



Gewässerentwicklungsplan Delme (im Landkreis Oldenburg)

Anhang 3

Hydraulische Berechnung für 3 ausgewählte Teilabschnitte

30. September 2013

12146



Ingenieurgesellschaft Heidt & Peters mbH

Sprengerstraße 38 c, 29223 Celle

Fon: (0 51 41) 93 88-0, Fax: (0 51 41) 93 88-88

Email: info@heidt-peters.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Hydronumerische Simulation4
1.1	Grundlagen.....4
1.2	Modellaufbau.....4
1.3	Rauheiten5
1.4	Randbedingungen5
1.5	Kalibrierung des Modells6
1.6	Berechnung der Zustände und Lastfälle7
1.7	Ergebnisse der Wasserspiegellagenberechnung7
1.7.1	Mittelwasserabfluss (MQ).....7
1.7.1.1	Abschnitt 18
1.7.1.2	Abschnitt 28
1.7.1.3	Abschnitt 39
1.7.2	Bordvoller Abfluss (Q_{bordvoll}).....9
1.7.2.1	Abschnitt 110
1.7.2.2	Abschnitt 211
1.7.2.3	Abschnitt 311
1.7.3	Hundertjähriger Hochwasserabfluss (HQ_{100})12
1.7.3.1	Abschnitt 112
1.7.3.2	Abschnitt 213
1.7.3.3	Abschnitt 314
2	Quellenverzeichnis..... 15

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1-1: Hydraulisch berechnete Gewässerabschnitte der Delme.....	5
Tab. 1-2: Verwendete Rauheiten für die hydraulische Berechnung.	5
Tab. 1-3: Einzugsgebiete Pegel Holzkamp und Abschnitte 1 bis 3.....	6
Tab. 1-4: Hauptwerte Pegel Holzkamp und berechnete Abflusswerte.	6
Tab. 1-5: Zustände und Lastfälle für die hydraulische Berechnung.....	7
Tab. 1-6: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 1 bei Lastfall MQ.	8
Tab. 1-7: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 2 bei Lastfall MQ.	8
Tab. 1-8: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 3 bei Lastfall MQ.	9
Tab. 1-9: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 1 bei Lastfall Q_{bordvoll}	10
Tab. 1-10: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 2 bei Lastfall Q_{bordvoll}	11
Tab. 1-11: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 3 bei Lastfall Q_{bordvoll}	11
Tab. 1-12: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 1 bei Lastfall HQ_{100}	12
Tab. 1-13: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 2 bei Lastfall HQ_{100}	13
Tab. 1-14: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 3 bei Lastfall HQ_{100}	14

1 Hydronumerische Simulation

1.1 Grundlagen

Die hydraulischen Auswirkungen von Entwicklungsmaßnahmen (beidseitiger Gehölzsaum) werden in Anlehnung an das BWK-Merkblatt M1 – Teil 1 (1999) mit Hilfe eines stationären eindimensionalen Wasserspiegellagenmodells mit dem Programm MIKE 11 von DHI nachgewiesen. 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 [m³/s]
 - A: durchströmte Querschnittsfläche [m²]
 - s: Längskoordinate in Fließrichtung [m]
 - U: querschnittsgemittelte Fließgeschwindigkeit [m/s]
 - β: dimensionsloser Korrekturbeiwert [-]
 - q_l: Zu- und Abflüsse pro Längeneinheit [m³/m]
 - I_R: Reibungsgefälle infolge Sohlreibung und Turbulenz [N/m²]
 - g: Erdbeschleunigung g = 9,81 m/s²
 - z_{sp}: Wasserspiegelhöhe / Fließtiefe [m]

Durch die raue Struktur des Gewässers bzw. der Vorländer verursachte Streckenverluste werden mit Hilfe der äquivalenten Sandrauheit k_s berücksichtigt. Der Einfluss von Bewuchs wird, sofern vorhanden, nach dem Ansatz von PASCHE implementiert.

1.2 Modellaufbau

Dem hydraulischen Modell liegt die Gewässergeometrie zugrunde, die zur Berechnung des HQ₁₀₀ im Jahr 2004 Verwendung gefunden hat. Die Daten wurden durch den NLWKN – Betriebsstelle Brake übergeben.

Exemplarisch für den Verlauf der Delme im Betrachtungsraum wurden durch den Auftraggeber drei Abschnitte definiert, für die ein hydraulischer Nachweis bzgl. Mittelwasserabfluss, bordvollem Abfluss und hundertjährlichem Hochwasserabfluss geführt wurde (s. Tab. 1-1). Die berechneten Abschnitte weisen jeweils eine Länge von rd. 800 m auf.

Tab. 1-1: Hydraulisch berechnete Gewässerabschnitte der Delme.

Bezeichnung / Wasserkörper [-]		von Station [km+m]	bis Station [km+m]
Abschnitt 1	WK 23004	15+700	16+500
Abschnitt 2	WK 23009	21+700	22+500
Abschnitt 3	WK 23025	36+500 (36+700)	37+500

1.3 Rauheiten

Die Rauheiten werden als äquivalente Sandrauheit (k_s) nach DARCY-WEISBACH im Modell berücksichtigt. Für die Sohle, die Uferbereiche und die Vorländer werden die Rauheiten differenziert vergeben, so dass auch die Abbildung von schmalen Gehölzstrukturen möglich ist. Die k_s -Werte werden auf Grundlage der Begehung und von Fotos in Anlehnung an die Abb. 3.9 und Abb. 3.10 in BWK (1999) vergeben. Im Modell wurden die Rauheiten wie in Tab. 1-2 angesetzt.

Tab. 1-2: Verwendete Rauheiten für die hydraulische Berechnung.

Zustand [-]	Rauheit Sohle [mm]	Rauheit Vorland [mm]	Rauheit Bewuchs [mm]
1- Profil krautfrei	1	1 – 4	-
2- Profil vollständig verkrautet	400	1 – 4	200
3- Gehölzsaum an beiden Ufern	1	1 – 4	700

1.4 Randbedingungen

Die Randbedingungen werden an der oberen und unteren Modellgrenze definiert. Sie beeinflussen maßgeblich die berechneten Wasserstände. Am Modelleingang (obere Randbedingung) wird ein Abfluss und am Modellausgang ein Wasserstand angesetzt. Da häufig, und auch im Fall der Delme, keine Wasserstandsdaten für die zu berechnenden Lastfälle zur Verfügung stehen, wird eine Wasserstands-Abfluss-Beziehung (Q/h-Rand) für den Modellausgang berechnet. Der Q/h-Rand berechnet sich auf Grundlage der Profilgeometrie und der Rauheiten unter Berücksichtigung des zu erwartenden Energieliniengefälles. Eine Ausnahme davon bildet der Lastfall HQ₁₀₀ in den Abschnitten 1 und 2. Die Berechnung des Überschwemmungsgebietes der Delme, die durch den NLWK Betriebsstelle Brake-Oldenburg (2004) ausgeführt wurde, umfasst die Abschnitte 1 und 2. Die Ergebnisse der Berechnung wurden durch den NLWKN zur Verfügung gestellt, mit der Folge, dass an der unteren Modellgrenze ein bekannter Wasserstand angesetzt werden kann.

Zur Bestimmung der Abflussmengen für die drei Abschnitte (obere Modellgrenze) werden die Aufzeichnungen des Pegels Holzkamp genutzt (NLWKN 2008a). Der Pegel befindet sich bei Station 13+850 und somit unterhalb der betrachteten Abschnitte. Die Hauptwerte des Pegels werden über den Verhältnisswert der Einzugsgebiete für den jeweiligen Abschnitt ermittelt (s. Tab. 1-3).

Tab. 1-3: Einzugsgebiete Pegel Holzkamp und Abschnitte 1 bis 3.

Standort [-]	Einzugsgebiete [km ²]	Verhältnswert [%]
EZG Pegel Holzkamp	103	100
EZG Abschnitt 1 (15+700 bis 16+500)	98	95
EZG Abschnitt 2 (21+700 bis 22+500)	80	78
EZG Abschnitt 3 (36+700 bis 37+500)	30	29

Die mit Hilfe der Verhältnswerte berechnen Abflusswerte sind der Tab. 1-4 zu entnehmen.

Tab. 1-4: Hauptwerte Pegel Holzkamp und berechnete Abflusswerte.

Abfluss [-]	Pegel Holzkamp [m ³ /s]	Abschnitt 1 [m ³ /s]	Abschnitt 2 [m ³ /s]	Abschnitt 3 [m ³ /s]
NQ	0,200	0,190	0,156	0,058
MNQ	0,334	0,318	0,260	0,097
MQ	0,951	0,904	0,742	0,277
MHQ	7,09	6,74	5,53	2,06
HQ ₁	5,61	5,33	4,38	1,63
HQ ₅	9,40	8,94	7,33	2,73
HQ ₁₀₀	28,4	27,9*	25,0*	8,26

* HQ₁₀₀ für den Abschnitt 1 und 2 sind NLWK (2004) entnommen.

1.5 Kalibrierung des Modells

Das Modell wird auf Grundlage der vorhandenen Daten einer Plausibilitätskontrolle unterzogen. Hierbei ist festzustellen, dass die Profilgeometrie im Übergang vom Gewässer zu den Vorländern vielfach die Realität nicht genau abbildet. Dieser Sachverhalt wurde bereits im Bericht zur Überschwemmungsgebietsberechnung (NLWK 2004) festgestellt. Für die untersuchte Fragestellung ist dies jedoch nicht nachteilig, da die qualitative Aussage davon unbeeinflusst bleibt.

Die Kalibrierung wurde anhand der zur Verfügung gestellten Daten (Profilgeometrie und Wasserstände) durchgeführt. Die Rauheiten wurden zur Erreichung der Wasserstände angepasst. Die dadurch erreichte Genauigkeit ist für die geltende Fragestellung ausreichend.

1.6 Berechnung der Zustände und Abflussereignisse

Die hydraulischen Berechnungen erfolgen für insgesamt drei Zustände und jeweils drei Lastfälle (s. Tab. 1-5).

Tab. 1-5: Zustände und Lastfälle für die hydraulische Berechnung

Zustand [-]	Lastfall [-]	Abschnitt 1 [m ³ /s]	Abschnitt 2 [m ³ /s]	Abschnitt 3 [m ³ /s]
1- Profil krautfrei	MQ	0,90	0,74	0,28
	Q _{bordvoll}	14,0	7,00	4,50
	HQ ₁₀₀	27,9	25,0	8,62
2- Profil vollständig verkrautet	MQ	0,90	0,74	0,28
	Q _{bordvoll}	0,70	0,35	0,24
	HQ ₁₀₀	27,9	25,0	8,62
3- Gehölzsaum an beiden Ufern	MQ	0,90	0,74	0,28
	Q _{bordvoll}	14,0	7,00	4,50
	HQ ₁₀₀	27,9	25,0	8,62

1.7 Ergebnisse der Wasserspiegellagenberechnung

1.7.1 Mittelwasserabfluss (MQ)

Die für MQ berechneten Wasserstände (MW) sind den Tab. 1-6, Tab. 1-7 und Tab. 1-8 jeweils für die einzelnen Abschnitte zu entnehmen.

In allen drei Abschnitten stellt sich bei Mittelwasserabfluss nur im Zustand 2 „vollständig verkrautetes Profil“ eine Erhöhung des Wasserstandes im Vergleich zum „krautfreien Profil“ (Zustand 1) ein. Die krautige Vegetation auf der Sohle und an den Ufern verringert die hydraulische Leistungsfähigkeit deutlich. Im Gegensatz dazu bleibt der Wasserstand im Zustand „Gehölzsaum an beiden Ufern“ (Zustand 3) unbeeinträchtigt, wenn auf langen Strecken standorttypische Gehölze wie Schwarzerle oder Esche auf der Böschungsschulter/oberhalb der Mittelwasserlinie, angesiedelt werden. Das Wurzelwerk einzelner Bäume ragt mitunter in den Abflussquerschnitt, hat aber keine signifikante Auswirkung. Bei den zu entwickelnden Gehölzen handelt es sich um hochstämmige Laubbäume wie Schwarzerle oder Esche. Ein Aufkommen von z.B. Strauchweiden wird dem gegenüber einen erkennbaren Einfluss auf die Wasserstände haben, da die Ruten verstärkt auch horizontal ins Abflussprofil wachsen.

1.7.1.1 Abschnitt 1

Tab. 1-6: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 1 bei Lastfall MQ.

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 3 – Zustand 1 [m]
15+701	14,15	15,73	1,58	14,15	0,00
15+762	14,31	15,87	1,56	14,31	0,00
15+800	14,41	15,93	1,52	14,41	0,00
15+827	14,47	15,96	1,49	14,47	0,00
15+866	14,62	16,02	1,40	14,62	0,00
15+897	14,80	16,09	1,29	14,80	0,00
15+930	14,98	16,15	1,17	14,98	0,00
15+942	15,05	16,17	1,12	15,05	0,00
15+960	15,22	16,23	1,01	15,22	0,00
15+965	15,28	16,25	0,97	15,28	0,00
15+978	15,29	16,29	1,00	15,29	0,00
16+026	15,30	16,38	1,08	15,30	0,00
16+087	15,31	16,42	1,11	15,31	0,00
16+130	15,31	16,45	1,14	15,31	0,00
16+162	15,31	16,50	1,19	15,31	0,00
16+215	15,32	16,59	1,27	15,32	0,00
16+260	15,33	16,65	1,32	15,33	0,00
16+356	15,34	16,79	1,45	15,34	0,00
16+394	15,36	16,84	1,48	15,36	0,00
16+477	15,45	16,95	1,50	15,45	0,00
16+522	15,53	17,00	1,47	15,53	0,00

1.7.1.2 Abschnitt 2

Tab. 1-7: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 2 bei Lastfall MQ.

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 1 – Zustand 2 [m]
21+560	20,25	21,54	1,29	20,25	0,00
21+772	20,68	21,93	1,25	20,68	0,00
21+939	21,20	22,28	1,08	21,20	0,00
22+006	21,29	22,43	1,14	21,29	0,00

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 1 – Zustand 2 [m]
22+024	21,32	22,48	1,16	21,32	0,00
22+057	21,35	22,54	1,19	21,35	0,00
22+239	21,40	22,80	1,40	21,40	0,00
22+441	21,53	23,16	1,63	21,53	0,00
22+593	21,68	23,43	1,75	21,68	0,00

1.7.1.3 Abschnitt 3

Tab. 1-8: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 3 bei Lastfall MQ.

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 1 – Zustand 2 [m]
36+536	35,64	36,66	1,02	35,64	0,00
36+785	35,89	37,03	1,14	35,89	0,00
36+946	36,11	37,23	1,12	36,11	0,00
36+964	36,17	37,26	1,09	36,17	0,00
36+985	36,44	37,32	0,88	36,44	0,00
37+046	36,53	37,44	0,91	36,53	0,00
37+258	36,67	37,73	1,06	36,67	0,00
37+289	36,70	37,80	1,10	36,70	0,00
37+301	36,71	37,82	1,11	36,71	0,00
37+306	36,71	37,83	1,12	36,71	0,00
37+325	36,91	37,88	0,97	36,91	0,00
37+339	36,94	37,91	0,97	36,94	0,00
37+469	37,06	38,12	1,06	37,06	0,00
37+601	37,30	38,35	1,05	37,30	0,00

1.7.2 Bordvoller Abfluss (Q_{bordvoll})

Die für den bordvollen Abfluss berechneten Wasserstände (W_{bordvoll}) sind den Tab. 1-9, Tab. 1-10 und Tab. 1-11 jeweils für die einzelnen Abschnitte zu entnehmen.

1.7.2.1 Abschnitt 1

Tab. 1-9: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 1 bei Lastfall Q_{bordvoll} .

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 3 – Zustand 1 [m]
15+701	15,47	15,57	0,10	15,47	0,00
15+762	15,63	15,71	0,08	15,63	0,00
15+800	15,69	15,78	0,09	15,69	0,00
15+827	15,74	15,82	0,08	15,74	0,00
15+866	15,78	15,89	0,11	15,78	0,00
15+897	15,84	15,96	0,12	15,84	0,00
15+930	15,97	16,05	0,08	15,97	0,00
15+942	16,03	16,08	0,05	16,03	0,00
15+960	16,04	16,14	0,10	16,03	0,00
15+965	16,07	16,17	0,10	16,07	0,00
15+978	16,18	16,22	0,04	16,18	0,00
16+026	16,27	16,30	0,03	16,27	0,00
16+087	16,32	16,33	0,01	16,32	0,00
16+130	16,33	16,35	0,02	16,33	0,00
16+162	16,34	16,40	0,06	16,34	0,00
16+215	16,41	16,48	0,07	16,41	0,00
16+260	16,46	16,53	0,07	16,46	0,00
16+356	16,56	16,65	0,10	16,56	0,00
16+394	16,61	16,70	0,09	16,61	0,00
16+477	16,74	16,80	0,06	16,74	0,00
16+522	16,81	16,85	0,04	16,81	0,00

Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Zustände 1 und 3 sind identisch ($14,0 \text{ m}^3/\text{s}$). Die Abweichungen der berechneten Wasserspiegel liegen außerhalb des Bereiches der Modellgenauigkeit. Ein beidseitiger Gehölzsaum aus standorttypischen Baumarten wirkt sich demnach nicht nachteilig auf das Abflussverhalten der Delme aus. Im Zustand 2 ist der bordvolle Abfluss mit lediglich $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ deutlich geringer als bei Zustand 1 oder 3, folglich ist die Leistungsfähigkeit insbesondere bei krautigem Aufwuchs auf der Sohle und an den Ufern bzw. bei vollständiger Profilverkrautung signifikant gehemmt (s. Tab. 1-5).

1.7.2.2 Abschnitt 2

Tab. 1-10: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 2 bei Lastfall Q_{bordvoll} .

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 1 – Zustand 2 [m]
21+560	21,24	21,28	0,04	21,25	0,01
21+772	21,59	21,60	0,01	21,59	0,00
21+939	21,99	21,96	-0,03	22,01	0,02
22+006	22,11	22,09	-0,02	22,14	0,03
22+024	22,12	22,14	0,02	22,15	0,03
22+057	22,20	22,20	0,00	22,23	0,03
22+239	22,35	22,38	0,03	22,38	0,03
22+441	22,55	22,64	0,09	22,58	0,03
22+593	22,75	22,84	0,09	22,77	0,02

Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Zustände 1 und 3 sind identisch ($7,00 \text{ m}^3/\text{s}$). Die Abweichungen der berechneten Wasserspiegel liegen außerhalb des Bereiches der Modellgenauigkeit. Der Gehölzsaum wirkt sich demnach nicht nachteilig auf das Abflussverhalten der Delme aus. Im Zustand 2 ist der bordvolle Abfluss mit lediglich $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$ deutlich geringer als bei Zustand 1 oder 3, folglich ist die Leistungsfähigkeit bei krautigem Aufwuchs auf der Sohle und an den Ufern signifikant gehemmt (s. Tab. 1-5).

1.7.2.3 Abschnitt 3

Tab. 1-11: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 3 bei Lastfall Q_{bordvoll} .

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 1 – Zustand 2 [m]
36+536	36,57	36,55	-0,02	36,57	0,00
36+785	36,91	36,98	0,07	36,91	0,00
36+946	37,15	37,20	0,05	37,15	0,00
36+964	37,18	37,23	0,05	37,18	0,00
36+985	37,23	37,29	0,06	37,23	0,00
37+046	37,40	37,41	0,01	37,40	0,00
37+258	37,68	37,70	0,02	37,68	0,00
37+289	37,69	37,77	0,08	37,69	0,00
37+301	37,73	37,79	0,06	37,73	0,00
37+306	37,74	37,79	0,05	37,74	0,00

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 1 – Zustand 2 [m]
37+325	37,78	37,88	0,10	37,79	0,00
37+339	37,82	37,89	0,07	37,83	0,00
37+469	38,00	38,14	0,14	38,00	0,00
37+601	38,21	38,44	0,23	38,21	0,00

Die hydraulische Leistungsfähigkeit der Zustände 1 und 3 sind identisch ($4,50 \text{ m}^3/\text{s}$). Die Abweichungen der berechneten Wasserspiegel liegen außerhalb des Bereiches der Modellgenauigkeit. Der Gehölzsaum wirkt sich demnach nicht nachteilig auf das Abflussverhalten der Delme aus. Im Zustand 2 ist der bordvolle Abfluss mit lediglich $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$ deutlich geringer als bei Zustand 1 oder 3, folglich ist die Leistungsfähigkeit bei krautigem Aufwuchs auf der Sohle und an den Ufern signifikant gehemmt (s. Tab. 1-5).

1.7.3 Hundertjähriger Hochwasserabfluss (HQ_{100})

Die für den hundertjährigen Hochwasserabfluss berechneten Wasserstände (HW_{100}) sind den Tab. 1-12, Tab. 1-13 und Tab. 1-14 jeweils für die einzelnen Abschnitte zu entnehmen.

In den Abschnitten 1 und 3 ist die Leistungsfähigkeit bei den Zuständen 1 und 3 gleich. Die Differenzen der Wasserspiegellagen liegen im Rahmen der Modellgenauigkeit. Die Entwicklung von einem ca. 2,0 m breiten Gehölzsaum an der Böschungsschulter wirkt sich, wie die Berechnungen bestätigen, nicht nachteilig auf die Wasserstände bei Hochwasser aus.

Im Gegensatz dazu ist im Zustand 2 ein deutlicher Anstieg der Wasserspiegellage von mehr als 1,0 m zu erkennen.

1.7.3.1 Abschnitt 1

Tab. 1-12: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 1 bei Lastfall HQ_{100} .

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 3 – Zustand 1 [m]
15+701	16,60	17,20	0,60	16,60	0,00
15+762	16,61	17,20	0,59	16,61	0,00
15+800	16,61	17,20	0,59	16,61	0,00
15+827	16,61	17,20	0,59	16,61	0,00
15+866	16,62	17,21	0,59	16,62	0,00
15+897	16,63	17,21	0,58	16,63	0,00
15+930	16,64	17,21	0,57	16,65	0,01

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 3 – Zustand 1 [m]
15+942	16,65	17,21	0,56	16,65	0,00
15+960	16,67	17,21	0,54	16,67	0,00
15+965	16,69	17,22	0,53	16,69	0,00
15+978	16,71	17,22	0,51	16,71	0,00
16+026	16,77	17,24	0,47	16,77	0,00
16+087	16,80	17,27	0,47	16,80	0,00
16+130	16,82	17,29	0,47	16,82	0,00
16+162	16,87	17,31	0,44	16,87	0,00
16+215	16,95	17,35	0,40	16,95	0,00
16+260	17,00	17,38	0,38	17,00	0,00
16+356	17,11	17,45	0,34	17,11	0,00
16+394	17,16	17,49	0,33	17,16	0,00
16+477	17,26	17,79	0,53	17,26	0,00
16+522	17,33	17,90	0,57	17,33	0,00

1.7.3.2 Abschnitt 2

Tab. 1-13: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 2 bei Lastfall HQ₁₀₀.

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 1 – Zustand 2 [m]
21+560	22,05	22,10	0,05	22,05	0,00
21+772	22,25	22,41	0,16	22,26	0,01
21+939	22,57	22,76	0,19	22,61	0,04
22+006	22,71	22,87	0,16	22,75	0,04
22+024	22,74	22,89	0,15	22,78	0,04
22+057	22,79	22,94	0,15	22,82	0,03
22+239	22,94	23,08	0,14	22,96	0,02
22+441	23,13	23,27	0,14	23,16	0,03
22+593	23,37	23,55	0,18	23,40	0,03

1.7.3.3 Abschnitt 3

Tab. 1-14: Ergebnisse der Berechnung für den Abschnitt 3 bei Lastfall HQ₁₀₀.

Station [km+m]	1- Profil krautfrei [mNN]	2- Vollständig verkrautet [mNN]	Ø Differenz Zustand 2 – Zustand 1 [m]	3- beidseitiger Gehölzsaum [mNN]	Ø Differenz Zustand 1 – Zustand 2 [m]
36+536	37,09	37,97	0,88	37,10	0,01
36+785	37,46	38,11	0,65	37,46	0,00
36+946	37,67	38,13	0,48	37,67	0,01
36+964	37,69	38,14	0,45	37,69	0,00
36+985	37,74	38,14	0,40	37,74	0,00
37+046	37,82	38,16	0,34	37,82	0,00
37+258	38,04	38,40	0,36	38,04	0,00
37+289	38,13	38,48	0,35	38,13	0,00
37+301	38,16	38,51	0,35	38,16	0,00
37+306	38,17	38,52	0,35	38,17	0,00
37+325	38,22	38,58	0,36	38,22	0,00
37+339	38,25	38,61	0,36	38,25	0,00
37+469	38,48	38,82	0,34	38,48	0,00
37+601	38,73	39,04	0,31	38,73	0,00

2 Quellenverzeichnis

BWK – BUND DER INGENIEURE FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABFALLWIRTSCHAFT UND KULTURBAU e. V. (1999):
Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern – Teil 1 – Stationäre Berechnung der Wasserspiegellinie unter besonderer Berücksichtigung von Bewuchs- und Bauwerkseinflüssen, Merkblatt 1/BWK; Düsseldorf.

NLWK – NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KÜSTENSCHUTZ (2004):
Berechnung des Überschwemmungsgebietes des Delme zwischen Harpstedt und Holzkamp. – 15 S.; Brake. [unveröffentlicht]

NLWKN - NIEDERSÄCHSISCHER LANDESBETRIEB FÜR WASSERWIRTSCHAFT, KÜSTEN- UND NATURSCHUTZ
(2008a): Jahreslisten und Hauptwerte W/Q 1967-2011 des Delme-Pegels Holzkamp (Nr. 4928107). – Brake-Oldenburg. [unveröffentlicht]