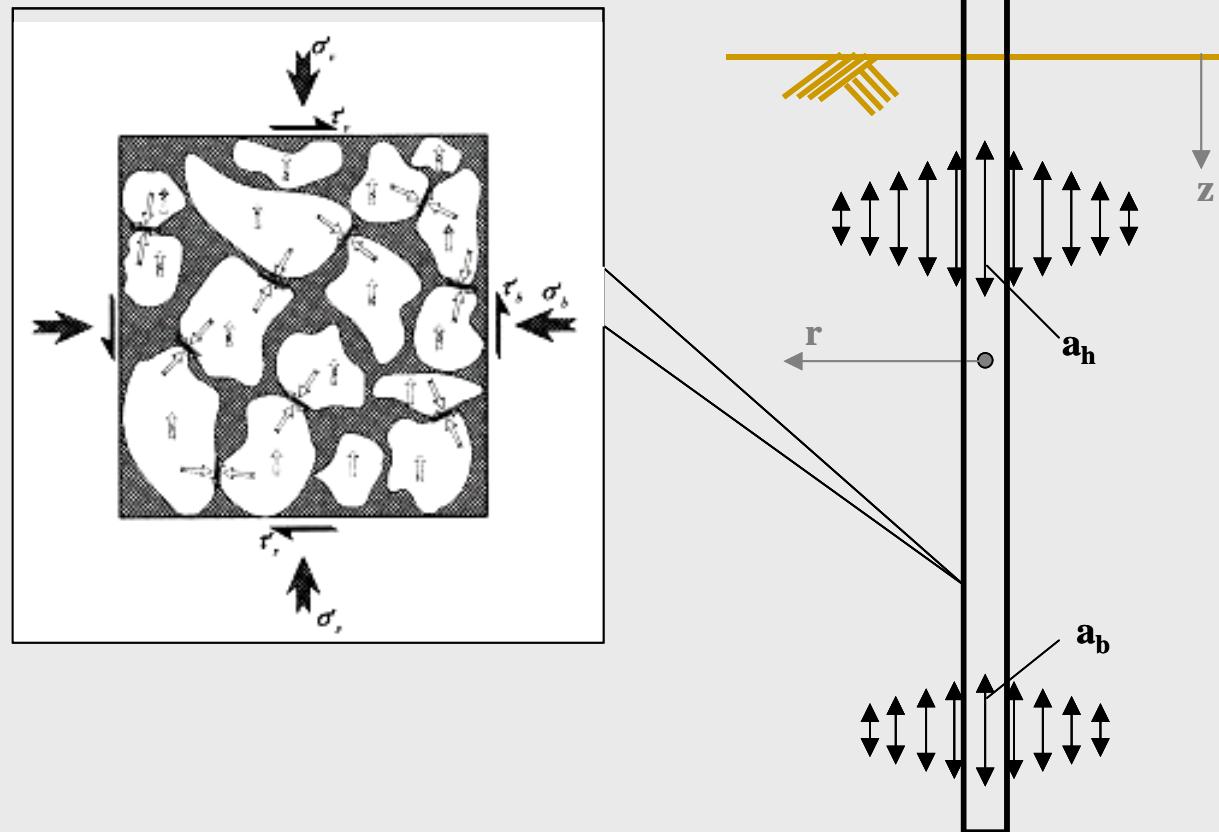
Energie der Erregerkraft:

- Plastische Deformation
- Energiedissipation
- Abstrahlung von kinetischer Energie

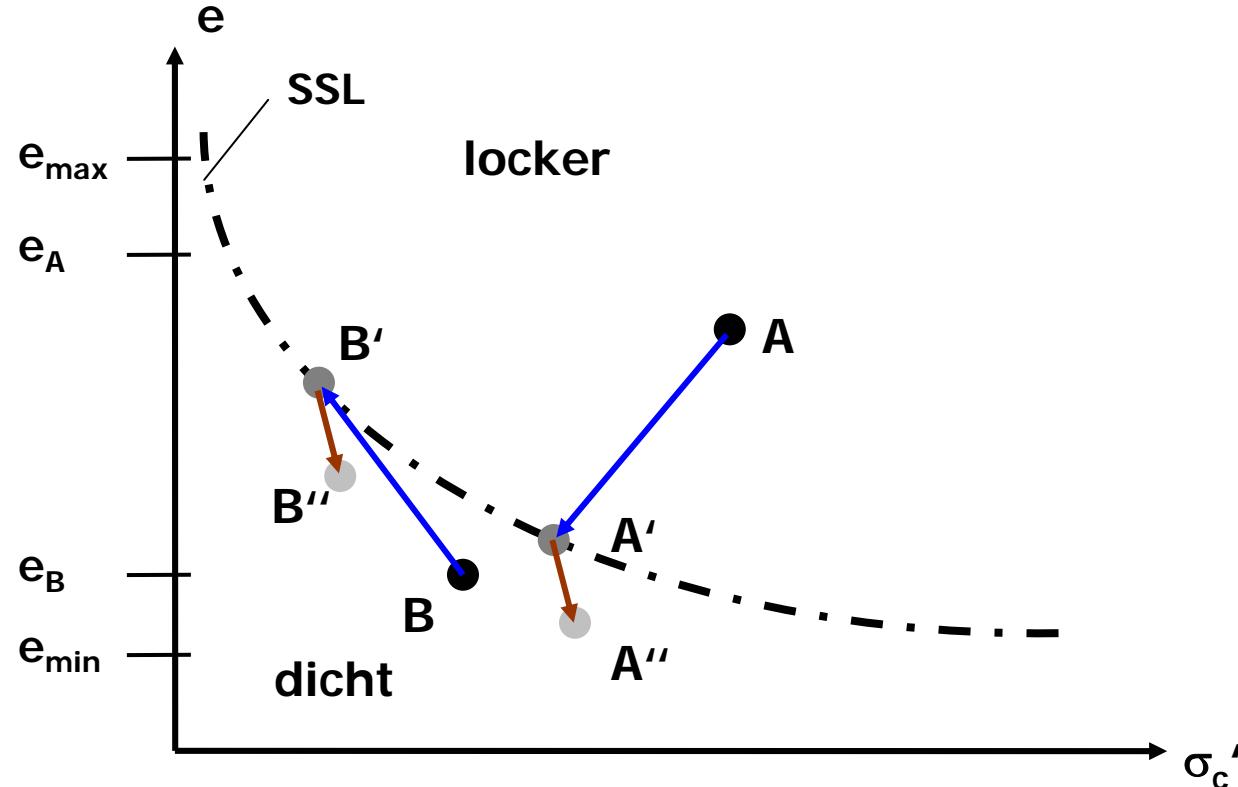
Bodenmechanische Aspekte beim Vibrationsrammen

Umorientierung und Umlagerung der Körner:

- Korndruck p'
- Porenzahl e
- Beschleunigungsamplitude a



Bodenmechanische Aspekte beim Vibrationsrammen



Schlussfolgerungen für die Tragfähigkeit

- Vibrationsformel $R = \frac{P}{V} \cdot \delta$ Ist P aussagekräftig??

- Betrachtung der Bewegung:

Messung der Amplitude und der Phasenverschiebung

→ Ob und in welchem Maße findet durch den Einbringvorgang eine Verdichtung oder sogar Auflockerung des Bodens um den Pfahl statt??

- Empirische Verfahren: Drucksondierung, Erfahrungswerte

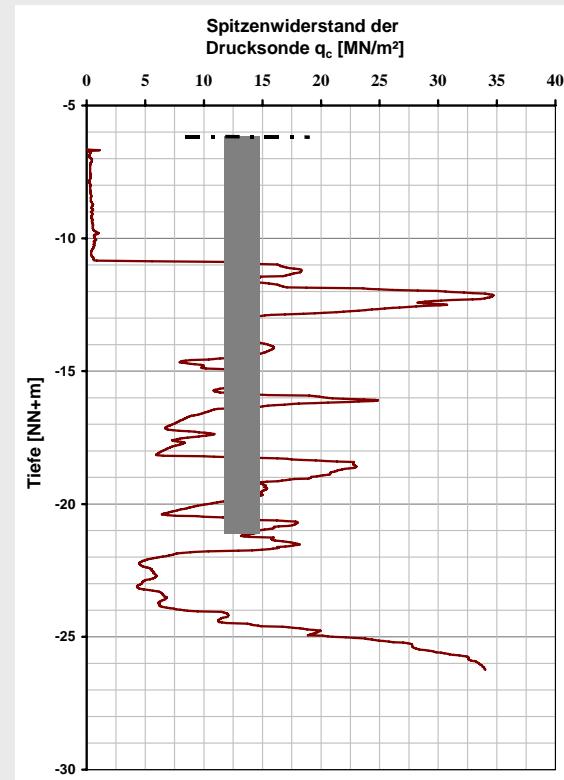
Ermittlung der Pfahltragfähigkeit aus gemessenen Sondierspitzenwiderständen (CPT)

Bestehende Verfahren beruhen entweder auf

- einer Modellähnlichkeit
- empirischer Grundlage

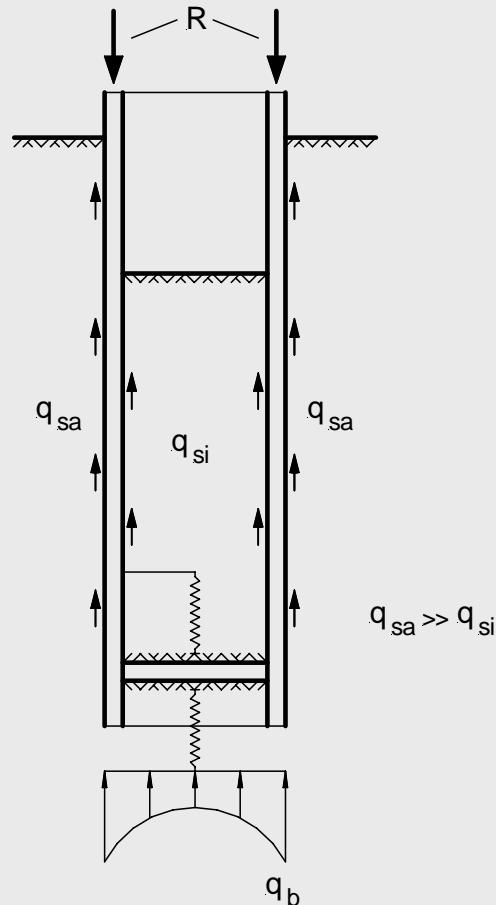
$$R = R_s + R_b = q_b \cdot A_b + \sum_{i=1}^n q_s \cdot A_{si}$$
$$\downarrow$$
$$q_s = q_c \cdot \alpha^{-1}$$
$$\downarrow$$
$$q_b = q_{cm} \cdot \beta$$

Festlegung von Grenzwerten: q_{smax} ; q_{bmax}



Ermittlung der Tragfähigkeit aus Drucksondierergebnissen

Offene Stahlrohrpfähle: Ppropfenbildung, Wahl der Fläche



maßgebende Flächen:

Pfahlfußwandung und äußerer Mantel

$$R = q_{bw} \cdot A_{bw} + \sum q_{sa} \cdot A_a$$

$$q_{sa} = f(q_c)$$

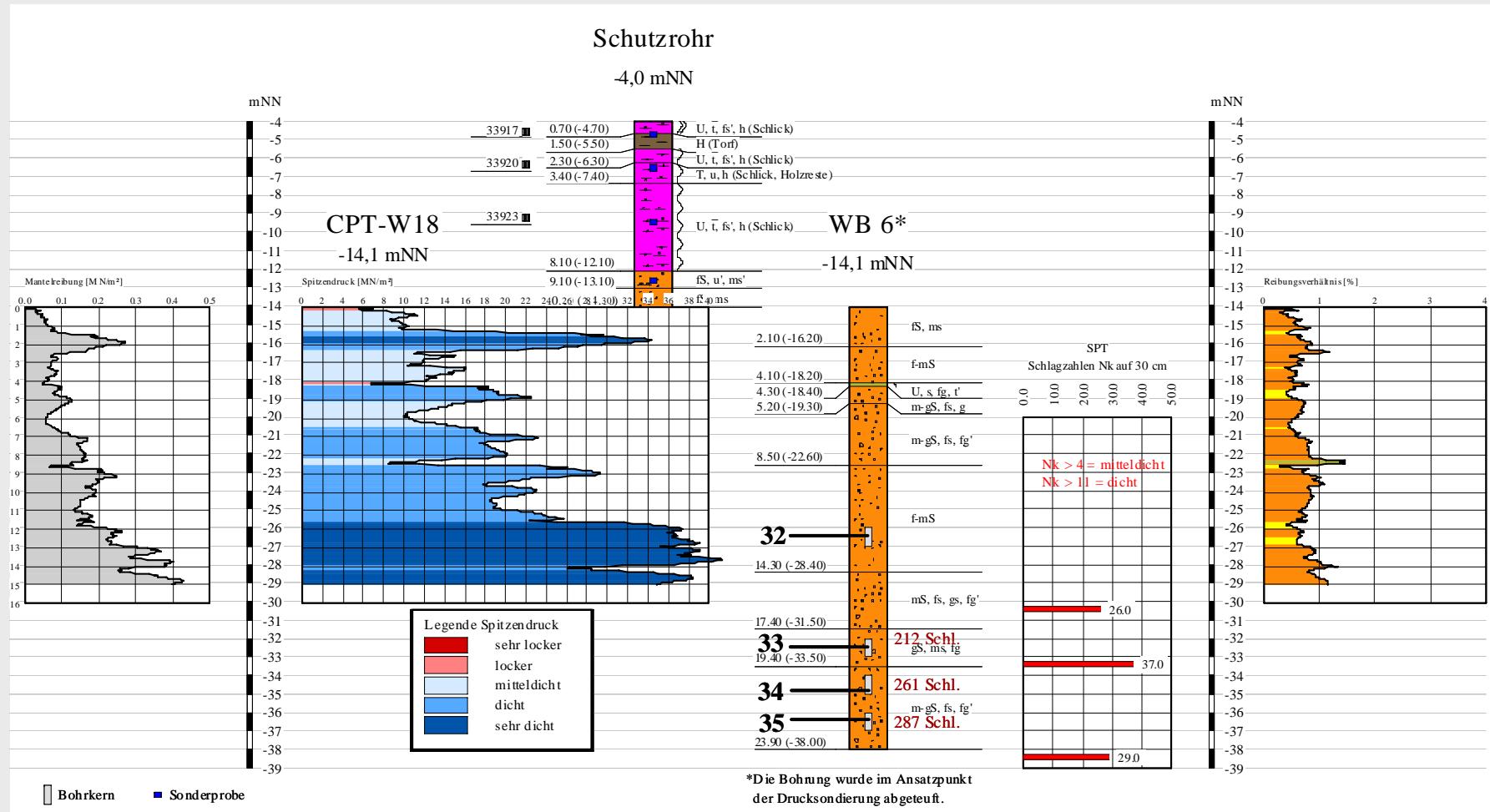
$$q_{bw} = f(q_c)$$

Feldversuche Emspier – Pfähle und Einbringgeräte

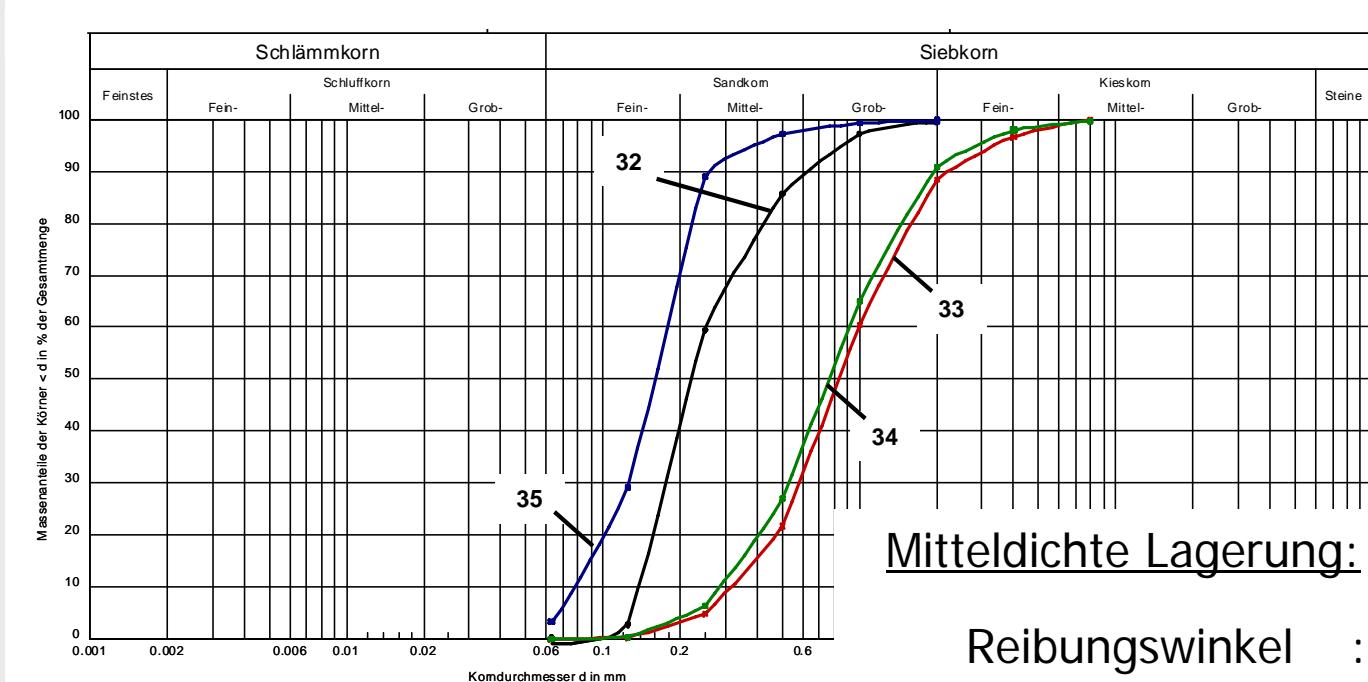


- Ø = 914,2 mm
- t = 12,7 mm
- L = 31,3 m
- m = 8,8 t
- unten offen

Feldversuche Emspier - Baugrunderkundung



Feldversuche Emspier - Baugrunderkundung



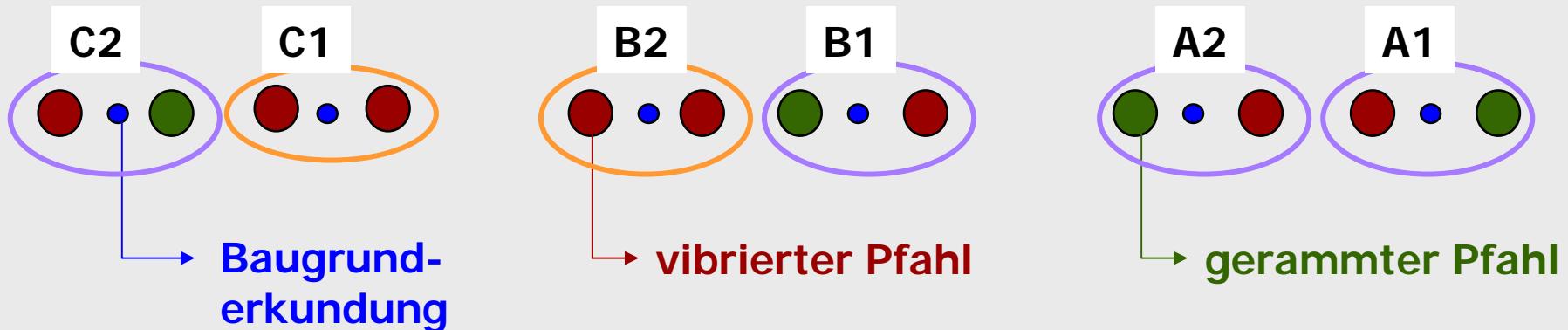
Mitteldichte Lagerung:

$$\begin{aligned} \text{Reibungswinkel} &:= 34^\circ - 37^\circ \\ \text{Dilatanzwinkel} &:= 6^\circ - 10^\circ \end{aligned}$$

Sehr dichte Lagerung:

$$\begin{aligned} \text{Reibungswinkel} &:= 37^\circ - 42^\circ \\ \text{Dilatanzwinkel} &:= 13^\circ - 19^\circ \end{aligned}$$

3 Pfahlgruppen, jeweils bestehend aus 2 Pfahlpaaren

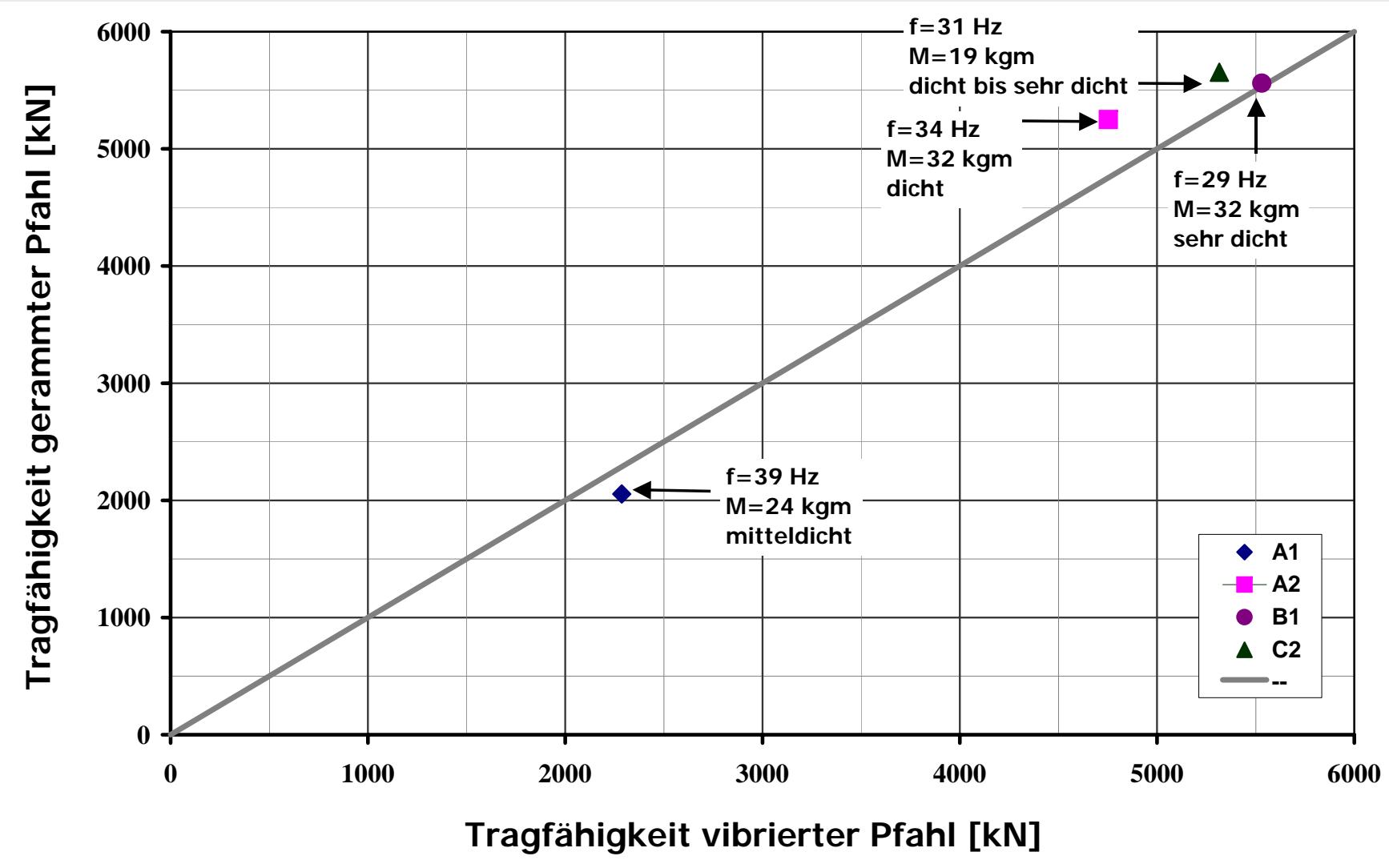


insgesamt wurden :

- 4 Pfahlpaare vergleichend untersucht
- 2 Pfahlpaare mit unterschiedlichen Stellgrößen envibriert

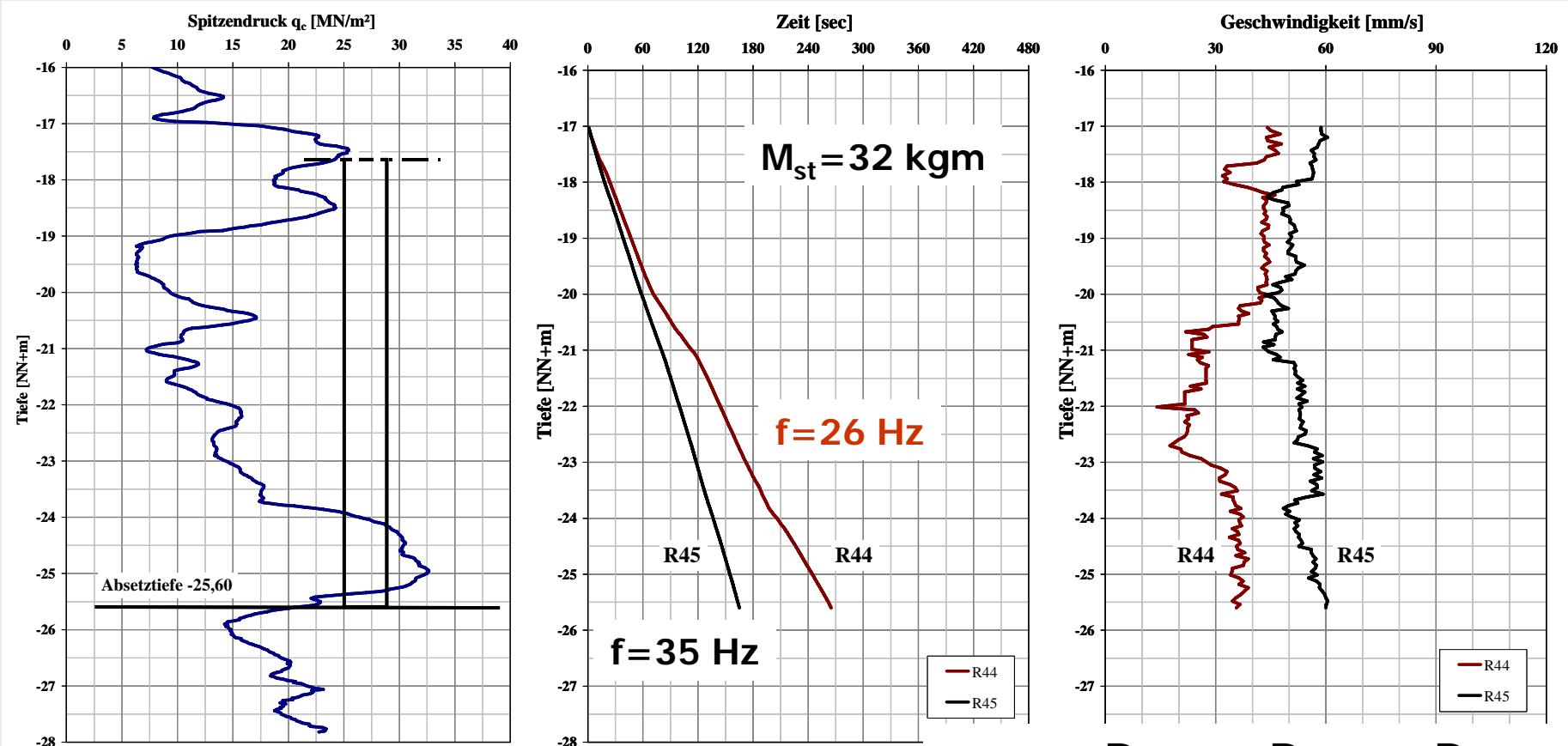
Feldversuche Emspier – Ergebnisse

mit unterschiedlichem Gerät eingebrachte Pfähle



Feldversuche Emspier – Ergebnisse

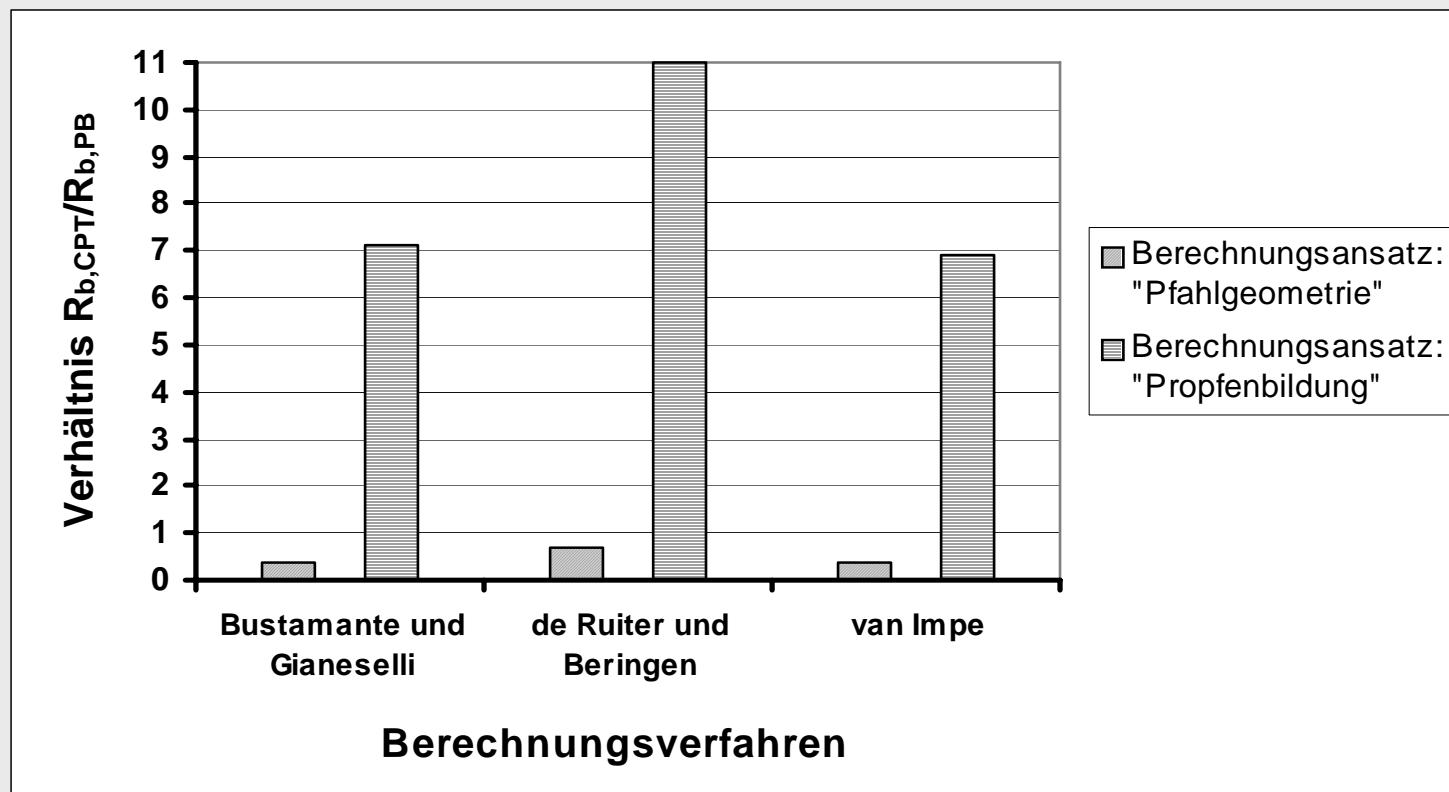
mit unterschiedlichen Stellgrößen vibrierte Pfähle



- In locker bis mitteldicht gelagertem Sand ist mittels Vibration eine höhere Tragfähigkeit zu erzielen als beim schlagenden Rammen.
- In dicht bis sehr dicht gelagertem Sand weisen die gerammten Pfähle höhere Tragfähigkeiten auf.
- Durch eine Reduzierung der Frequenz auf den letzten Rammsternen sind beim Vibrieren in dicht bis sehr dicht gelagertem Sand Tragfähigkeiten zu erzielen, die dem der gerammten Pfähle entsprechen.
- Es hat sich weder beim Schlagrammen noch beim Vibrationsrammen ein Ppropfen gebildet.

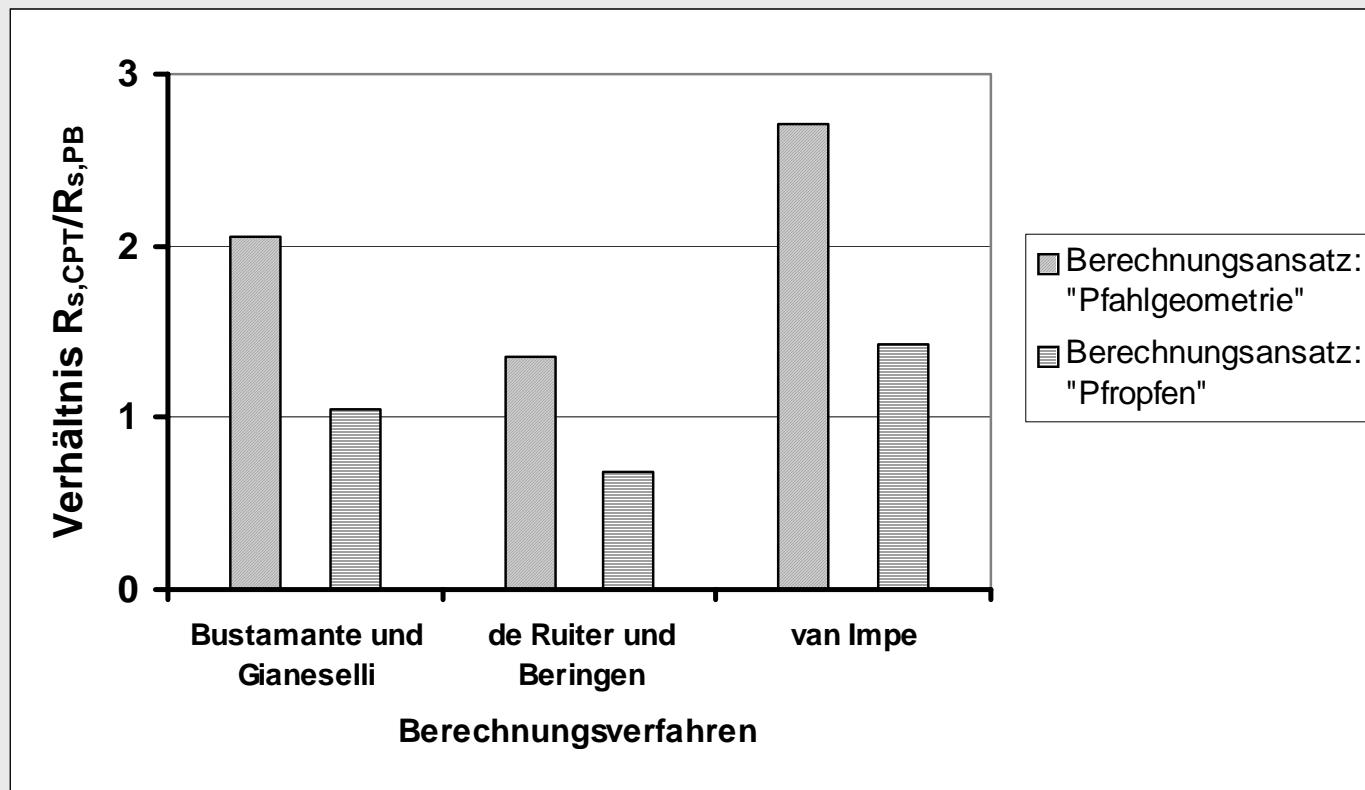
Ermittlung der Tragfähigkeit aus Drucksondierergebnissen

Vergleich Spitzendruckkraft R_b : CPT - Probobelastung



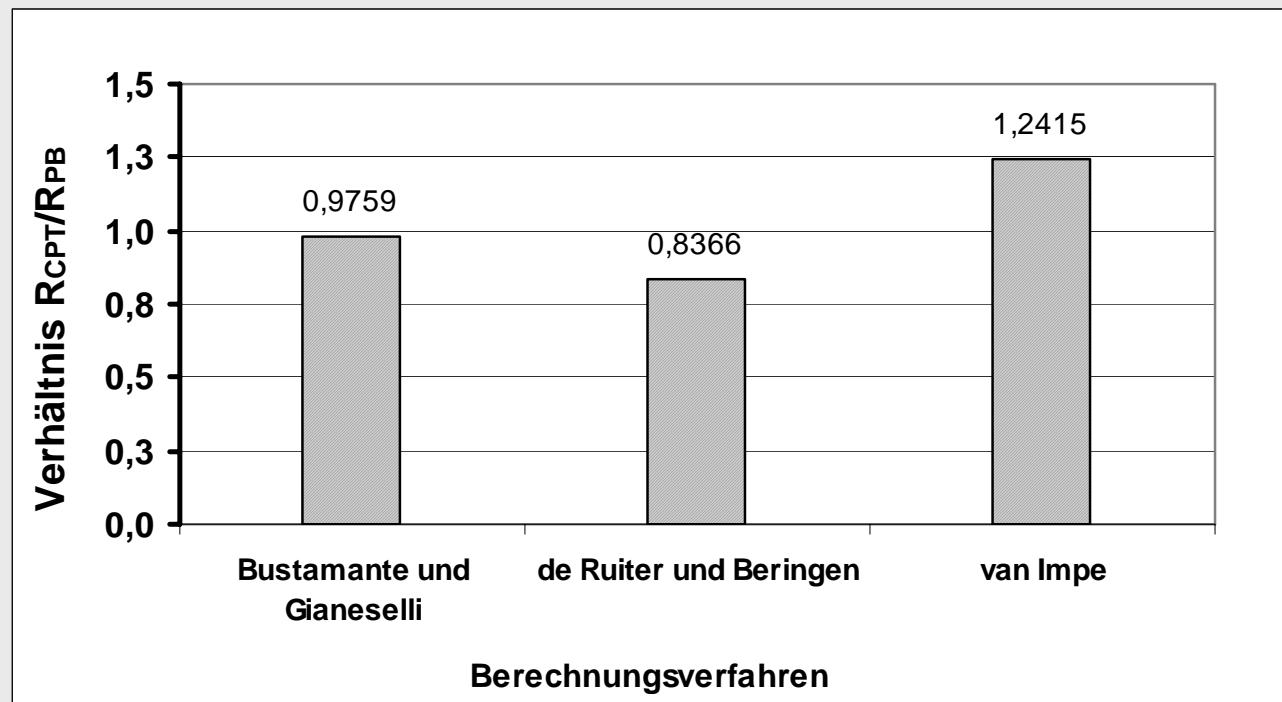
Ermittlung der Tragfähigkeit aus Drucksondierergebnissen

Vergleich Mantelkraft R_s : CPT - Probobelastung



Ermittlung der Tragfähigkeit aus Drucksondierergebnissen

Ansatz: Äußere Mantelreibung + Pfahlspitzendruck



Ausblick

- Inwieweit dominieren Spannungszustand und Lagerungsdichte die Tragfähigkeit gegenüber der Art der Einbringung ?
- Inwieweit beeinflussen die maschinentechnischen Parameter die Bodeneigenschaften und damit die Tragfähigkeit ?



Bewegung des Rammguts

- Können Vibrationskriterien festgelegt werden ?



Vibrationsformel

- Empirisch abgesicherte Tragfähigkeitsangaben sind notwendig