

Tragwerksplanung

Entwurfs- und Genehmigungsplanung
Nachweise Stahlwasser- und Maschinenbau

Siel Burckhardshof

Gewerke:

Stahlwasserbau
Maschinenbau

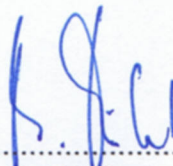
Auftraggeber:

IPP Hydro Consult GmbH
Gerhart – Hauptmann – Straße 15 Süd 9
03044 Cottbus

Auftragnehmer:

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG
Rudower Str. 53
17235 Neustrelitz

Neustrelitz, 17.09.2013



.....
R. Döhler

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Seite: 2
Objekt: Siel Burckhardshof Teilobjekt: Ein- und Auslaufbauwerk Einzelteil: Nachweise Stahlwasser- Maschinenbau	Datum:17.09.2013

Inhaltsverzeichnis

1.	Grundlagen	3
1.1.	Dokumente	3
1.2.	Achsen	3
1.3.	charakteristische Bemessungsgrößen	3
1.3.1.	Schieber	3
1.3.2.	Schlagtor	3
2.	Einlaufbauwerk	3
2.1.	System	3
2.2.	Beanspruchungen	4
2.3.	Ergebnisse	4
2.3.1.	Lagerkräfte	4
2.3.2.	Spannungen	4
2.4.	Antrieb	4
2.4.1.	Bemessung	4
2.5.	Antriebskonfiguration	5
2.6.	Trapezspindel	8
2.6.1.	Knicksicherheit	8
2.6.2.	Spannungsnachweis	8
2.7.	Spindelmutter	9
2.8.	Überprüfung Selbsthemmung	9
3.	Schlagtor	9
3.1.	System	9
3.2.	Beanspruchungen	9
3.3.	Ergebnisse	9
3.3.1.	Lagerkräfte	9
3.3.2.	Spannungen	10
3.4.	Handantrieb	10

Anlagen:

Anlage 1	Einlaufbauwerk
Anlage 2	Schlagtor

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Seite: 3
Objekt: Siel Burckhardshof Teilobjekt: Ein- und Auslaufbauwerk Einzelteil: Nachweise Stahlwasser- Maschinenbau	Datum: 17.09.2013

1. Grundlagen

1.1. Dokumente

- Lastenheft in der Fassung vom 17.09.2013
- Bauwerksangaben Stand August 2013

1.2. Achsen

- x Achse = horizontal, senkrecht zur Fließrichtung
- y Achse = Fließrichtung Elbeflussrichtung = -y
- z Achse = vertikal senkrecht zur Fließrichtung

1.3. charakteristische Bemessungsgrößen

1.3.1. Schieber

- LF 1 = Eigengewicht (in z- Richtung wirkend)
- LF 2 = Bemessungsstau 93,30 (in y Richtung wirkend)
- LF 3 = Betriebsstau 92,22 (in y Richtung wirkend)
- LF 4 = Betriebsstau 88,63 (in - y Richtung wirkend)
- LF 5 = Unterströmung (in - y Richtung wirkend)
- LF 6 = Eis (in - y Richtung wirkend)
- LF 7 = Stau bei Eis (in - y Richtung wirkend)

Anmerkung:

Die Gegendruckverhältnisse werden nicht berücksichtigt. (wirken begünstigend).

1.3.2. Schlagtor

- LF 1 = Eigengewicht (in z- Richtung wirkend)
- LF 2 = Bemessungsstau 92,22 (in -y Richtung wirkend)
- LF 3 = Kronenstau 93,30 (in - y Richtung wirkend)
- LF 4 = Stau Eis (in - y Richtung wirkend)
- LF 5 = Eis (in - y Richtung wirkend)

Anmerkung:

Die Gegendruckverhältnisse werden nicht berücksichtigt. (wirken begünstigend).

2. Einlaufbauwerk

2.1. System

	Anlage 1
Struktur	S.1 - 2

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Seite: 4
Objekt: Siel Burckhardshof Teilobjekt: Ein- und Auslaufbauwerk Einzelteil: Nachweise Stahlwasser- Maschinenbau	Datum: 17.09.2013

2.2. Beanspruchungen

	Anlage 1
LF 1 – 7	S.4 – 7
Lastfallkombinationen	S. 8

2.3. Ergebnisse

2.3.1. Lagerkräfte

	Anlage 1 Seite 10
Summe Maxima in y	76,035 kN/m (LG1)

2.3.2. Spannungen

	Anlage 1
Beanspruchbarkeit	$\sigma_{Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$ $\gamma_M = 1,1 \quad f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{Rd} = \underline{\underline{322,7 \text{ N/mm}^2}}$
Maxima Stauhaut	123,70 N/mm ²
L 120 x 80 x 12	101,80 N/mm ²
L 120 x 12	98,40 N/mm ²
Randträger	17,60 N/mm ²
	45,70 N/mm ²

2.4. Antrieb

2.4.1. Bemessung

Wasserdruck bei 88,33 m NHN horizontal:

$$F_{w1} = \frac{1}{2} * \zeta * g * b * (h_1^2 - h_2^2)$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \zeta = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$F_{w1} = 12,414 \text{ kN}$$

Wasserdruck vertikal:

$$F_{w2} = \zeta * g * b * b_{VK} * h_2$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad \zeta = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$F_{w2} = 2,979 \text{ kN}$$

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Seite: 5
Objekt: Siel Burckhardshof Teilobjekt: Ein- und Auslaufbauwerk Einzelteil: Nachweise Stahlwasser- Maschinenbau	Datum: 17.09.2013

Reibkraft:

$$F_R = F_{W1} * \mu_1 * \frac{\mu_0}{\mu} \quad F_R = 2,979 \text{ kN}$$

Dichtungsreibung:

$$F_D = D * l_{ges} * \mu_2 \quad F_D = 3,24 \text{ kN}$$

Gewichtskraft:

$$F_G = (m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n) * g \quad F_G = 4,96 \text{ kN}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Auftrieb durch Stoffverdrängung: $F_{GAuf} = 0,00 \text{ kN}$

Auftrieb durch Hohlraumverdrängung: $F_{VAuf} = 0,00 \text{ kN}$

2.5. Antriebskonfiguration

Übersicht Eingangsdaten:

	Benennung	Wert	Dimens.
h_1	Stauhöhe	1,74	m
h_2	Überfall	0,84	m
b	Wirkbreite Wasserdruck	1,09	m
b_{VK}	Wirkbreite Verschlusskörper	0,3	m
μ_1	Gleitreibungszahl DIN 19704-1 Tabelle 3	0,2	
μ_2	Gleitreibungszahl DIN 19704-1 Tabelle 3	0,9	
μ_0 / μ	Verhältniszahl Haft- zu Gleitreibung (DIN 19704-1 Tabelle 3)	1,2	
ρ_{Stoff}	Stoffdichte	7850	kg/m ³
D	Verformungswert Herstellerangabe	9	N/cm
$m_{\text{Schütz}}$	Eigenmasse Schütz	300	kg
m_{Sp}	Eigenmasse Spindel	80	kg
c_m	Massezuschlag DIN 19704 – 1 (5.1)I	1,1	
m_{Tauch}	Abgetauchte Masse - Masseanteil	0	kg
$V_{\Sigma \text{Hohlk.}}$	Volumensumme der abgetauchten Hohlräume	0	m ³
$l_{\text{ges.}}$	Länge der wirksamen Dichtung	ca. 4	m

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Seite: 6
Objekt: Siel Burckhardshof Teilobjekt: Ein- und Auslaufbauwerk Einzelteil: Nachweise Stahlwasser- Maschinenbau	Datum: 17.09.2013

Zieldaten:

	Benennung	Ergebnisse	Dimens.
F_{W1}	horizontale Wasserkraft	12,414	kN
F_{W2}	vertikale Wasserkraft	2,695	kN
F_R	wirksame Reibkraft	2,979	kN
F_D	Reaktionskraft aus Dichtungsreibung	3,24	kN
F_G	Gewichtskraft	4,96386	kN
$F_{\text{Auf-ges}}$	Gesamtauftriebskraft	0,000	kN
F_{SD}	erforderliche Schließdruck DIN 19704	5,450	kN
$F_{\text{Nenn-Zug}}$	erforderliche Gesamtzugkraft	13,878	kN

Das Antriebssystem ist für eine Nennzugkraft von ≈ 15 kN zu bemessen.

Spindeldimensionierung:

Spindelwahl : 40 x 7 mit $P = 7$; $d_2 = 36,5$; $d_3 = 31,5$; $H_1 = 4$; $A_3 = 779,3$; Steigungswinkel $= 3^\circ 29'$

Materialwahl: X4CrNiMo16-5-1 (1.4418)

Reibbeiwert: $\mu = 0,15 \dots 0,2$

gewählt = 0,3 (Schmutzzulage) für Antriebsberechnung

gewählt = 0,15 für Überprüfung Selbsthemmung

$$\sigma_{d(z)} = \frac{F}{A_3} \leq \sigma_{d(z)zul} \quad \text{mit} \quad \sigma_{d(z)zul} = \frac{R_{p0,2}}{1,5} = \frac{680}{1,5} = 453,33 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{d(z)} = \frac{15000 \text{ N}}{779,3} = 19,248 \text{ N/mm}^2 < 453,33 \text{ N/mm}^2$$

erforderliches Drehmoment:

$$T = F * d_2 / 2 * \tan(\varphi \pm \rho)$$

$$\text{mit } \tan \varphi = \frac{P}{d_2 * \pi} = \frac{7}{36,5 * \pi} = 0,061 \Rightarrow \varphi = 3,49$$

$$\text{mit } \tan \rho = \frac{\mu}{\cos(\frac{\beta}{2})} = \frac{0,3}{\cos \frac{30}{2}} = 0,310 \Rightarrow \rho = 17,25$$

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Seite: 7
Objekt: Siel Burckhardshof Teilobjekt: Ein- und Auslaufbauwerk Einzelteil: Nachweise Stahlwasser- Maschinenbau	Datum: 17.09.2013

Moment für Anziehen:

$$T = F * \frac{d_2}{2} * \tan(\varphi + \rho') = \frac{15000N * 0,0365}{2} * \tan 20,74 = 103,66Nm$$

Moment für Lösen:

$$T = F * \frac{d_2}{2} * \tan(\varphi - \rho') = \frac{15000N * 0,0365}{2} * \tan -13,76 = -67,036Nm$$

Getriebewahl:

1 x GK 14.2 mit $T_{max} = 250 Nm$; $i = 2,8:1$; $f = 2,5$

Erforderliches Antriebsmoment:

$$T_{Antrieb} = \frac{103,66}{2,5} * 1,25 = 51,83Nm$$

Antrieb: Handkraft oder elektrischer Hilfsantrieb $T = 60 Nm$ $n = 80 U/min$

Zugkraft mit elektrischen Hilfsantrieb bei eingestelltem Moment:

$$F_{Zug\ max} = \frac{T * 2}{d_2 * \tan(\varphi + \rho')} = \frac{60N * 2 * 2,5}{0,0365m * \tan 20,74} = 21,705kN$$

Druckkraft bei eingestelltem Moment:

$$F_{Druck\ max} = \frac{T * 2}{d_2 * \tan(\varphi - \rho')} = \frac{60N * 2 * 2,5}{0,0365m * \tan -13,76} = 33,56kN$$

Überprüfung Öffnungs- / Schließzeiten bei einer Schützöffnung von 1,00 m mit elektrischen Hilfsgerät

$$t_{elek} = \frac{1000 * 2,8\ min}{60 * 7} = 6,66\ min$$

mit Handantrieb (Handkurbel)

$$t_{Hand} = \frac{1000mm * 2,8\ min}{40 * 7mm} = 10\ min$$

Überprüfung der Handantriebskräfte bei Not – Handbetrieb mit Kurbelradius = 300 mm für Öffnen gegen Stau:

$$T = F * \frac{d_2}{2} * \tan(\varphi + \rho') = \frac{15000N * 0,0365}{2} * \tan 20,74 = 103,66Nm$$

$$F_{Hand} = \frac{103,66Nm}{2,5 * 0,3m} = 138,21N$$

Die erforderliche Handkraft reduziert sich beim Öffnen da sich ein Stauspiegelausgleich einstellt.

Die Forderungen der DIN 19704 mit zulässigem Handkraftbedarf von 80..100 N mit kurzzeitiger möglichen Überschreitung bis 250 N wird somit erfüllt.

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Seite: 8
Objekt: Siel Burckhardshof Teilobjekt: Ein- und Auslaufbauwerk Einzelteil: Nachweise Stahlwasser- Maschinenbau	Datum: 17.09.2013

2.6. Trapezspindel

2.6.1. Knicksicherheit

Nachprüfung Knickung bei $l_k = 1000 \text{ mm}$

$$\lambda = \frac{l_k}{i} \quad \text{mit } i = \frac{d_3}{4} = \frac{31,5}{4} = 7,875 \quad \rightarrow \lambda = \frac{1000}{7,875} = 126,98$$

$\lambda \geq \lambda_0 \quad 126,98 \geq 89$ (für E295 entspricht 1.4418) \rightarrow elastische Knickung liegt vor

$$\sigma_k = \frac{E * \pi^2}{\lambda^2} = \frac{200000 * \pi^2}{126,98^2} = 122,41 \text{ N / mm}^2$$

Spannungsbeanspruchung bei einer Verteilung 70 : 30 auf die Spindeln

$$\sigma_{d(D)} = \frac{F *}{A_3} = \frac{33560 \text{ N}}{779,3 \text{ mm}^2} = 43,06 \text{ N / mm}^2$$

Knicksicherheit:

$$S = \frac{\sigma_k}{\sigma_{vorh}} = \frac{122,41}{43,06} = 2,84$$

Anmerkung:

Im Normalbetrieb ist keine Druckkraft erforderlich, so dass eine ausreichende Knicksicherheit gegeben ist. Die aufgeführte Sicherheit wird bei der Wirkung von Bewegungshindernissen in Schließstellung erforderlich.

2.6.2. Spannungsnachweis

Verdrehspannung:

$$\tau = \frac{T}{W_t} \leq \tau_{zul}$$

$$\tau = \frac{103,66 \text{ N} * 10^3 * 16}{\pi * 31,5^3} = 16,89 \text{ N / mm}^2 < \tau_{zul} = 261,73 \text{ N / mm}^2$$

Zugspannung:

$$\sigma_{d(z)} = \frac{21705 \text{ N}}{779,3 \text{ mm}^2} = 27,85 \text{ N / mm}^2$$

Vergleichsspannung:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{dz}^2} + 3 * \tau^2 \leq \sigma_{zul}$$

$$\sigma_v = \sqrt{27,85^2} + 3 * 16,89^2 = 40,39 \text{ N / mm}^2 < 453,33 \text{ N/mm}^2$$

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Seite: 9
Objekt: Siel Burckhardshof Teilobjekt: Ein- und Auslaufbauwerk Einzelteil: Nachweise Stahlwasser- Maschinenbau	Datum: 17.09.2013

2.7. Spindelmutter

Nachprüfung Muttergewinde für

Zug_{max} F = 21,705 kN

Mutterlänge l₁ = 50 mm

Material CuSn oder gleichwertig p_{zul} = 10..20 N/mm² (Roloff/Matek Maschinenelemente)

$$p = \frac{F * P}{l_1 * d_2 * \pi * H_1}$$

$$p = \frac{21705N * 7mm}{50mm * 36,5mm * \pi * 4mm} = 6,62N / mm^2 < 10..20 N/mm^2$$

2.8. Überprüfung Selbsthemmung

Bei μ = 0,15

$$\tan \rho = \frac{\mu}{\cos(\frac{\beta}{2})} = \frac{0,15}{\cos \frac{30}{2}} = 0,155 \Rightarrow \rho = 8,827$$

$$\eta \approx \frac{\tan \varphi}{\tan(\varphi + \rho)} \quad \eta \approx \frac{\tan 3,49}{\tan(3,49 + 8,827)} = 0,279 < 0,5$$

Selbsthemmung ist gegeben.

3. Schlagtor

3.1. System

	Anlage 2
Struktur	S. 1 - 2

3.2. Beanspruchungen

	Anlage 2
LF 1 – 5	S. 4 – 6
Lastfallkombinationen	S. 6

3.3. Ergebnisse

3.3.1. Lagerkräfte

	Anlage 2 Seite 6 - 7
Summe Linienlager Maxima in y	-103,04 kN/m (LG2)
Fußlager Maxima in z	3,667 kN

Ingenieurbüro Döhler GmbH & Co. KG	Seite: 10
Objekt: Siel Burckhardshof Teilobjekt: Ein- und Auslaufbauwerk Einzelteil: Nachweise Stahlwasser- Maschinenbau	Datum: 17.09.2013

3.3.2. Spannungen

	Schütz Feld 3 Anlage 2
Beanspruchbarkeit	$\sigma_{Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$ $\gamma_M = 1,1 \quad f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{Rd} = \underline{\underline{322,7 \text{ N/mm}^2}}$
Maxima Stauhaut	110,20 N/mm ²
L 120 x 12	155,90 N/mm ²

3.4. Handantrieb

Bestimmung der erforderlichen Handkraft für das Verschließen bei ausgespiegelten Pegelstand.

$$M_{erf} = \frac{1}{4} \left[(\mu(F_G * d_1 + 2 * F_{Bx} * d_2)) + \frac{A_{ben} * b(225 * v^2 + 2000 * \Delta h)}{100} \right]$$

			ausgespiegelt
Benetzte Torfläche	A _{ben}	m ²	1,210
Durchmesser Spurlagerzapfen	d ₁	m	0,040
Durchmesser Halslagerzapfen	d ₂	m	0,040
Reibwert	μ		0,300
Stauspiegelunterschied	Δh	m	0,000
Geschwindigkeit	v	mm/s	9,000
Halslagerkraft	F _{Bx}	kN	1,400
Gewichtskraft	F _G	kN	2,800
Breite Tor	b _T	m	1,100
Torhöhe	h _T	m	1,100
wirksamer Hebelarm	L	m	0,300

Zielgrößen			
Moment kNm	kNm		0,017
Zugkraft kN	kN		0,056

Die Forderungen der DIN 19704 mit zulässigem Handkraftbedarf von 80..100 N ist erfüllt. Torbewegungen bei Überstau sind nicht vorgesehen.