

1. Bemessung des Absperrbauwerks hinsichtlich der Hochwassersicherheit

1.1 Hochwasserbemessungsfall 1: $BHQ_1 = HQ_{500, K, Ret.}$

Berechnung des Abflussvermögens für ein Hochwasserstauziel von $Z_V = Z_{H1} = 263,20$ müNHN.

Im Hochwasserbemessungsfall 1 (HWBF 1) ist bei mehreren Entlastungsmöglichkeiten mit beweglichen Verschlüssen (Grundablass, Betriebsauslass, Klappe Hochwasserentlastung) immer die Leistungsfähigste nicht in Ansatz zu bringen ((n-1)-Regel). Der Grundablass wird daher nicht in Ansatz gebracht.

- **Abfluss über vollständig umgelegte Klappe der Hochwasserentlastung (HWE)**

$$Q_{HWE} = 2/3 * \mu * b * (2g)^{0,5} * h_{\ddot{u}}^{3/2}$$

wobei

Überfallbeiwert	μ	= 0,65
Breite Überfallschwelle	b	= 10,0 m
Überfallbreite effektiv	b_{eff}	= 8,59 m (abzgl. Einbauten)
OK Überfallschwelle	H	= 262,20 müNHN
Überfallhöhe	$h_{\ddot{u}}$	= 263,20 – 262,45 = 0,75 m

Überfallabfluss:

$$Q_{HWE} = 2/3 * 0,65 * 8,59 * (19,62)^{0,5} * 0,75^{3/2} = 10,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Parallelentlastung über teilgeöffnetes Betriebsauslassschütz (BA)**

Unter Einhaltung der (n-1)-Regel wird eine Parallelentlastung in Höhe der Regelabgabe $Q_R = 1,1$ m/s über das Hochwasserentlastungsschütz angesetzt.

$$Q_{BA} = \mu * A * (2g)^{0,5} * h_o^{0,5}$$

wobei:

Ausflussquerschnitt	A	= 1,0 * 0,14 = 0,14 m ²
Sohlhöhe	Z_{So}	= 254,00 müNHN
Stauhöhe	h_o	= 263,20 – 254,00 = 9,20 m
Öffnungshöhe Schütz	a	= 0,14 m

Kontraktionsbeiwert:

$$\Psi_{90} = \frac{1}{1 + 0,64 * \sqrt{1 - (a/h_0)^2}} = \frac{1}{1 + 0,64 * \sqrt{1 - (0,14/9,20)^2}} = 0,6098$$

Abflussbeiwert:

$$\mu_A = \frac{\Psi}{\sqrt{1 + \frac{\Psi * a}{h_0}}} = \frac{0,6098}{\sqrt{1 + \frac{0,6098 * 0,21}{9,20}}} = 0,6069$$

Abfluss BA-Schütz:

$$Q_{BA} = 0,6069 * 0,14 * (19,62)^{0,5} * 9,20^{0,5} = 1,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Der Ausfluss ist rückstaufrei nach Bild 8.15 [20]:

$$h_0/a = 9,20/0,14 = 65,7 ; h_2/a = 1,72/0,14 = 12,3 ; h_u (= 0,55 \text{ m}) < h_2$$

- **Abflussvermögen BHQ₁ für Z_V = Z_{H1} = 263,20 müNHN**

Abfluss über umgelegte Klappe HWE	Q _{HWE} =	10,7 m ³ /s
Parallelentlastung über BA-Schütz	Q _{BA} =	1,1 m ³ /s
Gesamtabfluss	Q_{ges} =	11,8 m³/s > BHQ₁

Der im HWBF 1 abführbare Gesamtabfluss beträgt bei Hochwasserstauziel Z_{H1} = 263,20 müNHN mit Q_{ges} = 11,8 m³/s mehr als BHQ₁ = HQ_{500,K,Ret.} = 11,3 m³/s.

1.2 Hochwasserbemessungsfall 2: BHQ₂ = HQ_{5.000,K,Ret}

Berechnung des Abflussvermögens für ein Stauziel von Z_V = Z_{H1} = Z_{H2} = 263,20 müNHN.

Im Hochwasserbemessungsfall 2 (HWBF 2) dürfen alle Verschlüsse zum Nachweis der Hochwassersicherheit angesetzt werden.

- **Abfluss über vollständig umgelegte Klappe der Hochwasserentlastung (HWE)**

$$Q_{\text{HWE}} = 2/3 * \mu * b * (2g)^{0,5} * h_{\text{ü}}^{3/2}$$

wobei

Überfallbeiwert	μ	= 0,65
Breite Überfallschwelle	b	= 10,0 m
Überfallbreite effektiv	b_{eff}	= 8,59 m (abzgl. Einbauten)
OK Überfallschwelle	H	= 262,20 müNNH
Überfallhöhe	$h_{\text{ü}}$	= 263,20 – 262,45 = 0,75 m

Überfallabfluss:

$$Q_{\text{HWE}} = 2/3 * 0,65 * 8,59 * (19,62)^{0,5} * 0,75^{3/2} = 10,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Parallelentlastung über das Betriebsauslassschütz (BA)**

$$Q_{\text{BA}} = \mu * A * (2g)^{0,5} * h_o^{0,5}$$

wobei:

Ausflussquerschnitt	A	= 1,0 * 1,0 = 1,0 m ²
Sohlhöhe	Z_{so}	= 254,00 müNNH
Stauhöhe	h_o	= 263,20 – 254,00 = 9,20 m
Öffnungshöhe Schütz	a	= 1,0 m

Kontraktionsbeiwert:

$$\Psi_{90} = \frac{1}{1 + 0,64 * \sqrt{1 - (a/h_o)^2}} = \frac{1}{1 + 0,64 * \sqrt{1 - (1,0/9,20)^2}} = 0,6112$$

Abflussbeiwert:

$$\mu_A = \frac{\Psi}{\sqrt{1 + \frac{\Psi * a}{h_o}}} = \frac{0,6112}{\sqrt{1 + \frac{0,6112 * 1,0}{9,20}}} = 0,5918$$

Abfluss BA-Schütz:

$$Q_{\text{BA}} = 0,5918 * 1,0 * (19,62)^{0,5} * 9,20^{0,5} = 8,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

Der Ausfluss ist rückstaufrei nach Bild 8.15 [20]:

$$h_o/a = 9,20/1,0 = 9,20 ; h_2/a = 4,30/1,0 = 4,30 ; h_u (= 1,1 \text{ m}) < h_2$$

- **Parallellentlastung über das Grundablassschütz (GA)**

$$Q_{GA} = \mu * A * (2g)^{0,5} * h_o^{0,5}$$

wobei:

Ausflussquerschnitt	A	=	(2,2 + 3,2)/2 * 0,5 + 4,7 * 2,0 = 10,75 m ²
Sohlhöhe	Z _{So}	=	253,50 müNHN
Stauhöhe	h _o	=	263,20 – 253,50 = 9,70 m
Öffnungshöhe Schütz	a	=	2,5 m

Kontraktionsbeiwert:

$$\psi_{90} = \frac{1}{1 + 0,64 * \sqrt{1 - (a/h_o)^2}} = \frac{1}{1 + 0,64 * \sqrt{1 - (2,5/9,70)^2}} = 0,6179$$

Abflussbeiwert:

$$\mu_A = \frac{\psi}{\sqrt{1 + \frac{\psi * a}{h_o}}} = \frac{0,6179}{\sqrt{1 + \frac{0,6179 * 2,5}{9,70}}} = 0,5739$$

Abfluss GA-Schütz:

$$Q_{BA} = 0,5739 * 10,75 * (19,62)^{0,5} * 9,70^{0,5} = 85,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Der Ausfluss ist rückstaufrei nach Bild 8.15 [20]:

$$h_o/a = 9,70/2,5 = 3,9 ; h_2/a = 6,46/2,5 = 2,6 ; h_u << h_2$$

Aus ökologischen und betrieblichen Gründen wurden für den Grundablass eine große Querschnittsfläche gewählt, was zu einer sehr hohen Leistungsfähigkeit des Grundablasses führt.

Im überplanmäßigen Betrieb sollte der Grundablass stets als letztes Organ und nur sukzessive geöffnet werden (vergl. Steuerkonzept, Anlage 5). Für die Nachweisführung wird daher nur eine Öffnungshöhe von 20 cm für den Grundablass angesetzt.

- **Parallelentlastung über das Grundablassschütz (GA) bei Teilöffnung**

$$Q_{GA} = \mu * A * (2g)^{0,5} * h_o^{0,5}$$

wobei:

Ausflussquerschnitt	A	=	(2,2 + 3,2)/2 * 0,5 + 4,7 * 0,2 - (2,2 + 3,2)/2 * 0,5 = 0,94 m ²
Sohlhöhe	Z _{So}	=	253,50 müNHN
Stauhöhe	h _o	=	263,20 – 253,50 = 9,70 m
Öffnungshöhe Schütz	a	=	0,2 m

Kontraktionsbeiwert:

$$\Psi_{90} = \frac{1}{1 + 0,64 * \sqrt{1 - (a/h_o)^2}} = \frac{1}{1 + 0,64 * \sqrt{1 - (0,2/9,70)^2}} = 0,6098$$

Abflussbeiwert:

$$\mu_A = \frac{\Psi}{\sqrt{1 + \frac{\Psi * a}{h_o}}} = \frac{0,6098}{\sqrt{1 + \frac{0,6098 * 0,2}{9,70}}} = 0,6060$$

Abfluss GA-Schütz:

$$Q_{BA} = 0,6060 * 0,94 * (19,62)^{0,5} * 9,70^{0,5} = 7,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

Der Ausfluss ist rückstaufrei nach Bild 8.15 [20]:

$$h_o/a = 9,70/0,2 = 48,5 ; h_2/a = 6,46/0,2 = 32,3 ; h_u \ll h_2$$

- **Abflussvermögen BHQ₂ für Z_{H1} = Z_{H2} = 263,20 müNHN**

Für den Nachweis im HWBF2 wird neben dem Überfall über die Klappe und der Parallelentlastung über das vollständig geöffnete Betriebsauslassschütz eine Parallelentlastung über das teilgeöffnete Grundablassschütz angesetzt.

Abfluss über umgelegte Klappe HWE	Q _{HWE}	=	10,7 m ³ /s
Parallelentlastung über BA-Schütz	Q _{BA}	=	8,0 m ³ /s
Parallelentlastung über GA-Schütz	Q _{GA}	=	7,9 m ³ /s
Gesamtabfluss	Q_{ges}	=	26,6 m³/s > BHQ₂

Der im HWBF 2 abführbare Gesamtabfluss beträgt bei Hochwasserstauziel $Z_{H2} = 263,20$ müNHN mit $Q_{ges} = 26,6$ m³/s mehr als $BHQ_2 = HQ_{5.000,K,Ret} = 24,3$ m³/s. Für den Grundablass wurde nur eine Teilöffnung angesetzt es steht demnach noch eine zusätzliche Abflussreserve zur Verfügung.

Zur Beurteilung der hydraulischen Leistungsreserve der Stauanlage bei Extremhochwasser wurde der Abfluss im Abflussdiagramm dargestellt (s. Anlage 1.2).