

# Verfahrensbedingte Erschütterungen bei der Ausführung von Pfahlgründungen

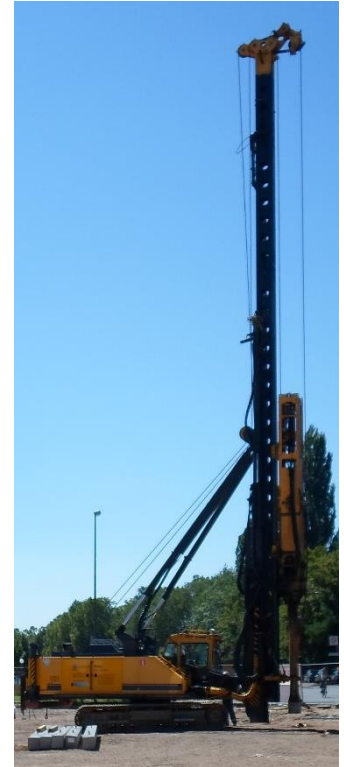


# Gliederung des Vortrags

1. Vorstellung der Fa. Aarsleff
2. Baugrunddynamische Grundlagen
3. Prognose von Erschütterungen
4. Messung von Erschütterungen
5. Bewertung von Erschütterungsimmissionen
6. Maßnahmen zur Reduktion von Erschütterungen
7. Zusammenfassung



**AARSLEFF**



# Vorstellung Fa. Aarsleff



Seit Juli 2016 ist die Centrum Pfähle GmbH die Aarsleff Grundbau GmbH.

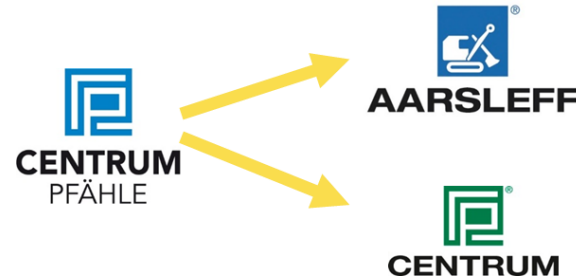
Unterstreichung der langjährigen Zugehörigkeit zum Aarsleff Konzern mit seinem breiten Leistungsangebot und seiner Führungsrolle im nordeuropäischen Baugewerbe - Internationalität

Neben dem Premium Produkt **Centrum Pfahl** auch ein Vollverdrängungsbohrpfahl

Besonderes Merkmal bleibt – Marktunübliche Systemtransparenz.

Neues Pfahlwerk in Süddeutschland um eine steigende Nachfrage nach dem Centrum Pfahl zu befriedigen bzw. um ein weiteres Potential abzuschöpfen.

Der Produktname **Centrum Pfahl** bleibt.



# Vorstellung Fa. Aarsleff

## Per Aarsleff A/S

gegründet 1947

1982 Kauf der CentrumPfähle GmbH

5000 Mitarbeiter

60 Rammgeräte











1500 Mio. EURO Jahresumsatz,

Davon 225 Mio. im Spezialtiefbau

[www.aarsleff.com](http://www.aarsleff.com)



**AARSLEFF**

-  Per Aarsleff A/S (Aarhus, DK)
-  Centrum Pæle A/S (Vejle, DK)
-  Aarsleff Grundbau GmbH (Hamburg, D)
-  Centrum Pfähle GmbH (Germaringen, D)
-  Aarsleff Grundläggning AB (Gunnilse, SE)
-  Centrum Pæle AB (Älvängen, SE)
-  Per Aarsleff (UK) Limited (Newark, GB)
-  Centrum Pile Limited (Newark, GB)
-  Aarsleff Sp. z o.o. (Warszawa, PL)
-  Centrum Sp. z o.o. (Kutno, PL)

AARSLEFF GRUNDBAU GmbH

1972 als CentrumPfähle GmbH

in Deutschland gegründet

62 Mitarbeiter

12 eigene Rammgeräte

5 Büros

29 Mio. EURO Jahresumsatz

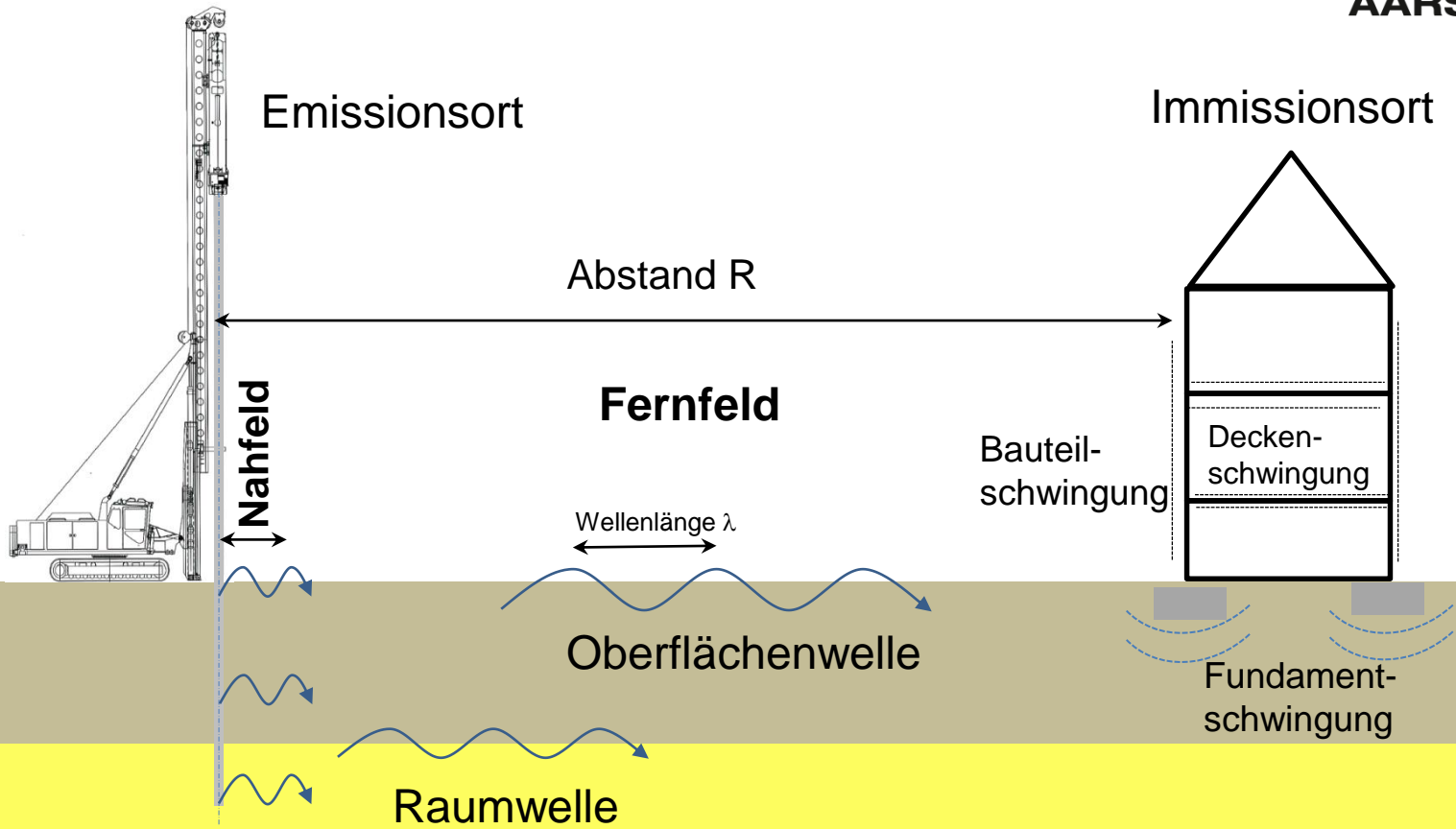
jährlich ca. 200 Projekte

[www.aarsleff-grundbau.de](http://www.aarsleff-grundbau.de)

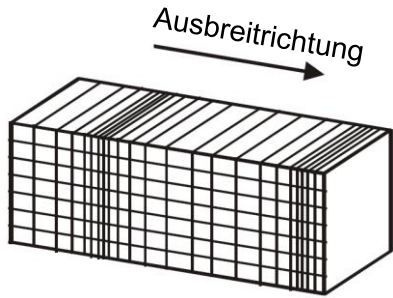


[www.aarsleff-grundbau.de](http://www.aarsleff-grundbau.de)

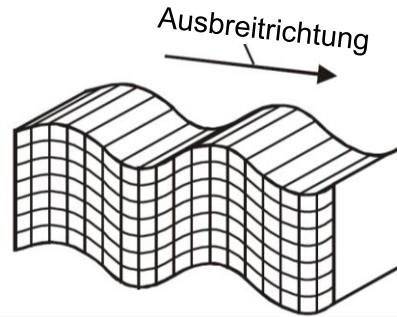
# Baugrundedynamische Grundlagen



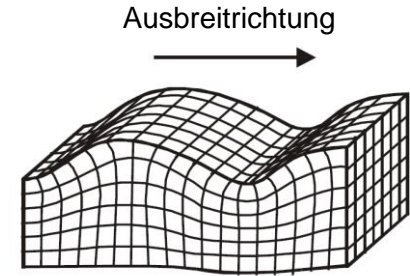
# Baugrunddynamische Grundlagen



Longitudinalwelle  
(Kompressions- oder Druckwelle)



Transversalwelle  
(Scherwelle)



Rayleighwelle  
(Oberflächenwelle)

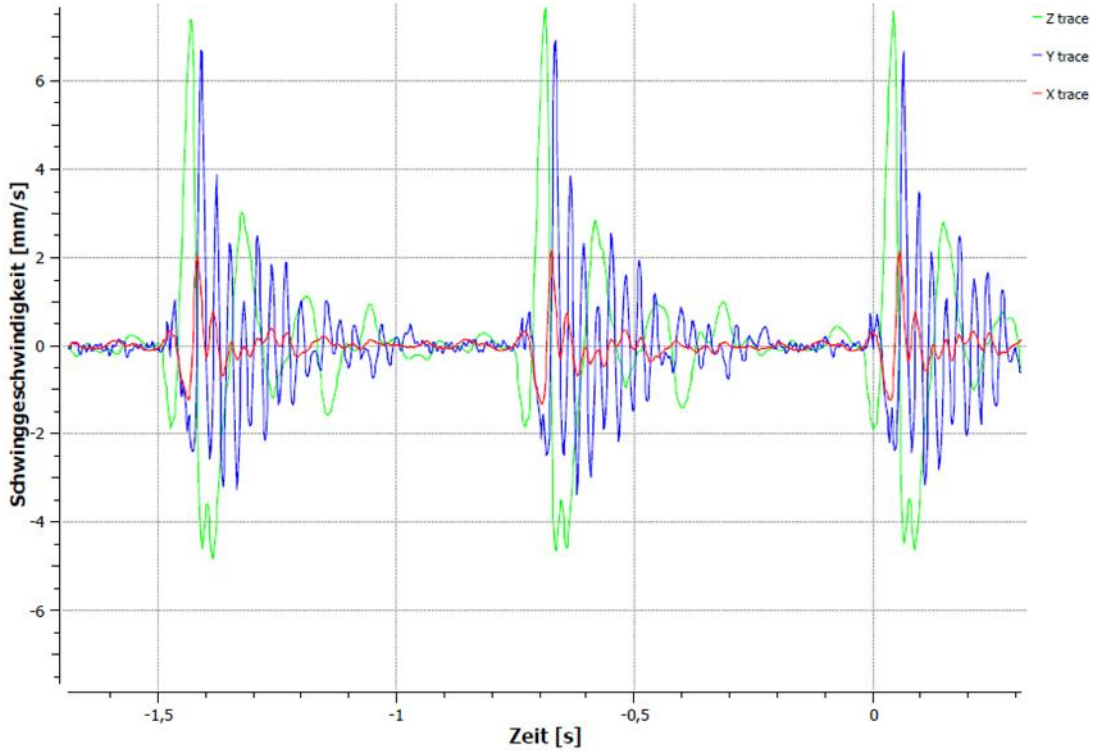
Die Schwinggeschwindigkeit  $v$  des Bodens ist eine vektorielle Größe und lässt sich wie folgt beschreiben:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

# Baugrundeddynamische Grundlagen



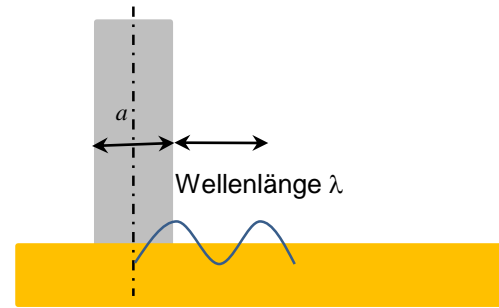
## Wellenlänge und Frequenz



# Baugrundrynamische Grundlagen

Es wird in Erschütterungen im **Nahfeld** ( $R < R_1$ ) und **Fernfeld** ( $R > R_1$ ) differenziert. Hierbei ist  $R$  die Entfernung zur Quelle ist.  $R_1$  ist der Abstand vom Mittelpunkt der Erschütterungsquelle bis zum Ende der Wellenlänge.

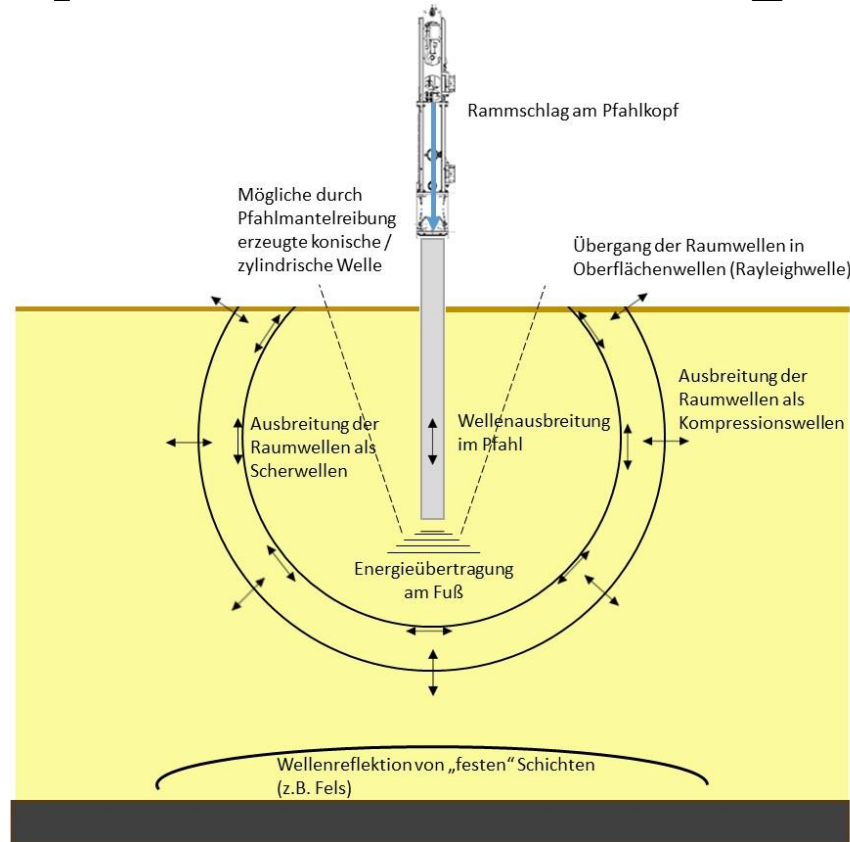
$$R_1 = \frac{a}{2} + \lambda$$



Während im sehr komplexen **Nahfeld** alle 3 Wellenformen ausgeprägt sind, überwiegt im **Fernfeld** die Oberflächenwelle.



# Baugrundedynamische Grundlagen



Modell der Wellenausbreitung im Nahfeld nach Martin (1980)

# Baugrunddynamische Grundlagen

Die Schwinggeschwindigkeit  $v$  im **Fernfeld** lässt sich nach DIN 4150 Teil 1 folgendermaßen beschreiben:

$$v(R) = v(R_1) \left( \frac{R}{R_1} \right)^{-n} \exp[-\alpha(R - R_1)]$$

## Legende:

R = Abstand zur Quelle

$\alpha$  = Abklingkoeffizient (hängt vom Dämpfungsggrad des Bodens ab)

DEUTSCHE NORM		Juni 2001
	Erschütterungen im Bauwesen Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen	<b>DIN</b> 4150-1
ICS 91.120.25	Vibrations in buildings — Part 1: Prediction of vibration parameters	Ersatz für DIN 4150-1:1975-09
	Vibrations aux bâtiments — Partie 1: Prévission des paramètres de vibrations	

# Prognose von Erschütterungen

Unter Berücksichtigung eines linear elastischen Verhaltens kann von einer direkten Proportionalität der von der Erschütterungsquelle eingeleiteten Energie und dem Quadrat der Schwinggeschwindigkeit, also  $E \sim v^2$ , ausgegangen werden.

Zur Prognose der resultierenden Schwinggeschwindigkeit im Boden bei der Schlagrammung gilt folgender empirischer Ansatz.

$$v(R) = K \left( \frac{\sqrt{E}}{R} \right)^n$$

Legende:

E = Eingeleitete Rammenergie

R = Abstand Emissions- und Immissionquelle

K = Proportionalitätsfaktor

n = Definition der Art der Erschütterungsquelle

# Prognose von Erschütterungen

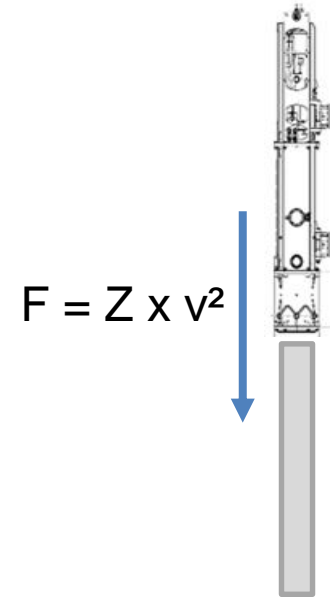
Energie und Kraft hängen indirekt miteinander zusammen.

Zur Pfahleinbringung wird auf den Pfahl eine Schlagkraft  $F$  aufgebracht.

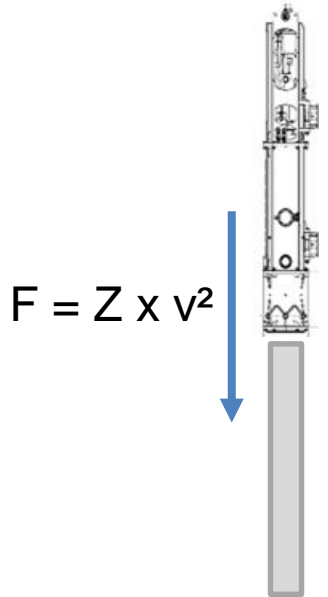
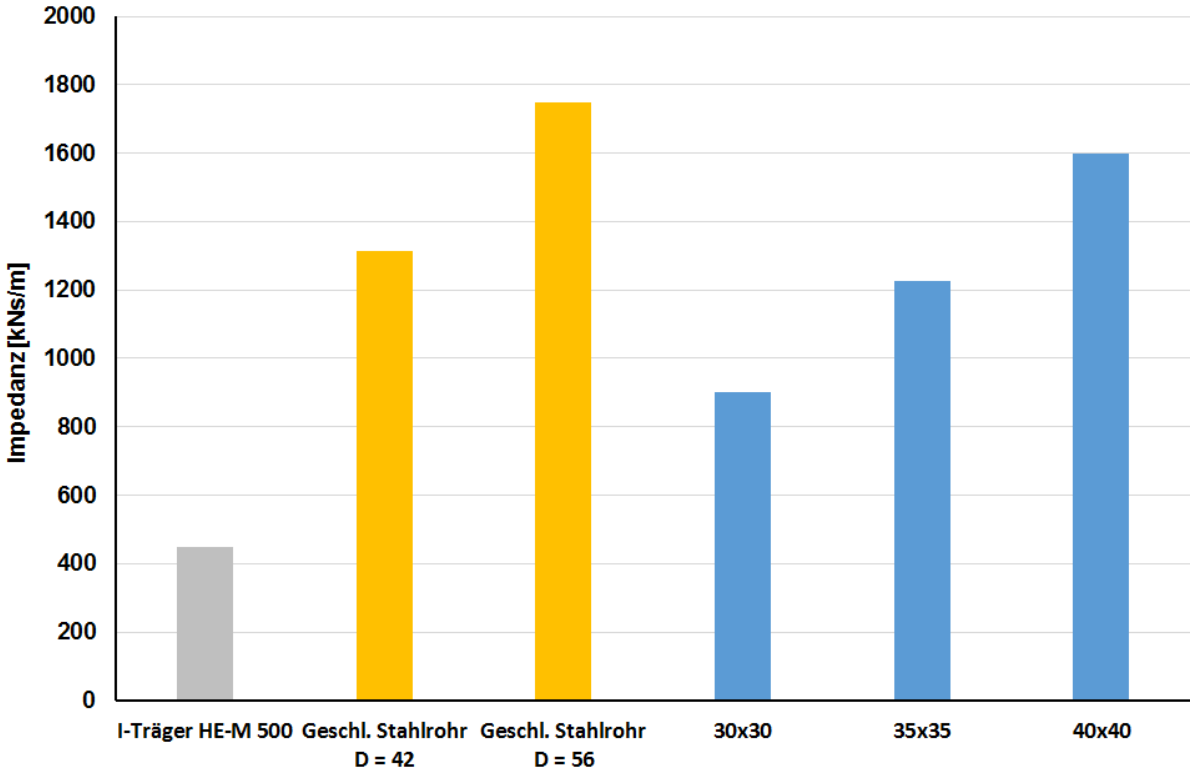
Die Schlagkraft  $F$  ist direkt proportional zur Auftreffgeschwindigkeit zum Quadrat.

$Z$  ist die Impedanz.

Impedanz hängt von der Geometrie und der Steifigkeit ab.



# Prognose von Erschütterungen



# Bewertung von Erschütterungs- immissionen

DEUTSCHE NORM

Februar 1999

Erschütterungen im Bauwesen  
Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen

**DIN**  
4150-3

ICS 91.120.25

Ersatz für Ausgabe 1986-05

Deskriptoren: Bauwesen, Bauwerk, Erschütterung, Einwirkung

Vibration in buildings — Part 3: Effects on structures

Vibrations dans les bâtiments — Partie 3: Effets sur les constructions

## Inhalt

	Seite		Seite
<b>Vorwort</b> .....	2	<b>6 Dauererschütterungen</b> .....	5
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	2	6.1 Beurteilung des Gesamtbauwerks .....	5
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	2	6.2 Beurteilung von Decken .....	6
<b>3 Definitionen</b> .....	2	6.3 Erschütterungen bei erdverlegten Rohrleitungen .....	6
<b>4 Grundlagen zur Ermittlung und Beurteilung von Erschütterungen in baulichen Anlagen</b> .....	3	6.4 Durchführung der Messung .....	6
4.1 Verfahren .....	3	<b>Anhang A (normativ) Muster für den Umfang eines Messnetzes</b> .....	7

## 5. Kurzzeitige Erschütterungen 5.1 Beurteilung des Gesamtbauwerks

„... Werden die Anhaltswerte nach Tabelle 1 eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. ...“

# Bewertung von Erschütterungs- immissionen

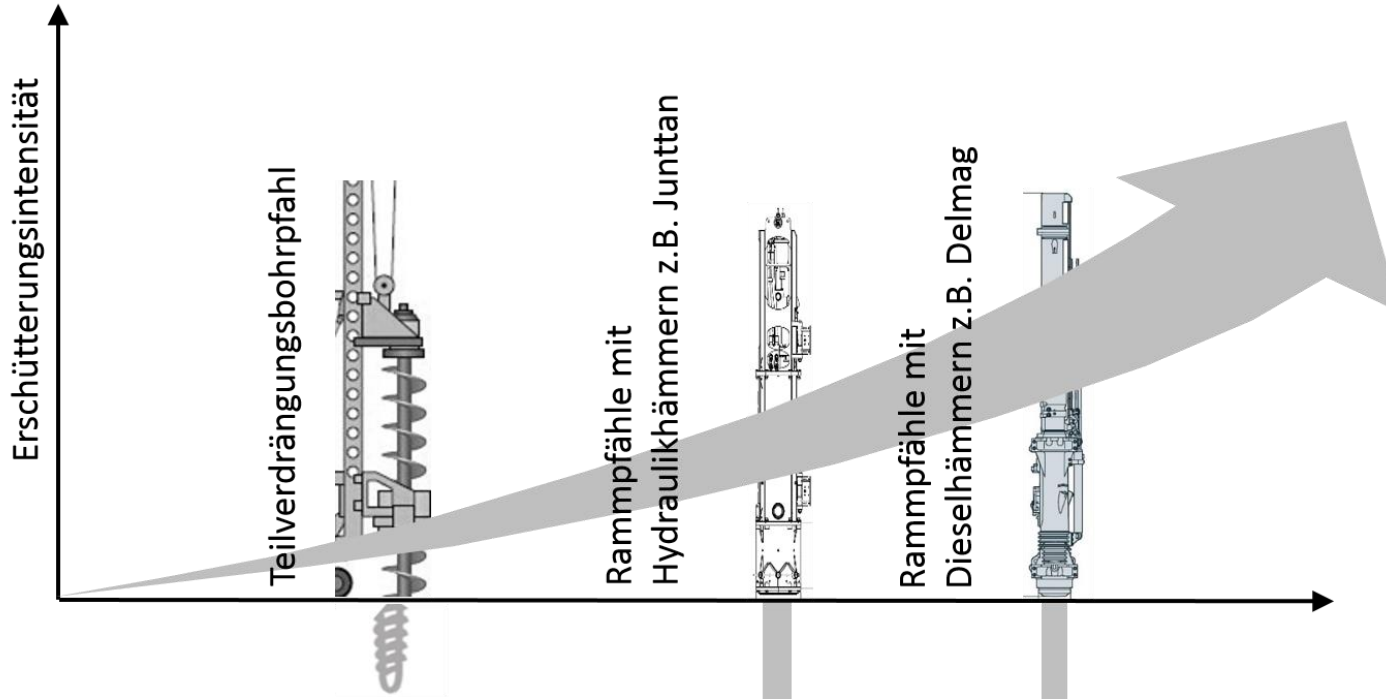


**AARSLEFF**

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_i$ mm/s			
		Fundament Frequenzen			Oberste Decken- ebene, horizontal
		1 bis 10 Hz	10 bis 50 Hz	50 bis 100 Hz *)	Alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 - 40	40 – 50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und /oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 – 15	15 – 20	15
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungs- empfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 – 8	8 – 10	8
*) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden					

# Bewertung von Erschütterungs- immissionen

Nach DIN 18304, Abs. 3.1.10 sind Rammarbeiten mit Hydraulikhämmern als „erschütterungsarm“ zu bezeichnen.





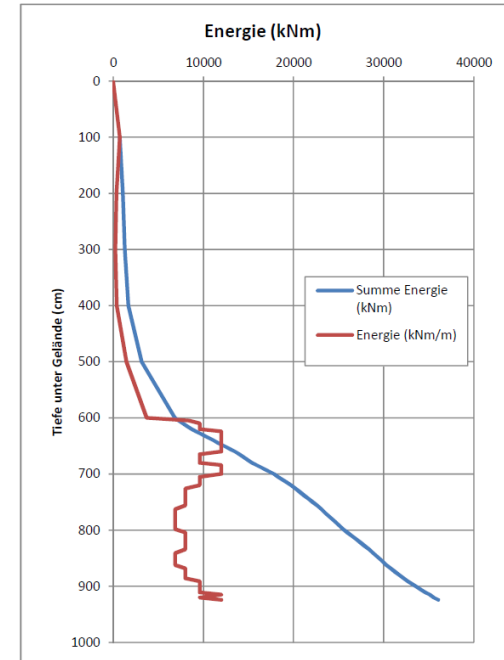
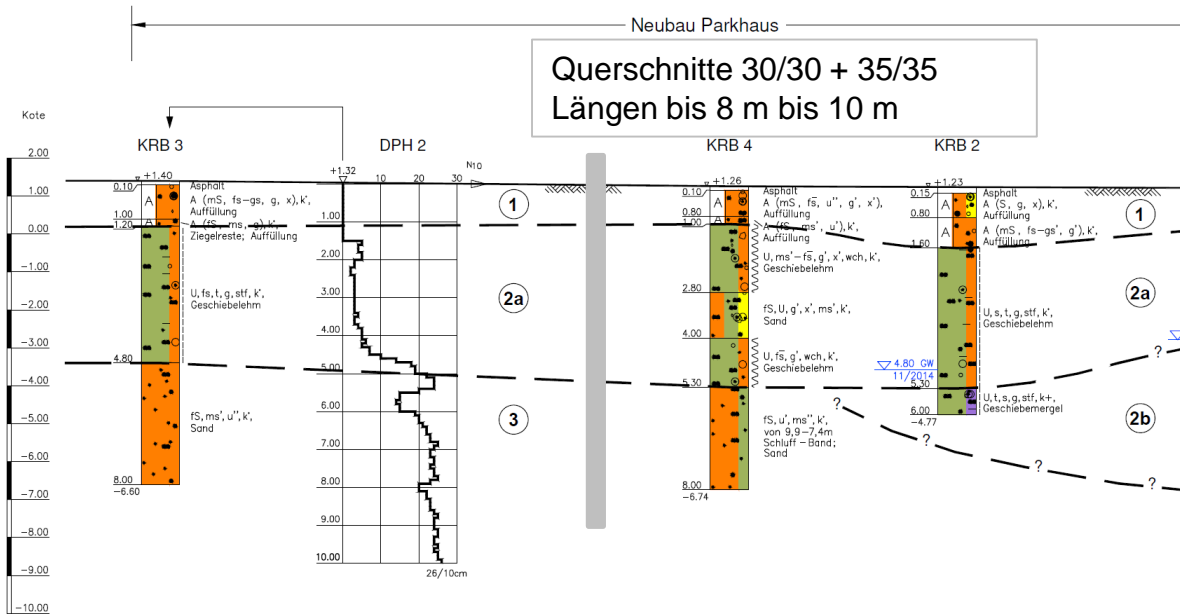
# Messung von Erschütterungen

Beispiel: Parkhaus Neubau



# Messung von Erschütterungen

## Baugrundaufbau

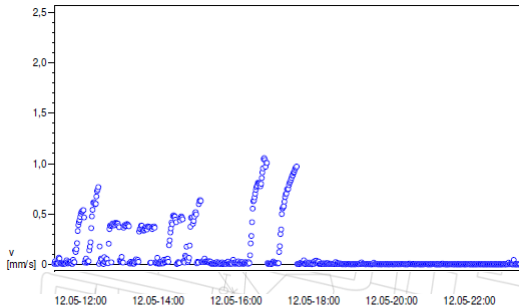


# Messung von Erschütterungen

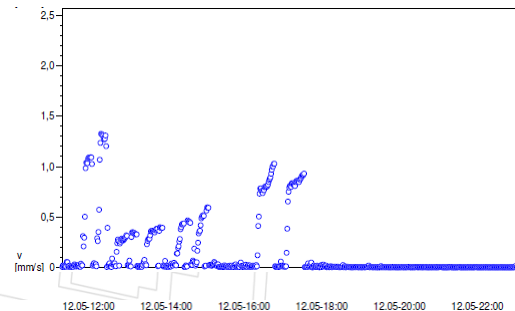
## Messergebnisse:

- Messungen Triaxial
- Größte Schwinggeschwindigkeit in z-Richtung
- Maximaler Betrag 2,49 mm/s

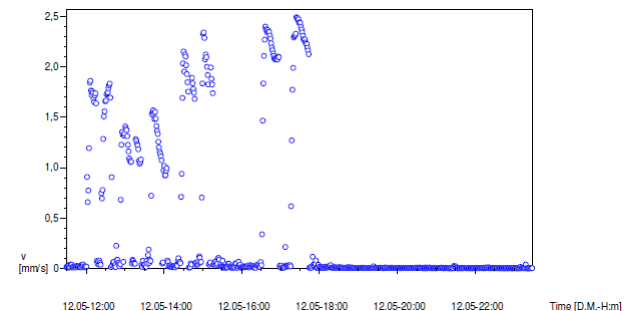
x-Richtung



y-Richtung



z-Richtung



# Maßnahmen zur Reduktion von Erschütterungen

1. Reduktion der Fallhöhe (Reduziert die Aufschlaggeschwindigkeit)
2. Reduktion der Pfahlimpedanz
3. Reduktion der Bodenimpedanz
4. Reduktion der Kontaktfläche Pfahl - Boden
5. Konstruktive Maßnahmen (z.B. Vorbohren, Spülen)

# Zusammenfassung

- Erschütterungen sind Schwinggeschwindigkeiten.
- Grundsätzlich wird in das „Nahfeld“ und „Fernfeld“ unterschieden.
- Schwinggeschwindigkeit im „Fernfeld“ ist nach DIN 4150-1 prognostizierbar.
- Prognose hängt von empirischen Faktoren ab.
- Schwinggeschwindigkeit ist vor Ort messbar.

# Zusammenfassung

- Schlagkraft hängt von Impedanz und Auftreffgeschwindigkeit ab.
- Erfahrungsgemäß nimmt die Schwinggeschwindigkeit mit der Schlagkraft ab.
- Nach DIN 4150-3 tritt unterhalb einer Schwinggeschwindigkeit von 5 mm/s kein Schaden auf.
- Es gibt vor Ort konstruktive Maßnahmen zur Erschütterungsreduktion.

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



**AARSLEFF**

Hauptsitz Hamburg

Friedrich-Ebert-Damm 111

22047 Hamburg

Telefon 040.69 67 20

Telefax 040.69 67 22 22

[www.aarsleff-grundbau.de](http://www.aarsleff-grundbau.de)



[www.aarsleff-grundbau.de](http://www.aarsleff-grundbau.de)