



**Ingenieure für Wasser, Umwelt  
und Datenverarbeitung GmbH**

Nagelschmiedstraße 11a  
37671 Höxter

**Teil-MAKO**  
**DE-3618-301 "Altes Moor"**  
**Kreis Minden-Lübbecke**

**Hydrologischer Fachbeitrag**

Höxter, den 15.10.2020

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Untersuchungsgebiet und Beschreibung der hydrologischen Situation.....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Datengrundlagen.....</b>	<b>5</b>
3.1	Geländemodell.....	5
3.2	Vermessungsdaten.....	5
3.3	Flächennutzung.....	6
3.4	Karten und Luftbilder.....	6
3.5	Hydrologische Daten und Pumpleistungen.....	6
<b>4</b>	<b>Beschreibung des Istzustands und vorhandener Defizite.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Maßnahmen.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Hydraulische Modellierung.....</b>	<b>14</b>
6.1	Verwendetes Strömungsmodell.....	14
6.2	Modellerstellung.....	14
6.3	Randbedingungen und Ergebnisse der hydraulischen Modellierungen.....	16
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>19</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Untersuchungsgebiet mit Gewässerstationen (GSK3C NRW).....	2
Abbildung 2:	Schöpfwerk Hille mit Fließpfaden für normalen Abfluss und Hochwasser..	3
Abbildung 3:	Schöpfwerk Frotheim.....	4
Abbildung 4:	Wehr am Auslass des Gebiets mit eingesetzten Staubrettern.....	4
Abbildung 5:	Übersicht Vermessung.....	6
Abbildung 6:	Moorbach bei Station 1+500 (Offenland).....	9
Abbildung 7:	Verlandeter Durchlass im Moorbach, Station 1+650.....	9
Abbildung 8:	Nebengewässer, Winteraufnahme im Offenland.....	10
Abbildung 9:	Nebengewässer im Bereich des Weidenbewuchses, Winteraufnahme.....	11
Abbildung 10:	Übersicht über das Berechnungsmodell.....	15
Abbildung 11:	Ausschnitt des 2D-Modells .....	15
Abbildung 12:	Ergebnis der Berechnungen für 2 x 50 l/s.....	17
Abbildung 13:	Ergebnis der Berechnungen für das HQ <sub>5</sub> .....	18

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bemessungsabflüsse für das Einzugsgebiet am Schöpfwerk Frotheim nach.....	7
Tabelle 2:	Bemessungsabflüsse für das Einzugsgebiet am Schöpfwerk Hille nach [1].....	7
Tabelle 3:	Vergleich Niederschlagsdaten.....	7
Tabelle 4:	Pumpleistungen an den Schöpfwerken.....	8
Tabelle 5:	verwendete Rauheitsparameter (Strickler).....	16

## Anlagen

- Anlage 1: Längsschnitte  
Anlage 2: Lageplan Maßnahmen

## **1 Veranlassung**

Der Kreis Minden-Lübbecke hat für das NSG "Altes Moor" ein Maßnahmenkonzept erstellen lassen. Die hydrologische Situation des Gebiets ist einer der wichtigsten Faktoren für die Entwicklung des Gebiets. Aus diesem Grund sollte ein vertiefter hydrologischer Fachbeitrag für das Gebiet erstellt werden, um eine solide Grundlage für die weiteren ökologischen Maßnahmen zu schaffen. Das Ziel der Maßnahmen ist es dabei, die Abflussverhältnisse im "Alten Moor" zu verbessern und dauerhaft zu erhalten, und die Steuerungsmöglichkeit für den Wasserstand im "Alten Moor" wieder herzustellen. Über den Jahresverlauf und entsprechend der jeweils aktuellen hydrologischen Verhältnisse verändert sich der Zielwasserstand im Moor. Daher ist es wichtig, dass der Wasserstand wirksam über die Steuerungsorgane (Wehr, Schöpfwerke) beeinflusst werden kann. Aktuell ist dies aufgrund des schlechten Unterhaltungszustandes der Wasserläufe nicht ausreichend gegeben.

## **2 Untersuchungsgebiet und Beschreibung der hydrologischen Situation**

Das Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 1 dargestellt. Von Süden nach Norden wird das Gebiet vom Moorbach durchflossen. Von Westen fließt ein Nebengewässer des Moorbachs durch das Gebiet und mündet bei Station 1,530 in den Moorbach. Im Jahr 2000 wurden Maßnahmen zur Wiedervernässung des Moores umgesetzt. Aufgrund der Konfliktlage mit den Oberliegern (Landwirtschaft, aber auch Befürchtungen der Vernässung eines Wohngebiets) konnte die Wiedervernässung nur unter der Maßgabe erfolgen, dass der Wasserspiegel oberhalb des "Alten Moores" sowohl im Moorbach, wie auch im Nebengewässer des Moorbachs nicht deutlich ansteigt. Aus diesem Grund wurden neben anderen Maßnahmen in den zufließenden Grabensystemen drei Bauwerke errichtet.

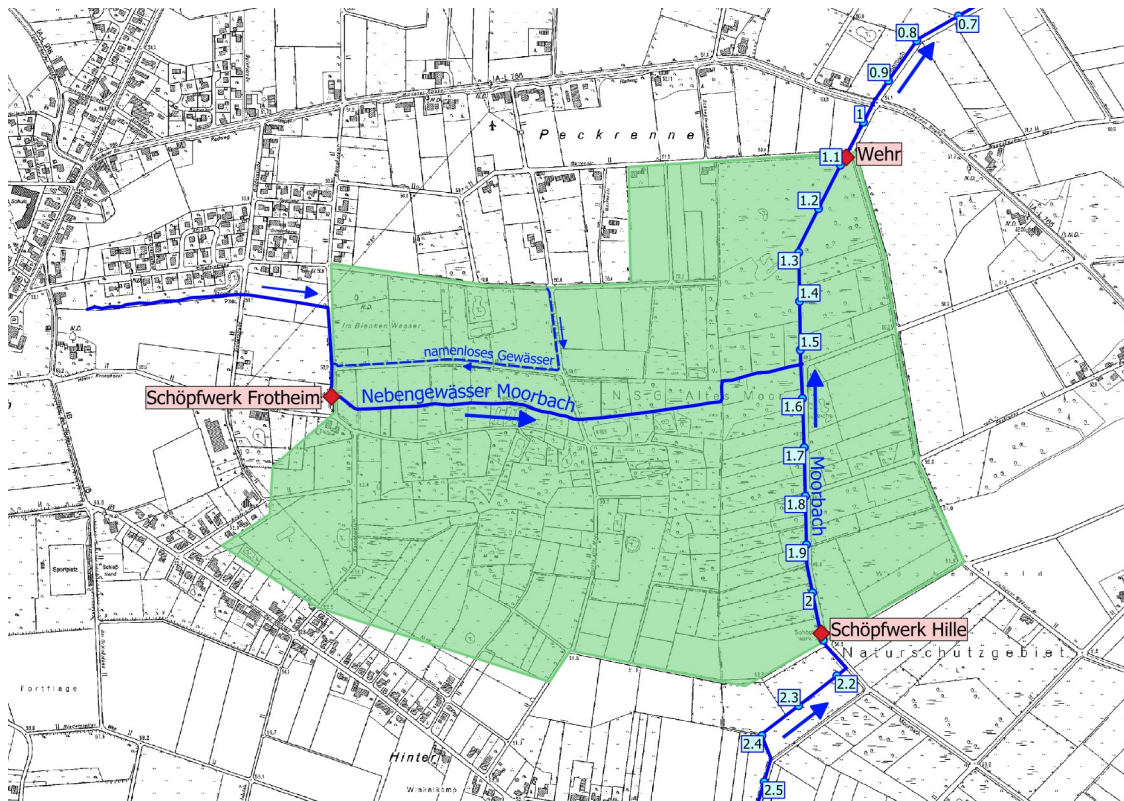


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet mit Gewässerstationen (GSK3C NRW)

Das Schöpfwerk Frotheim hebt das zufließende Nebengewässer und das Schöpfwerk Hille den Moorbach in das Mooregebiet. Am unterstromigen Ende des Gebiets wird der Wasserstand dann durch ein Wehr reguliert. Damit wird der Wasserspiegel im Moor künstlich über dem Wasserspiegel in den zu- und abfließenden Gewässern gehalten, soweit dies die zufließenden Wassermengen erlauben. Bei Hochwasser spielen die Schöpfwerke dann ab dem HQ<sub>1</sub> keine Rolle mehr. Bei einem HQ<sub>1</sub> erfolgt der Abfluss in das Alte Moor in einer Mischung aus Pumpbetrieb und dem freien Abfluss über die Überlaufschwelle. Bei Abflüssen über dem HQ<sub>1</sub> werden die Pumpen ausgeschaltet und der Zufluss zum Alten Moor erfolgt ausschließlich im Freigefälle über die Wehrschwelle. Die Staubalken im Wehr werden im Hochwasserfall vollständig gezogen.

Abbildung 2 zeigt das Schöpfwerk Hille. Die hellblauen Pfeile zeigen den Weg des Wassers im Normalbetriebe. Es fällt durch den Gitterrechen in den Pumpensumpf des Schöpfwerks und wird dann durch die Pumpen angehoben und auf der anderen Seite über eine Rohrleitung in das Alte Moor abgegeben.

Die dunkelblauen Pfeile zeigen den Fließpfad bei Hochwasser. In diesem Fall fließt das Wasser über die Überfallkante durch den Rohrdurchlass im Freigefälle in das Moor. Bis zum HQ<sub>1</sub> wird dies zusätzlich durch den Betrieb der Pumpen unterstützt. Das in Abbildung 3 dargestellt Schöpfwerk Frotheim funktioniert nach demselben Prinzip. Die Abbildung 4 zeigt das Wehr am Auslass des Gebiets.

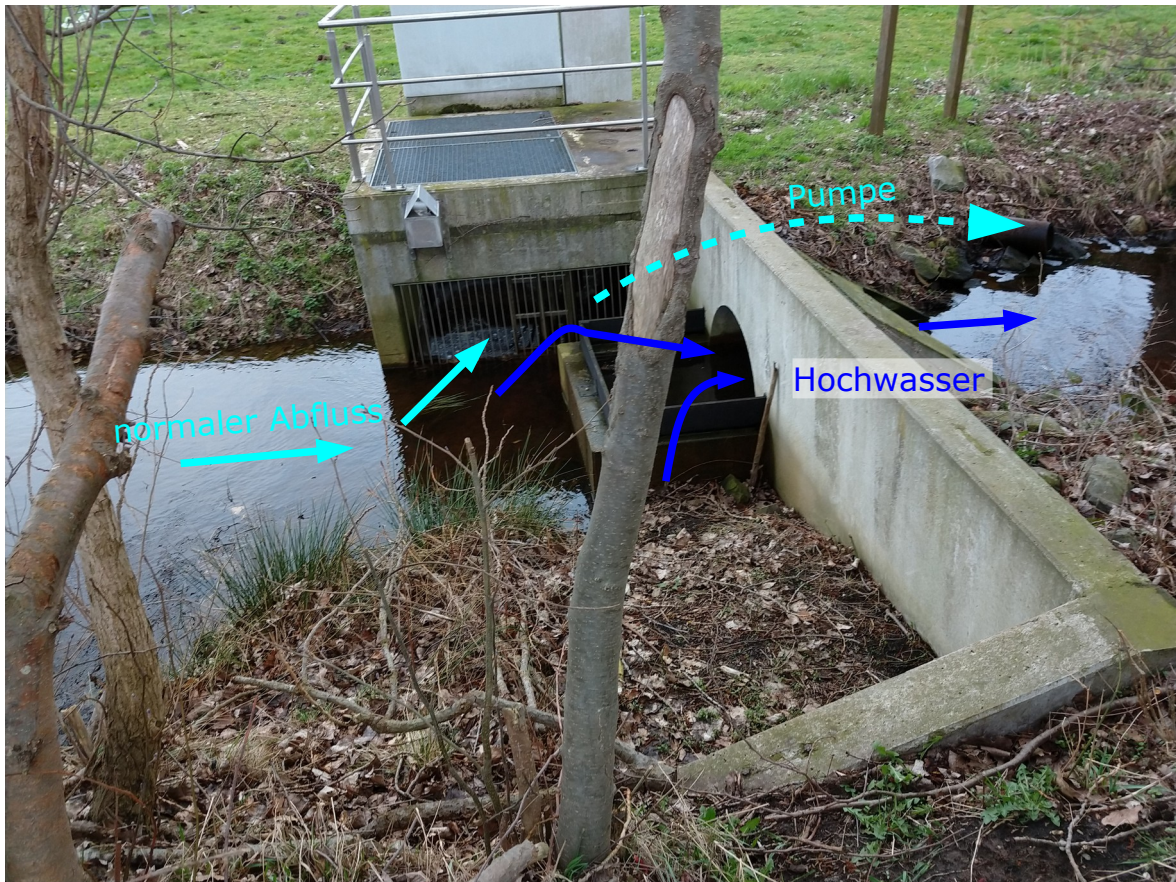


Abbildung 2: Schöpfwerk Hille mit Fließpfaden für normalen Abfluss und Hochwasser



*Abbildung 3: Schöpfwerk Frotheim*



*Abbildung 4: Wehr am Auslass des Gebiets mit eingesetzten Staubrettern*

Zum Zeitpunkt der Aufnahme befand sich das Moor in der Einstauphase (Holzbohlen am Wehr gesetzt). Der Zufluss reichte aber nicht mehr aus, um den Wasserstand über der Wehrschwelle zu halten. Die Verluste durch Versickerung und Verdunstung waren also größer als der Zustrom über die Schöpfwerke.

## **3 Datengrundlagen**

### ***3.1 Geländemodell***

Das Geländemodell wurde als Rasterdatensatz (DGM1, Rasterauflösung 1 m) vom Land NRW (Download Opendataserver) bezogen. Der Datensatz enthält die Bodenoberfläche ohne die Vegetation. Bei Flächen, die von Wasser bedeckt sind, enthält das DGM in der Regel den Wasserspiegel und nicht das Gelände unter dem Wasser. Dies ist auch im Untersuchungsgebiet der Fall. Der Laserscanflug ist offensichtlich zu einem Zeitpunkt durchgeführt worden, bei dem das Alte Moor großflächig überstaut war. Daher sind Geländestrukturen unter einer Höhe von 49,30 m NHN im Geländemodell nicht sichtbar.

### ***3.2 Vermessungsdaten***

Im Rahmen der Projektbearbeitung wurde eine umfangreiche Vermessung des Moorbachs, des Nebengewässers und der Bauwerke (Schöpfwerke und Wehr) durchgeführt. Die Vermessung erfolgte mit einem RTK-GPS Vermessungsgerät und dort wo die Empfangsbedingungen die Verwendung des GPS-Messgeräts dies nicht zuließen mit einer Totalstation. Insgesamt wurden ca. 1.600 Einzelpunkte aufgenommen. Die Abbildung 5 zeigt eine Übersicht der Vermessungspunkte.

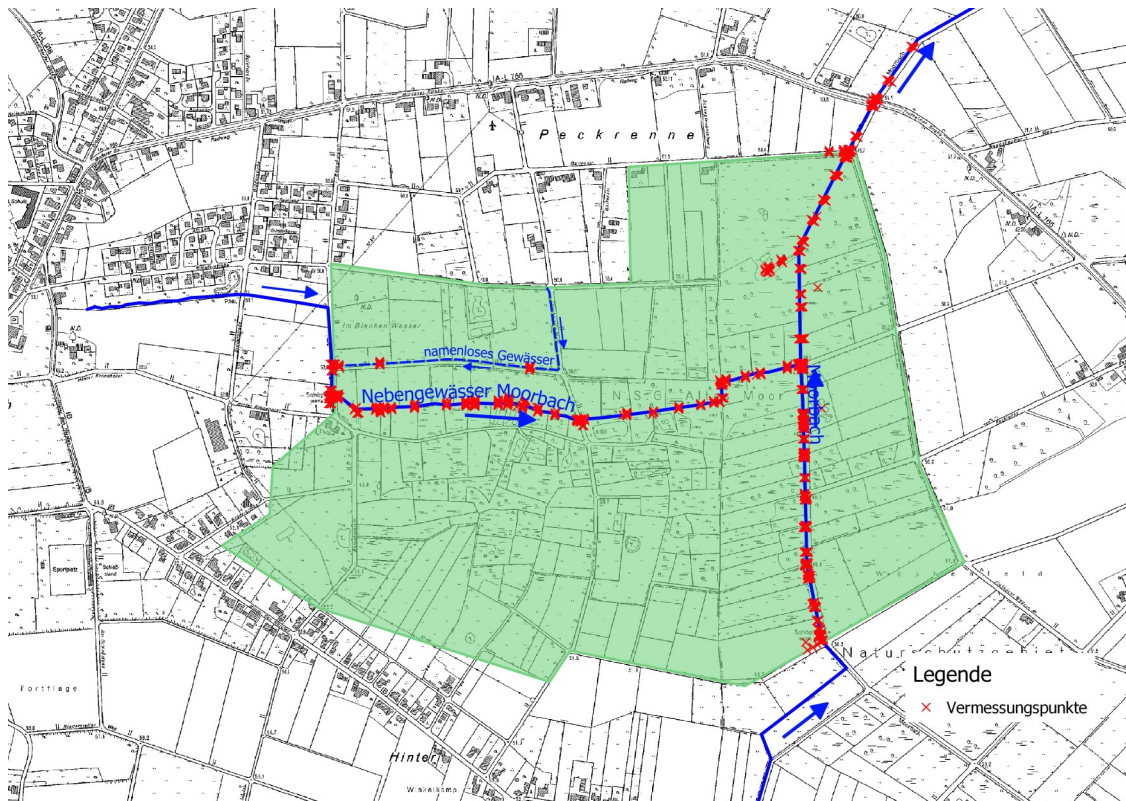


Abbildung 5: Übersicht Vermessung

### 3.3 Flächennutzung

Die Flächennutzung wurde anhand von digitalen Orthophotos und einer Ortsbegehung aufgenommen. Diese Daten dienen zur Festlegung der Klassen des Strömungswiderstands für die numerische Modellierung.

### 3.4 Karten und Luftbilder

Für die Modellerstellung wurden Orthophotos in digitaler Form vom Land NRW (Download Opendataserver) bezogen.

### 3.5 Hydrologische Daten und Pumpleistungen

Im Jahr 2000 wurde die Genehmigungsplanung für die Errichtung der beiden Schöpfwerke Frotheim und Hille, der Anpassung der zugehörigen Grabensysteme und das Stauwehr erstellt[1]. Als Berechnungsansatz für die hydrologischen Betrachtungen wurde dort das Abschätzverfahren Hydro36 verwendet. Die folgenden Angaben wurden den genannten Planungsunterlagen unverändert für den Prognosezustand entnommen.

Das Einzugsgebiet des Schöpfwerks Frotheim beträgt 1,12 km<sup>2</sup>. Es besteht aus einem südlichen Einzugsgebiet mit einer Fläche von 0,365 km<sup>2</sup> und einem nördlichen mit einer Fläche von

0,755 km<sup>2</sup>. Bei der Betrachtung wurde berücksichtigt, dass ein Teil der Bebauung über ein Rückhaltebecken an der Brüderstraße entwässert. Für den in der Genehmigungsplanung angesetzten Prognosezustand ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten Bemessungsabflüsse für das Einzugsgebiet des Schöpfwerks Frotheim:

Name	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]	HQ <sub>1</sub> [l/s]	HQ <sub>5</sub> [l/s]
Frotheim, nord	0,755	147	273
Frotheim, süd	0,365	112	210
<b>Frotheim, gesamt</b>	<b>1,120</b>	<b>259</b>	<b>483</b>

Tabelle 1: Bemessungsabflüsse für das Einzugsgebiet am Schöpfwerk Frotheim nach [1]

Das Schöpfwerk Hille verfügt über ein Einzugsgebiet von 1,85 km<sup>2</sup>. Die Bemessungsabflüsse sind in Tabelle 2 dargestellt.

Name	Einzugsgebiet [km <sup>2</sup> ]	HQ <sub>1</sub> [l/s]	HQ <sub>5</sub> [l/s]
<b>Hille</b>	<b>1,850</b>	<b>177</b>	<b>344</b>

Tabelle 2: Bemessungsabflüsse für das Einzugsgebiet am Schöpfwerk Hille nach [1]

Für die Ermittlung der Bemessungsabflüsse wurden Niederschläge der Dauerstufe 30 Minuten aus einem Gutachten des DWD für die Stadt Minden verwendet. Die Tabelle 3 zeigt den Vergleich dieser statistischen Niederschlagswerte mit den Werten aus der aktuellen KOSTRA DWD2010R Tabelle. Hier wurde die Rasterzelle für Espelkamp verwendet.

Dauer, Jährlichkeit	Niederschlag [mm]	
	Genehmigungsplanung	KostraDWD2010R
r <sub>30,1</sub>	12,5	12,6
r <sub>30,5</sub>	19,9	21,0

Tabelle 3: Vergleich Niederschlagsdaten

Der Vergleich zeigt, dass die Werte für das 1jährige Ereignis praktisch identisch sind und für das 5jährige Ereignis nur einen Unterschied von ca. 5 % aufweisen. Daher wurde auf eine Anpassung der Bemessungsabflüsse verzichtet.

Angaben zum Mittelwasserabfluss sind den Unterlagen nicht zu entnehmen. An beiden Schöpfwerken wurde jedoch jeweils eine Pumpe mit einer Förderleistung von 20 l/s für die Förderung des MQ vorgesehen. Ergänzt werden diese jeweils durch eine Pumpe für höhere Zuflüsse. Das Land NRW stellt regionalisierte Mittelwasserabflüsse für alle Gewässer über das Internet (ELWAS-WEB) zur Verfügung. Diese Werte können aber nur als Orientierungswerte verwendet werden. Dort wird für den Moorbach und das Nebengewässer an den Standorten der Schöpfwerke jeweils ein Mittelwasserabfluss von 7 l/s angegeben.

Schöpfwerk	Pumpleistung [l/s]	
	Mittelwasserpumpe	Ergänzungspumpe Hochwasser
Frotheim	20	150
Hille	20	100

Tabelle 4: Pumpleistungen an den Schöpfwerken

## 4 Beschreibung des Istzustands und vorhandener Defizite

Der Moorbach und das zufließende Nebengewässer wurden in den vergangenen Jahren im Untersuchungsgebiet nicht unterhalten. Dies hat dazu geführt, dass in beiden Gewässern die Abflussleistung deutlich zurückgegangen ist. In den mit Weiden bestandenen Bereichen wird die Abflussleistung durch die teilweise im Gewässerquerschnitt wachsenden Weiden deutlich reduziert. Die Weiden ragen so weit in die Gewässer hinein, dass bei der Vermessung das Laufen durch das Gewässer abschnittsweise fast nicht möglich war. Dies betrifft vorwiegend das Nebengewässer, aber zwischen Gewässerstation 1+200 und 1+500 auch den Moorbach.

Der Moorbach fließt in vielen Bereichen durch offene Wiesen oder entlang eines Feldweges. Dort ist der Bach sehr gut belichtet. Das hat einen sehr starken Pflanzenaufwuchs im Bachbett zur Folge. Da der Bach nicht gemäht/geräumt wird, ist der Moorbach dort sehr stark verlandet. Dies trifft zum Teil auch auf das Nebengewässer zu.

Die Abbildung 6 zeigt einen Abschnitt des Moorbachs bei Station 1+500 in einer wasserarmen Zeit. Das Bachbett ist durch die Verlandung nur noch andeutungsweise als Gewässerprofil erkennbar. Abbildung 7 zeigt einen vollkommen verstopften Durchlass im Moorbach bei Station 1+650. Die meisten anderen Durchlässe verfügen zwar noch über eine höhere Leistungsfähigkeit als der dort dokumentierte, es sind aber praktisch alle Durchlässe stark verlandet und bei einigen sind die Rohre zumindest teilweise eingebrochen.



Abbildung 6: Moorbach bei Station 1+500 (Offenland)



Abbildung 7: Verlandeter Durchlass im Moorbach, Station 1+650

Abbildung 8 zeigt einen Blick auf das vom Schöpfwerk Frotheim zum Moorbach fließende Nebengewässer. Obwohl die Aufnahme im Dezember gemacht wurde, ist das Bachbett stark verkrautet und teilweise durch die Gehölze zugewachsen. Die Abbildung 9 zeigt einen Abschnitt des Nebengewässers im Bereich des starken Weidenbewuchses.



*Abbildung 8: Nebengewässer, Winteraufnahme im Offenland*

In den Längsschnitten in Anlage 1 sind die Bestandssohlen des Moorbachs und des Nebengewässers dargestellt.

Die in den letzten Jahren immer geringer werdende Abflussleistung der beiden Hauptgewässer hat dazu geführt, dass Probleme mit der Entwässerung der Gebiete oberstrom des Moores, also oberhalb der beiden Schöpfwerke, aufgetreten sind. Das Wasser wurde zwar mit den Pumpen gehoben, aber da der Abfluss im Alten Moor stark vermindert war, ist das Wasser teilweise rückwärts durch die für den Hochwasserabfluss vorgesehenen Betonrohre zu den Schöpfwerken geflossen. Das Wasser wurde dabei im Kreis gepumpt. Um den Rückfluss durch die Betonrohre zu verhindern und einen höheren hydraulischen Gradienten im Moor aufzubauen, wurden an den beiden Hochwasserüberlaufschwellen Aufkantungen aus Schichtholz aufgeschraubt (siehe Abbildungen 2 und 3). Diese sollen den Rücklauf zu den Schöpfwerken verhindern. Bei beiden Schöpfwerken liegt die Betonüberlaufschwelle bei 49,54 m NHN. Nach der Planung aus dem Jahr 2000 sollte sie jeweils bei 49,60 m NHN liegen. Am Schöpfwerk Hille wurde die Schwelle mit der Aufkantung auf 49,70 m NHN angehoben. Am Schöpfwerk Frotheim sogar auf 49,90 m NHN. So wird zwar die Rückströmung im Schöpfbetrieb verhindert, gleichzeitig wurden dadurch aber auch die Überlaufschwelle für den Abfluss bei größeren Hochwasserereignissen (größer HQ<sub>1</sub>)



*Abbildung 9: Nebengewässer im Bereich des Weidenbewuchses, Winteraufnahme*

erhöht. Dadurch wurde also eine Verschlechterung für die Oberlieger bei selteneren Hochwasserereignissen erreicht.

## 5 Maßnahmen

Um die in Kapitel 4 dargestellten Defizite zu beheben, sind die im folgenden Text beschriebenen Maßnahmen erarbeitet worden.

Einige Maßnahmen beinhalten auch die Einrichtungen von Wassertandsmessungen (Oberflächenwasser und auch Grundwasser). In den letzten Jahren ist die Entwicklung von Messsonden immer weiter fortgeschritten. So können heute Messsonden eingesetzt werden, die Akkubetrieben über ein Jahr lang Messwerte aufzeichnen können, und die zusätzlich über das Internet (Mobilfunk) fernabrufbar sind. Da solche Sonden heute durchaus erschwinglich sind, wird empfohlen Sonden mit dieser Technik zu verwenden. Dies hat den Vorteil, dass die Daten auch jederzeit von der Kreisverwaltung aus abgerufen werden können. Sie können dann auch bei Bedarf zur Lösung von Konflikten mit Anliegern usw. herangezogen werden. Hinzu kommt, dass Störungen und Defekte an den Messeinrichtungen schneller bemerkt werden als bei Sonden, die nur vor Ort ausgelesen werden können.

### **Unterhaltungsweg / Unterhaltungstreifen (M21 bis M25)**

Der Moorbach ist vom Wehr (Station 1+080) bis zum ersten Durchlass im Gebiet (Station 1+530) nicht gut mit Unterhaltungsgeräten erreichbar. Dies gilt auch für das gesamte

Nebengewässer vom Schöpfwerk Frotheim bis zur Einmündung in den Moorbach. Die Unterhaltung der Gewässer ist zukünftig regelmäßig durchzuführen. Aus diesem Grund sollen für die beschriebenen Gewässerabschnitte Unterhaltungswege bzw. Unterhaltungstreifen angelegt werden, die mit geeigneten Maschinen befahren werden können. Die Unterhaltungstreifen und -wege sollen dabei jeweils als Sackgassen angelegt werden, damit dadurch keine zusätzlichen Verkehrswege (Spaziergänger usw.) durch das Moor geschaffen werden.

### **Grundräumung (M19 bis M20)**

Grundräumung des Moorbachs auf der gesamten Strecke zwischen dem Wehr und dem Schöpfwerk Hille und für das Nebengewässer von Station 850 m bis zur Mündung in den Moorbach. Die Räumung soll dabei durchgehend auf eine Höhe von 48,50 m NHN erfolgen. Die Sohlhöhen einiger der vorhandenen Durchlässe sprechen dafür, dass dies zu Zeiten, in denen die Gräben noch unterhalten wurden, ungefähr der Grabensohle entsprochen hat. So liegt z. B. die Sohle des Durchlasses in der Straße "Durchs alte Moor" auf einer Höhe von ca. 48,50 m NHN.

Direkt unterhalb des Schöpfwerks Frotheim ist das Nebengewässer auch in der Vergangenheit auf einem Abschnitt von ca. 100 m regelmäßig unterhalten worden. Dort ist daher keine Grundräumung notwendig. Auch auf dem folgenden Abschnitt bis Station 0+850 ist die Grabensohle ausreichend tief. Dort verläuft der Graben aber ausschließlich durch Grünland und es ist kein begleitender Gehölzsaum vorhanden. Das Gewässer ist dort sehr stark mit Schilf bewachsen, sodass dort in Zukunft eine regelmäßige Unterhaltung der Schilfbestände vorgesehen ist (siehe folgende Maßnahme M17).

### **Entkrautung Schilfbestände (M17)**

Der Nebengraben ist auf dem Abschnitt Station 0+850 bis 0+960 stark mit Schilf bewachsen. Dort wurde in der Vergangenheit auch eine kleine Gewässerumgestaltung durchgeführt, bei der auf einer Länge von ca. 20 m ein Nebengerinne, und damit eine kleine Insel, angelegt wurde. Auch dieser Bereich ist sehr dicht mit Schilf bewachsen. Das dichte Schilf stellt ein deutliches Abflusshindernis dar. Es ist gleichzeitig aber auch ein wertvoller Lebensraum. Um den Wasserabfluss zu gewährleisten, ist vorgesehen, die Entkrautung im Jahreswechsel halbseitig durchzuführen und im Bereich der Insel entsprechend abwechselnd den Haupt- und den Nebenarm zu entkrauten.

### **Erlen entfernen (M18)**

Zwischen Station 0+755 und 0+850 des Nebengrabens sollen auf der Nordseite des Grabens die gewässerbegleitenden Erlen bis auf einige Einzelstämme entfernt werden. Der heute vorhandene Erlenbewuchs ist so dicht, dass der Graben nicht vom Ufer aus unterhalten werden kann.

### **Durchlässe räumen bzw. erneuern (M2 bis M11 und M13)**

Der Durchlass in der Straße "Durchs alte Moor" ist der einzige Durchlass im Gebiet, der in einem guten baulichen Zustand ist. Er kann erhalten bleiben, es sollte aber eine Sohlräumung des Rohres durchgeführt werden.

Alle anderen Durchlässe sind so stark beschädigt oder liegen auf der falschen Sohlhöhe, sodass sie, soweit sie weiter als Überfahrt benötigt werden, ersetzt werden sollten. Der Innendurchmesser sollte dabei mindestens 0,80 m betragen. Empfohlen wird der Einbau von Durchlässen DN1000, deren Rohrrinnensohle ca. 0,2 m tiefer eingebaut werden sollte als die Grabensohle.

### **Einrichten einer Wasserstandsmesseinrichtung und Aufhöhung der Hochwasserüberlaufschwelle (M12 und M16)**

Die Hochwasserüberlaufschwelle beider Schöpfwerke sind bei ihrer Errichtung 0,06 m niedriger gebaut worden als sie ursprünglich geplant wurden. Durch die Aufkantung wurde dies dann nachträglich korrigiert. Am Schöpfwerk Hille wurde die Höhe damit auf 49,70 m NHN und beim Schöpfwerk Frotheim auf 49,90 m NHN angehoben. Es wird empfohlen an beiden Schöpfwerken die Überlaufkanten auf die Höhe von 49,60 m NHN zu setzen. Damit würde der eigentlich geplante und genehmigte Zustand hergestellt. Dort die jetzige Schwellenhöhe beizubehalten wird nicht empfohlen, da sie bei höheren Zuflüssen (z. B. HQ<sub>5</sub>) zu einem deutlichen Aufstau oberhalb des "Alten Moores" führen (siehe Ausführungen in Kapitel 6.3). Es wird empfohlen die Aufkantungen aus Schichtholzplatten jeweils durch aufgeschraubte Edelstahlbleche (6 cm hoch) mit einer Abdichtung gegenüber dem Betonkörper zu ersetzen, da diese Konstruktion deutlich langlebiger ist als die Schichtholzplatten.

An beiden Schöpfwerksstandorten wird aktuell jeweils der Wasserstand außerhalb des Moores gemessen. Es wird empfohlen jeweils auch eine (fernabfragbare) Messstelle hinter den Schöpfwerken im Alten Moor zu installieren, um auch die Wasserstände im Moor beobachten zu können.

### **Einrichten einer Wasserstandsmessung an einem Teich im Gebiet (M15) und einer Grundwassermessstelle (M14)**

Es ist zurzeit nicht klar, wie gut die Grundwasseranbindung der Stillgewässer im Alten Moor ist. Aus diesem Grund soll am Teich neben der Straße "Durchs alte Moor" eine Wasserstandsmessstelle und auf der anderen Seite des Nebengewässers eine Grundwassermessstelle eingerichtet werden. Beide Messstellen sollen über Mobilfunk/Internet fernabfragbar ausgerüstet werden. Mit den Messwerten soll in Zukunft überwacht werden, wie sich die Grundwasser- und Oberflächenwasserstände im Gebiet entwickeln. Damit sollen auch Erkenntnisse über das Füllungs- und Entleerungsverhalten des Moores beim Schließen und Öffnen des Abschlusswehres gewonnen werden.

### **Einrichten von Wasserstandsmessstellen am Abschlusswehr (M1)**

Am Wehrstandort sollen zwei fernabfragbare Wasserstandsmessstellen eingerichtet werden. Damit sollen die Verhältnisse im Moor und außerhalb dokumentiert werden. Diese Daten sollen der Kontrolle der Wasserverhältnisse im "Alten Moor" dienen.

## 6 Hydraulische Modellierung

### 6.1 *Verwendetes Strömungsmodell*

Für die hydraulischen Modellierungen wurde das zweidimensionale Strömungsmodell Hydro\_AS-2D in der Version 5.1 verwendet. Das Programm löst die 2D-tiefengemittelten Strömungsgleichungen (Flachwassergleichungen) mit der räumlichen Diskretisierung der Finite-Volumen-Methode. Das Reibungsgefälle wird über die Darcy-Weisbach-Formel berechnet, wobei der Widerstandsbeiwert über den Manning-Strickler-Beiwert definiert wird. Das Modell kann auch hochgradig instationäre Strömungsvorgänge berechnen, wie sie z. B. bei Dammbrüchen auftreten. Weitere Details über das Programm sind in [2] zu finden.

### 6.2 *Modellerstellung*

Die Modellerstellung erfolgte mit dem Programmsystem Gecko-2D. Im ersten Schritt wurden aus den vermessenen Querprofilen die Gewässerläufe erstellt. Dafür verfügt Gecko-2D über einen integrierten Editor, mit dem aus den Querprofilen die Netzstruktur für einen Gewässerschlauch halbautomatisch erstellt wird.

Im nächsten Schritt wurde das Laserscan-DGM des Landes aufbereitet. Hierfür wurde das Programm MeadScan verwendet. Damit können Laserscandaten analysiert und aufbereitet werden. So verfügt das Programm über Methoden zur Erkennung von Bruchkanten. Im Zusammenspiel mit dem Netzgenerator MeadScan (in Gecko-2D integriert) können damit auf sehr effiziente Weise Berechnungsnetze unter Einhaltung vorgegebener Qualitätsgrenzwerte (z. B. kleinster Innenwinkel in den Elementen) erzeugt werden.

Im letzten Schritt wurden die Vermessungsdaten der Durchlässe für die Netzgenerierung aufbereitet. Aus der Gesamtheit der so aufbereiteten Daten wurde dann mit Gecko-2D das Berechnungsnetz erzeugt.

Die Rauheitsbereiche wurden auf der Grundlage der Luftbilder und der Ortsbegehung erstellt und bei der Netzgenerierung den Elementen des Berechnungsnetzes zugeordnet.

Abbildung 10 zeigt eine Übersicht über das gesamte Modell und Abbildung 11 einen Ausschnittsbereich, auf dem die Dreiecksstruktur des Berechnungsnetzes zu erkennen ist. Es besteht aus ca. 83.000 Dreieckselementen.



Abbildung 10: Übersicht über das Berechnungsmodell

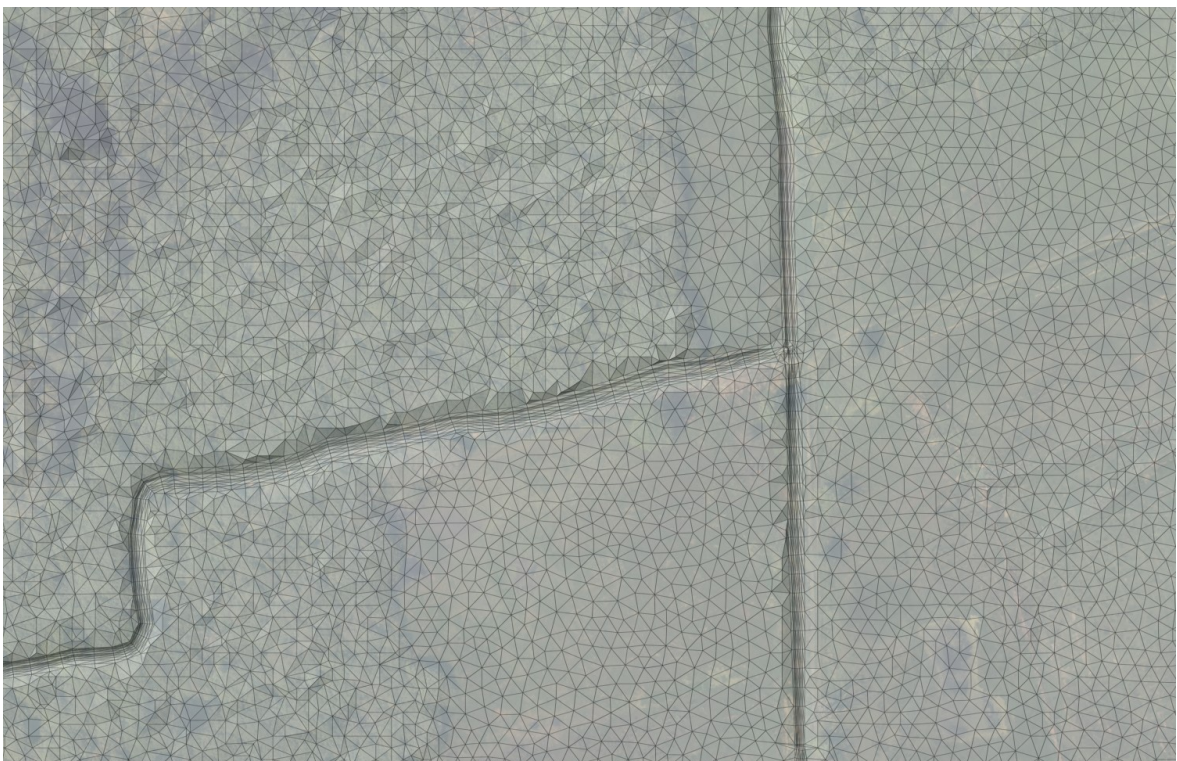


Abbildung 11: Ausschnitt des 2D-Modells (Einmündung des Nebengewässers in den Moorbach)

Tabelle 5 zeigt die verwendeten Rauheitsparameter.

Nutzungs-kategorie	Stricklerbeiwerte [m <sup>1/3</sup> /s]
extensives Grünland	23
Wege	35
Laubwald	10
Gewässer Mischbewuchs	15
Gewässer Schilf	8
Gewässer beschattet	25
Gewässer unbeschattet	23
Gewässer Weidenbewuchs	12

Tabelle 5: verwendete Rauheitsparameter (Strickler)

### 6.3 Randbedingungen und Ergebnisse der hydraulischen Modellierungen

Eine grundsätzliche Einschränkung in der Aussagekraft der hydraulischen Modellierungen liegt im zugrundeliegenden Laserscan-DGM begründet. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, wurde der Laserscan bei einem Wasserspiegel im Alten Moor von ca. 49,30 m NHN durchgeführt. Damit liegt es in den dabei überstauten Flächen deutlich zu hoch (Abbildung der Wasseroberfläche - nicht der Geländeoberfläche). Die im Modell berücksichtigten Gewässerstrecken (Moorbach und Nebengewässer) basieren zwar auf den vermessenen Querprofilen, dies betrifft aber nur das jeweilige direkte Bachbett. Damit wird im Modell die Abflussleistung im Einstaufall also unterschätzt, da der tatsächlich vorhandene Abflussquerschnitt im Modell zu gering ist. Dennoch wurden Berechnungen für zwei unterschiedliche Zustände durchgeführt. Beide Berechnungen wurden ausschließlich für den Planungsfall durchgeführt. Aufgrund des aktuellen Zustands des Gewässersystems mit den teilweise zerstörten Durchlässen wurde auf eine Modellierung des Istzustands verzichtet.

#### Abfluss 1, je 50 l/s an den Schöpfwerken

Bei diesem Abflusszustand wurde das Auslasswehr auf 49,50 m NHN eingestellt und an jedem der Schöpfwerke ein Zufluss von 50 l/s angesetzt. Es ist davon auszugehen, dass dieser Abfluss deutlich über dem mittleren Abfluss liegt. Eine detaillierte Herleitung des MQ liegt leider zurzeit nicht vor. Die regionalisierten Abflussspenden des Landes NRW (ELWAS-WEB) geben für den Moorbach am Schöpfwerk Hille einen MQ-Abfluss von 8 l/s und für das Nebengewässer am Schöpfwerk Frotheim 7 l/s an. Am Unterstromigen Modellrand wurde ein Energieliniengefälle von 0,1 Promille angesetzt.

Abbildung 12 zeigt das Ergebnis der Simulation. Die Berechnungen mit dem verwendeten 2D-Modell wird grundsätzlich immer instationär durchgeführt. Wenn also ein eigentlich stationärer Zustand berechnet werden soll, wird so lange instationär die gleiche Wassermenge in das Modell eingeleitet bis die gleiche Wassermenge auch wieder am Auslassrand das Modell verlässt.

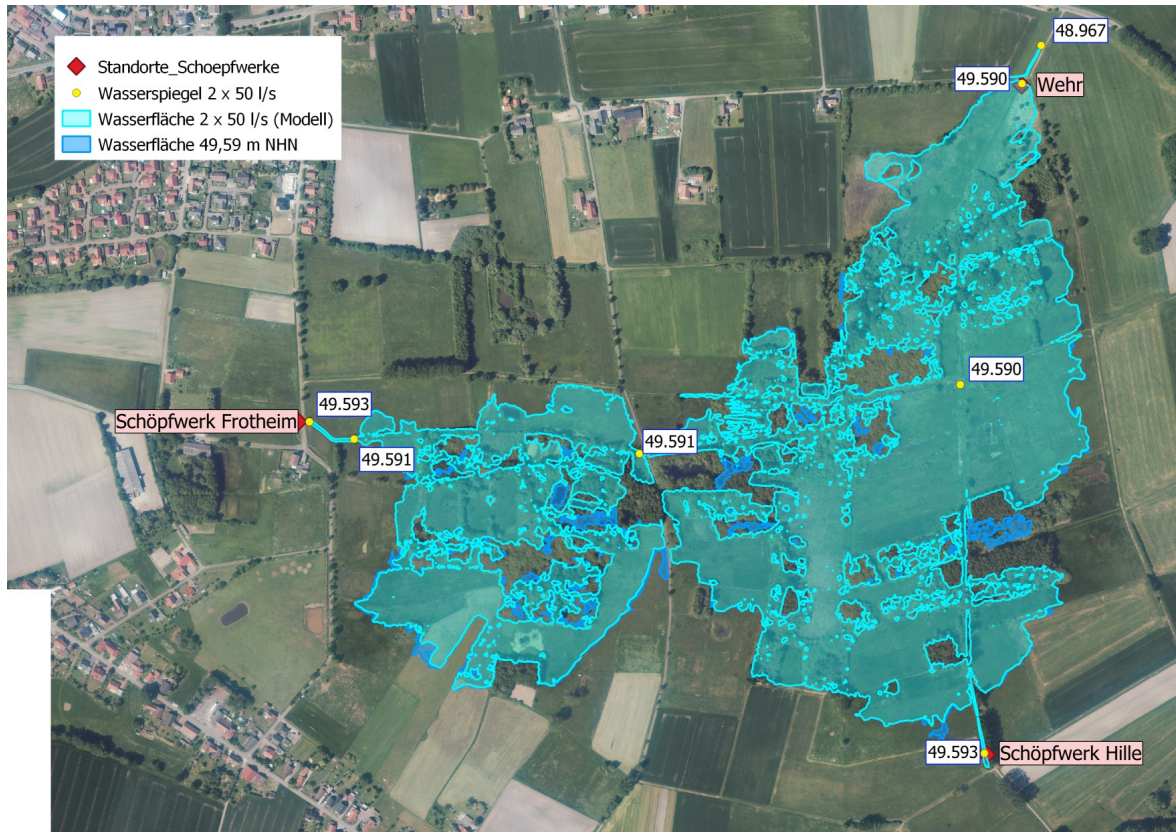


Abbildung 12: Ergebnis der Berechnungen für 2 x 50 l/s

Dann ergeben sich im Modell, auch wenn man die Simulation noch länger fortführt, keine Veränderungen mehr (stationärer Zustand). Im vorliegenden Fall wurde ein Anfangswasserstand im Modell von 49,50 m NHN an allen Netzknoten gesetzt (entspricht dem Stauziel). Dann wurde die Rechnung mit dem Zufluss von jeweils 50 l/s an den Schöpfwerken gestartet. Nachdem mit dem Modell ein Zeitraum von 9 Tagen simuliert worden ist, wurde die Berechnung abgebrochen. Zu diesem Zeitpunkt lag der Abfluss am Auslass des Modells bei 82 l/s. Da der Zufluss zum Modell nur sehr gering ist, die potentiell überstaute Fläche aber vergleichsweise groß ist, dauert es sehr lange, bis sich der Wasserspiegel im gesamten Moor ausgespiegelt hat. Um zu zeigen, bis wo hin sich der Wasserspiegel noch ausgedehnt hätte, wenn wirklich ein Stationärer Zustand erreicht worden wäre, ist in der Abbildung zusätzlich zur berechneten Überstaupflähe die Fläche dargestellt, die bei einer vollständigen Ausspiegelung benetzt gewesen wäre (GIS-Verschnitt DGM-Wasserspiegel 49,59 m NHN).

Der Wasserspiegel, der sich bei diesem Szenario einstellt, wird nahezu ausschließlich durch die Überfallhöhe über das Auslasswehr definiert. Hier stellt sich eine Überfallhöhe von 0,09 m bei einer Schwellenhöhe von 49,50 m NHN ein. Die Ergebnisse zeigen, dass bei dem gewählten Zufluss zum Gebiet vom Auslasswehr bis zu den Schöpfwerken Frotheim und Hille jeweils nur eine Wasserspiegeldifferenz von 3 mm besteht. Der Moorbach und das Nebengewässer verfügen also nach der Umsetzung der Maßnahmen über eine ausreichende Leistungsfähigkeit, um das Wasser von den Schöpfwerken abzuführen. Wenn z. B. im simulierten Szenario die Staubohlen im Wehr auf 49,40 m NHN gesetzt werden, dann wird im gesamten Gebiet der Zielwasserspiegel

von 49,50 m NHN nicht überschritten. Das System ist nach Umsetzung der Maßnahmen also über das Einsetzen und Ziehen der Staubohlen steuerbar.

Die Berechnungsergebnisse zeigen auch, dass die Überfallkanten an den Schöpfwerken mit 49,60 m NHN ausreichend hoch sind, um das Wasser durch das Gebiet abzuleiten. Dafür müssen die Staubohlen am Wehr entsprechend gesetzt werden.

## Abfluss 2, HQ<sub>5</sub>

Bei diesem Szenario wurden die Dammbalken am Wehr vollständig gezogen. Der Zufluss am Schöpfwerk Hille beträgt 344 l/s und am Schöpfwerk Frotheim 483 l/s. Am Unterstromigen Modellrand wurde ein Energieliniengefälle von 0,1 Promille angesetzt.

Die Abbildung 13 zeigt das Berechnungsergebnis für das HQ<sub>5</sub>. Viele Flächen im "Alten Moor" stehen bei diesem Abfluss unter Wasser. Der Wasserspiegelunterschied vom Auslasswehr bis zum Schöpfwerk Hille beträgt trotz des Hochwasserabflusses nur 7 cm. Zum Schöpfwerk Frotheim ist die Wasserspiegeldifferenz mit 14 cm doppelt so groß. Das Ergebnis zeigt, dass davon alleine 5 cm auf den Bereich direkt unterhalb des Schöpfwerks Frotheim entfallen. Auf diesem Abschnitt ist das Sohlgefälle im Nebengewässer deutlich größer als im restlichen Gebiet.

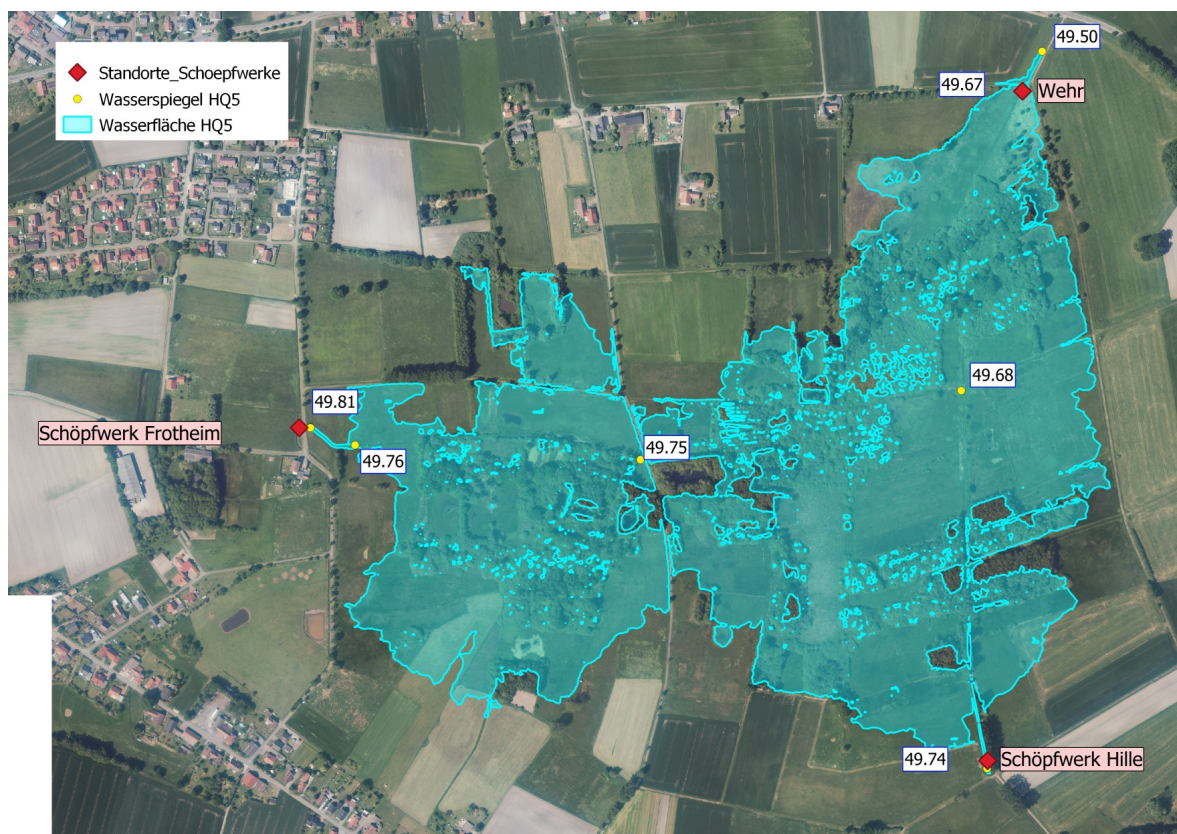


Abbildung 13: Ergebnis der Berechnungen für das HQ<sub>5</sub>

Der Wasserspiegel am Schöpfwerk Hille liegt mit 49,74 m NHN deutlich unter der Überfallhöhe, die in der ursprünglichen Bemessung des Bauwerks im Jahr 2000 (49,87 m NN) berechnet wurde. Beim Schöpfwerk Frotheim liegt der jetzt berechnete Wasserspiegel mit 49,81 m NHN auch etwas

unter dem Überfallwasserspiegel der Bemessung aus dem Jahr 2000 (49,84 m NN). Berechnungen für den Wasserspiegel auf der Moorseite der Schöpfwerke wurden damals nicht durchgeführt.

Es wurde damit auch nicht berücksichtigt, wie weit sich der Wasserspiegel im "Alten Moor" auf die Abflussleistung der Überfallwehre auswirkt (unvollkommener Überfall). Bei der Bemessung wurde für die Wehre ein Abflussbeiwert von 0,55 angesetzt. Dies entspricht einem eher breitkronigen Wehr. Der Unterwassereinfluss an einem Wehr ergibt sich aus dem Quotienten zwischen dem Wasserstand oberhalb der Schwelle und dem unterhalb der Schwelle. Bezogen wird der Wasserstand jeweils auf die Schwellenhöhe. Damit ergeben sich folgende Werte:

#### Frotheim

$$H_{\text{oberwasser}}: 49,84 - 49,60 = 0,24 \text{ m}$$

$$H_{\text{unterwasser}}: 49,81 - 49,60 = 0,21 \text{ m}$$

Damit ergibt sich ein Quotient von 0,88. Das ergibt nach einschlägigen Diagrammen [3] einen Abminderungsfaktor von 0,92. Die Abflussleistung liegt also 8 Prozent niedriger als beim vollkommenen Überfall.

#### Hille

$$H_{\text{oberwasser}}: 49,87 - 49,60 = 0,27 \text{ m}$$

$$H_{\text{unterwasser}}: 49,74 - 49,60 = 0,14 \text{ m}$$

Damit ergibt sich ein Quotient von 0,51. Das ergibt nach einschlägigen Diagrammen [3] einen Abminderungsfaktor von 1,0. Es liegt also keine Abminderung des Durchflusses vor.

Da am Schöpfwerk Hille die Abflussleistung durch den Wasserstand im Alten Moor nicht und am Schöpfwerk Frotheim nur um 8 Prozent reduziert wird, ist davon auszugehen, dass es keine nennenswerten negativen Auswirkungen im Vergleich zum im Jahr 2000 genehmigten Zustand nach oberstrom gibt. An beiden Schöpfwerken verbessert sich die Situation jedenfalls gegenüber dem heutigen Zustand, da die aktuell vorhandenen Aufkantungen eine deutliche Verschlechterung der Einströmung in das Alte Moor bedeuten. Das Ersetzen der Schichtholzplatten durch niedrigere Edelstahlbleche hat also einen positiven Effekt für die Oberlieger. Hinzu kommt, dass die Durchlässe im Modell nur mit einer Nennweite DN800 angesetzt wurden und die Gewässersohle 0,1 m höher angesetzt wurde als die Vorgabehöhe für die Sohlräumung. Auch hier wurde also eine Abschätzung zur sicheren Seite vorgenommen.

## 7 Zusammenfassung

Der Kreis Minden-Lübbecke hat für das NSG "Altes Moor" ein Maßnahmenkonzept erstellen lassen. Die hydrologische Situation des Gebiets ist einer der wichtigsten Faktoren für die Entwicklung des Gebiets. Aus diesem Grund sollte ein vertiefter hydrologischer Fachbeitrag für das Gebiet erstellt werden, um eine solide Grundlage für die weiteren ökologischen Maßnahmen zu schaffen. Das Ziel der Maßnahmen ist es dabei, die Abflussverhältnisse im "Alten Moor" zu verbessern und dauerhaft zu erhalten, und die Steuerungsmöglichkeit für den Wasserstand im "Alten Moor" wieder herzustellen. Über den Jahresverlauf und entsprechend der jeweils aktuellen hydrologischen Verhältnisse verändert sich der Zielwasserstand im Moor. Daher ist es wichtig, dass der Wasserstand wirksam über die Steuerungsorgane (Wehr, Schöpfwerke) beeinflusst werden kann. Aktuell ist dies aufgrund des schlechten Unterhaltungszustandes der Wasserläufe nicht ausreichend gegeben.

Das hydrologische Regime des "Alten Moores" wird durch den Moorbach, das Nebengewässer des Moorbachs und die Bauwerke Schöpfwerk Frotheim, Schöpfwerk Hille und das Abschlusswehr bestimmt. Bei normalen Zuflüssen wird das Wasser über die Schöpfwerke in das "Alte Moor" gehoben und fließt dann durch den Moorbach und das Nebengewässer über das Abschlusswehr ab. Bei Hochwasser fließt das Wasser im Freigefälle über Überlaufschwellen an den Schöpfwerken in das Gebiet. Am Wehr werden die Staubalken bei Hochwasser entfernt und das Wasser fließt dort ungehindert aus dem Gebiet ab.

Für die Beschreibung des Istzustandes und die Erarbeitung der Maßnahmen wurden die beiden Gewässerläufe vermessen. Aus den Vermessungsdaten und weiteren Geodaten (Laserscan-DGM usw.) wurde dann ein zweidimensionales Strömungsmodell aufgebaut und Maßnahmen zur Verbesserung der Abflussverhältnisse im "Alten Moor" erarbeitet. Diese umfassen z. B. die Räumung und künftige regelmäßige Unterhaltung der Gewässer, die Erweiterung des Messnetzes um Wasserstandsmessungen innerhalb des "Alten Moores" und den Ersatz der maroden Durchlässe im Moorbach.

Die Ergebnisse der hydraulischen Modellierungen für den Planungsfall zeigen, dass das Ziel der Verbesserung der Abflussverhältnisse im "Alten Moor" und die Sicherstellung der Steuerungsmöglichkeiten für den Wasserstand im Moor mit den geplanten Maßnahmen erreicht werden können.



## Quellenverzeichnis:

- [1] „Wasserwirtschaftliche Maßnahmen NSG "Altes Moor" Hille/Frotheim - Genehmigungsplanung“, Ingenieurbüro IWA Minden für den Kreis Minden-Lübbecke, Minden 2000
- [2] „Benutzerhandbuch Hydro\_AS-2D“, Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH, Aachen 2017
- [3] „Technische Hydromechanik 1“, Bollrich, Verlag für Bauwesen Berlin, 1996