

Schraubpfähle: Herstellung, Tragfähigkeit und numerische Modellierung

Schraubpfähle stellen als Verdrängungspfähle eine interessante Alternative zu den herkömmlichen gebohrten Pfahlssystemen (z. B. Bohrpfähle, Schneckenbohrpfähle) dar, deren Herstellprozess immer mit einer Störung des anstehenden Bodens verbunden ist, was zu einem negativen Einfluss auf die Pfahltragfähigkeit führt. Die Tragfähigkeiten der mehr oder weniger als vollverdrängend einzustufenden Schraubpfähle sind vergleichbar mit denen von Ramppfählen. Eine vibrationsfreie und geräuscharme Herstellung lassen einen Einsatz des Systems auch dort zu, wo gerammte Pfähle nicht geeignet sind. Die als vollverdrängende Systeme hergestellten Schraubpfähle bieten auch aus umwelttechnischen Gesichtspunkten interessante Vorteile.

Diese relativ neue Pfahlherstelltechnik wird bereits erfolgreich als effizientes Gründungssystem eingesetzt, das den Anforderungen an eine sichere und herstellfreundliche Gründung gerecht wird. Der Einsatz von üblichen, kompakten Maschinen mit hoher Produktivität fördert eine wirtschaftlich effiziente Ausführung.

Dieser Beitrag stellt das System Schraubpfähle vor und beschreibt die Herstellung und deren Einfluss auf die Tragfähigkeit. Es wird die zu erwartende Tragfähigkeit anhand von Widerstand-Setzungs-Linien diskutiert. Ein erster Ansatz zur numerischen Modellierung von Schraubpfählen wird anhand von Vergleichsberechnungen vorgestellt.

Screw piles: construction methods, bearing capacity and numerical modeling. *In the last years the technology of screw-piling has been developed to overcome the shortcomings of the non-displacement piles (e. g. bored or flight auger piles) that are always accompanied by soil disturbance, which affect negatively the pile bearing capacity. On the contrary, the screw piles can be considered more or less as full displacement piles, which are comparable with the conventional displacement driven piles. Due to vibration free installation and minimal noise disturbance of the environment they can be applied in urban areas, where driven piles are not appropriate. The full displacement screw piles offer meaningful advantages in terms of environmental engineering.*

This relatively new piling technology is used successfully as an efficient foundation system that fulfils both stability and serviceability requirements. The use of standard compact machines with high productivity simplifies site operations and contributes to economical performance of the system at the same time.

A general overview of the pile system -installation techniques, process and bearing capacity – will be described and discussed. First numerical analyses, calibrated on pile load tests to check the validity of the numerical model were applied.

1 Einleitung

Ständig wachsende Besiedlungsdichte in Zentraleuropa und insbesondere in Deutschland führen dazu, dass auch im Hinblick auf die Baugrundeigenschaften als weniger geeignet einzustufende Grundstücke zunehmend in Anspruch genommen werden müssen.

Diese Baugrundstücke sind oft Flächen mit wenig bzw. nicht aus-

reichend tragfähigem Untergrund. In diesen Fällen werden häufig Tiefgründungen zur Abtragung der Bauwerkslasten eingesetzt. Dadurch lassen sich dann bauwerksverträgliche Verformungen erreichen.

Im innerstädtischen Bereich stellen zudem vielfach Bodenverunreinigungen, die bedingt durch die jeweilige Flächenvornutzung entstanden sind, Probleme im Hinblick auch auf

die wirtschaftliche Umsetzung des Bauvorhabens dar. Die Aufgabe des planenden Ingenieurs und insbesondere des Fachplaners für Geotechnik ist hier der Entwurf des optimalen Gründungskonzepts im Hinblick auf die Tragfähigkeit zum einen und die Wirtschaftlichkeit, durch Minimierung des Bodenaushubs, zum anderen. In diesen Fällen stellen den Boden verdrängende Tiefgründungen die Systeme der Wahl dar.

Eine Art des Verdrängungspfahls sind Schraubpfähle im Sinne der DIN EN 12699:2001.

2 Schraubpfähle – Das System und seine Herstellung

2.1 System

Auf dem europäischen Markt werden derzeit unterschiedliche Arten von Schraubpfählen angeboten. Das generelle Herstellprinzip ist für alle Typen gleich. Die Pfahlspitzen sind während der Herstellung das Schneidwerkzeug, die daran angebrachten Gewindegänge transportieren den geschnittenen Boden von der Spitze nach oben und sollen diesen seitlich verdrängen. Dabei entsteht je nach Schraubpfahl-Typ ein schraubenartiger oder zylindrischer Pfahlschaft.

Unterschiede bestehen im Herstellwerkzeug (z. B. Ausführung der Schneidspitzen, Schrauben, Verdrängungskörper) und bei den eingesetzten Maschinen. Dies macht eine Typenunterscheidung notwendig.

Aufgrund des hohen Marktanteils dieser Systeme vor allem in Belgien gibt es überwiegend dort die meisten Hersteller bzw. unterschiedlichen Schraubpfahl-Typen.

Auf dem deutschen Markt ist der ATLAS-Pfahl der Firma Franki Grund-

bau der wohl bekannteste Schraubpfahl neben dem FUNDEX-Pfahl. Bei unseren nördlichen und westlichen Nachbarn, insbesondere in Belgien und den Niederlanden, sind darüber hinaus weitere Typen bekannt. Hier kommen, neben den genannten z. B. auch DeWaal-, Olivier- und Omega-Pfähle zum Einsatz.

Bild 1 gibt einen Überblick über einige Schraubpfahl-Typen, ohne dass dieser den Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Als Hauptunterscheidungsmerkmal ist der spezifische Schneidkopf mit dargestellt.

Die üblichen Pfahlnennendurchmesser (D_n) liegen bei $D_n = 31$ bis 61 cm. Die zulässigen Gebrauchslasten

werden herstellereitig mit ca. 500 bis 1500 kN angegeben.

2.2 Herstellung

Beispielhaft wird auf die Herstellung des hierzulande bekannten ATLAS-Pfahls eingegangen. Es soll gezeigt werden, wie vielfältig die Einflussfaktoren aus dem Herstellvorgang auf die Pfahlherstellung und somit letztendlich auf die Pfahltragfähigkeit sind. Damit wird zudem die Schwierigkeit verdeutlicht, bei der Vorbemessung von Schraubpfählen alle, die Tragfähigkeit des hergestellten Pfahls beeinflussenden Faktoren wirklichkeitsnah zu erfassen.

Das Schneidrohr, an dessen Spitze sich der schraubenartige Schneidkopf befindet, wird unter vertikalem Anpressdruck bis zur Solltiefe, in diesem Fall im Uhrzeigersinn, in den Boden eingeschraubt (Schritt 1, Bild 2). Dabei wird der Boden an der Spitze durch die Schneide gelöst, über die vorhandenen Gewindegänge transportiert und seitlich in den anstehenden Boden verdrängt. Der Schneid-, Transport- und Verdrängungsvorgang ist abhängig von der Form der Schneidspitze sowie des Verdrängungskörpers, dem Anpressdruck und der Einschraubgeschwindigkeit. Dabei ist wesentlich, dass ausreichend hoher vertikaler Anpressdruck der Schneidspitze gegeben ist, um bei konstanter Einschraubgeschwindigkeit immer mindestens so viel Bodenmaterial herauszuschneiden, wie durch das Gewinde abtransportiert bzw. seitlich verdrängt wird. Ansonsten ist damit zu rechnen, dass zuvor verdrängtes Material an der Pfahlspitze wieder seitlich auf das Schraubgewinde zugeführt wird, was sich unmittelbar auf die Tragfähigkeit auswirkt.

In das Schneidrohr wird, falls erforderlich, anschließend der Bewehrungskorb eingesetzt (Schritt 2, Bild 2). Danach erfolgt der Betoniervorgang durch das Schneidrohr, während dieses gegen die Einschraubrichtung herausgedreht wird (Schritte 3 und 4, Bild 2). Es entsteht, in Abhängigkeit der maximal möglichen Füllhöhe des

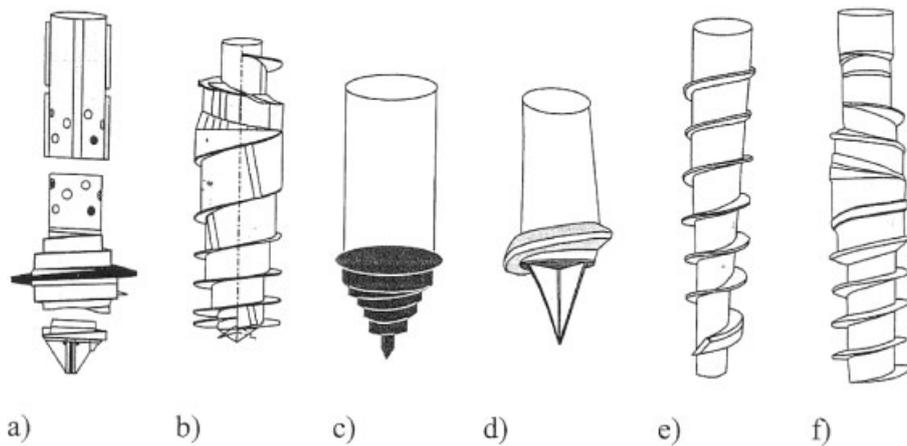


Bild 1. Überblick über einige gängige Schneidköpfe; von links nach rechts: Atlas, Omega, Fundex, Olivier, Screwsol, de Waal
 Fig. 1. Overview of several comon Screws; from left to right: Atlas, Omega, Fundex, Olivier, Screwsol, de Waal

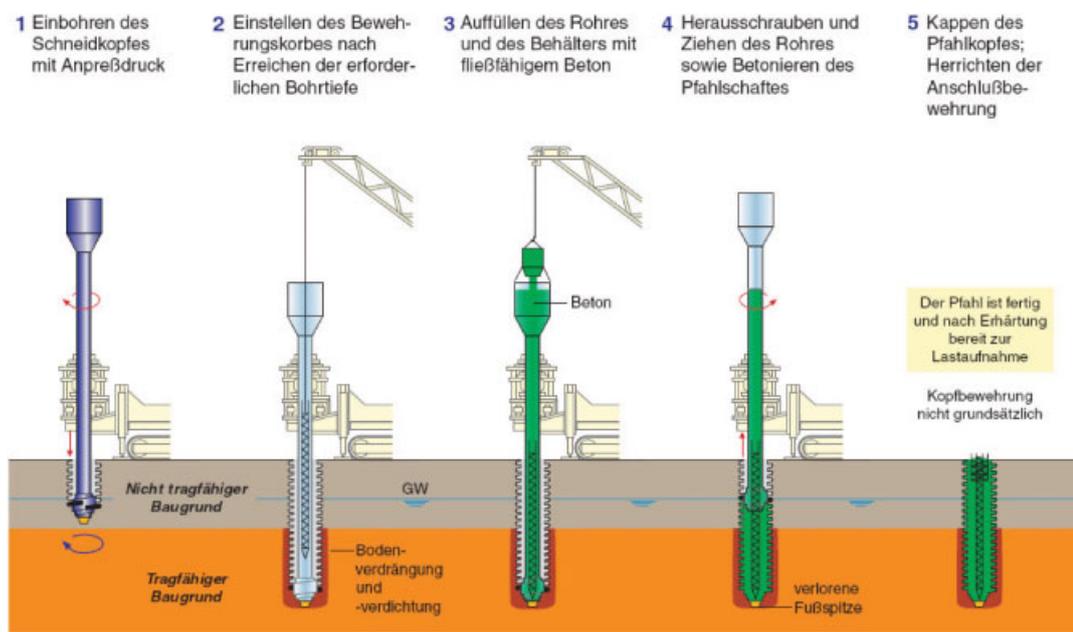


Bild 2. Herstellung Screw Pile Typ: ATLAS [4]
 Fig. 2. Installation procedure ATLAS screw pile [4]

Schneid- bzw. Betonierrohrs oder der zur Verfügung stehenden Betonpumpe ein Betondruck am Pfahlschaft, der zur Stabilisierung der Bohrlochwand während des Herausschraubens zwingend erforderlich ist. Eine ständige Versorgung des Bohrlochs ist unabdingbar. Die Betonmischung ist im Hinblick auf die erforderliche Qualität, die Verarbeitbarkeit vor Ort und die Fließeigenschaften systemabhängig zu wählen. Eine Unterversorgung ist unbedingt zu vermeiden, da es sonst zu Imperfektionen bei der Herstellung und somit zu Qualitätsmängeln kommt, die sich unmittelbar auf die Tragfähigkeit auswirken.

Jeder einzelne Herstellschritt beeinflusst die erzielbare Pfahltragfähigkeit. Neben der mechanischen Bodenverdrängung durch den Verdrängungskörper ist davon auszugehen, dass durch den herrschenden Betondruck ebenfalls eine seitliche Verdrängung stattfindet. Dagegen stehen die auflockernden Einflüsse z. B. des Schneidens und der Schraub- (Ein- und Ausschrauben) sowie Transportvorgänge.

Detaillierte Untersuchungen zur Quantifizierung aller relevanten Herstellereinflüsse im Hinblick auf die Tragfähigkeit von Schraubpfählen sind bislang nicht bekannt.

3 Tragfähigkeit

Aufgrund der vorliegenden geringen, meist lokal begrenzten Erfahrungen mit dieser Pfahlart liegen bisher keine gesicherten Kenntnisse zur Ermittlung der Tragfähigkeit derartiger Systeme vor. Die Durchführung von statischen Pfahlprobelastungen stellt die gängige Praxis zur Bemessung in Deutschland dar. Die vorwiegend aus dem Ausland bekannten halbempirischen Bemessungsverfahren z. B. nach *De Beer* [5] lassen zur Zeit keine wirklichkeitsnahe und damit wirtschaftliche Bemessung von Schraubpfählen zu, so dass auf die aufwendigen statischen Pfahlprobelastungen nicht verzichtet werden kann. Dieses Vorgehen ist zeit- und kostenintensiv. Es ist deshalb wünschenswert, eine Methode zur sicheren Vorhersage der zu erwartenden Pfahltragfähigkeiten unter Berücksichtigung des Baugrunds und aller relevanten Herstellereinflüsse zu finden. Dazu wird es erforderlich, dieses Pfahlsystem intensiv zu studie-

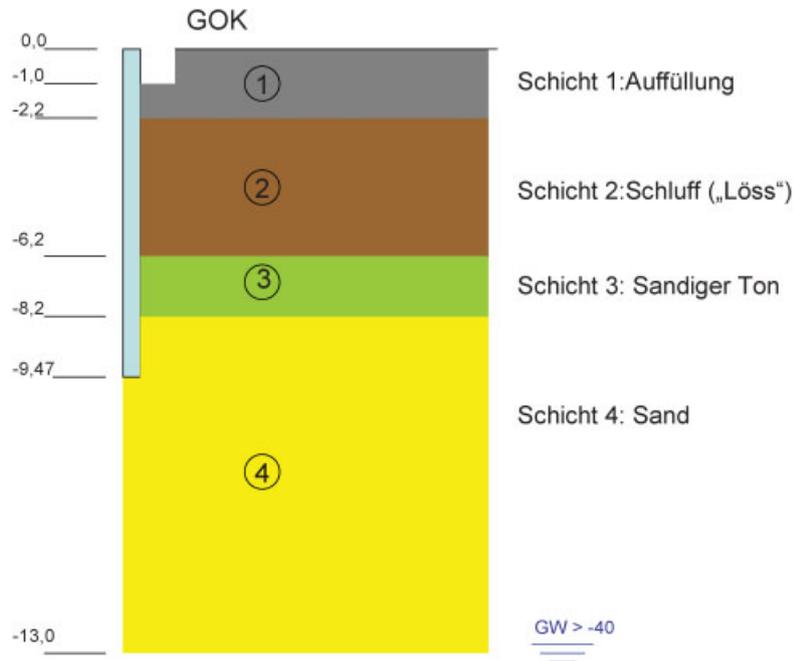


Bild 3. Baugrundaufbau am Pfahlherstellort 1
Fig. 3. Soil structure on the pile construction site 1

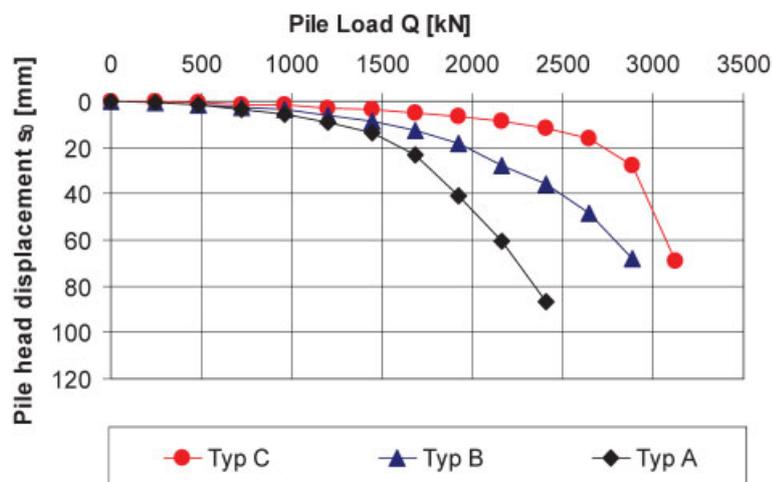


Bild 4. Tragfähigkeiten Typ A, B, C; Spitzendruckpfähle
Fig. 4. Bearing Capacity Type A, B, C; end-bearing piles

ren. Ein erster Schritt in diese Richtung soll mit diesem Beitrag erfolgen. In den folgenden Abschnitten wird anhand von vorliegenden Daten das unterschiedliche Tragverhalten von Schraubpfählen diskutiert.

3.1 Tragfähigkeit aus statischen Pfahlprobelastungen

Die mögliche Tragfähigkeit von unterschiedlichen Schraubpfahlarten wird beispielhaft anhand von drei verschiedenartigen Typen diskutiert. Dabei unterscheiden sich die Typen in der Art ihrer Pfahlspitze (z. B. Geometrie, Anzahl und Steigung der Gewindegänge, etc.), ihres Pfahlschafts

(schrauben-, zylinderartig), ihres Herstellablaufs sowie der zur Pfahlherstellung verwendeten Geräte.

Bild 4 stellt die Widerstand-Setzungs-Linien (WSL) für die unterschiedlichen Schraubpfahl-Typen – A: DeWaal, B: Omega und C: Fundex dar. Die Herstellung der Pfähle erfolgte bei analogem Baugrundaufbau in einem dicht gelagerten Sand, überlagert durch im Wesentlichen steifen bis weichen Löss (Bild 3). Die Pfahltragfähigkeiten in Form der WSL wurden anhand von statischen Pfahlprobelastungen ermittelt [6]. Alle Pfähle wurden in etwa auf die gleiche Tiefe hergestellt. Die Pfahlfußebenen liegen bei ca. 9,5 m unter der Gelände-

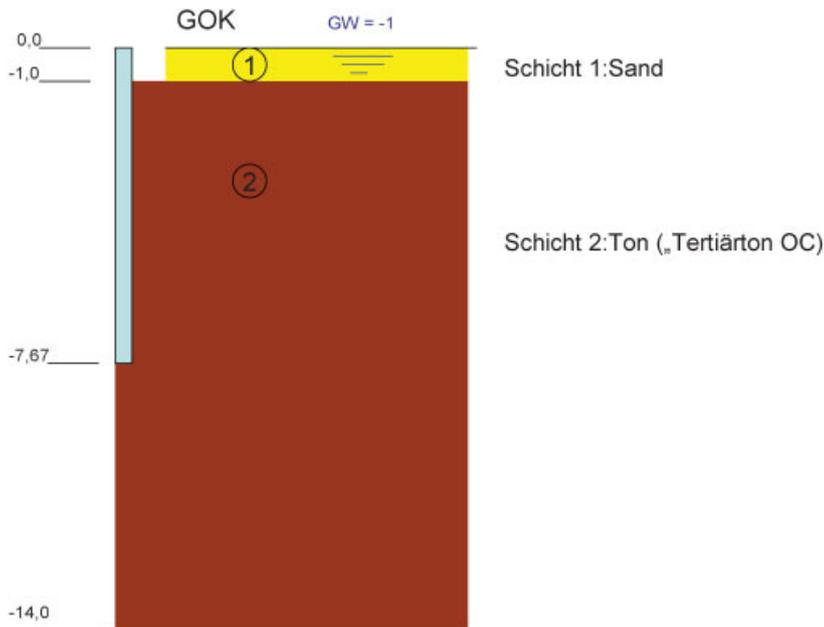


Bild 5. Baugrundaufbau am Pfahlherstellort 2
 Fig. 5. Soil structure on the pile construction site 2

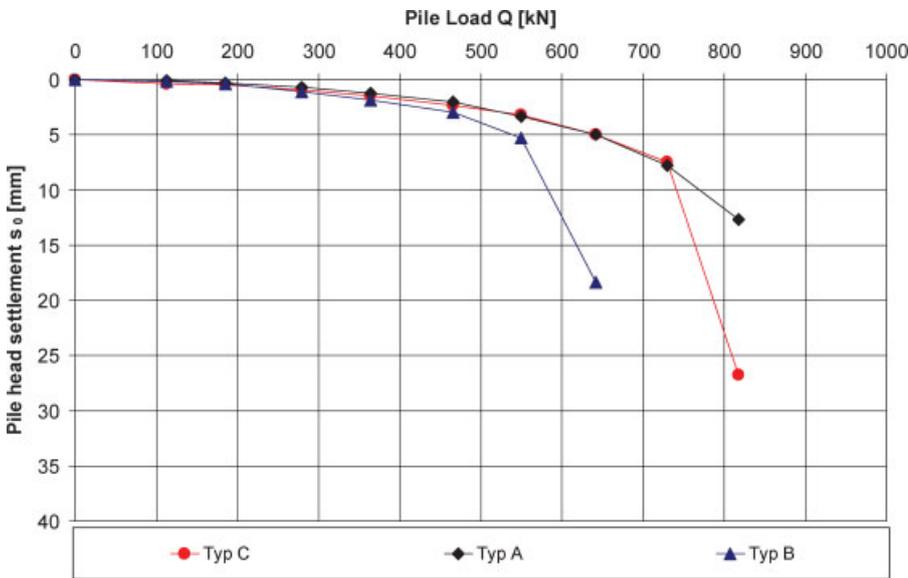


Bild 6. Tragfähigkeiten Typ A, B, C; Mantelreibungspfähle
 Fig. 6. Bearing capacities type A, B, C; shaft friction piles

oberkante im dicht gelagerten Sand. Es ist davon auszugehen, dass die Lastabtragung hier überwiegend über den Spitzendruck erfolgt.

Die WSL zeigen im üblichen Bereich der zulässigen Pfahlkopfverformungen von ca. 10 bis 20 mm, abhängig vom Schraubpfahl-Typ, unterschiedliche Tragfähigkeiten. Während Typ A bei einer zulässigen Pfahlkopfverformung von 10 mm ca. 1260 kN Pfahllast (Q) zuzuordnen wäre, nimmt Typ C bei gleicher Pfahlkopfsetzung eine Last von $Q \approx 2300$ kN auf. Der Pfahl Typ B liegt mit ca. 1560 kN zwischen A und C.

Stellt man den Typen-Vergleich für Schraubpfähle in einem steifen (hier: überkonsolidierten) Tertiärton (Bild 5) dar, so ergibt sich folgendes Bild (vgl. Bild 6).

Auch in diesem Falle erfolgte die Herstellung der Vergleichspfähle in einheitlichem Baugrund. Der Pfahlfuß liegt hier ca. 7,4 bis 7,7 m unter Geländeoberkante, so dass in etwa identische Pfahllängen vorliegen. In diesem Fall erfolgt der Lastabtrag vorwiegend über die Mantelreibung.

Es zeigen sich bis zur Pfahllast Q von $Q \approx 400$ kN kaum Unterschiede im Last-Setzungsverhalten.

Diese werden erst im Bereich der jeweils erreichbaren Grenztragfähigkeit der Pfähle erkennbar (Knickpunkt in der WSL, ab dem bei Zunahme der Verformungen keine bzw. kaum eine Zunahme der Pfahltragfähigkeit zu verzeichnen ist). Während der Verlauf der WSL für die Screw Pile Typen A und C etwa gleich ist, ist die Grenztragfähigkeit bei Typ B deutlich früher erreicht.

Bewertung:

Auf Basis der vorliegenden Vergleiche ist zu vermuten, dass sich die Typenunterschiede bzw. die typenspezifische Herstellung, beeinflusst u. a. durch die verschiedenartigen Schneiden- bzw. Spitzenausführungen, in Abhängigkeit vom anstehenden Baugrund und der daraus resultierenden Lastabtragung (Spitzendruck, Mantelreibung) unterschiedlich stark auf die zu erzielende Tragfähigkeit des Pfahls auswirken. Dies bedeutet, dass abhängig von den jeweiligen standortspezifischen Baugrundverhältnissen der „richtige“ Schraubpfahl-Typ auszuwählen ist, will man die größtmögliche Tragfähigkeit erreichen. Wobei sich die Frage stellt, inwieweit die übrigen Herstellereinflüsse, unabhängig von der verwendeten Pfahlspitze, ebenso Einfluss auf die Pfahltragfähigkeit haben. Dies ist insbesondere dann interessant, wenn nicht so klar in Spitzendruck- oder Mantelreibungspfahl zu trennen ist, was für die überwiegende Zahl der praktischen Anwendungen gelten dürfte.

Einen ersten Anhaltspunkt für die Herstellereinflüsse liefert die Gegenüberstellung des Schraubpfahls Typ C (rot) aus Bild 4 (Gründung im dicht gelagerten Sand) einem zweiten Typ C (Bezeichnung: Typ C1, grün). Die Pfahlfußebene liegt für beide Pfähle ca. 9,6 m unter Geländeoberkante im dicht gelagerten Sand. Das Ergebnis zeigt Bild 7.

Betrachtet man die Tragfähigkeiten des Pfahls Typ C wieder im üblichen Gebrauchsbereich zwischen 10 bis 20 mm Pfahlkopfsetzung, so zeigen sich auch hier deutliche Unterschiede. Während der Pfahl C1 bei einer Pfahlkopfsetzung von 10 mm eine Tragfähigkeit von etwa 1000 kN aufweist, wären bei Pfahl C etwa 2280 kN Pfahltragfähigkeit gegeben. Für den Bereich 10 bis 20 mm Pfahlkopfsetzung leitet sich für den gegen-

übergestellten Pfahltyp C also eine etwa 2- bis 2,3-fach höhere oder eben geringere Pfahltragfähigkeit bei gleicher Pfahlkopfsetzung ab. Da die beiden Vergleichspfähle im selben Baugrund mit der selben Baumaschine hergestellt wurden, liegt der Schluss nahe, dass der Herstellprozess bzw. die übrigen Herstellparameter wie z. B. Vortriebs- und Umdrehungsgeschwindigkeit der Schneide, Ziehgeschwindigkeit während des Betoniervorganges, der eigentliche Betoniervorgang etc. im vorliegenden Beispiel unmittelbaren und zugleich nennenswerten Einfluss auf die erzielbare Tragfähigkeit des hergestellten Schraubpfahls haben.

Wie ist die Tragfähigkeit dieses Pfahlsystems, trotz der anhand des Beispiels gezeigten erheblichen Streuungen und damit Unsicherheiten in der Vorhersage, nun einzuordnen?

Hierzu ist zu überprüfen, inwieweit die tatsächlichen Tragfähigkeiten von der Vorbemessungsmethode nach DIN 1054:2005 abweichen. Von den Autoren wurde für einen Vergleichspfahl mit einem Nenndurchmesser von $D = 0,5 \text{ m}$ die WSL nach den Vorgaben der DIN 1054:2005 ermittelt. Dies wurde zum einen für den Schraubpfahl mit Pfahlfuß im dicht gelagerten Sand (Spitzendruckpfahl) und zum anderen für den Pfahl im Ton (Mantelreibungspfahl) durchgeführt. Die Bilder 8 und 9 zeigen diese Vergleiche.

Für die Schraubpfähle im dicht gelagerten Sand, also bei Lastabtrag vorwiegend über Spitzendruck, liegen die WSL der untersuchten Pfähle aus den Versuchsergebnissen trotz starker Schwankungen immer noch deutlich über der WSL nach DIN 1054:2005. Dies gilt auch dann noch, wenn man den Vergleichspfahl C1 aus Bild 5 mit einbezieht. Tendenziell zeigt sich dies auch für die Schraubpfähle bei vorwiegender Lastabtragung über die Mantelreibung. Hier verlaufen die WSL der hier dargestellten Pfahl-Typen bis zum Erreichen der Grenztragfähigkeiten oberhalb der WSL nach DIN. Es zeigt sich für die Typen A und C im Vergleich mit der WSL nach DIN ein insgesamt steiferes Verhalten der Pfähle, wengleich die Grenztragfähigkeit in einem Fall, für Pfahl Typ B, früher erreicht wird als im Falle der DIN-WSL.

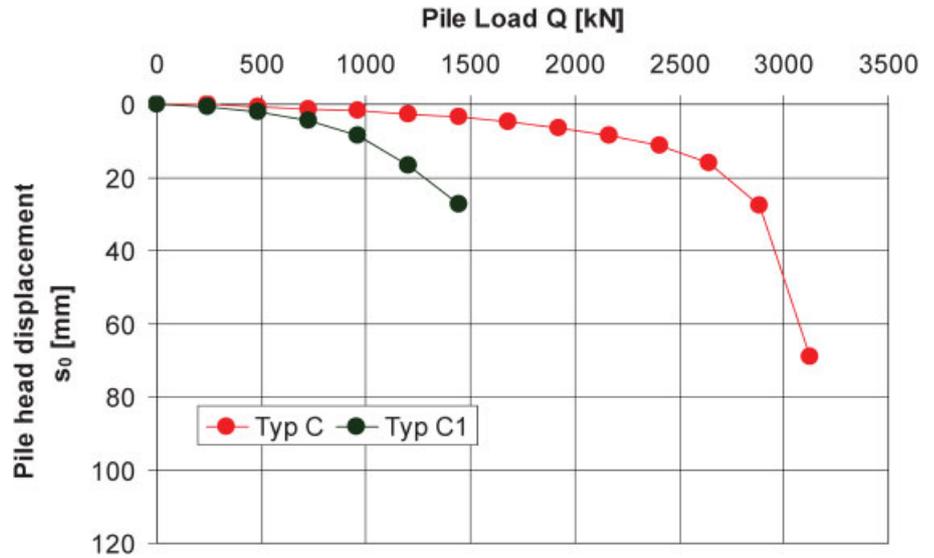


Bild 7. Tragfähigkeiten Typ C; Spitzendruckpfähle
Fig. 7. Bearing capacities type C; end-bearing piles

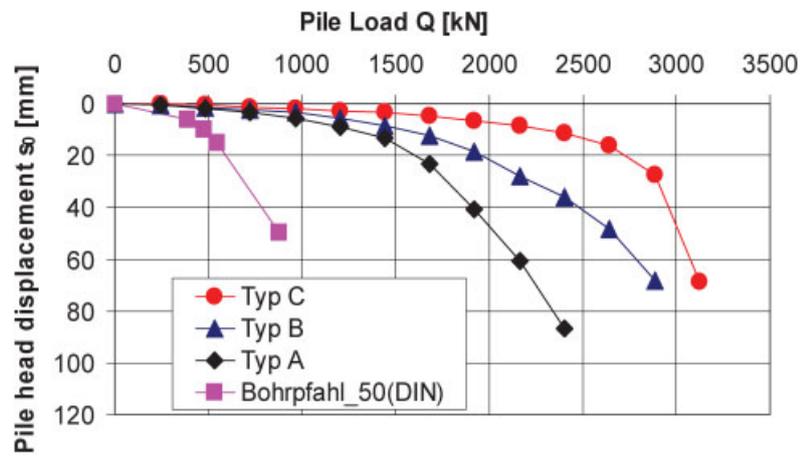


Bild 8. Typ A, B, C - DIN; Spitzendruckpfahl
Fig. 8. Type A, B, C - DIN; end-bearing piles

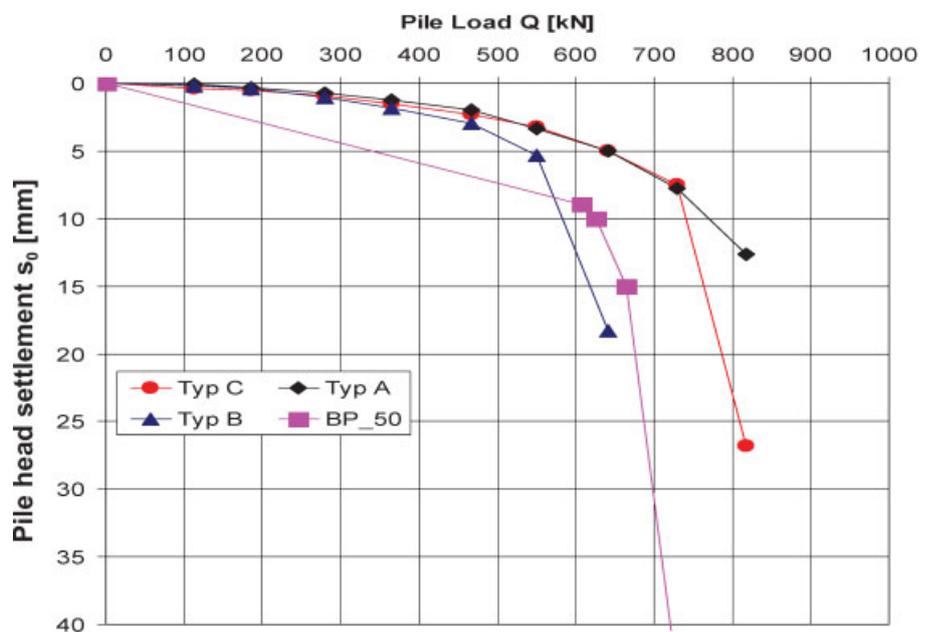


Bild 9. Typ A, B, C - DIN; Mantelreibungspfahl
Fig. 9. Type A, B, C - DIN; shaft friction piles

4 Resümee

Die Diskussion der Ergebnisse von statischen Pfahlprobelastungen an Schraubpfählen zeigt, dass im Hinblick auf eine realitätsnahe und gleichzeitig wirtschaftliche Bemessung dieses Systems noch viele Fragen offen sind. Die Vorbemessung nach DIN lässt in den meisten Fällen eine ausreichend sichere Vorbemessung zu. Im Hinblick auf wirtschaftlich interessante Pfahldimensionierungen ist diese Art der Vorbemessung eher uninteressant. Die Übertragbarkeit von vorhandenen Pfahlprobelastungen anhand „vergleichbarer“ Baugrundverhältnisse ist nicht gegeben, da bedingt durch die vielfältigen Herstellereinflüsse von erheblichen Schwankungen der Pfahltragfähigkeiten auszugehen ist. Nach Meinung der Autoren besteht hier seitens der Praxis, d. h. der Hersteller, sowie der Wissenschaft erheblicher Forschungsbedarf. Zahlreiche Anregungen, Diskussionen und Informationen sind daher ausdrücklich erwünscht.

5 Abschätzung der Tragfähigkeit über numerische Modellierung

Eine Möglichkeit zur wirklichkeitsnahen Darstellung des Last-Setzungsverhaltens von Pfählen stellt die Methode der Finiten Elemente dar. Durch eine realistische Simulation der Vorgänge bei der Pfahlherstellung ließen sich Pfahlprüfungen nach Einschätzung der Autoren wohl nicht ganz vermeiden, die Übertragbarkeit von Ergebnissen von Pfahlprobelastungen auf andere Baugrundverhältnisse jedoch deutlich verbessern. Voraussetzung hierfür ist jedoch das Erfassen der komplexen Herstellereinflüsse auf die Spannungsverhältnisse im Boden.

Durch die Autoren wurden beispielhaft Finite-Element-Berechnungen der WSL für den Testpfahl B (Omega-Pfahl, vgl. Bild 1) durchgeführt. Das Ergebnis der numerischen Modellierung ist in den Bildern 10 und 11 den WSL aus den statischen Pfahlprobelastungen gegenübergestellt.

Im Rahmen der Modellierung wurde u. a. die Veränderung der radialen Spannungen gegenüber dem Ausgangsspannungszustand als Indikator für den Verdrängungseffekt untersucht. Im Ergebnis zeigte sich für den Spitzendruckpfahl im Sand eine deutliche

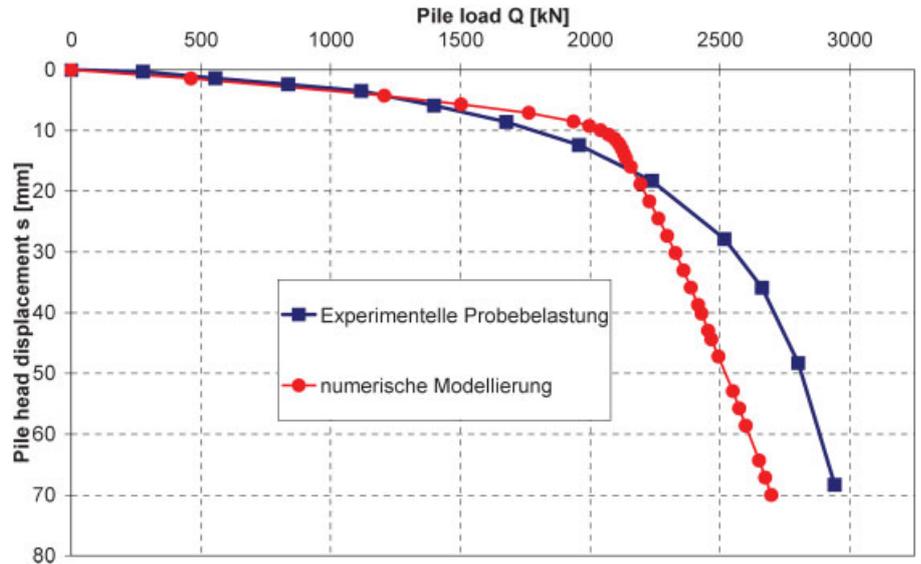


Bild 10. Typ B; Gemessene und simulierte WSL; Spitzendruckpfahl
 Fig. 10. Type B; measured and simulated LSC; end bearing pile

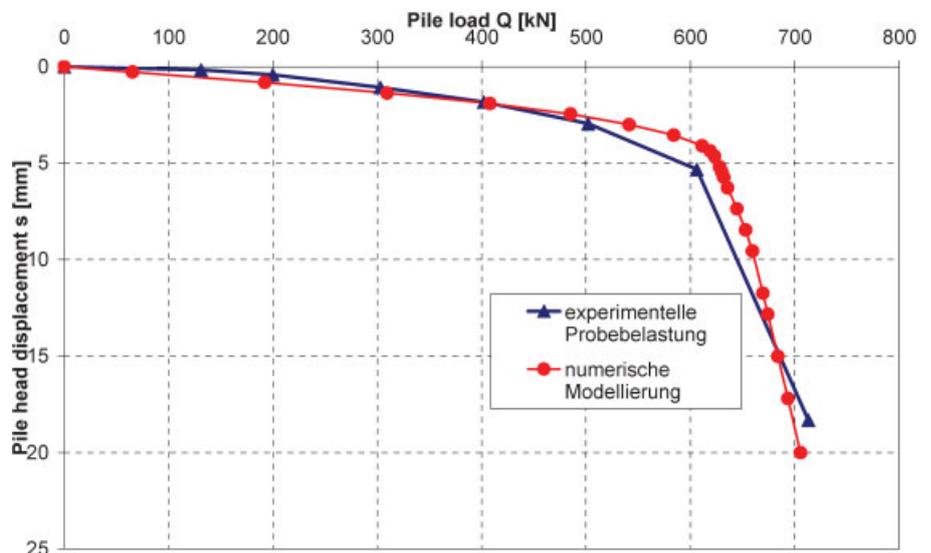


Bild 11. Typ B; Gemessene und simulierte WSL; Mantelreibungspfahl
 Fig. 11. Type B; measured and simulated LSC; shaft friction pile

Erhöhung der errechneten radialen Spannungen am Pfahlmantel (vgl. Bild 12). Im Gegensatz dazu tritt beim Mantelreibungspfahl im Ton keine nennenswerte Erhöhung der radialen Spannungen gegenüber dem Ausgangsspannungszustand auf (vgl. Bild 13). Eine mögliche Erklärung hierfür ist die, relativ zum Sand, hohe Kompressibilität des Tons.

Als erste Erkenntnis aus den durchgeführten Berechnungen zeigt sich, dass mit der durchgeführten Modellierung derzeit eine Nachrechnung einzelner WSL möglich ist. Es ergeben sich gute Übereinstimmungen. Im Weiteren werden nun die einzelnen Einflussfaktoren aus dem Baugrund

und der Herstellung auf das Tragverhalten zu untersuchen sein, um eine sichere Modellierung unterschiedlicher Schraubpfahl-Typen zu ermöglichen.

Hierüber soll in der Zukunft weiter berichtet werden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Schraubpfähle im Sinne der DIN EN 12699:2001 sind wegen ihrer zu erwartenden Tragfähigkeiten und den Vorteilen der geräusch- und erschütterungsarmen Herstellung eine interessante Alternative zu Rammpfählen. Insbesondere für Baumaßnahmen im innerstädtischen Bereich, wo Erschütterungen oder der später zu entsor-

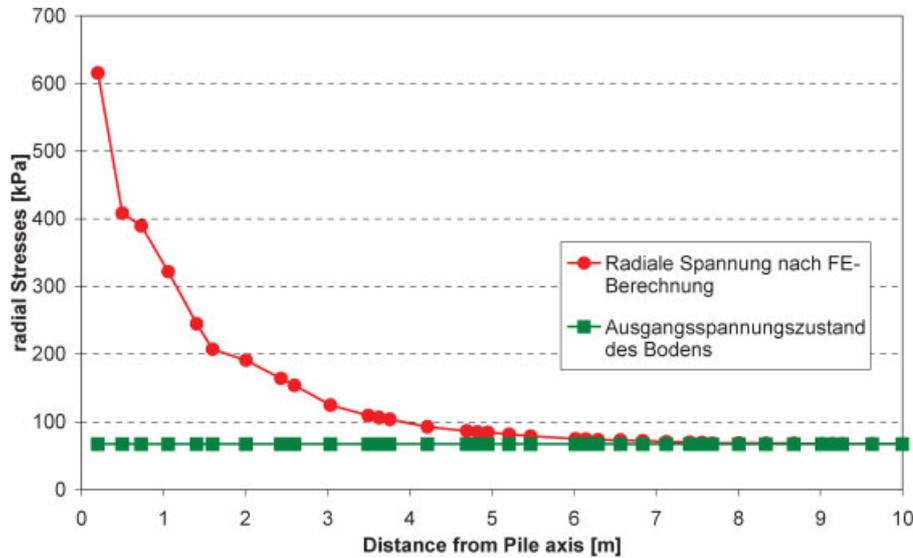


Bild 12. Verlauf der radialen Spannungen; Spitzendruckpfahl
 Fig. 12. Radial stresses; end bearing pile

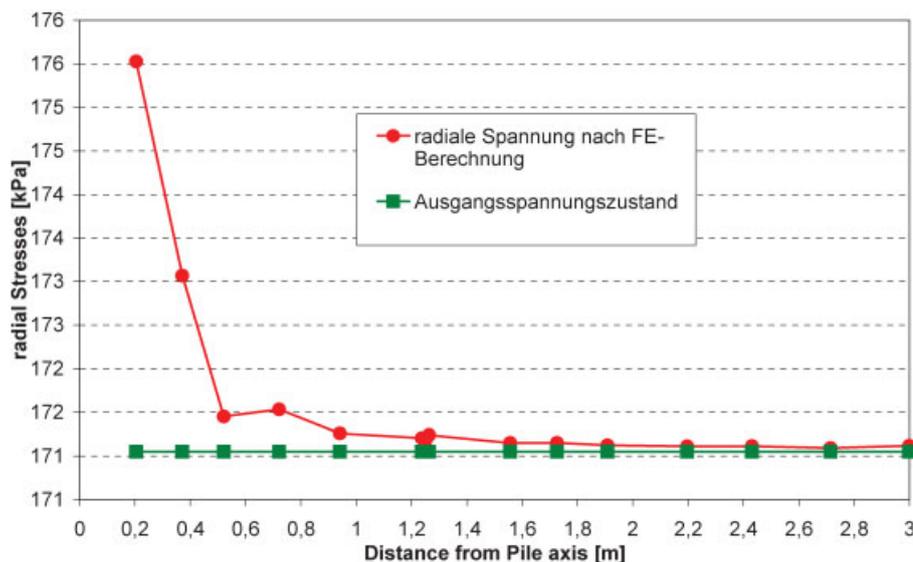


Bild 13. Verlauf der radialen Spannungen; Mantelreibungspfahl
 Fig. 13. Radial stresses; shaft friction pile

gende Aushub oft technisch bzw. wirtschaftlich relevante Randbedingungen sind, können Schraubpfähle ihre Anwendung finden.

Allerdings ist eine sichere Voraussage der Tragfähigkeit derartiger Pfähle wegen der vielfältigen Einflussfaktoren, die neben den Baugrundeigenschaften offensichtlich einen erheblichen Einfluss auf die zu erreichende Pfahltragfähigkeit haben, derzeit nicht möglich. Bei Anwendung der Vorbemessung nach den Vorgaben der DIN 1054:2005 ergeben sich wirtschaftlich eher uninteressante Abmessungen, da die Tragfähigkeiten meist unter den Möglichkeiten des Systems liegen. In einzelnen Fällen

kann die Vorbemessung nach DIN auf der unsicheren Seite liegen. Eine Übertragbarkeit vorhandener Pfahlprobelastungen in vergleichbarem Baugrund scheint, vor dem Hintergrund der für die Tragfähigkeit ebenfalls maßgebenden Herstellrandbedingungen, nur sehr eingeschränkt möglich. Aus diesem Grund ist für die Zukunft eine Vorhersage der tatsächlich zu erwartenden Pfahltragfähigkeiten unter Berücksichtigung mehrerer Einflussfaktoren erforderlich. Hierzu stellt die Methode der Finiten Elemente ein geeignetes Werkzeug dar.

Voraussetzung für ein gesichertes FE-Modell ist jedoch die genaue Kenntnis der Auswirkungen der maß-

gebenden Randbedingungen des Baugrunds und der Herstellung auf das Last-Setzungsverhalten des Pfahls. Dabei ist in einem ersten Schritt für verschiedenartige Baugrundverhältnisse zu überprüfen, inwieweit ein Verdrängungseffekt auftritt. Im Ergebnis können so langfristig für unterschiedlichen Baugrund sowie verschiedene Schraubpfahltypen Erhöhungsfaktoren der Tragfähigkeit (K-Werte) aus der Veränderung der radialen Spannungen abgeleitet werden. Diese Methode stellt dann für den in der Praxis arbeitenden Ingenieur auf die Dauer ein Mittel zur wirtschaftlichen Dimensionierung von Verdrängungspfählen dar.

Die möglichen Einflussfaktoren auf die Tragfähigkeit sind deshalb weiter zu untersuchen. Hierzu ist die Auswertung vorhandener Daten und eine eingehende Qualitätssicherung mit Erhebung künftiger Daten für unterschiedliche Schraubpfahl-Typen und verschiedenartige Baugrundverhältnisse dringend erforderlich.

Literatur

- [1] Seitz, J., Schmidt, H.-G.: Bohrpfähle, Berlin: Ernst & Sohn, 2000.
- [2] Van Impe, W. F.: Belgian geotechnics experts research on screw piles, in Belgian Screw Pile Technology, Maertens, J., Huybrechts, N., (Hrsg.) 2003.
- [3] DIN EN 12699:2001.
- [4] Internet: Firmensprospekt Fa. Franki Grundbau GmbH.
- [5] Holeyman, A. et al. (Hrsg.): Design of axially loaded piles – 1997 Belgian Practice in: Screw Piles – Installation and Design in Stiff Clay, Balkema, 2001.
- [6] Maertens, J., Huybrechts, N.: Results of the Static Pile Load Tests at the Limelette Test Site in: Belgian Screw Pile Technology, Balkema, 2003.
- [7] Weirich, T.: Numerische Modellierung des Tragverhaltens von Schraubpfählen, Diplomarbeit am Institut für Geotechnik, Universität Stuttgart, 2007 (unveröffentlicht).

Autoren dieses Beitrages:

Prof. Dr.-Ing. Pieter Vermeer, Universität Stuttgart, Institut für Geotechnik (IGS), Pfaffenwaldring 35, 70569 Stuttgart
 Dipl.-Ing. Oliver Bernecker, öfftl. best. u. vereid. Sachverständiger für Erd- und Grundbau, GRIMM + BERNECKER GbR Beratende Ingenieure, Rosenbergstraße 69, 70176 Stuttgart
 Dipl.-Ing. Tim Weirich, Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen, Pfaffenwaldring 4, 70569 Stuttgart

Unsere Leistungen

- Gründung von Bauwerken, beispielsweise Brücken, Tunnel und Straßen (Grundbau, Erd- und Tunnelbau)
- Wasserbauwerken wie zum Beispiel Schleusen, Wehre, Düker
- Sicherung von Geländesprüngen, z.B. Baugruben und Kaimauern
- Standsicherheit von Böschungen, zum Beispiel Straßen, Uferbefestigungen und Dämme
- Herstellung von Bauwerken aus Boden, z.B. Dämme, Deiche und Deponien
- Untersuchung und Beurteilung des Untergrunds und der Grundwasser- verhältnisse
- Untersuchung und Beurteilung von gedichteten oder durchströmten Erdbauwerken wie zum Beispiel Kanalseitendämmen
- Messung, Prognose und Beurteilung von dynamischen Belastungen wie Rammerschütterungen, Sprengungen und Verkehrsbelastungen
- Boden- und Grundwasserschutz (Umweltgeotechnik)



**Dipl.-Ing.
Oliver Bernecker ist
von der IHK Stuttgart
öf. best. u. vereid.
Sachverständiger für
Erd- und Grundbau**

GRIMM & BERNECKER
Beratende Ingenieure GbR

Büro Stuttgart
Frielzheimer Straße 3A
70499 Stuttgart
Tel. 0711 / 62034 - 90
Fax 0711 / 62034 - 91

Büro Ellwangen
Dresdener Str. 8
73479 Ellwangen
Tel. 079 61 / 9023 - 21
Fax 079 61 / 5249 8

www.grimm-bernecker.de
info@grimm-bernecker.de