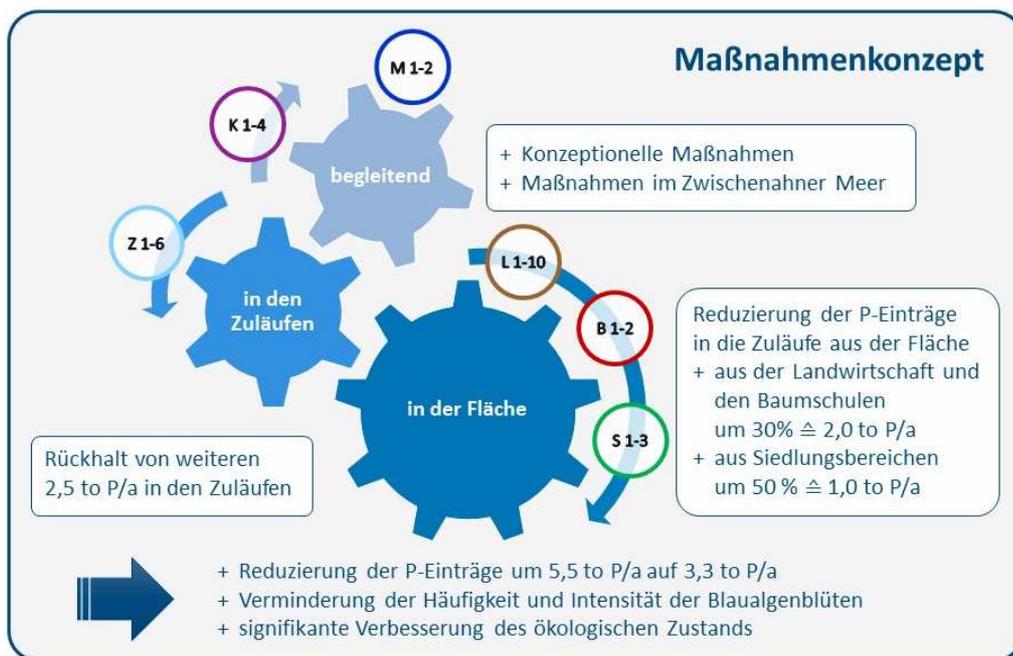


Sanierung des Zwischenahner Meeres



Anhang 1

Hydrologische und hydraulische Berechnungen zur Teilumleitung der Otterbäke

digitale Ausfertigung

Dezember 2017

17041-2

Projektbearbeitung

Ingenieurgesellschaft Heidt + Peters mbH

Verfasser

DIPL.-ING. JAN BRECHER

Plan-/Kartenbearbeitung

ANKE BALLÜER

Textbearbeitung

JACQUELINE WENDT

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1	Einleitung.....6
2	Hydrographie und Hydrologie.....7
2.1	Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres 7
2.2	Einzugsgebiet der Ollenbäke 10
3	Hydrologische Berechnungen 13
3.1	Szenario 1 16
3.2	Szenario 2 18
4	Hydraulische Berechnungen 21
4.1	Grundlagen 21
4.2	Modellaufbau 22
4.3	Randbedingungen 22
4.4	Kalibrierung 24
4.5	Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen 28
4.5.1	Auswirkungen auf den mittleren Abfluss MQ..... 28
4.5.2	Auswirkungen auf den mittleren Hochwasserabfluss MHQ..... 28
4.5.3	Auswirkungen auf den einhundertjährigen Hochwasserabfluss HQ_{100} 32
4.5.4	Möglichkeiten zur Vermeidung negativer Auswirkungen..... 32
5	Zusammenfassung 34
6	Quellenverzeichnis 35

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Gewässerkundliche Hauptwerte der Halfsteder Bäche am Pegel Aschhausen (NLWKN 2014).....	8
Tab. 2.2:	Zuflüsse ins Zwischenahner Meer basierend auf den gewässerkundlichen Hauptwerten des Pegels Aschhausen (NLWKN 2014)	8
Tab. 2.3:	Abflüsse im Einzugsgebiet der Otterbäche basierend auf den gewässerkundlichen Hauptwerten des Pegels Aschhausen (NLWKN 2014) bzw. nach ELSHOLZ UND BERGER (2003).....	9
Tab. 2.4:	Abflüsse im Einzugsgebiet der Ollenbäche nach ELSHOLZ UND BERGER (1998, 2003).....	12
Tab. 3.1:	Auswertung der vom Deutschen Wetterdienst an der Station 5805 "Zwischenahn, Bad" gemessene Niederschlagshöhen.....	13
Tab. 3.2:	Auswertung der vom Deutschen Wetterdienst für das Zwischenahner Meer berechneten Verdunstung der freien Wasseroberfläche.....	14
Tab. 4.1:	Abflüsse im Einzugsgebiet der Otterbäche basierend auf den gewässerkundlichen Hauptwerten des Pegels Aschhausen (NLWKN 2014) bzw. nach ELSHOLZ UND BERGER (2003) sowie die in den Szenarien 1 (grün) und 2 (blau) veränderten Abflüsse	23
Tab. 4.2:	Abflüsse im Einzugsgebiet der Ollenbäche nach ELSHOLZ UND BERGER (1998, 2003) sowie die in den Szenarien 1 (grün) und 2 (blau) veränderten Abflüsse.....	24
Tab. 4.3:	Gegenüberstellung der Wasserspiegellagen aus den Modellrechnungen im Einzugsgebiet der Otterbäche	26
Tab. 4.4:	Gegenüberstellung der Wasserspiegellagen aus den Modellrechnungen im Einzugsgebiet der Ollenbäche	27

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Übersichtskarte über das Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres (ohne Maßstab, oberirdisches Einzugsgebiet gemäß Hydrographischer Karte (NMELF 1983))	7
Abb. 2.2: Übersichtskarte über das Einzugsgebiet der Ollenbäke bis Station 4+039 (ohne Maßstab, oberirdisches Einzugsgebiet gemäß Hydrographischer Karte (NMELF 1983)), Lage der Teilumleitung mit lila Pfeil markiert.....	11
Abb. 3.1: Wasserstände und Klappenstellung im Ist-Zustand sowie im Szenario 1 für das Jahr 2013	17
Abb. 3.2: Wasserstände und Klappenstellung im Ist-Zustand sowie im Szenario 1 für das Jahr 2014	18
Abb. 3.3: Wasserstände und Klappenstellung im Ist-Zustand sowie im Szenario 2 für das Jahr 2013	20
Abb. 3.4: Wasserstände und Klappenstellung im Ist-Zustand sowie im Szenario 2 für das Jahr 2014	20
Abb. 4.1: Längsschnitt der Ollenbäke mit den für den Ist-Zustand und die Szenarien 1 und 2 berechneten Wasserständen.....	29
Abb. 4.2: Längsschnitt der Flugplatzbäke mit den für den Ist-Zustand und die Szenarien 1 und 2 berechneten Wasserständen.....	30
Abb. 4.3: Längsschnitt der Ollenbäke mit den für den Ist-Zustand und die Szenarien 1 und 2 berechneten Wasserständen	31
Abb. 4.4: Systemskizze für eine rund 4,0 m breite Berme zur Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit	33

1 Einleitung

Das Zwischenahner Meer ist seit langer Zeit stark beeinträchtigt durch hohe Nährstoffeinträge aus den Zuläufen, die intensiv genutzte organogene Böden sowie Siedlungsbereiche entwässern.

Als ein Baustein für die Reduzierung der Nährstoffeinträge in das Zwischenahner Meer wird seit langer Zeit eine Umleitung der Otterbäke diskutiert. Im Folgenden wird die Machbarkeit einer Umleitung der Otterbäke unter hydrologischen und hydraulischen Gesichtspunkten untersucht.

Dabei ist einerseits zu untersuchen, inwiefern die Wasserstände im Zwischenahner Meer durch den verringerten Zufluss verändert werden. Diese hydrologische Betrachtung erfolgt anhand von Messdaten aus den Jahren 2013 und 2014, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Anstauphasen im Frühjahr sowie auf die Sommermonate mit einer ohnehin schon negativen Wasserbilanz zu richten ist.

Mit Hilfe einer hydronumerischen Modellierung der betroffenen Gewässerstrecken wird untersucht, inwiefern die Umleitung der Otterbäke über die Flugplatzbäke in die Ollenbäke Auswirkungen auf die Wasserstände in den Fließgewässern hat.

Die hydraulischen Berechnungen erfolgen eindimensional (1D) stationär mit dem Wasserspiegellagenmodell Mike 11 von DHI. Im Bereich des vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebietes "Otterbäke" wird das 1D-Modell der Otterbäke zwischen den Stationen 5+177 und 0+808 einschließlich des Mühlengrabens anhand der vom NLWKN zur Verfügung gestellten Querprofile aus der Überschwemmungsgebietenberechnung aufgebaut.

Die Ollenbäke wird zwischen den Stationen 9+678 und 4+039 ebenfalls anhand der vom NLWKN zur Verfügung gestellten Querprofile aus der Berechnung des vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebietes "Ollenbäke" abgebildet.

Die zwischen den beiden Überschwemmungsgebieten liegenden Fließgewässerstrecken der Flugplatzbäke (3+794 bis 0+000) und der Ollenbäke (13+440 bis 9+694) wurden im Juni 2017 von der Ingenieurgesellschaft Heidt + Peters mbH aufgemessen. In diesem Zuge wurde auch die Niedermoorsenke zwischen der Otterbäke und der Kreisstraße K346, über die sich eine Teilumleitung der Otterbäke in die Flugplatzbäke aufgrund der vorhandenen Geländetopographie anbieten würde, vermessen.

2 Hydrographie und Hydrologie

2.1 Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres

Das oberirdische Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres (siehe Abbildung 2.1) weist eine Fläche von $A_{E0} = 94,8 \text{ km}^2$ mit Seefläche bzw. $A_{E0} = 89,3 \text{ km}^2$ ohne Seefläche auf (NMELF, 1983).

Das Einzugsgebiet liegt laut ELSHOLZ und BERGER (1998) in der hydrologischen Landschaft "Friesische Geest". Für die Friesische Geest werden eine mittlere Niedrigwasserabflussspende von $MNq = 1,90 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$, eine mittlere Abflussspende von $Mq = 10,0 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$ sowie eine mittlere Hochwasserabflussspende von $MHq = 107 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$ angegeben.

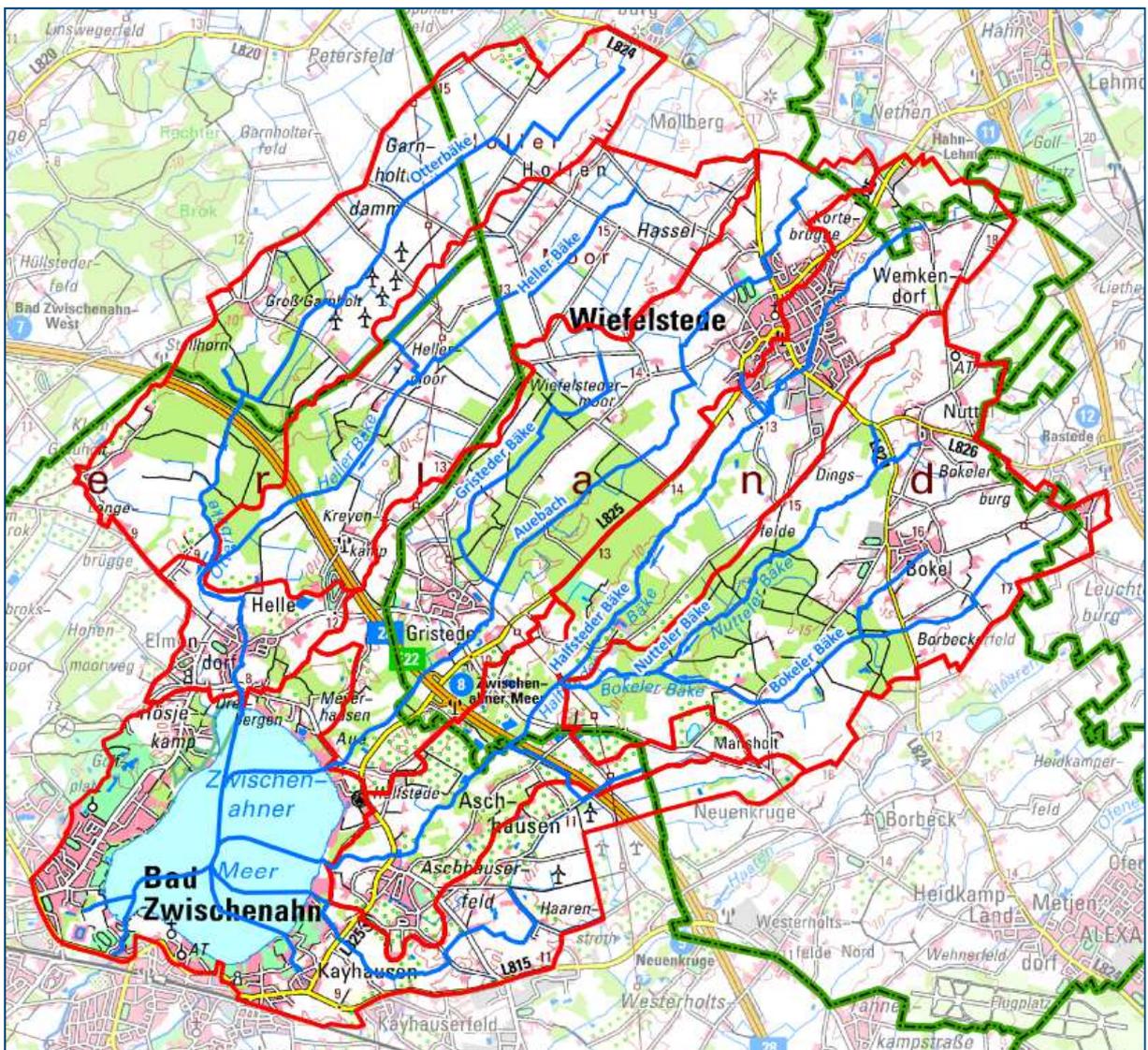


Abb. 2.1: Übersichtskarte über das Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres (ohne Maßstab, oberirdisches Einzugsgebiet gemäß Hydrographischer Karte (NMELF 1983))

Der Pegel Aschhausen an der Halfsteder Bäke weist ein oberirdisches Einzugsgebiet von $A_{E0} = 26,7 \text{ km}^2$ auf (NLWKN 2014). Die für die Zeitreihe 1978/2014 angegebene mittlere Niedrigwasserabflusspende von $MNQ = 0,412 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ist im Vergleich zu den gebietstypischen Richtwerten der hydrologischen Landschaft "Friesische Geest" um mehr als den Divisor 4 geringer und deutet auf eine sehr geringe Grundwasserspeisung hin. Dies deckt sich mit der Aussage der Ammerländer Wasseracht, dass die Ober- und Mittelläufe der Zuläufe in den Sommermonaten teilweise trockenfallen.

Die dem Pegeldatenblatt des Pegels Aschhausen entnommenen gewässerkundlichen Hauptwerte aus der Zeitreihe 1978 bis 2014 sind in Tabelle 2.1 aufgeführt.

Hauptwert		Abfluss am Pegel Aschhausen [m^3/s]
Mittlerer Niedrigwasserabfluss	MNQ	0,011
Mittlerer Abfluss	MQ	0,23
Mittlerer Hochwasserabfluss	MHQ	2,79

Tab. 2.1: Gewässerkundliche Hauptwerte der Halfsteder Bäke am Pegel Aschhausen (NLWKN 2014)

Aus den gewässerkundlichen Hauptwerten des Pegels Aschhausen ergeben sich die in Tabelle 2.2 zusammengestellten Abflüsse für die Zuläufe.

Zulauf	A_{E0} [km^2]	MNQ [m^3/s]	MQ [m^3/s]	MHQ [m^3/s]
Otterbäke	29,8	0,012	0,257	3,10
Auebach	15,9	0,007	0,137	1,65
Halfsteder Bäke	32,6	0,013	0,281	3,39
<i>Pegel Aschhausen</i>	<i>26,7</i>	<i>0,011</i>	<i>0,230</i>	<i>2,79</i>
Aschhauser Bäke	5,66	0,002	0,049	0,589
Gesamt ohne Seefläche	89,3	0,037	0,769	9,29

Tab. 2.2: Zuflüsse ins Zwischenahner Meer basierend auf den gewässerkundlichen Hauptwerten des Pegels Aschhausen (NLWKN 2014)

Nach ELSHOLZ UND BERGER (2003) werden die Zuläufe zum Zwischenahner Meer der hydrologischen Landschaft Hq₁₀₀-Kurve „Friesische Geest“ zugeordnet. Im Rahmen der Überschwemmungsgebietsberechnung wurde für die Otterbäke ab Station 5+177 ein einhundertjähriger Hochwasserabfluss HQ₁₀₀ = 3,58 m³/s sowie ab Station 3+054 HQ₁₀₀ = 6,38 m³/s angesetzt (WIEBE et al. 2012b).

In dem Einzugsgebiet der Otterbäke ergeben sich aus Basis der gewässer-kundlichen Hauptwerte des Pegels Aschhausen die in Tabelle 2.3 zusammengestellten Abflüsse. Zusätzlich werden in der Tabelle 2.3 die einhundertjährli-chen Hochwasserabflüsse HQ₁₀₀ nach ELSHOLZ UND BERGER (2003) aufgeführt.

Gewässer	Station [m]	A _{Eo} [km ²]	MNQ [m ³ /s]	MQ [m ³ /s]	MHQ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]
Otterbäke	5+177	11,0	0,005	0,095	1,14	2,89
Otterbäke bis Heller Bäke	3+054	14,4	0,006	0,124	1,50	3,58
Otterbäke mit Heller Bäke	3+054	27,3	0,011	0,235	2,84	5,93
Otterbäke bis Zwischenahner Meer	0+808	29,8	0,012	0,257	3,10	6,34

Tab. 2.3: Abflüsse im Einzugsgebiet der Otterbäke basierend auf den gewässerkundlichen Hauptwerten des Pegels Aschhausen (NLWKN 2014) bzw. nach ELSHOLZ UND BERGER (2003)

Das Zwischenahner Meer ist als Hochwasserrückhaltepolder mit einem Volumen von ca. 3,3 Mio. m³ Bestandteil des Generalplans Hochwasserschutz Leda-Jümme-Gebiet. Um diesen Rückhalteraum zu gewährleisten, sind gemäß Planfeststellungsbeschluss ein Mindestwasserstand von 5,20 mNHN sowie ein Höchstwasserstand von 5,80 mNHN einzuhalten. Die unterschiedlichen Nutzungsinteressen durch Hochwasserschutz und Landschaftsschutz, Landschaftsbild und Naturschutz, Tourismus und Naherholung, Fischerei und Schifffahrt erfordern eine flexible Steuerung der Wasserstände (ECKHOFF 2011).

Während der Wasserstand im Winterhalbjahr für die Belange des Hochwasserschutzes möglichst niedrig gesteuert wird, wird das Zwischenahner Meer im Frühjahr auf einen Wasserstand von ca. 5,35 mNHN angestaut, um einen Puffer für die Trockenwetterphase zu erhalten. In extremen Trockenwetterphasen ist es teilweise dennoch schwierig, den Wasserstand von 5,20 mNHN nicht zu unterschreiten. Bei einer Unterschreitung dieses Wasserstands kann bereits die Fahrgastschifffahrt beeinträchtigt werden. Insbesondere die teilweise starken Schlammablagerungen im Bereich der Anleger erschweren das Anfahren der Anleger bei niedrigen Wasserständen.

Die Wasserstände des Zwischenahner Meeres werden insbesondere über das 8,0 m breite Aue-Wehr gesteuert. Im Hochwasserfall wird der Polderraum des Zwischenahner Meeres derart ausgenutzt, dass eine Abgabemenge von 4,0 m³/s über das Aue-Wehr möglichst nicht überschritten wird (ECKHOFF 2011).

Zur Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit wurde parallel zum Aue-Wehr ein Altarm reaktiviert, in dem der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser über sechs Riegel abgebaut wird. Bei geschlossenem Aue-Wehr erfolgt über den Altarm eine Mindestabgabe von 0,24 m³/s.

Für die hydrologische Landschaft "Friesische Geest" werden in ELSHOLZ und BERGER (1998) Jahresniederschläge zwischen 800 und 850 mm/a sowie eine jährliche Verdunstung von 470 bis 490 mm/a genannt.

Basierend auf dem mittleren Zufluss $MQ = 0,769 \text{ m}^3/\text{s}$ (siehe Tabelle 2.2) ergibt sich über das Jahr ein Gesamtzufluss von 24,3 Mio. m³ aus den Zuläufen. Unter Berücksichtigung der Seefläche von 5,5 km², eines mittleren Jahresniederschlags von 825 mm/a sowie einer mittleren Verdunstung von 480 mm/a ergibt sich ein Wasservolumen von 26,2 Mio. m³ pro Jahr.

Insbesondere in den Sommermonaten weist das Zwischenahner Meer eine negative Wasserbilanz auf. Dies soll anhand der folgenden Betrachtung für einen mittleren Niedrigwasserzufluss $MNQ = 37 \text{ l/s}$ (siehe Tabelle 2.2) verdeutlicht werden. Dem Zufluss von 37 l/s steht die Mindestabgabe über den Fischaufstieg am Aue-Wehr mit 240 l/s gegenüber. Für den Trockenwetterfall wird weiterhin eine Verdunstung von 5 mm pro Tag angesetzt, was bei einer Seefläche von 5,5 km² einem Verlust von 315 l/s entspricht. Es ergibt sich also ein Defizit von $240 + 315 - 37 = 518 \text{ l/s}$ bzw. 8 mm pro Tag. Nach rund 12 Tagen ohne Niederschlag ist der Seewasserstand demnach um 10 cm abgesunken. Dies deckt sich nach Aussage der Ammerländer Wasseracht mit den Erfahrungen der vergangenen Jahre.

2.2 Einzugsgebiet der Ollenbäke

Das oberirdische Einzugsgebiet der Ollenbäke weist bis zur Mündung in die Große Süderbäke eine Fläche von $A_{E0} = 67,7 \text{ km}^2$ auf. Bis zu der unteren Modellgrenze bei Station 4+039 beträgt das oberirdische Einzugsgebiet der Ollenbäke $A_{E0} = 56,4 \text{ km}^2$ (siehe Abbildung 2.2) (NMELF, 1983). Das Einzugsgebiet der Flugplatzbäke bis zur Mündung in die Ollenbäke hat eine Fläche von $A_{E0} = 3,85 \text{ km}^2$.

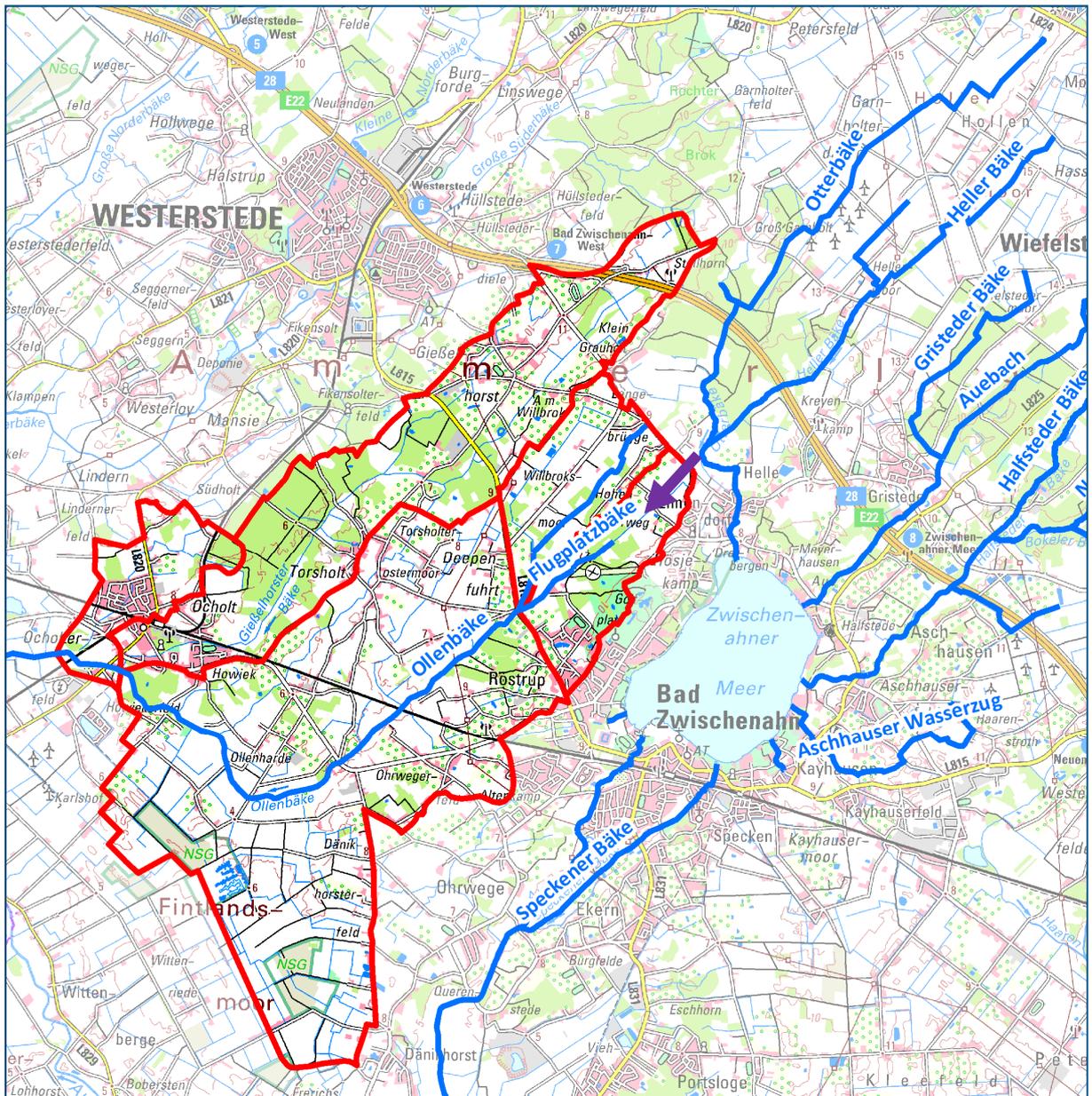


Abb. 2.2: Übersichtskarte über das Einzugsgebiet der Ollenbäke bis Station 4+039 (ohne Maßstab, oberirdisches Einzugsgebiet gemäß Hydrographischer Karte (NMELF 1983)), Lage der Teilumleitung mit lila Pfeil markiert

Das Einzugsgebiet der Ollenbäke liegt laut ELSHOLZ und BERGER (1998) in der hydrologischen Landschaft "Friesische Geest". Für die Friesische Geest werden eine mittlere Niedrigwasserabflussspende von $MNq = 1,90 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$, eine mittlere Abflussspende von $Mq = 10,0 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$ sowie eine mittlere Hochwasserabflussspende von $MHq = 107 \text{ l/(s} \cdot \text{km}^2)$ angegeben. Die aus den in ELSHOLZ und BERGER (1998) genannten Abflussspenden ermittelten Abflüsse sind in Tabelle 2.4 zusammengestellt.

Nach ELSHOLZ UND BERGER (2003) werden die Flugplatzbäke und die Ollenbäke der hydrologischen Landschaft Hq₁₀₀-Kurve „Friesische Geest“ zugeordnet. Die anhand der Hq-100-Kurve ermittelten einhundertjährigen Hochwasserabflüsse HQ₁₀₀ sind in Tabelle 2.4 zusammengestellt.

Gewässer	Station [m]	A _{E0} [km ²]	MNQ [m ³ /s]	MQ [m ³ /s]	MHQ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]
Flugplatzbäke	0+000	3,85	0,007	0,039	0,412	1,26
Ollenbäke mit Flugplatzbäke	13+440	8,04	0,015	0,080	0,860	2,26
Ollenbäke bis Beginn vorl. ges. Überschwemmungsgebiet	9+700	17,1	0,032	0,171	1,83	4,10
Ollenbäke bis Geißelhorster Bäke	5+166	37,6	0,071	0,376	4,02	7,62
Ollenbäke mit Geißelhorster Bäke	5+166	53,0	0,101	0,530	5,67	9,99
Ollenbäke bei unterer Modellgrenze	4+039	56,4	0,107	0,564	6,03	10,5

Tab. 2.4: Abflüsse im Einzugsgebiet der Ollenbäke nach ELSHOLZ UND BERGER (1998, 2003)

Im Rahmen der Überschwemmungsgebietsberechnung wurde für die Ollenbäke ab Station 9+700 ein einhundertjähriger Hochwasserabfluss HQ₁₀₀ = 9,99 m³/s sowie ab Station 5+166 HQ₁₀₀ = 11,16 m³/s angesetzt (WIEBE et al. 2012a).

3 Hydrologische Berechnungen

Der Wasserhaushalt des Zwischenahner Meeres wird durch die Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet, den Niederschlag auf die Seefläche, die Verdunstung der freien Wasseroberfläche sowie den Abflüssen über die Aue und die Speckener Bäche. Inwiefern der Grundwasserzu- und -abstrom einen maßgeblichen Anteil auf den Wasserhaushalt des Zwischenahner Meeres hat, kann aufgrund fehlender Daten nicht beurteilt werden.

Durch eine Teilumleitung der Otterbäche wird dem Zwischenahner Meer ein Teil seines Zuflusses entzogen. Die Auswirkungen eines verminderten Zuflusses auf den Wasserhaushalt des Zwischenahner Meeres sollen im Folgenden ermittelt werden. Die hydrologischen Berechnungen erfolgen anhand von Messdaten aus den Jahren 2013 und 2014.

Für diesen Zeitraum wurden die am Pegel Aschhausen ($A_{E0} = 26,7 \text{ km}^2$) gemessenen Abflüsse vom NLWKN als Tagesmittelwerte zur Verfügung gestellt. Diese wurden auf das gesamte Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres (ohne Seefläche) $A_{E0} = 89,3 \text{ km}^2$ mit dem Faktor $89,3/26,7$ extrapoliert. Die Zuflüsse wurden anhand der Seefläche von $5,44 \text{ km}^2$ in Zuflusshöhen h_{Zu} in mm umgerechnet. Die Zuflüsse aus dem gesamten Einzugsgebiet variieren zwischen $0,037$ und $5,97 \text{ m}^3/\text{s}$ (entspricht $0,6$ bis $94,9 \text{ mm}$). Der Mittelwert beträgt $0,433 \text{ m}^3/\text{s}$ (entspricht $6,9 \text{ mm}$).

Vom Deutschen Wetterdienst wurden die an der Station 5805 "Zwischenahn, Bad" gemessenen täglichen Niederschlagshöhen verwendet. In den Jahren 2013 und 2014 wurde eine Jahressumme von 753 mm bzw. 735 mm gemessen (siehe Tabelle 3.1).

Gemessene Niederschlagshöhe an der Station 5805 "Zwischenahn, Bad"	2013	2014
Jahresmittelwert [mm]	2,1	2,0
Tagesmittel im Monat Januar [mm]	1,9	1,7
Tagesmittel im Monat Juli [mm]	1,2	2,2
Maximum [mm]	29,8 (20.06.2013)	25,4 (26.04.2014)
Jahressumme [mm]	753	735

Tab. 3.1: Auswertung der vom Deutschen Wetterdienst an der Station 5805 "Zwischenahn, Bad" gemessene Niederschlagshöhen

Ferner wurden vom Deutschen Wetterdienst die Tageswerte der Verdunstung der freien Wasseroberfläche für das Zwischenahner Meer für die Jahre 2013 und 2014 berechnet. In 2013 beträgt die Jahressumme 620 mm, in 2014 680 mm (siehe Tabelle 3.2). Auffällig sind die hohen Tagesmittelwerte im Juli mit 3,9 bzw. 4,3 mm gegenüber dem Januar, in dem nahezu keine Verdunstung auftritt. Der höchste Tageswert der Verdunstung wurde mit 7,7 mm am 23.07.2014 berechnet.

Aus den Tabellen 3.1 und 3.2 wird ersichtlich, dass in den Wintermonaten im Mittel mehr Niederschlag fällt als verdunstet, während in den trockenen Sommermonaten mehr verdunstet als an Niederschlag fällt.

Verdunstung der freien Wasseroberfläche	2013	2014
Jahresmittelwert [mm]	1,7	1,9
Tagesmittel im Monat Januar [mm]	0,0	0,1
Tagesmittel im Monat Juli [mm]	3,9	4,3
Maximum [mm]	5,8 (23.07.2013)	7,7 (23.07.2014)
Jahressumme [mm]	620	680

Tab. 3.2: Auswertung der vom Deutschen Wetterdienst für das Zwischenahner Meer berechneten Verdunstung der freien Wasseroberfläche

Die in den Jahren 2013 und 2014 gemessenen Wasserstände des Zwischenahner Meeres wurden vom NLWKN zur Verfügung gestellt. Die Wasserstände des Zwischenahner Meeres variieren in den Jahren 2013 und 2014 zwischen 5,09 und 5,58 mNHN. Der Mittelwert über die zwei Jahre beträgt 5,23 mNHN.

Der Abfluss über die 8,0 m breite Fischbauchklappe des Aue-Wehres wurde in Abhängigkeit des Oberwasserstands als freier Überfall nach POLENI berechnet. Für den Istzustand wurden die von der Ammerländer Wasseracht zur Verfügung gestellten aufgezeichneten Klappenstellungen verwendet. Für die Szenarienberechnungen wird die Klappenstellung des Aue-Wehres manuell nach den zu erzielenden Wasserständen angepasst. Die Abflüsse über das Aue-Wehr wurden für die Jahre 2013 und 2014 im Mittel zu 0,179 m³/s berechnet. Dabei variieren die Abflüsse zwischen 0,00 m³/s (geschlossene Klappe) und 2,35 m³/s.

Der Abfluss über den Altarm wurde anhand der in PROAQUA (2012) genannten Wasserstands-Abflussbeziehungen für Sommer- und Winterbetrieb in der Berechnung implementiert. Demnach variieren die für die Jahre 2013 und 2014 berechneten Abflüsse über den Altarm zwischen 0,142 und 1,53 m³/s. Im Mittel beträgt der Abfluss 0,343 m³/s.

Die Abflüsse wurden anhand der Seefläche von 5,44 km² in Abflusshöhen h_{Ab} in mm umgerechnet. In Summe ergeben sich die Abflüsse über das Aue-Wehr und den Altarm zu 0,142 bis 3,84 m³/s (entspricht 2,3 bis 61,0 mm). Der Mittelwert über die Jahre 2013 und 2014 liegt bei 0,521 m³/s (entspricht 8,3 mm).

Der Ablauf über die Speckener Bäke ist aufgrund der geringen Mengen vernachlässigbar und wird genau wie der Grundwasserzu- und -abfluss nicht berücksichtigt.

Bei der Kalibrierung des Wasserhaushaltsmodells hat sich der geringste Fehler c zwischen berechnetem und gemessenem Wasserstand ergeben, wenn die Mittelwerte des betrachteten Tages (i) und des Vortages ($i-1$) berücksichtigt werden. Es ergibt sich demnach die folgende Wasserhaushaltsgleichung:

$$W_i = W_{i-1} + \frac{1}{1.000} \cdot \left(\frac{h_{Zu,i} + h_{Zu,i-1}}{2} + \frac{h_{N,i} + h_{N,i-1}}{2} - \frac{h_{Ab,i} + h_{Ab,i-1}}{2} - \frac{h_{V,i} + h_{V,i-1}}{2} + c \right)$$

mit:

W_i	Wasserspiegel am Tag i [mNHN]
W_{i-1}	Wasserspiegel am Vortag ($i-1$) [mNHN]
h_{Zu}	Summe der Zuflusshöhen [mm]
h_N	Niederschlagshöhe [mm]
h_{Ab}	Summe der Abflusshöhen [mm]
h_V	Verdunstungshöhe [mm]
c	Fehler [mm]

Der Fehler c zwischen dem gemessenen und dem berechneten Wasserstand im Ist-Zustand beträgt im Mittel +1,2 mm. Die maximalen Abweichungen ergeben sich mit +16,4 mm und -12,1 mm. Der Fehler resultiert unter anderem aus der Verwendung von Messwerten, die allein schon mit einem Fehler behaftet sein können. Ein weiterer Fehleranteil resultiert aus den Berechnungen der Verdunstung und den Abflüssen sowie der Vernachlässigung des Abflusses über die Speckener Bäke sowie des Grundwasserzu- und -abflusses. Ferner werden die Messwerte als Tagesmittelwerte verwendet. Insbesondere der Verlauf der aufgrund des vergleichsweise kleinen Einzugsgebietes steilen Hochwasserwellen kann mit den Tagesmittelwerten schwer abgebildet werden.

Die erzielten Genauigkeiten sind für die Beurteilung der Machbarkeit der Teilumleitung der Otterbäke hinreichend genau. Der für den Istzustand ermittelte Fehler c wird für die Szenarienberechnungen als Tagesmittelwert festgeschrieben.

3.1 Szenario 1

In dem Szenario 1 wird die Teilumleitung der Otterbäke so angesetzt, dass dem Zwischenahner Meer über die Otterbäke nur noch ein Abfluss in Höhe des mittleren Niedrigwasserabflusses $MNQ = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$ zugeführt wird. Der darüber hinaus gehende Abfluss wird über die Flugplatzbäke in die Ollenbäke aufgeleitet.

Während in den Szenarienberechnungen die Zuflüsse aus dem übrigen Einzugsgebiet sowie Niederschlag und Verdunstung unverändert bleiben, verändern sich die Wasserstände des Zwischenahner Meeres infolge des verringerten Zuflusses. Dementsprechend ist auch der Abfluss aus dem Zwischenahner Meer anzupassen. Dies erfolgt in dem Wasserhaushaltsmodell über die manuelle Anpassung der Klappenstellung am Aue-Wehr.

Die Klappenstellung wurde dabei so gewählt, dass

1. der Wasserstand von 5,20 mNHN möglichst nicht unterschritten wird,
2. sofern im Ist-Zustand bereits Wasserstände unter 5,20 mNHN aufgetreten sind und im Szenario der Wasserstand ebenfalls nicht über 5,20 mNHN gehalten werden kann, dass der Wasserstand im Szenario den Wasserstand im Ist-Zustand nicht unterschreitet, und
3. bei hohen Wasserständen im Ist-Zustand ($> 5,40 \text{ mNHN}$) die Wasserstände im Szenario möglichst niedriger als im Ist-Zustand sind.

In den Abbildungen 3.1 und 3.2 sind die Wasserstände und die Klappenstellungen (OK = Oberkante) im Ist-Zustand und im Szenario 1 gegenübergestellt. Die Darstellungen zeigen, dass die oben genannten Ziele in 2013 vollständig und in 2014 nahezu vollständig eingehalten werden. In dem Zeitraum Oktober bis Dezember Jahr 2014 wird der Wasserstand im Ist-Zustand um bis zu 22 mm unterschritten.

In dem Jahr 2014 wird sowohl im Ist-Zustand als auch in Szenario 1 das Aue-Wehr bereits Ende Mai geschlossen (OK Klappe > Wasserstand) und bis Dezember geschlossen gehalten, sodass der Abfluss ausschließlich über den Altarm erfolgt und der Wasserstand des Zwischenahner Meeres nicht weiter gesteuert werden kann. Bedingt durch die negative Wasserbilanz sinkt der Wasserstand im Verlauf der Sommermonate immer weiter ab. Der Wasserstand von 5,20 mNHN wird Ende Juli unterschritten und erreicht im Oktober mit 5,121 mNHN den niedrigsten Stand. Infolge des in Szenario 1 verringerten Zuflusses aus der Otterbäke steigt der Wasserstand im Oktober und November 2014 in Szenario 1 nicht so schnell wieder an wie im Ist-Zustand (siehe Abbildung 3.2).

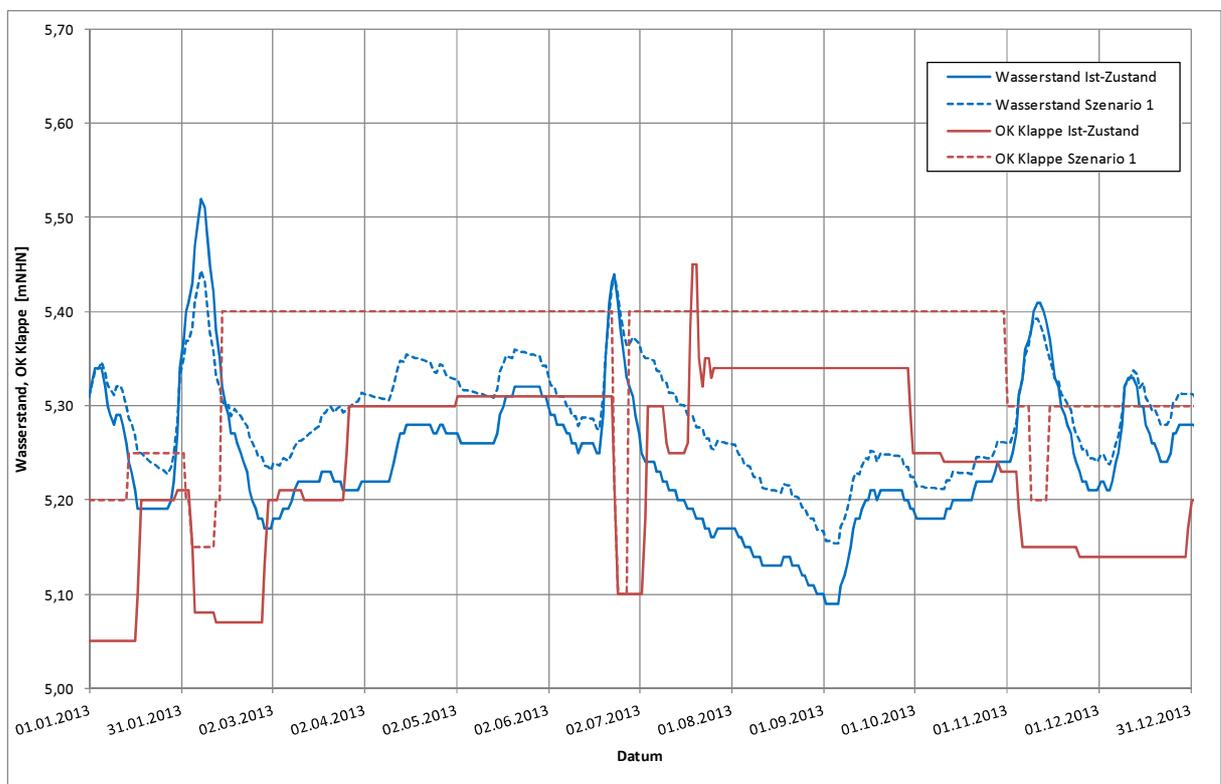


Abb. 3.1: Wasserstände und Klappenstellung im Ist-Zustand sowie im Szenario 1 für das Jahr 2013

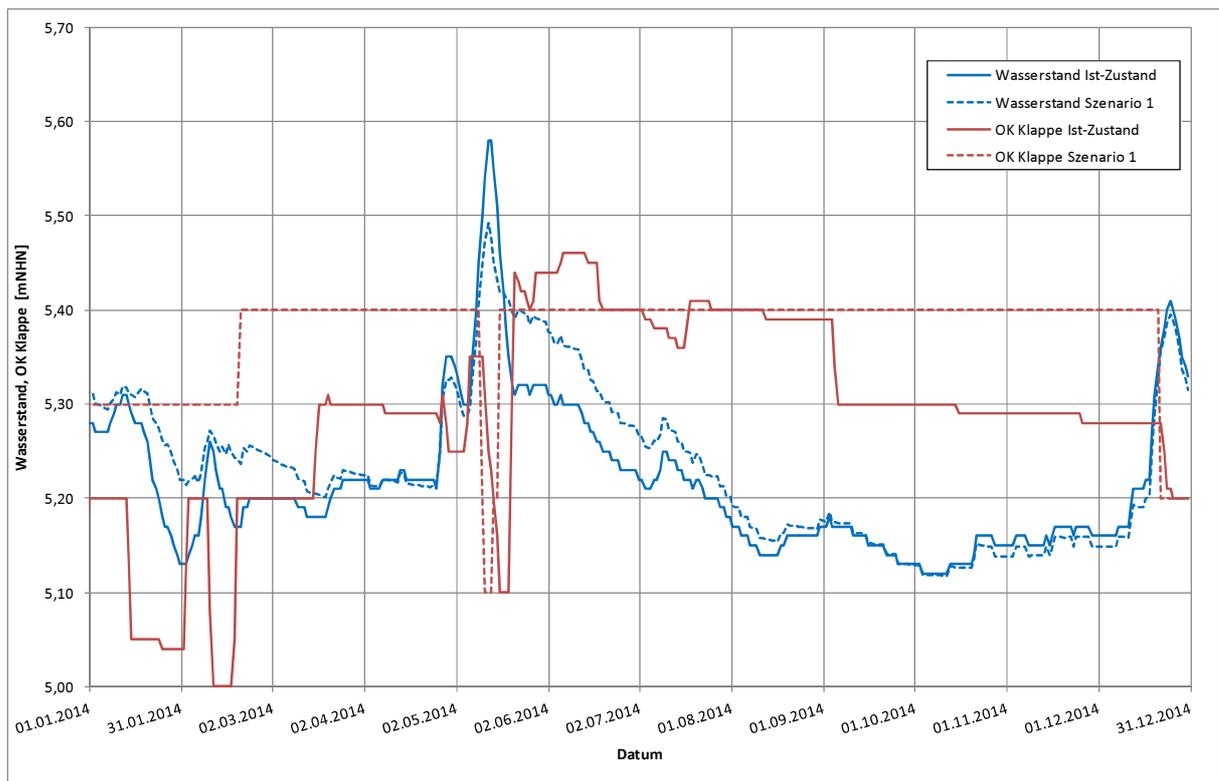


Abb. 3.2: Wasserstände und Klappenstellung im Ist-Zustand sowie im Szenario 1 für das Jahr 2014

3.2 Szenario 2

In dem Szenario 2 wird die Teilumleitung der Otterbäke so angesetzt, dass dem Zwischenahner Meer über die Otterbäke nur noch ein Abfluss in Höhe von $Q = 0,170 \text{ m}^3/\text{s}$ zugeführt wird. Dieser resultiert aus dem Ziel, den Phosphoreintrag aus der Otterbäke um jährlich 900 kg/a zu reduzieren.

In SCHEER (2016) wird für die Otterbäke ein Phosphoreintrag in Höhe von 4.040 kg/a genannt. Dieser setzt sich zusammen aus 427 kg/a aus urbanen Flächen, 3.478 kg/a aus der Landwirtschaft und 135 kg/a Direkteintrag.

Gemäß dem Maßnahmenkonzept sollen die P-Einträge aus den Siedlungsbereichen um 50 % und aus der Landwirtschaft um 30 % reduziert werden. Da der Direkteintrag nicht reduziert werden kann, ergibt sich für das Zielkonzept ein verminderter P-Eintrag von $213 + 2.435 + 135 = 2.783 \text{ kg/a}$ aus der Otterbäke. Ein weiterer P-Rückhalt durch einen Schilfpolder im Unterlauf der Heller Bäke (Maßnahme Z2) wird hier auf der sicheren Seite liegend zunächst nicht berücksichtigt, da der mögliche P-Rückhalt durch einen Schilfpolder noch durch Testschilfpolder zu überprüfen ist.

Der mittlere Abfluss der Otterbäke beträgt $MQ = 0,257 \text{ m}^3/\text{s}$. Daraus ergibt sich eine Jahressumme von $8,1 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$. Die mittlere P-Konzentration in der Otterbäke errechnet sich aus dem P-Eintrag von 2.783 kg/a und dem Zufluss von $8,1 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$ zu $0,34 \text{ mg/l}$.

Aus dem Ziel, den Phosphoreintrag aus der Otterbäke um jährlich 900 kg/a zu reduzieren, ergibt sich bei der mittleren Konzentration von $0,34 \text{ mg/l}$ ein Zufluss von $Q = 0,170 \text{ m}^3/\text{s}$. Der darüber hinaus gehende Abfluss wird über die Flugplatzbäke in die Ollenbäke aufgeleitet.

In den Abbildungen 3.3 und 3.4 sind die Wasserstände und die Klappenstellungen (OK = Oberkante) im Ist-Zustand und im Szenario 2 gegenübergestellt. Die Darstellungen zeigen, dass die oben genannten Ziele sowohl in 2013 als auch in 2014 vollständig eingehalten werden. Eine Verschlechterung der Wasserstandssituation im Zwischenahner Meer durch den nach Szenario 2 verminderten Zufluss aus der Otterbäke kann somit zumindest bei wasserwirtschaftlichen Verhältnissen wie in den Jahren 2013 und 2014 sowie bei entsprechender Steuerung des Aue-Wehres ausgeschlossen werden.

Es muss an dieser Stelle jedoch erwähnt werden, dass es deutlich einfacher ist, die Klappenstellung des Aue-Wehres in dem Wasserhaushaltsmodell einzustellen, wenn die Zuflüsse, Niederschläge und Verdunstung "in der Zukunft" bekannt sind. In der Realität muss das Aue-Wehr anhand von Wetterprognosen gesteuert werden. Gerade Starkregenereignisse können heutzutage mit ausreichender Genauigkeit nur wenige Stunden, aber nicht mehrere Tage im Voraus vorhergesagt werden.

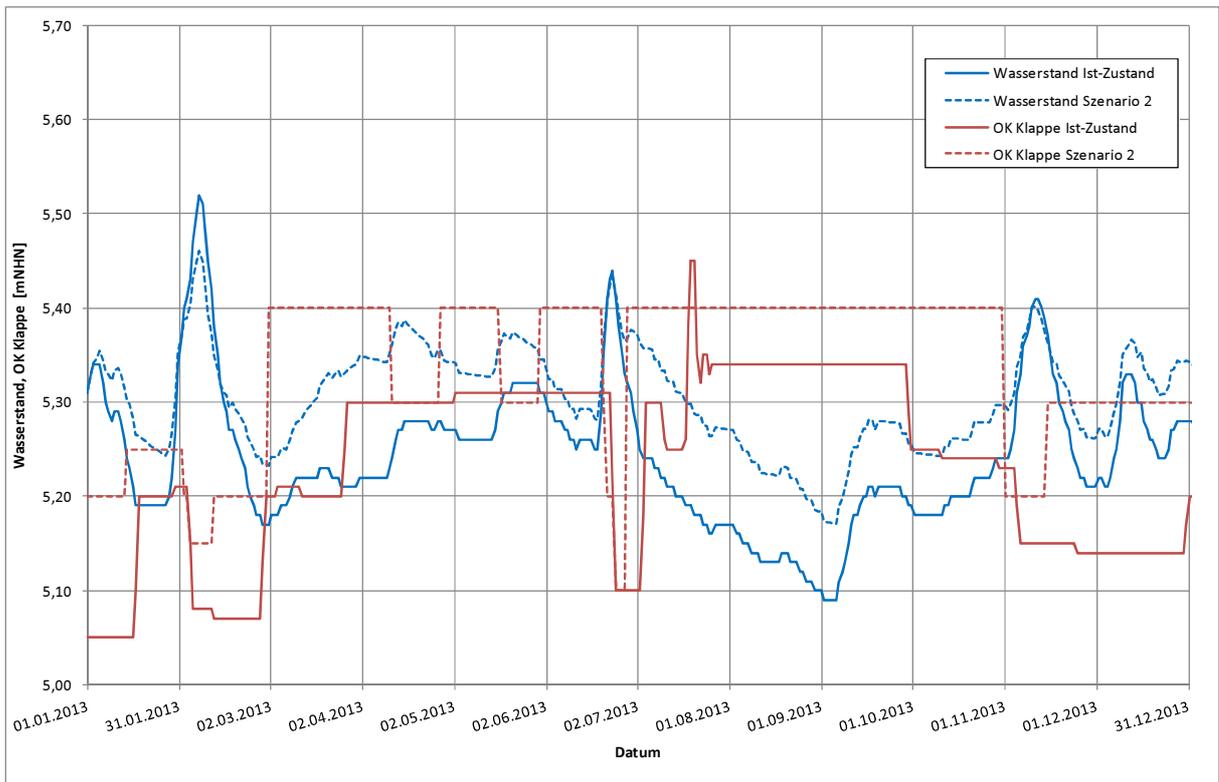


Abb. 3.3: Wasserstände und Klappenstellung im Ist-Zustand sowie im Szenario 2 für das Jahr 2013

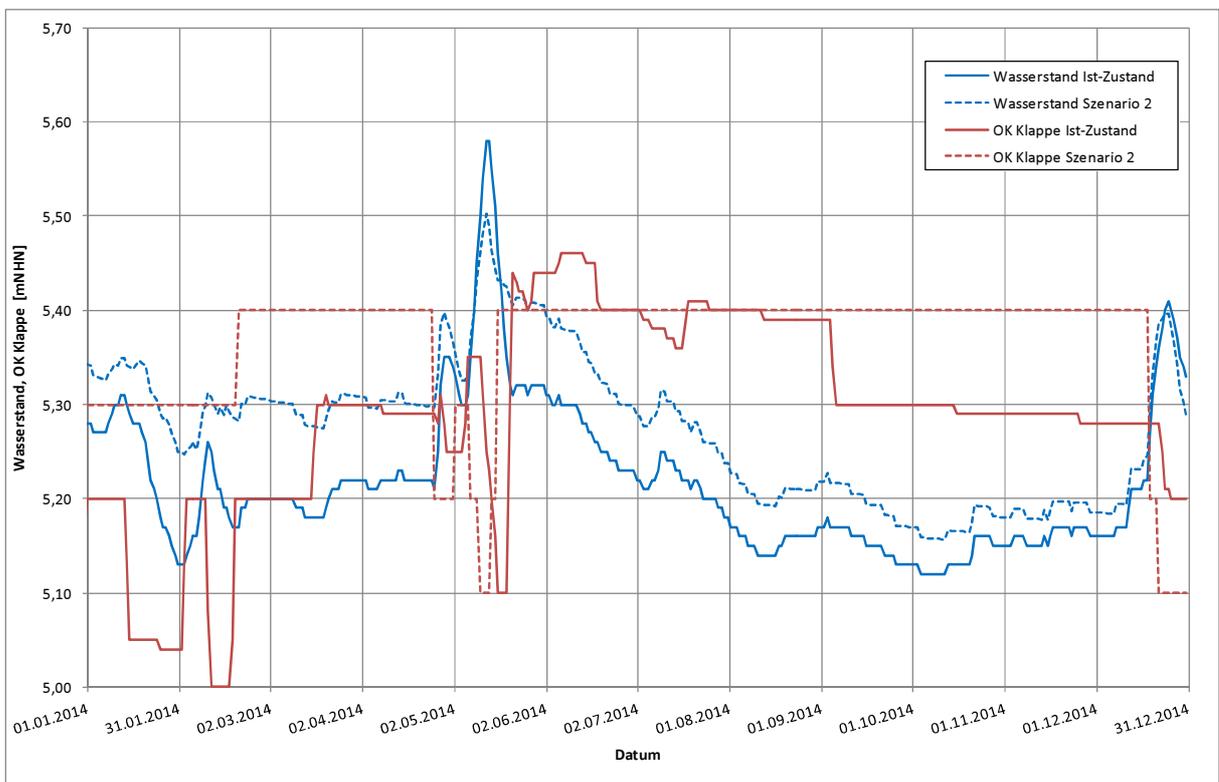


Abb. 3.4: Wasserstände und Klappenstellung im Ist-Zustand sowie im Szenario 2 für das Jahr 2014

4 Hydraulische Berechnungen

4.1 Grundlagen

Die hydraulischen Berechnungen erfolgen mit dem Programmsystem MIKE11 von DHI stationär. Das eindimensionale hydrodynamische Modell des Programmsystems MIKE basiert auf den St. Venant'schen Gleichungen, die durch vertikale und laterale Integration aus den entsprechenden dreidimensionalen Gleichungen hervorgehen. Dieses Differentialgleichungssystem wird in MIKE 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}: Wasserspiegellage / Fließtiefe [m]

Eindimensionale hydronumerische Modelle betrachten die Wasserspiegellage und den Durchfluss in Hauptfließrichtung und setzen einen nur schwach gekrümmten Flusslauf voraus. 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 Gewässers bzw. der Vorländer verursachte Streckenverluste werden mit Hilfe des Manning-Strickler-Beiwerts k_{St} in Abhängigkeit der Wassertiefen berücksichtigt.

4.2 Modellaufbau

Für die hydraulischen Berechnungen wird ein eindimensionales hydronumerisches Modell der folgenden Gewässerstrecken aufgebaut:

- + Otterbäke von Station 5+177 bis 0+808 einschließlich Mühlengraben von Station 0+882 bis 0+000,
- + Flugplatzbäke von Station 3+794 bis 0+000,
- + Ollenbäke von Station 13+440 bis 4+039.

Für den Modellaufbau der Otterbäke einschließlich Mühlengraben sowie der Ollenbäke zwischen den Stationen 9+678 und 4+039 werden die vom NLWKN zur Verfügung gestellten Querprofile und Bauwerksvermessungen verwendet, die im Rahmen der Überschwemmungsgebietsberechnungen (WIEBE et al. 2012a, 2012b) aufgenommen wurden.

Die Flugplatzbäke sowie die Ollenbäke von Station 13+440 bis 9+694 wurden anhand der im Juni 2017 von der Ingenieurgesellschaft Heidt + Peters mbH durchgeführten Vermessung in dem Modell berücksichtigt.

Die vorhandenen Durchlassbauwerke werden in das Modell mit den entsprechenden Bauwerksabmessungen implementiert. Für die Berechnung der Szenarien werden die vorhandenen Durchlassbauwerke aus dem Modell gelöscht. Die Löschung der Bauwerke erfolgt unter dem Ansatz, dass die Durchlassbauwerke im Planungszustand entweder vollständig zurückgebaut werden oder bei einem Ersatzneubau ein so großer Querschnitt vorgesehen wird, dass das Querbauwerk bei den berechneten Lastfällen keinen aufstauenden Effekt mehr auf das Abflussgeschehen erzeugt.

4.3 Randbedingungen

Die Randbedingungen an den oberen und unteren Modellgrenzen stellen die Schnittstellen zu dem nicht mehr modellierten Gebiet dar. Am oberen Modellrand sowie an den Zuflüssen werden die entsprechenden Abflüsse als Punktquellen angesetzt. Die direkten Einzugsgebiete werden als über die Fließlänge verteilte Zuflüsse berücksichtigt. Die Abflussbänder können den Tabellen 2.3 und 2.4 entnommen werden.

An der unteren Modellgrenze dient der Startwasserspiegel als Randbedingung. Für die Berechnung des einhundertjährigen Hochwasserabflusses (HQ_{100}) werden die HQ_{100} -Wasserstände aus den Überschwemmungsgebietsberechnungen angesetzt. An der Unteren Modellgrenze der Otterbäke bei Station 0+808 beträgt der HQ_{100} -Wasserstand 5,80 mNHN. An der Unteren Modellgrenze der Ollenbäke bei Station 4+039 beträgt der HQ_{100} -Wasserstand 3,15 mNHN (WIEBE et al. 2012a, 2012b).

An der Otterbäke entspricht der Startwasserspiegel an der unteren Modellgrenze dem Wasserstand im Zwischenahner Meer. Für die hydraulischen Berechnungen der Otterbäke werden die folgenden Startwasserstände angesetzt:

- + Mittlerer Niedrigwasserabfluss MNQ: Startwasserspiegel 5,20 mNHN
- + Mittlerer Abfluss MQ: Startwasserspiegel 5,30 mNHN
- + Mittlerer Hochwasserabfluss MHQ: Startwasserspiegel 5,40 mNHN

An der Ollenbäke werden die Startwasserstände mit Hilfe einer Q-h-Randbedingung berechnet.

Für die Berechnungen der Szenarien werden wie in Kapitel 3 beschrieben die über die Abflüsse MNQ = 0,012 m³/s (Szenario 1) bzw. Q = 0,170 m³/s (Szenario 2) hinaus gehenden Abflüsse in die Flugplatzbäke geleitet. Für das Szenario 2 wird außerdem die Maßnahme Z2 berücksichtigt, die einen Hochwasserrückhalt der Abflüsse aus der Heller Bäke erzielen soll. Für die hydraulischen Berechnungen wird davon ausgegangen, dass die Zuflüsse aus der Heller Bäke bei MHQ auf 0,600 m³/s und bei HQ₁₀₀ auf 1,80 m³/s gedrosselt werden. Demnach ergeben sich die in den Tabellen 4.1 und 4.2 zusammengestellten Abflüsse. Für den Abfluss MNQ ergeben sich in den Szenarien keine Änderungen gegenüber dem Ist-Zustand.

Gewässer	Station [m]	A _{E0} [km ²]	MNQ [m ³ /s]	MQ [m ³ /s]	MHQ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]
Otterbäke	5+177	11,0	0,005	0,095	1,14	2,89
Otterbäke bis Heller Bäke	3+054	14,4	0,006	0,124	1,50	3,58
Otterbäke mit Heller Bäke	3+054	27,3	0,011	0,235	2,84 2,84 2,24	5,93 5,93 4,93
Abschlag in die Flugplatzbäke	2+950			0,223 0,087	2,83 2,09	5,92 4,78
Otterbäke nach Abschlag in die Flugplatzbäke	2+950		0,011	0,235 0,012 0,148	2,84 0,012 0,148	5,93 0,012 0,148
Otterbäke bis Zwischenahner Meer	0+808	29,8	0,012	0,257 0,034 0,170	3,10 0,272 0,408	6,34 0,422 0,558

Tab. 4.1: Abflüsse im Einzugsgebiet der Otterbäke basierend auf den gewässerkundlichen Hauptwerten des Pegels Aschhausen (NLWKN 2014) bzw. nach ELSHOLZ UND BERGER (2003) sowie die in den Szenarien 1 (grün) und 2 (blau) veränderten Abflüsse

Gewässer	Station [m]	A_{E0} [km ²]	MNQ [m ³ /s]	MQ [m ³ /s]	MHQ [m ³ /s]	HQ ₁₀₀ [m ³ /s]
Abschlag in die Flugplatzbäke	3+794			0,223 0,087	2,83 2,09	5,92 4,78
Flugplatzbäke	0+000	3,85	0,007	0,039 0,262 0,126	0,412 3,24 2,50	1,26 7,18 6,04
Ollenbäke mit Flugplatzbäke	13+440	8,04	0,015	0,080 0,303 0,167	0,860 3,69 2,95	2,26 8,18 7,04
Ollenbäke bis Beginn vorl. ges. Überschwemmungsgebiet	9+700	17,1	0,032	0,171 0,394 0,258	1,83 4,66 3,92	4,10 10,0 8,87
Ollenbäke bis Geißelhorster Bäke	5+166	37,6	0,071	0,376 0,599 0,463	4,02 6,85 6,11	7,62 13,5 12,4
Ollenbäke mit Geißelhorster Bäke	5+166	53,0	0,101	0,530 0,753 0,617	5,67 8,50 7,76	9,99 15,9 14,8
Ollenbäke bei unterer Modellgrenze	4+039	56,4	0,107	0,564 0,787 0,651	6,03 8,86 8,12	10,5 16,4 15,3

Tab. 4.2: Abflüsse im Einzugsgebiet der Ollenbäke nach ELSHOLZ UND BERGER (1998, 2003) sowie die in den Szenarien 1 (grün) und 2 (blau) veränderten Abflüsse

4.4 Kalibrierung

Die Kalibrierung des Modells erfolgt anhand der im Rahmen der Überschwemmungsberechnungen ermittelten HQ₁₀₀-Wasserstände (WIEBE et al. 2012a, 2012b). Die Rauheiten werden aus den Überschwemmungsberechnungen übernommen und im Rahmen der Kalibrierung geringfügig angepasst.

Während der Vermessung der Flugplatzbäke sowie der Ollenbäke von Station 13+440 bis 9+694 im Juni 2017 war die Sohle der Gewässerstrecken stark verkrautet und es war nahezu keine Fließbewegung feststellbar. Eine Kalibrierung des Modells anhand der vermessenen Wasserstände ist daher nicht zweckmäßig. Die Modellrauheiten für diese Gewässerstrecken werden nach dem vor Ort angetroffenen Vegetationsbestand sowie dem vorhandenen Sohlsubstrat auf Grundlage von Erfahrungswerten aus vergleichbaren Untersuchungen sowie nach in der Literatur angegebenen Werten angesetzt.

Eine Gegenüberstellung der im Rahmen der Überschwemmungsgebietsberechnung ermittelten HQ_{100} -Wasserstände (WIEBE et al. 2012a, 2012b) mit den berechneten Wasserständen ist in der Tabelle 4.3 für die Otterbäke und in der Tabelle 4.4 für die Ollenbäke dargestellt. Die Abweichungen zwischen den gemessenen und den berechneten Wasserständen sind kleiner als 3 cm. Die erzielten Modellergebnisse sind für die gegebene Aufgabenstellung hinreichend genau.

Station	HW ₁₀₀ (WIEBE et al. 2012b) [mNHN]	HW ₁₀₀ berechnet [mNHN]	Differenz [m]
5+040	7,25	7,25	± 0,00
4+476	7,25	7,25	± 0,00
4+320	7,24	7,24	± 0,00
4+309	7,23	7,23	± 0,00
4+184	7,23	7,22	- 0,01
4+077	7,20	7,20	± 0,00
3+942	7,17	7,18	+ 0,01
3+788	7,16	7,14	- 0,02
3+640	7,10	7,12	+ 0,02
3+623	7,09	7,09	± 0,00
3+448	7,08	7,08	± 0,00
2+981	7,08	7,08	± 0,00
2+791	7,08	7,07	- 0,01
2+701	7,05	7,06	+ 0,01
2+389	7,05	7,05	± 0,00
2+090	7,03	7,03	± 0,00
1+947	7,01	7,01	± 0,00
1+771	6,90	6,88	- 0,02
1+767	6,85	6,88	+ 0,03
1+682	6,84	6,85	+ 0,01
1+589	6,81	6,80	- 0,01
1+572	6,78	6,78	± 0,00
1+524	6,75	6,74	- 0,01
1+442	6,61	6,61	± 0,00
1+298	6,47	6,48	+ 0,01
1+173	6,37	6,37	± 0,00
1+121	6,30	6,29	- 0,01
1+097	6,28	6,28	± 0,00
0+984	6,20	6,20	± 0,00
0+975	6,15	6,15	± 0,00
0+808	5,80	5,80	± 0,00

Tab. 4.3: Gegenüberstellung der Wasserspiegellagen aus den Modellrechnungen im Einzugsgebiet der Otterbäke

Station	HW ₁₀₀ (WIEBE et al. 2012a) [mNHN]	HW ₁₀₀ berechnet [mNHN]	Differenz [m]
9+678	4,81	4,80	+ 0,01
9+549	4,73	4,73	± 0,00
9+259	4,62	4,61	- 0,01
9+083	4,52	4,52	± 0,00
8+794	4,42	4,42	± 0,00
8+682	4,40	4,40	± 0,00
8+489	4,37	4,36	- 0,01
8+344	4,29	4,29	± 0,00
8+183	3,98	3,99	+ 0,01
8+007	3,91	3,92	+ 0,01
7+846	3,91	3,91	± 0,00
7+716	3,91	3,91	± 0,00
7+694	3,91	3,91	± 0,00
7+578	3,90	3,90	± 0,00
7+558	3,62	3,62	± 0,00
7+449	3,62	3,61	- 0,01
7+001	3,60	3,60	± 0,00
6+839	3,58	3,59	+ 0,01
6+814	3,55	3,55	± 0,00
6+670	3,54	3,53	- 0,01
6+353	3,52	3,52	± 0,00
6+155	3,50	3,50	± 0,00
5+991	3,46	3,46	± 0,00
5+857	3,43	3,44	+ 0,01
5+537	3,35	3,34	- 0,01
5+384	3,32	3,32	± 0,00
5+166	3,31	3,32	+ 0,01
5+027	3,31	3,32	+ 0,01
4+681	3,26	3,26	± 0,00
4+360	3,21	3,20	- 0,01
4+039	3,15	3,15	± 0,00

Tab. 4.4: Gegenüberstellung der Wasserspiegellagen aus den Modellrechnungen im Einzugsgebiet der Ollenbäke

4.5 Ergebnisse der hydraulischen Berechnungen

Die hydraulischen Berechnungen erfolgen für die Abflüsse MNQ, MQ, MHQ und HQ_{100} jeweils für den Ist-Zustand und die Szenarien 1 und 2. Die berechneten Wasserstände sind in den Abbildungen 4.1 bis 4.3 dargestellt. Durch die Abschläge aus der Otterbäke in die Flugplatzbäke steigen die Wasserstände in der Flugplatzbäke und der Ollenbäke in den Szenarien 1 und 2 teilweise stark an, während in der Otterbäke unterstrom der Teilumleitung deutlich niedrigere Wasserstände auftreten.

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Teilumleitung zunächst ohne Anpassungen der Fließgewässer auf der freien Strecke beschrieben. Die vorhandenen Durchlassbauwerke sind in den Szenarienberechnungen nicht berücksichtigt, da diese zumindest bei HQ_{100} ohnehin einen Aufstau produzieren und bei einer Teilumleitung zu vergrößern sind.

4.5.1 Auswirkungen auf den mittleren Abfluss MQ

Bei einem mittleren Abfluss MQ steigen die Wasserstände in der Flugplatzbäke in Szenario 1 um bis zu 0,54 m und im Mittel um 0,39 m an. In Szenario 2 werden die Wasserstände um bis zu 0,30 m und im Mittel um 0,21 m erhöht.

In der Ollenbäke erhöhen sich die Wasserstände bei MQ in Szenario 1 im Mittel um 0,19 m. Der maximale Wasserspiegelanstieg beträgt 0,27 m. In Szenario 2 steigen die Wasserstände in der Ollenbäke um bis zu 0,12 m und im Mittel um 0,08 m an.

Die Wasserstände in der Otterbäke unterstrom der Teilumleitung verringern sich bei MQ in Szenario 1 um bis zu 0,27 m und im Mittel um 0,15 m. In Szenario 2 treten im Mittel 0,06 m geringere Wasserstände aus. Die maximale Absenkung beträgt 0,09 m.

4.5.2 Auswirkungen auf den mittleren Hochwasserabfluss MHQ

Bei einem mittleren Hochwasserabfluss MHQ steigen die Wasserstände in der Flugplatzbäke in Szenario 1 um bis zu 0,78 m und im Mittel um 0,66 m an. In Szenario 2 werden die Wasserstände um bis zu 0,66 m und im Mittel um 0,56 m erhöht.

In der Ollenbäke erhöhen sich die Wasserstände bei MHQ in Szenario 1 im Mittel um 0,37 m. Der maximale Wasserspiegelanstieg beträgt 0,68 m. In Szenario 2 steigen die Wasserstände in der Ollenbäke um bis zu 0,56 m und im Mittel um 0,31 m an.

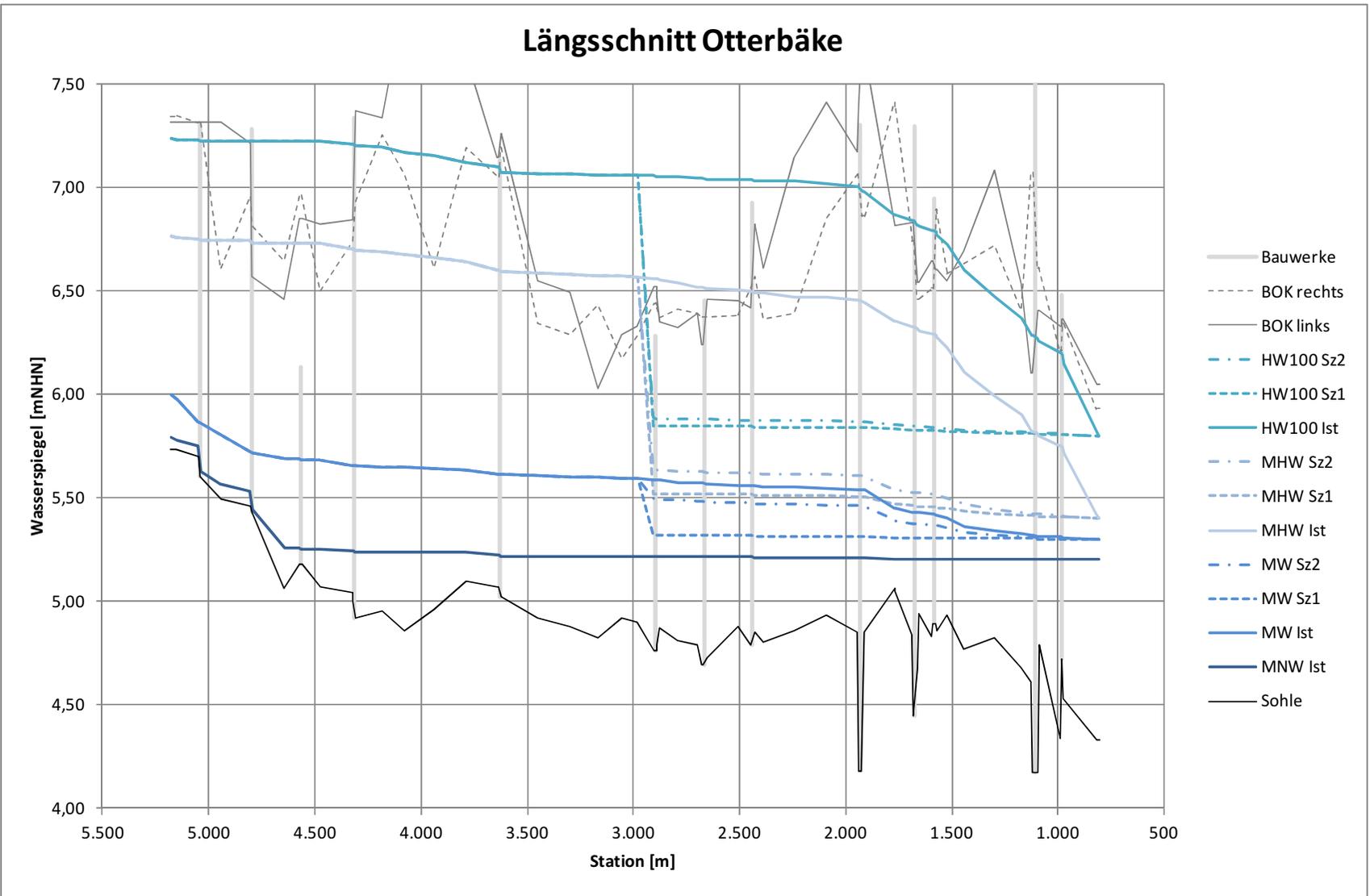


Abb. 4.1: Längsschnitt der Otterbäke mit den für den Ist-Zustand und die Szenarien 1 und 2 berechneten Wasserständen

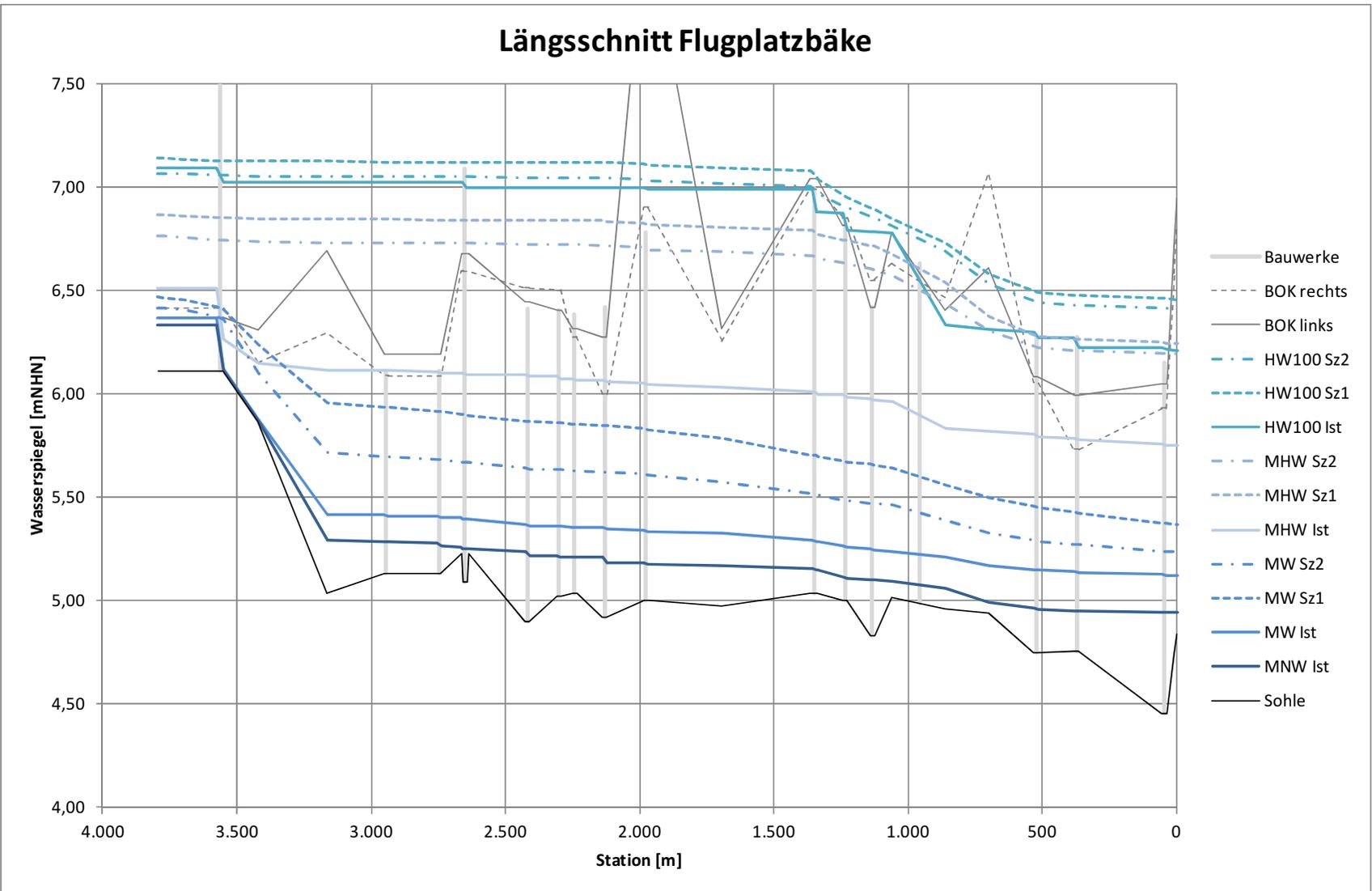


Abb. 4.2: Längsschnitt der Flugplatzbäke mit den für den Ist-Zustand und die Szenarien 1 und 2 berechneten Wasserständen

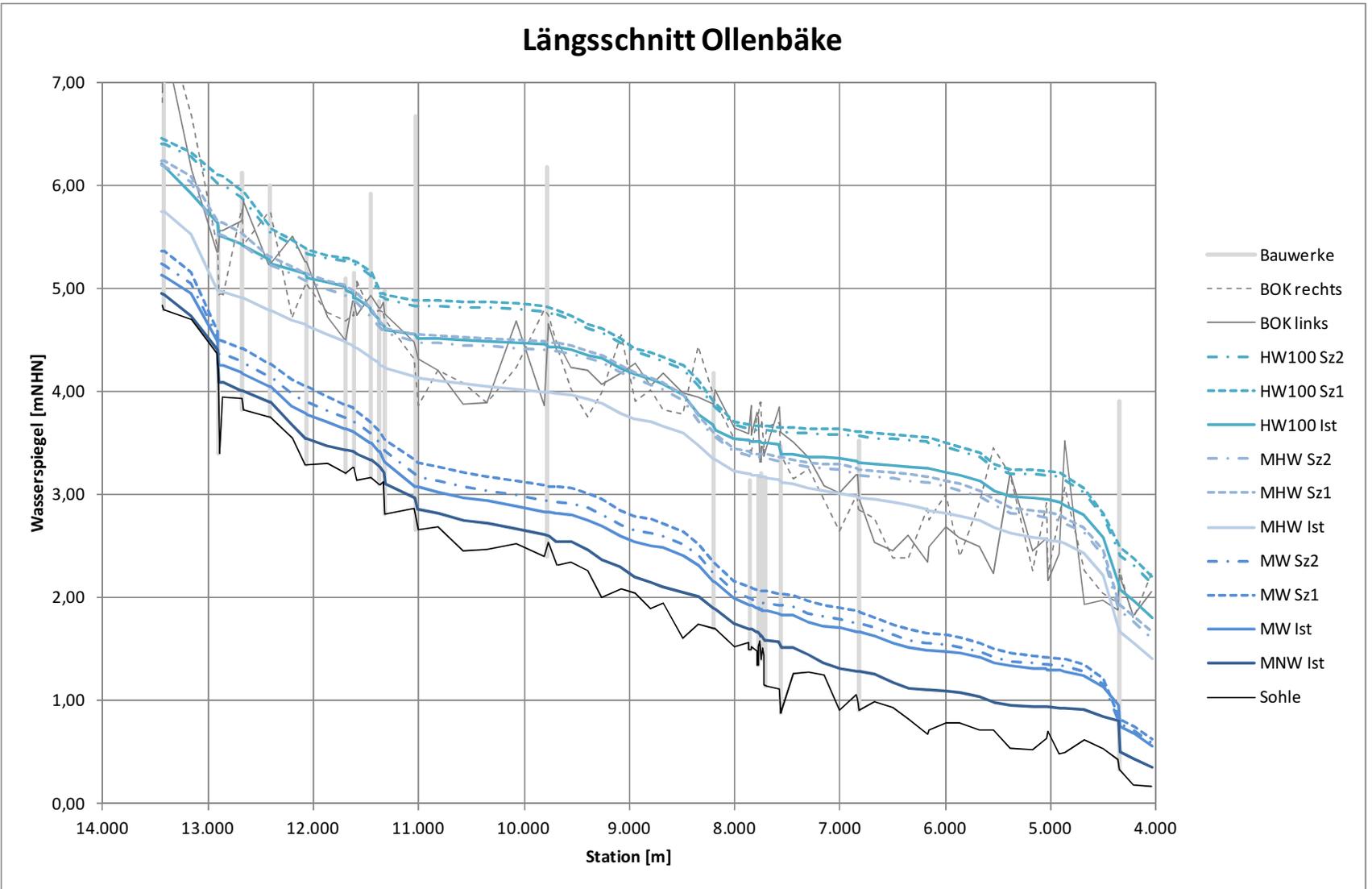


Abb. 4.3: Längsschnitt der Ollenbäke mit den für den Ist-Zustand und die Szenarien 1 und 2 berechneten Wasserständen

Die Wasserstände in der Otterbäke unterstrom der Teilumleitung verringern sich bei MHQ in Szenario 1 um bis zu 1,04 m und im Mittel um 0,78 m. In Szenario 2 treten im Mittel 0,92 m geringere Wasserstände aus. Die maximale Absenkung beträgt 0,71 m.

4.5.3 Auswirkungen auf den einhundertjährigen Hochwasserabfluss HQ_{100}

Bei einem einhundertjährigen Hochwasserabfluss HQ_{100} steigen die Wasserstände in der Flugplatzbäke in Szenario 1 um bis zu 0,40 m und im Mittel um 0,14 m an. In Szenario 2 werden die Wasserstände um bis zu 0,35 m und im Mittel um 0,07 m erhöht.

In der Ollenbäke erhöhen sich die Wasserstände bei HQ_{100} in Szenario 1 im Mittel um 0,29 m. Der maximale Wasserspiegelanstieg beträgt 0,59 m. In Szenario 2 steigen die Wasserstände in der Ollenbäke um bis zu 0,52 m und im Mittel um 0,25 m an.

Die Wasserstände in der Otterbäke unterstrom der Teilumleitung verringern sich bei HQ_{100} in Szenario 1 um bis zu 1,21 m und im Mittel um 0,92 m. In Szenario 2 treten im Mittel 0,90 m geringere Wasserstände aus. Die maximale Absenkung beträgt 1,17 m.

4.5.4 Möglichkeiten zur Vermeidung negativer Auswirkungen

Durch die zusätzlichen Abflüsse in der Flugplatzbäke und der Ollenbäke steigen die Wasserstände dort teilweise deutlich an. Die für die Szenarien 1 und 2 beschriebenen Wasserstandserhöhungen resultieren ausschließlich aus der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Fließgewässer auf der freien Strecke. Die vorhandenen Durchlassbauwerke wurden bei den Szenarienberechnungen nicht berücksichtigt, da diese mindestens bei HQ_{100} einen Aufstau produzieren und bei einer Teilumleitung ohnehin zu vergrößern sind.

Darüber hinaus kann die hydraulische Leistungsfähigkeit der Gewässer durch eine Aufweitung erhöht werden, um bei gleichbleibenden Wasserständen einen erhöhten Abfluss abführen zu können. Mit Hilfe des hydraulischen Modells wurde der erforderliche Umfang einer Vergrößerung der hydraulischen Leistungsfähigkeit untersucht. Um die in Szenario 2 ermittelten Wasserstandserhöhungen in der Flugplatzbäke und der Ollenbäke zu vermeiden, ist neben dem Neubau der Brücken und Durchlässe eine rund 4,0 m breite Berme über dem mittleren Niedrigwasserstand bei gleichbleibenden Böschungsneigungen erforderlich (siehe Abbildung 4.4).

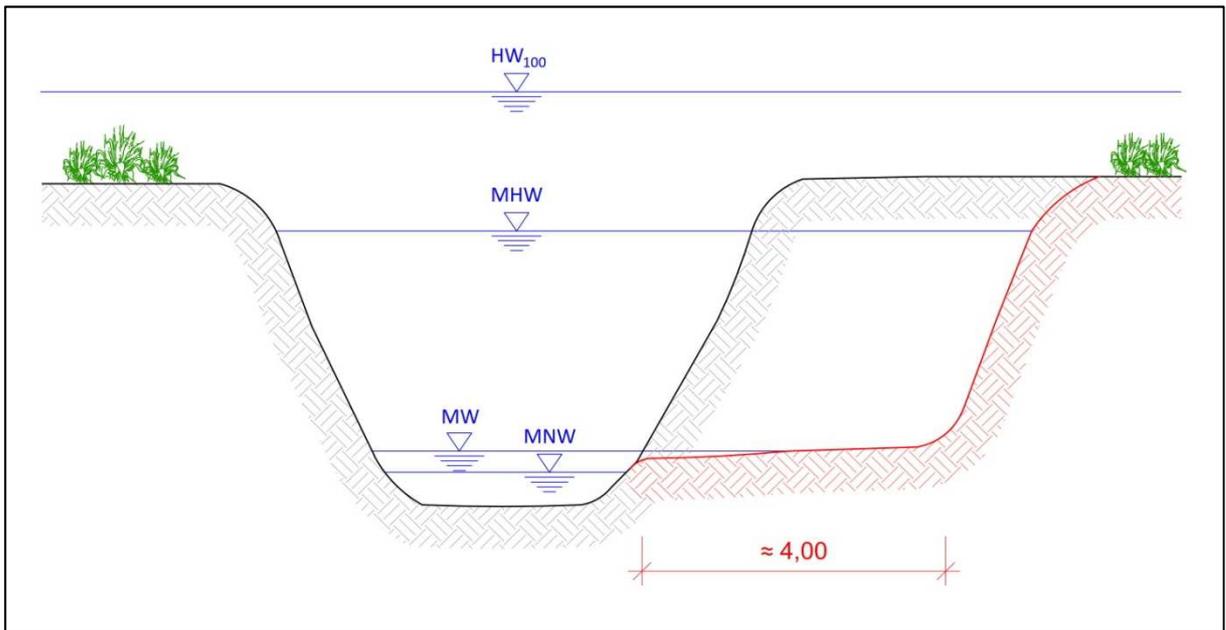


Abb. 4.4: Systemskizze für eine rund 4,0 m breite Berme zur Erhöhung der hydraulischen Leistungsfähigkeit

5 Zusammenfassung

Als ein Baustein für die Reduzierung der Nährstoffeinträge in das Zwischenahner Meer war die Teilumleitung der Otterbäke über die Flugplatzbäke in die Ollenbäke hinsichtlich der Machbarkeit aus hydrologischen und hydraulischen Gesichtspunkten zu untersuchen.

Mit einer hydrologischen Betrachtung des Wasserhaushalts des Zwischenahner Meeres für die Jahre 2013 und 2014 wurde gezeigt, dass die in den Sommermonaten bereits bestehende negative Wasserbilanz durch einen zu geringen Zufluss zum Zwischenahner Meer noch verschärft werden kann. So wurden in dem Szenario 1, bei dem aus der Otterbäke ein Abfluss in Höhe des mittleren Niedrigwasserabflusses $MNQ = 0,012 \text{ m}^3/\text{s}$ zugeführt wird, um bis zu 2 cm geringere Wasserstände gegenüber dem Ist-Zustand ermittelt.

In dem Szenario 2 hingegen, in dem dem Zwischenahner Meer nach der Teilumleitung ein Abfluss von $0,170 \text{ m}^3/\text{s}$ zugeführt wird, konnte eine Verschlechterung der Wasserstandssituation im Zwischenahner Meer ausgeschlossen werden.

Mit Hilfe einer hydronumerischen Modellierung der betroffenen Gewässerstrecken wurde untersucht, inwiefern die Teilumleitung der Otterbäke Auswirkungen auf die Wasserstände in den Fließgewässern hat. Die hydraulischen Berechnungen erfolgten für die Abflüsse MNQ , MQ , MHQ und HQ_{100} jeweils für den Ist-Zustand und die Szenarien 1 und 2.

Durch die zusätzlichen Abflüsse in der Flugplatzbäke und der Ollenbäke steigen die Wasserstände dort teilweise stark an, während in der Otterbäke unterstrom der Teilumleitung deutlich niedrigere Wasserstände auftreten.

Um negative Auswirkungen durch höhere Wasserstände in der Flugplatzbäke und der Ollenbäke zu vermeiden, sind die vorhandenen Durchlassbauwerke zurückzubauen und bei Bedarf durch größere Bauwerke zu ersetzen. Auf der freien Fließstrecke können die erhöhten Abflüsse ohne Wasserstandserhöhungen abgeführt werden, wenn die hydraulische Leistungsfähigkeit der Gewässer auf voller Länge durch eine rund 4,0 m breite Berme über dem mittleren Niedrigwasserstand vergrößert wird.

Verfasst:

Ingenieurgesellschaft Heidt + Peters mbH

Celle, 19.12.2017


Jan Brencher (Dipl.-Ing.)

6 Quellenverzeichnis

- AMMERLÄNDER WASSERACHT (1991): Planfeststellungsunterlagen zur Regelung des Hochwasserschutzes an der Otterbäke und der Heller Bäke; Westerstede [unveröffentlicht].
- AMMERLÄNDER WASSERACHT (2016): Regelung Wasserstände Zwischenahner Meer, Steuerung Aue-Wehr, Schützanlage Altarm; Westerstede [unveröffentlicht].
- DWA-M 606 (2006): Grundlagen und Maßnahmen der Seentherapie. – Merkblatt DWA-M 606: – 114 S.; Hennef.
- ECKHOFF, R. (2011): Auen und Bächen, Gewässer II. Ordnung. – In: AKKERMANN, R., FISCHER, G., MICHAELSEN, W. (Hrsg.): Das Zwischenahner Meer und sein nahes Umland. – S. 81 – 97; Oldenburg.
- ELSHOLZ UND BERGER (1998): Hydrologische Landschaften im Raum Niedersachsen – Oberirdische Gewässer 6/98, 26 S.; Hildesheim.
- ELSHOLZ, M., BERGER, H. (2003): Hochwasserbemessungswerte für die Fließgewässer in Niedersachsen – Oberirdische Gewässer 18/2003. – 122 S.; Hildesheim.
- NLWKN (2014): Auszug aus dem Gewässerkundlichen Jahrbuch für den Pegel Aschhausen.
- NMELF - Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1983): Hydrographische Karte Niedersachsen 1:50.000, mit zugehörigem Flächenverzeichnis; Hannover.
- PROAQUA (2012): Steuerungsmodell Zwischenahner Meer. Im Auftrag der Ammerländer Wasseracht; 16 S.; Aachen [unveröffentlicht].
- SCHEER, C. (2016): Modellierung von Phosphor- und Stickstoffeinträgen in Oberflächen- und Grundwasser im Einzugsgebiet des Zwischenahner Meeres und Ausweisung der Belastungsschwerpunkte. – Studie von geofluss Ingenieurbüro für Umweltmanagement und Gewässerschutz im Auftrag des NLWKN; 70 S.; Hannover [unveröffentlicht].
- WIEBE, H., WEINERT, N. (2012a): ÜSG-Ermittlung im Landkreis Ammerland – Ollenbäke –. Studie von Sönnichsen und Partner im Auftrag des NLWKN; 21 S. + Anhang und Anlagen; Minden [unveröffentlicht].
- WIEBE, H., WEINERT, N. (2012b): ÜSG-Ermittlung im Landkreis Ammerland – Otterbäke –. Studie von Sönnichsen und Partner im Auftrag des NLWKN; 19 S. + Anhang und Anlagen; Minden [unveröffentlicht].