

# BAUER

## Baugrundverbesserung

Verfahren



## Baugrundverbesserung Merkmale

- Erhöhung der Tragfähigkeit
- Reduzierung von Setzungen
- Reduzierung von Bodenverflüssigung bei Erdbeben
- Kein Aushub – keine Umweltbelastung durch aufwendige Transporte und Deponierung bei kontaminierten Böden
- Keine Grundwasserabsenkung – niedrige Genehmigungsanforderung – und keine Gefährdung umliegender Bauwerke
- Entstehende Gründungsverhältnisse analog zu natürlichen Böden mit ausreichender Tragfähigkeit
- Hohe Umweltverträglichkeit durch Einbau natürlicher Füllmaterialien
- Selbsterkundende Verfahren immanente Anpassung erzielbarer Tiefen und Durchmesser an wechselnde geologische Parameter



## Meilensteine

- 1962** Bauer entwickelt und konstruiert den ersten Tiefenrüttler auf der Basis eines hydraulischen Antriebes
- 1971** Collini-Center, Mannheim, Deutschland, Rüttelstopfverdichtung 50.000 m<sup>3</sup>, bis zu 12 m Tiefe
- 1975** Las Palmas, Gran Canaria, Rütteldruckverdichtung 250.000 m<sup>3</sup>
- 1978** Thuwal, Saudi-Arabien, Rütteldruckverdichtung 160.000 lfm., Hafendarbeiten, Arbeiten vom Ponton
- 1988** Cardiff, Großbritannien, Rüttelstopfverdichtung 24.000 lfm., 9 – 10 m Tiefe, Straßenunterbau
- 1990** Singapur, Rüttelstopfverdichtung 230.000 lfm., 9 – 10 m Tiefe, Bodenstabilisierung für einen Damm
- 1995** Vancouver, Kanada, Rütteldruckverdichtung 1.500.000 m<sup>3</sup>, bis 31 m Tiefe, Arbeiten vom Ponton
- 1999** Schleuse Hohenwarthe, Deutschland, Rütteldruckverdichtung 28.000 lfm., bis 30 m Tiefe
- 2004** Palm Jumeirah, Dubai, VAE, Rütteldruckverdichtung 500.000 m<sup>2</sup>
- 2005** Peribonka Dam, Kanada, Rütteldruckverdichtung 700.000 m<sup>3</sup>, 35 m Tiefe
- 2009** Cleveland Clinic, Al Sowah Island, Abu Dhabi, VAE, Rütteldruckverdichtung 90.000 m<sup>2</sup>, bis 10 m Tiefe
- 2012** Davao City, Philippinen, Rütteldruckverdichtung 100.000 lfm., bis 18 m Tiefe
- 2013** Ocean Reef Island, Panama, Rütteldruckverdichtung 100.000 m<sup>2</sup>, bis 15 m Tiefe
- 2015** Santo Domingo, Dominikanische Republik, Rüttelstopfverdichtung 100.000 lfm. (freihängend)



# Tiefenrüttelverfahren

In vielen Fällen stellen Tiefenrüttelverfahren eine schnelle und wirtschaftliche Möglichkeit dar, die technischen Eigenschaften des Baugrunds zu verbessern.

**Rütteldruckverdichtung  
RDV**



Anwendbar in nicht bindigen bis schwach bindigen Böden wie Sand und Kies, sowie in Schlackenhalde. Geeignet für hohe Belastung des verbesserten Baugrundes einschließlich dynamischer Beanspruchung. Sehr setzungsarm. Besonders wirtschaftlich in wassergesättigten Böden unterhalb des Grundwasserspiegels.

**Rüttelstopfverdichtung  
RSV**

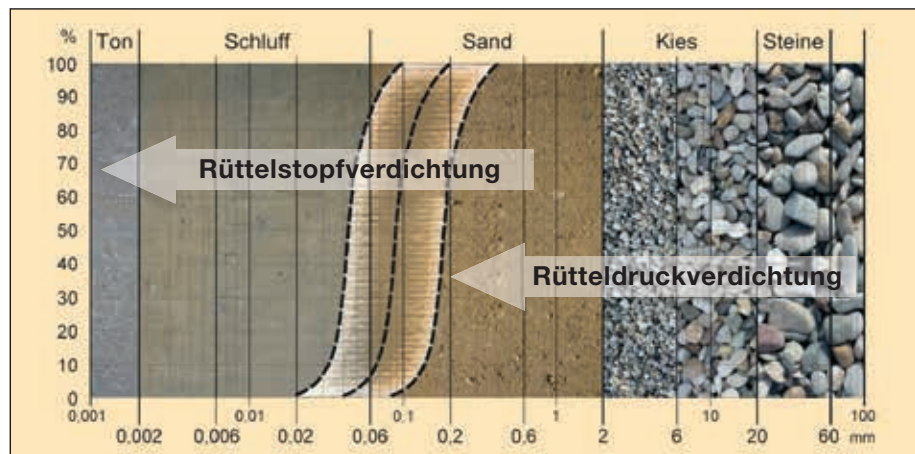


Anwendbar in gemischtkörnigen Böden wie sandigem Schluff, bis hin zu bindigen Böden mit undrainierter Scherfestigkeit von 20 bis 80 kN/m<sup>2</sup> unter Zugabe von Grobkorn. Geeignet für leichte bis mittelschwere Bauwerkslasten.

**Rüttelortbetonsäulen  
ROB**



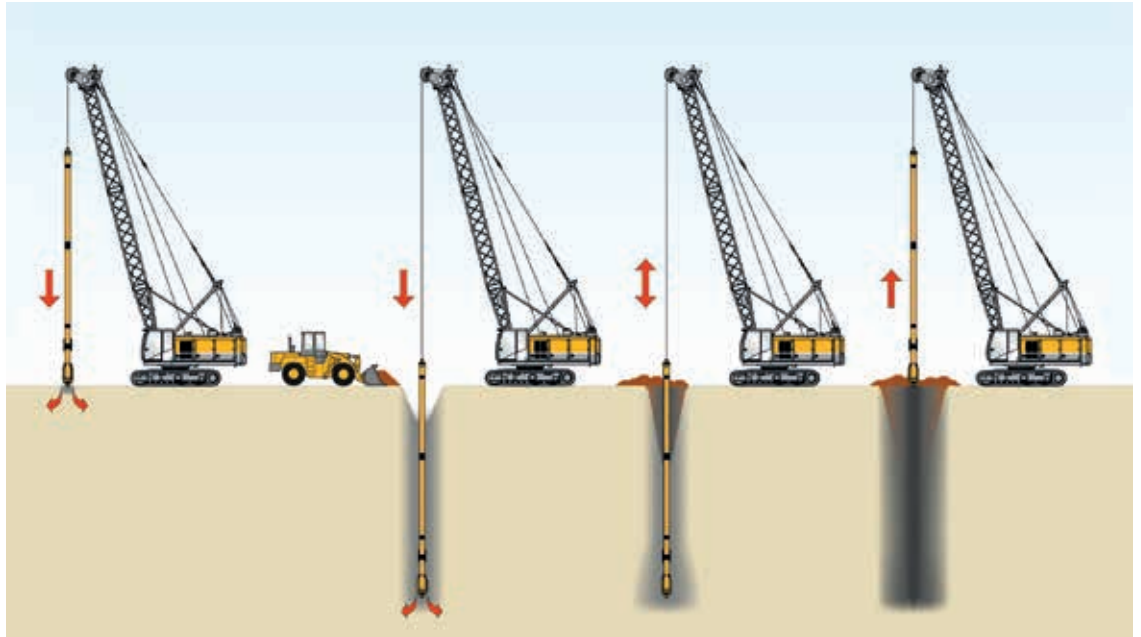
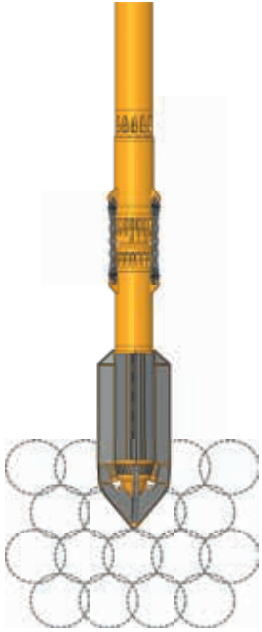
Anwendbar bei weichen, auch organischen Deckschichten über tragfähigem Untergrund. Für leichte und mittelschwere Bauwerkslasten geeignet. Sehr setzungsarm.



Anwendungsbereiche

# Rütteldruckverdichtung – RDV

RDV dient zur Eigenverdichtung von Böden mit nicht idealer Lagerungsdichte; zumeist rollige, natürlich gewachsene oder künstlich geschüttete Sande und Kiese. Unter dem Einfluss der Schwingungen des Rüttlers werden die Bodenkörner in eine dichtere Lagerung gebracht. Nach Erreichen der Endtiefe mit Spülungsunterstützung wird durch schrittweises Ziehen des Rüttlers eine verdichtete Zone von 2 bis 4 m Durchmesser erzeugt. Das reduzierte Porenvolumen zeigt sich an der Oberfläche in der Ausbildung eines zu verfüllenden Setzungstrichters.



Arbeitsablauf Rütteldruckverdichtung RDV

## Zugabematerial/Spülmedium

Als Zugabematerial eignet sich schluffreier Wandkies, Flusskies oder schlufffreie Sand-Kies-Gemische. Süß-/Salzwasser aus Grundwasser oder Gewässern kann als Spülmedium verwendet werden. Bei bestimmten Bodenverhältnissen hat sich eine Kombination aus Wasser- und Luftspülung bewährt.



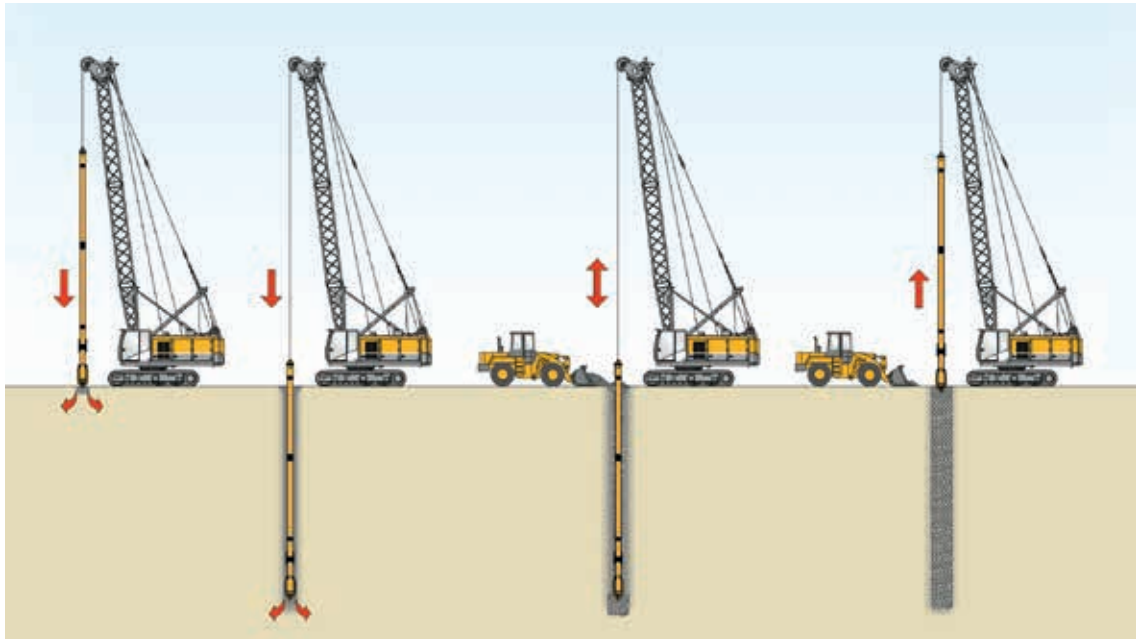
Ausbildung eines Trichters



Materialzugabe mit Radlader

# Rüttelstopfverdichtung – RSV “Top Feed”

Böden mit mehr als 10 % bindigen Anteilen können durch Schwingungen nicht mehr umgelagert und verdichtet werden. Die hier erzielbare Baugrundverbesserung besteht in der Herstellung lastabtragender Schottersäulen. Bei RSV „Top feed“ wird der Rüttler unterstützt von Wasser oder Wasser/Luft auf Endtiefe gebracht. Das an der Oberfläche zugegebene Einbaumaterial gelangt über den entstandenen Ringraum zur Rüttlerspitze. Durch kontinuierliche Stopfbewegung wird das Material radial verdrängt und verdichtet, bis ein vordefiniertes Abbruchkriterium (Hydraulikdruck, Schottermenge) erreicht wird.



Herstellen Schottersäule (Rüttelstopfverdichtung – Top Feed)

## Zugabematerial/Spülmedium

Kiese oder Schotter der Körnungen mit max. 40/60 mm eignen sich als Zugabematerial. Als Spülmedium wird Wasser verwendet. Bei bestimmten Bodenverhältnissen hat sich eine Kombination aus Wasser- und Luftspülung bewährt.



Befüllung an der Oberfläche „Top Feed“

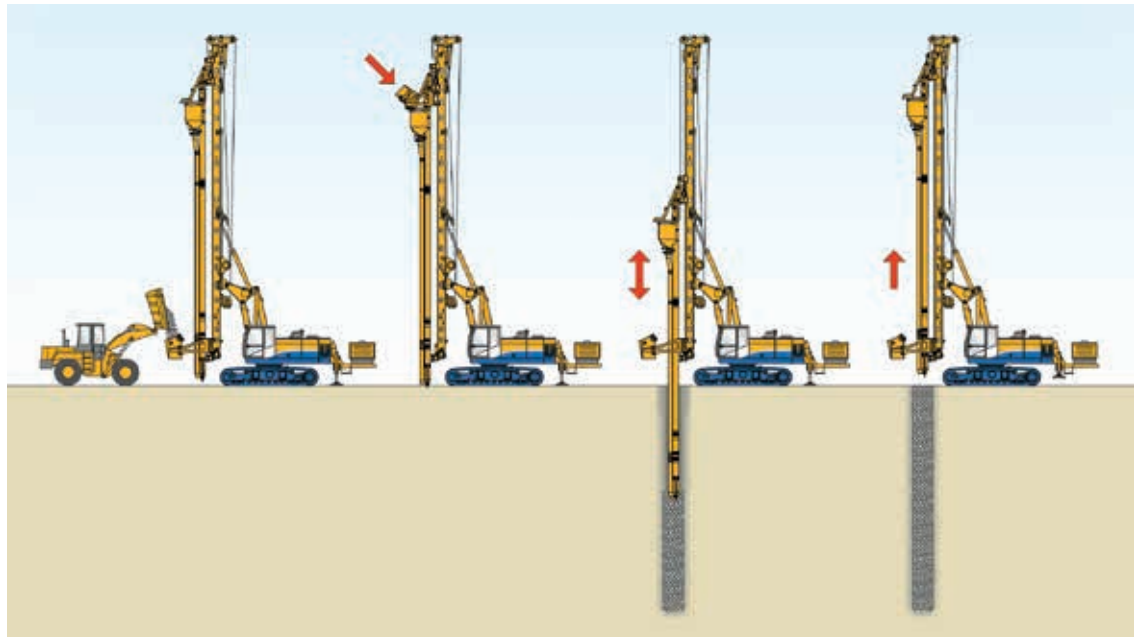
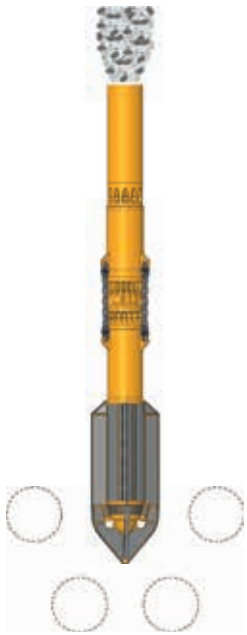


Ringraum am Rüttler



# Rüttelstopfverdichtung – RSV “Bottom Feed”

Böden mit mehr als 10 % bindigen Anteilen können durch Schwingungen nicht mehr umgelagert und verdichtet werden. Die hier erzielbare Baugrundverbesserung besteht in der Herstellung lastabtragender Schottersäulen. Bei RSV „Bottom feed“ wird der mäklergeführte Schleusenrüttler mit Spülluft und aktivem Vorschub auf Endtiefe gebracht. Das Zugabematerial wird über eine Beschickungseinheit und ein Materialrohr direkt bis zum Auslass an der Rüttlerspitze transportiert und durch Stopfschritte radial verdrängt und verdichtet. Das Stopfregime (Menge, Druck) wird individuell festgelegt und überwacht.



Herstellen Schottersäule mit Schleusenrüttler

## Zugabematerial/Spülmedium

Kiese oder Schotter der Körnungen 8 – 32 mm und 16 – 32 mm, eingeschränkt auch 4 – 32 mm eignen sich als Zugabematerial. Als Spülmedium dient Luft.

## Vorbohren

Bei dicht gelagerten Deckschichten oder verdichteten Auffüllungen, die mit dem Tiefenrüttler nicht oder nur sehr schwer zu durchfahren sind, empfiehlt es sich, den oberen Bereich mit einem Bagger aufzulockern. Gegebenenfalls muss mit einer Schnecke vorgebohrt werden.



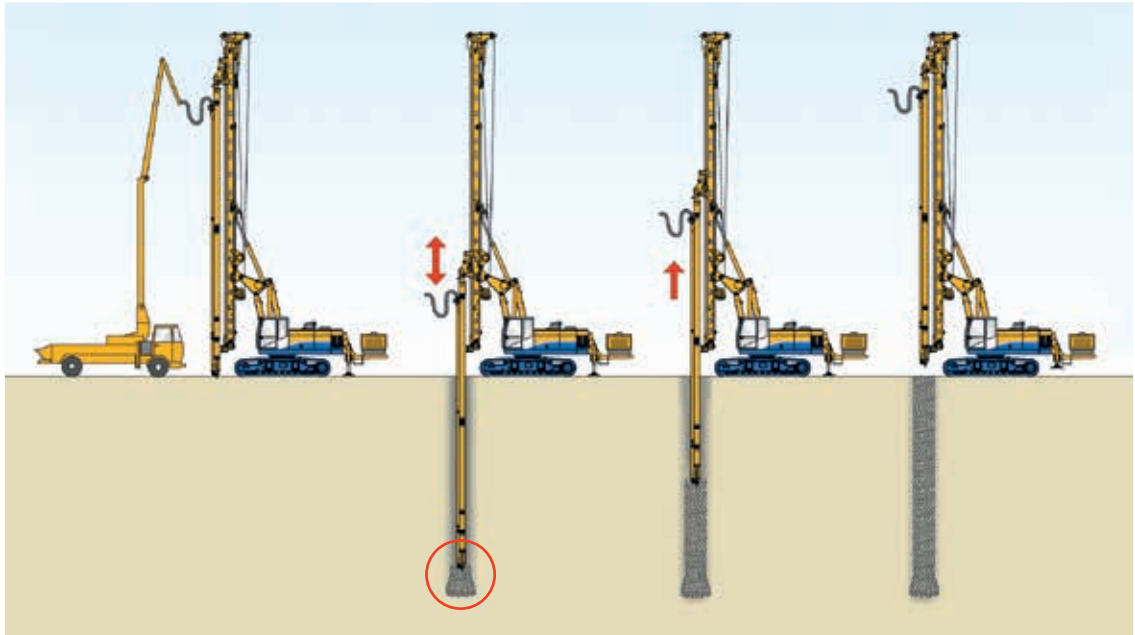
Befüllung über die Beschickungseinheit



Vorbohren mit Schnecke

# Rüttelortbetonsäulen – ROB

Rüttelortbetonsäulen werden angewendet, wenn feinkörnige Böden keinen tragfähigen Verbund mit Stopfsäulen bilden können oder die seitlichen Stützkräfte zu gering sind. Der umgebende Boden wird nicht verdichtet. Nicht tragfähige Bodenschichten werden durch ein starres Tragelement überbrückt. Nach Erreichen eines tragfähigen Gründungshorizontes wird der Rüttler gezogen und der entstehende Hohlraum wird mit Beton unter konstantem Betondruck verfüllt. Der Säulendurchmesser entspricht in etwa dem Rüttlerdurchmesser, wobei auch eine Fußaufweitung möglich ist. ROB-Säulen werden wie unbewehrte Pfähle bemessen.



Herstellen einer Rüttelortbetonsäule

## Zugabematerial

Für die Herstellung von ROB-Säulen werden zumeist pumpfähige Betone mit der Konsistenz KR bis KF und der Festigkeitsklasse C20/25 verwendet.



Freigelegte ROB-Säule

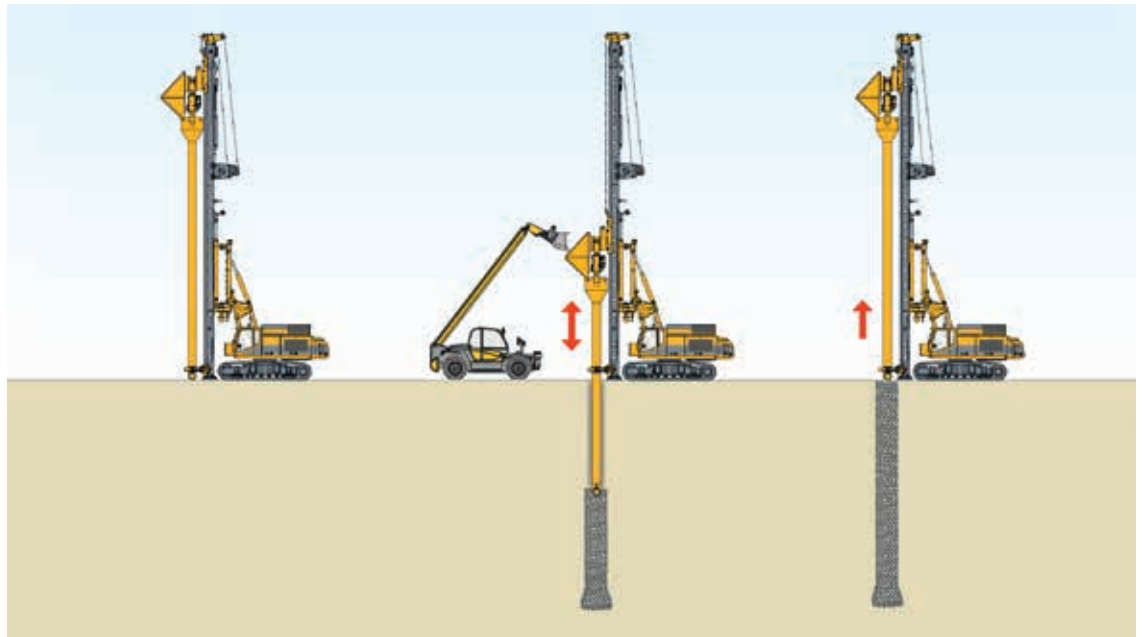


ROB-Säule, Betoniervorgang



# Schotter-, Sand- und Kiessäulen – Vipac

Mit dem Vipac Verfahren können einfach und kostengünstig Sand- und Kiessäulen hergestellt werden. Die Verdrängerarbeit wird von vertikalen Schwingungen geleistet, die durch einen Aufsatzrüttler erzeugt werden. Die dafür erforderliche hohe hydraulische Antriebsleistung wird von Trägergeräten der RTG RG Serie sowie von BG PremiumLine Geräten mit Zusatzaggregat bereitgestellt. Das Verfahren beruht auf einem Wechsel von Absenken und Ziehen des Rohres. Der entstehende Säulendurchmesser liegt in der Regel leicht über dem Rohrdurchmesser. Das Material kann schon während des Abrüttelns mit einem Teleskoplader befüllt werden.



Herstellen einer Schottersäule mit Aufsatzrüttler (VIPAC)

## Zugabematerial/Spülmedium

Kiese oder Schotter der Körnungen von 0 – 56 mm eignen sich als Zugabematerial. Bei größeren Rohrlängen (> 20 m) kann eine Luftspülung für einen besseren Materialfluss sorgen.



Befüllvorgang



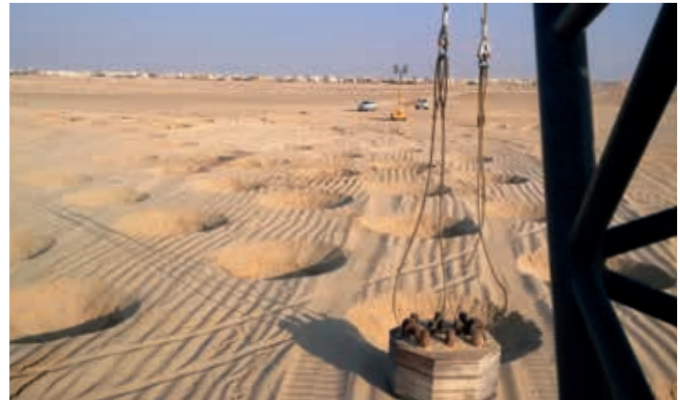
Klappe an der Spitze des Rüttelrohrs

# Dynamische Bodenverdichtung – BDC

BDC (Bauer Dynamic Compaction) ist besonders geeignet zur Erhöhung der Lagerungsdichte für nichtbindige, rollige Böden und lockere Mischböden mit geringem Feinkornanteil. Ein schweres Fallgewicht wird wiederholt aus großer Höhe auf den Boden fallen gelassen. Die beim Aufprall abgegebene kinetische Energie wirkt bis in tiefere Bodenschichten ein und führt durch eine erzwungene Kornumlagerung zu einer Verdichtung. Der Verdichtungsgrad ist abhängig von der Masse des Fallgewichtes, der Fallhöhe und des Rasterabstands. BDC wird meist angewendet in Aufschüttungen, Abbruchmaterial, Bauschutt, sowie bei Bodenschichten mit großen Hohlräumen (Karst).



MC 96 Seilbagger



Verdichtungsstrichter



Fallhöhe 25 Meter, Fallgewicht 20 Tonnen

Bei Verwendung von MC Line Geräten ist sowohl eine vollautomatische Steuerung der Windenfunktionen im Einseil- oder Zweiseilbetrieb, wie auch das Einstellen der Anzahl der Arbeitszyklen und/oder Kriterien für das Verdichtungsergebnis möglich.

## Bearbeitungstiefe

Sie kann mit folgender Formel abgeschätzt werden:

$$\text{Tiefe [m]} = \alpha \times (W \times H)^{0,5}$$

$\alpha$  = Korrekturfaktor 0,3 ... 0,6

W = Fallgewicht in Tonnen

H = Fallhöhe in Meter

Fallgewichte variieren von 6 – 40 to

Fallhöhen variieren von 10 – 30 m

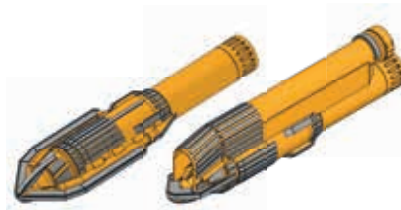
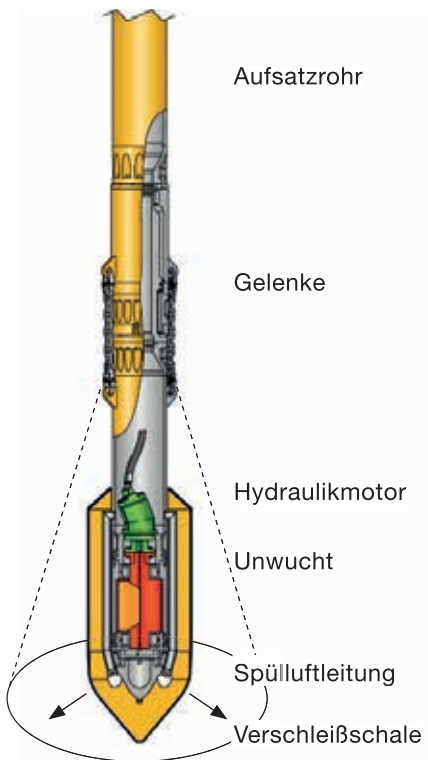
## Bearbeitungszyklen

Das Fallgewicht kann in einem Primär-, Sekundär- und oft auch Tertiärraster fallen gelassen werden. Das Primärraster (größte Rasterabstände) dient der Tiefenverdichtung.

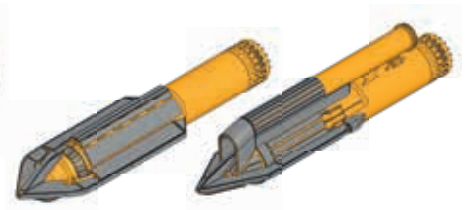
Die sekundären und tertiären Raster dienen zur Bodenverdichtung in mittleren und geringen Tiefen. Das Verfahren wird in einer letzten Phase ("ironing pass") zur Verdichtung der Bodenoberfläche abgeschlossen.

## Rüttler TR 17 und TR 75

		TR 17	TR 75
Schlagkraft	kN	193	313
Exzentermoment	Nm	17	75
Amplitude/Schwingweite an der Spitze	mm	± 6/12	± 11/22
Drehzahl/Frequenz	U/min/Hz	3.215/53	1.950/32
Abgegebene Leistung	kW	96	224
Gesamtgewicht RDV	kg	ca. 6.700 (25 m)	ca. 15.300 (50 m)
Einfahrtiefe	m	bis 25	bis 50
Vorbohrdurchmesser falls nötig	mm	~ 550	~ 750



**Rüttler TR 17**  
Standard / mit Materialrohr



**Rüttler TR 75**  
Standard / mit Materialrohr

Die radiale Schwingung der Tiefenrüttler wird durch eine hydraulisch angetriebene Unwucht in der Rüttlerspitze erzeugt. Die Länge der Einheit kann über Aufsatzrohre den jeweiligen Baustellengegebenheiten angepasst werden. Vorbereitete BAUER Trägergeräte stellen die notwendige Hydraulikleistung ohne Zusatzaggregate bereit. Für den Betrieb an externen Geräten wird ein für die Baugröße passendes BAUER Hydraulikaggregat inkl. Steuereinheit empfohlen.

## Hydraulikaggregate

		HD 250	HD 470
Rüttler		TR 17	TR 75
Leistung	kW	176	261/298
Hydr. Druck	bar	320	330
Ölmenge	l/min	250	470



Hydraulikaggregat HD 250

## Rütteldruckverdichtung RDV



MC



Kran mit Aggregat



BG



RG

	MC 64	MC 96	MC 128
Rüttler	TR 75	TR 75	TR 75
Einfahrtiefe max.	27 m	38 m	47 m
Auslegerlänge	33 m	45 m	54 m
Motorleistung	455 kW	570 kW	709 kW
Zugkraft	siehe Traglasttabelle (MC Line Prospekt)		
Wasserpumpe	1.200 l/min @ 20 bar		

## Rüttelstopfverdichtung RSV

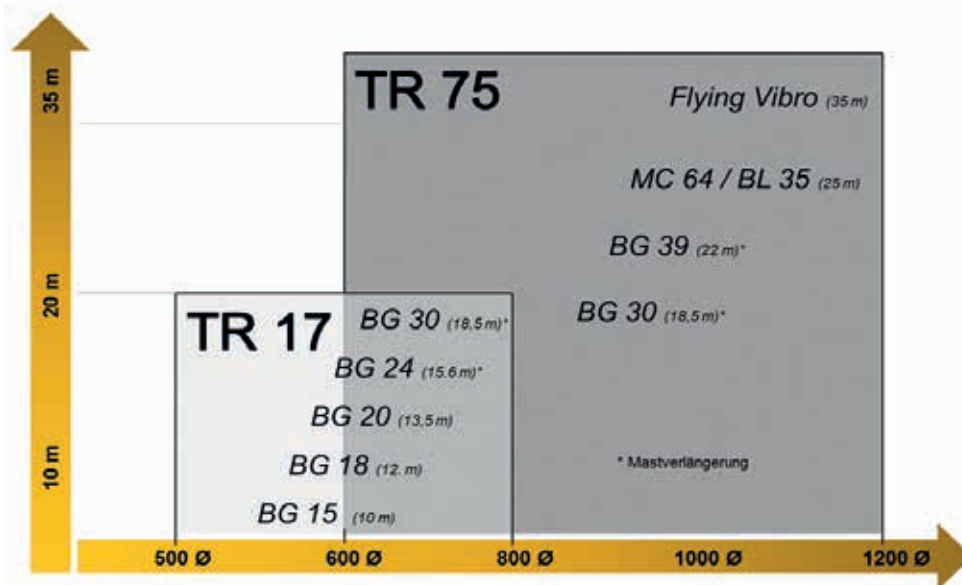


Beispiele mit BG PremiumLine

	BG 15 – BG 39
Rüttler	TR 17 – TR 75
Einfahrtiefe max.	10 m – 22 m
Motorleistung	205 – 433 kW
Vorschub max. ca.	110 kN
Zugkraft	140 – 460 kN
Kompressor (empfohlene Leistung)	20 m <sup>3</sup> /min @ 15 bar



Flying Vibro an MC 96



Einsatzbereiche Rüttelstopfverdichtung

## B-Tronic

Der B-Tronic Monitor unterstützt als zentrales Bedienelement den Gerätfahrer mit Echtzeitvisualisierung aller relevanten Produktions- und Maschinenparameter. Die lokal gespeicherten Daten stehen nach dem Download für die Auswertung im B-Report zur Verfügung. Für den Betrieb an Fremdgeräten steht eine mobile Version zur Verfügung.

### Produktionsdaten

- Herstellzeit
- Tiefe
- Schottermenge
- Energieaufnahme (Rüttler Hydraulikdruck)

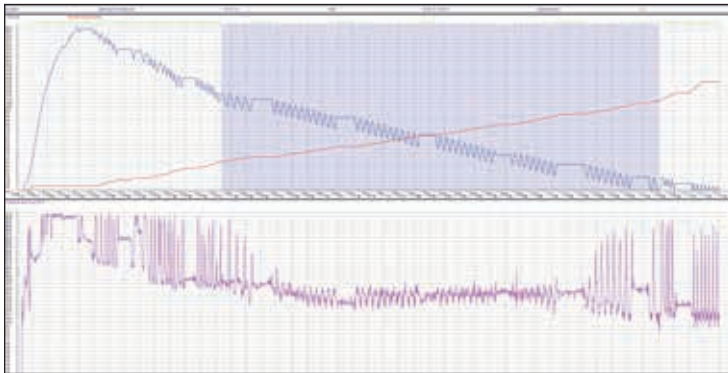
Die gespeicherten Daten können mit einer Speicherkarte am Gerät oder per Fernübertragung ausgelesen werden (DTR-Modul – Software Web-BGM).

### B-Report

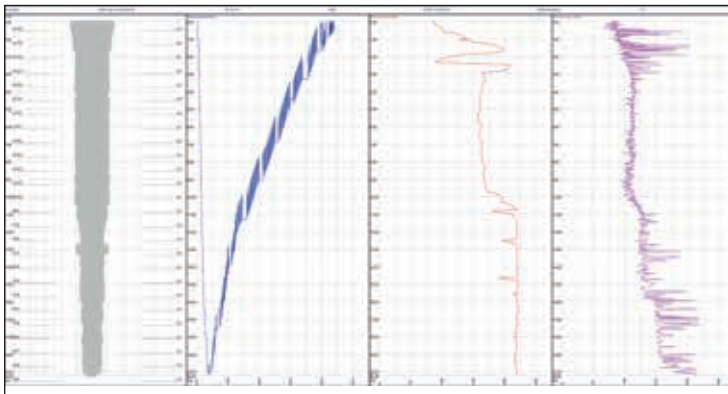
Die Auswertung und Darstellung der Produktionsdatensätze kann im B-Report individuell erstellt werden. U.a. sind Tiefen- oder Zeitdiagramme, sowie Tages- und Wochenberichte möglich.



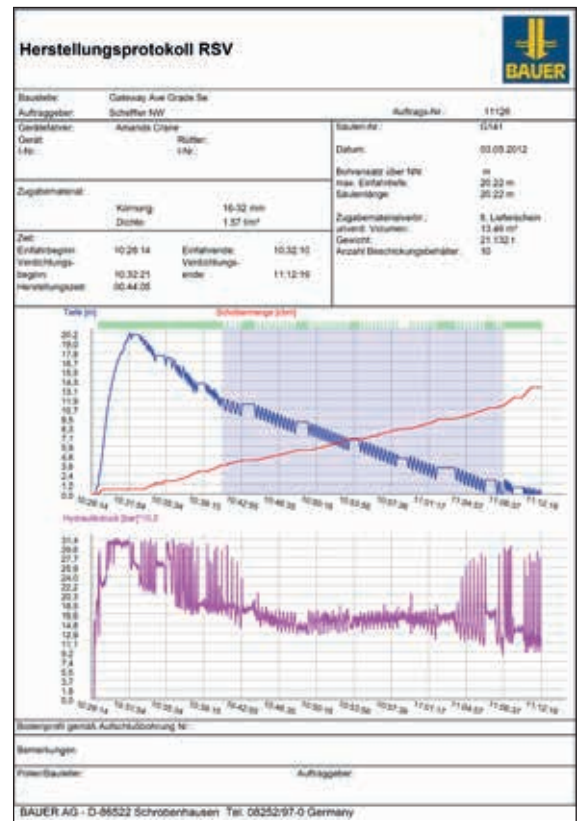
B-Tronic Bildschirm



Zeitdiagramm



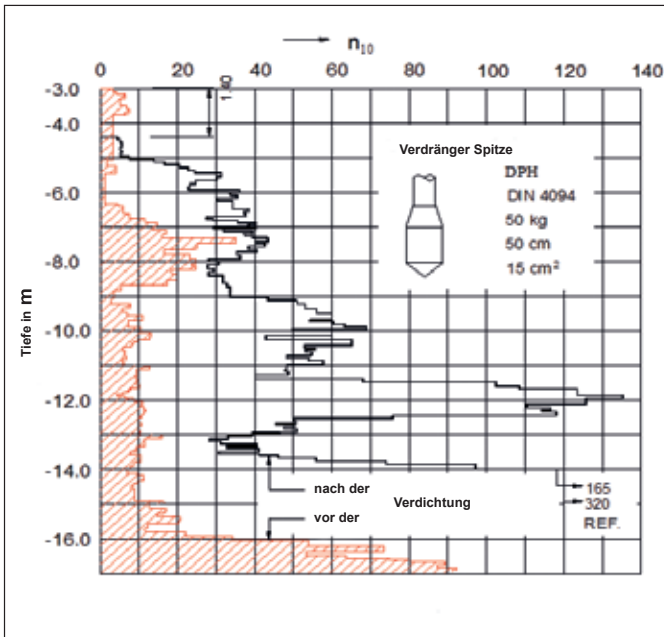
Tiefendiagramm



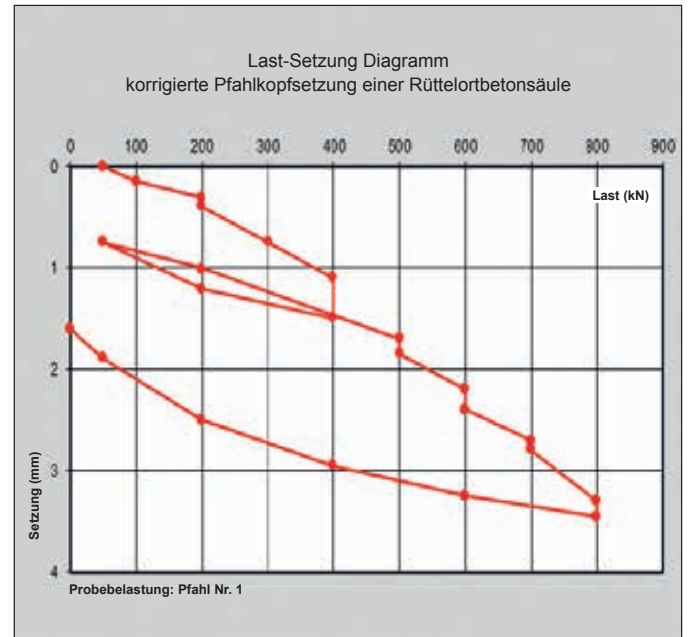
Einzelprotokoll

Die erzielte Lagerungsdichte kann nach Abschluss der Bodenverbesserung durch Ramm- oder Drucksondierungen bzw. Plattendruckversuche überprüft werden.

Bei Rüttelortbetonsäulen wird die Belastbarkeit meist durch Probelastungen einzelner Säulen kontrolliert.



Protokoll Rammsondierung



Last-Setzungs Diagramm



Probelastung



Mobiles Drucksondierungsgerät



bma.bauer.de



**BAUER Maschinen GmbH**  
**BAUER-Strasse 1**  
**86529 Schrobenhausen**  
**Deutschland**  
**Tel. +49 8252 97-0**  
**bma@bauer.de**  
**www.bauer.de**

Konstruktionsentwicklungen und Prozessverbesserungen können Aktualisierungen und Änderungen von Spezifikation und Materialien ohne vorherige Ankündigung oder Haftung erforderlich machen.  
Die Abbildungen enthalten möglicherweise optionale Ausstattung und zeigen nicht alle möglichen Konfigurationen.  
Diese Angaben und die technischen Daten haben ausschließlich Informationscharakter. Irrtum und Druckfehler vorbehalten.