INHALTSVERZEICHNIS

1	**VORBEMERKUNGEN**	**2**
2	**AUSGANGSWERTE**	**3**
3	**STATISCHE BERECHNUNGEN**	**4**
3.1	Einlassbauwerk Bypass	4
3.1.1	Unterwasserbetonsohle	4
3.1.2	Spundwand	4
3.1.3	Stahlbetonkonstruktion	5
3.1.4	Revisionsverschluss	9
3.2	Schwimmsteg für Kahnanlegestelle	9
3.2.1	Berechnung Stahlrohrdalben	10

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage		Seitenzahl
B1	Berechnung Unterwasserbetonsohle	1
B2	Berechnung Baugrubenverbau	14
B3	Berechnung Lagesicherheit Einlaufbauwerk	3
B4	Statische Berechnung Betonkonstruktion	13
B5	Berechnung Schwimmstegverankerung	9

1 VORBEMERKUNGEN

Am Mündungswehr der Kleinen Elster, ca. 300 m oberhalb der Einmündung in die Schwarze Elster, soll die ökologische Durchgängigkeit durch den Rückbau der vorhandenen Wehranlage und die Errichtung eines Raugerinnes mit regulierbarem Bypass hergestellt werden.

Diese Konstruktionsvariante wurde in der Vorplanung für diesen Standort als Vorzugsvariante bestätigt.

Das Mündungswehr Wahrenbrück wird für die Errichtung eines Raugerinnes in Beckenbauweise bis auf die vorhandene Gründung zurückgebaut. Die vorhandene Tosbeckensicherung bleibt erhalten.

Der zu errichtende Bypass wird auf einer Länge von ca. 54,0 m am Raugerinne vorbeigeführt und mündet etwa 15,0 m unterhalb in die Kleine Elster.

Das Einlaufbauwerk wird als Stahlbetonkonstruktion hergestellt und mit einem Spindelschieber und einem Grobrechen ausgestattet. Zur sicheren Einbindung und Geländeabfangung werden seitliche Flügelwände angeordnet, welche in die Böschungsbereiche eingebunden sind.

Im oberhalb befindlichen Gewässerbereich der Kleinen Elster wird die Kahnfahrt zu touristischen Zwecken betrieben. Als Ein- und Ausstiegsmöglichkeit befindet sich ca. 200 m oberhalb der Straßenbrücke ein Kahnanleger (Spundwandkonstruktion). Durch den Ersatz des vorhandenen Mündungswehrs durch ein Raugerinne wird es im Oberwasser zu stärkeren Schwankungen des Wasserspiegels (entsprechend den jeweiligen Abflüssen) kommen. Für einen sicheren Ein- und Ausstieg ist deshalb vor der vorhandenen Spundwandkonstruktion noch ein Anlegesteg als Schwimmkonstruktion herzustellen.

Der Anlegesteg ist als Schwimmkonstruktion auszuführen, wobei die Lagesicherung durch Stahlrohrdalben erfolgt. Für den Belag sind Laufbohlen aus RC-kunststoff geplant.

2 AUSGANGSWERTE

Die verwendeten Daten sind dem Geotechnischen Bericht des Baugrundbüros Harald Kohl aus Neu Zauche vom Dezember 2012 entnommen. Die aufgenommenen Bohrprofile und Rammdiagramme sind im amtlichen Höhennetz DHHN 92 eingemessen.

Folgende Bodenkennwerte werden in den Berechnungen berücksichtigt.

UK Schicht [mNHN]	**Bodenschicht**	**cal γ [kN/m³]**	**cal γ' [kN/m³]**	**cal ϕ' [°]**	**cal c' [kN/m²]**	**cal k [m/s]**
81,40	Auffüllung (SE,SU,SU*)	17,0	8,0	27,5	0	10^{-4} bis 10^{-3}
77,30	Fein- Mittelsande (SE, SU, SU*) mitteldicht	19,0	11,0	32,5	0	10^{-6} bis 10^{-3}
75,30	Fein- Mittelsande (SE, SU, SU*) dicht	20,0	12,0	35,0	0	10^{-6} bis 10^{-3}

Korrosionswahrscheinlichkeit/ Betonaggressivität

Die Untersuchung der entnommenen Wasserproben (Grundwasser und Fließgewässer) hinsichtlich der Korrosionswahrscheinlichkeit bei freier Korrosion von unlegierten und niedrig legierten Eisenwerkstoffen kann für die Mulden- und Lochkorrosion als gering sowie für die Flächenkorrosion als sehr gering eingestuft werden.

Die Betonaggressivität wird als « schwach angreifend » (Expositionsklasse XA 1) eingestuft.

3 STATISCHE BERECHNUNGEN

3.1 Einlassbauwerk Bypass

Aufgrund des großflächig, oberflächennah anstehenden Grundwasserstandes wird das Einlaufbauwerk für den Bypass in einem Spundwandkasten errichtet. Anschließend erfolgt der Aushub unter Wasser und die Herstellung der Unterwasserbetonsohle als Gründung.

3.1.1 Unterwasserbetonsohle

Die erforderliche Dicke der Unterwasserbetonsohle ergibt sich aus der als Anlage B 1 beigefügten Berechnung zu **1,10 m**. Die Unterkante der Unterwasserbetonsohle liegt damit bei 81,55 mNHN. Als Randbedingung hierfür wurde ein maximaler Grundwasserstand von 83,80 mNHN berücksichtigt, sollte dieser vor Betonage der Stahlbetonbodenplatte überschritten werden, ist die Baugrube zu fluten.

3.1.2 Spundwand

Für die als Baugrubenumschließung geplante Spundwandkonstruktion wird als maßgebende Bemessungssituation – der Bauzustand bei ausgehobener Baugrube - berechnet:

<u>BS-T1 (Bauzustand bei ausgehobener Baugrube, vor Einbau Unterwasserbeton)</u>

Einwirkungen:

Erddruck aus Hinterfüllung:	γ = 18,0 kN/m³ (entsprechend Baugrund)
Vertikale Verkehrslast auf Hinterfüllung:	p = 10,0 kN/m² (als unbegrenzte Flächenlast)
Wasserstand innen = außen:	w = 83,80 mNHN (~MNW)

<u>BS-T2 (Bauzustand mit Unterwasserbeton – als Aussteifung)</u>

Einwirkungen:

Erddruck aus Hinterfüllung:	γ = 18,0 kN/m³ (entsprechend Baugrund)
Vertikale Verkehrslast auf Hinterfüllung:	p = 10,0 kN/m² (als unbegrenzte Flächenlast)
Wasserstand innen	wi = 81,55 mNHN (UK UW-beton)
Wasserstand außen	wa = 84,10 mNHN (~ MW)

Die detaillierten Berechnungen sind als Anlage beigefügt. In Auswertung der Berechnungen, maßgebend wird Zustand BS-T1, ergeben sich für die Spundwand folgende Anforderungen:

Erforderliche Spundwandlänge = 8,49m + 0,20m = 8,69 m (OK Spundwand = 85,50 mNHN)

Erforderliches Widerstandsmoment = 561 cm³/m

Gewähltes Spundwandprofil: AZ 12-770, S 240 GP, W = 1.245 cm³/m

Gewählte Spundbohlenlänge: 8,70 m

Der Spundwandkasten wird gleichzeitig als Startgrube für den Rohrvortrieb der Bypassleitung (DN 1200) genutzt. Zur Sicherstellung der Kraftübertragung ist im Bereich oberhalb der Rohrdurchführung eine Gurtung (HEB 240 oder glw.) an der Spundwand herzustellen, welche seitlich jeweils über die Breite der Öffnung auszuführen ist.

3.1.3 Stahlbetonkonstruktion

Das Einlaufbauwerk wird als Stahlbetonkonstruktion in Form eines offenen Troges hergestellt. Bodenplatte und Wände sind biegesteif miteinander verbunden.

Zur Abflussregulierung bzw. Absperrung des Abflusses über den Bypass wird am Einlaufbauwerk ein Spindelschieber aus rostfreiem Stahl angeordnet.

Für den Rückhalt von Schwimm- und Schwebstoffen vor der Rohrleitung wird ein Grobrechen vor dem Einlauf angebracht.

Die Dicke der Stahlbetonsohle sowie der Wände wird mit 50 cm ausgeführt. Die Wandoberkante befindet sich bei 85,10 mNHN und die Oberkante der Bodenplatte bei 83,15mNHN.

<u>Dauerhaftigkeit, Gebrauchstauglichkeit</u>

Der Beton für das Bauwerk ist aufgrund der vorhandenen Standortbedingungen in die Expositionsklassen XC 4, XF 3, XA 1, WF einzuordnen. Als Mindestbetondruckfestigkeit ist damit ein C 25/30 als Luftporenbeton herzustellen.

Konstruktive Mindestbewehrung

Entsprechend ZTV-W LB 215 ist für alle Begrenzungsflächen ein Bewehrungsquerschnitt von mindestens 0,1 % des Betonquerschnittes einzulegen. Damit ergeben sich für die vorliegenden Bauteilabmessungen folgende Werte.

Bauteil	Mindestbewehrung	b	h	Ac	gewählter Querschnitt	mit vorh. As
	nach ZTV-W	cm	cm	cm²		cm²
Bauwerkssohle, Bauwerkswände	Ø 10/15 bzw. 0,1%Ac	100	50	5.000,00	Ø 10/15	5,24

Mindestbewehrung zur Rissbreitenbeschränkung nach DIN 1045

Die Ermittlung der Mindestbewehrung erfolgt für Bauteildicken ≤ 80 cm nach DIN 1045 mit einer zulässigen Rissbreite von 0,25 mm (nach ZTV-W).

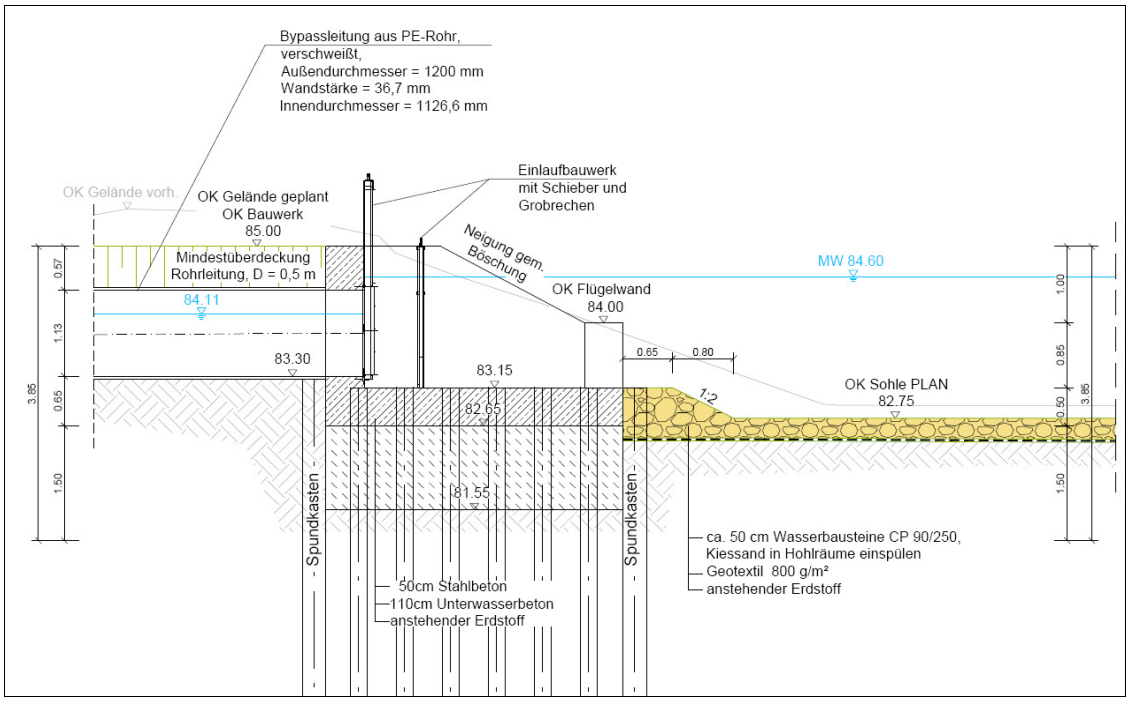
Bauteil	Beton-klasse	w_k	b	h	k_c	k	$f_{ct,eff}$	A_{ct}	σ_s	A_s	gewählter Querschnitt
		mm	cm	cm	-	-	N/mm²	cm²	N/mm²	cm²	
Bauwerkssohle	C 25/30	0,25	100	50	1,00	0,50	1,80	2.500	240,00	9,38	Ø 14/12,5
Bauwerkswände	C 25/30	0,25	100	50	1,00	1,00	1,80	2.030	240,00	15,23	Ø 14/10

Einwirkungen

Die maßgebende Beanspruchung für die Standsicherheit tritt bei einer Verkehrslast hinter der Rückwand (z.B. bei Revisionsarbeiten) auf. Der Wassertand vor dem Bauwerk wird in Sohlhöhe und der dahinter mit 50cm über Sohlhöhe berücksichtigt.

Der thermische Eisdruck wird in Querrichtung (zwischen den Flügelwänden) berücksichtigt. Der günstig wirkende äußere Erddruck wird, auf der sicheren Seite liegend, für diesen Lastfall nicht in Ansatz gebracht.

Nachweis der Lagesicherheit



Für die maßgebende Beanspruchung – mit einer unbegrenzten Flächenlast von 10 kN/m² hinter dem Bauwerk – wurde die Auslastung der Standsicherheit entsprechend der als Anlage beigefügten Berechnung ermittelt mit:

$\mu = 0{,}91 < 1{,}0$ → Nachweis erfüllt

Der als verlorene Schalung im Baugrund verbleibende Spundwandkasten wurde in der Berechnung, auf der sicheren Seite liegend, nicht berücksichtigt.

Nachweis innere Tragfähigkeit

Erddruck aus Hinterfüllung: minimal = aktiver Erddruck mit Kah = 0,37

maximal = Erdruhedruck mit K0 = 0,58

$E_{u,min} = \gamma * h * K_{ah} = 17\ kN/m^3 * 2{,}20m * 0{,}37 = 13{,}9\ kN/m^2$

$E_{u,max} = \gamma * h * K_0 = 17\ kN/m^3 * 2{,}20m * 0{,}58 = 21{,}7\ kN/m^2$

Erddruck aus Verkehr: mit K0 = 0,58

$E_{p,max} = \gamma * h * K_0 = 10\ kN/m^2 * 0{,}58 = 5{,}8\ kN/m^2$

Wasserdruck, innen:

Winnen = γ * h = 10 kN/m³ * 2,20m = 22,0 kN/m²

Wasserdruck, außen:

Waußen = γ * h = 10 kN/m³ * 2,20m = 22,0 kN/m²

Eisdruck, thermisch (nach EAU 2012, E177):

$E_{th.}$ = 150 kN/m² (für Binnenbereich und Eisdicke von 40cm)

Entsprechend in der Anlage beigefügter statischer Berechnung sind folgende Bewehrungsquerschnitte aus statischer Sicht erforderlich:

Bauwerkssohle: $a_{s,oben}$ = 11,5 cm²/m, $a_{s,unten}$ = 5,5 cm²/m

Bauwerkswände: $a_{s,innen}$ = 9,8 cm²/m, $a_{s,außen}$ = 5,5 cm²/m

<u>Erforderliche Bewehrung</u>

Folgende Bewehrungsquerschnitte werden aus den jeweils maßgebenden Anforderungen für das Einlassbauwerk angeordnet.

Bauwerkssohle, d = 50 cm:

Bewehrung, unten: **ø 14 mm, s = 12,5 cm mit 12,32 cm²/m** in beiden Richtungen

Bewehrung, oben: **ø 14 mm, s = 12,5 cm mit 12,32 cm²/m** in beiden Richtungen

Bauwerkswände, d = 50 cm:

Bewehrung, vertikal: **ø 14 mm, s = 12,5 cm mit 12,32 cm²/m** innen und außen

Bewehrung, horizontal: **ø 14 mm, s = 10 cm mit 15,39 cm²/m** innen und außen

Die entsprechend ZTV-W erforderliche Betondeckung von min c = 50mm und nom c = 60mm ist bei der Ausführung zu gewährleisten.

Übergreifungslängen: für ø 14 mm $l_{s,I}$ = 71 cm (Verbundbereich I, Stoßanteil > 30%, s < 10d_s oder s_0 < 5d_s)

$l_{s,II}$ = 101 cm Verbundbereich II)

Verankerungslänge: für ø 14 mm l_b = 51 cm (Verbundbereich I)

l_b = 71 cm (Verbundbereich II)

3.1.4 Revisionsverschluss

Das Einlassbauwerk wird oberhalb des Regulier- und Absperrschiebers mit einem Revisionsverschluss ausgerüstet, um am Schieber eventuell erforderliche Instandhaltungs- bzw. Reparaturarbeiten durchführen zu können.

Hierfür sind seitliche Führungsschienen aus U-Profilen lotrecht und wasserdicht in den Flügelwänden einbetoniert. Als Sohlbalken wird ebenfalls ein U-Profil waagerecht zwischen den seitlichen Führungsschienen eingeschweißt. Die Oberkante des Sohlbalkens entspricht der Betonoberfläche der Bodenplatte.

Aufgrund der vorhandenen lichten Breite von ~ 3,00 m sind Aluminiumdammbalken vorgesehen, welche mit 2 Personen in die Führungsschienen eingesetzt und mit dem Montagewerkzeug arretiert werden können.

Zur Gewährleistung der erforderlichen Dauerhaftigkeit sind die Führungsschienen aus nichtrostendem Material (z.B. 1.4371) herzustellen.

3.2 Schwimmsteg für Kahnanlegestelle

Aufgrund der Errichtung einer festen Wehrschwelle als Ersatz für das regulierbare Mündungswehr werden die Wasserspiegellagen im Oberwasser stärker schwanken, so dass die vorhandene Anlegestelle nicht immer vom Kahn aus zu erreichen ist. Es wurde deshalb die Anordnung eines Schwimmsteges vor der bestehenden Anlegestelle zur sicheren Begehbarkeit als zweckmäßige Lösung favorisiert.

Die Konstruktion besteht aus Schwimmkörpern (PE bzw. Alu) welche mit einem verzinkten Stahlrahmen verbunden werden. Auf diesem Stahlrahmen werden ebenfalls die Längstraghölzer befestigt, auf denen anschließend der Stegbelag aus RC-material verschraubt wird.

Zur Lagesicherung der Schwimmsteganlage werden am ober- und unterwasserseitigen Ende des Steges Stahlrohrdalben angeordnet.

Als maßgebende horizontale Einwirkungen auf die Dalben sind folgende Lasten zu berücksichtigen:

Anpralllast (besetzter Kahn – 20 Personen): 20 x 80 kg = 1600 kg

Eigengewicht Kahn = 1000 kg

Geschwindigkeit ($\leq$ 1m/s)

Arbeitsvermögen = 10 cm (in 1 s)

$F = m \times a = 2600\ kg \times -0{,}1 m/s^2 = -26000\ N = -26\ kN$

Hydrodynamische Strömungskraft:

Wh = cw x rw/2 x vw^2 x Aq

= 1,0 x 1,0t/m^3 x 1,0m/s^2 x (1,5m x 0,7m)

= 1,05 kN

Als Vertikallasten sind zur Bemessung der Schwimmkörper mindestens zu berücksichtigen:

Auf Schwimmstegfläche **p = 2,5 kN/m²**

vertikale Linienlast am Anlegerand: **g = 2,0 kN/m** (für Schwimmstabilität)

Teilsicherheitsbeiwert: **γ_F = 1,5**

Der Nachweis der Schwimmkörpertragfähigkeit sowie der Schwimmstabilität ist mit den konkreten Angaben der eingesetzten Schwimmkörper zu erbringen.

3.2.1 Berechnung Stahlrohrdalben

Als Ansatz für die Baugrundverhältnisse im Bereich der Schwimmsteganlage werden die Ergebnisse des Baugrundgutachtens vom Ingenieurbüro Fischer aus dem Jahr 2013 herangezogen.

Demnach wurden am Standort sandige und kiesige Schichten im Untergrund festgestellt, welche unterhalb von 4,0m unter Ansatzpunkt eine mitteldichte und unterhalb von 7,5m eine dichte Lagerung aufweisen.

Folgende Bodenkennwerte werden in den Berechnungen berücksichtigt.

UK Schicht [mNHN]	**Bodenschicht**	**cal γ [kN/m³]**	**cal γ ' [kN/m³]**	**cal ϕ ' [°]**	**cal c ' [kN/m²]**	**Es [MN/m²]**
81,0	SW, locker	17,0	8,0	30,0	0	5
77,5	SW, GW, mitteldicht	18,0	10,0	35,0	0	15
< 77,5	GW, dicht	21,0	13,0	41,0	0	40

Berechnungsergebnisse

Entsprechend den in der Anlage beigefügten Berechnungen sind für die Dalben folgende konstruktive Mindestanforderungen zu gewährleisten.

Stahlrohr S 235, Ø 318 x 6,3 mm

Länge ≥ 10,50m, bei OK = 87,40 mNHN

Am Pfahlkopf ist eine Vorrichtung gegen Ausschwimmen des Steges bei Hochwasser vorzusehen (Pfahlkopfplatte, Bolzensicherung).

Dauerhaftigkeit

Zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit sind die Stahlrohrdalben gemäß BAW-Liste der zugelassenen Systeme für eine Korrosivitätskategorie Im 1 L zu beschichten.

Aufgestellt: Cottbus, 18.07.2017

Bearbeiter: T. Haas, Dipl.-Ing.