

Adressat
Harzwasserwerke GmbH

Dokumententyp
Bericht

Hamburg,
26. März 2018

Berichts-Nr.
0086-42

Revision
0



GENERALÜBERHOLUNG DER SÖSETALVORSPERRE UND INSTANDSETZUNG DER B 498 PLANFESTSTELLUNGSVERFAHREN – HYDRAULISCHE BEMESSUNG

Generalüberholung der Sösetalvorsperre und Instandsetzung der B 498 Planfeststellungsverfahren – Hydraulische Bemessung

Revisions-Status

Revision	Datum	Ersteller	Prüfer	Genehmigt von	Beschreibung
Vorabzug	15.12.2017	FALKE	LATTE	LATTE	Berichtslegung
0	26.03.2018	FALKE	LATTE	LATTE	Antragsstellung

Hamburg, **26. März 2018**
Durchgeführt von **FALKE**
Überprüft von **LATTE**
Genehmigt von **LATTE**
Beschreibung **Antragsstellung**

Projekt-Nr. **0086**

INHALT

1.	Einleitung	1
2.	Überprüfung der Hochwassersicherheit des Staudamms	2
2.1	Allgemeines	2
2.2	Bestimmung der Hochwasserstauziele	2
2.2.1	Zuflussmengen	2
2.2.2	Leistungscharakteristik des Wehrs	3
2.2.3	Ansatz des Retentionsvolumens	4
2.2.4	Hochwasserstauziele	4
2.3	Nachweis der Hochwassersicherheit	5
2.3.1	Freibord	5
2.3.2	Festlegung der Dichtungshöhe für die Generalüberholung	5
2.3.3	Festlegung der Dammkrone für die Generalüberholung	6
2.3.4	Restrisikobetrachtung	6
3.	Hydraulik Grundablass	8
3.1	Allgemeines	8
3.2	Hydraulische Ansätze	8
3.2.1	Druckabfluss	8
3.2.2	Freispiegelabfluss	9
3.3	Nachweis der Leitungsfähigkeit	10
3.4	Entleerungszeit	11
4.	Zusammenfassung	13

TABELLEN

Tabelle 2-1:	Zuflussmengen Sösetalvorsperre nach Panta Rhei [2]	2
Tabelle 2-2:	Leistungscharakteristik des neuen Wehrs aus physikalischen Modellversuchen der TH Nürnberg ([5]), Überfallhöhe bezogen auf Kronenhöhe NHN +333,10 m	3
Tabelle 2-3:	Volumen des Vorsperrenbeckens	4
Tabelle 3-1:	Abflussbeiwerte μ_A für scharfkantige Rechtecköffnungen nach Bollrich [6]	9

ABBILDUNGEN

Abbildung 2-1:	Leistungscharakteristik des neuen Wehrs aus theoretischen Betrachtungen und physikalischen Modellversuchen der TH Nürnberg	4
Abbildung 3-1:	Hydraulisches Ersatzsystem Grundablass Sösetalvorsperre (Prinzipskizze)	8
Abbildung 3-2:	Ausfluss aus einer Seitenöffnung aus Bollrich [6]	9

Abbildung 3-3: Breitkroniges Wehr aus Bollrich [6]	9
Abbildung 3-4: Überfallbeiwerte C für das breitkronige Wehr aus Bollrich [6]	10
Abbildung 3-5: Leistungsfähigkeit Grundablass	11
Abbildung 3-6: Entleerungszeit der Vorsperre über den Grundablass	12

LITERATUR

- [1] Campen, Frank: Vorsperre Sösetalsperre – Vertiefte Sicherheitsüberprüfung – Grundablass, Harzwasserwerke, Hildesheim, 20.01.2014
- [2] Lange, Stephan: Berechnung von Talsperrenzuflussganglinien mit PANTA RHEI für die Sösetalsperre-Vorsperre und Sösetalsperre, Institut für Wassermanagement IfW GmbH, Braunschweig, 31.07.2013
- [3] Harzwasserwerke GmbH, Sösetalsperre – Vorsperre, Machbarkeitsstudie zur Sanierung: Randbedingungen und Aufgabenstellung, Anlage 2, Hildesheim, 05.10.2006
- [4] Unger, Lisa: Sösetalsperre – Neue Freibordbemessung der Vorsperre, Harzwasserwerke, Hildesheim, 19.05.2015
- [5] TH Nürnberg, Vorsperre der Sösetalsperre – 3D-CFD-Simulationen und physikalischer Modellversuch für ein Kombinationsbauwerk, Abschlussbericht, Nürnberg, 21.06.2016
- [6] Bollrich, Gerhard: Technische Hydromechanik 1 – Grundlagen, Beuth Verlag, Berlin / Wien / Zürich, 2013
- [7] Ramboll IMS: Generalüberholung der Sösetalvorsperre – Entwurfsplanung mit Kombibauwerk, Dokument 02/1, Sicherheitsüberprüfung Hochwassersicherheit und Betriebseinrichtungen, Bericht Nr. 0086-28, Hamburg, 04.10.2016

1. Einleitung

Die hydraulische Bemessung für die Generalüberholung der Sösetalvorsperre umfasst die Überprüfung der Hochwassersicherheit des Staudamms sowie die Hydraulik des Grundablasses. Das vorliegende Dokument gibt die Ergebnisse der Entwurfsplanung wieder, die in Entwurfsunterlage 02/1, Sicherheitsüberprüfung Hochwassersicherheit und Betriebseinrichtungen [7] dokumentiert sind.

2. Überprüfung der Hochwassersicherheit des Staudamms

2.1 Allgemeines

Zur Überprüfung der Hochwassersicherheit der Sösetalvorsperre im Rahmen der Generalüberholung müssen die Höhenkoten der Dammdichtung und der Dammkrone mit den sich einstellenden maximalen Hochwasserstauzielen Z_{H1} und Z_{H2} nach Neubau des Wehrs mit den Abflussleistungen verglichen werden.

Die Bestimmung dieser Stauhöhen muss die aktuellen, im Jahr 2013 vom Institut für Wassermanagement IfW GmbH mit dem Niederschlags-Abfluss-Modell „PANTA RHEI“ prognostizierten Zuflussereignisse berücksichtigen.

In der hier vorliegenden Unterlage werden die Grundlagen der Zuflussereignisse und Abflussbestimmung zusammengefasst. Es folgt eine Bestimmung der maximalen Hochwasserstauziele Z_{H1} und Z_{H2} . Aufbauend auf diesen Werten wird die für eine ausreichende Hochwassersicherheit anzusetzende Kronen- und Dichtwandhöhe festgelegt. Die im Folgenden dargestellten Werte wurden in der Planung zur Generalüberholung der Sösetalvorsperre berücksichtigt.

2.2 Bestimmung der Hochwasserstauziele

2.2.1 Zuflussmengen

Im Jahr 2013 wurden vom Institut für Wassermanagement IfW GmbH mit dem Niederschlags-Abfluss-Modell „PANTA RHEI“ Zuflusswerte für die Sösetalvorsperre ermittelt, [2]. Diese Werte sind auch in der Vertieften Sicherheitsüberprüfung der Harzwasserwerke ([1]) enthalten und können Tabelle 2-1 entnommen werden.

Tabelle 2-1: Zuflussmengen Sösetalvorsperre nach Panta Rhei [2]

Ereignis	Abfluss [m^3/s]
Mittlerer Abfluss MQ	1,02 ¹
1-jähriges Hochwasser HQ ₁	13,8
10-jähriges Hochwasser HQ ₁₀	36
100-jähriges Hochwasser HQ ₁₀₀	64
1.000-jähriges Hochwasser BHQ ₁	102
10.000-jähriges Hochwasser BHQ ₂	140

Die Sicherheitsüberprüfung der Sösetalvorsperre soll für die Generalüberholung nach Festlegung der Harzwasserwerke mit einem Entwurfsabfluss $EHQ_2 = 165 m^3/s$ durchgeführt werden. Durch diesen Wert werden Schwankungen in der Hochwasserstatistik berücksichtigt, welche noch für den Zeitraum 1932 – 2005 für das BHQ₂ einen Wert von $164 m^3/s$ ausgewiesen hat ([3]).

Es liegen keine Werte für den Lastfall PMF (Probable Maximum Flood) vor. In den hydraulischen Versuchen wurde aber der maximale Abflusswert $HHQ = 200 m^3/s$ untersucht um über den Bemessungsabfluss hinaus Erkenntnisse zu erlangen ohne frei extrapolieren zu müssen.

¹ Quelle: HWW, Sösetalvorsperre: Hochwasserstatistik 1932/2013, Mail vom 19.06.2014

2.2.2 Leistungscharakteristik des Wehrs

Die neue Wehranlage wird als feste Wehrschwelle, unterteilt in zwei Abschnitte mit Kronenhöhe auf NHN +332,90 m bzw. NHN +333,10 m, ausgebildet. Die Überfallkrone ist im Standardprofil ausgebildet. Die Länge des tiefer liegenden Wehrabschnitts ist so gewählt, dass der weiter oben liegende Wehrkörper erst für Abflüsse über 2 MQ benetzt wird. Der Grundriss des Überlaufs besteht aus Linien- und Kreissegmenten.

Zur Bestimmung der Leistungscharakteristik wurden neben theoretischen Betrachtungen (Überfallformel nach Poleni) auch numerische und physikalische Modellversuche an der TH Nürnberg durchgeführt ([5]). Die Ergebnisse sind Tabelle 2-2 und Abbildung 2-1 zu entnehmen. Die Überfallbeiwerte können nicht aus den Ergebnissen der Modellversuche bestimmt werden, da diese keine Aufgliederung des Abflusses über die einzelnen Wehrkörper beinhalten. Stattdessen wurden abschnittsweise die Schirmerschen Überfallbeiwerte, also theoretische Werte, bestimmt. Die Überfallbeiwerte sind abhängig von Überfallhöhe, Entwurfshöhe und Wehrhöhe und liegen für die Abflüsse bis 200 m³/s im Bereich 0,58 bis 0,77.

Tabelle 2-2: Leistungscharakteristik des neuen Wehrs aus physikalischen Modellversuchen der TH Nürnberg ([5]), Überfallhöhe bezogen auf Kronenhöhe NHN +333,10 m

Ereignis	Abfluss Natur [m ³ /s]	Abfluss Modell [m ³ /s]	Überfallhöhe Natur [m]	Wasserstand Sösetalvorsperre [mNHN]
5-jähriges Hochwasser HQ ₅	27,9	0,0116	0,53	333,63
100-jähriges Hochwasser HQ ₁₀₀	64	0,0267	0,89	333,99
1.000-jähriges Hochwasser BHQ ₁	102	0,0425	1,21	334,31
10.000-jähriges Hochwasser BHQ ₂	140	0,0583	1,45	334,55
Entwurfsabfluss EHQ ₂	165	0,0687	1,58	334,68
Maximaler Abfluss HHQ	200	0,0833	1,86	334,96

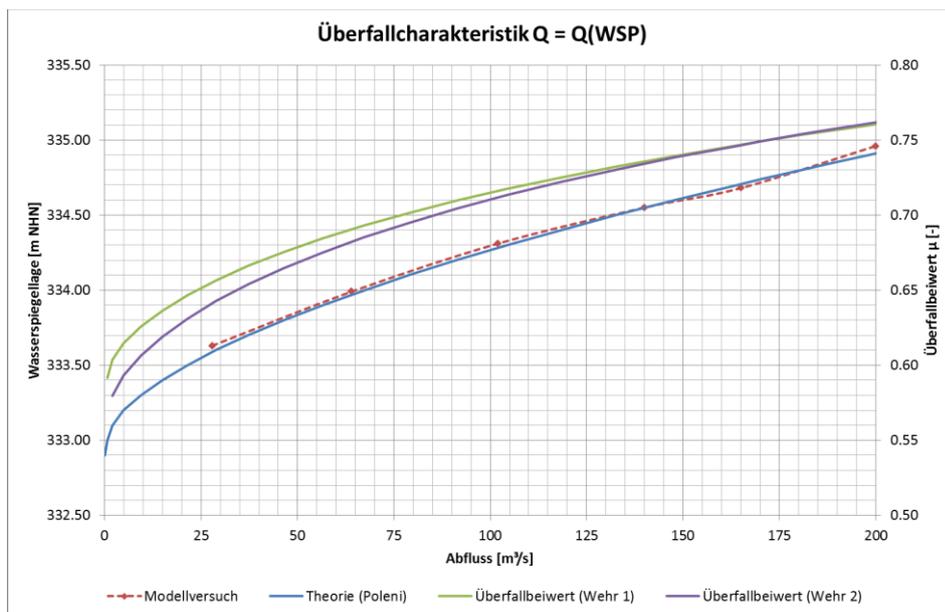


Abbildung 2-1: Leistungscharakteristik des neuen Wehres aus theoretischen Betrachtungen und physikalischen Modellversuchen der TH Nürnberg

2.2.3 Ansatz des Retentionsvolumens

Das Stauvolumen der Vorsperre von NHN +325,1 m bis zum derzeitigen Kronenstau ist in Tabelle 2-3 angegeben.

Tabelle 2-3: Volumen des Vorsperrenbeckens

Höhe [mNHN]	Gesamtinhalt [m³]	Differenz [m³]
325,1	26.400	16.200
326,1	55.500	29.100
327,1	102.000	46.500
328,1	163.200	61.200
329,1	236.200	73.000
330,1	319.400	83.200
331,1	414.600	95.200
332,1	522.100	107.500
333,1	634.600	112.500
334,1	761.600	127.000
335,1	902.600	141.000
336,1	1.055.000	152.400

2.2.4 Hochwasserstauziele

Die Hochwasserstauziele ergeben sich ohne Ansatz einer Retentionswirkung der Vorsperre aus der Leistungscharakteristik des Wehres in Tabelle 2-2 zu:

Hochwasserbemessungsfall 1:

$$Z_{H1} = \text{NHN} + 333,10 \text{ m} + 1,21 \text{ m} = \text{NHN} + 334,31 \text{ m}$$

Hochwasserbemessungsfall 2:

$$Z_{H2} = \text{NHN} + 333,10 \text{ m} + 1,45 \text{ m} = \text{NHN} + 334,55 \text{ m}$$

Hochwasserbemessungsfall Entwurfsabfluss:

$$Z_{EH2} = \text{NHN} + 333,10 \text{ m} + 1,58 \text{ m} = \text{NHN} + 334,68 \text{ m}$$

2.3 Nachweis der Hochwassersicherheit

2.3.1 Freibord

Gemäß DIN 19700 sind zwischen dem tiefsten Punkt der Dammkrone und dem Stauziel im Hochwasserbemessungsfall 1 der Freibord f1 und im Hochwasserbemessungsfall 2 der Freibord f2 vorzuhalten. Nach Festlegung der Harzwas-serwerke soll darüber hinaus für den Entwurfsabfluss EHQ_2 das für BHQ_2 gefor-derte Sicherheitsniveau mit dem Freibord f2 eingehalten werden.

Für die Vorsperre wurden entsprechend DVWK-Merkblatt 246/1997 „Freibord-bemessung an Stauanlagen“ in [4] folgende Freiborde ermittelt:

Hochwasserbemessungsfall 1:

H_{Au}	= 1,11 m	(Wellenauflauf)
H_{Wi}	= 0,05 m	(Windstau)
erf. f1	= 1,16 m	(Wellenauflauf + Windstau)

Hochwasserbemessungsfall 2:

H_{Au}	= 0,81 m	(Wellenauflauf)
H_{Wi}	= 0,05 m	(Windstau)
H_{Si}	= 0,50 m	(Sicherheitszuschlag, gewählt)
erf. f2	= 1,36 m	(Wellenauflauf + Windstau + Sicherheitszuschlag)

2.3.2 Festlegung der Dichtungshöhe für die Generalüberholung

Die Dichtungshöhe des Vorsperrendamms ist so festzulegen, dass eine schädli-che Durchströmung des Damms verhindert wird. Hier soll die Dichtung in den Bemessungsfällen BHQ_1 und BHQ_2 oberhalb des jeweilig anstehenden maximal möglichen Ruhewasserspiegels aus Stauziel zuzüglich Windstau liegen. Der Wellenauflauf ist kurzfristig, so dass der Wasserdruck und der Porenwasser-druck kurzzeitig periodisch um den Ruhewasserspiegel schwanken und eine Durchsickerung durch den Wellenauflauf nicht stattfindet.

Zusätzlich zu den Bemessungsabflüssen wird auch der Entwurfsabfluss EHQ_2 betrachtet um Schwankungen in der Hochwasserstatistik zu berücksichtigen.

Mindesthöhe der Dammdichtung:

$Z_{H1} + H_{Wi}$	= 334,31 + 0,05	= NHN + 334,36 m
$Z_{H2} + H_{Wi}$	= 334,55 + 0,05	= NHN + 334,60 m
$Z_{EH2} + H_{Wi}$	= 334,68 + 0,05	= NHN + 334,73 m

OK Dammdichtung gewählt = NHN + 335,30 m

Die Oberkante der Dammdichtung müsste nach den aktuellen Abflusswerten nach Panta Rhei 2013 [2] bei NHN +334,60 m liegen. Zur Berücksichtigung von möglichen Veränderungen hydraulischer Kennwerte z.B. durch Modelländerungen in späteren Neuberechnungen der Zuflussmengen soll, nach Abstimmung mit den HWW, die Dammdichtung für die Generalüberholung aber mit ausreichenden Puffer auf den aktuell berechneten Wert festgelegt werden. Der Puffer beträgt mit der gewählten Dichtungshöhe 0,70 m.

Mit der gewählten Dichtungshöhe wäre die Hochwassersicherheit des Absperrbauwerks auch für die hydraulisch untersuchten Abflussereignisse mit 200 m³/s und Überfallhöhen von 1,86 m gegeben.

2.3.3 Festlegung der Dammkrone für die Generalüberholung

Zur Vermeidung einer schädlichen Überströmung des Damms ist die Dammkrone für den Hochwasserbemessungsfall 2 unter Berücksichtigung des Sicherheitszuschlages im Freibord f₂ festzulegen. Für die Neubemessung der Hochwassersicherheit nach der Generalüberholung sollte bei Beibehaltung des Sicherheitszuschlags H_{Si} = 0,50 m die Dammkrone die folgend benannten Mindesthöhen einhalten.

Zusätzlich zu den Bemessungsabflüssen wird auch der Entwurfsabfluss EHQ₂ betrachtet um Schwankungen in der Hochwasserstatistik zu berücksichtigen.

Mindesthöhe der Dammkrone:

$$Z_{H1} + \text{erf. } f_1 = 334,31 + 1,16 = \text{NHN } +335,47 \text{ m}$$

$$Z_{H2} + \text{erf. } f_2 = 334,55 + 1,36 = \text{NHN } +335,91 \text{ m}$$

$$Z_{EH2} + \text{erf. } f_2 = 334,68 + 1,36 = \text{NHN } +336,04 \text{ m}$$

Mindesthöhe Dammkrone gewählt = NHN +336,10 m

Die Dammkronenhöhe liegt derzeit auf NHN +336,10 m und es ist nicht geplant die Höhe des Damms anzupassen. Der vorhandene Freibord berechnet sich daher aus Differenz zwischen Z_{H2}-Wert bei NHN +334,55 m und der Dammkrone zu vorh. f₂ = 1,55 m mit vorh. H_{Si} = 0,69 m.

2.3.4 Restrisikobetrachtung

Nach [2] Seite 12 ist der Lastfall eines maximal möglichen Abflusses (PMF) aus den maximal möglichen Gebietsniederschlägen (PMP) für die Sösetalvorsperre nicht bedeutend, da daraus keine höheren Scheitelabflüsse als aus den Berechnungen für HQ_{10.000} des BHQ₂ zu erwarten sind.

Des Weiteren ist eine kurzzeitige Durchsickerung des Dammkörpers im Kronenbereich oberhalb der Dichtung bei einem etwaigen Übersteigen der Wasserspiegelhöhe über die Dichtungshöhe durch z.B. extrem große Abflussereignisse aufgrund von extremen Windstau und Wellenauflauf oder Verklausung hinnehmbar. Die vorhandene Dammschüttung besteht in diesem Bereich, wie die gesamte Dammschüttung, aus Bodenstoffen mit annähernd gleichbleibenden Durchlässigkeitsverhältnissen. Auch im Rahmen der Generalüberholung wird bei den ggf. im Zuge des Straßenbaus notwendige Anpassungen der Dammkrone ähnliches Material verwendet. Hierdurch sind keine Sperrschichten zu

erwarten, auf denen wesentliche geohydraulische Belastungen aus Sickerwasserströmungen entstehen können. Da die Dichtung als Innendichtung angeordnet ist und der Dammkörper oberhalb der Dammdichtung sowie auf der Seite der Hauptsperre (Luftseite) zunächst nicht voll wassergesättigt anzunehmen ist, haben solche außergewöhnlichen, kurzzeitig auftretenden Sickerwassereintritte keine wesentlichen Auswirkungen auf die globale Standsicherheit des Dammkörpers.

3. Hydraulik Grundablass

3.1 Allgemeines

Der neue Grundablass wird als Teil des Kombibauwerks hergestellt. Nachfolgend werden als Nachweis für das neue System im Endzustand die folgenden Lastfälle betrachtet:

- Leistungsfähigkeit bei Druckabfluss
- Leistungsfähigkeit bei Freispiegelabfluss
- Abführend des Mindestabflusses bei Absenkziel
- Entleerung der Vorsperre

3.2 Hydraulische Ansätze

Es wird ein vereinfachtes hydraulisches System nach Abbildung 3-1 in Ansatz gebracht, für das folgende Größen von Bedeutung sind:

- Wasserspiegel Vorsperre: NHN +333,10 m (Vollstau)
- Abmessungen Grundablassöffnung:
 - Höhe x Breite = 1,25 m x 2,00 m
 - Unterkante Öffnung auf NHN +326,50 m
 - Wehrhöhe (unterhalb der Öffnung) = 0,50 m

Es wird angenommen, dass die Grundablassöffnung für die Bestimmung des Abflusses maßgebend ist. Der Grundablass bedeutet gegenüber der Grundablassöffnung aufgrund seiner Abmessungen und der vorliegenden Sohlneigung keine weitere Einschränkung für die hydraulischen Ansätze.

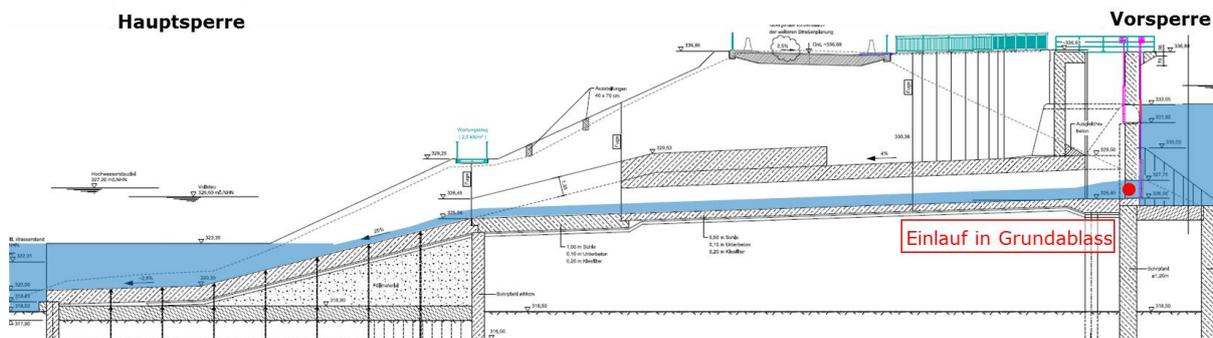


Abbildung 3-1: Hydraulisches Ersatzsystem Grundablass Sösetalvorsperre (Prinzipskizze)

3.2.1 Druckabfluss

Für Wasserstände oberhalb NHN +327,80 m erfolgt der Abfluss aus der Vorsperre in den Grundablass als Druckabfluss. Als hydraulischer Ansatz wird der Ausfluss aus einer Seitenöffnung, vgl. Abbildung 3-2, angenommen zu:

$$Q_A = \frac{2}{3} \cdot \mu_A \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot [h^{3/2} - (h - a)^{3/2}]$$

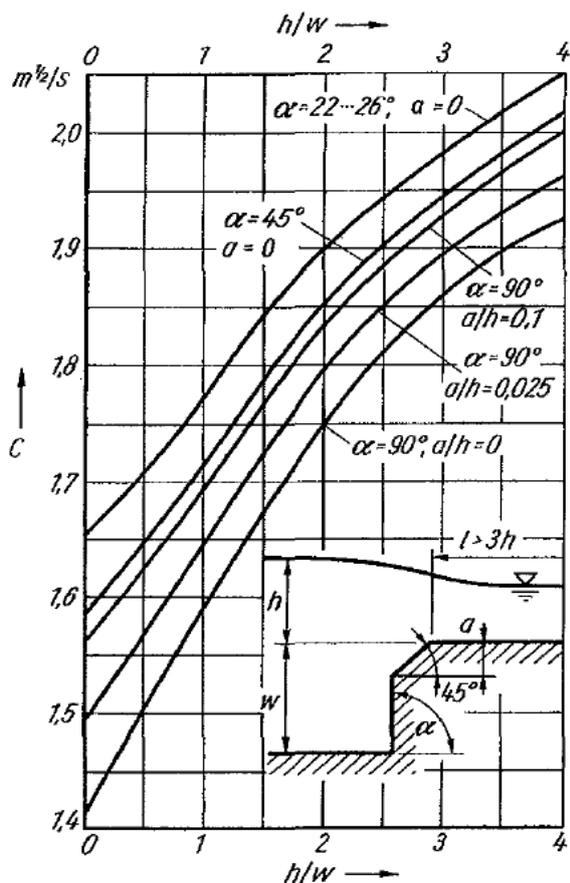


Abbildung 3-4: Überfallbeiwerte C für das breitkronige Wehr aus Bollrich [6]

3.3 Nachweis der Leitungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit des Grundablasses wurde auf Basis der in Abschnitt 3.2 dargestellten hydraulischen Ansätze bestimmt. Das Ergebnis ist in Abbildung 3-5 dargestellt.

Das Abflussereignis $MQ = 1,02 \text{ m}^3/\text{s}$ kann demnach über den Grundablass für Wasserstände in der Vorsperre ab mindestens NHN +327,00 m abgeführt werden. Die Abführung des Ereignisses $4 \text{ MQ} = 4,08 \text{ m}^3/\text{s}$ über den Grundablass gelingt für Wasserstände in der Vorsperre ab mindestens NHN +327,60 m.

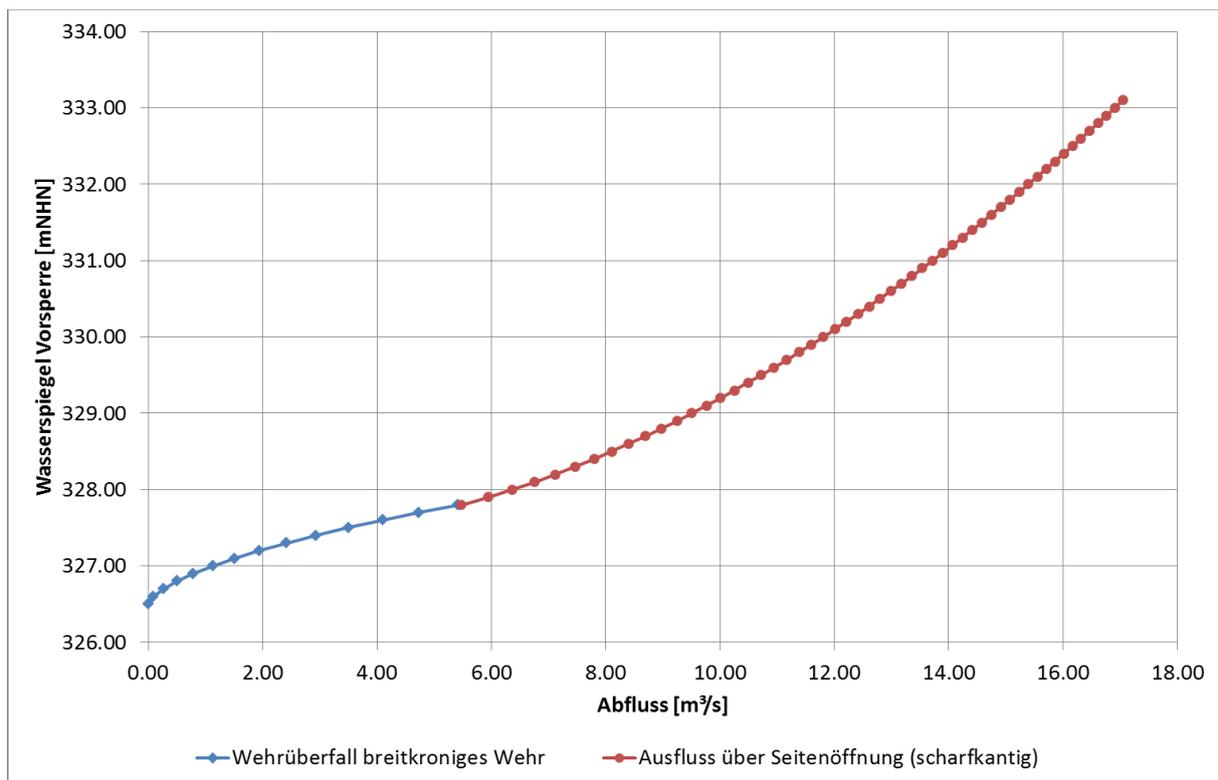


Abbildung 3-5: Leistungsfähigkeit Grundablass

3.4 Entleerungszeit

Die Entleerung der Vorsperre kann mit maximaler Abflussleistung oder gedrosselt, z.B. auf $4MQ = 4,08 \text{ m}^3/\text{s}$ erfolgen. Die schnellste Entleerung der Vorsperre ergibt sich unter der Annahme, dass kein Zufluss in die Vorsperre erfolgt.

Das Stauvolumen in Abhängigkeit der Wasserspiegellage ist Tabelle 2-3 zu entnehmen. Die Entleerungszeit für dieses Stauvolumen wird mit den in Abschnitt 3.2 dargestellten hydraulischen Ansätzen ermittelt. Die Entleerungszeit ohne Zufluss in die Vorsperre ist in Abhängigkeit der Wasserspiegellage in Abbildung 3-6 dargestellt. Sowohl für den Ansatz des maximalen Abflusses als auch für den auf maximal $4MQ$ gedrosselten erfolgt die Entleerung als Druckabflusses oberhalb $NHN + 327,80 \text{ m}$ erkennbar schneller als im Freispiegelabfluss bei geringeren Wasserständen. Die Absenkung von $NHN + 333,10 \text{ m}$ auf $NHN + 327,80 \text{ m}$ dauert demnach nur 11,3 Stunden für maximalen Abfluss bzw. 33,5 Stunden für gedrosselten Abfluss. Die gesamte Entleerung auf $NHN + 326,50 \text{ m}$ ist nach 40,2 Stunden bzw. 62,6 Stunden abgeschlossen.

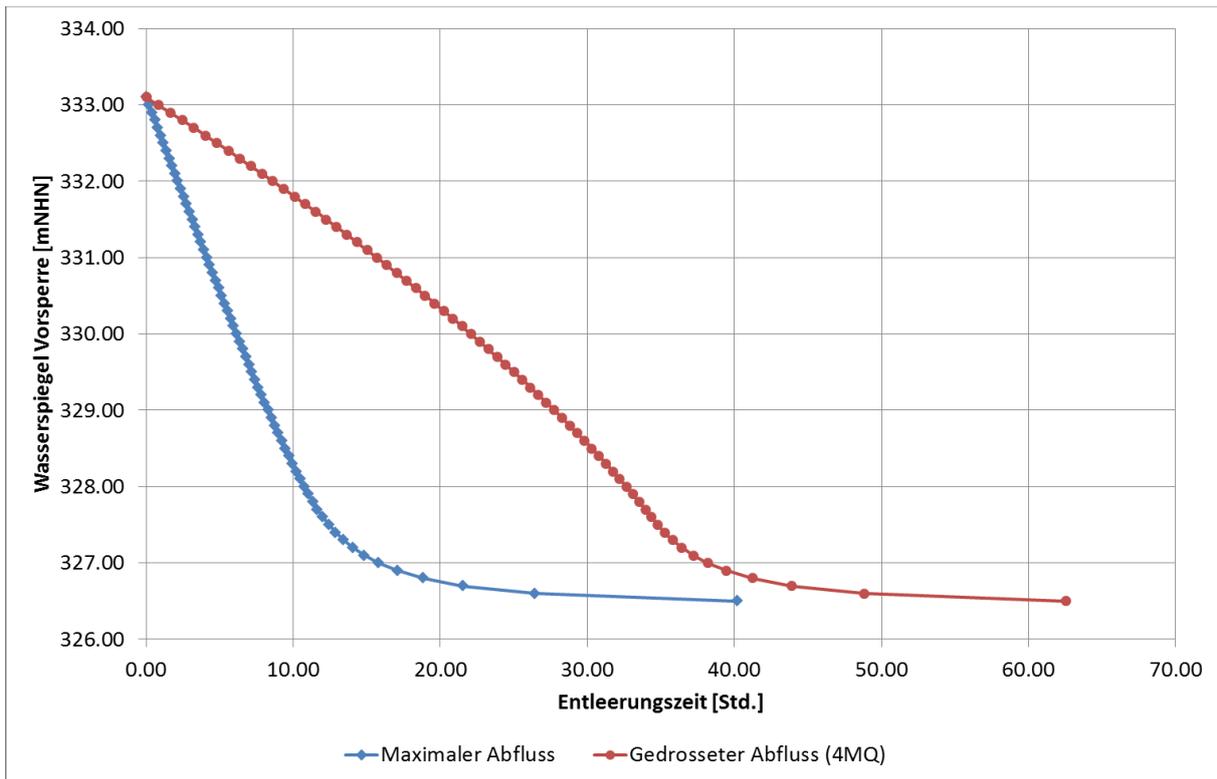


Abbildung 3-6: Entleerungszeit der Vorsperre über den Grundablass

4. Zusammenfassung

Die ausreichende Leistungsfähigkeit der Hochwasserentlastungsanlage im Kombibauwerk wurde durch hydraulische Modellversuche (numerische und physikalische) der TH Nürnberg ([5]) nachgewiesen. Aus diesen Versuchen wurde die Leistungsfähigkeit des Wehrs bestimmt.

In diesem Dokument erfolgte eine Überprüfung der Hochwassersicherheit der Vorsperre mit der für die Generalüberholung bestimmten Leistungscharakteristik des neuen Wehrs. Im Ergebnis ist festzuhalten, dass die Vorsperre mit einer im Zuge der Generalüberholung neu herzustellenden Dammdichtung mit Oberkante auf NHN +335,30 m ausreichend hochwassersicher ist.

Der Grundablass wird nicht für die Hochwasserentlastung herangezogen und dient nur der im Ausnahmefall erforderlichen Entleerung der Vorsperre. Hierzu weist die in der Generalüberholung vorgesehene Grundablassleitung im Kombibauwerk eine ausreichende Leistungsfähigkeit von über 4 MQ für Wasserstände ab mindestens NHN +327,60 m in der Vorsperre auf.

Die Entleerung der Vorsperre über den Grundablass wurde für den maximal möglichen Abfluss und für den auf maximal 4MQ gedrosselten Abfluss betrachtet. Demnach kann die Entleerung von NHN +333,10 m bis auf NHN +326,50 m in akzeptablen Zeiten von 40,2 Stunden bzw. 62,6 Stunden erfolgen. Die Entleerung von NHN +333,10 m bis auf NHN +327,80 m kann in 11,3 Stunden bzw. 33,5 Stunden erfolgen.

Hamburg, 26. März 2018

Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH



Dr. Sören Latte

gez. Dr. Eva Falke