

Deep Vibro Techniques

Baugrundverbesserung Ground Improvement

Methods



Tiefenverdichtung

Deep Vibro Techniques

Einführung | Introduction

Der Boden der Erde ist das Ergebnis eines langen und komplexen Prozesses, der über Millionen von Jahren stattgefunden hat. Durch die Wechselwirkung geologischer Prozesse wie Verwitterung und Erosion sowie die Entwicklung von Leben entstanden die mineralischen, organischen und biologischen Bestandteile, die den Boden heute prägen. In vielen Fällen jedoch sind die natürlichen Bodenbedingungen nicht ideal, um den Anforderungen moderner Infrastruktur gerecht zu werden. Hier setzt die Baugrundverbesserung an, um die Tragfähigkeit, Festigkeit und Nachhaltigkeit des Bodens zu optimieren. Tiefenverdichtungsverfahren sind oft schnelle und wirtschaftliche Anwendungen, die technischen Eigenschaften des Untergrunds zu verbessern.

The Earth's soil is the result of a long and complex process that has taken place over millions of years. The interaction of geological processes such as weathering and erosion, as well as, minerals, organics, biological components, and the development of life have all played a role in how the soils of today were formed. However, in many cases, natural soil conditions are not ideal to meet the demands of modern infrastructure. This is where soil improvement comes in, aiming to optimize the bearing capacity, strength, and sustainability of the soil. Deep compaction methods are often a quick and economical way of improving the technical properties of the subsoil.

Gründe für die Veränderung der Bodenbeschaffenheit | Reasons to improve soil quality

- Tragfähigkeit erhöhen: Vermeidung von Setzungen bei Bauwerken
- Lastabtragung, Bodenkonsolidierung: z. B. durch Schottersäulen
- Landgewinnung: Schaffung neuen Landes, oft durch Verdichtung
- Bodenverdichtung: Reduzierung von Porenvolumen und Kompressibilität
- Bodenverflüssigung: Vermeidung von Verlust der Bodenstabilität bei Erschütterungen
- Increase bearing capacity: Prevent settlement in construction
- Load transfer, floor consolidation: through stone columns
- Land reclamation: Creation of new land, often through compaction
- Soil compaction: Reducing pore space and compressibility
- Liquefaction: Preventing strength loss during ground shaking

Verfahren | Methods

Rüttelstopfverdichtung (RSV) Vibro Replacement (VR)

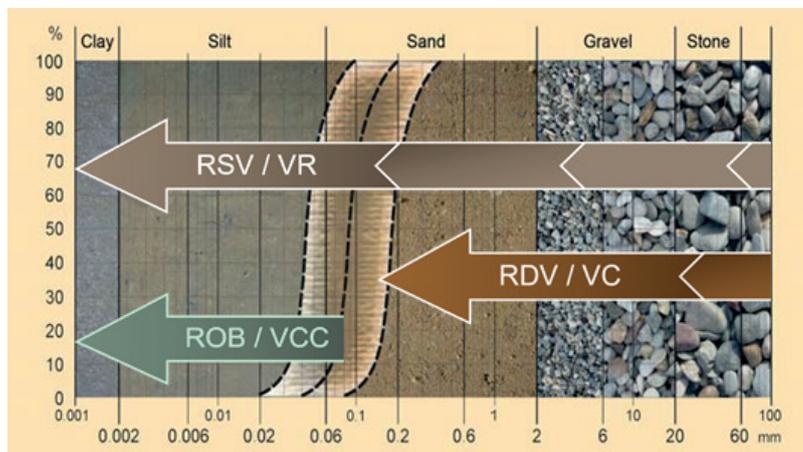
Rütteldruckverdichtung (RDV)
Vibro Compaction (VC)

mit Tiefenzufuhr
dry, Bottom Feed

mit Höhenzufuhr
wet, Top Feed

mit Tiefenzufuhr
System VIPAC
dry, Bottom Feed
System VIPAC

Rüttelortbetonsäule (ROB)
Vibro concrete column (VCC)



Klassifizierung der Bodenverhältnisse
Classification of soil conditions

Einsatzbereich | Range of application

Vibro-Arbeiten kommen in verschiedenen Infrastrukturbereichen zum Einsatz, darunter der Bau industrieller Gebäude, Start- und Landebahnen für Flughäfen, sowie die Basis für Eisenbahnen und Straßen. Sie werden auch bei Dämmen, Deichen und Windkraftwerken verwendet, um den Boden zu stabilisieren und die Tragfähigkeit zu erhöhen. Ebenso finden sie Anwendung bei Silos, Lagertanks und anderen Speicheranlagen, um Setzungen zu minimieren und die Bodenfestigkeit zu verbessern

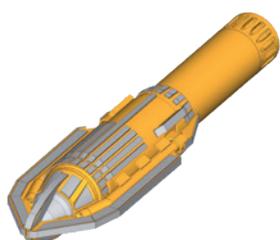
Vibro works are used in various infrastructure sectors, including the construction of industrial buildings, airport runways, and the foundations for railways and roads. They are also applied in dams, levees, and wind power plants to stabilize the soil and increase bearing capacity. Additionally, vibro works are used in silos, storage tanks, and other storage facilities to minimize settlement and improve soil strength.

Vorteile | Benefits

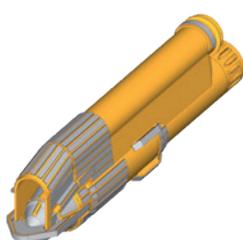
- Schnelle, einfache und kostengünstige Methode: Vibro-Arbeiten sind effizient und reduzieren Bauzeit und Kosten.
- Keine Grundwasserabsenkung erforderlich
- Kein Aushub (Vorteil bei kontaminiertem Boden): Es wird kein Boden ausgegraben, was die Verbreitung von kontaminiertem Material vermeidet.
- Selbsterkundendes Verfahren: Der Prozess passt sich an die Bodengegebenheiten automatisch an, um eine optimale Verdichtung zu erreichen.
- *Fast, simple and cost-effective method: Vibro work is efficient and reduces construction time and costs.*
- *No groundwater lowering required.*
- *No excavation (advantage with contaminated soil): No soil is excavated, which avoids the spread of contaminated material.*
- *Self-sensing/exploring process: The process automatically adapts to the soil conditions to achieve optimum compaction*

Gerät | Equipment

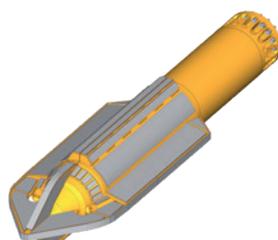
Ausrüstung <i>Equipment</i>	TR 17	TR 75	TR 100
Exzenter Moment <i>Eccentric moment</i>	17 Nm	75 Nm	103 Nm
Zentrifugalkraft <i>Centrifugal force</i>	193 kN	313 kN	427 kN
Frequenz <i>Frequency</i>	54 Hz	33 Hz	33 Hz
U/min <i>rpm</i>	3240	1980	1980
Leistung <i>Power requirement</i>	96 kW	224 kW	228 kW
Schwingweite <i>Amplitude (from peak to peak)</i>	12 mm	22 mm	22 mm
RDV <i>VC</i>	✓	✓	✓
RSV <i>VR</i> Tiefenzufuhr <i>Bottom feed</i>	✓	✓	
RSV <i>VR</i> Höhenzufuhr <i>Top feed</i>	✓	✓	✓
ROB <i>VCC</i>	✓		



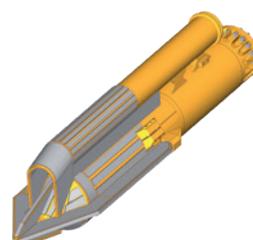
RDV | VC
TR 17



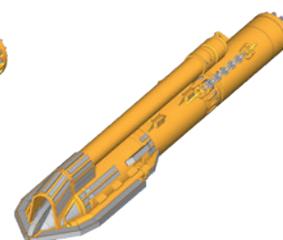
RSV | VR
TR 17



RDV | VC
TR 75/100



RSV | VR
TR 75



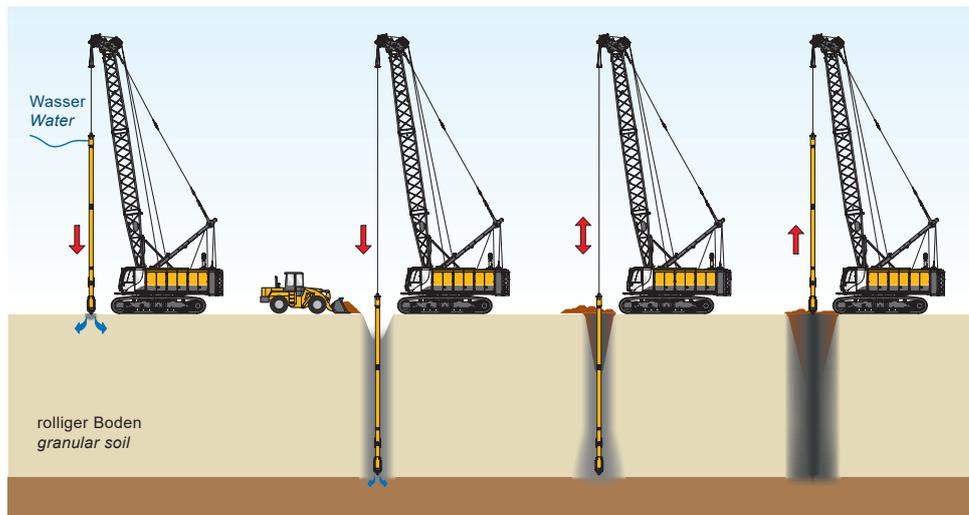
ROB | VCC
TR 17

Rütteldruckverdichtung Vibro Compaction

Einleitung | Introduction

Die Rütteldruckverdichtung (RDV) dient zur Eigenverdichtung von Böden mit unzureichender Lagerungsdichte, beispielsweise rollige, natürlich gewachsene oder künstlich geschüttete Sande und Kiese. Nach Erreichen der Endtiefe mit Spülungsunterstützung entsteht durch schrittweises Ziehen des Rüttlers eine verdichtete Zone von ca. 2 bis 4 m Durchmesser. Durch die Schwingungen des Rüttlers werden die Bodenkörner in eine optimale Lagerung gebracht. Das reduzierte Porenvolumen zeigt sich an der Oberfläche in der Ausbildung eines zu verfüllenden Setzungstrichters.

The Vibro Compaction (VC) used for self-compaction of soils with insufficient bulk density, for example non-cohesive, naturally undisturbed soil or artificially poured sands and gravels. After the end depth is reached with the help of flushing, gradually removing the silo vibrator creates a densified zone with a diameter of approx. 2 to 4 m. Through the vibrations of the vibrator, the soil particles are brought into a more compact distribution. The reduced pore volume can be seen on the surface through the formation of a settlement funnel that must be filled in.

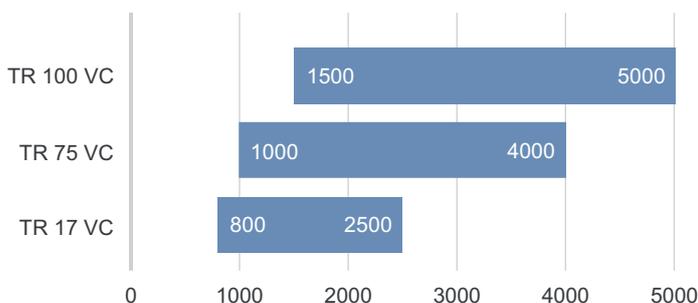


Arbeitsablauf
Rütteldruckverdichtung
Work sequence for
Vibro Compaction process

Rolliger Boden | Granular soil

Lagerungsdichte Compactness	CPT [MPa]	SPT [N30]	Machbarkeit Feasibility
Locker Loose	0 – 5	3 – 8	verdrängbar displaceable
Mittel dicht Medium dense	5 – 10	8 – 25	verdrängbar displaceable
Dicht Dense	10 – 20	25 – 42	schwierig difficult
Sehr dicht Very dense	> 20	> 42	nicht verdrängbar not displaceable

Mögliche Verdichtungszone [mm] | Possible compaction zones [mm]



Rüttelstopfverdichtung

Vibro Replacement

Einleitung | Introduction

Böden mit einem bindigen Anteil von mehr als 10 % können mit dem Verfahren Rütteldruckverdichtung (RDV) nicht mehr umgelagert und verdichtet werden. Eine Möglichkeit zur Baugrundverbesserung ist der Einbau von tragenden Schottersäulen mit dem Verfahren Rüttelstopfverdichtung.

Die Rüttelstopfverdichtung kann sowohl in rolligen Böden mit hohem Feinkornanteil als auch in bindigen Böden angewendet werden. Hierbei werden lastabtragende Säulen aus verdichtetem, grobkörnigem Zugabematerial hergestellt. Die Säulendurchmesser liegen je nach Anwendung und Bodenbeschaffenheit in der Regel zwischen 40 cm und 100 cm, die Rasterabstände zwischen 1,0 m und 2,5 m.

Grundsätzlich stehen verschiedene Varianten für diese Böden zur Herstellung von Schottersäulen zur Verfügung. Der Einbau mittels Tiefenzuführung sowie der Einbau mittels Höhenzuführung. Bei Böden mit mittleren Wassergehalten setzt man meist das Trockenverfahren mittels Tiefenzufuhr ein. Bei diesem Verfahren wird ausschließlich mit Druckluft gearbeitet. Zum einen unterstützt die Luft das Eindringen des Rüttlers, zum anderen wird der Materialtransport durch ein separates Materialrohr unterstützt. Bei der Anwendung Tiefenzufuhr mit dem System VIPAC, kann bei dem größeren Materialrohr (ab 305 mm) auf eine Luftspülung verzichtet werden.

Bei Böden mit hohem Wassergehalt, wird Wasser oder Wasser-Luft-Mischung als Spül- und Stützmedium eingesetzt (RSV-Nassverfahren mit Höhenzufuhr). Das Verfüllmaterial läuft im Ringraum zwischen Tiefenrüttler und Erdreich von der Arbeitsoberfläche zur Rüttlerspitze.

Um die Lasten abtragen zu können, benötigen die Säulen die seitliche Stützung des Bodens. Um die Stabilität der Säulen und das Eindringen des Rüttlers zu gewährleisten, sollten eine undrainierte Scherfestigkeit c_u von $\sim 15 \text{ kN/m}^2$ bis $\sim 70 \text{ kN/m}^2$ aufweisen. Je Säule kann eine Tragfähigkeit von 150 bis 350 kN/m^2 erreicht werden.

Die Rüttelstopfverdichtung (RSV) kann für eine Vielzahl von Böden verwendet werden, aber bei sehr harten Schichten oder stark verdichteten Oberflächen kann ein Vorbohren erforderlich sein, um Schäden zu vermeiden und die Leistung zu steigern.

Soils with a cohesive content of more than 10 % can no longer be displaced and compacted using the vibro-compaction method (VC). One option for improving the subsoil is the installation of load-bearing stone columns using the Vibro Replacement method (VR).

Vibro Replacement can be used in granular soils with a high proportion of fine grains as well as in cohesive soils. Load-bearing columns are produced from compacted, coarse-grained backfill material. The column diameters are generally between 40 cm and 100 cm, depending on the application and soil conditions, and the grid spacing is between 1.0 m and 2.5 m.

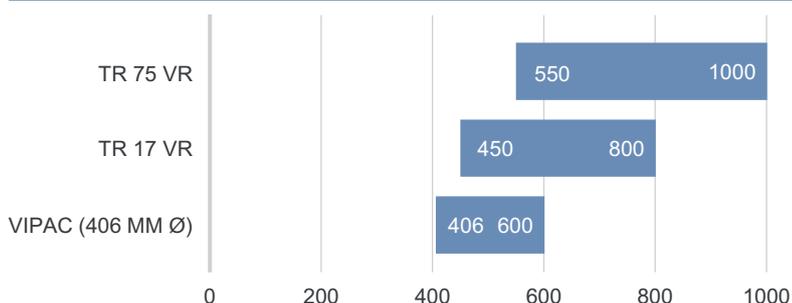
There are two method variants to produce stone columns in these soil types. The variable is how the stone is delivered into the column, resulting in installation using a bottom feed method and installation using a top feed method. For soils with a medium water content, the dry method using bottom feed is usually used.

This method uses only compressed air. The air supports the penetration of the vibrator while the material transport is supported by a separate material pipe. When using dry bottom feed with the VIPAC system, air flushing can be dispensed with the larger material pipe (from 305 mm). For soils with a high-water content, water or a water/air mixture is used as a flushing and support medium (VR wet process with top feed). The backfill material runs in the annular space between the deep vibrator and the soil from the working surface to the vibrator tip.

To transfer the loads, the columns require lateral support from the ground. To ensure the stability of the columns and the penetration of the vibrator, they should have an undrained shear strength c_u of $\sim 15 \text{ kN/m}^2$ to $\sim 70 \text{ kN/m}^2$. A load-bearing capacity of 150 to 350 kN/m^2 can be achieved for each column.

Vibro Replacement (VR) can be used for a variety of soils, but pre-drilling may be required for very hard layers or highly compacted surfaces to prevent damage and increase performance.

Mögliche Säulen Durchmesser [mm] | Possible column diameter [mm]



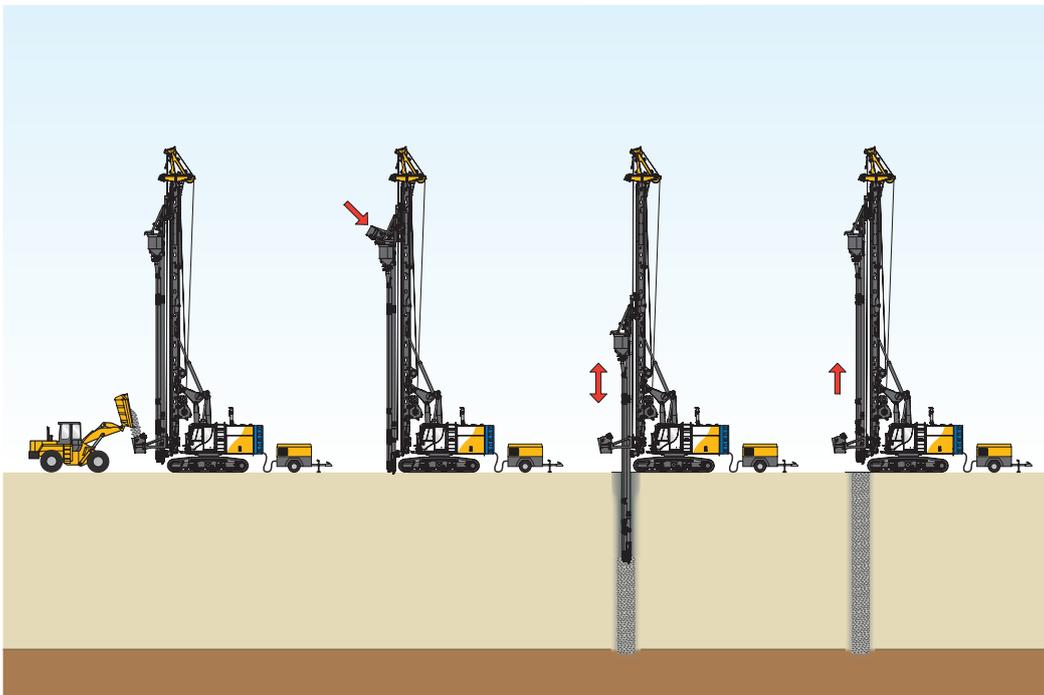
Rüttelstopfverdichtung mit Tiefenzuführung

Vibro Replacement Bottom Feed

Einleitung | Introduction

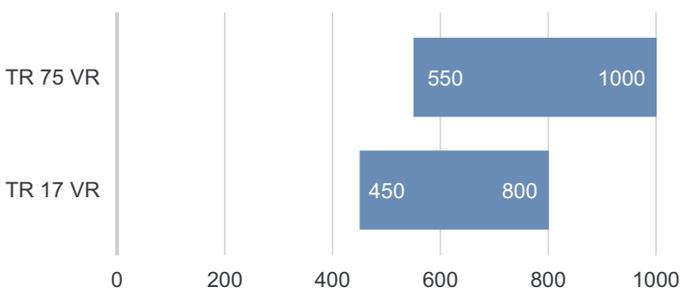
Bei der Rüttelstopfverdichtung mit Tiefenzuführung (RSV) wird ein an einem Mast geführter Tiefenrüttler mit Hilfe einer Luftspülung und eines definierten Vorschub-Drucks auf die vorgegebene Endtiefe abgesenkt. Der umgebende Boden wird dadurch seitlich verdrängt. Beim Verdichtungsprozess wird das grobkörnige Verfüllmaterial im Materialtransferrohr direkt an die Spitze des Rüttlers unter Druckluft befördert. Durch das wiederholte Heben und Senken des Vibrators (0,5 bis 1,0 m) wird das Verfüllmaterial verdichtet und seitlich in den umgebenden Boden verdrängt. Das Verfüllkriterium (Volumen, Druck) wird individuell ermittelt und überwacht. Die Rüttelstopfverdichtung erhöht die Steifigkeit der zu verbessernden Schichten um durchschnittlich den Faktor 2-3. Das Einbaumaterial soll 8 – 40 mm groß sein.

The Vibro Replacement dry Bottom Feed method (VR), a deep vibrator guided on a mast is lowered to the specified final depth with support of air flushing and a defined crowd pressure. The surrounding soil is thus displaced laterally. In the compaction process, the coarse-grained backfill material is conveyed under compressed air via a material transfer tube attached to the front of the vibrator. By repeatedly raising and lowering the vibrator (0.5 to 1.0 m), the backfill material is compacted and displaced laterally into the surrounding soil. The backfilling criterion (volume, pressure) is determined and monitored individually. The vibratory tamping compaction increases the stiffness of the layers to be improved by an average factor of 2-3. The installation material should be 8 – 40 mm in size.



Arbeitsablauf Herstellung von Schottersäulen, Rüttelstopfverdichtung mit Tiefenzuführung
Work sequence construction of stone columns with Vibro Replacement Bottom Feed method

Tiefenzuführung – Mögliche Säulen Durchmesser [mm] | Bottom Feed – Possible column diameter [mm]



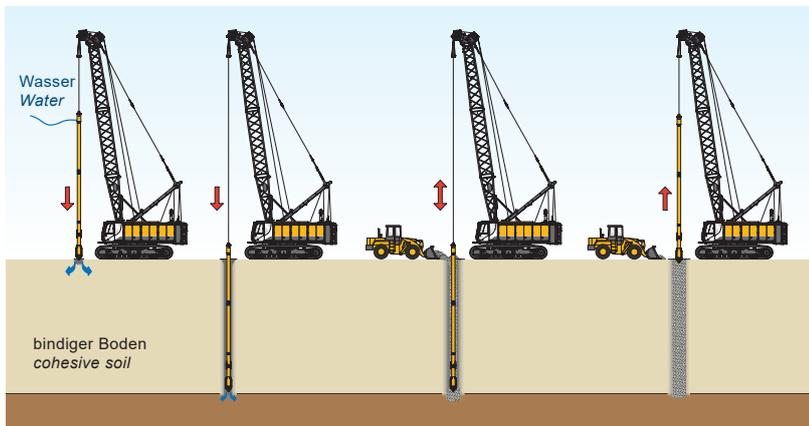
Rüttelstopfverdichtung mit Höhenzuführung

Vibro Replacement Top Feed

Einleitung | Introduction

Bei der Rüttelstopfverdichtung mit Höhenzufuhr (RSV) dringt der Rüttler durch sein Eigengewicht und seine Vibrationen unterstützt durch Wasser- oder Wasser-Luft-Spülung an der Spitze des Rüttlers bis zur geplanten Tiefe vor (Ringraum auszuspülen und durch das Boden-Wasser-Gemisch stabilisieren). Das Einbaumaterial wird dann über den durch das Spülmedium geschaffenen Ringraum um den Rüttler von der Bodenoberfläche eingebracht. Der Rüttler wird langsam zurückgezogen, und die Verfüllung fällt unter die Spitze des Rüttlers. Nach dem erneuten Absenken verdichtet der Rüttler die Verfüllung radial in den umgebenden Boden.

In the Vibro Replacement wet Top Feed method (VR), the vibrator penetrates to the final depth using its own weight and vibrations, supported by water or water-air flushing at the tip of the vibrator (flushing out the annular space and stabilizing it with the soil-water mixture). The installation material is then introduced from the ground surface via the annular space created around the vibrator by the flushing medium. The vibrator is slowly withdrawn and the backfill falls below the top of the vibrator. After lowering again, the vibrator compacts the backfill radially into the surrounding soil.

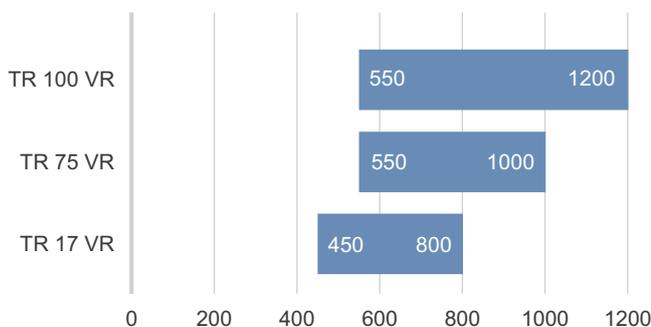


Arbeitsablauf Herstellung von Schotterssäulen, Rüttelstopfverdichtung mit Höhenzufuhr
Work sequence construction of stone columns with Vibro Replacement Top Feed method

Das Spülmedium kann entweder Wasser aus Flüssen oder bestehendem Grundwasser sein. Auch Salzwasser ist geeignet. Unter bestimmten Bodenbedingungen hat sich auch eine Kombination aus Wasser- und Luftspülung bewährt. Die mögliche Zugkraft (Winde) sollte das 2,5- bis 3-fache des Vibratorgewichts in der Tiefe betragen. Der Betrieb mit einem einsträngigen Seil ist vorteilhaft, um hohe Produktionsraten zu gewährleisten.

The flushing medium can either be water from rivers or existing groundwater. Saltwater is also suitable. Under certain soil conditions, a combination of water and air flushing has also proven effective. The available pull force (winch) should be 2.5 to 3.0 times the vibrator weight at depth. Single-line operation is advantageous to ensure high production rates.

Höhenzufuhr – Mögliche Säulen Durchmesser [mm] | Top Feed – Possible column diameter [mm]



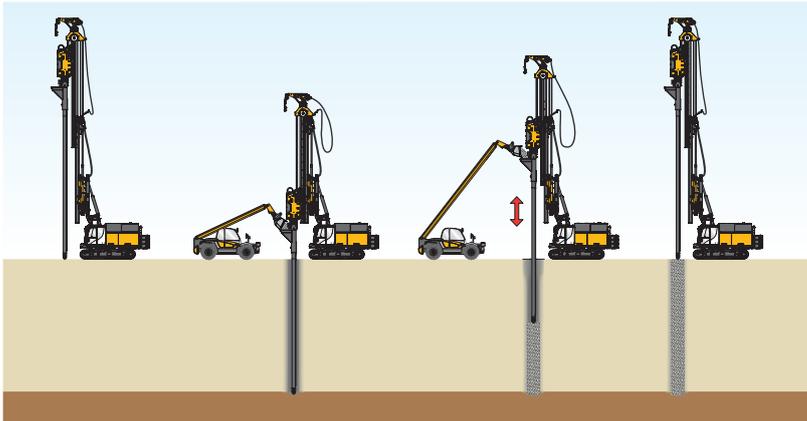
Rüttelstopfverdichtung mit Tiefenzuführung - System VIPAC

Vibro Replacement Bottom Feed - System VIPAC

Einleitung | Introduction

Das VIPAC-Verfahren ist eine Technik zur einfachen und wirtschaftlichen Herstellung von Sand- und Kiessäulen. Die Verdrängungsarbeit erfolgt durch vertikale Schwingungen, die durch einen Vibrationshammer erzeugt werden. Die hohe hydraulische Leistung, die für dieses Verfahren erforderlich ist, wird von den Basismaschinen der RTG RG-Serie erbracht. Der resultierende Säulendurchmesser ist in der Regel etwas größer als der Durchmesser des Rohres.

The VIPAC process is a technique for the simple and economical production of sand and gravel columns. The displacement work is carried out by vertical vibrations generated by a vibratory hammer. The high hydraulic power required for this process is provided by the base machines in the RTG RG series. The resulting column diameter is usually slightly larger than the diameter of the pipe.



*Arbeitsablauf Herstellung von Schottersäulen, Rüttelstopfverdichtung mit Tiefenzufuhr System VIPAC
Work sequence construction of stone columns with Vibro Replacement Bottom Feed methode, System VIPAC*

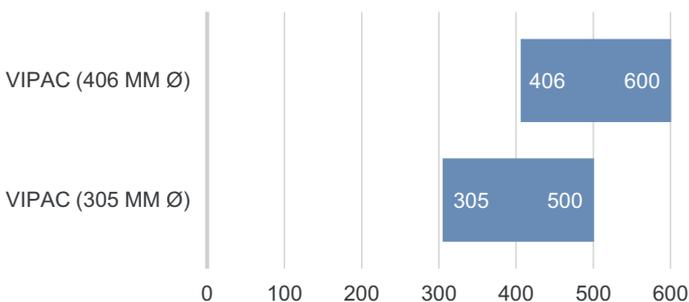
Der Vorgang beinhaltet das wiederholte Heben und Senken des VIPAC Rohres. Der resultierende Säulendurchmesser ist in der Regel etwas größer als der Durchmesser des Rohrs. Ein Teleskoplader kann unterm Abrütteln das Vipac-System mit Einbaumaterial befüllen. Einbaumaterial von 2 - 40 mm sind möglich.

The process involves repeated raising and lowering of the vibrator tube. The resulting column diameter is generally slightly larger than the diameter of the tube. A telescopic loader can fill the Vipac system with backfill material even as the tube is vibrated into the ground. Backfill size from 2 - 40 mm are possible.

Ausrüstung | Equipment

Rohr Ø [mm] Casing Ø [mm]	305	406
Einsatz Tiefen [m] Penetration depth [m]	10 – 15	10 – 18
Gewicht [to] Weight [to]	3 – 4	5 – 7
Trägergerät Base carrier	RG 16T	RG 16T / RG 25S
Aufsatzrüttler Top Vibrator	MR 105/125	MR 105/125/145

Mögliche Säulen Durchmesser [mm] | Possible column diameter [mm]



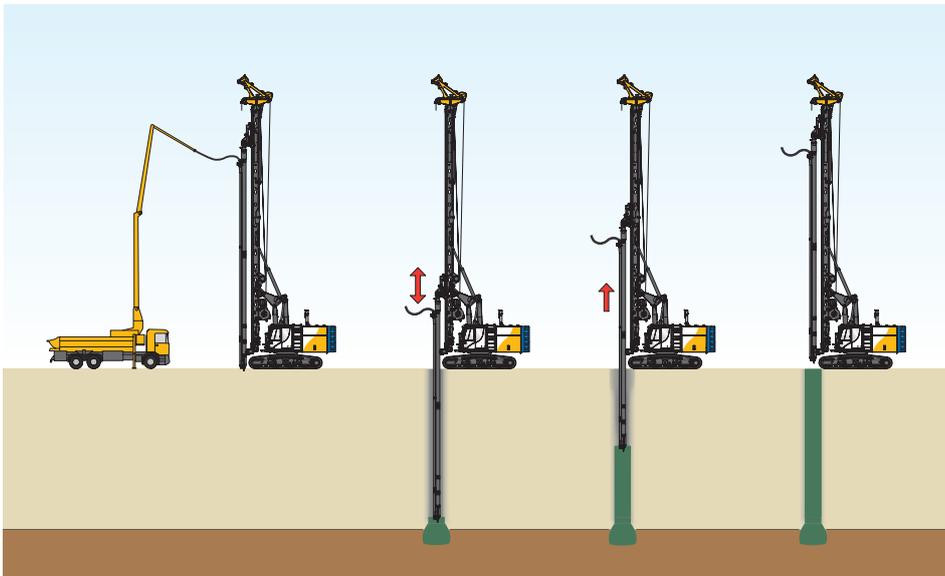
Rüttelortbetonsäulen

Vibro concrete column

Einleitung | Introduction

Rüttelortbetonsäulen (ROB) werden angewendet, wenn feinkörnige Böden keinen tragfähigen Verbund mit Stopfsäulen bilden können oder die seitlichen Stützkkräfte zu gering sind. Der umgebende Boden wird nicht verdichtet. Starre Tragelemente überbrücken nicht tragfähige Bodenschichten. Nach Erreichen eines tragfähigen Gründungshorizontes wird der Rüttler gezogen und der entstehende Hohlraum mit Beton unter konstantem Betondruck verfüllt. ROB-Säulen werden wie unbewehrte Pfähle bemessen.

Vibro concrete columns (VCC) are used when fine grained soils are unable to form a load-bearing bond with displacement columns or if the lateral support forces are too low. The surrounding soil is not compacted. Rigid support elements are used to bridge non-load-bearing soil strata. After reaching a load-bearing foundation level, the vibrator is withdrawn and the cavity created is filled with concrete under constant concrete pressure. VCC piles are calculated like unreinforced piles.



Arbeitsablauf Herstellung von Rüttelortbeton Säulen
Work sequence construction of Vibro Concrete Columns

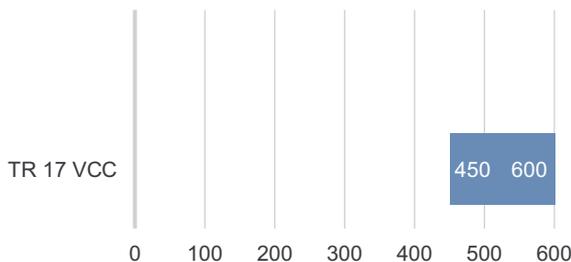
Verfüllmaterial

Für die Herstellung von ROB-Säulen wird in der Regel pumpfähiger Beton der Festigkeitsklasse C20/25 verwendet. Nach Erreichen eines tragfähigen Niveaus wird der Beton unter konstantem Druck durch das an der Vorderseite des Rüttlers angebrachte Betonzuführrohr in den durch den Vibrator gebildeten Hohlraum gepumpt. Der Säulendurchmesser entspricht im Großen und Ganzen dem Durchmesser des Rüttlers, aber es ist auch möglich, eine vergrößerten Säulen Fuß zu bilden, indem der Rüttler mehrfach auf und ab geschoben wird, um den Beton horizontal zu verschieben.

Backfill material

For the construction of VCC columns, pumpable self-compacting concrete is generally used with a strength classification of 3,000 psi at 28 days. After reaching a load-bearing level, the concrete is pumped under constant pressure through the concrete feeder pipe attached to the front of the vibrator into the cavity formed by the vibrator. The column diameter is broadly equivalent to the diameter of the vibrator, but it is also possible to form an enlarged base by surging the vibrator up and down to displace concrete horizontally.

Mögliche Säulen Durchmesser [mm] | Possible column diameter [mm]



Trägergeräte und Anwendung | Base carrier and application



MC 96 mit Tandem Rüttler TR 75 (RDV)
MC 96 with tandem vibrator TR 75 (VC)



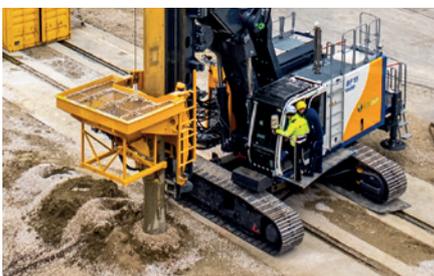
BG mit Rüttler TR 17 (ROB)
BG with vibrator TR 17 (VCC)



RG mit VIPAC Rohr 305 mm (RSV)
RG with VIPAC casing 305 mm (VR)



BF 15 mit TR 17 K (RSV Tiefenzufuhr)
BF 15 with TR 17 K (VR Bottom Feed)



BF 15 mit TR 17 K (RSV)
(Beschickungseinheit)
BF 15 with TR 17 K (VR)
(Transport hopper)



BF 15 mit TR 17 K (RSV)
(Einbaumaterial auffüllen)
BF 15 with TR 17 K (VR)
(Fill up with installation material)



RG mit TR 17 S (RSV Tiefenzufuhr)
RG with TR 17 S (VR Bottom Feed)

Einleitung | Introduction

Das Bauer B-Tronic System unterstützt Sie in der Fahrerkabine, auf der Baustelle und im Büro. Die Fahrerkabine ist mit einem hochauflösenden Touchscreen ausgestattet, der über verschiedene Anzeigemodi verfügt und alle auf die jeweiligen Verfahren abgestimmten Maschinen- und Produktionsparameter übersichtlich visualisiert.

- Produktionszeit
- Tiefen
- Hydraulische Leistung an der Rüttlerspitze
- Verfüllmaterial, Volumenspeicher und Volumen Steinsäule
- Datenübertragung per USB-Stick oder Fernübertragung

The Bauer B-Tronic system supports you in the operator's cab, on the construction site, and in the office. The operator's cab is equipped with a high-resolution touch screen that has various display modes and clearly visualizes all relevant process-specific machine and production parameters.

- Production Time
- Depths
- Power consumption, vibro Hydraulic Motor at the tip
- Backfill material, volume storage and volume stone column
- Data transfer by USB stick or remote transmission

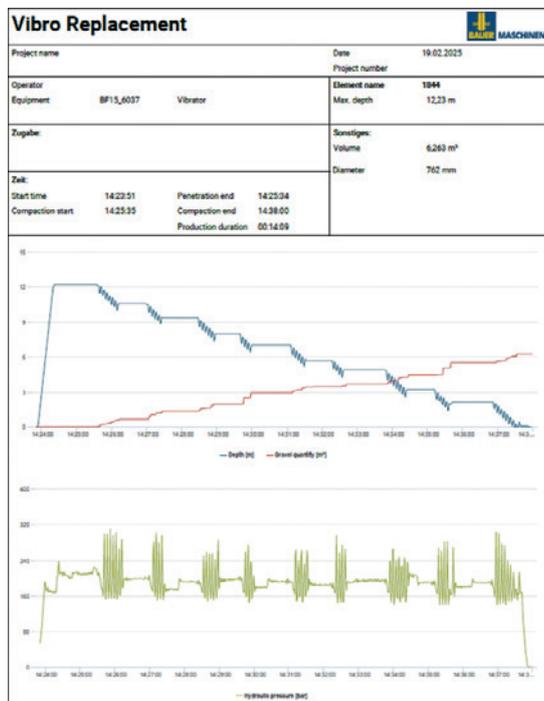
B-Report

Die Auswertung und Darstellung von Produktionsdatensätzen kann im B-Report für jede Säule oder Verdichtungsstelle erstellt werden. Es stehen Tiefen- oder Zeitdiagramme, sowie Tages- und Wochenberichte zur Verfügung.

The evaluation and display of production data sets can be produced in the B-Report for each column or compaction point. Depth or time diagrams, as well as daily and weekly reports are available.



Dokumentation in Echtzeit
Real time monitoring



RSV Bericht
VR Report

**International Service Hotline
+800 1000 1200***

**+49 8252 97-2888
BMA-Service@bauer.de**

*toll-free number, where available

24/7



Methods



**BAUER Maschinen GmbH
BAUER-Strasse 1
86529 Schrobenhausen
Germany
Phone: +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.

Design developments and process improvements may require the specification and materials to be updated and changed without prior notice or liability. Illustrations may include optional equipment and not show all possible configurations. These and the technical data are provided as indicative information only, with any errors and misprints reserved.