

Technischer Bericht

Baugrundverbesserung im Rüttelstopfverdichtungsverfahren

Bauvorhaben

Umbau des Freibades Dinslaken-Hiesfeld

Auftraggeber

Dinslakener Bäder GmbH
Kleiststr. 3, 46539 Dinslaken

Bauherr

Dinslakener Bäder GmbH
Kleiststr. 3, 46539 Dinslaken

Revisionen

Index	Datum	Bearbeitung
00		Ersterstellung

Aufgestellt am: 28.01.2019

Bearbeiter: **Dipl.-Ing Peter Fröse**

Titel, Name

✉ p.froese@kellergrundbau.com

☎ +49 (0)2327 804 42

Inhalt

1. Veranlassung und Berechnungsumfang	2
2. Verwendete Unterlagen	3
3. System.....	4
3.1. Grundriss und Systemschnitt.....	4
3.2. Baugrundverhältnisse.....	5
3.2.1. Untersuchungsumfang	5
3.2.2. Bautechnisch idealisierte Schichtenfolge	5
3.3. Bodenparameter.....	6
4. Berechnung der verbesserten Bodenkennwerte	6
4.1.1. Bodenplatte Schwimmbecken	6
5. Zusammenfassung und Ergebnisbewertung	8

Anlagen

Anlage 1: ...

Anlage 2: ...

1. Veranlassung und Berechnungsumfang

Die Dinslakener Bäder GmbH plant den Umbau des Freibades in Dinslaken-Hiesfeld auf dem Grundstück Am Freibad 2.

Das geplante Schwimmbecken soll auf einer Bodenplatte gründen, die innerhalb feinkörniger Sedimentschichten nicht ausreichender Tragfähigkeit liegen. Aufgrund des anstehenden Baugrunds ist eine tiefgründige Baugrundverbesserung erforderlich.

Zu diesem Zweck sind Verbesserungsmaßnahmen nach dem unten beschriebenen Rüttelstopfverdichtungsverfahren (RSV), „System Keller“, beabsichtigt. Die dabei hergestellten Schottersäulen können bezüglich ihrer Ansatzpunktverteilung und Gründungstiefe dem jeweiligen Baugrund angepasst werden und erzielen eine erhebliche Reduzierung der auftretenden Setzung.

Im hier gegenständlichen technischen Bericht werden die für eine statische Bemessung erforderlichen verbesserten Bodenkennwerte berechnet.

Rüttelstopfverdichtung

Die Rüttelstopfverdichtung wird in Böden mit geringen bis mäßigen Tragfähigkeitseigenschaften ausgeführt. Mit einer Aktivierungsraupe und einem Mäkler geführten Schleusenrüttler werden Bodensäulen aus grobkörnigem Zugabematerial hergestellt. Der anstehende Boden wird bei diesem Vorgang seitlich verdrängt und das Säulenmaterial durch wiederholtes Stopfen verdichtend eingebaut. Mit diesem „selbst regulierenden Verfahren“, kann eine Heterogenität des Baugrunds weitgehend ausgeglichen werden.

In weicheren Bodenschichten ergeben sich beim Stopfen der Säulen größere Durchmesser, mit denen die geringere seitliche Stützung der Säulen weitgehend kompensiert wird. Umgekehrt ergeben sich in steiferen Bodenpartien kleinere Säulendurchmesser.

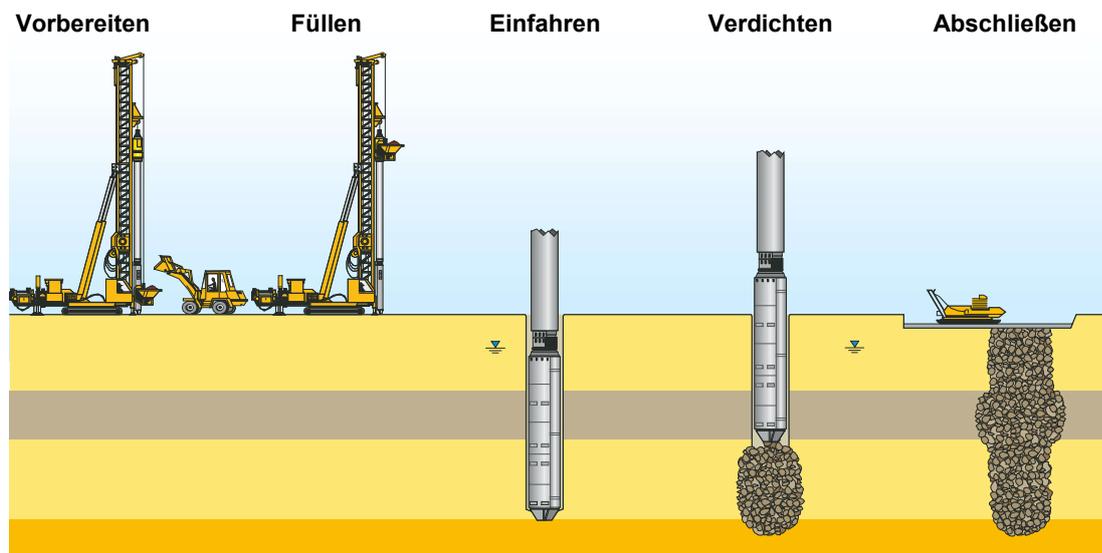


Abbildung 1: Prinzipieller Ablauf der vorgestellten Rüttelstopfverdichtung

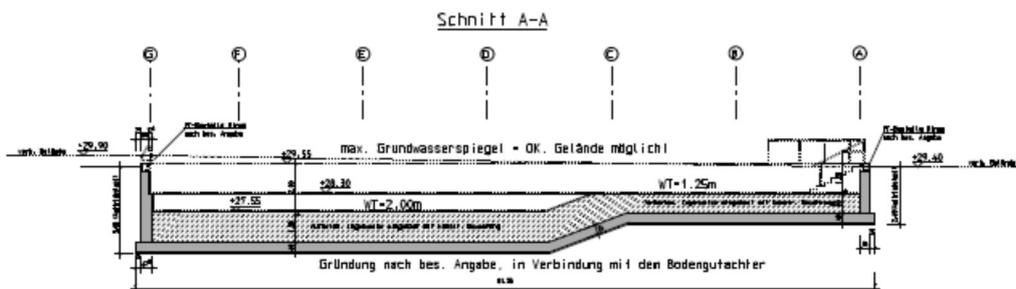
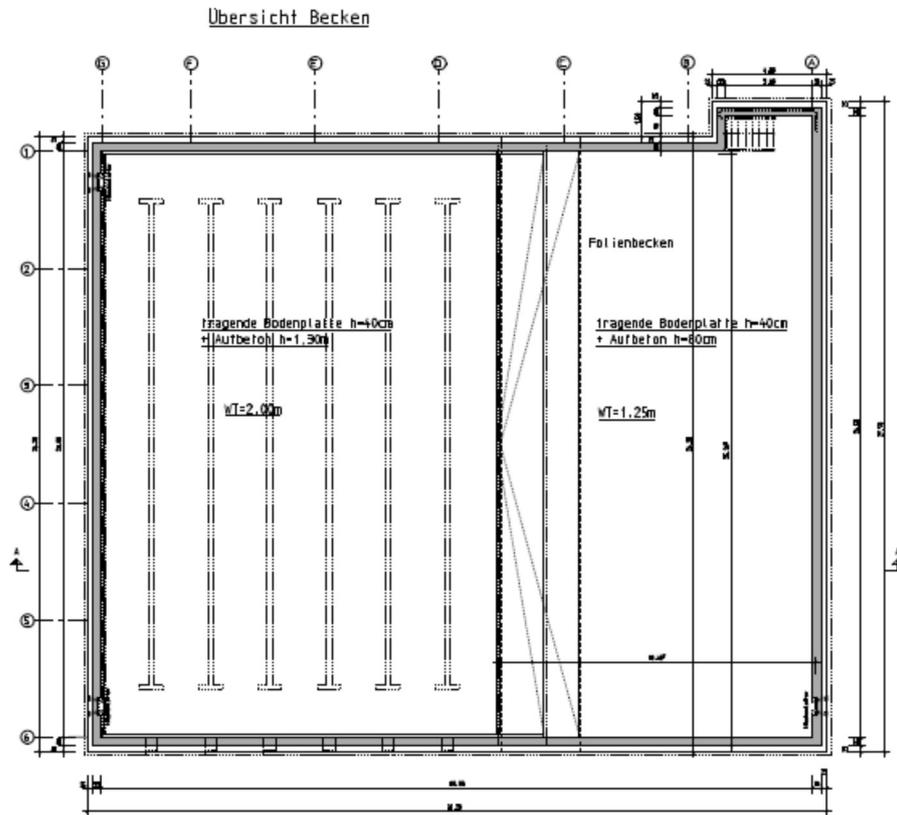
Zur Ermittlung der Verbesserungswirkung und der daraus resultierenden Setzungen kommt das Verfahren nach PRIEBE [4] zur Anwendung. Grundlegend wird hiernach eine verbesserte Bodensteifigkeit, je nach Säulenabstand und -durchmesser, aus den Verbesserungsfaktoren n_2 berechnet.

2. Verwendete Unterlagen

- [1] Bodenuntersuchung für den Umbau des Freibades Dinslaken-Hiesfeld, Dr. Torsten Böcke, Dinslaken, 10.09.2018.
- [2] Lastangaben gemäß statischer Berechnung Ingenieurbüro Voit GmbH, Essen, 22.10.2018.
- [3] Becken, Grundrisse und Schnitte, Ingenieurbüro Voit GmbH, Essen, Blatt-Nr. P1a vom 19.10.2018.
- [4] Die Bemessung von Rüttelstopfverdichtungen; Priebe, H. J, Bautechnik, 72, S. 183-191, 1995
- [5] DIN EN 1997-1:2009-09. Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik.
- [6] DIN 1054:2010-12. Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1.
- [7] DIN 4019:2014-01. Baugrund – Setzungsberechnungen.

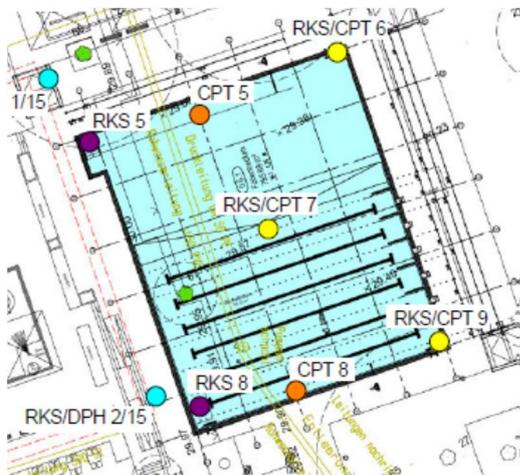
3. System

3.1. Grundriss und Systemschnitt



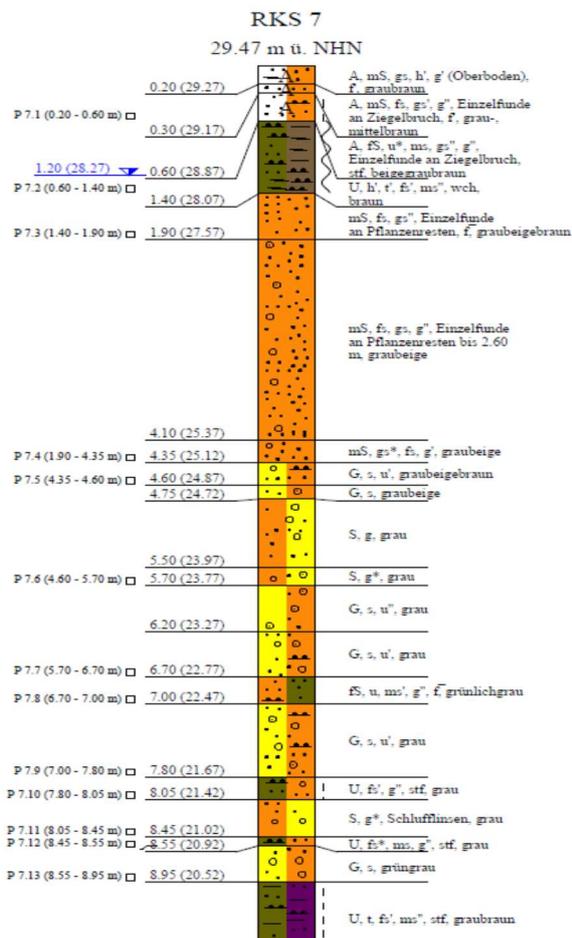
3.2. Baugrundverhältnisse

3.2.1. Untersuchungsumfang



3.2.2. Bautechnisch idealisierte Schichtenfolge

Die o. g. Erkundungsmaßnahmen schlossen folgende Untergrundsituation auf [1]:



3.3. Bodenparameter

Gemäß Baugrundgutachten [1] werden für die voraus beschriebenen, bautechnisch relevanten Schichten folgende Bodenparameter angegeben:

6.4 Bodenmechanische Kennwerte

Bodenart (Bodengruppe n. DIN 18196)	Wichte erdfeucht γ [kN/m ³]	Wichte u. Auftrieb γ' [kN/m ³]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Reibungs- winkel ϕ' [°]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Auffüllung	17 – 21	8 – 12	0	20 – 35	3 – 50
organogene und organische Böden	18 – 21	9 – 12	0 – 3	30 – 35	10 – 80
Hochflutablagerungen	19 – 21	9 – 12	0 – 10	20 – 32	3 – 30
Terrassenablagerungen	18 – 22	9 – 13	0 – 5	25 – 37,5	10 – 120
Sandig-schluffige Wechselfolgen	18 – 21	9 – 12	0 – 5	30 – 32	20 – 50
Tonig-schluffige Gesteine	19 – 21	10 – 12	10 – 20	25 – 30	10 – 30

Tabelle 1: Bodenmechanische Kennwerte

Tabelle 1 Angesetzte Bodenkennwerte für die Setzungsberechnung

4. Berechnung der verbesserten Bodenkennwerte

Die Berechnung erfolgte mit Hilfe des Programms *Keller Improvement Designer (KID)* auf Grundlage der voraus genannten Ergebnisse und Annahmen.

4.1.1. Bodenplatte Schwimmbecken

Keller Holding GmbH
Kaiserleiststraße 8
63067 Offenbach / Germany

KID Version 1.3.1.1

Projekt: Umbau des Freibades in Dinslaken-Hiesfeld

Gründungsart: Rüttelstopfverdichtung

Einzelfundament mit 306,25 [m²] (17,50 [m] * 17,50 [m]) auf 100 Säulen

Bezugsfläche/Säule	3,06 [m ²]		
Berechnungstiefe	8,00 [m]	Fundamenttiefe	2,40 [m]
Säulenfußtiefe	6,00 [m]	Säulenkopftiefe	2,70 [m]
Grundwasserstand	0,00 [m]		

Teilsicherheiten: BS-P

γ_R	1,40 [-]		
γ_G	1,35 [-]	γ_Q	1,50 [-]
$\alpha_{cc,pl}$	0,80 [-]	γ_C	1,50 [-]

Belastung (charakteristische Werte):

ständige Sohlpressung 50,00 [kN/m²], veränderliche Sohlpressung 20,00 [kN/m²]
 gesamte Sohlpressung 70,00 [kN/m²]

Kennwerte Säulenmaterial

OK	gam	phi	c	D	Es	Ecm	fck	K
[m]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[m]	[MN/m ²]	[MN/m ²]	[kN/m ²]	
0,00	11,00	40,00	0,00	0,00	120,0	0,0	0,00	1,00
2,40	11,00	40,00	0,00	0,00	120,0	0,0	0,00	1,00
2,70	11,00	40,00	0,00	0,60	120,0	0,0	0,00	1,00
6,00	11,00	40,00	0,00	0,00	120,0	0,0	0,00	1,00
7,00	11,00	40,00	0,00	0,00	120,0	0,0	0,00	1,00
8,00	11,00	40,00	0,00	0,00	120,0	0,0	0,00	1,00

Kennwerte Bodenschichten

OK	Art	gam	phi	c	ny	Es	Fl.Ver.	Es-V	tau
[m]		[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]		[MN/m ²]			[kN/m ²]
0,00	Auffüllung + Hochf...	9,00	25,00	0,00	0,33	10,0	*****	12,00	0,00
2,40	Polsterschicht	9,00	32,50	0,00	0,33	40,0	*****	3,00	0,00
2,70	Terrassenablagerungen	11,00	32,50	0,00	0,33	40,0	0,0923	3,00	0,00
6,00	Terrassenablagerungen	11,00	32,50	0,00	0,33	40,0	*****	3,00	0,00
7,00	sandig-schluffige ...	10,00	30,00	0,00	0,33	30,0	*****	4,00	0,00
8,00	sandig-schluffige ...	10,00	30,00	0,00	0,33	30,0	*****	4,00	0,00

OK = Oberkante Bodenschicht D = Säulendurchmesser
 gam = wirksames Raumgewicht phi = Reibungswinkel
 c = Kohäsion ny = Querdehnzahl
 Fl.Ver. = Flächenverhältnis Es-V = Steifemodulverhältnis
 Es = Steifenzahl (plast. Verf.) E = Elast.-Modul (elast. Verf.)
 q = zulässige Druckfestigkeit bei Pfahlwirkung
 K = angen. Erddruckbeiwert
 tau = Mantelreibung

Verbesserungswerte

(Nur relevant für Säulenbereiche mit plastischer Verformung!)

Gegenseitige Säulenstützung ergibt sich für 90 % von dem begrenzten System

OK	n0,0	n0,1	n0	d(A/AS)	n1,0	n1,1	n1	n1'	ft	ft'	n2	n2'
2,40	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****
2,70	1,48	1,48	1,48	2,36	1,39	1,39	1,39	1,18	1,14	1,00	1,39	1,18

ohne / mit Tiefenbeiwert

OK	m1	phi1	c1	Es1	m2	phi2	c2	Es2	
		[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]		[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]	
2,40	****	****	****	****	/	****	****	****	
2,70	0,23	34,38	0,00	47,39	/	0,23	34,38	0,00	47,39

Legende

n0 = Grundwert der Verbesserung (n0,0 für Raster und n0,1 für Einzels.)
 d(A/AS) = Zuschlag zum Flächenverhältnis A/AS (wegen Säulenkompressibilität)
 n1 = verbesserter Wert (mit Säulenkompressibilität.) (bzw. n1,0 und n1,1)
 ft = Tiefenbeiwert (wegen Überlagerungsdruck) (ft' = abgemindert ft)
 n2 = ft' x n1' (n1' bzw. n2' = abgemindert n1 bzw. n2)
 m1/2 = Lastanteil der Säulen
 phi1/2 = Reibungswinkel des Verbundsystems zugeordnet zu n1' bzw. n2'
 c1/2 = Kohäsion des Verbundsystems
 Es1/2 = Steifenzahl des Verbundsystems

5. Zusammenfassung und Ergebnisbewertung

Zur Berechnung der auftretenden Setzungen wurde aus den vorhandenen Bohraufschlüssen ein vereinheitlichtes, konservativ angenommenes Untergrundprofil mit mittleren Bodenkennwerten gem. Baugrundgutachten angesetzt.

Die Baugrundverbesserung konnte mittels Rüttelstopfsäulen in einem Fundament spezifischen Raster erreicht werden, die in ihrer Dimensionierung (Länge, Durchmesser) den Erfordernissen des gegenständlich angenommenen Bodenprofils angepasst wurden. Wir weisen darauf hin, dass sich im Herstellungsprozess trotz des hinreichend erkundeten Baugrunds geringfügige Abweichungen in der Säulendimensionierung ergeben können und die Säulen letztendlich den örtlichen Gegebenheiten anzupassen sind.

Es ergeben sich die nachfolgend tabellierten verbesserten Bodenkennwerte nach PRIEBE.

Tabelle 2 Ergebniszusammenfassung der verbesserten Bodenkennwerte

Art / Position	Reibungswinkel φ [°]	Steifemodul E_s [MN/m ²]	Reibungswinkel gewählt E_s [°]	Steifemodul gewählt E_s [MN/m ²]
Bodenplatte	34,38	47,39	30,0	40

Mit der hier bemessenen Rüttelstopfverdichtung als Baugrundverbesserungsmaßnahme sind erheblich verringerte Setzungen von ca. 1 cm zu erwarten.

Die **Setzungsdifferenzen** zwischen einzelnen Bereichen werden sehr gering ausfallen.

Wir empfehlen, erdstatische Berechnung mit folgenden verbesserten Bodenkennwerten durchzuführen:

- 1.) **Steifemodul $E_s = 40 \text{ MN/m}^2$**
- 2.) **Reibungswinkel $\varphi = 30,0^\circ$**