

TRM Duktirammpfahl

Schnell, einfach, sicher



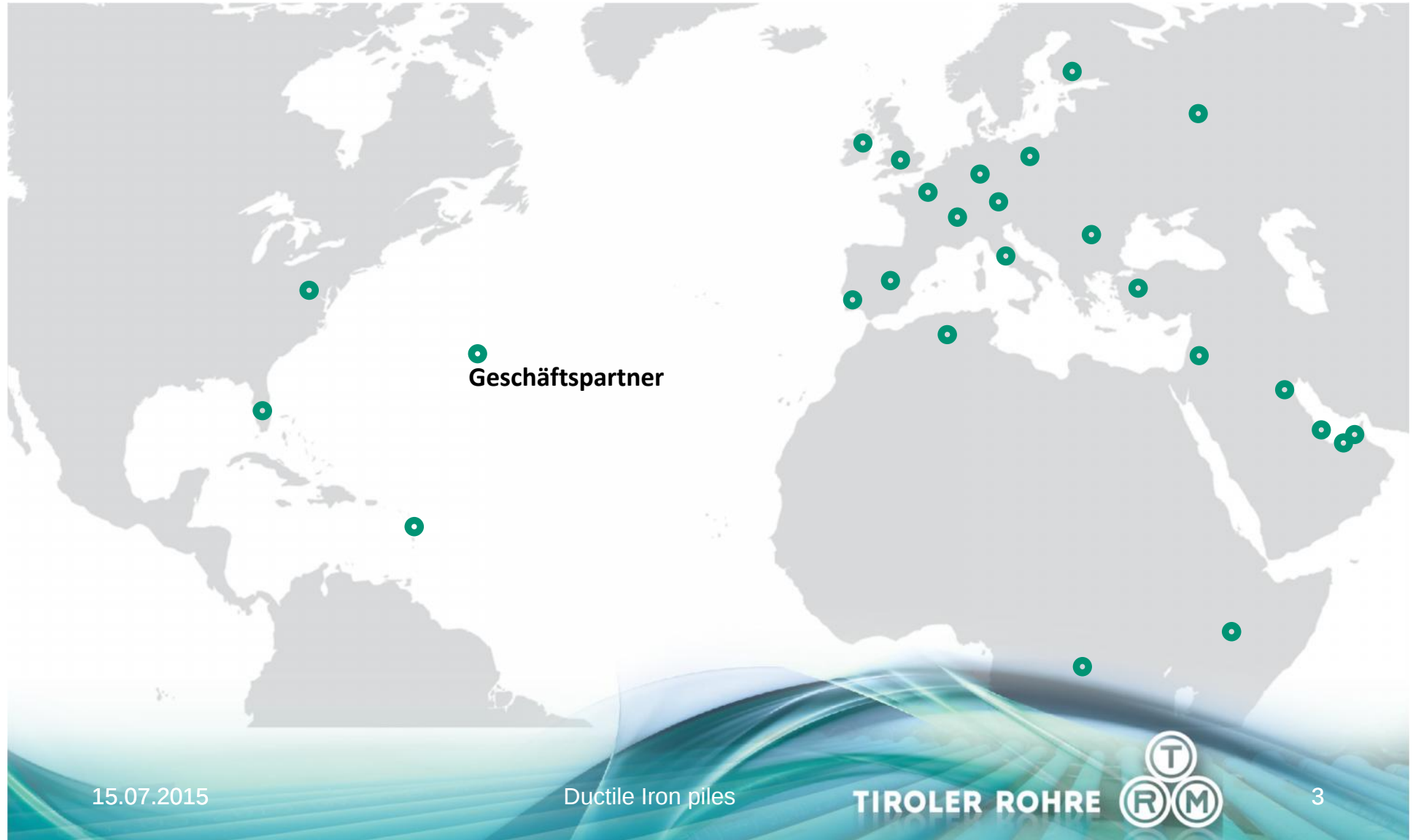
TIROLER ROHRE



Inhalt

Willkommen bei TRM!	Seite 3
Duktec Guss: Schlag- und Korrosionsbeständig!	Seite 10
System TRM: Rammpfähle mit kleinem Durchmesser	Seite 15
Das einzige Plug&Drive Pfahlsystem	Seite 20
Anwendung: Verpresste oder unverpresste Pfähle ?	Seite 40
Universell und sicher: Eine Lösung für alle Projekte	Seite 66
Vorteile des TRM Duktilrammpfahls	Seite 80

Willkommen bei TRM!



15.07.2015

Ductile Iron piles

TIROLER ROHRE 

Lösungen aus duktilem Guss

60 Millionen Euro Umsatz

- TRM ist einer der führenden Anbieter von duktilen Gussrohrsystemen in Europa
- Wir agieren weltweit. Unser Heimatmarkt ist Europa

TRM Geschäftsbereiche

- Systeme für den Wassertransport
- Tiefgründung von Bauwerken

170 Mitarbeiter

- 1 Produktionsstätte in Österreich
- Hauptsitz in Hall in Tirol
- Handelsfilialen in Europa, in den USA und im Mittleren Osten (Syrien, die Arabischen Emirate)



Anwendungslösungen von TRM

Führende Technologien

- Innovative Technologien und professionelle Fachkompetenz, dauerhafte Materialeigenschaften
- TRM entwickelt, produziert und vermarktet hochwertige Systeme mit hoher Leistung

Duktile Gussrohrsysteme

- Pfahlgründungen
- Wasserwirtschaft:
Trinkwasserversorgung,
Abwasserentsorgung,
Beschneigungsanlagen,
Turbinenleitungen
und Feuerlöschsysteme



Industrielle Fertigung im Schleudergussverfahren



15.07.2015

Duktec wird zu 100% aus Recycling Material gegossen



15.07.2015

Duktec ist Umweltfreundlich

100% Recyclingmaterial

- hergestellt aus Alteisen und Eigenbruch
- auch die Pfähle sind wieder verwertbar
- ist Umweltschonend und erhält die Bodenschätze



Lückenlose Qualitätskontrolle

Konstante Qualität

- Verwendung von ausgewählten Stahlschrott
- Nachweis der chemischen Zusammensetzung: laufende Überwachung durch spektrometrische Analyse
- Kontrolle der mechanischen Eigenschaften

Zertifizierter Fertigungsprozess

- Europäische Technische Zulassung ETZ/07/0169
- CE Kennzeichnung
- Zertifiziert nach ISO 9001:2000



Duktec-Guss: Schlag- und Korrosionsbeständig!

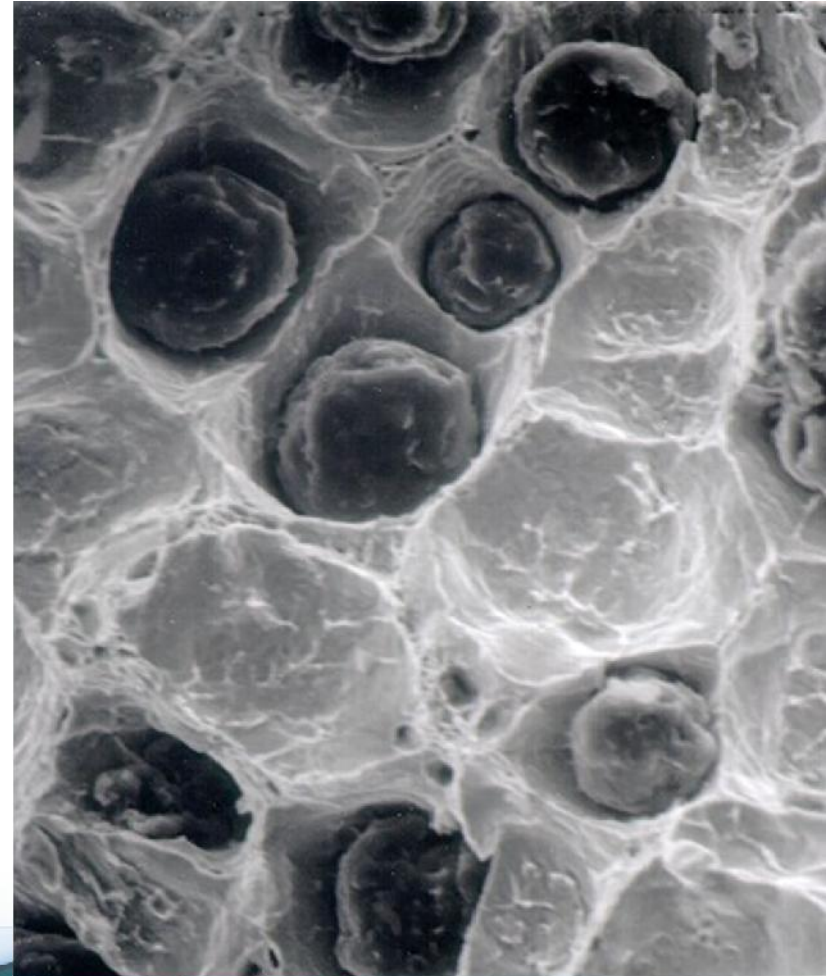


15.07.2015

Stark: die Rohre vertragen ein intensives Rammen

Duktec Guss

- Guss mit ferritischem Gefüge
- Der Kugelgraphit bedingt die Stoßfestigkeit des duktilen Guss
- Hohe Schlagfestigkeit: kein Risiko von Brüchen oder Rissen
- Tiefe Pfähle und hohe Traglasten können Problemlos hergestellt werden



Duktil: unsere Pfähle verbinden Widerstand und Flexibilität

Hohe Elastizität

- Gute Dauerschwingfestigkeit, ähnlich Baustahl
- Gute Eigenschaften in Erdbebenzonen: Flexibilität!
- Hohe Verformbarkeit vereint mit einer hohen Widerstandsfähigkeit
- Große Dämpfungsfähigkeit von Vibrationen
- Gutes Verhältnis Tragfähigkeit/Gewicht
- Schlanke Pfähle mit hohem Widerstand: geringer Abstand



Dauerhaft: Schutz vor Korrosionsrisiken!

Nutzungsdauer >100 Jahre

- Kohlenstoffgehalt (> 3,5%) und Silizium (> 2%) höher als bei Baustählen
- Der Kohlenstoff Überschuss verhinderte eine flächige Ausbreitung der Korrosion
- Das Silizium bildet einen extrem zähen silikaten Schutzüberzug
- Höherer Korrosionswiderstand als unlegierte Baustähle



Duktec: das neue Material für Rammpfähle

Kohlenstoff C [%]	Silizium Si [%]	Mangan Mn [%]	Phosphor P [%]	Schwefel S [%]	Magnesium M [%]
3,5-3,8	2,2-2,6	<0,4	<0,09	<0,01	0,03-0,05

Chemische Zusammensetzung des duktilen Gusses Duktec gemäß der DIBt Zulassung Z -34.25-230

Zugfestigkeit [MPa]	Druckfestigkeit [MPa]	Streckgrenze bei 0.2% [MPa]	Bruchdehnung [%]	E - Modul [MPa]	Dichte [kg/m³]	Brinell - Härte [HB]
≥420	700	≥320	≥10	160.000	7.050	≥230

Mechanische Eigenschaften des duktilen Gusses Duktec gemäß der DIBt Zulassung Z -34.25-230

Bis zu 975 m Rohre mit einem LKW



15.07.2015

Schnell, einfach: Rohrverbindung ohne Aufwand

Standard – kurze Baulänge 5,0 m

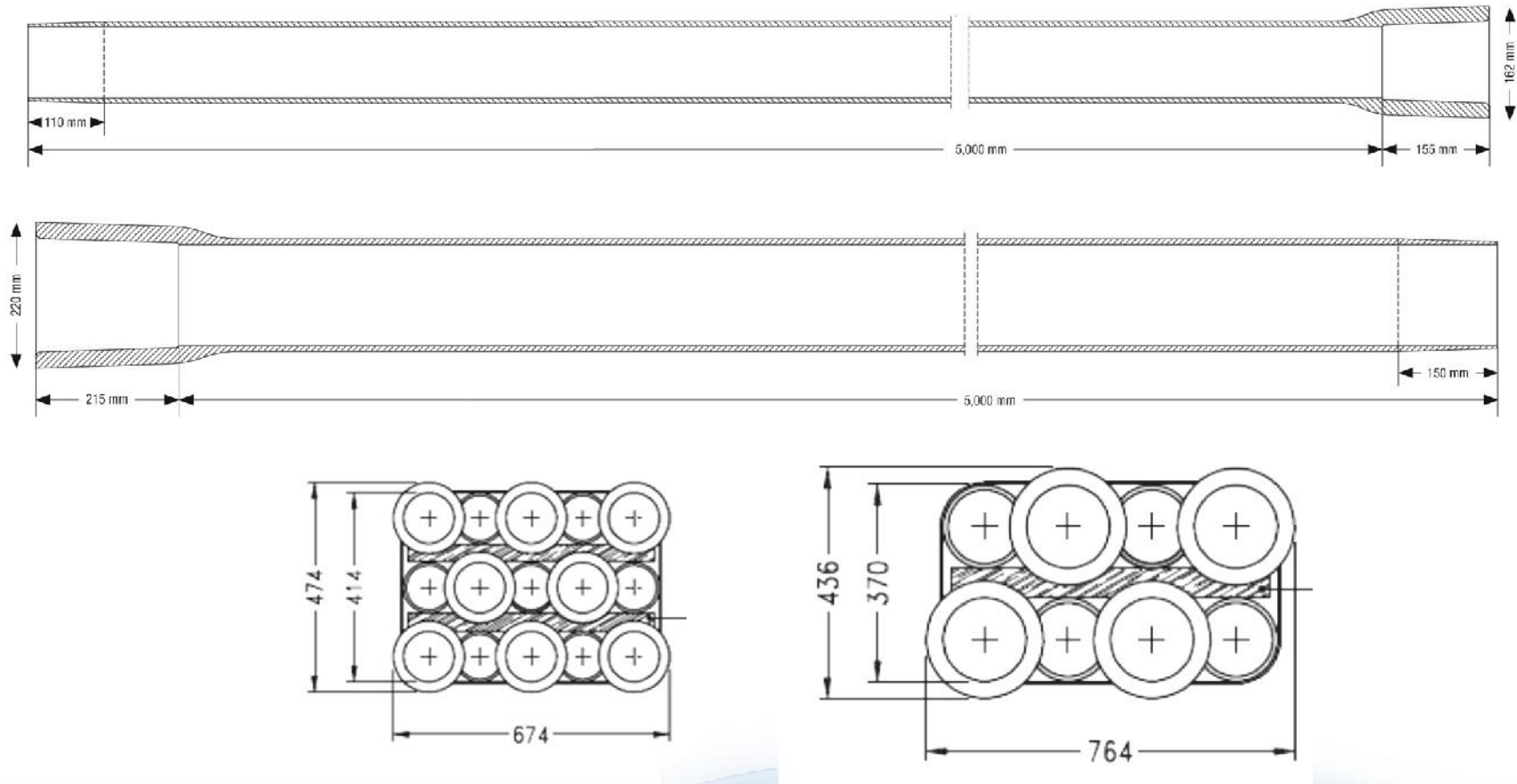
- Einsatz von leichten und kompakten Geräten ohne Lafette
- Günstige Transportkosten bis zu 975 m pro Ladung direkt auf die Baustelle
- Seetransport im 20' Container möglich
- Einfache Logistik geringe Anforderung an den Lagerplatz
- Sicheres Handling der einzelnen Elemente



Eine Standardlänge, 5 Rohrvarianten zur Auswahl!

Aussendurchmesser [mm]	Wandstärke [mm]	Baulänge [m]	Gewicht [kg/m]	Rohrgewicht Länge = 5,0 m [kg]	Durchmesser der Verbindung [mm]	Querschnitt [mm ²]
Ø 118	7,5	5,0	21,0	105	160	2.604
Ø 118	9,0	5,0	24,4	123	160	3.082
Ø 118	10,6	5,0	28,0	142	160	3.577
Ø 170	9,0	5,0	37,2	186	218	4.552
Ø 170	10,6	5,0	42,6	213	218	5.308

Standardlänge von 5.0 m für alle Varianten



Lagerhaltung aller Rohrdimensionen



15.07.2015

Die einzigartige Steckmuffenverbindung



15.07.2015

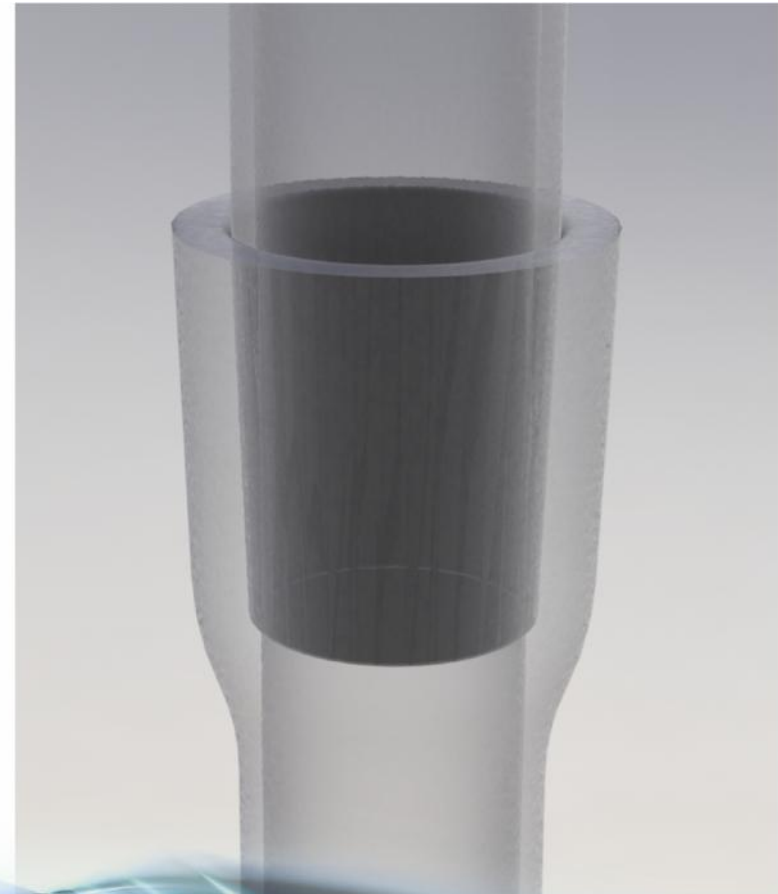
TIROLER ROHRE 

20

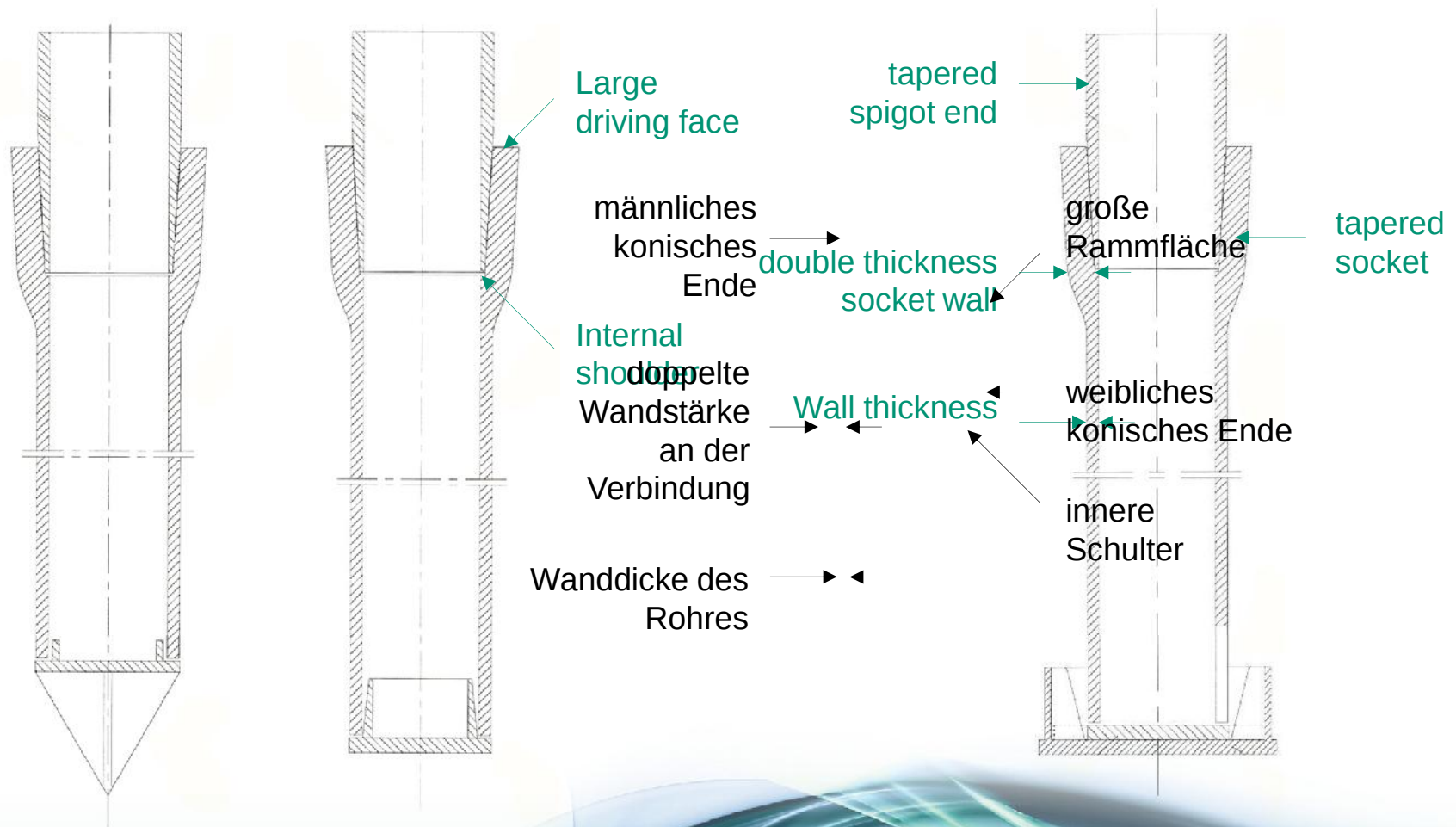
Plug&Drive® Pfahlverbindung mit hohem Knickwiderstand

Konische Verbindung Plug & Drive

- Die konischen Enden (Männchen/Weibchen) verbinden sich, indem sie einen Teil der Schlagenergie absorbiert
- Kaltverschweißung an den rauen Oberflächen der Muffe
- Elastische Verformung: radiale Einspannung
- erhöhte Biegesteifigkeit im Bereich der Muffe
- Garantierte konzentrische Ausrichtung der Rohre
- schnelle Ausführung: Zeit- und Kostenersparnis gegenüber Schweißverbindungen oder mechanischen Kupplungen



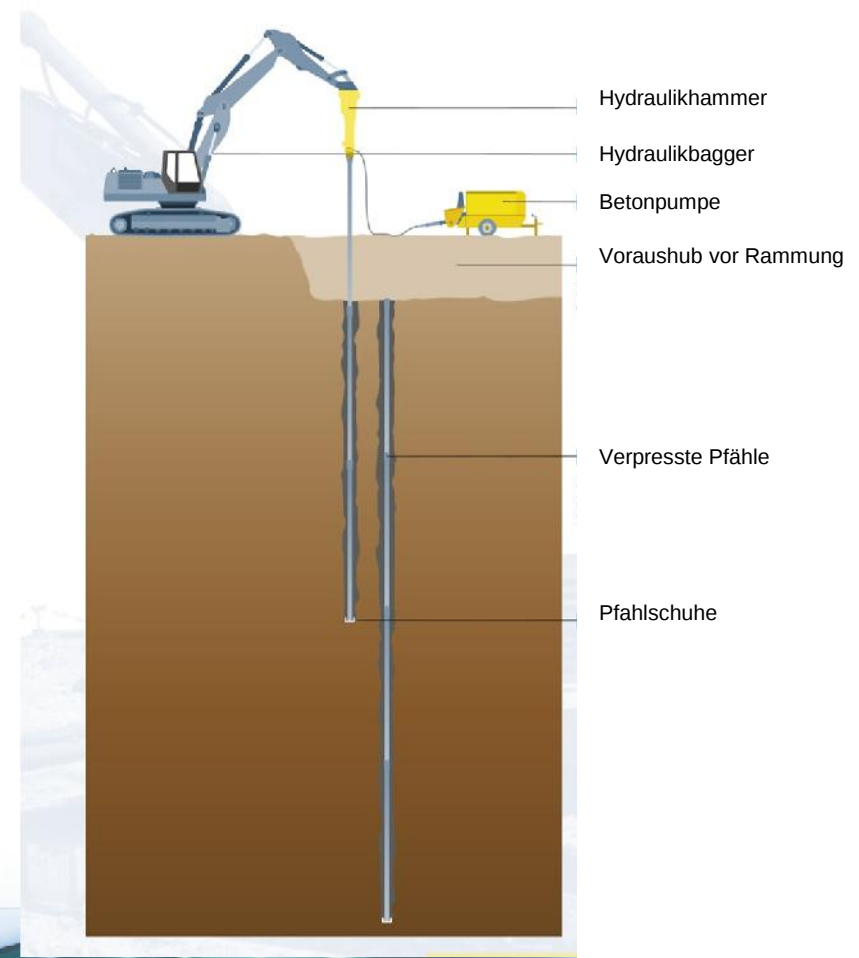
Plug & Drive ersetzt schweißen und schrauben



Variabel: beliebige Pfahllängen wie benötigt!

Endlos verlängerbar

- Verlängern und kürzen des Pfahls ist jederzeit möglich
- Sehr große Pfahllängen sind machbar
- Die TRM-Pfähle sind bis zu Tiefen von 70 m in Portugal und in Österreich eingebaut worden
- Integrität und Kontinuität der Pfahlbewehrung sind sichergestellt
- Sofortige Herstellung des Pfahlkopfes: spart Kosten und Zeit, gegenüber traditioneller Kopfbearbeitung



System TRM: Rammpfähle mit kleinem Durchmesser



15.07.2015

Sicher: Vibrationsarmes Pfahlsystem

Hydraulischer Schnellschlaghammer

- Hohe Schlagfrequenz: große Produktivität
- Konstruiert für schwere Abbrucharbeiten und Arbeiten im Steinbruch
- Schlagenergie von 3.000 bis 5.000 Joule
- Einfache Montage am Bagger
- Gemessene Erschütterungen, unterhalb der kritischen Schwelle für sehr empfindliche Konstruktionen
- Ausführung der Pfähle in unmittelbarer Nähe zu bestehenden Gebäuden (40 cm Achsabstand)
- Höhere Traglast der gerammten Pfähle, gegenüber gerüttelten Pfählen (Transvib 2006)



Schwere Hydraulikhämmer: Maximale Leistung !

Atlas Copco	Gewicht des Baggers [t]	Einsatzgewicht [kg]	Ölmenge [l/min]	Öldruck [bar]	Schlagzahl [1/min]	Werkzeugdurchmesser [mm]
MB 1700	19-32	1.700	130-170	160-180	320-600	140
HB 2000	22-38	2.000	150-190	160-180	300-625	145
HB 2500	27-46	2.500	170-220	160-180	280-550	155

Montabert	Gewicht des Baggers [t]	Einsatzgewicht [kg]	Ölmenge [l/min]	Öldruck [bar]	Schlagzahl [1/min]	Werkzeugdurchmesser [mm]
V 1200	18-30	1.739	120-170	155	540-770	122
V 1800	20-30	1.884	140-220	165	310-800	140
V 2500	27-40	2.571	175-250	155	350-800	160

Einfache Anbringung am Bagger



15.07.2015

Herstellung in 40 cm Abstand zum Bestand



15.07.2015

Sauber: Duktile Pfähle erzeugen kein Bohrgut

Keine Bohrgutförderung

- keine zusätzlichen Transportkosten, weniger Baustellenverkehr
- Kontaminierte Böden: keine Deponie- und Entsorgungskosten
- Keine Druckluft- oder Wasserspülung: Saubere Baustelle, sichere Straßen/Verkehrszonen



Keine Druckluft- oder Wasserspülung: Sichere Wege



15.07.2015

TIROLER ROHRE 

30

Sicher: Rammpfähle verbessern den Baugrund

Verdrängung des Bodens

- Erhöhung der mechanischen Eigenschaften des umliegenden Bodens durch Verdrängung und Verdichtung
- Geringe Bodenstörungen: keine Bodenhebung, hohe Stabilität in komprimierbaren Böden
- Ausführung bei Grundwasser und/oder artesisch gespanntem Wasser möglich
- Bis zu 45° schräge Pfähle: zum Abtrag von Horizontalkräften
- Verlängerung über das Gelände für aufgeständerte Bauten einfach möglich



Geringe Pfahlabstände



15.07.2015

Sichere Ausführung bei hohem Grundwasserstand



15.07.2015

Mögliche Neigung der Pfähle bis zu 45 Grad



Schnell: kompaktes und leichtes Rammgeräte!

Hydraulische Standardbagger

- schnelle Mobilisierung, schnelles umsetzen!
- mögliche Errichtung der Pfähle bis zu 4 m Abstand vom Bagger und auf anderen Gründungsniveaus
- mögliche Arbeit unter beschränkter Höhe, die auf 5,0/7,5m begrenzt ist
- nur eine Maschine für die Handhabung und das Schlagen
- geringe Anforderungen an Rammebene / Zufahrt



Arbeiten auf unterschiedlichen Ebenen



15.07.2015

Einbau bei beschränkter Raumhöhe



15.07.2015

Arbeiten auf Böden mit geringer Tragfähigkeit



15.07.2015

Hohe Tragfähigkeit, im Vergleich zum Pfahldurchmesser



15.07.2015

Bemessungswerte $R_{i,d}$

		Bemessungswert für mantelverpresste Pfähle (kN)			
		Mit Betonfüllung		Ohne Beton	
Typ	Wandstärke [mm]	C20/25	C25/30	Pfahl	
118	7,5	944	972	833	
118	9,0	1.091	1.117	986	
118	10,6	1.243	1.267	1.144	
170	9,0	1.699	1.759	1.457	
170	10,6	1.930	1.988	1.699	

Tabelle 2: Bemessungswerte $R_{i,d}$ der Querschnittstragfähigkeit von Pfählen mit innerer Betonverfüllung und Betongüte C20/25 und C25/30

Der Einsatz: verpresst oder unverpresst?



15.07.2015

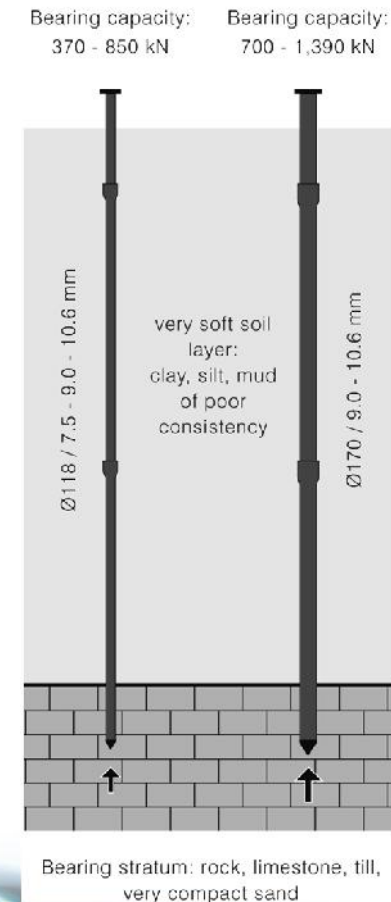
Aufstandspfähle in Fels oder sehr harten Böden

Aufstandspfähle

- TRM Duktillrammpfähle werden bis zum stillstand in den Felsen oder in sehr harte und dicht gelagerte Bodenschichten eingerammt
- Die nachträgliche Betonverfüllung erhöht die Tragfähigkeit

Hohe Tragkraft

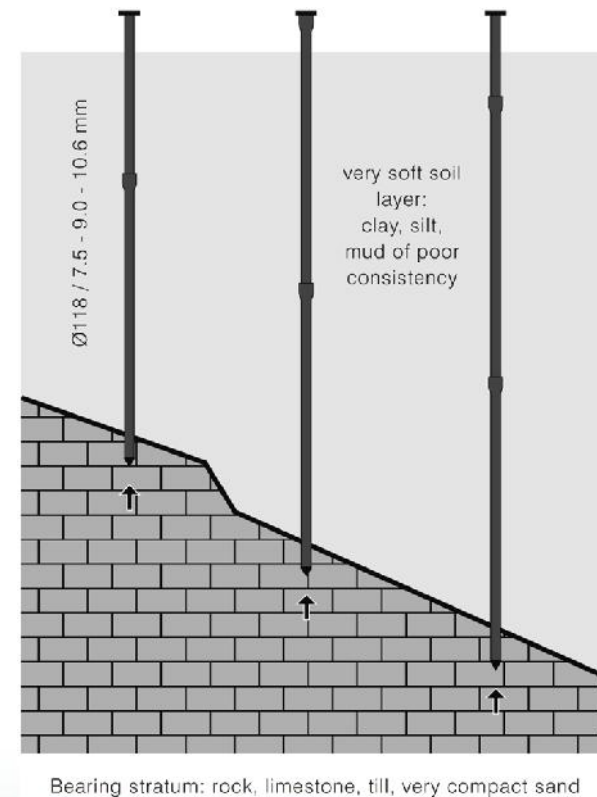
- Die zulässige Tragkraft ist nur von den Materialkennwerten abhängig und einer eventuellen Knickgefahr ($c_u < 15 \text{ N/mm}^2$)
- Zulässige Drucklasten bis zu 1,400 kN



Optimale Anpassung an den tragfähigen Untergrund

Flexibles Pfahlsystem

- Die Tragfähigkeit wird beim Rammen überprüft
- Die Aufzeichnung des Rammverlaufes dokumentiert die erfolgreiche Pfahlinstallation
- Duktilrammpfähle können beliebig auf die Endhöhe gekürzt oder durch das Plug & Drive System verlängert werden
- Die Pfähllängen können einfach an den tragfähigen Untergrund angepasst werden



Rammen mit mitlaufender Verpressung

Alles auf einmal

- Rammen und Verpressen geschieht in einem Arbeitsgang
- Das Anfangsrohr wird mit einem vergrößerten Rammschuh versehen der während des Rammens einen Ringraum im Boden erzeugt
- Der Hohlraum wird kontinuierlich von der Spitze aus mit Mörtel verfüllt, während der Pfahl eingerammt wird
- Duktirammpfähle können in allen weichen und lockeren Böden ohne Verrohrung eingebracht werden



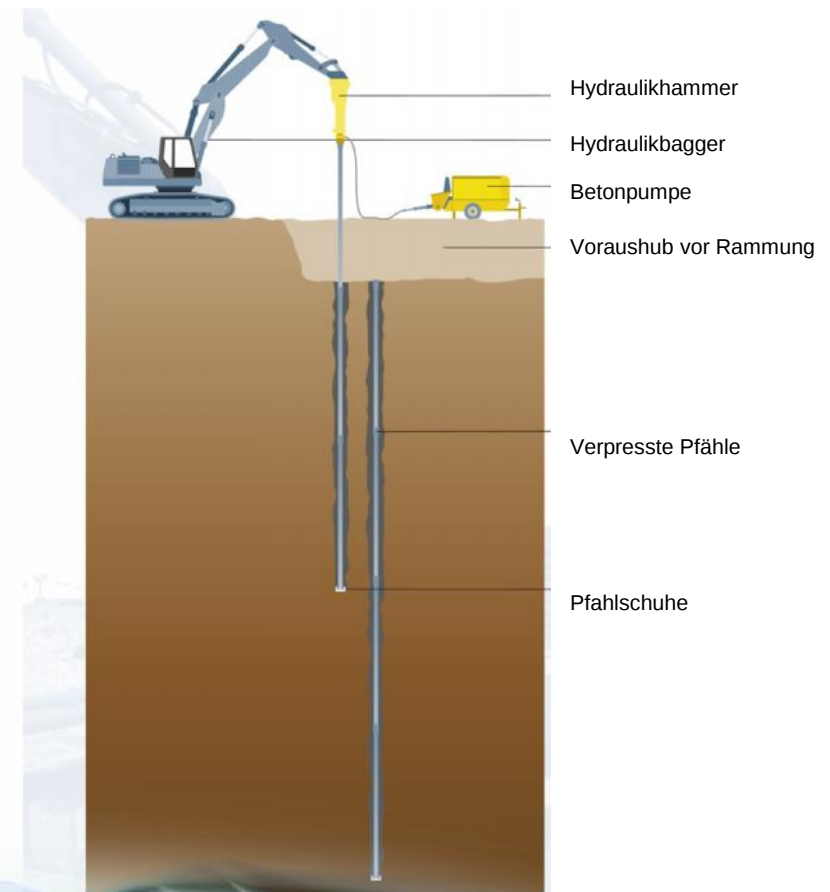
Verpressen verringert die Mantelreibung beim Rammen

Große Tiefen möglich

- Mörtel wird aus dem Rammschuh ausgepresst und bildet eine Gleitzone um den Pfahlschaft
- Dies reduziert die Mantelreibung und die nötige Rammenergie während des Einbaus
- Duktirammpfähle können mit kompakten Standardbaggern bis in große Tiefen eingebaut werden

Gute Verzahnung von Pfahl und Boden

- Die erhärtete Mörtelschicht verklebt den Pfahlschaft mit dem umgebenden Boden, das erzeugt die nötige Mantelreibung



Schnell, einfach: Reduziert die Bauzeit !

Hohe Tagesleistung

- Einfache Verbindung der 5m langen Rohre durch Plug & Drive
- Hohe Tagesleistung: 200 bis 400 laufende Meter
- Sofortige Herstellung des Pfahlkopfes



Wirtschaftliche und kostengünstige Tiefgründung

Wettbewerbsfähiges System

- Kein Nachbearbeiten der Pfahlköpfe
- Kein Verschnitt: Rohrabschnitt wird für den nächsten Pfahl weiterverwendet
- Vollverdrängungssystem: Kein Bohrgut anfall
- keine Leerrammung: Pfahlansatz auf Endhöhe
- Kein nachverpressen nötig



Sofortiges abschneiden auf Endhöhe



Kontrolle des Duktildfahls nach dem Einbau



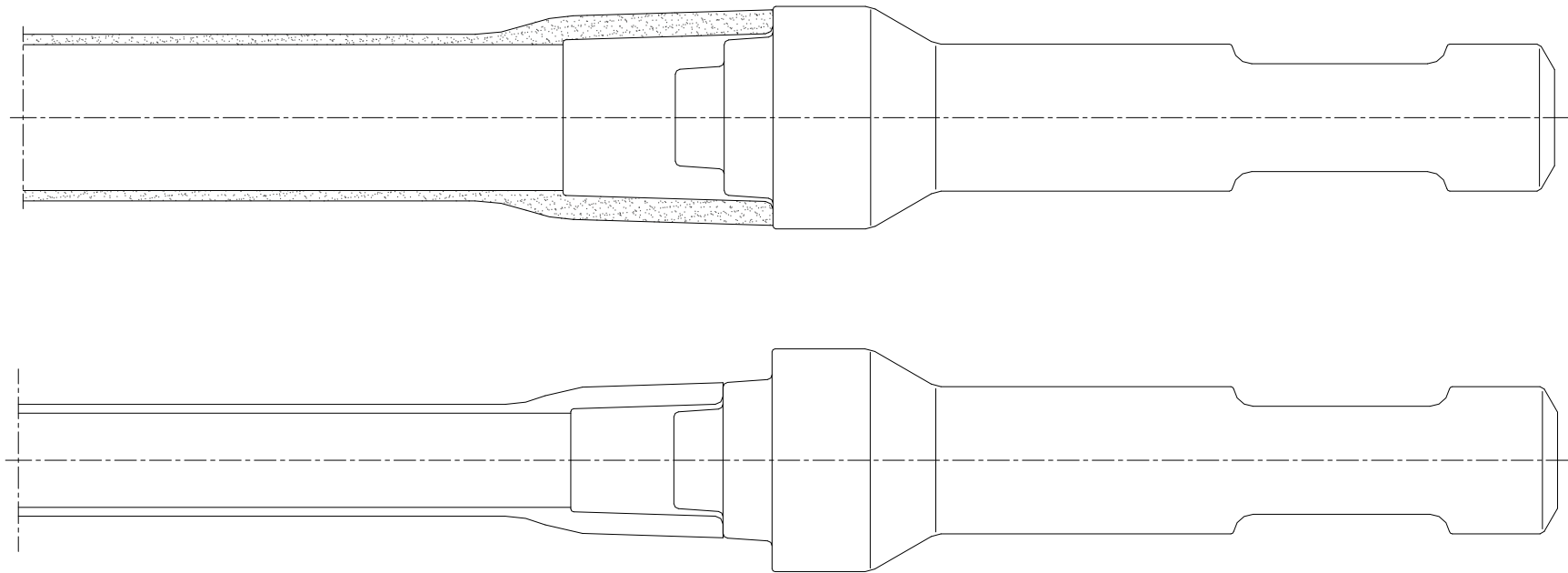
Der Überstand wird für den nächsten Pfahl genutzt



Zubehör für das TRM Pfahlsystem!



Doppelschlagstück für Typ 170 und 118



Schlagstück für verpresste und unverpresste Pfähle



Verpressen garantiert einen effektiven Korrosionsschutz

Wirksamer Korrosionsschutz

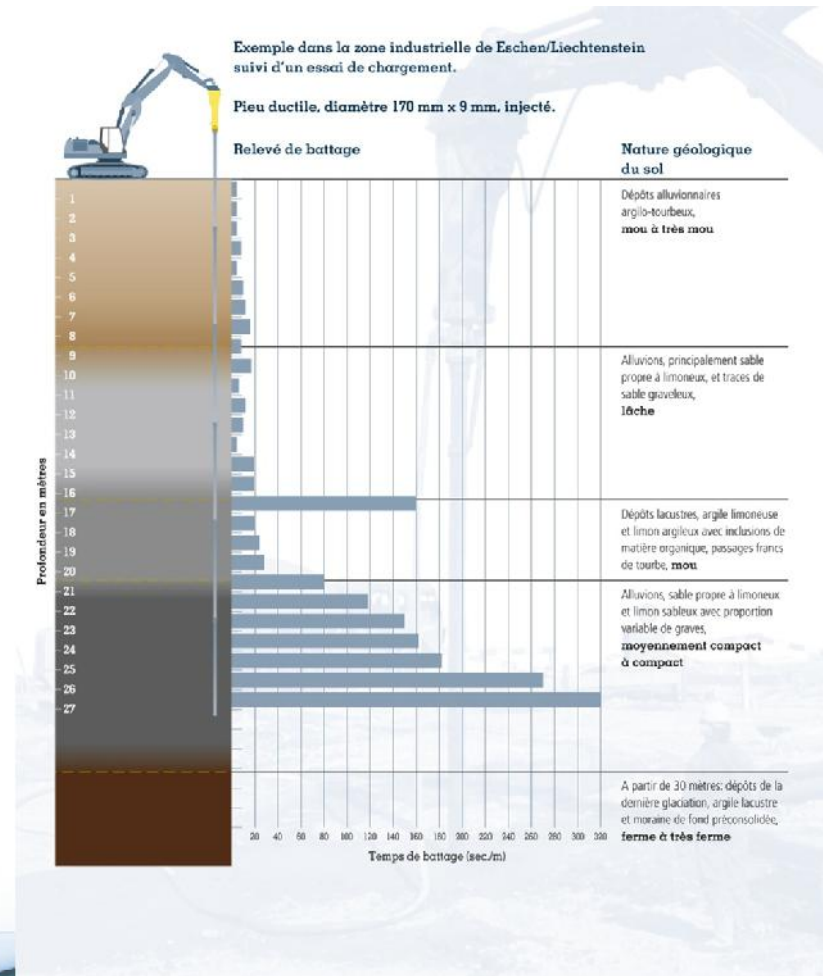
- Kontinuierlicher 5 cm starker Betonmantel verlängert die Lebensdauer des Systems (>50Jahre)



Nachweis der äußeren Tragfähigkeit während der Herstellung

Direkte Korrelation

- Der gemessene Eindringwiderstand wird als Kriterium für die Tragfähigkeit der angefahrenen Bodenschichten herangezogen.
- Korrelation zwischen Rammzeiten und Mantelreibunsbeiwerte
- Anpassung der Pfahllänge an die Tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnisse



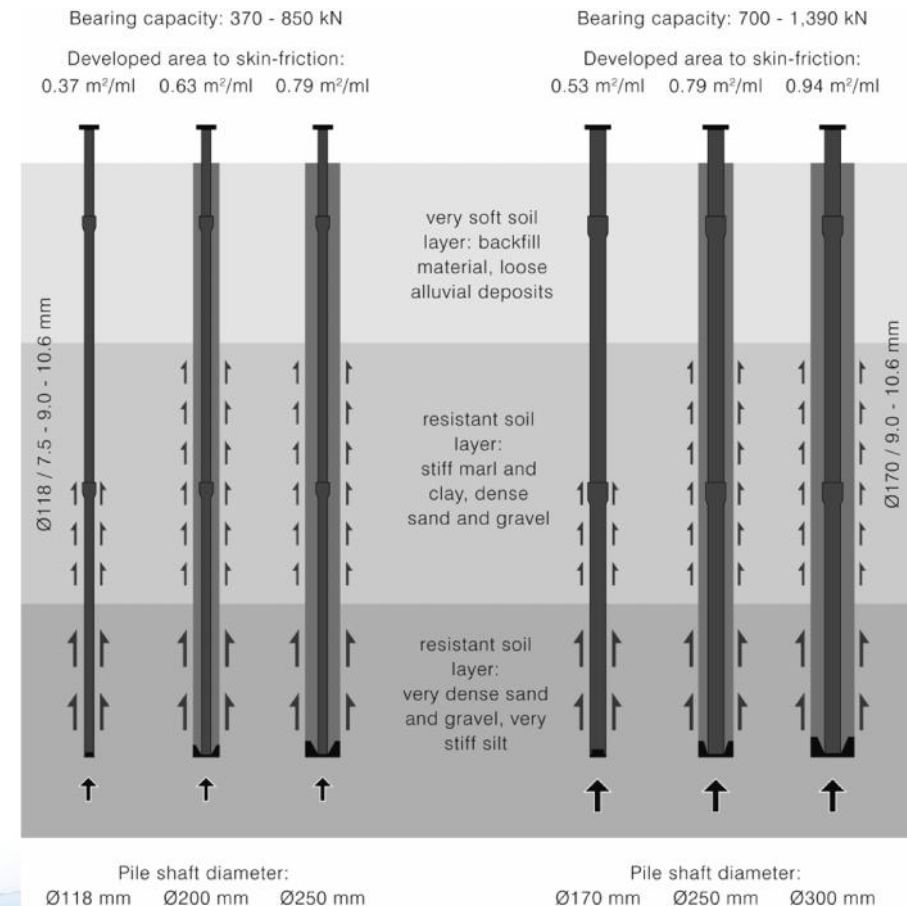
Verpressen erhöht die Mantelreibung und den Spitzendruck

Kombinierte Mantelreibungs- und Aufstandspfähle

- Duktirammpfähle entwickeln hohe Mantelreibungswerte sowohl in bindigen als auch nichtbindigen Böden
- Duktirammpfähle werden in den Boden gerammt, bis die berechnete Länge oder die nötige Tragkraft erreicht ist

Längenoptimierung

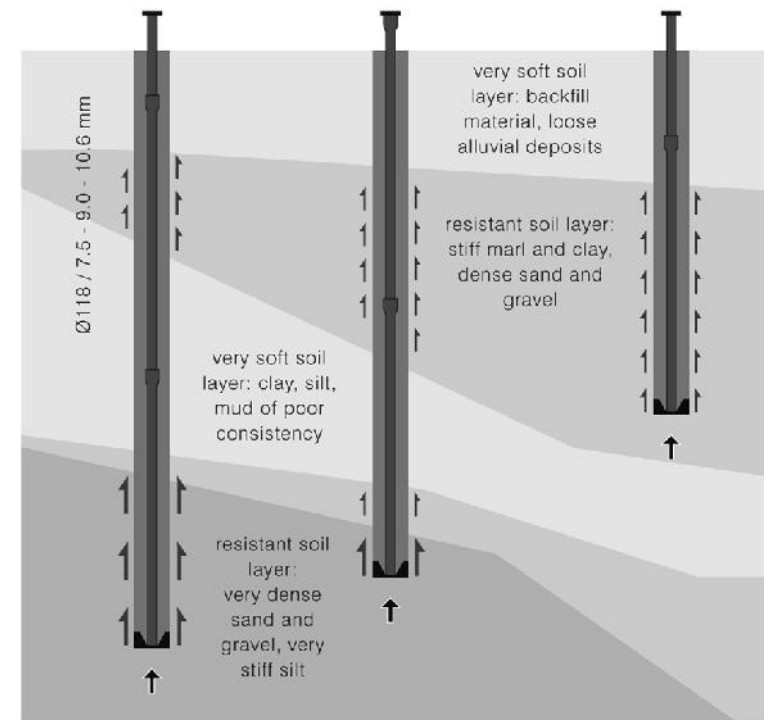
- Duktirammpfähle benötigen geringer Pfahllängen im Vergleich zu gebohrten Micropfählen



Gleichzeitiges Rammen und Verpressen

Direkte Korrelation

- Die gemessenen Rammzeiten in den unterschiedlichen Bodenschichten zeigen die zulässige Mantelreibung an.
- Korrelation zwischen Rammzeit und vorhandener Mantelreibung



Pile shaft diameter: 250 mm diameter / Developed area for friction: $0.79 \text{ m}^2 \text{ per m}$

Mantelreibung in nicht bindigen Böden

Rammzeiten [s/m]	Lagerungsdichte	Standard Penetration Test SPT N30	Dynamic Probing Medium DPM N10	Dynamic probing heavy DPH N10	Mantelreibungs- werte [kN/m ²]
gedrückt	sehr locker	<4	0-4	0-2	0
5-10	locker	4-10	4-11	3-5	40
10-20	mitteldicht	10-30	11-26	6-15	80
20-30	dicht	30-50	26-44	16-30	120
>30	sehr dicht	>50	>44	>30	150

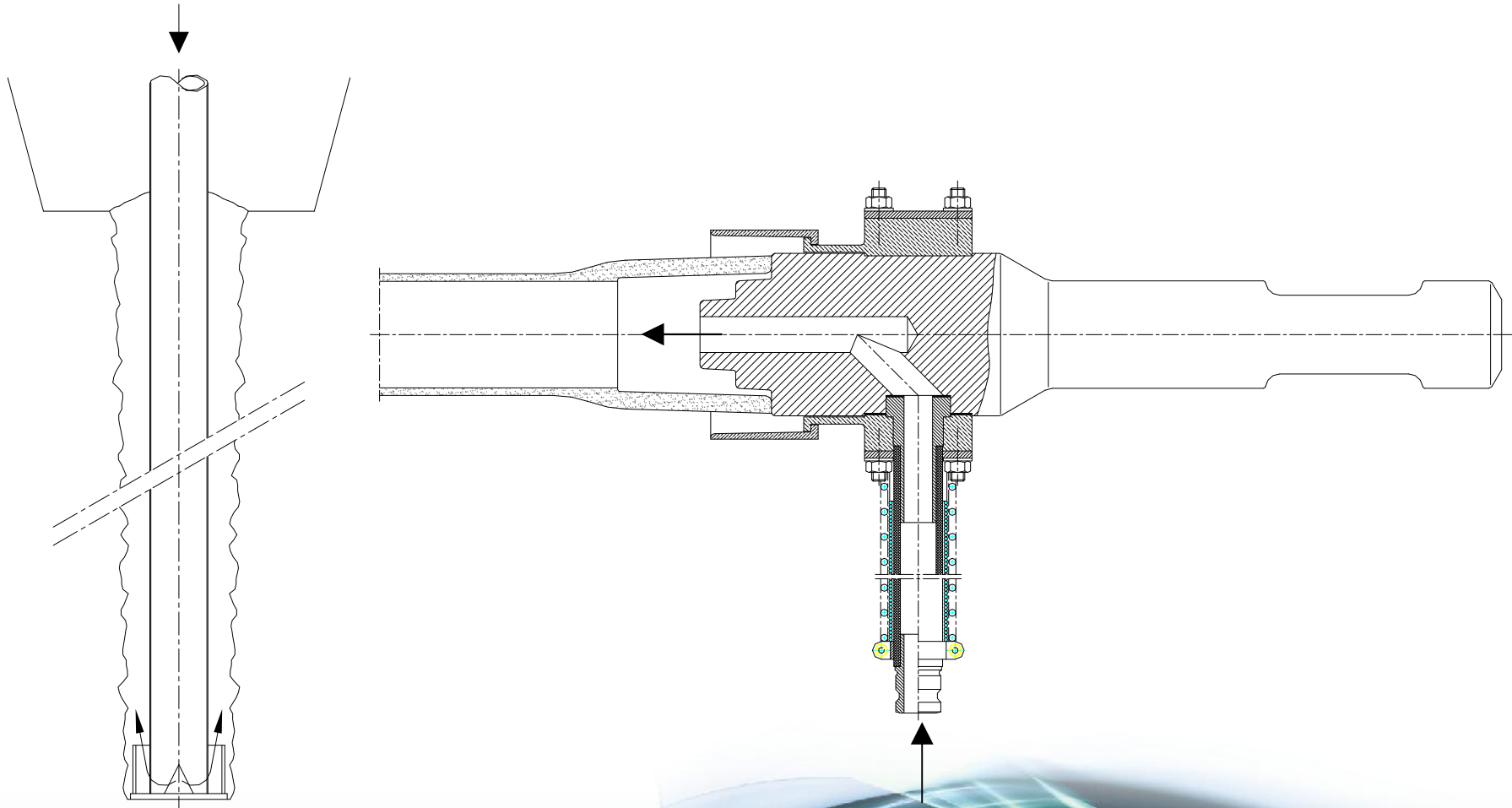
Korrelation zwischen Rammzeit, Schlagzahl Rammsondierungen und zugeordneten Mantelreibungsbeiwerte für nicht bindige Böden
(Sicherheitsbeiwert 2,0 enthalten)

Mantelreibung in bindigen Böden

Rammzeiten [s/m]	Lagerungsdichte	Standard Penetration Test SPT N30	Dynamic Probing Medium DPM N10	Dynamic probing heavy DPH N10	Mantelreibungs- wert [kN/m ²]
gedrückt	breiig - weich	0-2	0-3	0-1	0
5-10	weich - steif	3-8	3-8	2-5	20
10-15	steif	8-15	8-14	5-7	40
15-30	halbfest	16-30	14-28	8-15	70
>30	fest	>30	>28	>15	100

Korrelation zwischen Rammzeit, Schlagzahl Rammsondierungen und zugeordneten Mantelreibungsbeiwerte für bindige Böden (Sicherheitsbeiwert 2,0 enthalten)

Mörtelinjektion während des Rammens



Betonpumpe: Zementmörtel 0-4 mm



15.07.2015

Verpressung mit Mörtel 0-4 mm oder Zementsuspension

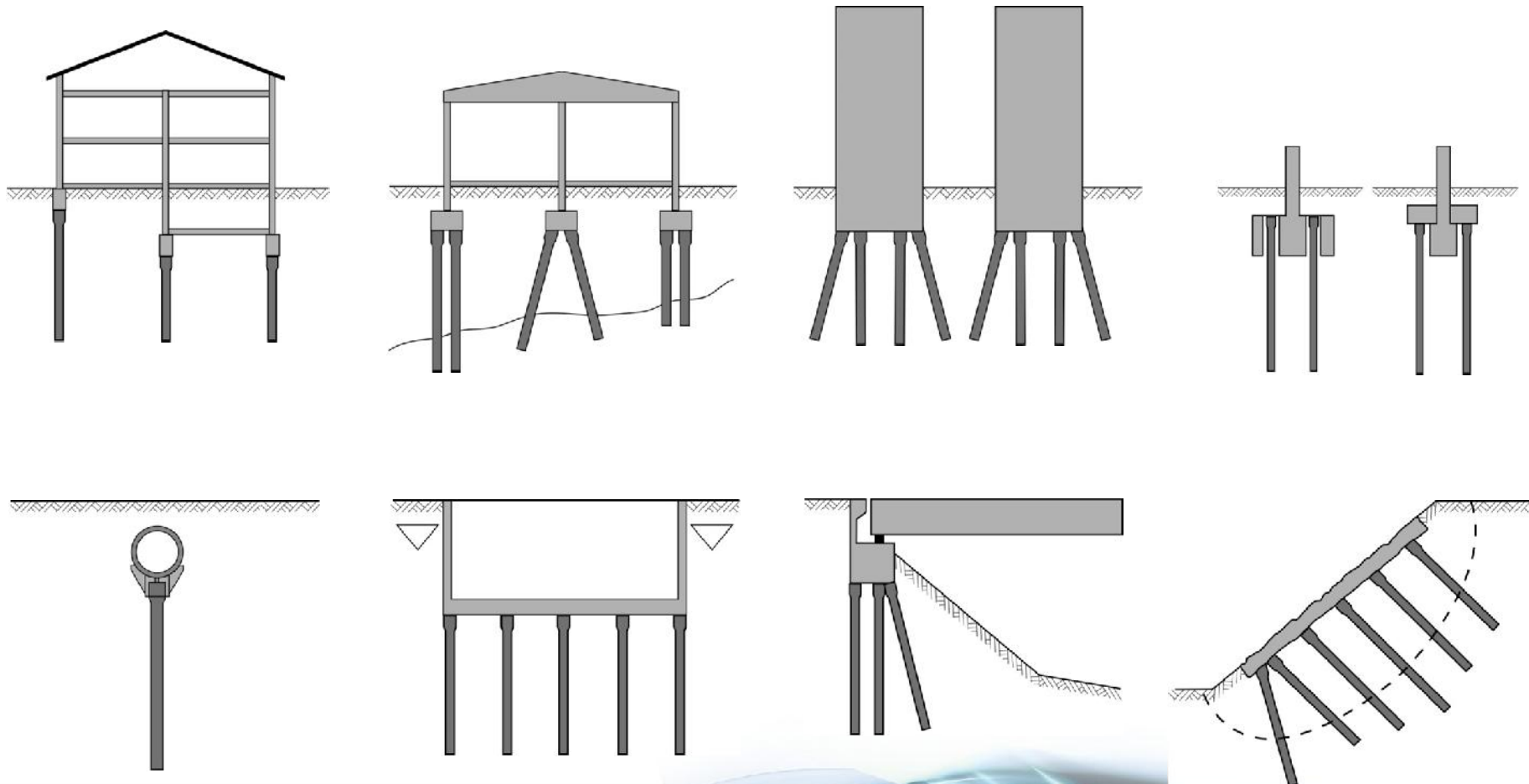


15.07.2015

Alternative Verpressung: Trockensilomörtel



Anwendungsbereiche



Fundamentierung der Fertigteilfundamente in 10 Tagen



Leistung 390 m/Tag



3.900 m verpresste Pfähle 118/7,5; Länge 10,0-15,0 m; Last 600 kN

15.07.2015

Fundamente für einen Solarpark



Der Lastabtrag der Solarmodule erfolgt durch je 3 Pfähle



Verpresste Pfähle 118/7,5 von 15,0 bis 25,0 m



Solarpark Lebrija 3,2 MW, Spanien

Gründung einer Hochspannungsleitung



Verpresste Pfähle 170/9,0 und 118/7,5 von 8,0 bis 15,0 m



Maximale Pfahllasten von 1.010 kN Druck und 920 kN Zug

Nachgründung unter beschränkter Höhe



Fundamentverstärkung mit 1,900 m verpresster Pfähle 118/7,5



Rammen unter beschränkter Höhe von 7,5 m



Umnutzung als Ausstellungs- und Lagerhalle

Schnelle Gründung einer 2spurigen Brücke



10 Pfähle je Widerlager mit einer Gebrauchslast von 950 kN



Verpresste Pfähle 170/9,0, Länge 12,5 m



2 Arbeitstage incl Baustelle einrichten und räumen

3000 Pfähle für ein Lärmschutzwand



Verpresste Pfähle 118/7,5: 30.000 m in 30 Wochen



Pfahlgruppen für Druck- Zug und Horizontallasten

Fundamente für eine neue Mole in Dublin



Pfähle 118/9,0 im Salzwasser



Korrosionsbeständig durch große Wandstärke für 100 Jahre

Gründung unter beengten Verhältnissen



1.200 m verpresste Pfähle 118/7,5 und 118/10,6: Länge 7,0-8,0 m



Rammen der Pfähle am bestehenden Gebäude

Böschungssicherung



2.500 m verpresste Pfähle 170/10,6 mittlere Länge 9,0 bis 10,0 m



Böschungswinkel 1:2



Ausführung ohne Verkehrsbehinderung

Pfahlgelagerte Abwasserleitung

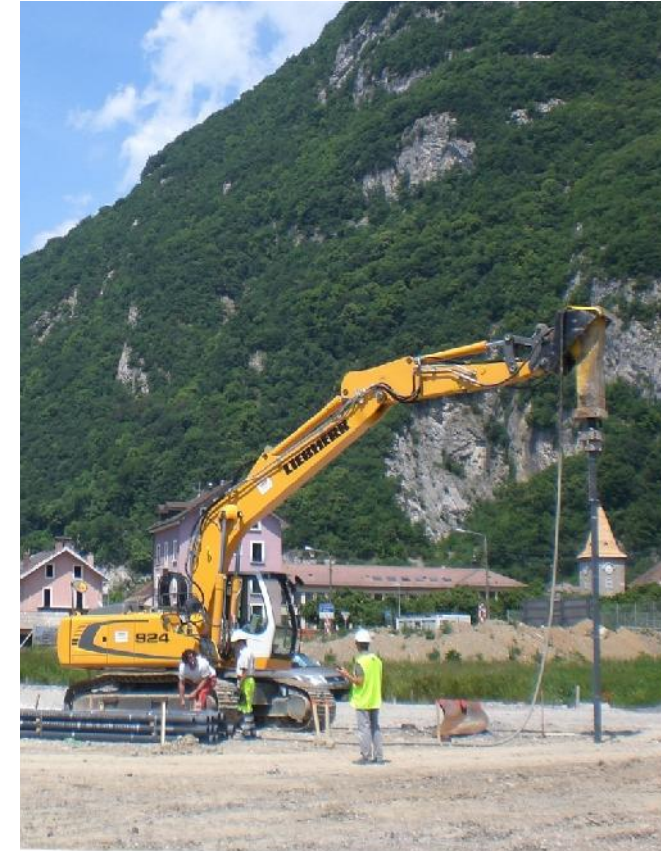


Duktilpfähle 118/7,5 mit Rohrsattel garantieren das Gefälle der Abwasserleitung DN 500 im nichttragfähigen Erdreich

Gründung einer Feriensiedlung



2.700 m verpresste Pfähle 118/7,5 im Grundwasser: Länge 10,0-15,0 m



Unterschiedliche Lasten von 100 kN bis 240 kN

Über 16.000 m Pfahlgründungen für Windkraftanlagen



Maximallasten von 961 kN Druck, 357 kN Zug



32 verpresste Pfähle 170/10,6 für Windturbine Vestas V90

Vorteile der Verwendung von Duktirammpfähle

1. **Erschütterungsarm: Pfähle können im Abstand von 40 cm zu bestehenden Gebäuden erstellt werden**
2. **Selbsttestend beim Einbau, effizient, Bodenverbesserung durch das Rammen**
3. **Kein Bohrgut, kein Pfahlüberstand, keine Kopfbearbeitung, keine Härtezeit**
4. **Hohe Produktivität, geringe Mobilisierungskosten, kurze Bauzeit**
5. **Hoher Schlag- und Korrosionswiderstand, Jahrzehntelange nachweisbare erfolgreiche Fundamentierungen**
6. **Pfähle fertig für die nachfolgenden Gewerke**

Der TRM – Duktilrammpfahl

Einfache Anpassung der Pfähle an die Bodenverhältnisse

thomas.aumueller@trm.at