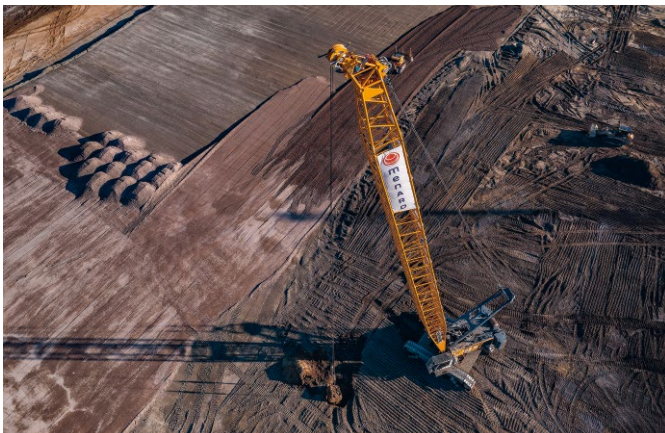


## Dynamische Intensivverdichtung und DYNIV-Säulen zur nachhaltigen Gründung eines Hochregallagers mit DGNB-Zertifizierung

In Dorsten (NRW) entsteht das neue Logistikzentrum für Levi Strauss & Co. Im Rahmen des Bauvorhabens wird ein Hochregallager (HRL) mit einem angrenzenden zwei- bis dreigeschossigen Verwaltungs- und Bürogebäude errichtet. Das sogenannte „Positive Footprint Warehouse®“ ist ein repräsentatives Beispiel für nachhaltiges Bauen. Das Bauwerk wird mit einer angestrebten klimaneutralen Nutzung von der Delta Development Group realisiert. Für den Bau werden möglichst ressourcenschonende Materialien und Herstellungsverfahren verwendet und der Rohbau wird nach dem Cradle-to-Cradle® Leitgedanken realisiert.

Die Einhaltung der strengen Verformungskriterien des Hochregallagers mit hochautomatisierter Regaltechnik machte tiefenreichende Verbesserungsmaßnahmen des Baugrunds erforderlich. Ziel der Baugrundverbesserung war eine Erhöhung der Baugrundsteifigkeit, um die Setzungen und insbesondere die Differenzsetzungen der Bodenplatte zu limitieren.

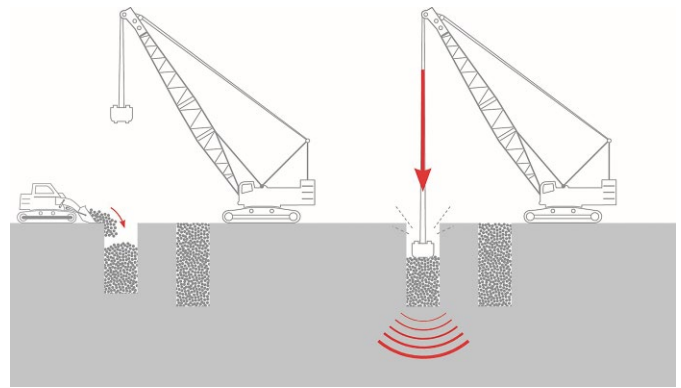
Nach einem Variantenvergleich hinsichtlich der Kriterien Wirtschaftlichkeit, Ökobilanz und der erwarteten Steifigkeit nach der Baugrundverbesserung wurde die Dynamische Intensivverdichtung (DYNIV®) mit Einschlagen von DYNIV-Säulen gegenüber anderen Verfahren vorgezogen. Die DYNIV wurde von der MENARD GmbH großflächig unter der Bodenplatte und lokal



**Bild 1** Spezial-Seilbagger der Menard GmbH für die DYNIV mit 30 m Fallhöhe



**Bild 3** Verfüllung eines Einschlagtrichters in Dorsten mit RC-Baustoffen (links) und fertig hergestellte Säulen (rechts)



**Bild 2** DYNIV-Säulen bei fein- und gemischtkörnigen Böden

konzentriert unter den Einzelfundamenten der bis zu 30 m hohen Stützen ausgeführt.

### Das DYNIV-Verfahren

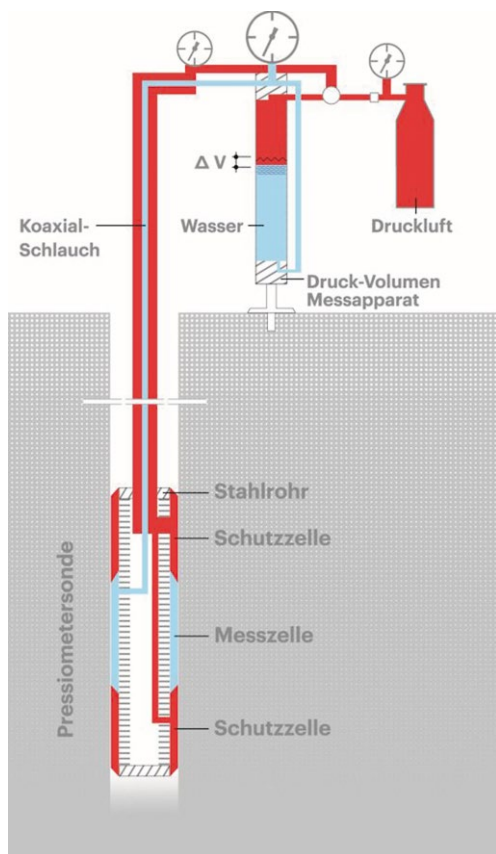
Die DYNIV ist in klassischer Ausführung eine Methode zur Eigenverdichtung von Böden. Es wird ein tonnenschweres Fallgewicht aus definierter Höhe fallen gelassen. Die Fallhöhe und die Fallmasse bestimmen die Wirtiefe. Die tonnenschweren Fallgewichte (in der Regel mit 10 bis 35 t Eigengewicht) werden im freien Fall oder seilgeführt von eigens für diesen Zweck entwickelten Seilbaggern fallen gelassen. (Bild 1)

Die entstehenden Einschlagtrichter bilden eine quadratische oder dreieckige Anordnung und sorgen in einem Raster für eine großflächige Tiefenverdichtung. Die Ausführung erfolgt häufig in mehreren Übergangsphasen. In den Ruhephasen zwischen den Übergängen können sich die Porenwasserüberdrücke abbauen.

Bei gemischt- oder feinkörnigen Böden, deren Kornstruktur sich nicht zur Eigenverdichtung eignet, ist das Einschlagen von Zugabematerial möglich, um großkalibrige Steinsäulen (sogenannte DYNIV-Säulen) im Untergrund aufzubauen. (Bild 2) Diese Vorgehensweise wurde in großen Bereichen im hier vorgestellten Bauvorhaben in Dorsten umgesetzt.

Für die in Dorsten ausgeführten mehr als 1.500 Verdichtungs- punkte konnten Recyclingbaustoffe als Zugabematerial verwendet werden. (Bild 3) Mit dieser Vorgehensweise wurde zum einen die erforderliche Steifigkeit der Säulen erzielt und zum anderen eine ressourcenschonende Bauweise realisiert, womit





**Bild 4** Prinzipskizze der Ménard-Pressiometrie

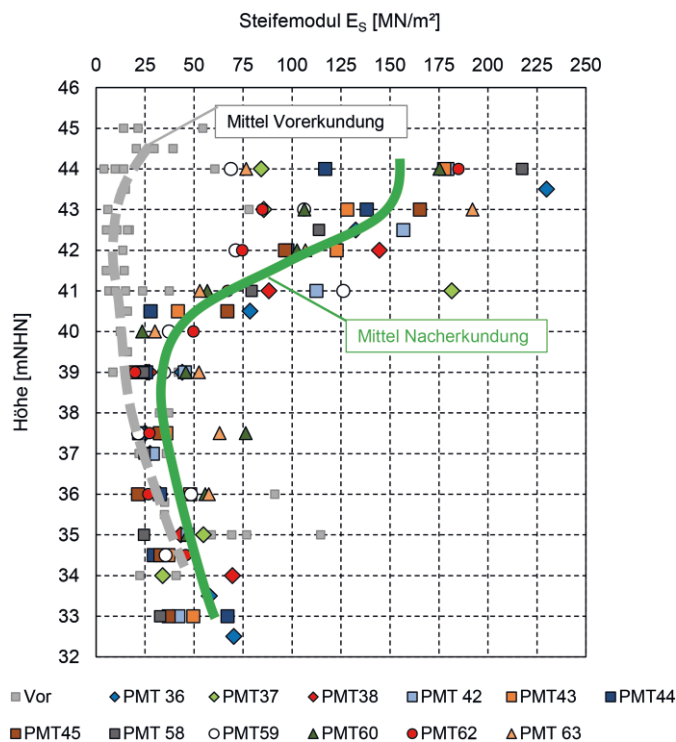
die Nachhaltigkeitsanforderungen des Gebäudes und die Grenzwerte der angestrebten DGNB-Zertifizierung erfüllt wurden. Zusätzliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen konnten durch die DYNIV erzielt werden, indem RC-Baustoffe direkt auf dem Baufeld nach dem Abriss von Bestandsgebäuden gewonnen und verwendet werden konnten. Hierdurch konnten Materialtransporte und die Materialaufbereitung eingespart werden.

Die Qualitätssicherung und Messung der Steifigkeit des Baugrunds nach der Verbesserung erfolgte mit der Pressiometrie nach Ménard.

### Pressiometrie zur In-Situ Messung der Steifigkeit vor und nach der Baugrundverbesserung

Zur Qualitätsprüfung wurde die Ménard-Pressiometrie nach DIN EN ISO 22476-4, eine modifizierte Form des Bohrlochaufweitungsversuches, eingesetzt. Die Methode basiert im Wesentlichen auf druckinduziertem Ausdehnen einer in den Untergrund eingeführten Messzelle. Dabei zeichnet man die Druck-Verformungslinie in den jeweiligen Tiefen auf. Es wird je Messung in einer Tiefe ein Bodenvolumen von bis zu 2–3 m<sup>3</sup> untersucht. (Bild 4)

Die Durchführung und Auswertung des Pressiometersversuches wurde im Bauvorhaben Dorsten zur Qualitätssicherung vor und



**Bild 5** Gemessenes Tiefenprofil des Steifemoduls vor und nach der DYNIV in den Verdichtungsstellen

nach Ausführung der DYNIV und DYNIV-Säulen ausgeführt. So konnte die nennenswerte Erhöhung der Baugrundsteifigkeit nachgewiesen werden. Die Bemessung der Hochregallager-Bodenplatte konnte auf Basis von realen Messwerten und validierten Annahmen erfolgen.

Bild 5 zeigt die Messergebnisse in den DYNIV-Säulen mit Steifigkeiten von  $E_s > 75 \text{ MN/m}^2$  im verdichteten RC-Material. Mit der hier kalibrierten Fallhöhe und Tonnage der Fallgewichte wurden auch unterhalb der Säulen bedeutende Verbesserungswerte des anstehenden Bodens nachgewiesen. Mit den hohen Steifigkeiten der Säulen konnten die Anforderungen der Bodenplatte und Einzelfundamente eingehalten werden.

Oberhalb der Säulen wurde eine Lastverteilungsschicht angeordnet, die den Lastabtrag in die Säulen sicherstellt.

Für die besondere Aufgabestellung erfolgte hier die Bemessung und Ausführung der Baugrundverbesserung unter Berücksichtigung der Ökobilanz. Die Verknüpfung von technischen Gesichtspunkten mit umweltrelevanten Aspekten bereits in der Frühphase der Bemessung ist eine der Hauptaufgabenstellungen der „Less is more“ Menard Initiative der Menard GmbH. Unter dem Leitgedanken „Weniger CO<sub>2</sub> ist mehr Zukunft“ entwickelte man im Unternehmen eine softwarebasierte Bewertungsmethode, welche ermöglicht, die optimalen Lösungen für verschiedene Baugrundverbesserungsverfahren zu finden.

[www.menard.gmbh](http://www.menard.gmbh)