

Optimierung des Bodenwasserhaushalts auf landeseigenen Flächen
im FFH-Gebiet Wümmeniederung



Anlage 2.9 – Hydraulische Berechnungen

März 2021

17036-1



Heidt + Peters
Die Ingenieure

Sprengerstraße 38 c
29223 Celle

Projektbearbeitung

Ingenieurgesellschaft Heidt + Peters mbH

Entwurfsverfasser

FRANK GRIES, DIPL.-ING (FH)

FREDERIC ZECK, DIPL.-ING (FH)

Plan-/Kartenbearbeitung

ANKE BALLÜER

Textbearbeitung

JACQUELINE WENDT

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Nachweis der Hochwasserneutralität	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Grundlagen des Programmsystems	1
1.3 Modellaufbau	2
1.4 Randbedingungen	2
1.5 Kalibrierung des Modells	3
1.6 Modellberechnung	4
1.6.1 Ergebnisse	4
2 Nachweis der Wirkreichweite im offenen Graben	5
2.1 Einleitung	5
2.2 Grundlagen des Programmsystems	5
2.3 Modellaufbau	5
2.4 Randbedingungen	5
2.5 Kalibrierung des Modells	10
2.6 Modellberechnung	11
2.6.1 Ergebnisse	11
3 Abschätzung der Wirkreichweite quer zur Fließrichtung	13
4 Nachweis der Sohlstabilität	15
5 Reichweite der Grundwasserabsenkung	16
6 Zusammenfassung	17
7 Quellenverzeichnis	18

Tabellenverzeichnis

Tab. 1-1: Abflüsse und Wasserstände bei HQ ₁₀₀	2
Tab. 1-2: Ergebnisse der Kalibrierung	3
Tab. 1-3: Wasserstände an ausgewählten Stationen der Wümme bei HQ ₁₀₀	4
Tab. 2-1: Abflüsse und Wasserstände bei mittlerem Niedrigwasser	7
Tab. 2-2: Abflüsse und Wasserstände bei doppeltem Mittelwasser.....	9
Tab. 2-3: Wasserstände und Differenzen an ausgewählten Gewässern für Sommer- und Winterstau.....	11
Tab. 3-1: Beeinflussung der Grundwasserstände auf den anliegenden Flächen.....	13

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3-1: Skizze zur Ermittlung des Wirkungsbereiches.....	14
--	----

Anlagen

Anlage 2.9.1 Längsschnitt Wümme

M. 1 : 20.000/100

1 Nachweis der Hochwasserneutralität

1.1 Einleitung

Die geplanten Maßnahmen liegen überwiegend innerhalb des festgesetzten Überschwemmungsgebiets der Wümme. Nachfolgend wird der Nachweis der Hochwasserneutralität geführt.

1.2 Grundlagen des Programmsystems

Bei der Nachweisführung wird das Programmsystems MIKE 11, ein eindimensionales Wasserspiegelladenmodell, verwendet. Das hydrodynamische Modell des Programmsystems MIKE 11 basiert auf den St. Venant'schen Gleichungen, die durch vertikale und laterale Integration aus den entsprechenden dreidimensionalen Gleichungen hervorgehen. Dieses Differentialgleichungssystem wird in MIKE 11 an diskreten Punkten durch einen impliziten Finite-Differenzen-Ansatz näherungsweise gelöst.

$$\frac{\partial Q}{\partial s} + \frac{\partial A}{\partial t} + q_l = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial s} \left(\frac{\beta \cdot Q^2}{A} \right) + g \cdot A \cdot \frac{\partial z_{sp}}{\partial s} + g \cdot A \cdot I_R - q_l \cdot U = 0$$

mit:	Q:	Abfluss [m ³ /s]
	A:	durchströmte Querschnittsfläche [m ²]
	s:	Längskoordinate in Fließrichtung [m]
	U:	querschnittsgemittelte Fließgeschwindigkeit [m/s]
	β:	dimensionsloser Korrekturbeiwert [-]
	q _l :	Zu- und Abflüsse pro Längeneinheit [m ³ /m]
	I _R :	Reibungsgefälle infolge Sohlreibung und Turbulenz [N/m ²]
	g:	Erdbeschleunigung g = 9,81 m/s ²
	z _{sp} :	Wasserspiegelhöhe / Fließtiefe [m]

Eindimensionale hydronumerische Modelle betrachten die Wasserspiegellage und den Durchfluss in Hauptfließrichtung. Zur Berücksichtigung von quer zur Fließrichtung auftretenden Veränderungen werden die Querschnitte in verschiedene Zonen wie zum Beispiel Flussbett und Vorländer unterteilt. Durch die raue Struktur des Flusses verursachte Streckenverluste können in MIKE 11 u.a. mit Hilfe des Manning-Strickler-Beiwerts k_{St} berücksichtigt werden. Dieser Beiwert kann sowohl im gesamten Fließquerschnitt konstant als auch durch eine Gliederung der Profile variabel angesetzt werden. Durch die Gliederung wird berücksichtigt, dass die im Hochwasserfall überfluteten Vorländer eine andere Rauheit aufweisen als die Gewässersohle.

1.3 Modellaufbau

Die Modellgeometrie basiert auf den folgenden Datengrundlagen:

- Daten aus der Berechnung des Überschwemmungsgebiets (ÜSG-Berechnung) (SLF 2013),
- Laserscan-Daten im 0,5 m-Raster und
- Daten aus den terrestrischen Vermessungen durch die Ingenieurgesellschaft Heidt + Peters mbH aus den Jahren 2014 und 2017.

Das zweidimensionale Modell aus der Berechnung des Überschwemmungsgebiets der Wümme beinhaltet neben der Wümme nur wenige der betrachteten Gewässer dritter Ordnung.

Die Laserscan-Daten und die Geometrien der ÜSG-Berechnung wurden in einem eindimensionalen Wasserspiegellagenmodell zusammengeführt. Dazu wurden Geländeschnitte aus den Laserscan-Daten erzeugt und mit den Geländehöhen aus der ÜSG-Berechnung bzw. der terrestrischen Vermessung ergänzt.

Auf diese Weise können alle relevanten Strukturen abgebildet und die Bauwerke entsprechend implementiert werden.

1.4 Randbedingungen

An der oberen Modellgrenze bei Wümme-Station 68+400 (unterstrom der Widaumündung) wird ein Abfluss und an der unteren Modellgrenze bei Wümme-Station 57+400 ein Wasserstand eingesteuert (s. Anlage 2.1.2). Der Wasserstand ist SLF (2013) entnommen.

Der Abfluss im Modellgebiet nimmt punktuell am Zufluss des Ahauser Baches zu. In Tab. 1-1 sind die für die Berechnung verwendeten Abflüsse und Wasserstände aufgeführt.

	Abfluss am Modelleingang Wümme-Station 68+400	Abflusszunahme Ahauser Bach Wümme-Station 59+570	Wasserstand am Modellausgang Wümme-Station 57+400
[-]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[mNHN]
HQ ₁₀₀ *	90,7	11,3	14,16

* HQ₁₀₀ gem. SLF (2013)

Tab. 1-1: Abflüsse und Wasserstände bei HQ₁₀₀

1.5 Kalibrierung des Modells

Die Kalibrierung des Modells erfolgte anhand einer Vergleichsrechnung mit den Wasserständen aus der ÜSG-Berechnung (SLF 2013). Die Rauheiten werden im plausiblen Rahmen verändert, um eine möglichst große Annäherung der Wasserstände zu erreichen. Die Rauheiten werden als Strickler-Beiwerte angesetzt. Für den Flussschlauch betragen die Werte $25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Auf den Niederungsflächen betragen die Werte in Abhängigkeit der Vegetation 10 – $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Die Modellkalibrierung weist maximale Wasserstandsdifferenzen von vier Zentimetern auf, was als hinreichend genau anzusehen ist (s. Tab. 1-2).

Station	HW ₁₀₀ gem. SLF 2013 [1]	HW ₁₀₀ 1D-Modell [2]	Differenz [2]-[1]
[-]	[mNHN]	[mNHN]	[m]
68+400	18,83	18,86	0,03
68+145	18,79	18,79	0,00
66+517	18,06	18,07	0,01
65+521	17,76	17,77	0,01
64+465	17,22	17,25	0,03
63+050	16,61	16,58	-0,03
61+215	15,49	15,53	0,04
62+051	16,21	16,22	0,01
61+080	15,48	15,47	-0,01
60+087	15,18	15,20	0,02
58+594	14,59	14,61	0,02
57+400	14,16	14,16	0,00

Tab. 1-2: Ergebnisse der Kalibrierung

1.6 Modellberechnung

Nach der Vergleichsrechnung erfolgt die Implementierung der geplanten Maßnahmen. Mit dem ergänzten Modell wird erneut der Zustand bei HQ₁₀₀ simuliert.

1.6.1 Ergebnisse

Die berechneten Wasserstände sind dem Längsschnitt (s. Anlage 2.9.1) zu entnehmen. Beispielhaft sind für ausgewählte Stationen in Tab. 1-3 die Wasserstände mit Differenzen aufgeführt. Die Stationen sind den jeweiligen Teilgebieten (TG) zugeordnet. Bei HQ₁₀₀ bleiben die Auswirkungen der Maßnahmen im Bereich von unter 1,0 cm, das heißt im Rahmen der Modellgenauigkeit. Ein Einfluss der geplanten Maßnahmen auf den Hochwasserabfluss bei HQ₁₀₀ ist somit nicht zu erwarten – die Maßnahmen sind hochwasserneutral.

Station	Wasserstand im Vergleichszustand	Wasserstand im Planzustand	Differenz Plan-Ist	Bemerkung zur Station
[km+m]	[mNHN]	[mNHN]	[m]	[-]
68+400	18,86	18,86	0,000	Obere Modellgrenze
68+030	18,72	18,72	0,000	TG 08.1
67+370	18,40	18,40	0,000	TG 08.1
66+800	18,18	18,18	0,000	TG 08.1 (Ende)
65+780	17,84	17,84	0,000	TG 08.2
64+830	17,32	17,32	0,000	TG 09.1
64+465	17,25	17,25	0,000	TG 09.1
64+068	16,93	16,93	0,000	TG 09.2
63+050	16,58	16,58	0,000	TG 09.2
62+336	16,43	16,43	0,000	TG 09.2 (Ende)
61+215	15,53	15,53	0,000	TG 10.1/10.2
59+790	15,10	15,10	0,000	TG 11
58+076	14,37	14,38	0,005	TG 12
57+980	14,33	14,33	0,006	TG 12 Verwallung, Stau- bauwerk
57+400	14,16	14,16	0,000	Untere Modellgrenze

Tab. 1-3: Wasserstände an ausgewählten Stationen der Wümme bei HQ₁₀₀

2 Nachweis der Wirkreichweite im offenen Graben

2.1 Einleitung

Die Wirkreichweite in den Gräben wird mit Hilfe eines 1D-Wasserspiegel-lagenmodells für jedes Teilgebiet berechnet.

2.2 Grundlagen des Programmsystems

Bei dem Nachweis der Wirkreichweite kommt das gleiche Programm zum Einsatz wie beim Nachweis der Hochwasserneutralität (s. Pkt. 1.2).

2.3 Modellaufbau

Die Gräben eines Teilgebietes bzw. in einander übergehende Gräben werden anhand der im Rahmen der terrestrischen Vermessung aufgenommenen Querprofile in einem Modell zusammenfassend abgebildet. Die vorhandenen Bauwerke, wie Durchlässe und Staubretter, sowie die geplanten Maßnahmen werden implementiert.

2.4 Randbedingungen

An der oberen Modellgrenze eines jeden Grabens wird ein Abfluss und an der unteren Modellgrenze (Mündung in die Wümme) wird ein Wasserstand eingesteuert. Der Abfluss wird aus der Abflussspende (MN_q bzw. M_q) des Pegels Hellwege sowie der ermittelten Einzugsgebietsgröße berechnet. Der Wasserstand wird unter Berücksichtigung der terrestrischen Vermessung und der Tagesmittelwerte (Wasserstand und Abfluss) am Pegel Hellwege festgelegt.

Bei Gräben, die zum Zeitpunkt der Vermessung Wasser geführt haben, jedoch nur ein kleines Einzugsgebiet (< 40 ha) besitzen, werden mit einem Mindestabfluss berücksichtigt. Der Mindestabfluss beträgt bei MNQ 1,0 l/s und bei MQ 2,0 l/s

In sind die für die Berechnung verwendeten Abflüsse und Wasserstände sind in den Tab. 2-1 für MNQ und Tab. 2-2 für 2×MQ aufgeführt.

Graben-Nr.	Abfluss am Modelleingang	Abflusszunahme entlang der Strecke	Wasserstand Modelausgang/Wümmemit Station
	[l/s]	[l/s]	[mNHN] [km+m]
08.1-1	1,0	1,0	Mündung in 08.2-1
08.1-2	1,0	1,0	Mündung in 08.1-1
08.1-3	1,0	1,0	Mündung in 08.1-1
08.2-1	Abfluss aus 08.1-1	1,0	Mündung in 08.2-2
08.2-2	4,0	1,0	14,93 (65+320)
08.2-3	Abfluss abhängig von Niederschlagsereignissen		Mündung in 08.2-1
08.2-4	Abfluss abhängig von Niederschlagsereignissen		Mündung in 08.2-1
09.1-1	1,0	1,0	Mündung in 09.2-1
09.1-2	1,0	1,0	Mündung in 09.1-1
09.1-3	1,0	1,0	Mündung in 09.1-2
09.1-4	4,0	1,0	Mündung in 09.2-4
09.1-5	0,0	0,0	Mündung in 09.1-1
09.1-6	1,0	0,0	Mündung in 09.1-2
09.1-7	1,0	1,0	Mündung in 09.1-2
09.2-1	Abfluss aus 09.1-1	1,0	Mündung in 09.2-4
09.2-2	1,0	1,0	Mündung in 09.2-7
09.2-3	1,0	1,0	Mündung in 09.2-7
09.2-4	Abfluss aus 09.1-4	1,0	15,10 (64+030)
09.2-5	1,0	1,0	Mündung in 09.2-7
09.2-6	1,0	1,0	Mündung in 09.2-4

Graben-Nr.	Abfluss am Modelleingang	Abflusszunahme entlang der Strecke	Wasserstand Modelleingang/Wümmemit Station
	[l/s]	[l/s]	[mNHN] [km+m]
09.2-7	2,0	1,0	14,00 (62+120)
TG 10.1	Abfluss abhängig von Niederschlagsereignissen		
10.2-1	2,0	1,0	13,87 (61+230)
10.2-2	1,0	1,0	Mündung in 10.2-1
10.2-3	1,0	1,0	Mündung in 10.2-4
10.2-4	1,0	3,0	14,88 (62+650)
10.2-5	0,0	0,0	Mündung in 10.2-1
10.2-6	0,0	0,0	Mündung in 10.2-1
11-1	2,0	1,0	12,95 (58+570)
11-2	0,0	0,0	Mündung in 11-1
11-3	3,0	0,0	Mündung in 11-1
12-1	1,0	1,0	12,68
12-2	Keine Maßnahmen		
12-3	1,0	1,0	Mündung in 12-1
12-4	Keine Maßnahmen		

Tab. 2-1: Abflüsse und Wasserstände bei mittlerem Niedrigwasser

Graben-Nr.	Abfluss am Modelleingang	Abflusszunahme entlang der Strecke	Wasserstand Modelausgang/Wümm mit Station
	[l/s]	[l/s]	[mNHN] [km+m]
08.1-1	2,0	2,0	Mündung in 08.2-1
08.1-2	2,0	2,0	Mündung in 08.1-1
08.1-3	5,0	2,0	Mündung in 08.1-1
08.2-1	Abfluss aus 08.1-1	13,0	Mündung in 08.2-2
08.2-2	40,0	6,0	14,93 (65+320)
08.2-3	Abfluss abhängig von Niederschlagsereignissen		Mündung in 08.2-1
08.2-4	Abfluss abhängig von Niederschlagsereignissen		Mündung in 08.2-1
09.1-1	2,0	5,0	Mündung in 09.2-1
09.1-2	5,0	6,0	Mündung in 09.1-1
09.1-3	2,0	2,0	Mündung in 09.1-2
09.1-4	50,0	4,0	Mündung in 09.2-4
09.1-5	0,0	0,0	Mündung in 09.1-1
09.1-6	2,0	0,0	Mündung in 09.1-2
09.1-7	2,0	2,0	Mündung in 09.1-2
09.2-1	2,0	2,0	Mündung in 09.2-4
09.2-2	2,0	2,0	Mündung in 09.2-7
09.2-3	5,0	2,0	Mündung in 09.2-7
09.2-4	Abfluss aus 09.1-4	6,0 (4,0)	15,10 (64+030)
09.2-5	4,0	2,0	Mündung in 09.2-7
09.2-6	4,0	4,0 (2,0)	Mündung in 09.2-4
09.2-7	30,0	8,0 (4,0)	14,00 (62+120)
TG 10.1	Abfluss unmittelbar abhängig von Niederschlagsereignissen		

Graben-Nr.	Abfluss am Modelleingang	Abflusszunahme entlang der Strecke	Wasserstand Modelausgang/Wümm mit Station
	[l/s]	[l/s]	[mNHN] [km+m]
10.2-1	17,0	2,0	13,87 (61+230)
10.2-2	3,0	2,0	Mündung in 10.2-1
10.2-3	4,0	2,0	Mündung in 10.2-4
10.2-4	2,0	16,0	14,88 (62+650)
10.2-5	0,0	0,0	Mündung in 10.2-1
10.2-6	0,0	0,0	Mündung in 10.2-1
11-1	18,0	7,0	12,95 (58+570)
11-2	0,0	0,0	Mündung in 11-1
11-3	27,0	0,0	Mündung in 11-1
12-1	6,0	2,0	12,68
12-2	Keine Maßnahmen		
12-3	3,0	2,0	Mündung in 12-1
12-4	Keine Maßnahmen		

Tab. 2-2: Abflüsse und Wasserstände bei doppeltem Mittelwasser

Die Abfluss-Werte in Klammern (4,0) l/s wurde zusätzlich als Kalibrierungsparameter genutzt (s. Pkt. 2.5)

2.5 Kalibrierung des Modells

Die Kalibrierung des Modells erfolgte anhand der Wasserstände zum Zeitpunkt der Vermessungen bzw. Nachvermessungen. Der Rauheitsbeiwert wurde innerhalb der plausiblen Grenzen angepasst, um mit der Modellierung die Wasserstände mit den zuvor berechneten Abflüssen zu erreichen. Dort, wo ein Anpassen der Rauheitsbeiwerte an die Grenze der Plausibilität stieß und ein Versatz vor Ort (zum Zeitpunkt der Vermessung) nicht festgestellt wurde, wurde zusätzlich der Abfluss als Kalibrierungsparameter genutzt. Die angepassten Abflüsse sind in Tab. 2-2 fett gedruckt. In Klammern dahinter steht der rechnerisch ermittelte Wert gemäß der Hydrologie.

Die Modellkalibrierung weist maximale Wasserstanddifferenzen von wenigen Zentimetern auf, was als hinreichend genau anzusehen ist.

2.6 Modellberechnung

Die Modellberechnung erfolgt für die Szenarien Sommerstau mit MNQ und Winterstau mit dem zweifachen Mittelwasserabfluss. Mit dem Szenario Sommerstau können die im Mittel niedrigsten zu erwartenden Wasserstände berechnet werden. Anhand des Szenarios Winterstau können die Auswirkungen auf Anlieger ermittelt werden.

2.6.1 Ergebnisse

Die berechneten Wasserstände sind den Längsschnitten (s. Anlage 2.4.1.1 bis 2.4.1.9) zu entnehmen. Beispielhaft sind in Tab. 2-3 für ausgewählte Gewässer an einer Station/einem Querprofil die Wasserstände bei Sommer- und Winterstau mit Differenzen zwischen Plan- und Istzustand aufgeführt.

Gew.-Nr.	Station (QP-Nr.)	Wasserstand bei Sommerstau		Wasserstand bei Winterstau		Differenz Plan-Ist	
		Ist	Plan	Ist	Plan	S-Stau	W-Stau
	[km+m]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[mNHN]	[m]	[m]
08.1-1	1310 (1)	16,72	16,84	16,80	17,15	0,12	0,35
08.1-2	461 (7)	17,36	17,52	17,40	17,53	0,16	0,13
08.2-1	255 (3)	16,19	16,57	16,32	16,59	0,38	0,27
09.1-1	367 (1)	15,61	15,83	15,69	16,38	0,22	0,69
09.1-2	247 (3)	15,62	15,84	15,72	16,39	0,21	0,67
09.1-4	650	16,13	16,52	16,34	16,63	0,40	0,29
09.2-1	244 (2)	15,61	15,83	15,69	16,38	0,22	0,69
09.2-5	470 (7)	14,92	14,93	15,01	15,02	0,01	0,01
10.2-1	355 (5)	14,11	14,64	14,22	14,984	0,53	0,76
10.2-2	168 (4)	14,07	14,64	14,19	14,98	0,57	0,79
10.2-3	162 (2)	15,41	15,60	15,57	15,74	0,19	0,17
11-1	1990 (11)	14,30	14,58	14,39	14,60	0,28	0,41
12-1	1607 (11)	12,85	12,91	12,89	12,94	0,06	0,05
12-3	650 (8)	12,98	13,24	13,00	13,61	0,26	0,61

Tab. 2-3: Wasserstände und Differenzen an ausgewählten Gewässern für Sommer- und Winterstau

Gew.-Nr.: Gewässernummer, QP: Querprofil, S-Stau: Sommerstau, W-Stau: Winterstau

Die Maßnahmen (Steuerbare Staubauwerke und Stützwällen) führen bei Sommer und Winterstau zu einem Anstieg des Wasserspiegels im Planzustand. Dabei ist die Wirkreichweite sehr unterschiedlich. Sie reicht von rund 50 m bei MNQ bis zu 1.000 m bei doppeltem MQ. Die Länge der Strecke ist abhängig vom Abfluss, der Profilgeometrie sowie dem Sohlgefälle des Gewässers.

Der Anstieg des Wasserspiegels in den Gewässern reicht mit einer Ausnahme (09.1-3) ausschließlich bis an die Grenzen der jeweiligen Teilgebiete. Die aus dem Wasserspiegelanstieg resultierenden Auswirkungen in der Fläche werden unter Pkt. 3 betrachtet.

Bei 09.1-3 verbleibt eine Wasserspiegeldifferenz von 26 cm am Rand des Teilgebietes 09.1. Im Weiteren fließt der Graben auf einer Strecke von rund 60 m parallel zur Grenze des Teilgebietes und verlandet dann zunehmend. In südöstlicher Richtung zweigt von dem Graben ein Entwässerungsgraben ab, über den sich der Wasserspiegelanstieg auf einer privaten Fläche (298, 300/1 und 301, Flur 8, Gemarkung Waffensen) fortsetzt. Der Einfluss endet nach rund 30 m auf den zuvor genannten Flächen.

3 Abschätzung der Wirkreichweite quer zur Fließrichtung

Bei einer Anhebung der Wasserstände in den Gräben ist mit Auswirkungen auf die oberflächennahen Grundwasserstände in den umliegenden Flächen zu rechnen. Nach der empirischen Formel zur Berechnung der Reichweite der Grundwasserabsenkung

$$r_w = 3.000 \cdot s \cdot k_f^{1/2}$$

mit:

r_w Reichweite der Absenkung in m

s Absenktiefe in m

k_f Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

lässt sich die Reichweite der Grundwasserbeeinflussung quer zur Fließrichtung der Gräben abschätzen. Nach den Baugrunderkundungen (siehe Anlage 2.7) stehen am untersuchten Standort in den oberen Schichten schwach feinsandige Schluffe an, für die ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 9,7 \cdot 10^{-5}$ abgeschätzt wurde. Dieser Wert wird für alle Standorte angesetzt. In Tab. 3-1 sind die Wirkreichweiten für der Wasserstandsveränderung von 0,10 m bis 1,00 m jeweils für den k_f -Wert von $9,7 \cdot 10^{-5}$ aufgeführt. Um Unsicherheiten in der Durchlässigkeit des Bodens auszugleichen, wird ein Sicherheitsfaktor von 1,5 berücksichtigt (Spalte Wirkreichweite).

Wasserstandsveränderung	Reichweite	Wirkreichweite (ohne Überstau)
[m]	[m]	[m]
0,10	2,95	4,43
0,20	5,91	8,87
0,30	8,86	13,29
0,40	11,82	17,73
0,50	14,77	22,16
0,60	17,73	26,60
0,70	20,68	31,02
0,80	23,64	35,46
0,90	26,59	39,89
1,00	29,55	44,32

Tab. 3-1: Beeinflussung der Grundwasserstände auf den anliegenden Flächen

Wie aus Tab. 3-1 deutlich wird, bewegt sich die Wirkreichweite in einem Korridor von wenigen Metern bis rund 45,0 m beidseitig der Gewässer. Zur Abschätzung des Wirkungsbereiches muss jedoch die Wirkreichweite unter Berücksichtigung des Überstaus bzw. der Topographie angesetzt werden. Bei Hochwasserführung der Wümme werden die Flächen teils vollständig eingestaut. Im Bestand führen die Gräben das Wasser nach Abklingen des Wümmehochwassers schnell von den Flächen ab. Diese Entwässerung wird durch die Maßnahmen behindert bzw. unterhalb der Stauhöhen ausgeschlossen. In Folge dessen verbleibt das (überstauende) Wasser länger in der Fläche. Der Wirkungsbereich wird maßgeblich durch die Höhe der Uferrehne an der Wümme, also dem Niveau, ab dem kein Direktabfluss zur Wümme mehr möglich ist, bzw. die Topographie der Niederung in Verbindung mit der Stauhöhe im Graben beeinflusst (s. Abb. 3-1).

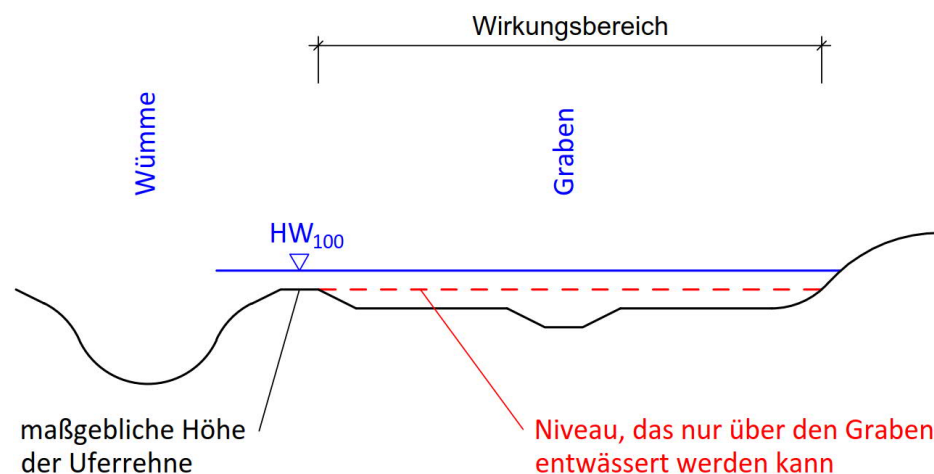


Abb. 3-1: Skizze zur Ermittlung des Wirkungsbereiches

Der auf Grundlage der vorgenannten Kriterien abgeschätzte Wirkungsbereich der Maßnahmen ist in den Lageplänen (Anlage 2.3.1 bis 2.3.9) für die jeweiligen Teilgebiete dargestellt.

Der Wirkungsbereich erstreckt sich überwiegend auf den landeseigenen Flächen. In den Randbereichen sind Flächen der Landesforsten sowie von privaten Eigentümern betroffen. In den Teilgebieten oder unmittelbar daran angrenzende Wege sind im Eigentum von Gemeinden oder der Stadt Rotenburg (Wümme). Die Graben-Flurstücke sind überwiegend im Eigentum von Unterhaltungsverbänden. Die Betroffenheit kann den Anlagen 2.11.1 (Flurstücksverzeichnis, nur in der 1. und 2. Ausfertigung enthalten) und Anlage 2.11.2 (Eigentümerpläne) entnommen werden.

4 Nachweis der Sohlstabilität

Als Nachweis der Lagestabilität der Stützwälle wird die Schleppspannung an den Stützwällen mit der Formel nach ALBERT A. ET AL. (2016) wie nachfolgend beschrieben berechnet.

$$\tau = \rho \cdot g \cdot r_{hy} \cdot I_E$$

mit:

- τ : Schleppspannung [N/m²]
- ρ : Dichte von Wasser [kg/m³], hier mit 1000 kg/m³ angesetzt
- g : Ortsfaktor (Erdbeschleunigung) [m/s²], hier 9,81 m/s²
- r_{hy} : hydraulischer Radius [m]
- I_E : Energieliniengefälle [-], hier genähert Wasserspiegellagengefälle

Die Berechnung der Schubspannung wird exemplarisch für die Stützwälle ausgeführt, an der im Vergleich zu den übrigen Stützwällen eine große Wassertiefe bei gleichzeitig großer Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser auftreten. Dies ist gemäß den Ergebnissen der hydraulischen Berechnungen (s. Anlage 2.4.1.1 – 2.4.1.8) ausschließlich bei Stützwälle 09.1-4-2 bei Winterstau der Fall.

Fall 1 - Schleppspannung auf der Krone:

$$\tau = 1000,0 \cdot 9,81 \cdot 0,13 \cdot 0,02 = 24 \text{ N/m}^2$$

Fall 2 - Schleppspannung am Übergang der Krone zum unterwasserseitigen Schenkel:

$$\tau = 1000,0 \cdot 9,81 \cdot 0,03 \cdot 0,052 = 15 \text{ N/m}^2$$

Die maximale Schleppspannung beträgt demnach 24 N/m². Der einschlägigen Literatur können Empfehlungen für Korn- bzw. Steingrößen in Abhängigkeit der Schleppspannung entnommen werden. Gemäß BOLLRICH (2007) ist bei $\tau_{krit} = 45 \text{ N/m}^2$ ein Einzelkorngefüge mit einem Durchmesser von 20 - 63 mm lagestabil. Das geplante Kies-Stein-Gemisch bildet ein stabiles Gefüge aus und ist bei den zu erwartenden Schleppspannungen lagestabil. Das Lehm-Kies-Gemisch, das zur Dichtung der Wälle eingebaut wird, ist durch die Steinwalzen gegen Erosion gesichert.

5 Reichweite der Grundwasserabsenkung

Die Reichweite der bauzeitlichen Grundwasserhaltung im Zusammenhang mit dem Neubau des Bauwerks zur Verteilung der Vorflut im Teilgebiet 08.1 wird in Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde unter Verwendung der empirischen Formel zur Berechnung der Reichweite der Grundwasserabsenkung nach Sichert

$$r_w = 3.000 \cdot s \cdot k_f^{1/2}$$

mit:

r_w Reichweite der Absenkung in m

s Absenktiefe in m

k_f Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

ermittelt. Gemäß Baugrundgutachten betrifft die Grundwasserabsenkung maßgeblich eine Muddeschicht. Der Durchlässigkeitsbeiwert der Mudde ist mit $k_f = 1,3 \cdot 10^{-7}$ angegeben (siehe Anlage 2.7).

Das Grundwasser muss bauzeitlich auf 16,37 mNHN abgesenkt werden. Unter der Annahme eines geländegleichen Grundwasserstandes beträgt die erforderliche Absenkung 1,51 m. Die Reichweite der Grundwasserabsenkung ergibt sich für diesen Fall wie nachfolgend berechnet:

$$r_w = 3.000 \cdot 1,51 \cdot (1,3 \cdot 10^{-7})^{1/2} = \underline{1,63 \text{ m.}}$$

Für den Fall, dass die Mudde nicht als homogene Schicht vorliegt und sich die Grundwasserabsenkung auch in der darüber liegenden mittelsandigen Schicht ($k_f = 9,7 \cdot 10^{-5}$) fortsetzt, gilt:

$$r_w = 3.000 \cdot (1,01 \cdot (1,3 \cdot 10^{-7})^{1/2} + 0,5 \cdot (9,7 \cdot 10^{-5})^{1/2}) = \underline{15,87 \text{ m.}}$$

Fazit

Die Reichweite der bauzeitlichen Grundwasserabsenkung wurde für den ungünstigsten Fall mit einem Radius von rund 16 m ermittelt. Mittelpunkt der Absenkung sind die Nadelfilter der geschlossenen Grundwasserhaltung. Die Nadelfilter stehen in einem Abstand von rund 0,5 m zur Außenkante der Baugrube. Somit kann genähert von einem Radius von 16,5 m um die Baugrube ausgegangen werden.

6 Zusammenfassung

Die geplanten Maßnahmen wirken sich neutral bei einem einhundertjährlichen Hochwasser (HQ₁₀₀) der Wümme aus. Der durch die geplanten Maßnahmen verursachte Wasserspiegelanstieg in den betrachteten Gewässern reicht abhängig von der Profilgeometrie, dem Sohlgefälle und dem Abfluss zwischen 50 m und 1.000 m im Gewässer. Die Wirkreichweite quer zur Fließrichtung, also im oberflächennahen Grundwasser, wurde abgeschätzt, um die Wirkungsbereiche in den einzelnen Teilgebieten darstellen zu können.

Die Auswirkungen beschränken sich überwiegend auf landeseigene Flächen. Ausnahmen bilden Wegeflurstücke in den Teilgebieten und einzelne randlich angrenzende Flächen.

Antragsteller:
NLWKN

Verden, 24. März 2021

gez. Wittig.....

.....
Burghard Wittig / Dr. rer. nat.

Entwurfsverfasser:
Ingenieurgesellschaft Heidt + Peters mbH

Celle, 24. März 2021

gez. Zeck

.....
Fredric Zeck / Dipl.-Ing. (FH)

7 Quellenverzeichnis

ALBERT A. ET AL. (2016): Schneider Bautabellen für Ingenieure, 22. Auflage. – 1680 Seiten; Köln.

BOLLRICH, G. (2007): Technische Hydromechanik Band 1 – Grundlagen, 6. durchgelesene und korrigierte Auflage, huss-Medien GmbH, 456 S. Berlin

SLF – STADT-LAND-FLUSS INGENIEURDIENSTE GMBH (2013): Bestimmung der natürlichen Überschwemmungsgebietsgrenzen für das Gewässer Wümme von Station 9+808 bis 113+700, Im Auftrag des Niedersächsisches Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) – Betriebsstelle Verden.