

Optimierung einer Ortbetonramm- pfahlgründung am Beispiel des Projektes CentrO Oberhausen

Dipl.-Ing. Werner Brieke,

FRANKI Grundbau GmbH

Überreicht durch

Optimierung einer Ort betonrammpfahlgründung am Beispiel des Projektes CentrO Oberhausen

Dipl.-Ing. Werner Brieke,

FRANKI Grundbau GmbH

1 Einleitung

Auf einer fast 100 ha großen Industriebrache wurde das neue Geschäftszentrum CentrO Oberhausen errichtet.

Einen Überblick über die Neubebauung gibt *Bild 1*. Die erforderliche Pfahlgründung der neuen Bauwerke muß eine Vielzahl von Anforderungen hinsichtlich des vorhandenen Baugrundes, des Umweltschutzes und des Last-Setzungsverhaltens erfüllen. Das ausgeführte Gründungskonzept wird nachfolgend erläutert.

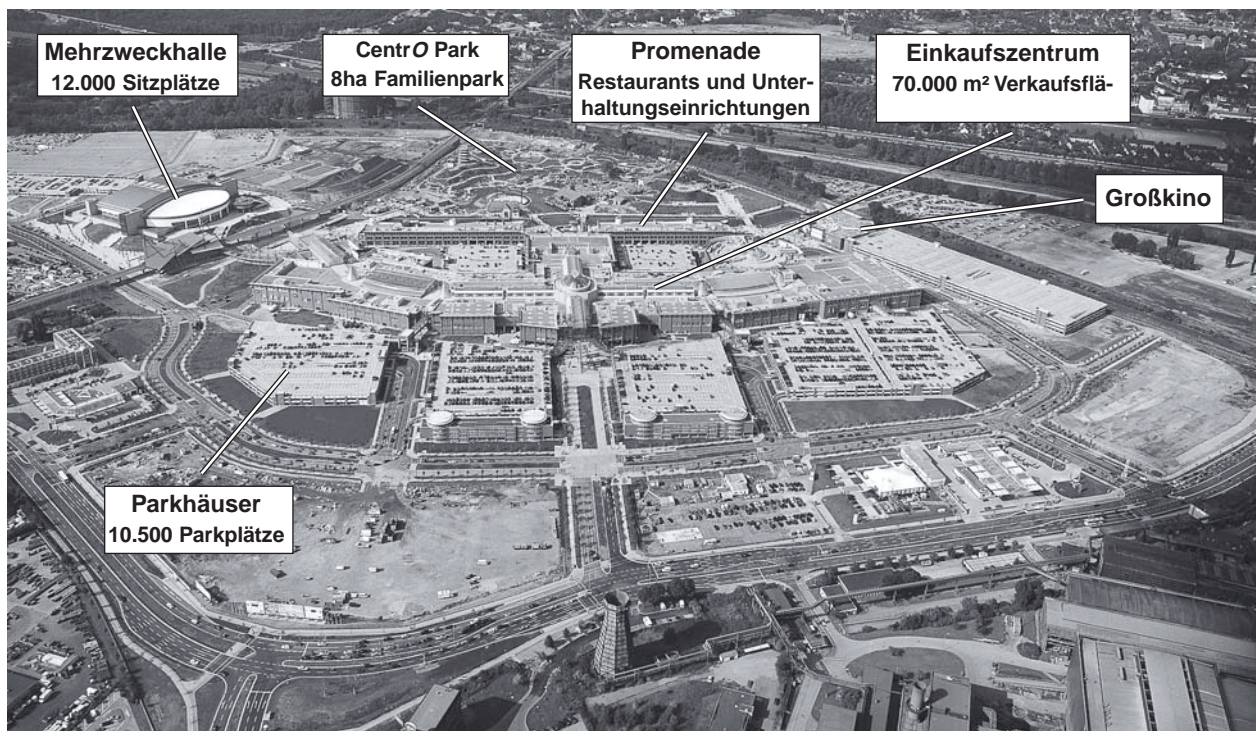


Bild 1: Übersicht CentrO Oberhausen

2 Baugrund

Das Baugelände ist von seiner früheren industriellen Nutzung geprägt und aufgrund von alten Bergsenkungen bis zu 7 m mit Schlacken und Abraum aufgefüllt. Darunter schließt sich eine bis zu 0,5 m dicke Schicht aus Schluffen und Fein- bis Mittelsanden an. Diese Zone wird unterlagert von quartären Sedimenten aus schwach schluffigen, sehr locker gelagerten Fein- bis Mittelsanden. Zur Basis hin gehen sie in mitteldicht bis dicht gelagerte Mittel- bis Grobsande mit Kieskornanteilen über. Die Mächtigkeit der Quartären Schicht schwankt zwischen 7 und 12 m. Darunter stehen schluffige und feinsandige Mergel und Tone der Oberkreide (Emscher-Mergel) in steifer bis halbfester Konsistenz an. Der Grundwasserspiegel liegt etwa 4 m unterhalb der Geländeoberfläche.

In einigen Bereichen der Auffüllung wurden Kontaminationen festgestellt, so daß Bodenaushub für die Tiefgründung zu vermeiden war.

3 Auswahl des Pfahlsystems

3.1 Anforderungen

Aufgrund der kontaminierten Baugrundsituation kam nur eine Tiefgründung mit Verdrängungspfählen in Frage. Desweiteren mußte das Pfahlsystem Auflagen bzw. Anforderungen erfüllen hinsichtlich:

- Lärmemissionen
- Durchörterung der hindernisreichen Auffüllung
- Anpassung an die wechselnde Höhenlage der tragfähigen Baugrundsicht
- zulässige Gesamtsetzung ≤ 2 cm
- zulässige Setzungsdifferenzen zwischen benachbarten Stützen ≤ 1 cm
- Minimierung der Bauzeit durch Reduzierung der erforderlichen Pfahlanzahl (hohe Pfahltragfähigkeit) und massiven Geräteeinsatz.

Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen erschien der Ortbetonrammpfahl sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht als günstigste Lösung.

Zur Überprüfung und Optimierung des Gründungskonzeptes wurde in der ersten Phase zunächst an Simplexpfählen, in der zweiten Phase an *FRANKIPFÄHLEN* eine Reihe von statischen Probelastungen durchgeführt.

3.2 SIMPLEXpfähle

Die Belastungsversuche wurden an Simplexpfählen mit Schaftdurchmessern von 42 cm und 51 cm durchgeführt. Die Absetztiefen wurden so gewählt, daß ein Teil der Pfähle in den quartären Sanden, ein anderer Teil im darunter anstehenden Emscher Mergel endeten. Die Ergebnisse der Probelastungen sind in *Tabelle 1* und *Bild 2* dargestellt.

System	Probefeld ¹	Pfahl-Nr.	Ø Rammrohr [cm]	Ø Fußplatte [cm]	Fußvolumen [m ³]	Länge [m]	Pfahlfuß im	Q _{max} [MN]	Q _g [MN]	Q ₁₀ [MN] ²	Q _{zul} [kN] ³
SIMPLEX	A	7	51	60	—	16,0	Mergel	3,16	3,1	2,2	1770
	A	8	42	49	—	16,0	Mergel	2,62	2,3	1,9	1310
	A	9	51	60	—	12,0	Sand	3,14	3,1	2,4	1770
	A	10	42	49	—	12,0	Sand	3,08	3,0	2,1	1710
	B	3	51	60	—	15,0	Sand	3,70	3,7	3,0	2110
	B	4	42	49	—	15,0	Sand	2,84	2,7	2,3	1540
	B	5	51	60	—	17,0	Mergel	3,44	3,4	2,6	1940
	B	6	42	49	—	17,0	Mergel	2,88	2,7	2,1	1540
	C	1	51	60	—	11,5	Sand	3,67	3,6	2,7	2050
	C	2	51	60	—	17,5	Mergel	3,20	3,0	2,1	1710
FRANKI	D	PB 3	61	—	1,25	10,0	Sand	7,90	7,5	4,9	4280
	D	PB 4	42	—	0,75	10,0	Sand	4,00	4,0	2,8	2280
	D	PB 5	51	—	1,00	9,0	Sand	5,10	5,1	3,5	2910
	E	PA 1	42	—	0,75	8,5	Sand	3,20	2,8	2,4	1600
	E	PA 2	51	—	1,00	9,0	Sand	5,00	5,0	2,8	2850
	E	PA 3	61	—	1,25	10,5	Sand	7,60	7,5	4,5	4280

1) Lage der Probefelder:
 A: nordöstl. Bereich Einkaufszentrum
 B: Zentralbereich
 C: Bereich der Mehrzweckhalle
 D: neben B
 E: neben A

2) Q₁₀ = Testlast bei 10 mm Setzung
 3) Zulässige Pfahllast bei einer Sicherheit von 1,75

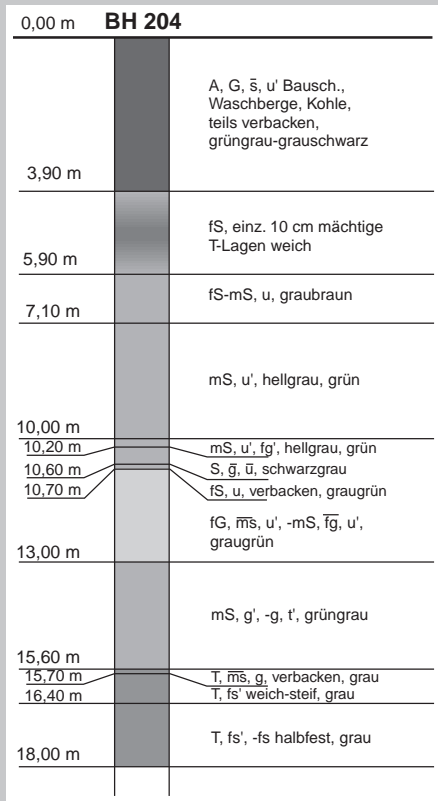
Tabelle 1: Übersicht über die Probelastungen an Simplex- und FRANKIPFÄHLEN

Die Versuche ergaben für die in den quartären Sanden stehenden Pfähle das günstigere Widerstands - Setzungs Verhalten und eine größere Tragkraft.

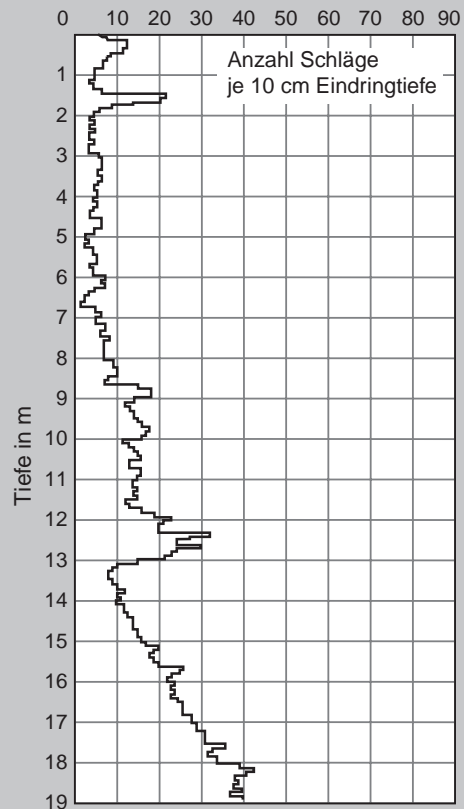
Unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 1,75 nach DIN 1054 ergaben sich für die Simplexpfähle folgende Gebrauchslasten:

Pfahldurchmesser	Gebrauchslast max.
42 cm	1.500 kN
51 cm	2.000 kN

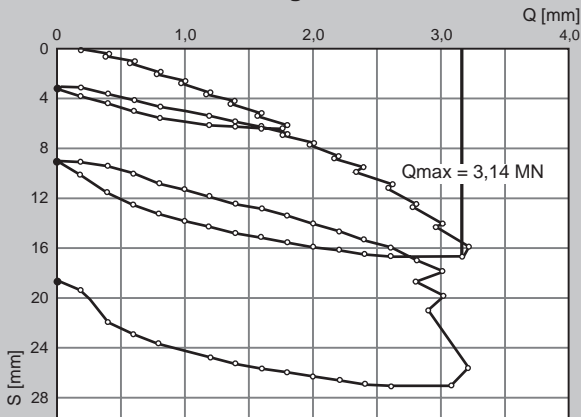
Bohrprofil der nächstgelegenen Bohrung



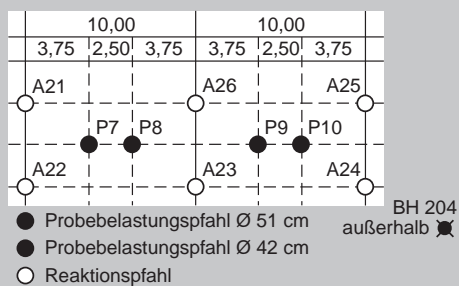
DPH 9 bei P9



Widerstands - Setzungs - Linie



Pfahlanordnung



Pfahldaten

Pfahlart	Ortbetonrammpfahl System Simplex
Pfahlneigung	Vertikal
Pfahlquerschnitt	51 cm
Pfahlfuß	60 cm
Pfahllänge	12 m
Einbindetiefe in tragf. Baugrund	3,3 m
Pfahlgewicht	61,3 kN

Rammgerät

Ramme, Typ	F 12
Bär Typ	IHC S 35
Rammenergie	= 40 kNm/Schlag

Rammresultate

Rammung am	17.08.1993
Probelastung am	15.09.1993
Standzeit	29 Tage
Ges. Rammenergie	10.530 kNm
Eindrinnungen in den letzten 3 Hitzen	10.4 - 10.4 - 10.4/HIT

Bild 2: Baugrundsituation und Versuchsdaten einer SIMPLEXpfahl-Probelastung

3.3 FRANKIPFÄHLE

Zur Optimierung an die unterschiedlichen Stützenlasten wurden die Belastungsversuche an *FRANKIPFÄHLEN* mit Rammrohrdurchmessern von 42 cm, 51 cm und 61 cm durchgeführt. Alle Probepfähle wurden mit einer minimalen Einbindung von 2 m in der oberen Zone der tragfähigen Sande abgesetzt, um einen Mindestabstand von 3,5 m zum Emscher Mergel einzuhalten und damit die lastverteilende Wirkung der mit der Tiefe dichter gelagerten Sande optimal auszunutzen.

Die geringere Lagerungsdichte im Bereich der Pfahlabsetztiefen wurde durch Ausstampfen vergrößerter Pfahlfüße kompensiert. Das erforderliche Pfahlfußvolumen wurde an die erzielte Rammarbeit auf dem letzten Rammeter angepaßt (siehe *Tabelle 2*).

Ø Rammrohr [cm]	Mindestrammarbeit auf letztem Rammeter [kNm]	Fußvolumen [m ³]	prognostizierter Mindestwert für die Gebrauchslast [kN]
42	6.435	0,75	1.600
51	8.775	1,00	2.100
61	14.625	1,25	3.200

Tabelle 2: Dimensionierung der Probepfähle System FRANKI

Ein Vergleich der Probelastungen an den FRANKI- und Simplexpfählen ist in *Tabelle 1* zusammengestellt. Den Verlauf der Widerstands-Setzungs-Linien für die Pfähle mit einem Schaftdurchmesser von 61 cm zeigt *Bild 3*.

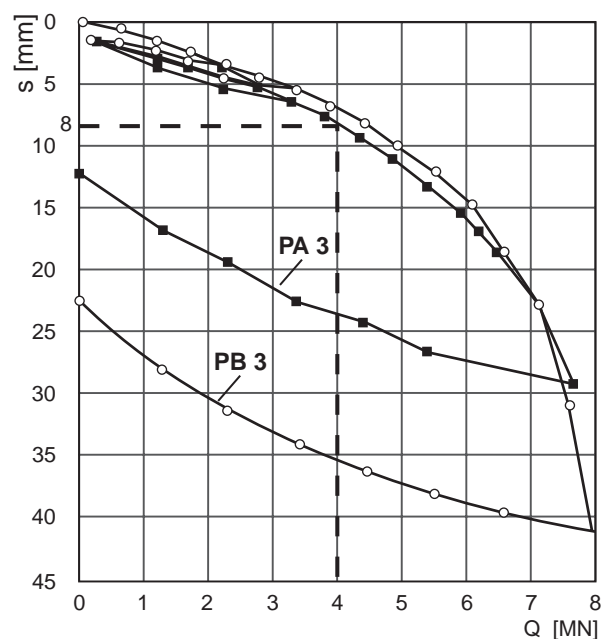


Bild 3: Widerstands - Setzungs - Linien der FRANKIPFÄHLE

Die Belastungsversuche bestätigten das Konzept der verringerten Pfahllängen mit angepaßter Fußgröße, ein günstiges Widerstands-Setzungs-Verhalten der Pfähle und sie bestätigten bzw. übertrafen die prognostizierten Tragfähigkeiten.

Als maximale Gebrauchslasten für die *FRANKIPFÄHLE* wurden festgelegt:

Pfahldurchmesser	Gebrauchslast max.
42 cm	1.500 kN
51 cm	2.600 kN
61 cm	4.000 kN

4 Ergebnisse der Lärmmessungen

Während der Herstellung der Probepfähle wurden bei beiden Pfahlsystemen Lärmmessungen durchgeführt, um entsprechende Prognosen für die Herstellung der Bauwerkspfähle zu erarbeiten. Dabei galt es, die Richtwerte für die zulässigen Immissionen nach der *Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm* von 1970 einzuhalten.

Die Zusammenstellung der ermittelten Beurteilungspegel für die Systeme *FRANKI* und *Simplex* enthält *Tabelle 3*.

Immissionsort	Gebietsnutzung	Richtwert Tag	Beurteilungspegel L_r	
			FRANKI-Ramme	Simplex-Ramme
Werkstraße	allg. Wohng. (WA)	55 dB (A)	56 dB (A)	75 dB (A)
Am Grafenbusch	allg. Wohng. (WA)	44 dB (A)	44 dB (A)	64 dB (A)
Forschungszentrum	Gewerbegeb. (GE)	65 dB (A)	47 dB (A)	68 dB (A)
Radio NRW	Gewerbegeb. (GE)	65 dB (A)	46 dB (A)	66 dB (A)

Tabelle 3: Untersuchungsergebnisse der Lärmimmissionen

Der mittlere Lärmpegel L_m in 10 m Entfernung vom Rammgerät betrug bei der *FRANKI*-Ramme 84 dB (A), bei der *Simplex*-Ramme 105 dB (A).

Wie die Werte belegen, konnten die vorgegebenen Richtwerte beim System *FRANKI* eingehalten werden, für das System *Simplex* wären erhebliche zusätzliche Schallschutzmaßnahmen erforderlich gewesen.

5 Ausgeführte Pfahlgründungen

Aufgrund der Ergebnisse des umfangreichen Versuchsprogrammes entschied sich der Bauherr aus technischen und wirtschaftlichen Gründen für eine Tiefgründung mit *FRANKIPFÄHLEN*. Durch die hohen Pfahltragfähigkeiten konnte die im Vorfeld abgeschätzte Pfahlanzahl von 10.000 Stück (Simplex Durchmesser 50 cm) auf ca. 6.100 Stück (FRANKI Durchmesser 42, 51, 61 cm) reduziert werden.

Die Anpassung der Bauwerkspfähle an die unterschiedliche Baugrundsituation zeigt *Bild 4*.



Blick auf das Baufeld

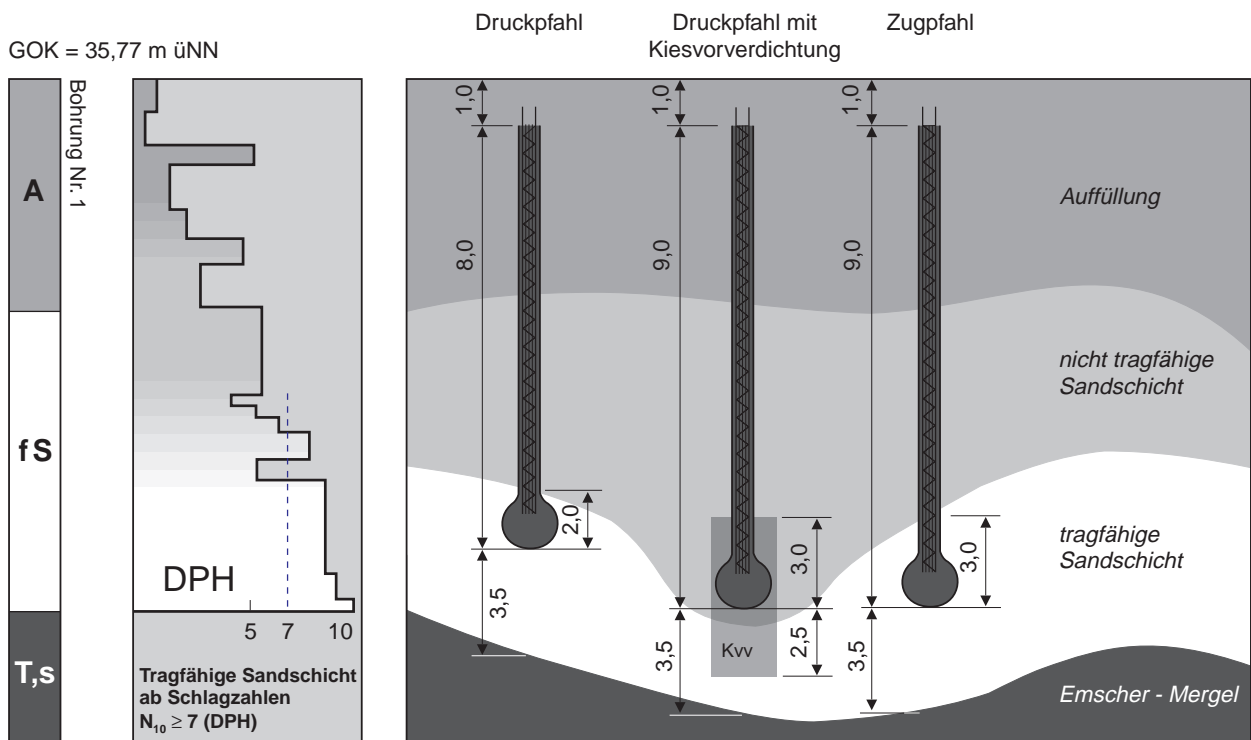


Bild 4: Beispiele für die Ausführung der Bauwerkspfähle

Um alle Vorgaben für die Pfahlherstellung, wie z.B. minimale und maximale Rammtiefen, erforderliche Rammkriterien und angepasste Fußvolumen, zielsicher bei der Ausführung umzusetzen, wurde das Baufeld in einzelne Zonen unterteilt und für jede dieser Zonen

Rammkriterien Projekt CENTRO																	
Nur gültig für Zone: _____																	
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">FRANKI Druckpfahl</th> </tr> <tr> <td>Pfahldurchmesser</td> <td>: 51 cm</td> </tr> <tr> <td>Maximale Pfahllast</td> <td>: 2.600 kN</td> </tr> <tr> <td>Bärgewicht</td> <td>: 3,0 t</td> </tr> </table>			FRANKI Druckpfahl		Pfahldurchmesser	: 51 cm	Maximale Pfahllast	: 2.600 kN	Bärgewicht	: 3,0 t							
FRANKI Druckpfahl																	
Pfahldurchmesser	: 51 cm																
Maximale Pfahllast	: 2.600 kN																
Bärgewicht	: 3,0 t																
Minimale Rammtiefe	l = _____ m																
Maximale Rammtiefe	l = _____ m																
Auf vorletztem Meter	Schlagzahl größer 30	für Lotpfahl															
	33	für 8 : 1															
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Schlagzahl auf letztem Meter</th> <th style="text-align: center;">Fußvolumen</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Lotpfahl</th> <th style="text-align: center;">8 : 1</th> <th style="text-align: center;">m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">44 - 47</td> <td style="text-align: center;">48 - 52</td> <td style="text-align: center;">1,0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">48 - 50</td> <td style="text-align: center;">53 - 55</td> <td style="text-align: center;">0,9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">51 - 57</td> <td style="text-align: center;">56 - 63</td> <td style="text-align: center;">0,8</td> </tr> </tbody> </table>			Schlagzahl auf letztem Meter		Fußvolumen	Lotpfahl	8 : 1	m ³	44 - 47	48 - 52	1,0	48 - 50	53 - 55	0,9	51 - 57	56 - 63	0,8
Schlagzahl auf letztem Meter		Fußvolumen															
Lotpfahl	8 : 1	m ³															
44 - 47	48 - 52	1,0															
48 - 50	53 - 55	0,9															
51 - 57	56 - 63	0,8															
In Fällen in denen die oben genannten Rammkriterien nicht erfüllt werden können ist imgehend der zuständige Polier zu benachrichtigen!!																	
Aufgestellt:	geprüft:	freigegeben:															
		Oberbeaufeiter															

Bild 5: Arbeitsanweisung für die Pfahlherstellung

eine spezielle Arbeitsanweisung für die Pfahlherstellung aufgestellt. *Bild 5* zeigt ein Beispiel einer solchen Arbeitsanweisung.

Auch für den Fall, daß die vorgegebenen Rammkriterien bei Einhaltung der maximalen Rammtiefe nicht erreicht werden konnten, war eine Lösung zu erarbeiten. Das traf für die Bereiche des Baufeldes zu, in denen die Mächtigkeit der tragfähigen Sandschicht abnahm, so daß bei der üblichen Einbindelänge der Pfähle in diese Schicht von 2 m der erforderliche Abstand der Pfahlfüße zum Emscher Mergel von 3,5 m unterschritten worden wäre. In diesen Fällen wurde der Baugrund im Bereich der Pfahlfüße durch eine Kiesvorverdichtung verbessert. Der Ablauf der Kiesvorverdichtung ist in *Bild 6* erläutert.

Kiesvorverdichtung Projekt CENTRO		FRANKI GRUNDBAU GmbH
<p>Eine Kiesvorverdichtung ist nur auf Anordnung des Poliers unter Einbeziehung des Baugrundgutachters auszuführen.</p>		
<p><u>Vorgehensweise:</u></p>		
1)	Unter „Schlagen“ und „Ziehen“ wird auf einer Höhe von 5,5 m Kiesmaterial bzw. Fußbeton ausgetrieben.	
2)	Das Rohr wird 3.0 m in den zuvor eingebrachten Kies zurückgerammt.	
3)	Wird beim Zurückrammen das Rammkriterium erreicht, kann der Pfahl mit dem entsprechenden Fußvolumen abgesetzt werden.	
4)	Wird das Rammkriterium nicht erreicht, wird 2.5 m tiefer gerammt (Ausgangspunkt der Kiesvorverdichtung), danach werden die Schritte 1) und 2) wiederholt.	
<p>Achtung!!</p> <p>In jedem Fall muß eine Kiessäule von 2,5 m Höhe unter dem Pfahlfuß verbleiben!</p>		
Aufgestellt:	geprüft:	freigegeben:
		Oberbeaufeiter

Bild 6: Arbeitsanweisung für eine Kiesvorverdichtung

Mit der Ausführung der Pfahlgründung wurde im Juli 1994 begonnen. Wegen der knappen Ausführungstermine war zeitweise der Einsatz von bis zu 9 Rammen erforderlich. Der Abschluß der Gründungsarbeiten erfolgte im April 1995.

6 Literaturhinweis

Dr. Werner, Hans-Ulrich: Die Wandlung einer Industriebrache zum überregionalen attraktiven Einkaufs- und Freizeitpark.
DGGT, Vorträge der Baugrundtagung 1994 in Köln