

ERKA PFAHL

Dipl.-Ing. Henk de Jong

1 ZUSAMMENFASSUNG

Beim Erka Pfahl handelt es sich um ein bewährtes System zur Nachgründung, welche sich häufig aus einer Nutzungsänderung oder einer Gebäudeaufstockung ergibt. Auch zur Sanierung nicht ausreichend tragfähiger vorhandener Gründungen eignet sich das Verfahren hervorragend. Dabei werden Stahlbeton-Segmente sukzessive unter das Bauwerk in den Baugrund gepresst, bis die Bauwerkslasten die ausreichend tragfähigen Schichten erreicht haben. Neben der Basis-Ausführung des Verfahrens gibt es Erweiterungen und spezielle Varianten für verschiedene Anforderungen, mit welchen flexibel auf veränderliche Randbedingungen reagiert werden kann. Die Basis-Ausführung, sowie einige Varianten, sollen folgend vorgestellt werden.

2 DIE BASIS-AUSFÜHRUNG

2.1 Herstellung

Die Arbeiten zur Herstellung eines Erka Pfahles beginnen i.d.R. mit der Herstellung einer ca. 1 x 1 m großen Kopfbaugrube neben und unterhalb des Fundamentes (Bild 1). Dabei kann je nach Zugänglichkeit und/oder Anforderungen diese Baugrube vom Keller aus hergestellt werden oder sie wird ausserhalb des Gebäudes angeordnet. Die Vor- und Nachteile dieser beiden Möglichkeiten sind in Tabelle 1 aufgelistet. Im Einzelfall können weitere Einflüsse maßgebend sein. Nach Herstellung der Kopfbaugrube wird direkt unterhalb des Fundamentes ein Lastverteilungsträger eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein mit Aussteifungen ergänztes HEB-Profil, welches in vorab geschaffene Auflagernischen eingelegt wird und dessen Größe sich nach der Festigkeit des aufgehenden Bauwerkes, sowie der planmäßigen Pfahlbelastung richtet.



Bild 1: Fertiggestellte Kopfbaugrube mit Aussparung zur Aufnahme des Lastverteilungsbalkens

	Kopfbaugrube von aussen	Kopfbaugrube vom Keller
Vorteile	Maschineneinsatz möglich Keller kann genutzt werden Keine Baustelle im Haus	Flache Kopfbaugrube Geringer Aushub Witterungsunabhängig
Nachteile	Tiefe Kopfbaugrube Viel Aushubmaterial Ggf. Witterungsabhängig Baugrubensicherung erforderlich	Bodenplatte aufstemmen Aushub im Keller Eingeschränkte Kellernutzung Kaum Maschineneinsatz

Tabelle 1: Vor- und Nachteile der Anordnung der Kopfbaugrube

Nachdem somit die Widerlagerkonstruktion geschaffen wurde, wird das erste Pfahlsegment auf den Boden der Kopfbaugrube gestellt und mittels einer hydraulischen Presse in den Boden eingepresst (Bild 2).



Bild 2: Widerlager, hydraulische Presse, Kopfplatte und Pfahlsegment

Das unterste Segment benötigt keine explizite Pfahlspitze, d.h. es ist wie alle Segmente an der Unterseite flach, da sich während des Einpreßvorganges von selbst eine natürliche Spitze aus komprimiertem Boden ausbildet. Ist ein Segment vollständig eingepreßt, wird die Presse zwischenzeitlich entnommen und das

nächste Segment aufgesetzt. Ist eine kontinuierliche Stützung des Bauteiles erforderlich, kann mittels einer Stahlmanschette eine ununterbrochene Stützung erzielt werden. Mittels Nut- und Federsystem (Bild 3) und beliebiger Wiederholung des Vorganges ergibt sich ein durchgängiger Pfahl beliebiger Länge.



Bild 3: Pfahlsegmente mit Nut und Feder

2.2 Kontrolle der Vorpresskräfte

Die Pressenkräfte werden während des Einpreßvorganges kontinuierlich aufgezeichnet und liefern wesentliche Aussagen über die Tragfähigkeit des Einzelpfahles in Abhängigkeit von seiner momentanen Länge. Prinzipiell wird somit jeder Pfahl einer Probelastung unterzogen, wenn auch nicht im engeren Sinn dieses Begriffes der DIN 1054. Dennoch stehen weit mehr Informationen über jeden Pfahl zur Verfügung, als bei vielen anderen Pfahlsystemen. Bild 4 zeigt ein typisches

ERKAPfahl GmbH
Spezialtiefbau
Hermann-Hollerith-Straße 7
52499 Baesweiler

Telefon 02401 9180 0
Telefax 02401 88476
www.erkapfahl.de

Pfahl-Nr. 2

Segment Ø 31,5 cm	Tiefe m	Druck bar	P	Last kN	Bemer- kungen
FUK	-2,00			0	die ersten 3
	3,44			0	Segmente
1	3,61	200	1	175	mit Ø 41,0 cm
1	3,77	270	1	241	
1	3,94	340	1	307	
2	4,11	340	1	307	
2	4,27	350	1	316	
2	4,44	330	1	298	
3	4,61	320	1	288	
3	4,77	310	1	279	
3	4,94	310	1	279	
4	5,11	370	1	335	
4	5,27	360	1	326	
4	5,44	360	1	326	
5	5,61	390	1	354	
5	5,77	360	1	345	
5	5,94	360	1	326	
6	6,11	360	1	326	
6	6,27	350	1	316	
6	6,44	340	1	307	
7	6,61	350	1	316	
7	6,77	360	1	326	
7	6,94	370	1	335	
8	7,11	380	1	345	
8	7,27	410	1	373	
8	7,44	420	1	383	
9	7,61	440	1	401	
9	7,77	450	1	411	
9	7,94	450	1	411	
10	8,11	450	1	411	
10	8,27	450	1	411	
10	8,44	450	1	411	
11	8,61	440	1	401	
11	8,77	430	1	392	
11	8,94	430	1	392	
12	9,11	430	1	392	
12	9,27	440	1	401	
12	9,44	440	1	401	
13	9,61	440	1	401	
13	9,77	450	1	411	
13	9,94	450	1	411	
14	10,11	450	1	411	
14	10,27	450	1	411	
14	10,44	450	1	411	
15	10,61	450	1	411	
15	10,77	450	1	411	
15	10,94	450	1	411	
16	11,11	450	1	411	
16	11,27	450	1	411	
16	11,44	450	1	411	
17	11,61	450	1	411	
17	11,77	290	2	458	
17	11,94	310	2	490	
18	12,11	320	2	507	
18	12,27	320	2	507	
18	12,44	340	2	540	Pfahllänge ist
19	12,61	350	2	556	tatsächlich:
19	12,77	360	2	572	14,828

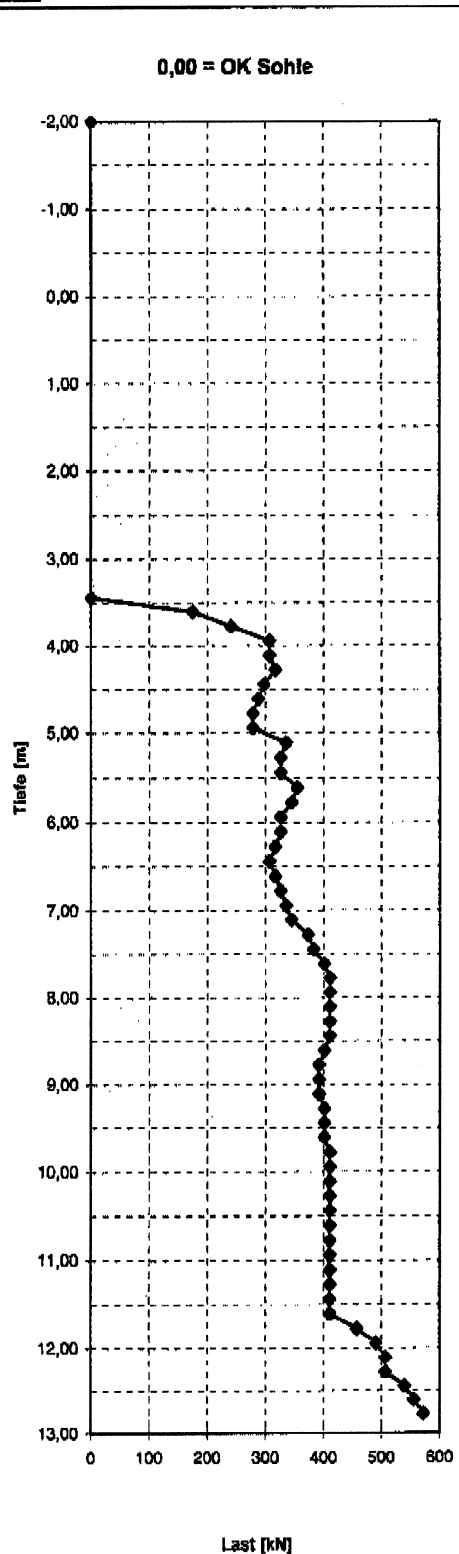


Bild 4: Pfahlvorpreßprotokoll

Pfahlvorprißprotokoll mit der Entwicklung der Vorprißbelastung über die erreichte Pfahllänge. Der Einpriß- oder Vorprißvorgang wird so lange fortgesetzt, bis der Pfahl die sogenannte Vorprißlast aufweist. In Bild 4 ist deutlich ersichtlich, daß der Pfahl zunächst ohne nennenswerte Lasterhöhung in der Länge zunimmt und folgend ab einer Tiefe von ca. 11,70 m die tragfähigen Bodenschichten erreicht, in welchen sich eine deutliche Zunahme der Pfahlkraft bis hin zur Vorprißlast ergibt. Bei der Vorprißlast handelt es sich um die rechnerisch auf den Pfahl entfallende Gebrauchslast aus dem Bauwerk, multipliziert mit einem Sicherheitskoeffizient entsprechend der gültigen Normung (DIN 1054). Jeder Pfahl wird somit gegenüber seiner Gebrauchslast deutlich (Standard-Sicherheitskoeffizient $\eta = 1,75$) überprißt, wodurch sich ein sehr steifes Verhalten auch bei einer Belastung oberhalb der Pfahlgbrauchslast ergibt. Die Erfahrung zeigt, daß die Vorprißlast nur in wenigen Fällen nicht realisiert werden kann, wenn in einem solchen Fall nicht ausreichend Gegengewicht zur Verfügung steht. Hierbei ist zu bedenken, daß i.d.R. ca. 30-50 % Verkehrslastanteile in die Pfahlgbrauchslast eingerechnet sind, welche bezüglich der Tragfähigkeit auf der sicheren Seite liegen, im Normalfall aber nicht in voller Größe vorhanden sind. Gegenüber der wirklich vorhandenen Gebrauchslast infolge ständiger Belastung wird ein Pfahl damit ca. um den Faktor $1,75 \times 1 / (0,5 - 0,7) = 2,5 - 3,5$ überprißt. Für den Nachweis der ausreichenden äusseren Tragfähigkeit ist weiterhin wesentlich, daß das Pfahlvorprißprotokoll bei Erreichen der Endtiefe weiterhin ansteigende Pfahltragfähigkeiten ausweist. Damit kann ein Durchstanzen in mögliche unterhalb des Pfahlfusses befindliche weichere Bodenschichten ausgeschlossen werden. Ist mit zeitabhängigem Baugrundverhalten und Kriechverhalten zu rechnen, wird der Pfahl nachfolgend einer sogenannten Setzungsprobe unterzogen. Hierbei wird über eine unabhängige Meßbrücke ein Wegaufnehmer am Pfahlkopf installiert (Bild 5), welcher eine Meßgenauigkeit von 1/100 Millimeter aufweist. Folgend wird der Pfahl mittels Hydraulikpresse bis zur Gebrauchslast belastet und die Belastung wird über die Zeit konstant gehalten. Die zeitabhängigen Verformungen des Pfahlkopfes werden aufgezeichnet und bei der Herstellung weiterer Pfähle entsprechend berücksichtigt. Ausgeprägtes zeitabhängiges Setzungsverhalten kann folgend einfach über die Dauer der Aufrechterhaltung der Vorprißlast vorweggenommen werden.



Bild 5: Setzungsprobe

Ist der Pfahlvorpreßvorgang entsprechend abgeschlossen, wird die hydraulische Presse auf die ca. 1,3-fache Gebrauchslast eingestellt und unter Last durch Stahlspindeln ersetzt. Durch den Schlupf und die elastische Stauchung der Spindeln bleibt nach Festlegung der Spindeln und Herausnahme der hydraulischen Presse ca. die 1,0 – 1,1 – fache Gebrauchslast erhalten. Die Lastabtragung in die Pfähle erfolgt damit in erster Näherung deformationsfrei. Anpassungen an wechselnde Gebäudelasten aufgrund von Umbau- oder Aufstockungsmaßnahmen sind durch den jederzeit möglichen Wiedereinbau der Hydraulikpressen möglich. Nach Fertigstellung der Arbeiten kann der gesamte Pfahlkopfbereich einschließlich der Stahlspindeln ausbetoniert werden. Damit wurde eine Tiefgründung hergestellt, bei welcher jedes Element seine ausreichende Tragfähigkeit im Gesamtsystem Bauwerk-Boden im Prototypen nachgewiesen hat und bei welchem, aufgrund der Festlegung unter Last, keine Deformationen infolge Lastumlagerung auf die Gründung zu erwarten sind.

3 SYSTEMVARIANTEN

3.1 Der Biegepfahl

Durch das Zusammenstecken der Stahlbetonsegmente entsteht zunächst ein Pfahl, welcher planmäßig kaum Horizontalkräfte und Biegung aufnehmen kann. Praktisch ist durch das Nut und Federsystem zwar eine deutliche Biegesteifigkeit vorhanden, rechnerisch ist jedoch klar nur eine Biegebelastung infolge linear erhöhter Randspannungen nachweisbar. Soll der Pfahl für eine äussere Horizontal- oder Biegebelastung ausgelegt werden, bietet sich das patentierte Erka-Biegepfahlsystem an. Hierbei kommen spezielle Elemente zum Einsatz, welche die Möglichkeit einer nachträglichen Einbringung einer Biegebewehrung ermöglichen. Neben den bereits vorgestellten Details der Stahlbetonsegmente weisen die Biegepfahlsegmente i.d.R. 6 aussenliegende symmetrisch angeordnete Kanäle $\varnothing 28$ mm und eine gegenseitige Zapfenverbindung auf, welche dem nachträglichen Einbringen einer Biegebewehrung dienen. Da normale Bewehrungsseisen aufgrund der beengten Platzverhältnisse innerhalb der Kopfbaugrube unter den Fundamenten nicht eingebracht werden können, werden flexible hochfeste Stahlseile eingesetzt.

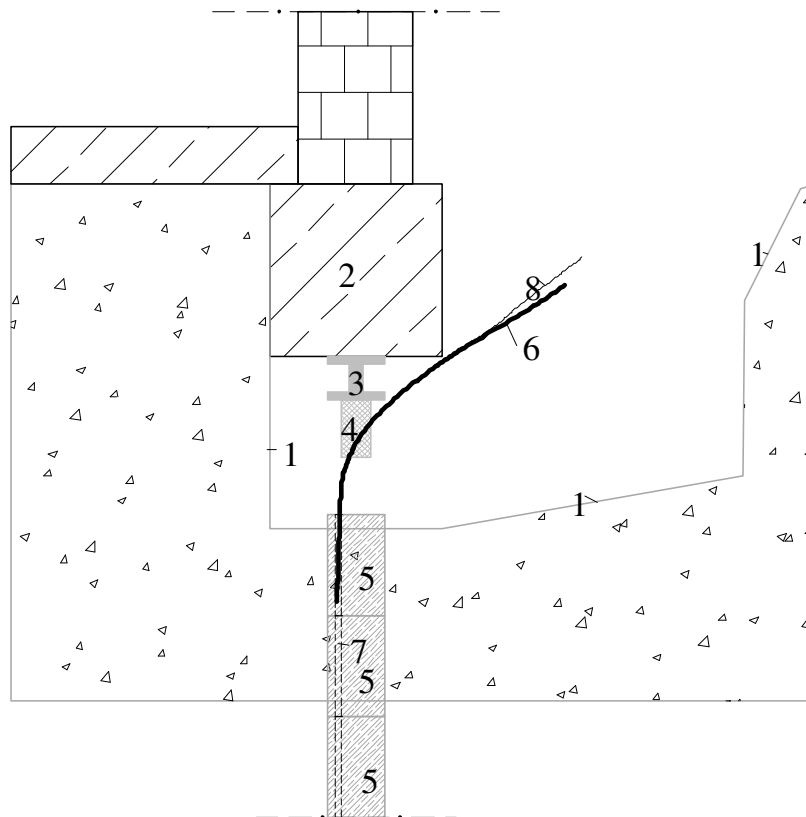


Bild 6: Systemskizze Einschieben der flexiblen Bewehrungsseile

Nachdem die Segmente orientiert und geführt eingepresst wurden, werden die Kanäle über eine Schlauchleitung von unten beginnend mit hochfestem Mörtel verfüllt und folgend das Stahlseil eingeführt. Der hochfeste Mörtel erreicht schnell Festigkeiten, die eine Verankerungslänge von nur 25 cm zulassen. Dokumentierte Versuche erlauben die Aussage, daß derart vermörtelte Stabeisen bei einem Ausziehversuch nach 28 Tagen Festigkeitsentwicklung im reinen Stahlquerschnitt reißen, was die hervorragenden Verbundfestigkeiten dieses Mörtels unterstreicht. Durch das Einschieben der Stahlseile wird der überflüssige hochfeste Mörtel bis zum Pfahlkopf verdrängt und der nachträgliche Verbund zwischen Bewehrung und Pfahlsegmenten ist sichergestellt. Durch die nachträgliche Bewehrung können somit nennenswerte Belastungen infolge Biegung und/oder Horizontalbelastung abgetragen werden.

3.2 Nachträgliche Bauwerksschwingungsisolierung

Insbesondere in den Ballungszentren haben sich in den letzten Jahrzehnten erhebliche Strukturänderungen hinsichtlich der Raumplanung und -nutzung ergeben. So haben Strassenverkehrsbelastungen i.d.R. stark zugenommen, es wurden schwerere Fahrzeuge eingesetzt und neue U-Bahn Strecken wurden aufgefahren. Auf der anderen Seite sind die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit der Gebäude aufgrund verfeinerter Technik in vielen Bereichen gestiegen. Speziell für Gebäude mit hochwertiger Nutzung, wie z.B. Krankenhäuser, Konzertsäle, Tonstudios, Chipfabriken, Rechenzentren, Hotels o.a. können sich hieraus Probleme hinsichtlich eingeleiteter Schwingungsmissionen ergeben. Auch denkmalgeschützte historische Gebäude leiden häufig unter derartigen Einwirkungen und können mit dem folgend beschriebenen Verfahren hervorragend saniert werden.

Zielsetzung der nachträglichen Schwingungsisolierung ist es, das gesamte bestehende Gebäude vom schwingenden Baugrund abzukoppeln. Hierzu wird das Gebäude auf elastische Stahlfederelemente, ggf. in Kombination mit Dämpfungselementen, gestellt (Bild 7), welche sowohl zwecks Reduzierung der störenden Einwirkungen während der Umbauzeit als auch gegen langfristige äußere Störungen zweckmäßig unterhalb der bestehenden Fundamente eingesetzt werden. Die i.d.R. vorhandenen Streifenfundamente werden damit an einzelnen Punkten

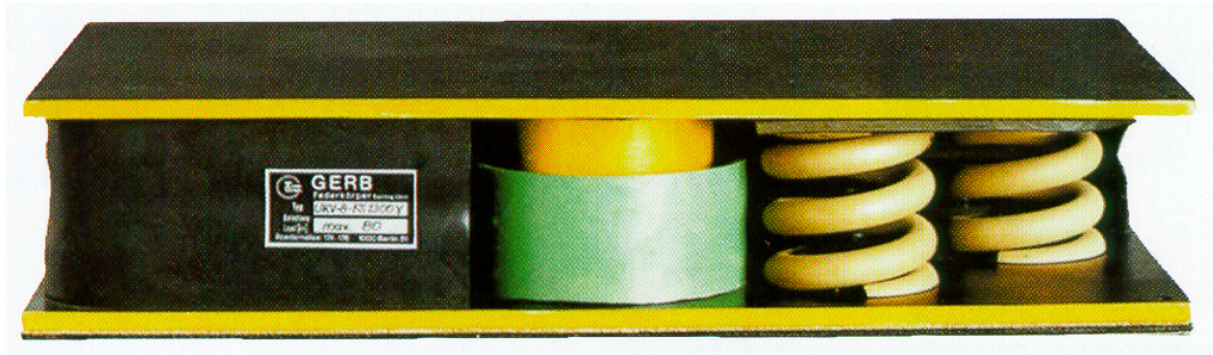


Bild 7: Kombiniertes Feder-Dämpferelement (Quelle: Fa. Gerb GmbH)

gefasst, so daß Einzellasten den Baugrund belasten und eine Neugründung erforderlich wird. Die in Kapitel 2 beschriebene Basisausführung des Erka Pfahles eignet sich nun ausgezeichnet, diese Einzellasten in den tragfähigen Baugrund abzutragen. Bild 8 zeigt die Kombination eines solchen Federelementes mit einem Erka Pfahl.



Bild 8: Federelement auf Erka Pfahl

Mit leichten Modifikationen (HOCK-BERGHAUS, 2001) kann mittels dieses Systems auch ein effektiver Erdbebenschutz nachträglich hergestellt werden. Soweit das System von aussen installiert wird, greift es an keiner Stelle in die vorhandene Bausubstanz ein, was gerade bei Anforderungen des Denkmalschutzes von großem Vorteil ist.

3.3 Unterfangungen

Die Basisausführung des Erka Pfahles wird häufig in Kombination mit einer klassischen Unterfangung eingesetzt, wobei sich aus dieser Kombination ein hochwertiges und sehr deformationsarmes Unterfangungssystem ergibt (HOCK-BERGHAUS, DE JONG, 1999). Durch den Vorabeinsatz der Erka Pfähle zwecks Übertragung der Bauwerkslasten in den tiefen Untergrund kann im Schutze der bereits tragenden Pfähle ein Unterfangungskörper bewehrt und betoniert werden (Bild 9).



Bild 9: Unterfangungsabschnitt im Schutze eines Erka Pfahles

Wie Bild 9 zeigt, können je nach statischen Anforderungen weitere konstruktive Elemente, wie z.B. Klapptelleranker, Horizontalelemente oder Verpreßanker, eingesetzt werden. Die Unterfangung wächst somit Ebene für Ebene nach unten, während die Bauwerkslasten bereits jenseits des Aushubzieles abgetragen werden. Sollte aufgrund von Hindernissen ein Pfahl einmal nicht ausreichend tief vorgepresst sein, kann er unter einer bestehenden Ebene erneut angesetzt werden und mit jetzt größerem Widerstand des Widerlagers weiter gepresst werden.

4 RESUMEE

Das vorgestellte Erka Segmentpfahlsystem ist ein sehr flexibles Pfahlsystem zur nachträglichen Herstellung (biegesteifer) Gründungspfähle. Aufgrund des geringen erforderlichen Platzbedarfes und kleiner Maschinen kann es in vielen schwer zugänglichen Örtlichkeiten eingesetzt werden. Durch die aktive Vorpressung der Segmentpfähle und die Festlegung unter Last wird bei der Basisvariante und jeder Systemkombination eine nahezu setzungsfreie Tiefgründung hergestellt. Neben einem optimalen Systemverhalten wird einem potentiellen Bauherren damit auch ein hohes Maß an Schadensfreiheit garantiert.

5 LITERATURHINWEISE

HOCK-BERGHAUS, K.: Nachträgliche Schwingungsisolierung von Gebäuden, Tiefbau Ingenieurbau Strassenbau tis, Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH, Gütersloh, voraussichtlich 4/2001

HOCK-BERGHAUS, K.; DE JONG, H.: Deformationsarme Unterfangungen, Tiefbau Ingenieurbau Strassenbau tis, Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH, Gütersloh, 9/1999

PLACZEK, D.; KÖTHER, M.; WILDEN, U.: Zum Tragverhalten verschiedener Pfahlsysteme mit kleinem Durchmesser, Vorträge der Baugrundtagung 1996 in Berlin, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., 1996

Autor

Dipl.-Ing. Henk de Jong

Fa. Erka Pfahl GmbH

Hermann-Hollerith-Str. 7

52499 Baesweiler

Tel: 02401 – 91800

Fax: 02401 – 88476