



**DUKTUS**

Referenz für duktile Gussrammpfähle  
**bei artesisch gespanntem  
Grundwasser**



# Setzungsempfindliche Schicht mit Torf

## „Schwarze Box mit grünem Dach“

Das neue Gebäude Migros Outlet wurde auf der Parzelle Brand an der Autobahn A8 in Alpnach von der Bürgi Immobilien AG gebaut und wird von der Migros Luzern gemietet. Nach den Plänen des Architekturbüros Burch & Partner Architekten AG wurde der eingeschossige Neubau als Holzbau, verkleidet mit tiefschwarzen Holzplatten und extensiv begrüntem Dach, realisiert.

## Rammpfahlsystem bevorzugt

Der Baugrund ist gezeichnet von einer künstlichen Aufschüttung von maximal 3,0 Meter Mächtigkeit, gefolgt von Verlandungsbildungen mit mächtigen Torflagen. Diese obersten Schichten sind sehr setzungsempfindlich und für eine Flachfundierung von Gebäudelasten nicht geeignet (Gefahr durch differentielle Setzungen). Die Oberkante der tragfähigen Bachschutt-ablagerungen (Kiessande) war, aufgrund von früheren Untersuchungen für den Vollanschluss A8, erst bei ca. 10,0 m unter Terrain zu erwarten. Jedoch, inwieweit die Pfähle in diese Schicht eindringen sollten, war von der stark variierenden Lagerungsdichte und dem Gehalt an Steinen abhängig und daher in der Planungsphase nicht vorhersehbar. Somit wurde angesichts des lokal sehr heterogenen Untergrundes von der Geotest AG auf eine Vordimensionierung der Pfähle verzichtet und ein Rammpfahlsystem mit variabler Länge empfohlen, welches zusätzlich einen Rückschluss auf die Tragfähigkeit der Pfähle erlaubt. Der Unternehmer Bürgi AG Alpnach offerierte verpresste duktile Gussrammpfähle und führte die Fundierung aus.

## Verpresste Gussrammpfähle Ø 250 mm

Duktus Gussrohre Ø170/9,0 mm mit Pfahldurchmesser Ø 250 mm und Mörtel C20/25 (Ri,d = 1.207 kN Bemessungswert des inneren Tragwiderstands) wurden anstelle vorgefertigter Schleuderbetonrammpfähle Ø 450 mm eingebaut.

Der Duktus Pfahl ist ein Vollverdrängungspfahl bzw. Injektionsrammpfahl und besteht aus vorgefertigten Gussrohren in 5,0 Meter Baulänge mit verschiedenen Durchmessern und Wandstärken. Die Gussrohre mit einem konischen Spitzende und einer konischen Steckmuffe werden zu einem durchgehenden Pfahl in beliebiger Länge zusammengesetzt. Durch den Rammvorgang und die hohe Schlagenergie entsteht eine kraftschlüssige und biegesteife Verbindung zwischen den Gussrohren.

Bei verpressten duktilen Pfählen werden die Gussrohre bei gleichzeitiger Verpressung in den Boden eingebracht. Ein aufgeweiteter Rammschuh Ø 250 mm bildet entlang des gesamten Pfahlrohrumfangs einen Hohlraum, der während des Rammens kontinuierlich mit Mörtel verpresst wird. Diese Verzahnung mit dem Erdreich und die gleichzeitige Verdichtung des anstehenden Bodens ergeben deutlich erhöhte Mantelreibungs- und Spitzendruckwerte.

Den dynamischen Probelastungen zufolge übertragen die getesteten Pfähle die Last im Durchschnitt bis zu 80% durch Mantelreibung in den Untergrund. Trotz der veränderten Fundationsart (Reibungs- statt Spitzenpfähle) konnte mit den gewählten verpressten Gussrammpfählen ein optimales Ergebnis erzielt werden.



Der Unternehmer Bürgi AG führte die Pfahlgründung für das neue Gebäude Migros Outlet in Alpnach mit verpressten Duktus Gussrammpfählen Ø 250 mm aus.



Die Gussrohre 170/9,0 mm mit konischem Spitzende und konischer Steckmuffe werden zu einem durchgehenden Pfahl in beliebiger Länge zusammengesetzt.



Der erste Rohrschuss wird am Spitzende mit einem Einschnitt für den Betonaustritt versehen. Leichte und wendige Geräte kommen ohne zusätzliche Anforderungen an das Rammplanum in Einsatz.



Der Rammschuh (Ø 250 mm) weist einen größeren Durchmesser als das Rohr (Ø 170 mm) auf, sodass beim Verpressen ein Betonringmantel entsteht.



# Parzelle mit Grundwasserstockwerken

## Anpassung an den Baugrund

Dank Erfahrungswerten bei vergleichbaren Baugrundeigenschaften (Korrelation zwischen Rammzeit und Mantelreibungsbeiwerten) konnten die Rammaufzeichnungen der ersten Eckpfähle direkte Aussagen über die Lastabtragung liefern und erlaubten infolgedessen die Festlegung der optimalen Pfahllängen.

Während die Oberkante der tragfähigen Bachschuttablagerungen (Kiessande) gleichmäßig zwischen 8,0 m und 10,0 m Tiefe geortet wurden, variierte die Lagerungsdichte im siltigen Kiessand deutlich von Osten (Autobahnseite, Pfahl Nr. 37) nach Westen (Dorfseite, Pfahl Nr. 21). Daher wurden Pfahllängen von 17,5 m bis 22,5 m definiert, welche die vorgegebene Bemessungslast pro Pfahl  $N_{dx} = 980 \text{ kN}$  mit Sicherheit über die gesamte Bauparzelle abtragen.

## Dynamische Probelastungen

Während der Rammarbeiten wurden vier dynamische Probelastungen von der Duba Pile Control AG durchgeführt. Die Messungen ergaben einen Durchschnittswert  $R_{a,d} = 990 \text{ kN}$  mit sehr geringer Streuung trotz variierenden Pfahllängen und eine zu erwartende Setzung von ca. 7 mm.

Der Spitzenwiderstand beträgt im Durchschnitt 20% vom  $R_{a,d}$  Bemessungswert des äußeren Tragwiderstand. Die Messergebnisse für die Mantelreibung im Kiessand (spezifische Bruchwiderstände) bestätigen die hohen Abweichungen der Lagerungsdichte von  $80 \text{ kN/m}^2$  bis  $170 \text{ kN/m}^2$ .

## Abdichtung des gespannten Grundwassers

Aufgrund der Baugrunduntersuchung der Geotest AG musste im Bereich der Parzelle von mehreren Grundwasserstockwerken ausgegangen werden. Ein Oberes, in den besser durchlässigen Zonen zirkulierendes und ein Unteres, in den tieferen Kiessanden. Dieses untere Grundwasserstockwerk hat einen Druck, welcher in der Ebene talseits der A8 artesisch ist. Der Grundwasserdruckspiegel liegt über der Geländeoberfläche.

Die Abdichtung gegenüber dem unteren gespannten Grundwasserleiter erfolgt über die Mantelverpressung mit Zementmörtel. Schon während der Rammung ermöglicht das Pfahlsystem eine innere Verfüllung des Gussrohres und eine äußere Verpressung des Ringraums zum Erdrich mit Beton. Diese Betonsäule, welche das Gussrohr umhüllt und den Pfahlrohrumfang mit dem Boden abdichtet, gleicht mit ihrem Gewicht automatisch den artesischen Druck vom unteren Grundwasserstockwerk aus.



Rammaufzeichnung des Pfahles Nr. 37 Richtung Osten (Autobahnseite). Die Oberkante der tragfähigen Bachschuttablagerungen (Kiessande) wurde bei 10,0 m Tiefe geortet. Der siltige Kiessand ist von 10,0 m bis 20,0 m mitteldicht gelagert, ab 20,0 m Tiefe nimmt die Lagerungsdichte deutlich zu.

Rammaufzeichnung des Pfahles Nr. 21 Richtung Westen (Dorfseite). Die Schicht von Kiessand liegt schon bei 8,0 m Tiefe: sie ist bis 13,0 m dicht bzw. sehr dicht gelagert, dann locker bis dicht gelagert.



Die 52 Pfähle wurden plangemäß direkt auf Pfahlkopfkote abgeschnitten und mit einer Druckverteilungsplatte versehen. Die Pfahlköpfe binden in den Pfahlriegel ein und tragen eine Bemessungslast pro Pfahl von  $N_{dx} = 980 \text{ kN}$  ab.

Vier dynamische Probelastungen (im Bild Pfahl Nr. 21) weisen einen Durchschnittswert  $R_{a,d} = 990 \text{ kN}$  nach. Die Messergebnisse für die Mantelreibung im Kiessand bestätigen die hohen Abweichungen der Lagerungsdichte von  $80 \text{ kN/m}^2$  bis  $170 \text{ kN/m}^2$ .



## Ihre Ansprechpartner

Bürgi AG Bauunternehmung

Grüneckweg 3

6055 Alpnach

Schweiz

T +41 (0)41 672 71 11

F +41 (0)41 672 71 10

[www.buergibau.ch](http://www.buergibau.ch)



### Duktus S.A.

Innsbrucker Straße 51  
6060 Hall in Tirol  
Austria

T +43 (0) 5223 503-215

[www.duktus.com](http://www.duktus.com)