

Anlage 7

Tragwerksplanung Schacht Bb 5n

STATISCHE BERECHNUNG

Bauvorhaben:

Deponie Sankt Augustin, Stahlbetonschacht DN 2000

Auftraggeber:

Rhein-Sieg-Abfallwirtschaftsgesellschaft mbH
Pleiser Hecke 4
53721 Siegburg

Planung:

ICP Ing.-Ges. Prof. Czurda & Partner mbH
Auf der Breit 11
76227 Karlsruhe

aufgestellt:



Dipl.-Ing. (FH) Günter Pirner
Ing.-Büro für Baustatik
Hauptstr. 51
92237 Sulzbach-Rosenberg

Inhalt

1. Vorbemerkungen	3
1.1 Baubeschreibung	3
1.2 Baugrund	4
1.3 Baustoffe	4
1.4 Lastannahmen	4
1.5 Unterlagen	5
2. Schachtelemente	6
2.1 Vertikale Einwirkungen	6
2.2 Radiale Bemessung	6
2.3 Elementverbindungen	8
3. Gründung	8
4. Zusammenfassung der Ergebnisse	9
5. Bemerkungen / Hinweise	9
6. Tabellen	10

1. Vorbemerkungen

1.1 Baubeschreibung

Auf der Deponie Sankt Augustin wird ein Stahlbetonschacht über einer Grundwassermessstelle erstellt. Der Schacht wird mit Nennweite DN 2000 gebaut.

Er wird aus Stahlbeton-Fertigteilen hergestellt. Die Fertigteile werden in Längsrichtung mit Schubdornen verbunden. Die Rohrschüsse stehen auf einem kreisrunden Stahlbetoneinzelfundament, das im Randbereich eine Öffnung zur Durchführung der Verlängerung der Messstelle hat.

Die Wanddicke wird über die Schachthöhe durchgehend gleich gewählt um Waddickensprünge zu vermeiden. Die Einbautiefe beträgt 27,0 m.

In der vorliegenden statischen Berechnung werden die Nachweise für die Fertigteilringe und die Gründung geführt.

Die Gründung erfolgt planmäßig auf einer 50 cm dicken Stahlbetonplatte mit einem Durchmesser von 3,60 m.

Abmessungen der Elemente DN 2000:

Außendurchmesser:	2.500 mm
Innendurchmesser:	2.000 mm
Wanddicke:	250 mm
Maximale Schachthöhe:	27,0 m

Der Einbau erfolgt in Inertabfällen. Der direkte Bettungsbereich um den Schacht wird mit Boden ohne grobe Körnungsanteile verfüllt. Für dieses Verfüllmaterial wird eine mittlere maximale Wichte von 20 kN/m^3 angesetzt.

Als Winkel der inneren Reibung wird $\varphi = 25^\circ$ angesetzt. Eine eventuelle Kohäsion wird mit $c = 0$ nicht angesetzt. Das Gelände ist mit 1:2,8 geneigt.

Der Deckel ist nicht Gegenstand dieses Berichtes.

1.2 Baugrund

Die Gründung erfolgt auf tragfähigem Baugrund, dessen aufnehmbare Bodenpressung nicht bekannt ist. Die maximal zu erwartenden Differenzsetzungen zwischen dem Schacht und dem anstehendem Untergrund müssen von allen Anschlüssen schadlos aufgenommen werden können. Hierfür sind konstruktiv Maßnahmen vorzusehen, im Zweifelsfall ist ein Baugrundfachmann einzuschalten.

1.3 Baustoffe

Beton:	Fertigteil-Schachtringe:	C 35/45 XC4, XD1, XF1, XA3
	Fundament:	C 35/45 XC4, XD1, XF1, XA3 oder höherwertig
Betonstahl:	Fertigteil-Schachtringe:	BSt 500 A/B
	Fundament:	BSt 500 A/B

1.4 Lastannahmen

Erddruckansatz:

Wichte $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$; Winkel der inneren Reibung $\varphi = 25^\circ$

Der Wandreibungswinkel wird mit $\delta_a = 2/3 \varphi$ angenommen.

$$k_0 = 1 - \sin \varphi$$

$$k_0 = 1 - \sin 25^\circ = 0,58$$

$$k_{0,19,6} = 0,835$$

$$\text{Maximaler Erddruck } e_0 = 27,0 * 20 * 0,835 = 450,9 \text{ kN/m}^2 (\times 1,35) = 608,7 \text{ kN/m}^2$$

Als Mindesterdru ck an den 90° versetzten Schachtseiten wird, da dieser Erddruck stützend wirkt, der halbe Erddruck angenommen.

Verkehrslasten:

Es wird eine einseitige Verkehrslast von $p = 33,3 \text{ kN/m}^2$ als Ersatzlast für den SLW 60 angesetzt:

Einwirkung:

Teilsicherheit veränderliche Einwirkungen 1,5

Ersatzlast SLW 60 neben dem Schacht 33 kN/m²: $e_{0,V} = 1,5 * 0,58 * 33,3 = 29 \text{ kN/m}^2$

Wasserdruck steht planmäßig nicht an.

Der Deponiekörper besteht aus bodenähnlichem Abfall. Es wird eine Mantelreibung von $\tau_M = 20 \text{ kN/m}^2$ auf der gesamten Schachtaußenfläche angesetzt.

1.5 Unterlagen

1.5.1 Pläne

Übersichtslageplan DStA-1-0x
Plan Detail Ausbau GWM Bb 5n
Plan Lage Baugrube / Neues PW 3

1.5.2 Verwendete Literatur:

DIN EN 1992 Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken,
Ausgabe 01.2011

Grundbau-Taschenbuch, Verlag Ernst & Sohn, 5. Auflage

Stiglat/Wippel: Platten, Verlag Ernst & Sohn, 2. Auflage

E2-22 Vertikale Schächte in Deponien und

E2-23 Scherparameter nicht bodenähnlicher Abfälle

aus GDA Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten

2. Nachweise DN 2000 - Bemessung der Schachtringe

2.1. Vertikale Einwirkungen

Eigenlast Schachtringe: $(2,50^2 - 2,0^2) \times \pi / 4 \times 27 \times 25 = 1193 \text{ kN}$
+ Einbauteile max. 1200 kN

Es wird eine negative Mantelreibung von $\tau M = 20 \text{ kN/m}^2$ auf den gesamten Schacht angesetzt: Negative Mantelreibung: $EV = 2,5 \times \pi \times 27 \times 20 = 4241 \text{ kN}$

Maximale Normalkraft: 5441 kN

Ein Moment aus horizontalem Erddruck in Längsrichtung des Schachtes tritt planmäßig nicht auf. Für die Schachtbemessung wird aus diesen Gründen lediglich eine Lotabweichung (Schiefstellung nach exDIN 1045- (für Schachtbemessung bisher nicht geändert) angesetzt:

$\varphi = 1/(100 \cdot \sqrt{h}) = 1,93-3$ entsprechend $0,11^\circ$

Ausmitte: $\tan 0,11 \cdot 27 = 0,052 \text{ m}$

Moment am Schachtfuß: $M = 5441 \times 0,055/2 = 149,6 \text{ kNm}$

$A = (2,50^2 - 2,00^2) \times \pi / 4 = 1,77 \text{ m}^2$

$W = (2,50^4 - 2,00^4) / 2,50 \times \pi / 32 = 0,91 \text{ m}^3$

Max. $\sigma_B = 5441 / 1,77 + 149,6 / 0,91 = 3062 + 164,4 \text{ kN/m}^2 = 3226,4 \text{ kN/m}^2$

entsprechend $3,2 \text{ MN/m}^2 < 19,2 \text{ MN/m}^2 = \text{zul. } \sigma_B$

Es treten keine Zugspannungen auf. Die Ringe werden konstruktiv mit zugfest verankerten Schubdornen verbunden.

2.2 Bemessung für radiale Beanspruchungen

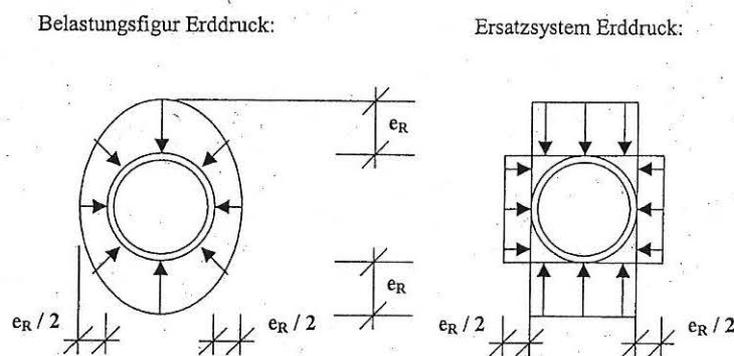


Bild 1 Erddruckansatz

Als lokale Belastung des Schachtes wird der Erdrudruck angesetzt. Die Ermittlung der Schnittkräfte erfolgt elektronisch. Die Berechnung ist als Anhang beigefügt. Mit Sicherheitsbeiwerten ergibt sich $1,35 \cdot 450,9 + 1,5 \cdot 0,58 \cdot 33 = 608,7 + 29 = 637,7 \text{ kN/m}^2$. Berechnet wird die Maximallast von $637,7 \text{ kN/m}^2$.

Die Schnittkräfte gemäß Berechnung in der Anlage betragen:

$\varphi = 0^\circ$ $m = 96,5 \text{ kNm}$ mit zug. min $n = -351,0$
 Querkraft $q = 90 \text{ kN}$

Die Bewehrungsermittlung ist in Tabelle 1 dokumentiert. Für Beton C 35/45 beträgt die zulässige Spannung $\gamma_c = 0,85 * 35 / 1,5 = 19,8 \text{ N/mm}^2$.

Wegen der verbleibenden Unsicherheiten im Baugrund Deponie und zur Begrenzung der Rissbreite wird zweilagige Bewehrung vorgesehen.

$b / d / h = 100 / 25,0 / 20,0 \text{ cm}$; Beton C 35/45; BSt 500/550; Betondeckung nom $c = 4,0 \text{ cm}$

Sie ergibt für $h/d = 25/20$:

erforderliche Biegebewehrung: $7,46 \text{ cm}^2/\text{m}$
 erforderlich Rissesicherung: $3,7 \text{ cm}^2/\text{m}$
 max. Betondruckspannung: $10,7 \text{ N/mm}^2$

Gewählt: $\varnothing 10 / e = 10 \text{ cm}$ entsprechend $7,85 \text{ cm}^2/\text{m}$ innen und außen
 Längsbewehrung $\varnothing 10 / 36 \text{ Stück}$ / Umfang innen und außen
 Betondeckung 4 cm

max. Betondruckspannung: $10,7 \text{ N/mm}^2 < \text{zul.} = 19,8 \text{ N/mm}^2$
 Schubspannung: Aufnehmbare Schubkraft $v_{rd,ct} = 129 \text{ kN} > \text{vorhanden } v = 73,2 \text{ kN}$,
 keine Schubbewehrung erforderlich

Nachweis Biegebewehrung: vorh. $a_s = 7,8 \text{ cm}^2/\text{m} > \text{erf. } a_s = 6,8 \text{ cm}^2/\text{m}$

gewählt: **Wendel $\varnothing 10 / e = 10 \text{ cm} = 7,8 \text{ cm}^2/\text{m}$ innen und außen**
 vertikal 2 x $\varnothing 10 / 36 \text{ Stück}$ (konstruktiv innen und außen)

Nachweis der Rissbreitenbeschränkung in den Fertigteilen:

DIN 1045, Tabelle 14, mit $\sigma_s = 280 \text{ N/mm}^2$: max. $d_s = 12 \text{ mm} > 10 \text{ mm} = \text{vorh. } d_s$

Die Grenzdurchmesser nach DIN 1045 sind eingehalten. Die erforderliche Rissbewehrung von $3,7 \text{ cm}^2/\text{m}$ pro Seite ist ebenfalls eingehalten (DIN EN 1992)

2.3 Elementverbindung

Die Fugenausbildung erfolgt konstruktiv wie folgt:

6 Schubdorne über den Umfang verteilt, die mit einem für die nachträgliche Verbindung von Bewehrungsstäben zugelassenem Mörtel zugfest vergossen werden. Gewählt werden 6 Stück $\varnothing 16$, $l = 300$ mm

3. Bemessung der Gründung

Maximale Normalkraft: $Q = -5441$ kN

Gewählt $\varnothing 3,60$ m / 0,5 m dick

Eigenlast Fundament: $G = 3,6^2 \times \pi / 4 \times 0,5 \times 25 = 127,2$ kN

Erdauflast Fundament: $(3,6^2 - 2,5^2) \times \pi / 4 \times 27 \times 20 = 2845,8$ kN

max. Gesamtlast $Q = 5441 + 127,2 + 2845,8 = 8414,0$ kN

Bei den gewählten Fundamentabmessungen ergeben sich Bodenpressungen von

max. $\sigma_B = 8414$ kN / $(3,6 * \pi / 4) \text{ m}^2 = 827$ kN/m²

Der Schacht wird nicht biegesteif mit dem Fundament verbunden. Die zul. Bodenpressung ist nicht bekannt, die Zulässigkeit der vorhandenen Pressung von 827 kN/m² wird vorausgesetzt. Hierfür ist gegebenenfalls ein Bodenaustausch durchzuführen.

gewählt: Kreisfundament $\varnothing 3,6$ m / d 0,5 m

Biegebemessung (nach Stiglat/Wippel: Platten):

Für $b/a = 1,8/1,1 = 1,6$ ergibt sich für eine Platte mit Auskrägung das m max als Stützmoment zu:

max. $m_{\text{Feld}} = 1,35 * (827 - 0,5 * 25) * 1,125^2 / 63,3 = 22,0$ kNm/m

max. $m = 1,35 * (827 - 0,5 * 25) * 1,125^2 / 4,92 = 282,8$ kNm/m

Querkraft:

Nachweis $h/2$ vom Auflager: $D_{\text{Nachweis}Q} = 2,0 - 0,5 = 1,5$ m

$1,5^2 * \pi / 4 * (827 - 0,5 * 25) / (1,5 * \pi) = 305,4$ kN/m

$1,35 * 305,4 = 412,3$ kN/m

Bemessung gemäß Tabelle 2:

Biegebewehrung erf. $a_s = 15,0$ cm²/m bzw. 6,6 cm²/m (Rissbreite)

Schubbewehrung erf. $a_s = 13,6$ cm²/m

Es wird gewählt:

Obere Bewehrung: $\emptyset 16 / e = 12,5$ cm kreuzweise

Untere Bewehrung: $\emptyset 16 / e = 12,5$ cm kreuzweise

Schubbewehrung: Hutbügel $\emptyset 16 / 4$ Stück/m

Randefassung $\emptyset 12 / e = 12,5$ cm und 4 Stück $\emptyset 12$ umlaufend

Nachweis: Vorh. $A_s = 16,1$ cm²/m > erf. $A_s = 15,0$ cm²/m

Nachweis: Vorh. $A_{ss} = 16,1$ cm²/m = erf. $A_s = 13,6$ cm²/m

4. Zusammenfassung

Aufgrund unserer Berechnungen kann der Schacht wie folgt ausgeführt werden:

DN 2000

Elemente:

Wanddicke	25 cm
Radialbewehrung	$\emptyset 10 / e = 10$ cm, innen und außen
Axialbewehrung	$\emptyset 10 / 36$ Stück innen und außen
Elementverbindung	6 Stück $\emptyset 16$

Fundament:

Fundamentdicke	50 cm
Obere Bewehrung:	$\emptyset 16 / e = 12,5$ cm kreuzweise
Untere Bewehrung:	$\emptyset 16 / e = 12,5$ cm kreuzweise
Randefassung	$\emptyset 12 / e = 12,5$ cm und 4 Stück $\emptyset 12$ umlaufend
Schubbewehrung:	$\emptyset 16$ Hutbügel / 4 Stück/m

Gegen die Ausführung wie beschrieben bestehen aus unserer Sicht keine Bedenken.

5. Hinweise

Ungleichförmigkeiten der Abfallzusammensetzung sind beim Aushub zu kontrollieren und gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Die Standsicherheit des Deponiekörpers ist nicht Gegenstand dieser Berechnungen und wird vorausgesetzt.

7. Tabellen

DIN 1045 - 1

Titel St. Augustin -27 m DN 2000

m	kNm	96,5			•	
n	kN	-351	1,5		•	
zs	m	0,075			•	
Breite	m	1			•	
Höhe d/h	m	0,2	0,25	0,8	•	Feld d7=k für Rissbreite
meds		122,825				
Beton	c		35	45	•	17 fcd
fcd		19800			•	
fyd/fcd		21,9			•	
µeds		0,15508207				
ω1		0,17			•	Druckzone Zugzone
ξ		0,329			•	Kontrolle 0,0658 0,1842
erf as1		7,46 cm²/m	vorhanden			11,3 •
ved	kN/m	242,7	0,2427		•	b
kappa		2	2			
pl		0,00565	0,00565			
sigmaccd		-1404	-1,404			
vrct		0,1419	in MN/m			Achtung
Rissbreite					•	DIN
fctm		3,2				Tab.9
kc		-116,6	as	0,00013326		-1,33 cm ² /m
k		0,8		Stahlzugspannung:		29,32 kN/cm ²
mrep		0,03333333		in MNm		dann Tab20/21
min as		0,00037037	3,70	cm ² /m		
Betonspannung	kN/m ²	9264,00	sigma m			
		-1404,00	sigma n			
		7860,00	sigma 1			
		-10668,00	sigma 2			

Tabelle 1 Biegebemessung Schachtelemente

DIN 1045 - 1

Titel	St. Augustin Fundament				
m	kNm	282,8		•	
n	kN	0	1,5	•	
zs	m	0,2		•	
Breite	m	1		•	
Höhe d/h	m	0,45	0,5	0,68	•
meds		282,8			
Beton	c		35	45	•
fcd		19800			•
f _{yd} /f _{cd}		21,9			•
μ _{eds}		0,07053249			
ω ₁		0,0728		•	Druckzone Zugzone
ξ		0,329		•	Kontrolle 0,14805 0,35195
erf as1		14,96	cm²/m	vorhanden	16,2 •
ved	kN/m	412,3	0,4123	•	b
kappa		1,66666667	1,66666667		
pl		0,0036	0,0036		
sigmacd		0	0		
vr _{dct}		0,1745	in MN/m		Achtung
Rissbreite					
f _{ctm}		3,2		•	DIN Tab.9
kc		0,4	as	7,7714E-07	0,01 cm ² /m
k		0,68		Stahlzugspannung:	43,10 kN/cm ²
m _{rep}		0,13333333		in MNm	dann Tab20/21
min as		0,00065844	6,58	cm ² /m	
Betonspannung kN/m ²					
		6787,20	sigma m		
		0,00	sigma n		
		6787,20	sigma 1		
		-6787,20	sigma 2		

Tabelle 2 Fundament Biegung

cot tetha 2,08076885

Betondeckung 0,04

Streckgrenze Stahl 435

Abstand der Bügel m

cot theta 2,08076885

Erforderliche Schubbewehrung cm^2/m 13,68
gilt nur ohne Längskraft

Tragfähigk.bei rechtwinkliger
Schubbew.. 2016,01849
kN / gilt für Normalbeton

mit Druckbewehrung:

ω_1 0 •

erf. as2 0,00 cm^2/m

Tabelle 3 Fundament Schub