GROUNDFIX®

HYDRAULISCH VERPRESSBARE
AKTIVE MIKROPFÄHLE

GEOSEC
GROUND ENGINEERING

EXPERTEN FÜR FUNDAMENTVERSTÄRKUNG

MINIMAL-INVASIVE TECHNOLOGIE

GEOSEC
GROUND ENGINEERING

GROUNDFIX® hydraulisch verpressbare Mikropfähle

Grundsätzlich kommen Mikropfähle (Durchmesser < 300 mm) als Gründungspfähle oder zur Baugrundstabilisierung zum Einsatz.
Gründungspfähle bilden ein wichtiges Element in der Planung neuer Fundamente, werden aber auch im Bestand zur Fundamentstabilisierung, zur Verbesserung der Standsicherheit in Erdbebengebieten oder zur Fundamentunterfangung verwendet. Als bauliche Elemente zur Baugrundstabilisierung werden Mikropfähle beispielsweise zur Baugrubensicherung oder zur Böschungs- und Hangstabilisierung genutzt.

GROUNDFIX® von **GEOSEC** stellt eine aktive Pfahltechnologie dar, welche sich ausschließlich zur Stabilisierung vertikaler Bewegungen anbietet.
Minimal-invasiv, also ohne Erdabtragung, bedient sich diese Methode spezieller Stahlmodulelemente, die vor Ort zusammengesetzt und unter hydraulischem Druck punktgenau in den Baugrund verpresst werden können. Diese werden mittels hochfester Spezialplatten aus Stahl in entsprechender Größe und speziellem, hoch widerstandsfähigem Vergussmörtel an der ursprünglichen Fundamentstruktur verankert.

Das GROUNDFIX® Verfahren

Berechnung des Widerstandes der Mikropfähle

Der charakteristische Widerstand des Systems Mikropfahl-Baugrund kann grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten berechnet werden:

1) Anhand geotechnischer Parameter, welche durch entsprechende Baugrunduntersuchungen vorliegen oder über empirische Korrelationen mit einschlägiger wissenschaftlicher Fachliteratur.
2) Durch einen Belastungstest. Sofern durchführbar, gilt diese als die bevorzugte Variante, welche den neuen technischen Vorgaben für Bauvorhaben Eurocode 7 EN 1997 und Eurocode 8 EN 1998 entspricht.

Wichtige Parameter für die Planung eines Mikropfahl-Eingriffes sind unter anderem:

- Art des Mikropfahls
- Berechnung der Tragfähigkeit und der effektiven Belastung, sowie Auswahl der Berechnungsmethode
- Anzahl der Pfähle
- Art der Verankerung
- Materialüberprüfung während des Einpressens
- Iterative Modellierung des Systems Fundament-Bauwerk

Die ICP-Pfahl-Methode entwickelt durch das Imperial College London

Zur technischen Auslegung des **GROUNDFIX®-Mikropfahl-Systems** empfiehlt es sich, auf die vom Imperial College London entwickelte Berechnungsmethode (ICP Methode) zurückzugreifen. Diese ist aus den folgenden zwei Gründen sehr gut dafür geeignet:
1) Sie stützt sich auf Belastungstests, welche an verpressten Mikropfählen mit einem Außendurchmesser von 100 mm durchgeführt wurden, die unseren **GROUNDFIX®-Mikropfählen** stark ähneln.
2) Als Berechnungsgrundlage werden Ergebnisse von Drucksondierungen CPT (Cone Penetration test), CPTU (Cone Penetration test undrained) oder SPT (Standard Penetration Tests) sowie von verrohrten DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) Rammsondierungen verwendet. Unter bestimmten Voraussetzungen können aus den dynamischen Pfahlprobebelastungen auch die Pfahlwiderstände (Mantelreibung = Qs und Spitzendruck = Qp) abgeleitet und die maximalen Tragfähigkeiten sowohl in rolligem als auch in bindigem Untergrund bestimmt werden. Der Pfahlwiderstand eines Einzelpfahls (Qlim) errechnet sich aus der Summe der beiden Komponenten.

$$Qlim = Qp + Qs$$

Zu unterscheiden ist, ob der Pfahl eine geschlossene Spitze, eine offene Spitze mit Deckel oder eine offene Spitze ohne Deckel besitzt.

NORMENWESEN UND TECHNISCHE PLANUNG

GEOSEC
GROUND ENGINEERING

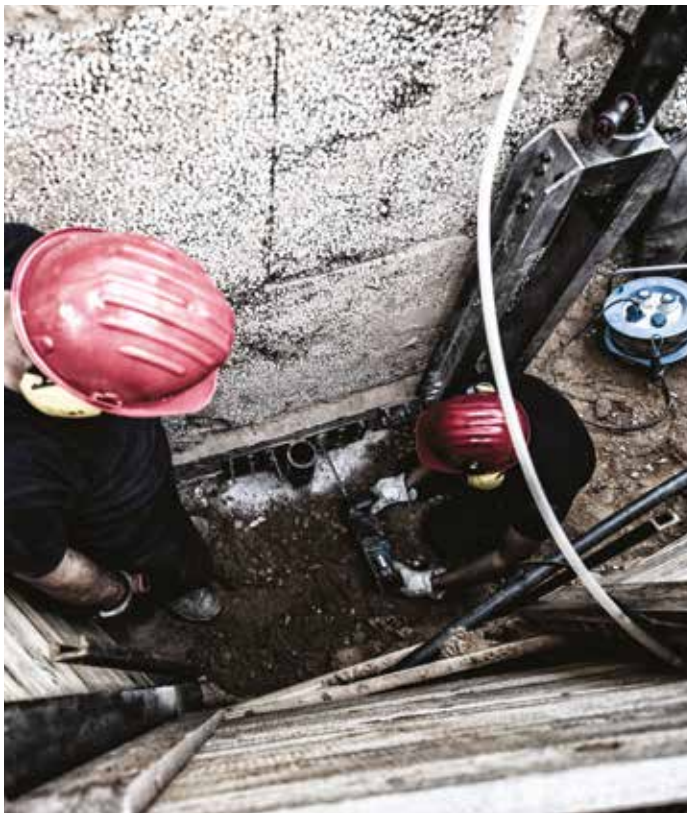
DIE ARBEITSSCHRITTE

EINBAU DER MIKROPFÄHLE

GEOSEC
GROUND ENGINEERING

1 Vorbereitung der Baustelle

Für den Einbau der Mikropfähle kann es notwendig sein, das Bestandsfundament frei zu graben, um unseren Mitarbeitern ausreichend Platz zum sicheren Arbeiten bereitzustellen.



2 Anbringung der Stahlplatten

Nachdem das Bestandsfundament auf Unversehrtheit und Eignung überprüft wurde, können die Stahlplatten in entsprechender Größe fixiert werden. In einem weiteren Schritt dienen die Platten zur Befestigung der hydraulischen Einpressvorrichtung und erlauben die Verankerung der Mikropfähle an der bestehenden Fundamentstruktur.

Diese Stahlplatten sind gegenüber der Befestigungsvariante mit Vergussmörtel zu bevorzugen, da es das Risiko eines Durchstoßes abwendet und es außerdem zulässt, auch nach langer Zeit bei Bedarf auf die Verschraubung zuzugreifen.

3 Verpressen der Pfahlmodule

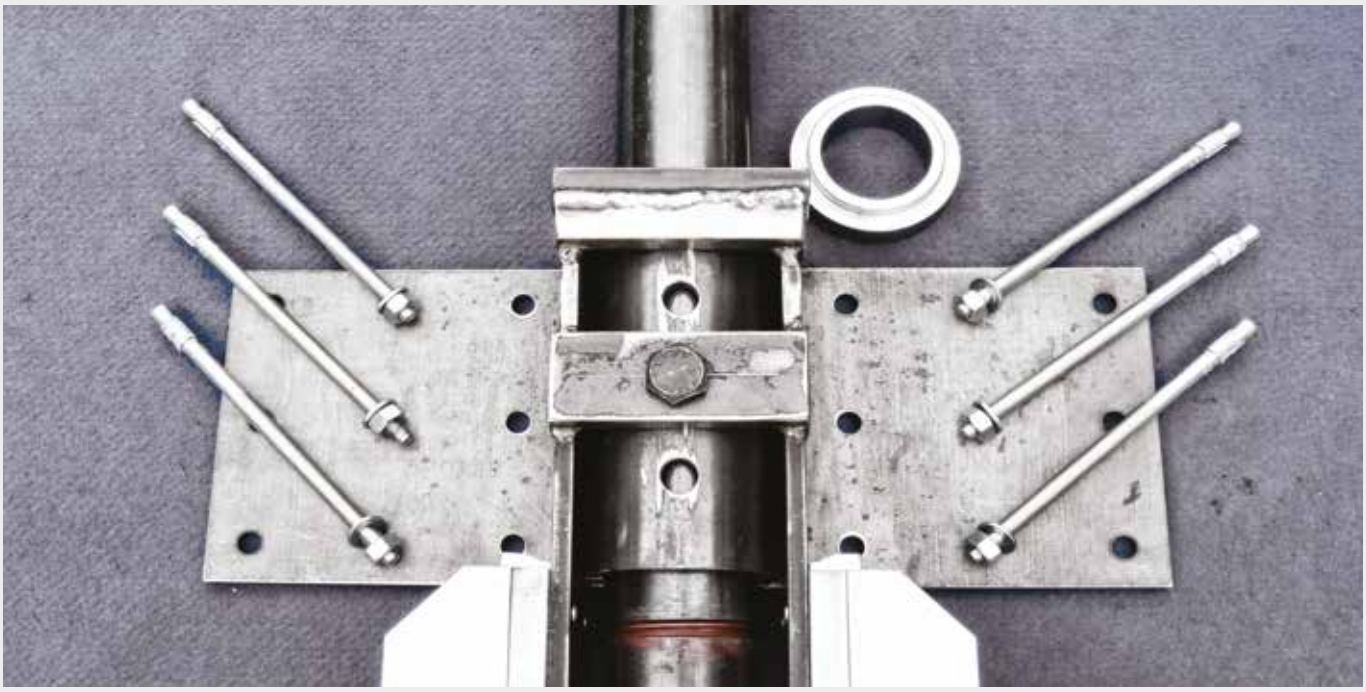
Nach Befestigung des Hebegerüstes können die modularen Mikropfahl-Elemente sequentiell verpresst werden. Die einzelnen Module werden über ein spezielles Gewinde miteinander verbunden und so zu einem einheitlichen Strukturelement zusammengeführt.

Die Verpressung der einzelnen Module wird von unserem GEOSEC-Fachpersonal direkt an der Einpressvorrichtung überwacht.
Die Druckregulierung erfolgt graduell und es können auch mehrere Pfähle gleichzeitig verpresst werden. Anhebungen der Gebäudestruktur werden mithilfe eines Präzisions-Nivelliergerätes genau überwacht.

4 Verankerung der Mikropfähle

Nach Erreichen der Zieltiefe, bzw. des maximalen Widerstands, kann der Pfahl ein weiteres Mal zusätzlich belastet werden, sodass die primäre Setzung rückgängig gemacht wird. Anschließend wird der Pfahl mit der Stahlplatte verschraubt und damit fest mit dem Bestandsfundament verbunden. Daraufhin werden eventuelle Überstände des Pfahls bündig abgesägt.

TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN GROUNDFIX® MIKROPFAHL



Bei unserem **GROUNDFIX®-Mikropfahl-System** kommen spezielle Module aus S355J2 Baustahl mit Außendurchmessern von 63, 76 oder 114 mm zum Einsatz. Diese werden mithilfe von hydraulischen Einpressvorrichtungen, welche über spezielle Stahlplatten am Gebäudefundament befestigt werden, in den Untergrund eingebracht. Die Platten sind, in Abhängigkeit von den Erfordernissen des Projekts und der Baustelle, von unterschiedlicher Größe und Geometrie. So sind neben den vertikalen, seitlich fixierbaren Stahlplatten auch horizontal verlegbare Varianten erhältlich, die sich beispielsweise zur Verankerung mit armierten Bodenplatten eignen.

Rohre und Platten

Stahl vom Typ S355 für Nenndicke e ≤ 40 mm
• ReH [MPa]=355 Streckgrenze
• Rm [MPa]=510 Zugfestigkeit

Schraubenverbindungen

Die Platten werden am Fundament mit bis zu 18 speziellen Schrauben (Durchmesser 12 mm) fixiert.

Die finale Verankerung Platte-Pfahl erfolgt über hoch belastbare Stahlschrauben, gemäß den Vorgaben in den technischen Normen für Bauvorhaben Eurocode 3 EN 1993, Eurocode 7 EN 1997 und Eurocode 8 EN 1998: Schrauben: Klasse 10.9 - Muttern: Klasse 10
• ReH [MPa]=900 Streckgrenze Schrauben
• Rm [MPa]=1000 Zugfestigkeit Schrauben
Die Gewindestangen der Hochleistungs-anker sind aus verzinktem Stahl mit Muttern und vergrößerten Unterlegscheiben zur optimalen Fixierung an der Fundamentstruktur und dürfen auch unter seismischer Einwirkung eingesetzt werden:

- Erdbebengeprüft, verfügbar in den Größen M12 bis M20, seismische Leistungskategorien C1, C2
- Feuerwiderstandsklasse F120
- Zertifikat ETA Option 1 - zur Verwendung in gerissenem und ungerissenem Beton für hohe Anforderungen an die mecha-nische Festigkeit und Standsicherheit
- schnelles Versenken im Bohrloch durch wenige Hammerschläge
- schnelle Verankerung
- durchgehendes Gewinde über die gesamte Länge

Eigenschaften der Einpressvorrichtung

Das Verpressen der Pfähle erfolgt unter Zuhilfenahme von hydraulischen Hebern, welche mit entsprechenden Stahlplatten am Fundament des Gebäudes mit 18 Hochleistungsankern befestigt werden.
Die doppeltwirkenden Hydraulikzylinder besitzen einen maximalen Betriebsdruck von 700 bar, einen Hub von 30-260 mm und eine Druckkraft von 5-30 t. Die Ausübung des Drucks erfolgt durch eine vom GEOSEC-Team bereitgestellte elektronische Steuereinheit, welche ihrerseits vom Aggregat unseres Baustellenfahrzeuges mit Strom versorgt wird.

Vorteile der Lösung

Der Vorteil bei der Verwendung unserer Methode liegt in der Möglichkeit, das Verankerungssystem in der Planungsphase zu überprüfen und das Verschraubungssystem korrekt zu dimensionieren. Folgende Parameter sind dabei ausschlaggebend:

- **Festigkeit der Schrauben**
- **Festigkeit der Verbindung Platte-Pfahl**
- **Festigkeit des Betons**

Formeln zur Überprüfung

FESTIGKEITSBERECHNUNG DER SCHRAUB-VERBINDUNG

Grundlage für die Festigkeitsberechnung der Schraubverbindung sind die Pfahlbelastungen, welche aus einem Belastungstest am Probepfahl gewonnen und gemäß dem nach Eurocode 3 EN 1993, Eurocode 7 EN und Eurocode 8 EN 1998 vorgesehenen Lösungsansatz ermittelt werden. Die Scherkraft wird dementsprechend gleichmäßig auf die drei Schrauben verteilt, sodass jede Schraube 1/3 der Gesamtlast aufnimmt. Die Scherfestigkeit jeder einzelnen Schraube lässt sich anhand der folgenden Formel berechnen:

$$F_{v,Rd} = \frac{0.5 \bullet A_{res} \bullet f_{tb}}{\gamma_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$

Wobei:

$F_{v,Ed}$ = Bemessungswert des Scherwiderstands einer Schraube pro Scherfläche

$F_{v,Rd}$ = berechneter Scherwiderstand

A_{res} = wirkender Scherquerschnitt

f_{tb} = Zugfestigkeit der Schraube

γ_{M2} = Teilsicherheitsbeiwert der Schraube = 1,25

ÜBERPRÜFUNG DER BELASTBARKEIT DER VERBINDUNG PLATTE-MIKROPFAHL

Die Überprüfung der plastischen Verformung der verbundenen Elemente erfolgt durch die folgende Formel:

$$F_{b,Rd} = \frac{k \bullet \alpha \bullet f_{tk} \bullet d \bullet t}{\gamma_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$

Wobei:

$F_{v,Ed}$ = Bemessungswert des Scherwiderstands einer Schraube pro Scherfläche

$F_{b,Rd}$ = Grenzlochleibungskraft pro Schraube

f_{tk} = Zugfestigkeit des Materials der Platte

γ_{M2} = Teilsicherheitsbeiwert = 1,25

t = Dicke der Platte

d = Nenndurchmesser der Schraube

$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$ für Schrauben am Plattenrand in Richtung des Kraftansatzes

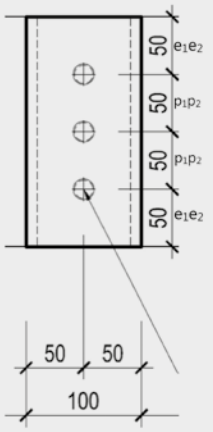
$\alpha = \min \left\{ \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$ für innere Schrauben in Richtung des Kraftansatzes

$k = \min \left\{ 2.8\frac{e_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\}$ für Schrauben am Plattenrand in Richtung senkrecht zum Kraftansatz

$k = \min \left\{ 1.4\frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\}$ für innere Schrauben in Richtung senkrecht zum Kraftansatz

d_0 = Nenndurchmesser des Bohrlochs

Anmerkung: In unserem Fall aufgrund der Geometrie der Platte e1Ξe2 und p1Ξp2.



ÜBERPRÜFUNG DER BETON-FESTIGKEIT

Zusätzlich muss sichergestellt werden, dass die Verankerung zwischen Platte und Fundament nicht zum Bruch der Fundamentstruktur führt.
Die Verankerung erfolgt durch 18 Stahlschrauben des Typs M12, welche im Beton bis zu einer Tiefe von 20 cm verankert werden.
Unter der Annahme, dass auf jede Mutter eine Kraft gleich Rd/18 einwirkt und unter der Annahme, dass jede Schraube die Spannung nur über die Hälfte der Oberfläche auf den Beton überträgt, haben wir:

f_{ed} = Tb/(Ab*Lb*0,5)

Die Druckfestigkeit des Betons errechnet sich aus folgender Formel:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \bullet \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

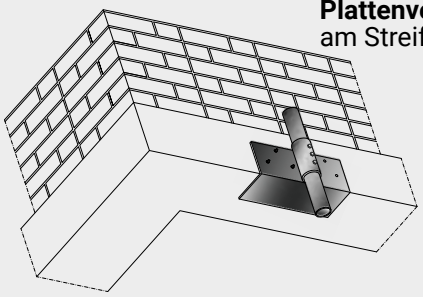
Wobei:

α_{cc} = Koeffizient für Langzeitbeanspruchung = 0,85

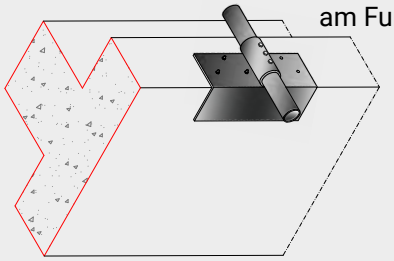
γ_c = Teilsicherheitsbeiwert von Beton = 1,5

Das Prüfergebnis ist dann erfolgreich wenn $f_{cd} > f_{ed}$ ist

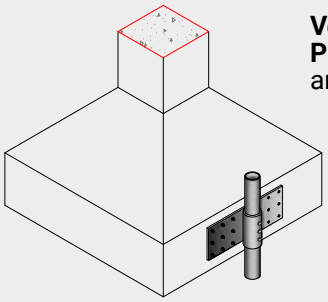
Verankerungsvarianten
Pfahl (76 mm - 114 mm)-Fundament



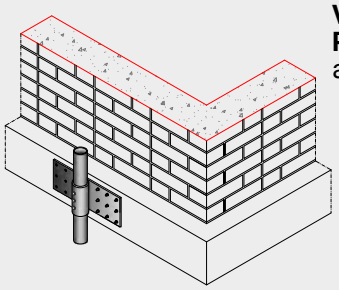
L-förmige Plattenverankerung am Streifenfundament



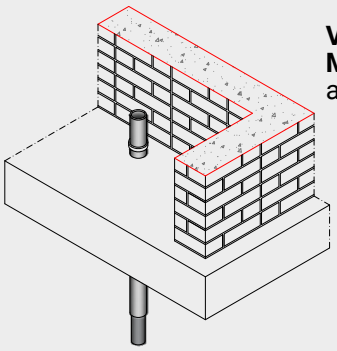
L-förmige Plattenverankerung am Fundamentvorsprung



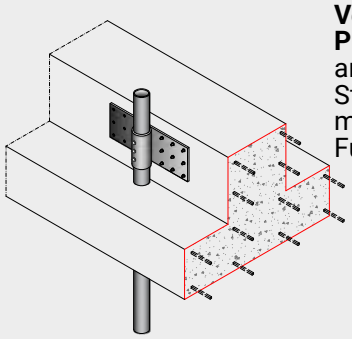
Vertikale Plattenverankerung am Einzelfundament



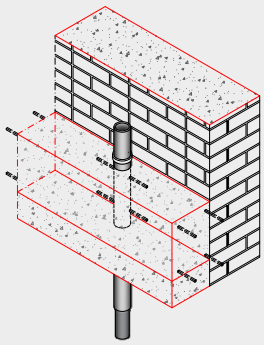
Vertikale Plattenverankerung am Streifenfundament



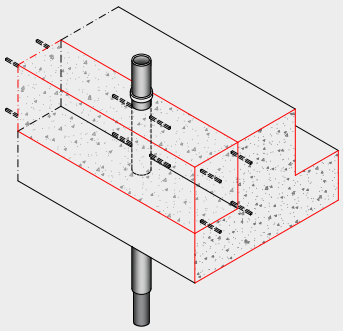
Verankerung mittels Mantelrohr an der Bodenplatte



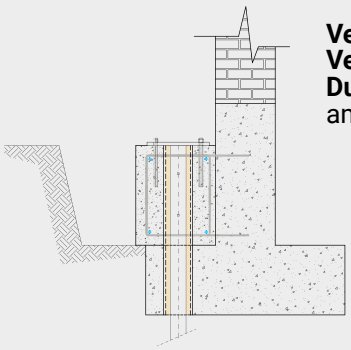
Vertikale Plattenverankerung am armierten Streifenfundament mit Bohrung durch Fundamentvorsprung



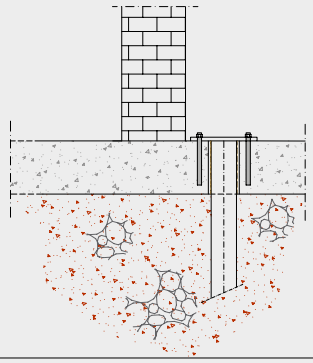
Verankerung mittels Mantelrohr bei Backsteinmauerwerk



Verankerung mittels Mantelrohr am Streifenfundament aus Stampfbeton o.ä. mit Bohrung durch Fundamentvorsprung



Verankerung mit Vergussmörtel + Durchbruchschutz-Platte am Streifenfundament



Verankerung mit Durchbruchschutz-Platte an der Bodenplatte

Die technischen Zeichnungen sind nicht maßstabgetreu. Platten, Verankerungen und Zubehörteile werden nach den technischen Erfordernissen ausgelegt

ENTSCHEIDEN SIE SICH FÜR DAS ORIGINAL

QUALIFIZIERTE TECHNISCHE LÖSUNGEN

Dank überbetrieblicher, technischer Vorgaben werden die qualitativ höchsten Standards gemäß den Referenznormen garantiert.

ZUVERLÄSSIGKEIT UND ERWIESENE VERTRAUENSWÜRDIGKEIT

Seit fast 20 Jahren garantieren wir mit gleichlautendem Firmennamen Sicherheit und Stabilität für Ihre Bauwerke.

TECHNISCHE VORTEILE

- Belastungsprüfung einzelner Pfähle möglich
- Durchführung von statischen Probebelastungen möglich
- kein überschüssiges Material
- schnelle Realisierung und Ausführung
- geringer Aufwand auf der Baustelle
- vibrationsfreies Verpressen der Mikropfähle
- wenn es die Umstände erlauben, ist eine Anhebung auf das ursprüngliche Niveau möglich

MÖCHTEN SIE MEHR ERFAHREN?

KONTAKTIEREN SIE UNS KOSTENLOS UND UNVERBINDLICH
DEUTSCHLANDWEIT STEHT IHNEN UNSER PROFESSIONELLES TECHNIKERTEAM ZUR VERFÜGUNG:

GEOSEC Deutschland GmbH - Ober der Mühle 32-34, 42699 Solingen

UNVERBINDLICHE KOSTENLOSE ORTSBESICHTIGUNG ANFORDERN

Kostenlose Servicenummer
0800 72 42 291
www.geosecdeutschland.de

GEOSEC
GROUND ENGINEERING