



SALZGITTER FLACHSTAHL

Ein Unternehmen der Salzgitter Gruppe



Salzgitter Flachstahl GmbH

Eisenhüttenstraße 99
38239 Salzgitter

Anlage 9.1 Verfahrenstechnische Berechnungen zur Erweiterung der Werkskläranlage

- Antragsunterlagen für eine gehobene wasserrechtliche Erlaubnis
für die Einleitung von behandeltem Abwasser in den Lahmanngraben -

Stand: 13. Januar 2020

**Salzgitter Flachstahl GmbH -
Machbarkeitsstudie zur Ertüchtigung der Werkskläranlage**

Verfahrenstechnische Berechnungen zur Flockungsfiltration

	Parameter	Bemessung / Bemerkung	Wert	Einheit
Grunddaten	maßgebender Abwasserzufluss	Q_M	Auslegungsgröße	1.400 m ³ /h
	mittlerer Abwasserzufluss	Q_{mittel}	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	1.400 m ³ /h
	Jahresabwassermenge	Q_a	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	13.000.000 m ³ /a
	Rohschlammanfall	$RohS_{a,\text{vorh.}}$	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	2.600 t TR/a
Filtration	maximal zulässige Filtergeschwindigkeit	$v_{\text{Filter,max}}$	gemäß A 203, Rückhalt von AFS	15,0 m/h
	maximal zulässige Feststoffraumbelastung	$B_{R,\text{AFS}}$	aus DWA A 203 (2016)	3,00 kg TS/(m ³ _{Filterbett} * Spülzyklus)
	maximal zulässige Feststoffflächenbelastung	$B_{A,\text{zul,max}}$	aus DWA A 203 (2016)	2,00 kg TS/(m ² *h)
	erforderliche Filterfläche	$A_{\text{Filter,erf.}}$	$= (Q_{\text{Mittel}} + Q_{\text{Spül,max}}) / v_{\text{Filter,max}}$	99 m ²
	Filterfläche einer Filterkammer	$A_{\text{Filterkammer}}$	Typ: DS 6000 D-B	6 m ²
	erforderliche Anzahl Filterkammern	$n_{\text{Filterkammern,erf.}}$	$= A_{\text{Filter,erf.}} / A_{\text{Filterkammer}}$	16,5 Stück
	gewählte Anzahl Filterkammern	$n_{\text{Filterkammern,gew.}}$		18 Stück
	gesamte Filterfläche	$A_{\text{Filter,gew.}}$	$= A_{\text{Filterkammer}} * n_{\text{Filterkammern,gew.}}$	108 m ²
	resultierende Filtergeschwindigkeit	$v_{\text{Filter,res.}}$	$= (Q_M + Q_{\text{Spül,max}}) / A_{\text{Filter,gew.}}$	13,7 m/h
	mittlere Filtergeschwindigkeit	$v_{\text{Filter,mittel}}$	$= Q_{\text{mittel}} / A_{\text{Filter,gew.}}$	13,0 m/h
	angesetzter Spülzyklus	$t_{\text{Spül}}$	angenommen	18 h
	Filterbetthöhe	$h_{\text{Filterbett}}$	gewählt	2,0 m
	minimale Verweilzeit im Filterbett	$t_{\text{Filter,res.}}$	$= h_{\text{Filterbett}} / v_{\text{Filter,res.}} * 60$	9 min
	mittlere Verweilzeit im Filterbett	$t_{\text{Filter,mittel}}$	$= h_{\text{Filterbett}} / v_{\text{Filter,mittel}} * 60$	9 min
	Sandbedarf (Körnung 1,0 - 2,0 mm) pro Kammer	m_{Sand}	Angabe Hersteller	23 t/Filterkammer
	Sandbedarf (Körnung 1,0 - 2,0 mm) gesamt	$M_{\text{Sand,gew.}}$	$= m_{\text{Sand}} * n_{\text{Filterkammer}}$	414 t
	maximale Spülabwassermenge pro Kammer	$Q_{\text{Spül,max}}$	Angabe Hersteller	4,5 m ³ /h/Filterkammer
	maximale Spülabwassermenge	$Q_{\text{Spül,max}}$	$= Q_{\text{Spül,max}} * n_{\text{Filterkammern}}$	81 m ³ /h
	Spülabwassermenge mit Waschwasserreduzierung	$Q_{\text{Spül,res.}}$	$= 0,5 * Q_{\text{Spül,max}}$	41 m ³ /h
	Druckluftbedarf	$Q_{L,\text{max}}$	Angabe Hersteller (bei 4 bar Überdruck)	180 Nm ³ /min/Filterkammer
	maximaler Druckluftbedarf	$Q_{L,\text{max}}$	$= Q_{L,\text{max}} * n_{\text{Filterkammern}} * 60 / 1.000$	200 Nm ³ /h
	Druckluftbedarf mit Waschwasserreduzierung	$Q_{L,\text{red.}}$	$= 0,5 * Q_{L,\text{max}}$	100 Nm ³ /h
	Pumpwerk Zulauf Filtration	Geodätische Höhenverlust	Δh_{Geo}	Höhe der Filter (Gesamthöhe)
Druckverlust durch Sandfilter		Δh_{Filter}	Angabe Hersteller	1,8 m
erforderliche Förderhöhe		$\Delta h_{\text{PW,erf.}}$	$= h_{S,\text{Schacht2}} - h_{S,\text{Schacht1}} + \Delta h_{\text{Filter}}$	8,0 m
Wirkungsgrad Pumpwerk		η_{PW}	Kreiselpumpe	60 %
erforderliche Pumpwerksleistung		$P_{\text{PW,erf.}}$	$= 2,7 / \eta_{\text{PW}} * \Delta h_{\text{PW,erf.}} * (Q_M + Q_{\text{Spül,max}}) / 1.000$	53 kW
gewählte Pumpwerksleistung		$P_{\text{PW,gew.}}$		55 kW
Anzahl Pumpen		n_{Pumpen}	1 + 1 System	2 Stück
Leistung je Pumpen		P_{Pumpe}	$= P_{\text{PW,gew.}} / n_{\text{Pumpen}}$	28 kW
Fördermenge je Pumpe		Q_{Pumpe}	$= (Q_M + Q_{\text{Spül,max}}) / n_{\text{Pumpen}}$	741 m ³ /h
Schaltzahl pro Stunde		i		10 h ⁻¹
erforderlicher Pumpensumpf	$V_{\text{sumpf,erf.}}$	$= 0,9 * Q_{\text{mittel}} / (i * 3,6)$	35,0 m ³	
gewählter Pumpensumpf	$V_{\text{sumpf,gew.}}$		35,0 m ³	

**Salzgitter Flachstahl GmbH -
Machbarkeitsstudie zur Ertüchtigung der Werkskläranlage**

Verfahrenstechnische Berechnungen zur Flockungsfiltration

	Parameter	Bemessung / Bemerkung	Wert	Einheit	
Fällmittel (FM)-Dosierstation	Phosphorkonzentration Ablauf Mittelwert	$C_{Pges,mittel}$	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	0,44 mg P/l	
	Phosphor Zielkonzentration	$C_{Pges,Ziel}$		0,14 mg P/l	
	zu fällende P-Fracht (pro Jahr)	$B_{a,Pges,Fall}$	$= (C_{Pges,mittel} - C_{Pges,Ziel}) * Q_a / 1.000$	3.510	kg P/a
	Fällmittelart		Eisen-III-Chlorid - 40%ige Lösung		
	Eisenbedarf (pro Jahr; $\beta = 3,0$)	$B_{a,Fe,erf.}$	$= 3,0 * 55,8/31,0 * B_{a,Pges,Fall}$	18.954	kg Fe/a
	Wirksubstanz Eisen-III-chlorid	$w_{FeCl3,L}$	Lösung	0,135	kg Fe/kg
	Dichte Eisen-III-chlorid	$\delta_{FeCl3,L}$		1.420	kg/m ³
	Fällmittelbedarf (pro Jahr)	$B_{a,FeCl3}$	$= B_{a,Fe,erf.} / w_{FeCl3,L}$	140.400	kg/a
		$Q_{a,FeCl3}$	$= B_{a,FeCl3} / \delta_{FeCl3,L}$	98,9	m ³ /a
	maximale P-Ablauffracht	$B_{d,Pges,max}$		14,8	kg P/d
	zugehörige Wassermenge	Q	Auslegungsgröße < $Q_{d,max}$	33.600	m ³ /d
	maximal zu fällende P-Fracht	$B_{d,Pges,Fall,max}$	$= B_{d,Pges,max} - C_{Pges,Ziel} * Q / 1.000$	10,1	kg P/d
	maximaler Eisenbedarf ($\beta = 3,0$)	$B_{d,Fe,max}$	$= 3,0 * 55,8/31,0 * B_{d,Pges,Fall,max}$	54,4	kg/d
	maximaler Fällmittelbedarf	$B_{d,FeCl3,max}$	$= B_{d,Fe,max} / w_{FeCl3,L}$	403	kg/d
		$Q_{d,FeCl3,max}$	$= B_{d,FeCl3,max} / \delta_{FeCl3,L}$	0,28	m ³ /d
	maximale zusätzliche Chloridmenge	$B_{d,Cl,max}$	$= B_{d,Fe,max} * Molmasse Cl / Molmasse Fe$	264	kg/d
		$C_{Cl,max}$	$= B_{d,Cl,max} / Q_{max}$	7,1	mg/l
	Lagerbehälter	$V_{L,FM,erf.}$	$= Q_{Tankzug,20m3} + Q_{d,FeCl3,max} * 7 d$	22	m ³
		$V_{L,FM,gew.}$		25	m ³
		$t_{L,FM}$	$= V_{L,FM,gew.} / Q_{d,FeCl3,max}$	88	d
erforderliche Förderleistung Dosierpumpe	$Q_{Pumpe,erf.}$	$= 1 / f_Q * Q_{d,FeCl3,max} * 1.000$	28	l/h	
gewählte Förderleistung Dosierpumpe	$Q_{Pumpe,gew.}$	1 + 1 System	30	l/h	
zusätzlicher Schlammanfall		aus DWA A 131	2,50	kg TS/kg Fe	
	$\dot{U}_{a,P}$		47.385	kg TS/a	
zusätzlicher Schlammanfall	mittlere AFS-Konzentration	$C_{AFS,mittel}$	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	24,7 mg/l	
	AFS-Zielkonzentration	$C_{AFS,Ziel,mittel}$		5 mg/l	
	Schlammanfall aus AFS	$\dot{U}_{S,a,AFS}$	$= (C_{AFS,mittel} - C_{AFS,Ziel,mittel}) * Q_a / 1.000$	255.450	kg TS/a
	zusätzlicher Schlammanfall gesamt	$\dot{U}_{S,a,zus.}$	$= (\dot{U}_{S,a,Cext} + \dot{U}_{S,a,P} + \dot{U}_{S,a,AFS}) / 1.000$	303	t TS/a
	resultierende Feststoffraumbelastung	$B_{R,AFS}$	$= (\dot{U}_{S,a,zus.} / 8.760 * 1.000) / (V_{Filter} * Zyklus)$	2,88	kg TS/(m ³ *Spülzyklus)
	resultierende Feststoffflächenbelastung	B_A	$= (\dot{U}_{S,a,zus.} / 8.760) / A_{Filter,ges.}$	0,32	kg TS/(m ² *h)
	Anteil an Gesamtschlammmenge		$= (RohS_{a,vorh.} + \dot{U}_{S,a,zus.}) / RohS_{a,vorh.} - 1$	11,6	%
Rohrleitungen	maximal zulässige Geschwindigkeit	v_{max}	Vorgabe	1,0 m/s	
	erforderlicher Querschnitt Zulaufleitung Filtration	$A_{Zu,erf.}$	$= (Q_M + Q_{Spül,max}) / v_{max} / 3.600$	0,41 m ²	
	gewählter Durchmesser Zulaufleitung Filtration	$DN_{Zu,gew.}$		800 mm	
	erforderlicher Querschnitt Ablaufleitung Filtration	$A_{Ab,erf.}$	$= Q_M / v_{max} / 3.600$	0,39 m ²	
	gewählter Durchmesser Ablaufleitung Filtration	$DN_{Ab,gew.}$		800 mm	
	minimale Geschwindigkeit (Spülwasserleitung)	v_{min}	Vorgabe	0,7 m/s	
	erforderlicher Querschnitt Spülwasserleitung	$A_{Sp,erf.}$	$= Q_{Spül,red} / v_{min} / 3.600$	0,02 m ²	
	gewählter Durchmesser Spülwasserleitung	$DN_{Sp,gew.}$		140 mm	

**Salzgitter Flachstahl GmbH -
Machbarkeitsstudie zur Ertüchtigung der Werkskläranlage**

Verfahrenstechnische Berechnungen zur GAK-Adsorption

	Parameter		Bemessung / Bemerkung	Wert	Einheit
Grund- daten	maßgebender Abwasserzufluss	Q_M	Auslegungsgröße	1.400	m ³ /h
	mittlerer Abwasserzufluss	Q_{mittel}	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	1.400	m ³ /h
	Jahresabwassermenge	Q_a	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	13.000.000	m ³ /a
GAK-Adsorption (kontinuierlicher Filter)	maximale Leerbettkontaktzeit	EBCT		20	min
	resultierende Filtergeschwindigkeit	$v_{\text{Filter, res.}}$	$= h_{\text{Filterbett}} / \text{EBCT}$	7,5	m/h
	erforderliche Filterfläche	$A_{\text{Filter, erf.}}$	$= (Q_{\text{Mittel}} + Q_{\text{Spül, max}}) / v_{\text{Filter, max}}$	208	m ²
	Filterfläche einer Filterkammer	$A_{\text{Filterkammer}}$	Typ: DS 6000 D-B	6	m ²
	erforderliche Anzahl Filterkammern	$n_{\text{Filterkammern, erf.}}$	$= A_{\text{Filter, erf.}} / A_{\text{Filterkammer}}$	34,7	Stück
	gewählte Anzahl Filterkammern	$n_{\text{Filterkammern, gew.}}$		36	Stück
	gesamte Filterfläche	$A_{\text{Filter, ges.}}$	$= A_{\text{Filterkammer}} * n_{\text{Filterkammern, gew.}}$	216	m ²
	resultierende Filtergeschwindigkeit	$v_{\text{Filter, res.}}$	$= (Q_M + Q_{\text{Spül, max}}) / A_{\text{Filter, ges.}}$	7,2	m/h
	mittlere Filtergeschwindigkeit	$v_{\text{Filter, mittel}}$	$= Q_{\text{mittel}} / A_{\text{Filter, ges.}}$	6,5	m/h
	angesetzter Spülzyklus	$t_{\text{Spül}}$	angenommen	168	h
	Filterbetthöhe	$h_{\text{Filterbett}}$	gewählt	2,5	m
	maximale Spülabwassermenge pro Kammer	$q_{\text{Spül, max}}$	Angabe Hersteller	4,5	m ³ /h/Filterkammer
	maximale Spülabwassermenge	$Q_{\text{Spül, max}}$	$= q_{\text{Spül, max}} * n_{\text{Filterkammern}}$	162	m ³ /h
	Spülabwassermenge mit Waschwasserreduzierung	$Q_{\text{Spül, red.}}$	$= 0,5 * Q_{\text{Spül, max}}$	81	m ³ /h
	Druckluftbedarf	$q_{L, \text{max}}$	Angabe Hersteller (bei 4 bar Überdruck)	180	Nl/min/Filterkammer
maximaler Druckluftbedarf	$Q_{L, \text{max}}$	$= q_{L, \text{max}} * n_{\text{Filterkammern}} * 60 / 1.000$	390	Nm ³ /h	
Druckluftbedarf mit Waschwasserreduzierung	$Q_{L, \text{red.}}$	$= 0,5 * Q_{L, \text{max}}$	195	Nm ³ /h	
Rohrleitungen	maximal zulässige Geschwindigkeit	v_{max}	Vorgabe	1,0	m/s
	erforderlicher Querschnitt Zulaufleitung Filtration	$A_{Zu, \text{erf.}}$	$= (Q_M + Q_{\text{Spül, max}}) / v_{\text{max}} / 3.600$	0,43	m ²
	gewählter Durchmesser Zulaufleitung Filtration	$DN_{Zu, \text{gew.}}$		800	mm
	erforderlicher Querschnitt Ablaufleitung Filtration	$A_{Ab, \text{erf.}}$	$= Q_M / v_{\text{max}} / 3.600$	0,39	m ²
	gewählter Durchmesser Ablaufleitung Filtration	$DN_{Ab, \text{gew.}}$		800	mm
	minimale Geschwindigkeit (Spülwasserleitung)	v_{min}	Vorgabe	0,7	m/s
	erforderlicher Querschnitt Spülwasserleitung	$A_{Sp, \text{erf.}}$	$= Q_{\text{Spül, red}} / v_{\text{min}} / 3.600$	0,03	m ²
gewählter Durchmesser Spülwasserleitung	$DN_{Sp, \text{gew.}}$		200	mm	

**Salzgitter Flachstahl GmbH -
Machbarkeitsstudie zur Ertüchtigung der Werkskläranlage**

Verfahrenstechnische Berechnungen zur Ozonung

	Parameter		Bemessung / Bemerkung	Wert	Einheit
Grund- daten	maßgebender Abwasserzufluss	Q_M	Auslegungsgröße	1.400	m ³ /h
	mittlerer Abwasserzufluss	Q_{mittel}	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	1.400	m ³ /h
	minimaler Abwasserabfluss	Q_{min}	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	820	m ³ /h
	Jahresabwassermenge	Q_a	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	13.000.000	m ³ /a
Ozonung	spezifische Ozondosis (maximal)	$Z_{\text{spez,max}}$	gewählt, aus Laborversuchen	1,0	g O ₃ /g DOC
	DOC-Konzentration im Ablauf der Kläranlage	c_{DOC}	Sondermessprogramm Z1 (12 Stichproben)	6,4	mg/l
	Nitrit-N-Konzentration	$c_{\text{NO}_2\text{-N}}$	Betriebsdaten (01/15 - 12/17)	0,06	mg/l
	Nitrit-Korrekturfaktor	$Z_{\text{NO}_2\text{-N}}$	Konstante	3,43	g O ₃ /g NO ₂ -N
	maximale Ozonkonzentration	c_{O_3}	= $Z_{\text{spez}} \times c_{\text{DOC}}$	6,40	mg/l
	maximale Ozonkonzentration, Nitrit-korrigiert	$c_{\text{O}_3,\text{korr}}$	= $c_{\text{O}_3} + Z_{\text{NO}_2\text{-N}} \times c_{\text{NO}_2\text{-N}}$	6,61	mg/l
	erforderliche Produktionskapazität	$B_{\text{O}_3,\text{max}}$	= $Q_M \times c_{\text{O}_3,\text{korr}}$	9,2	kg/h
	minimale Produktionskapazität	$B_{\text{O}_3,\text{min}}$	= $Q_{\text{min}} \times c_{\text{O}_3,\text{korr}}$	5,4	kg/h
	Verhältnis Flüssigsauerstoff (LOX) zu Ozon	$c_{\text{O}_2/\text{O}_3}$	Literatur	10,0	kg O ₂ /kg O ₃
	erforderliche LOX-Menge	$B_{\text{h,LOX,max}}$	= $B_{\text{O}_3,\text{max}} \times c_{\text{O}_2/\text{O}_3}$	92,5	kg/h
	minimale LOX-Menge	$B_{\text{h,LOX,min}}$	= $B_{\text{O}_3,\text{min}} \times c_{\text{O}_2/\text{O}_3}$	54,2	kg/h
	maximaler Gaseintrag	$Q_{\text{O}_2/\text{O}_3,\text{max}}$	= $B_{\text{O}_3,\text{max}} / c_{\text{O}_3,\text{Produktgas}}$	62,5	Nm ³ /h
	minimaler Gaseintrag	$Q_{\text{O}_2/\text{O}_3,\text{min}}$	= $B_{\text{O}_3,\text{min}} / c_{\text{O}_3,\text{Produktgas}}$	36,6	Nm ³ /h
	jährlicher Bedarf an LOX	Q_a,LOX		858,8	t/a
	Größe der LOX-Tanks	V	gewählt	30,0	m ³
	Menge an LOX im Tank	V_{O_2}	Berechnung über $\rho=1,14 \text{ g/cm}^3$ bei 1 bar	34,2	t
	Anzahl der LOX-Tanks	n	gewählt	2,0	St
	Vorhaltezeit	t		30,8	d
	gewählte Kontaktzeit	t_{kontakt}		7,0	min
	gewählte Zehrungszeit	t_{zehrung}		14,0	min
	gewählte Aufenthaltszeit	t_A	Empfehlung: 15 - 30 min	21,0	min
	erforderliches Reaktorvolumen	V	= $Q_M \times t_A$	490	m ³
	gewählte Reaktortiefe	h	Vorgabe: > 5 m	6	m
resultierende Reaktorfläche	A		82	m ²	
Anzahl der Straßen	n		2	-	
gewählte Länge einer Straße	L		11	m	
gewählte Breite einer Straße	B		4	m	
gewählte Reaktorfläche	$A_{\text{gewählt}}$		88	m ²	
Rohr- leitungen	maximal zulässige Geschwindigkeit	v_{max}	Vorgabe	1,0	m/s
	erforderlicher Querschnitt Zu- und Ablaufleitung Ozon	$A_{\text{Zu,erf.}}$	= $Q_M / v_{\text{max}} / 3.600$	0,39	m ²
	gewählter Durchmesser Zu- und Ablaufleitung Ozon	$DN_{\text{Zu,gew.}}$		800	mm