

Die Herstellungsvarianten des FRANKIPFAHLS

Möglichkeiten der Traglaststeigerung

Dipl.-Ing. Werner Brieke, FRANKI Grundbau GmbH & Co. KG

Dipl.-Ing. Thomas Garbers, Ingenieurservice Grundbau GmbH

Überreicht durch

Ingenieurservice Grundbau GmbH

Hittfelder Kirchweg 24
21220 Seevetal

Tel.: +49 (0) 4105-580 57-0
Fax: +49 (0) 4105-580 57-29
info@isg-seevetal.de

www.ingenieurservice-grundbau.de



Die Herstellungsvarianten des FRANKIPFAHLS

Möglichkeiten der Traglaststeigerung

Dipl.-Ing. Werner Brieke
FRANKI Grundbau GmbH & Co. KG

Dipl.-Ing. Thomas Garbers
Ingenieurservice Grundbau GmbH

Im Vortrag werden die Herstellverfahren mit gestampftem Pfahlschaft und Bemessung nach Rammarbeit sowie die Pfahlschaftherstellung mit fließfähigem Beton und Bemessung der Tragfähigkeit über das Fußvolumen erläutert und die Vor- und Nachteile gegenübergestellt. Zusätzlich werden die Möglichkeiten einer Traglaststeigerung durch eine Kiesvorverdichtung aufgezeigt. Die Tragfähigkeit des FRANKIPFAHLS wird anhand von statischen Probelastungen dargestellt.

1. Pfahlschaftherstellung mit Stampfbeton

Der klassische FRANKIPFAHL wird seit fast einem Jahrhundert nach gleichem Grundprinzip hergestellt. Wie im Bild 1 dargestellt wird trockener Beton oder Kies in das Rohr eingefüllt und mit leichten Rammschlägen festgestampft. Nachdem sich der Pfropfen gebildet hat wird der Freifallbär mit der Normfallhöhe von 6–7 m gezogen und auf den Pfropfen fallen gelassen. So wird das Rohr in den Boden eingerammt bis die erforderliche Tiefe erreicht ist. Nach Erreichen der Absetztiefe wird das Vortreibrohr festgehalten und die Fallhöhe des Bären vergrößert, um den Pfropfen zu lösen und den Pfahlfuß auszustampfen. Nachdem der Fuß und ein kleiner Teil des Schaftes hergestellt worden ist, wird der Bewehrungskorb eingesetzt und der Pfahlschaft unter Zugabe von erdfeuchtem Beton mit leichten Stampfschlägen ausgestampft.

Wie im Bild 2 dargestellt wird für die Herstellung des Schaftes 40–50 cm erdfeuchter Beton in das Rohr gefüllt. Auf diesen losen Beton wird der Bär als Ballast abgesetzt und dann das Rohr so hoch gezogen, dass noch ca. 15–20 cm Beton im Rohr verbleiben. Mit 2–4 Stampfschlägen bei einer Fallhöhe von ca. 50 cm wird der Beton verdichtet und nach außen getrieben. Gegen Wasserdruck und Eindringen des Bodens von unten verbleiben 5–15 cm verdichteter Beton im Rohr, die „Sicherheit“. Mit diesem sich wiederholenden Vorgang wird der Pfahlschaft aufgebaut.

Nachteile und Risiken der Pfahlherstellung

1. Die Konsistenz des Betons muss bei $W/Z = 0,30$ liegen. Der Beton darf jedoch nicht zu weich sein, sodass er sich nicht stampfen lässt und die Gefahr besteht, dass der Bär einsinkt, als Pumpenkolben wirkt und Einschnürungen unterhalb des Rohres verursachen kann.
2. Die „Sicherheit“ im Rohr soll so gering wie möglich sein. Eine zu große „Sicherheit“ fördert den Korbabgang und kann durch Stauchen des Korbes den unterhalb des Rohrendes fertig gestellten Pfahlbereich beschädigen.

3. Es muss auf jeden Fall vermieden werden, dass der Bär beim Stampfen unterhalb der Rohrkante gerät, da die Gefahr von Wassereinbruch und Bodeneinschlüssen in den Pfahl dann groß ist.
4. Da die Schaftherstellung aufgrund der Gefahr des Wassereintruchs sehr großer Vorsicht bedarf, ist hierfür ein hoher Zeitaufwand erforderlich.
5. Jeder Betonierabschnitt birgt in breiigen und weichen Böden bzw. im Grundwasser bei fehlender oder zu geringer Restsicherheit im Rohr das Risiko von Fehlstellen.
6. In breiigen und weichen Böden besteht die Gefahr einer fehlenden bzw. mangelhaften Betondeckung der Bewehrung infolge des geringen Gegendrucks des Bodens.
7. Bei einer zu großen Restsicherheit im Rohr besteht die Gefahr, dass der Korb aus dem fertig gestellten Pfahl heraus gezogen wird.

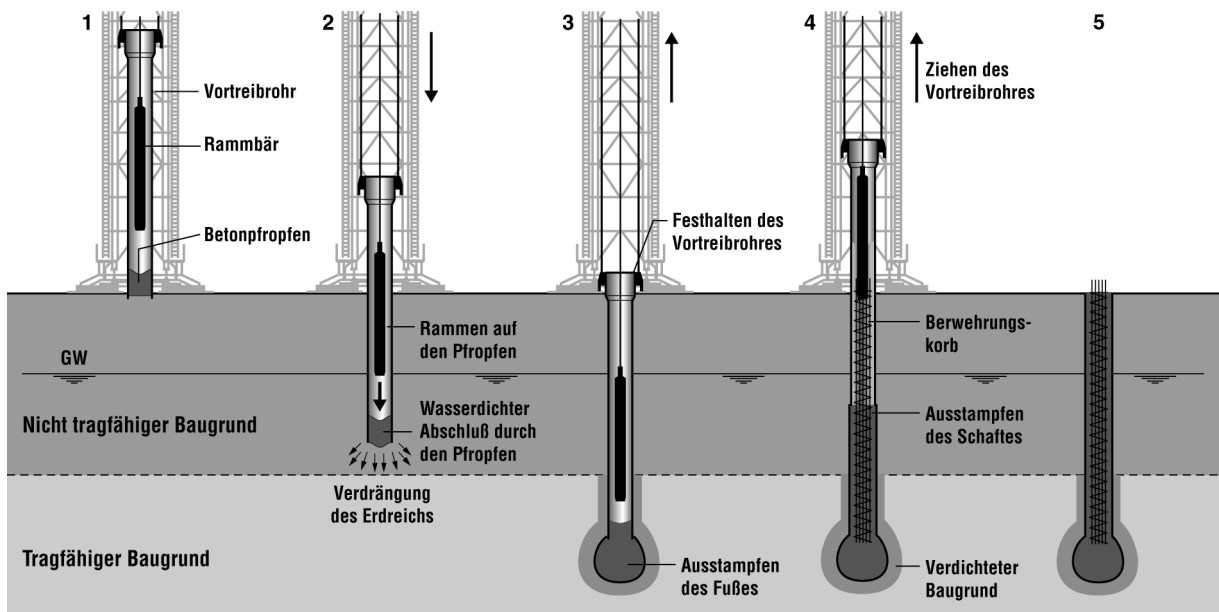


Bild 1: Herstellungsphasen klassischer FRANKIPFAHL

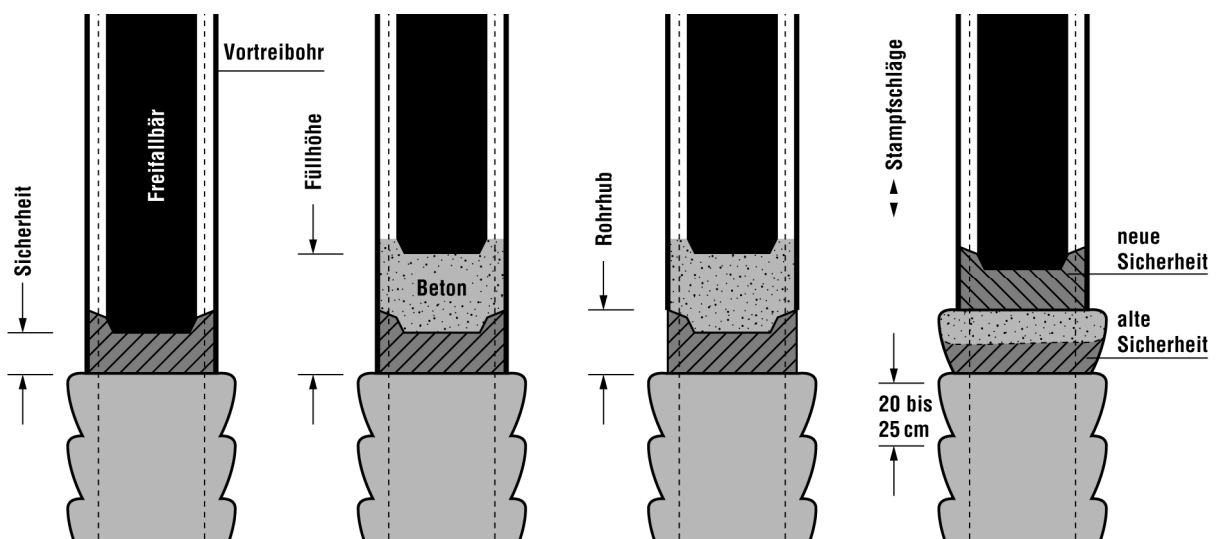


Bild 2: Schaftbetonieren im Stampfverfahren

2. Pfahlschaftherstellung mit fließfähigem Beton

Zu Beginn des Herstellungsprozesses wird trockener Beton oder Kies in das Rohr eingefüllt und mit leichten Rammschlägen festgestampft. Nachdem sich der Pfropfen gebildet hat wird der Freifallbär in die Höhe gezogen und auf den Pfropfen fallen gelassen. Je nach Gerät, Rohrlänge und Randbedingungen kann die Fallhöhe der Normfallhöhe von 6–7 m entsprechen oder bis ca. 10 m gesteigert werden. Wie im Bild 3 gezeigt wird nach dem Erreichen der Solltiefe das Austreiben des Pfropfens mit hohen Schlägen bei gleichzeitigem Ziehen des Rohres eingeleitet. Der Pfropfen wird mit „Schlagen und Ziehen“ ausgetrieben, d.h. das Rohr wird bei jedem Schlag um 2–3 cm gezogen. Das erforderliche Volumen für den aufgeweiteten Pfahlfuß wird in Abhängigkeit von der Baugrundfestigkeit und der aufzunehmenden Pfahllast mit Hilfe von Fußbemessungskurven ermittelt. Das Fußmaterial ist auf einen Gesamthub von ca. 80 cm auszutreiben. Wenn dies bei einem Hub nicht erreicht werden kann, ist das Rohr wieder in den Fuß einzurammen und der Austreibvorgang dann fortzusetzen. Nach dem Austreiben der Fußbetonmenge ist das Rohr erneut in den Fuß einzurammen.

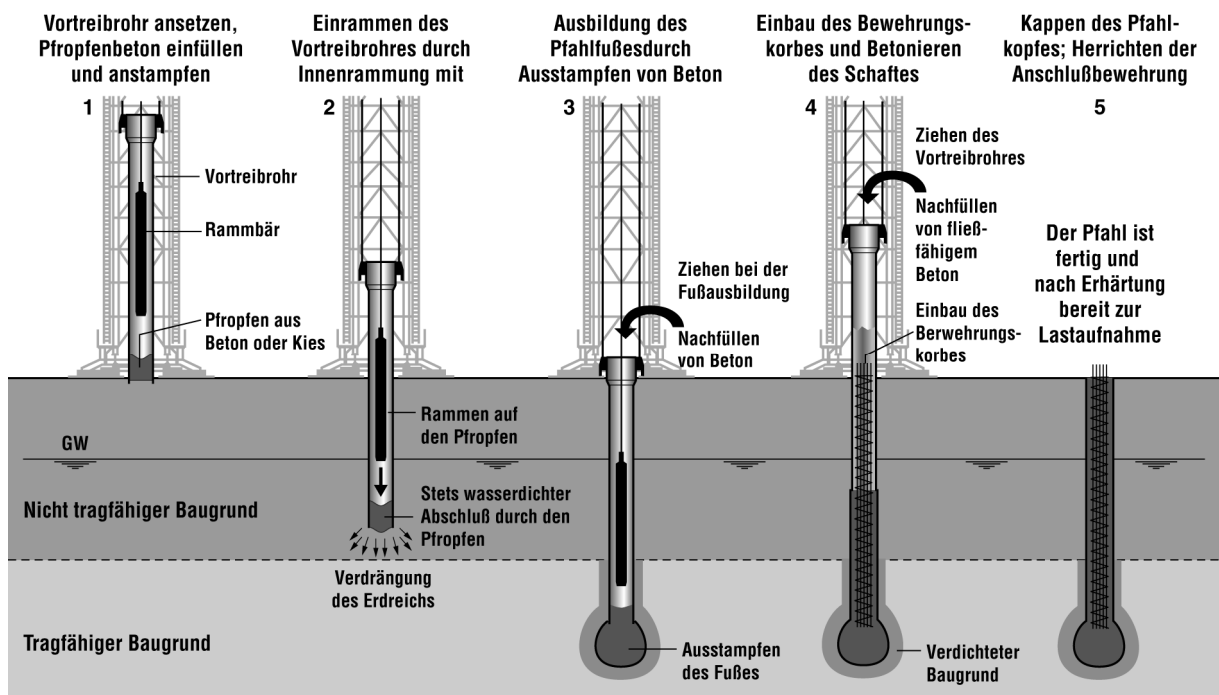


Bild 3: Herstellungsphasen FRANKIPFAHL mit einem Schaft aus fließfähigem Beton

Da für das Einsetzen des Korbes und den Einbau des Betons der gesamte Pfropfen aus dem Rohr getrieben werden muss, ist es zwingend erforderlich, einen wasserdichten Abschluss des Rohres durch den Fußbeton zu haben (Bild 4). Jetzt kann sowohl der Einbau des Bewehrungskorbes als auch des Betons im Trockenen erfolgen.

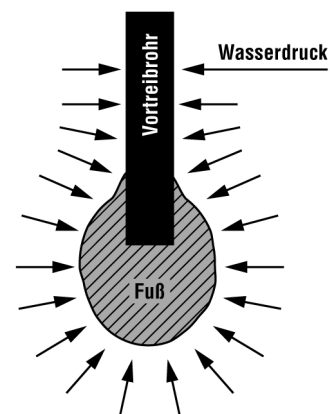


Bild 4: Detail Fuß mit Anschluß Rohrunterkante

Vorteile dieser Pfahlherstellung

1. Die Pfahlschaftherstellung ist wirtschaftlicher und bietet größere Sicherheit für die Einhaltung der Betondeckung und dem Schutz vor Einschnürungen.
2. Die Pfahlfüße können anhand der Fußbemessungskurven hergestellt werden.
3. Der anstehende Boden kann durch eine zusätzliche Kiesvorverdichtung verbessert werden.

3. Zusätzliche Bodenverbesserung mittels Kiesvorverdichtung (KVV)

Neben der Variante, die Tragfähigkeit des FRANKIPFAHLS durch Herstellung eines großen bzw. übergroßen Pfahlfußes zu erhöhen, kann alternativ oder ergänzend vor der Pfahlherstellung der anstehende Boden mit Hilfe einer Kiesvorverdichtung verbessert werden. Diese kann sowohl im Bereich des Pfahlfußes und darunter als auch im Bereich des Pfahlschaftes ausgeführt werden. Diese Variante bietet außerdem den Vorteil, dass dadurch in Böden mit geringerer Tragfähigkeit die Pfahllänge reduziert werden kann. Für die KVV wird das Rammrohr 1,0 bis 2,0 m unter die geplante Absetztiefe der Pfähle in den Boden eingerammt. Nun beginnt man unter gleichzeitigem Ziehen des Rohres Kies auszutreiben und somit den anstehenden Boden zu verbessern. Je nach Anforderung erfolgt dies über eine Strecke von bis zu 4,0 m. Nach Abschluss der KVV wird das Rohr wieder auf die geplante Absetztiefe eingerammt und es beginnt die oben beschriebene eigentliche Pfahlherstellung.

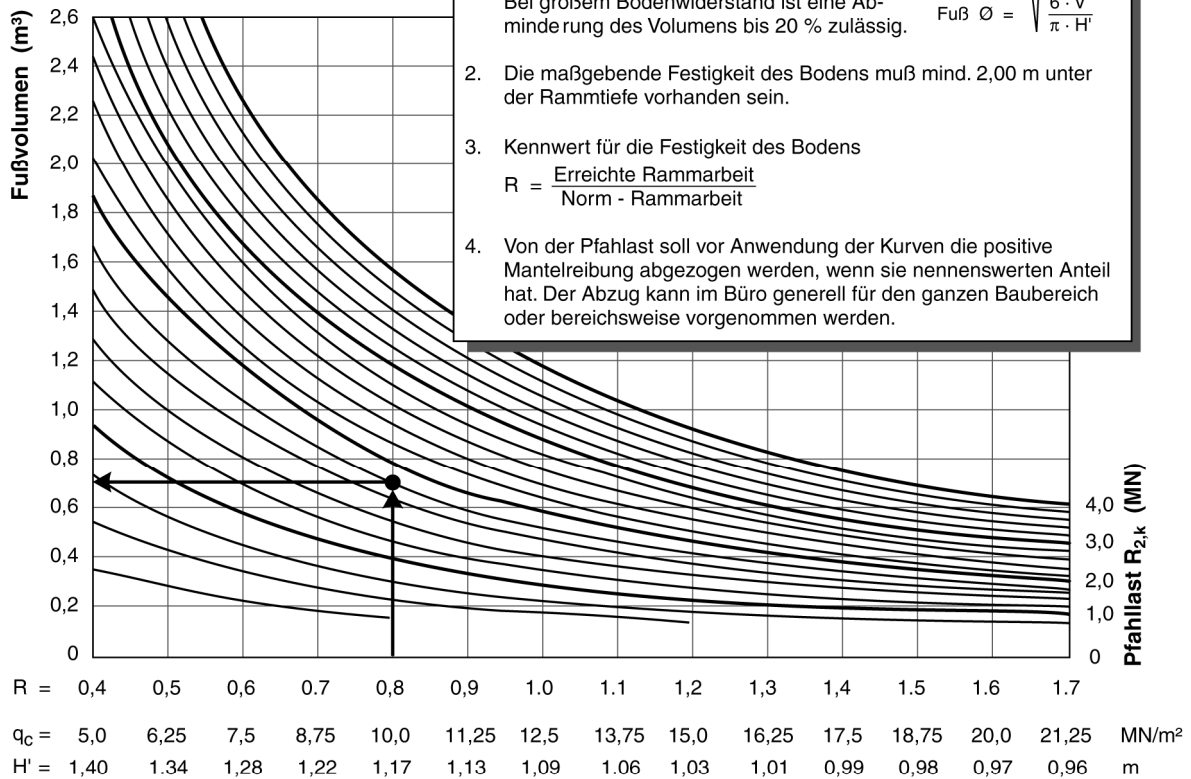
4. Pfahlfußbemessung

Durch die Auswertung einer großen Anzahl von statischen Probelastungen konnten Zusammenhänge zwischen der Lagerungsdichte/Konsistenz der anstehenden Böden und der erforderlichen Rammarbeit beim Einrammen der Vortreibrohre auf der einen Seite und dem erforderlichen Volumen des Pfahlfußes für die Lastabtragung auf der anderen Seite gefunden werden. Aufgrund dieser Zusammenhänge kann das Fußvolumen an die Tragfähigkeit des anstehenden Bodens angepasst werden. Das Ergebnis der Untersuchungen sind Pfahlfußbemessungskurven, die es für die folgenden Bodenarten gibt:

1. Druckpfähle in nichtbindigen Böden (Sand, Kies)
2. Druckpfähle in bindigen Böden (Beckenschluff, Ton, Geschiebemergel, usw.)
3. Druckpfähle in kalkigem Gestein (Kalksand, Tonstein, usw.)
4. Zugpfähle in nichtbindigen Böden (Sand, Kies)

Am Beispiel der Bemessungskurven für nichtbindige Böden werden Grundlagen und Handhabung erläutert (Bild 5). Bei der Einrammung des Rammrohres werden die Schlagzahlen je Meter Rammtiefe gezählt und protokolliert. Die Schlagzahlen erlauben eine Aussage über die Lagerungsdichte der anstehenden Sande und Kiese und somit über deren Tragfähigkeit. Entsprechend der so erkundeten Tragfähigkeit wird das erforderliche Fußvolumen zur Abtragung der Pfahllast ermittelt. Bei der Verwendung der Bemessungskurven ist in nichtbindigen Böden unter der Bauwerkslast mit einer Setzung von ca. 0,5 bis 1,0 cm zu rechnen.

Franki - Druckpfähle in nichtbindigen Böden



Norm - Rammarbeit		Anwendungsbeispiel	
Rohr Ø [cm]	Rammarbeit [kNm]	D :	51 cm
42,0	8.940	Bär :	30 kN
51,0	12.190	Fallhöhe :	6,5 m
56,0	15.235	Schlagzahl	
61,0	18.285	letzter Meter :	50
		Boden :	Kies
		Q :	1,8 MN

$$\Rightarrow R = \frac{30 \cdot 6,5 \cdot 50}{12.190} = 0,80$$

Eingangswerte für Diagramm
R und Q
→ V = 0,7 m³

Bild 5: Beispiel Fußbemessung in nichtbindigem Boden

5. Beispiele ausgeführter Projekte

Im Jahr 2005 wurden die letzten Abschnitte der Ostseeautobahn A 20 zwischen Lübeck und dem Kreuz Uckermark für den Verkehr freigegeben. Als Grundlage der weiteren Planungen wurden durch die DEGES statische Probelastungen an verschiedenen Ort betonrammpfahlssystemen ausgeführt.

Es wurden jeweils zwei Simplex-, FRÄNKI- und FRANKIPFÄHLE mit Kiesvorverdichtung (KVV) mit einem Schaftdurchmesser von $d = 51$ cm hergestellt. Je Pfahlssystem wurde ein 19,0 m und ein 14,0 m langer Pfahl ausgeführt. Für die FRANKIPFÄHLE mit KVV wurde die Verdichtung 2,0 m unter- und oberhalb der Einrammtiefe durchgeführt.

Wie aus den Auftragungen der Probelastungen (Bild 7) zu ersehen ist, lagen die erreichten Grenzlasten bei den Simplexpfählen bei ca. 1800 und 2100 kN. Bei den FRANKIPFÄHLEN unterscheiden sich die Tragfähigkeiten der kurzen und langen Pfähle nicht maßgebend. Dies bestätigt den hohen Spitzendruckanteil der Pfähle bei der Lastabtragung. Die erreichten Grenzlasten lagen bei den FRANKIPFÄHLEN bei ca. 3000 bis 3500 kN. Bei den FRANKIPFÄHLEN mit KVV konnte die Last sogar bis auf 3700 kN gesteigert werden, bei gleichzeitiger Verringerung der Setzungen.

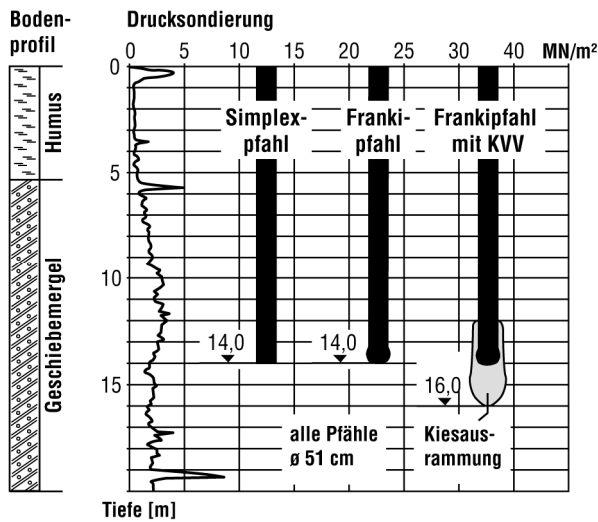


Bild 6: Brücke Poischer Mühlenbach, Baugrund und Pfähle

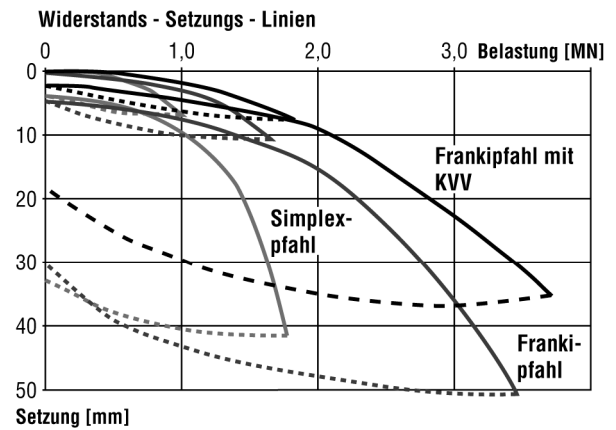


Bild 7: Widerstands-Setzungs-Linien der verschiedenen Pfahlsysteme

Kontaktadresse:

Ingenieurservice Grundbau GmbH
 Dipl.-Ing. Thomas Garbers
 Hittfelder Kirchweg 24
 D-21220 Seevetal

Tel.: +49 4105 580 57-0
 Fax: +49 4105 580 5729
 E-mail: tgarbers@isg-seevetal.de

www.isg-seevetal.de