

**Vereinigte Mulde, rechts, östlicher  
Ringschlussdeich Gruna  
Grundwassermodellierung**

**3. Zwischenbericht:  
Auswertung Monitoring und instationäre  
Modellberechnungen**

Süptitzer Weg 28A  
04860 Torgau

Geschäftsführer:  
Dr. Uta Alisch (Vorsitz)  
Dr. Rolf Balthes  
Dr. Dirk Brinschwitz

Tel.: 03421 741300  
Fax: 03421 741400  
fugro@fugro.de  
www.fugro.de

AG Berlin-Charlottenburg  
HRB 134082 B  
Ust.-IdNr.: DE 150 375 679

Deutsche Bank AG  
Konto-Nr. 960 300 2  
BLZ 100 700 00


IBAN: DE83 1007 0000 0960 3002 00  
SWIFT/BIC: DEUTDE33XXX

**Auftraggeber:** Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen  
Betrieb Elbaue / Mulde / Untere Weiße Elster  
Gartenstraße 34  
04571 Rötha

**Auftragnehmer:** Fugro Consult GmbH  
Süptitzer Weg 28A  
04860 Torgau

**Bearbeiter:** Dipl.-Geol. K. Brinschwitz  
Dipl.-Ing. H. Mrozik

**KT-Nr.:** 31-11-344  
  
Fugro Consult GmbH

**Bestätigt:**   
K. Brinschwitz  
Stellv. Abteilungsleiterin Grundwasser

**Datum:** Torgau, 27.05.2013

## Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung .....	4
2	Auswertung des Monitorings .....	5
2.1	Messnetz.....	5
2.1.1	Oberflächenwassermessstelle .....	5
2.1.2	Grundwassermessstellen .....	6
2.2	Datenerfassung / Überwachung .....	6
2.3	Auswertung des Monitorings .....	6
2.3.1	Großräumige hydrologische Verhältnisse im Monitoringzeitraum .....	6
2.3.2	Oberflächenwasser- und Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsgebiet.....	8
3	Modellaufbau .....	13
3.1	Allgemeines .....	13
3.2	Spundwände .....	13
3.3	Mulde .....	13
4	Instationäre Modellkalibrierung .....	14
5	Prognoserechnungen .....	15
5.1	Referenzhochwasser .....	15
5.2	Leakagefaktor der Überschwemmungsflächen .....	16
5.3	Berechnungsergebnisse .....	17
6	Zusammenfassung .....	18
7	Literatur- und Quellenverzeichnis .....	19

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: OWM in der Mulde (Blickrichtung stromab) .....	5
Abbildung 2: LTV-Gruna-GWMS 1 .....	6
Abbildung 3: LTV-Gruna-GWMS 3 .....	6
Abbildung 4: Klimabilanz Station Leipzig/Halle .....	7
Abbildung 5: Grundwasserganglinie Messstelle 44416534 Mörtitz (Quelle: digitale Umweltkarten LfULG) .....	8
Abbildung 6: Grundwasserganglinie LTV-Gruna-GWMS 1 .....	9
Abbildung 7: Grundwasserganglinie LTV-Gruna-GWMS 2 .....	10
Abbildung 8: Grundwasserganglinie LTV-Gruna-GWMS 3 .....	11
Abbildung 9: Wasserspiegelganglinie der Mulde .....	12
Abbildung 10: Berechnete und gemessene Grundwasserstandsganglinien .....	14
Abbildung 11: Zeitliche Entwicklung der Wasserstände der Mulde im Bereich der Südseite des Ringdeiches von Gruna (Referenzhochwasser) .....	15
Abbildung 12: Petrografische Einschätzung des Auelehms .....	17

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Vermessungsergebnisse OWM 1 .....	5
Tabelle 5-1: kf-Werte aus den Siebkennlinien .....	16

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageplan Messnetz Gruna	Maßstab 1 : 10.000
Anlage 2	Höchster Grundwasserspiegel (Druckspiegel) bei HQ100 der Mulde	Maßstab 1 : 3.300
Anlage 3	Niedrigster Flurabstand (Druckspiegel) bei HQ 100 der Mulde	Maßstab 1 : 3.300

## 1 Veranlassung

Die Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Betrieb Elbaue/Mulde/Untere Weiße Elster, plant die Errichtung eines Ringdeiches um die Ortslage Gruna. Mit der Untersuchung der Auswirkungen der geplanten Hochwasserschutzmaßnahme auf die Grundwasserverhältnisse wurde die FUGRO Consult GmbH beauftragt.

Der Auftrag beinhaltet eine hydrogeologische Detailuntersuchung, mit der festgestellt werden soll, ob der geplante Ringdeich mit einem Binnenentwässerungssystem kombiniert werden muss, um die Ortslage Gruna vor hohen Grundwasserständen zu schützen. Eingebunden in die Untersuchung ist der Aufbau eines numerischen geohydraulischen Modells, mit dessen Hilfe die zeitliche Reaktion des Grundwasserleiters auf ein Hochwasserereignis der Mulde als auch der zu erwartende maximale Grundwasserstand im Bereich der Bebauung prognostiziert werden soll.

Im Rahmen des 1. Zwischenberichtes zum Vorhaben [1] wurde eine Defizitanalyse zur Klärung der vorhandenen Datenlage zur Modellerstellung durchgeführt. Zusätzlich wurde im Rahmen der Bestandserfassung ein Monitoringprogramm/-messnetz vorgeschlagen, um die zeitlich variablen Strömungsbedingungen im potentiellen Modellgebiet ausreichend genau erfassen zu können.

In einem zweiten Schritt [2] wurde ein Erkundungsprogramm zur Schließung vorhandener Kenntnislücken durchgeführt, das u.a. die Geoelektrische Erkundung des Untersuchungsgebietes und die Errichtung des Grund- und Oberflächenwassermonitoringnetzes beinhaltete. Der im März 2012 erstellte 2. Zwischenbericht [2] enthält die Dokumentation und Auswertung der Feld- und Laborarbeiten sowie die Ergebnisse der geohydraulischen Modellierung.

Im Rahmen der 3. Bearbeitungsphase wurden folgende Leistungen erbracht, deren Dokumentation und Auswertung im vorliegenden 3. Zwischenbericht zusammengefasst wurden:

### (1) Grund- und Oberflächenwassermonitoring

- regelmäßige Auslesung der erfassten Daten, Funktionskontrolle und Wartung der Datenlogger (2-monatlicher Rhythmus)
- Überführung der Messwerte in eine Datenbank und Auswertung der Messergebnisse

### (2) Modellkalibrierung / Berechnung Modellvarianten

- Durchführung einer instationären Kalibrierung des Modells auf der Grundlage der gewonnenen Monitoringdaten
- Berechnung der Planvariante.

## 2 Auswertung des Monitorings

### 2.1 Messnetz

#### 2.1.1 Oberflächenwassermessstelle

Um den Einfluss der Mulde auf den Grundwasserleiter erfassen zu können, wurde in der Mulde eine Oberflächenwassermessstelle (OWM) errichtet. Die OWM wurde ca. 30 m stromunterhalb der Fähranlegestelle Gruna installiert. Die OWM besteht aus einem 2"-Filterrohr, das ca. 1,5 m in die Gewässersohle gerammt wurde sowie aus einem am Filterrohr befestigten Lattenpegel, der so angebracht wurde, dass er vom Ufer ablesbar ist. In das Filterrohr wurde ein Datenlogger eingesetzt und mit einer Pegelkappe versehen.

Die OWM wurde lage- und höhenmäßig eingemessen (Koordinatensystem: Germany DHDN 12, 4. Streifen; Höhensystem: DHHN92).

Tabelle 2-1: Vermessungsergebnisse OWM 1

Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Höhe [mNHN]	Bemerkung
OWM 1	4542242,5	5710596,1	90,31	Höhe des Pegelnullpunktes



Abbildung 1: OWM in der Mulde (Blickrichtung stromab)

### 2.1.2 Grundwassermessstellen

Um die zeitliche Reaktion des Aquifers auf einen Hochwasserimpuls der Mulde in der Ortslage Gruna und im weiteren Untersuchungsgebiet messtechnisch erfassen zu können, wurde in [1] die Errichtung eines Grundwassermessnetzes konzipiert und in der zweiten Phase umgesetzt.

Für das Grundwassermessnetz wurden insgesamt 3 neue Messstellen gesetzt (siehe Anlage 1). Die neuen Grundwassermessstellen wurden als Einfachmessstellen DN 100 mit Filterlängen von 3 m ausgebaut und mit Datenloggern bestückt.



Abbildung 2: LTV-Gruna-GWMS 1



Abbildung 3: LTV-Gruna-GWMS 3

## 2.2 Datenerfassung / Überwachung

Das Monitoring erfolgte im Gesamtzeitraum vom 03.04.2012 bis 11.04.2013.

Die Wasserstände der neu errichteten Grund- und Oberflächenwassermessstellen wurden jeweils mittels Datenlogger aufgezeichnet. Der Messrhythmus betrug 2 h in der OWM und 6 h in den GWM.

Die Messstellen wurden im 2-monatlichen Rhythmus befahren. Dabei erfolgten neben der Datenauslesung regelmäßige Kontrollmessungen per Lichtlot. Des Weiteren wurden die Datenlogger und Einhängkabel geprüft und gewartet.

## 2.3 Auswertung des Monitorings

### 2.3.1 Großräumige hydrologische Verhältnisse im Monitoringzeitraum

Das Kalenderjahr 2012 war im Allgemeinen etwas zu nass und mit 1,2 Grad in Sachsen deutlich zu warm. Die ersten zwei Monate im Kalenderjahr 2013 waren sogar deutlich zu nass. Das Gebietsmittel des Niederschlags wird im Januar 2013 für Sachsen mit 85 mm angegeben (= 161 % des langjährigen Mittels der Reihe 1981-2010), im Januar noch mit 53 mm (= 114 %).



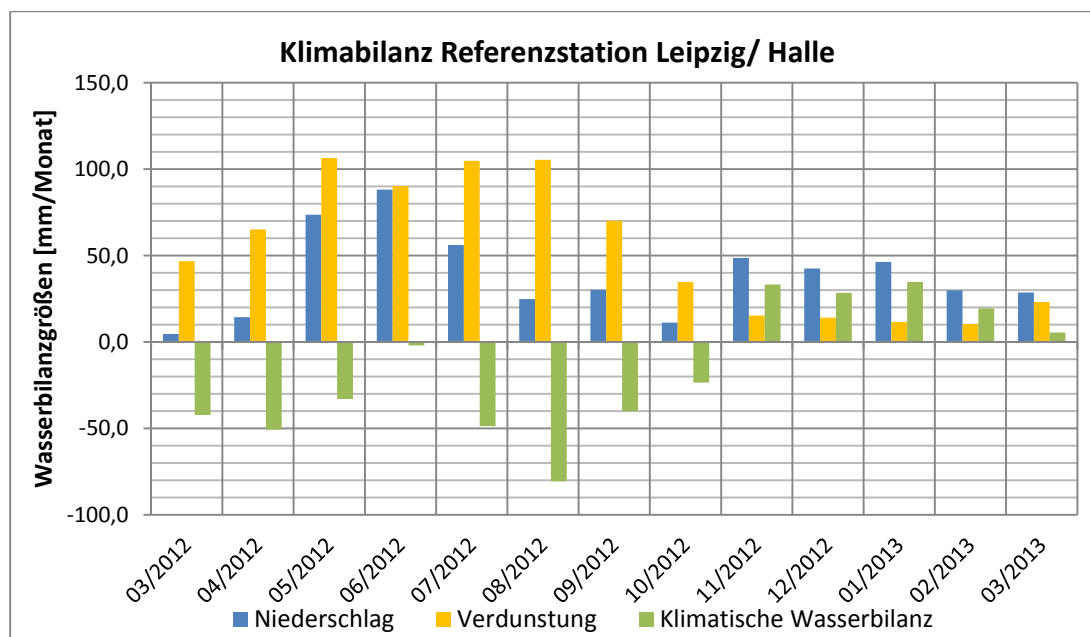


Abbildung 4: Klimabilanz Station Leipzig/Halle

### **Oberflächenwasser**

Die Wasserführung in der Mulde sank in der allgemeinen Tendenz von Beginn des Monitoringzeitraums im April 2012 bis zum Ende des Abflussjahres 2102 (November) ab. Die Monatsmittelwerte der Durchflüsse und Wasserstände lagen z.T. deutlich unterhalb der langjährigen Monatsmittelwerte.

Mit Einsetzen der temporären Schneeschmelze und den Niederschlägen Mitte Dezember stiegen die Wasserstände in der Mulde deutlich an. Am 24.12.2012 erreichte der Wasserstand am Pegel Golzern den Richtwert der Alarmstufe 2. Nachdem sich Ende Dezember wieder eine fallende Tendenz an den Pegeln im Flussgebiet der Mulde eingestellt hatte, stiegen die Wasserstände aufgrund der ergiebigen Niederschläge ab Anfang Januar 2013 stark an. An den Pegeln Golzern und Bad Dübener wurde der Richtwert der Alarmstufe 2 überschritten (Pegel Golzern: HW = 422 cm; Pegel Bad Dübener: HW = 601 cm am 07.01.2013).

Ab dem 13.01. 2013 stellte sich wieder eine fallende bis dann gleichbleibende Tendenz der Wasserführung ein. Ab Ende Januar wurde durch die Schneeschmelze und den Niederschlag wieder eine steigende Wasserführung an den Pegeln beobachtet. Aufgrund der anhaltenden winterlichen Witterung ab Anfang Februar setzte eine fallende bis gleichbleibende Tendenz der Wasserführung ein. Bis Ende März sank die Wasserführung dann kontinuierlich ab.

### **Grundwasser**

Zu Beginn des Messzyklus (April 2012) war eine fallende Tendenz bei den Grundwasserständen zu verzeichnen, die sich im Mai und Juni 2012 fortsetzte. Die mittleren Grundwasserstände lagen teilweise deutlich unter den langjährigen Monatsmittelwerten. Anfang Juli wurde ein kurzzeitiger Anstieg registriert, ansonsten setzte sich die fallende Tendenz bis November 2012 fort.

Ab Ende November stiegen die Grundwasserspiegel kontinuierlich an und bewegen sich seit Anfang März 2013 auf relativ gleichbleibendem Niveau (Beispiel: Grundwasserganglinie der Staatlichen Grundwassermessstelle 44415634 Mörtitz, Abbildung 5).

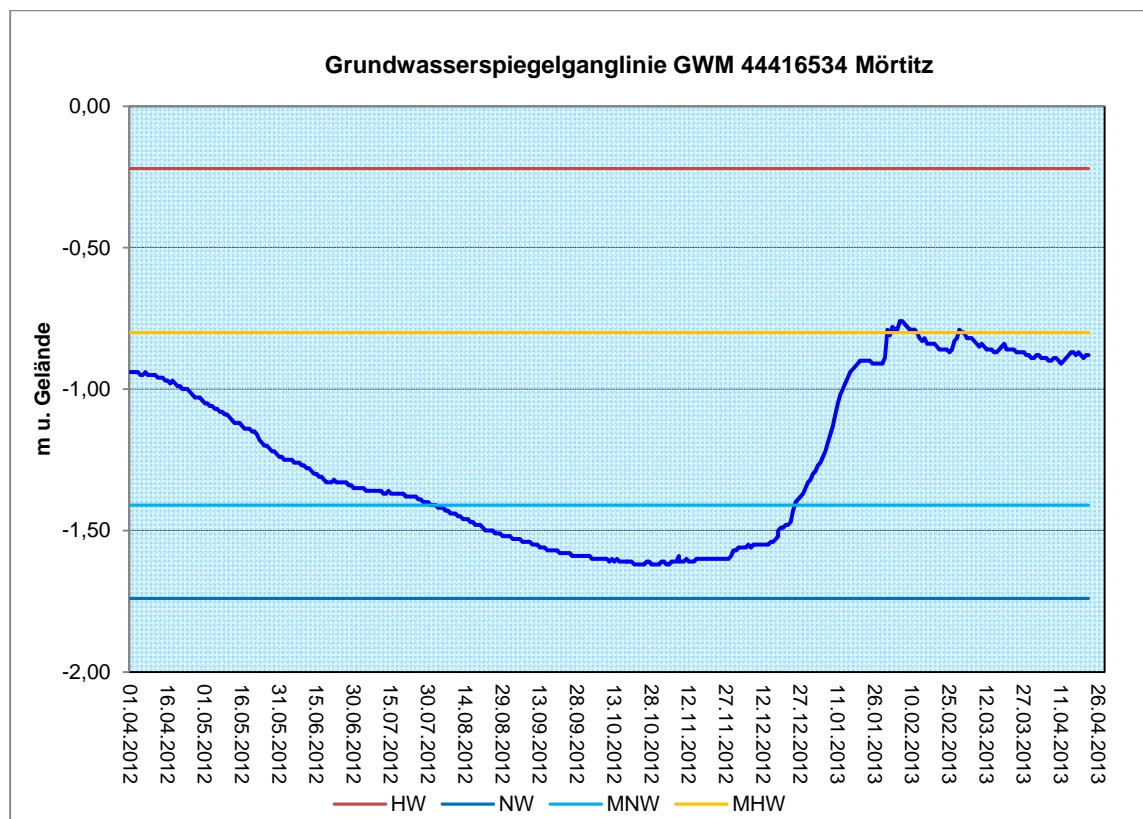


Abbildung 5: Grundwasserganglinie Messstelle 44416534 Mörtitz (Quelle: digitale Umweltkarten LfULG)

### 2.3.2 Oberflächenwasser- und Grundwasserverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Die kontinuierlichen Loggeraufzeichnungen aller Messstellen wurden in eine Datenbank überführt (siehe Anhang). Die Auswertung der Messergebnisse erfolgte in Form von Tabellen und Ganglinien.

#### **LTV-Gruna-GWMS 1**

In Abbildung 6 zeigt die Grundwasserganglinie der Messstelle LTV-Gruna-GWMS 1, die in der Ortslage Gruna, ca. 250 m von der Mulde entfernt liegt, dargestellt. Der Grundwasserspiegelgang zeigt ab April bis Mitte Dezember eine fallende bis gleichbleibende Tendenz. Mit Einsetzen der temporären Schneeschmelze und den Niederschlägen Ende 2012/Anfang 2013 ist ein kurzfristiger starker Anstieg des Grundwasserspiegels um ca. 2,5 m zu verzeichnen.

Nach einem kurzzeitigen Peak fällt der Wasserspiegel innerhalb von 14 Tagen um ca. 1,3 m (Ende Januar).

Ab Anfang Februar 2013 ist eine prinzipiell fallende Tendenz (mit nur kurzzeitigen Anstiegen) um weitere 0,6 m zu erkennen auf ein Niveau, das mit dem des Vorjahres vergleichbar ist.



Der Grundwasserspiegel der Messstelle LTV-Gruna-GWMS 1 reagiert offensichtlich nahezu gleichzeitig bzw. marginal zeitversetzt mit der Mulde.

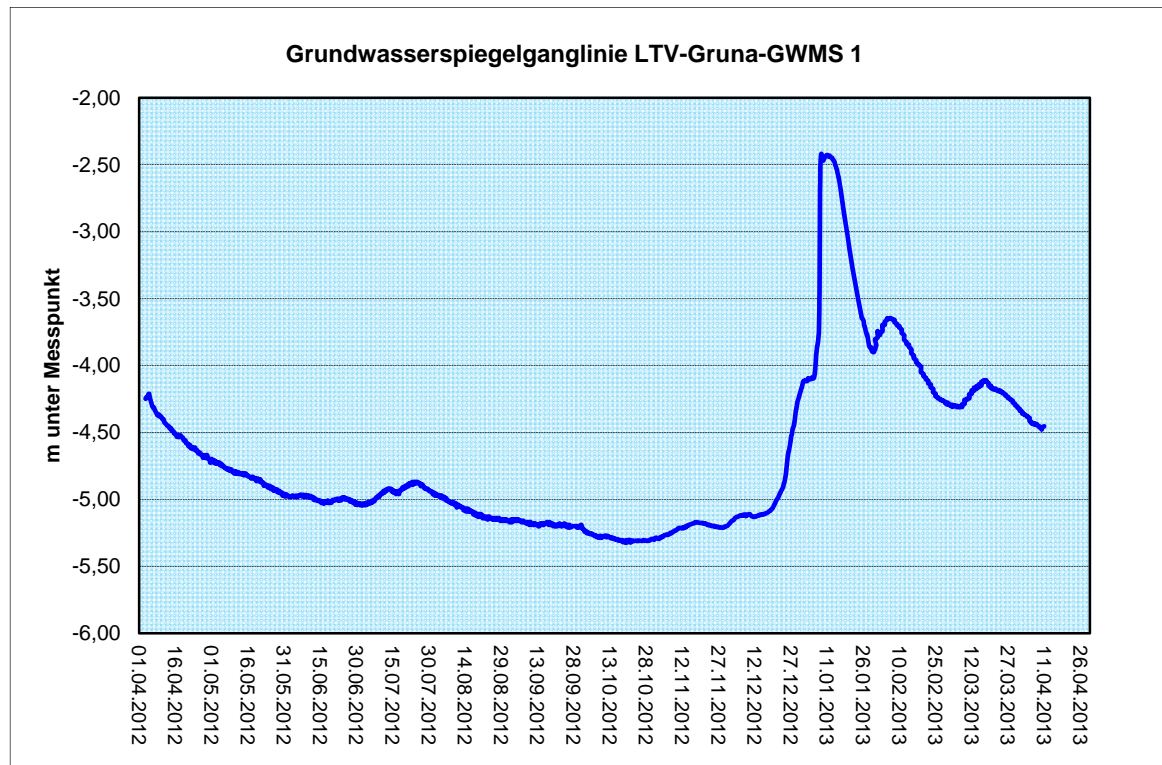


Abbildung 6: Grundwasserganglinie LTV-Gruna-GWMS 1

### **LTV-Gruna-GWMS 2**

Die Messstelle LTV-Gruna-GWMS 2 befindet sich in östlicher Randlage von Gruna, ca. 500 m von der Messstelle LTV-Gruna-GWMS 1 entfernt. Die Grundwasserganglinie verläuft wesentlich gleichmäßiger (Abbildung 7). Nach einer langen fallenden Tendenz von April bis Mitte Dezember 2012 stieg der Wasserspiegel bis Mitte Januar 2013 um ca. 1,2 m. Seitdem verharrt der Grundwasserspiegel auf einem nahe konstanten Niveau zwischen 3,55 m bis 3,80 m unter Messpunkt. Die Messstelle reagiert nicht so deutlich wie die Messstelle LTV-Gruna-GWMS 1 auf die Änderungen der Wasserführung der Mulde.

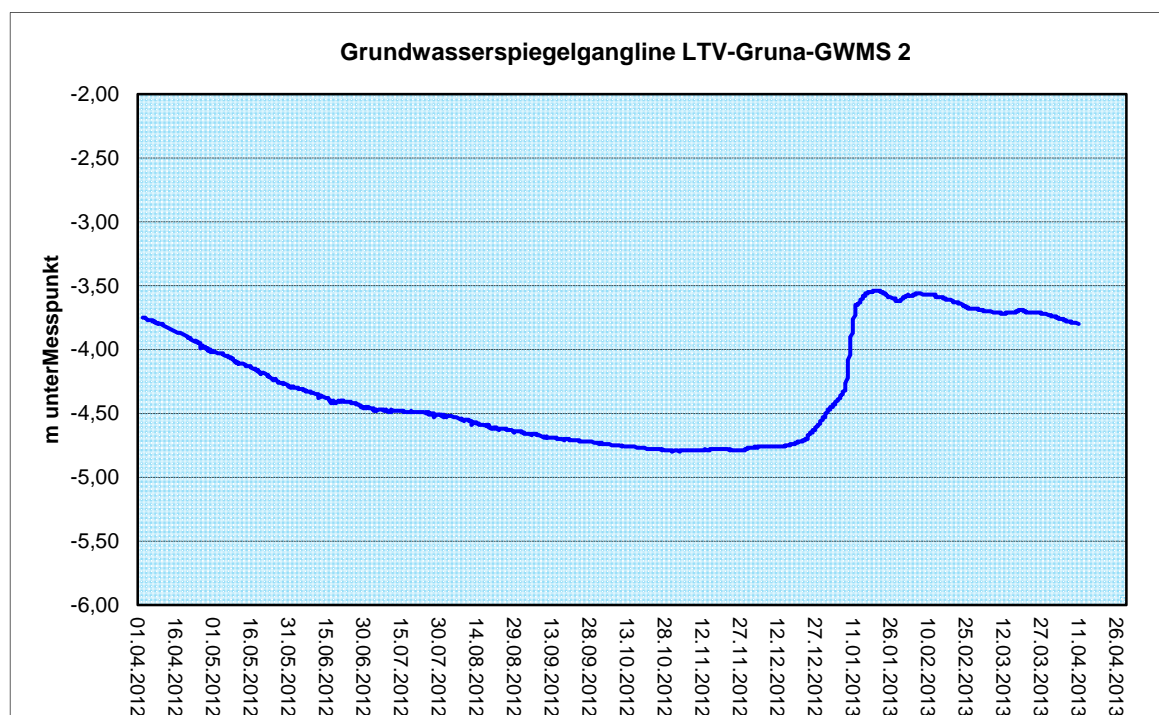


Abbildung 7: Grundwasserganglinie LTV-Gruna-GWMS 2

### LTV-Gruna-GWMS 3

Die Messstelle LTV-Gruna-GWMS 3 liegt ca. 1,2 km von der Mulde entfernt. Die Amplitude der Spiegelschwankungen beträgt an dieser Messstelle nur etwa 1,1 m. Nach fallender Tendenz bis August, stagnierte der Grundwasserspiegel bis Mitte Dezember 2012 auf relativ gleichbleibendem Niveau (3,10 - 3,25 m unter Messpunkt). Nach den Niederschlagsereignissen um den Jahreswechsel stieg der Grundwasserspiegel in der Messstelle bis Ende Januar 2013 um ca. 1 m an. Seitdem liegt der Grundwasserspiegel auf einem nahe konstantem Niveau zwischen 2,15 m bis 2,35 m unter Messpunkt.

Die Reaktion des Grundwasserspiegels auf das Hochwasserereignis der Mulde ist aufgrund der Entfernung zur Vorflut sehr viel schwächer ausgebildet als bei den beiden anderen Grundwassermessstellen. Trotzdem kann ein beschleunigter Anstieg ab dem 20.12.12 festgestellt werden, der vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass das Grundwasser zum Zeitpunkt des Hochwassers nicht in die Mulde entlasten kann und somit im Bereich der Messstelle zu einem Grundwasserrückstau kommt.

Die Quantifizierung des Mulde-bedingten Grundwasseranstieges ist insofern schwierig, da dieser von einer verstärkten Grundwasserneubildung überlagert wird.

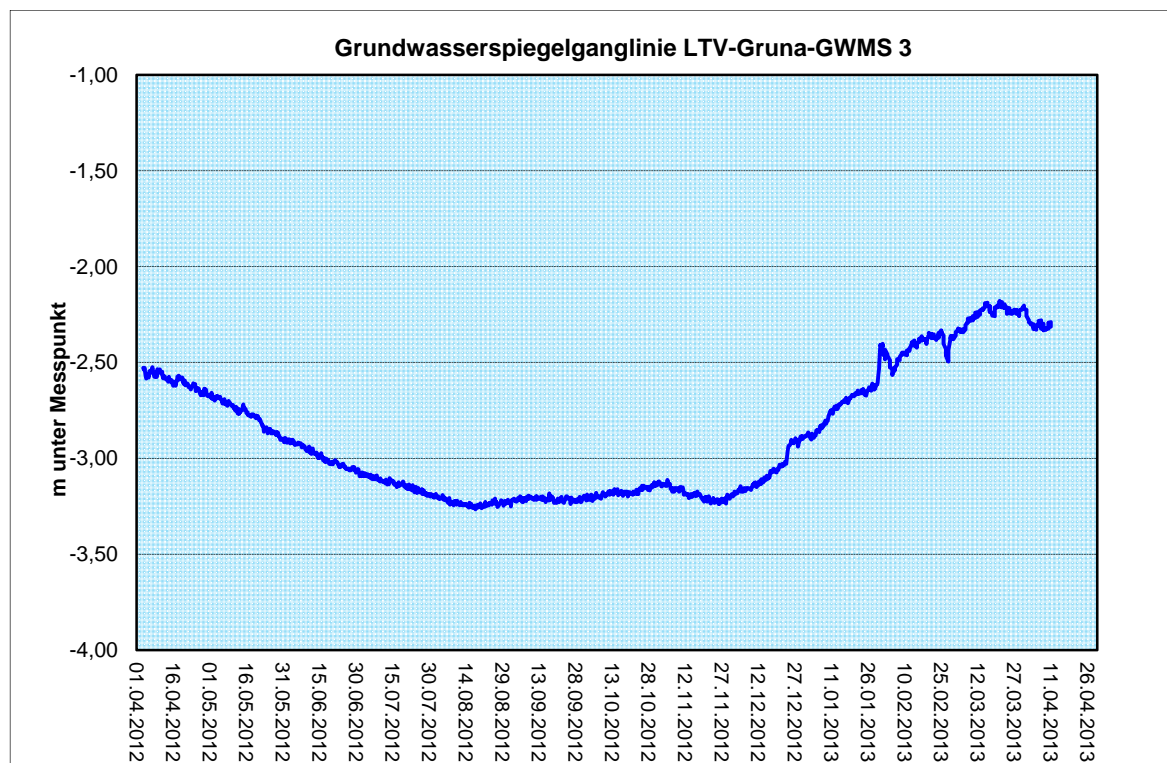


Abbildung 8: Grundwasserganglinie LTV-Gruna-GWMS 3

**LTV-Gruna-OWM 1**

Der temporär installierte Pegel in der Mulde spiegelt prinzipiell die an den Pegeln des Landesmessnetzes aufgezeichneten Wasserstände wieder. Die Wasserführung am Pegel sank tendenziell von Beginn des Monitoringzeitraums im April 2012 bis Mitte Dezember, mit Ausnahme kurzzeitiger Anstiege Anfang Juli, ab. Mitte Dezember stieg der Wasserstand auf Grund der einsetzenden Schneeschmelze am Pegel deutlich an. Nach kurzzeitigem Rückgang Ende Dezember folgten mehrere aufeinander folgende Hochwasserwellen mit unterschiedlichen Scheitelwerten. Der höchste Scheitelwert setzte vermutlich am 08.01.2013 mit einer Scheitelhöhe von ca. 93,2 m NN ein.

Durch einen kurzzeitigen Ausfall und Diebstahl des Loggers in der Mulde konnte nicht das komplette Hochwassergeschehen messtechnisch verfolgt werden. Deshalb musste die Ableitung der einzelnen Hochwasserwellen vor Ort durch die benachbarten Pegel Bad Düben und Golzern erfolgen.

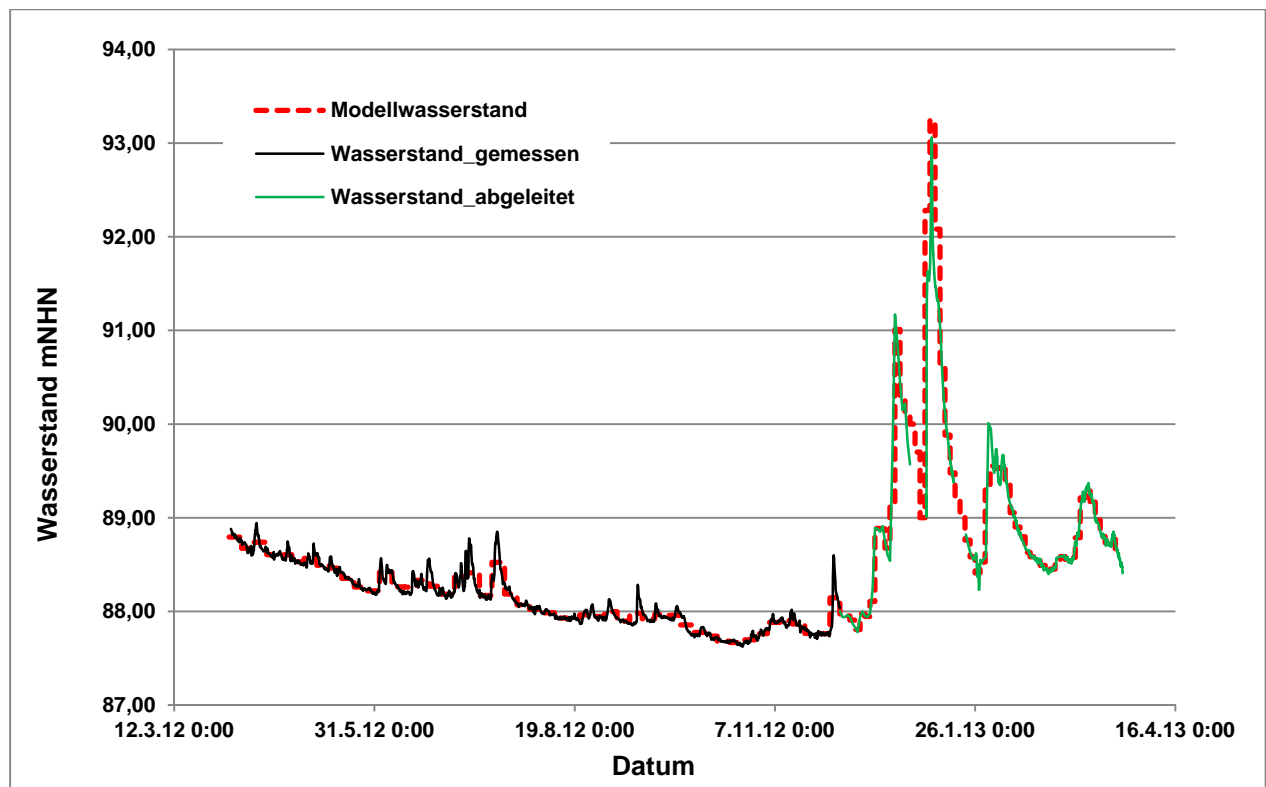


Abbildung 9: Wasserspiegelganglinie der Mulde

Ein Hochwasser der Mulde bewirkt einen verhältnismäßig schnellen Anstieg der Grundwasserstände im Bereich der Ortslage. Ursachen dafür sind die guten bis sehr guten Durchlässigkeiten der Kiese und Sande des Aquifers, die gespannten/teilgespannten Druckverhältnisse und die Lage des Ortes in einem Muldebogen. Die Ganglinien der Grundwassermessstellen reagieren in Abhängigkeit von der Uferlinie der Mulde zeitlich verzögert und phasenverschoben zum Gang des Muldehochwassers. Je näher sich die Messstelle zur Mulde befindet, umso kürzer ist die Reaktionszeit und umso ausgeprägter ist der Grundwasserscheitel.

### 3 Modellaufbau

#### 3.1 Allgemeines

Der prinzipielle geohydraulische Aufbau des Grundwasserströmungsmodells des zweiten Zwischenberichtes [2] wurde nicht verändert. Die horizontale Diskretisierung, die Modellbasis, die Grundwasserneubildung, die Modelloberfläche sowie alle Randbedingungen mit Ausnahme der River-Randbedingung „Mulde“ entsprechen der darin enthaltenen Modelldokumentation. In den folgenden Kapiteln werden nur die wesentlichen Änderungen des Modellaufbaus näher beschrieben.

#### 3.2 Spundwände

Entlang der nördlichen und westlichen Bebauungsgrenze sollen die bereits vorhandenen Spundwände verlängert und als zusätzlicher hydraulischer Schutz ausgebaut werden. Die Einbindetiefe in den Untergrund schwankt zwischen 5 und 7 m unter Gelände.

Die als Grundwasserfließhindernis fungierenden Spundwände werden als undurchströmbare geohydraulische Fließbarrieren mit einer einheitlichen Einbindetiefe von 86,5 mNHN berücksichtigt. Das mit nur einer Modellschicht arbeitende Modell musste deshalb in zwei Modellschichten vertikal diskretisiert werden. Im Bereich der alten und neuen Spundwände liegt die Basis der ersten Modellschicht auf 86,5 mNHN. Die Basis der zweiten Modellschicht geht mit der Quartärbasis konform. Diese liegt im Bereich der Spundwände bei ca. 82,5 ...85 mNHN.

#### 3.3 Mulde

Die Mulde wurde im Modell als Randbedingung 3. Art (RIVER) mit

$$Q = L \cdot A \cdot (h_{OW} - h_{GW}) \quad [m^3/s]$$

Q:	Randvolumenstrom	[m <sup>3</sup> /s]
L:	Leakagefaktor	[1/s]
A:	wirksame Vorflutfläche, elementbezogen	[m <sup>2</sup> ]
h <sub>OW</sub> :	Wasserstand der Vorflut	[mNHN]
h <sub>GW</sub> :	simulierter Grundwasserstand	[mNHN]

berücksichtigt.

Für die modelltechnische Implementierung der zeitlich variablen Wasserspiegelhöhen wurde die Wasserstandsganglinie der Mulde als Stufenfunktion mit Stressperioden (Zeitschritte) von 2 und 5 Tagen approximiert. Für den Kalibrierzeitraum ohne Hochwasser (3.4.2012 bis 2.12.2012) wurden Zeitschritte von 5 Tagen Dauer gewählt. In der Periode des ansteigenden und abfallenden Hochwassers der Mulde (3.12.12 bis 24.3.2013) besitzen die Zeitschritte eine Dauer von 2 Tagen. Insgesamt ergaben sich 106 Zeitschritte bzw. Stressperioden. Die für den Kalibrierzeitraum generalisierte Wasserstandsganglinie der Mulde zeigt die Abbildung 9.

Die Werte für die Leakagefaktoren, welche die Verbindung zwischen der Elbe bzw. Flutrinne und dem Grundwasserleiter charakterisieren, sind Zielgrößen der Modellkalibrierung.

#### 4 Instationäre Modellkalibrierung

Die instationäre Modellkalibrierung soll erreichen, ein prognosefähiges Simulationsmodell zu erhalten. Dazu müssen mit dem geohydraulischen Berechnungsmodell die gemessenen Grundwasserstandsganglinien der Messstellen GWM 1, 2 und 3 so gut wie möglich nachsimuliert werden. Die Modelleichung erfolgte instationär für den Zeitraum 04/2012 bis 03/2013.

Die schrittweise Verbesserung der Modellgüte wurde durch Variation der entwässerbaren Porositäten/Speicherkoeffizienten sowie der hydraulischen Verbindung der Mulde mit dem Grundwasserleiter (Leakage-Faktor) unter Zuhilfenahme numerischer Optimierungsmethoden erreicht.

Die flächendifferenzierte mittlere Grundwasserneubildung sowie die aus der stationären Kalibrierung hervorgegangene kf-Wertverteilung wurden nicht verändert.

Nach Beendigung des instationären Kalibrierprozesses konnte eine hinreichend genaue Übereinstimmung von Mess- und Berechnungswerten erzielt werden. Die folgende Abbildung zeigt dieses zufriedenstellende Ergebnis nach Beendigung des Kalibrierungsprozesses in Form eines Vergleichs zwischen den berechneten und gemessenen Grundwasserganglinien.

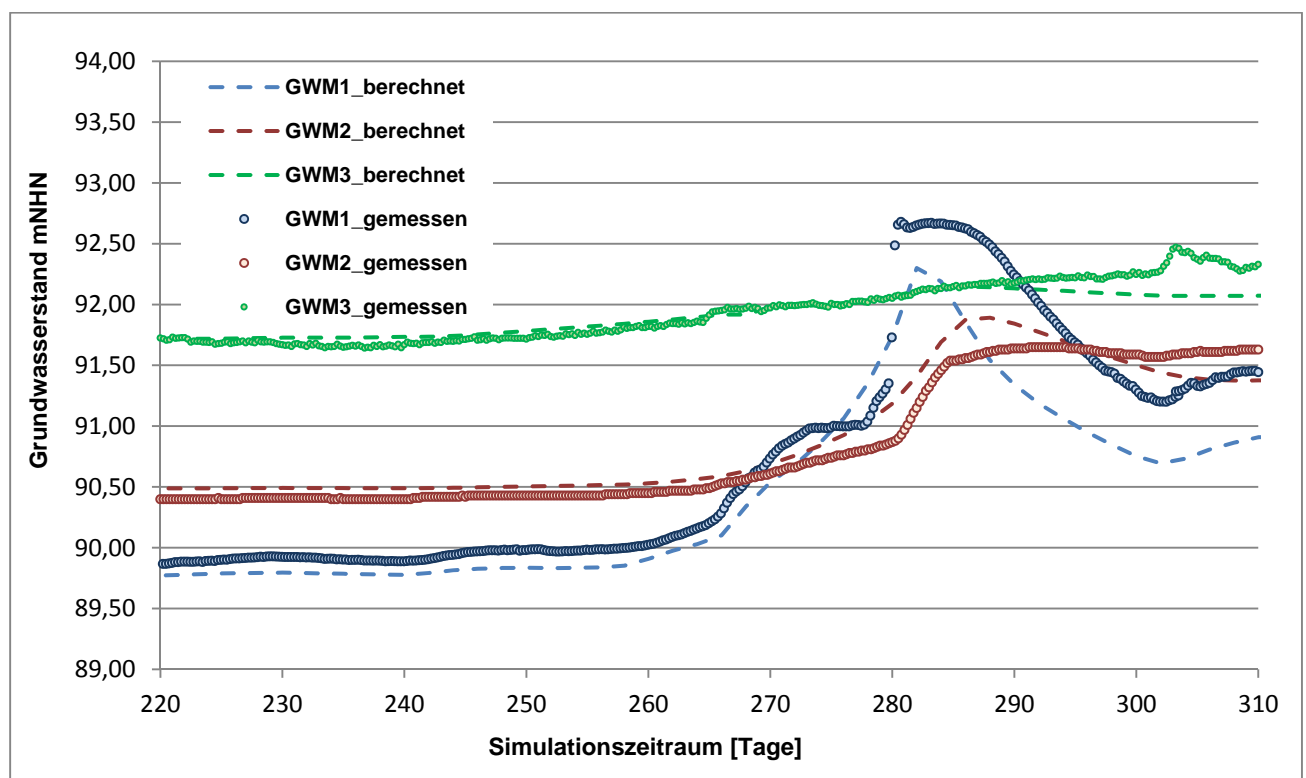


Abbildung 10: Berechnete und gemessene Grundwasserstandsganglinien

Die identifizierten entwässerbaren Porositäten liegen zwischen 0,005 und 0,02 % was wiederum ein Ausdruck für gespannte / teilgespannte Grundwasserverhältnisse ist. Der wirksame Leakage-Faktor für das Muldeflussbett wurde mit  $L = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ 1/s}$  ermittelt.



## 5 Prognoserechnungen

### 5.1 Referenzhochwasser

Der Nachweis der Effektivität der Hochwasserschutzmaßnahme wird auf der Grundlage des instationär kalibrierten geohydraulischen Simulationsmodells unter Verwendung eines Referenz-Hochwasserereignisses der Mulde erbracht.

Das verwendete Referenzhochwasser der Mulde basiert auf einer zweidimensionalen hydraulischen Wasserspiegellagenberechnung für ein HQ(100) des Planzustandes. Der Planzustand bildet einen Bruch des Deiches an drei verschiedenen Stellen in der Nähe von Mörtitz nach. Dieser erfolgt unmittelbar nach der ersten Deichüberströmung, kurz vor dem Hochwasserscheitel.

Das Referenzhochwasser geht von einem typischen sommerlichen **Scheitelhochwasser** mit einem sehr schnellen Wasserstandsanstieg und einem langsameren Abfall aus. Der Hochwasseranstieg und der -abfall orientieren sich an dem realen Hochwasserereignis vom August 2002. Ausgehend von einem bereits erhöhten Wasserstand der Mulde von ca. 92,8 mNHN im Bereich der Ortschaft Gruna erfolgt der Anstieg des Wasserspiegels mit einer mittleren Anstiegsgeschwindigkeit von ca. 130 cm/h. Nach Erreichen des Scheitels mit einer Scheitelhöhe von 96,25 mNHN erfolgt ein Wasserstandsrückgang mit einer Geschwindigkeit von ca. 5 cm/h vor und ca. 2 cm/h hinter dem überfluteten Deich (siehe Abb. 11).

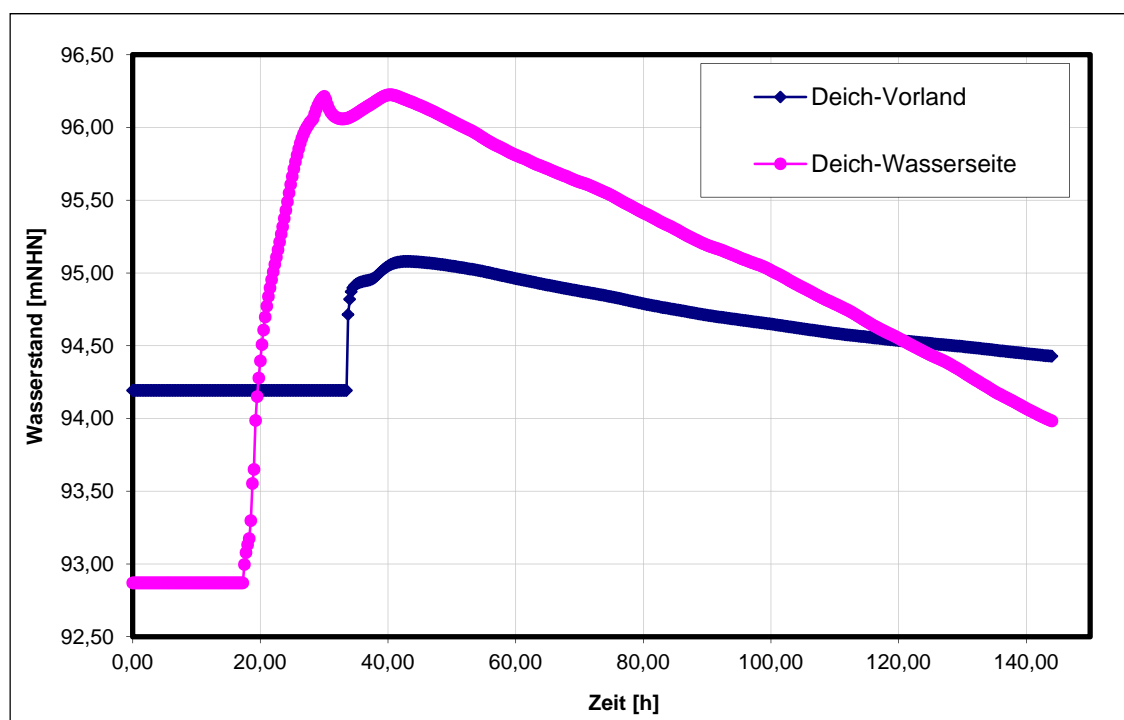


Abbildung 11: Zeitliche Entwicklung der Wasserstände der Mulde im Bereich der Südseite des Ringdeiches von Gruna (Referenzhochwasser)

Die modelltechnische Implementierung der zeitlich variablen Überschwemmungsflächen und Wasserspiegelhöhen wurde als Stufenfunktion mit einer zeitlichen Diskretisierung von 2 h approximiert. Für das angesetzte Scheitelhochwasser ergaben sich daraus 150 Zeitschritte bzw. Stressperioden.

## 5.2 Leakagefaktor der Überschwemmungsflächen

Sowohl die maximalen Grundwasserstände als auch die Uferfiltratmenge, die während eines Hochwasserereignisses der Mulde in den Grundwasserleiter infiltriert, ist neben den hydrogeologischen Parametern wie Durchlässigkeit und Speicherkoeffizient des Grundwasserleiters auch von der Dauer des Hochwassers, von der Scheitelhöhe, von der Anstiegsgeschwindigkeit des Hochwassers sowie vom Ausgangsgrundwasserstand abhängig. Neben diesen Einflussfaktoren besitzt jedoch auch der Leakagekoeffizient, welcher den hydraulischen Kontakt zwischen Überschwemmungsfläche und Grundwasser beschreibt, einen entscheidenden Einfluss. Der Leakagekoeffizient der Überschwemmungsfläche  $C_{\bar{U}}$  berechnet sich wie folgt:

$$C_{\bar{U}} = k_{f\bar{U}} \cdot M$$

$C_{\bar{U}}$  – Leakagekoeffizient der Überschwemmungsfläche [1/s]

$k_{f\bar{U}}$  – hydraulische Durchlässigkeit der Überschwemmungsfläche [m/s]

$M$  – Mächtigkeit der Infiltrationsstrecke [m]

Die mittlere hydraulische Durchlässigkeit der Überschwemmungsfläche leitet sich aus den Durchlässigkeiten ( $k_f$ -Werten) ab, die aus den Siebkennlinien aus Teufen bis ca. 1 m gewonnen wurden.

Tabelle 5-1:  $k_f$ -Werte aus den Siebkennlinien

Bezeichnung	$k_f$ -Wert nach Beyer [m/s]	Teufe m
RKS 1	nicht bestimmbar	0,0-0,7
RKS 2	<i>2,75e-7</i>	0,4-1,4
RKS 3	9,84e-6	0,0-0,8
RKS 4	<i>3,23e-7</i>	0,9-1,6
RKS 5	5,96e-7	0,0-1,0
RKS 6	<i>4,79e-8</i>	0,0-1,0
RKS 7	4,60e-6	0,0-1,0
RKS 8	2,68e-6	0,0-1,0
RKS 9	1,49e-6	0,0-1,5
RKS 10	<i>4,01e-7</i>	0,0-1,6
RKS 11	5,93e-6	1,6-2,0
RKS 12	<i>2,56e-7</i>	0,0-3,0
Mittelwert ( $k_{f\bar{U}} > 5e-7$ )	ca. 4,2e-6	

Anhand von geophysikalischen Untersuchungen und der Ergebnisse der Rammkernsondierungen wurde festgestellt [2], dass in Teufenlagen bis 1 m im Muldebogen Gruna vorrangig Auelehm mit deutlich bindigem Anteil ansteht. Ausnahmen sind hingegen Auelehme mit hohem bindigen Anteil oder mit rolligem Anteil. In die Mittelwertbildung für die hydraulische Durchlässigkeit der Überschwemmungsfläche ( $k_{f\bar{U}}$ -Wert) wurden deshalb nur Werte  $> 5e-7$  m/s hinzugezogen.

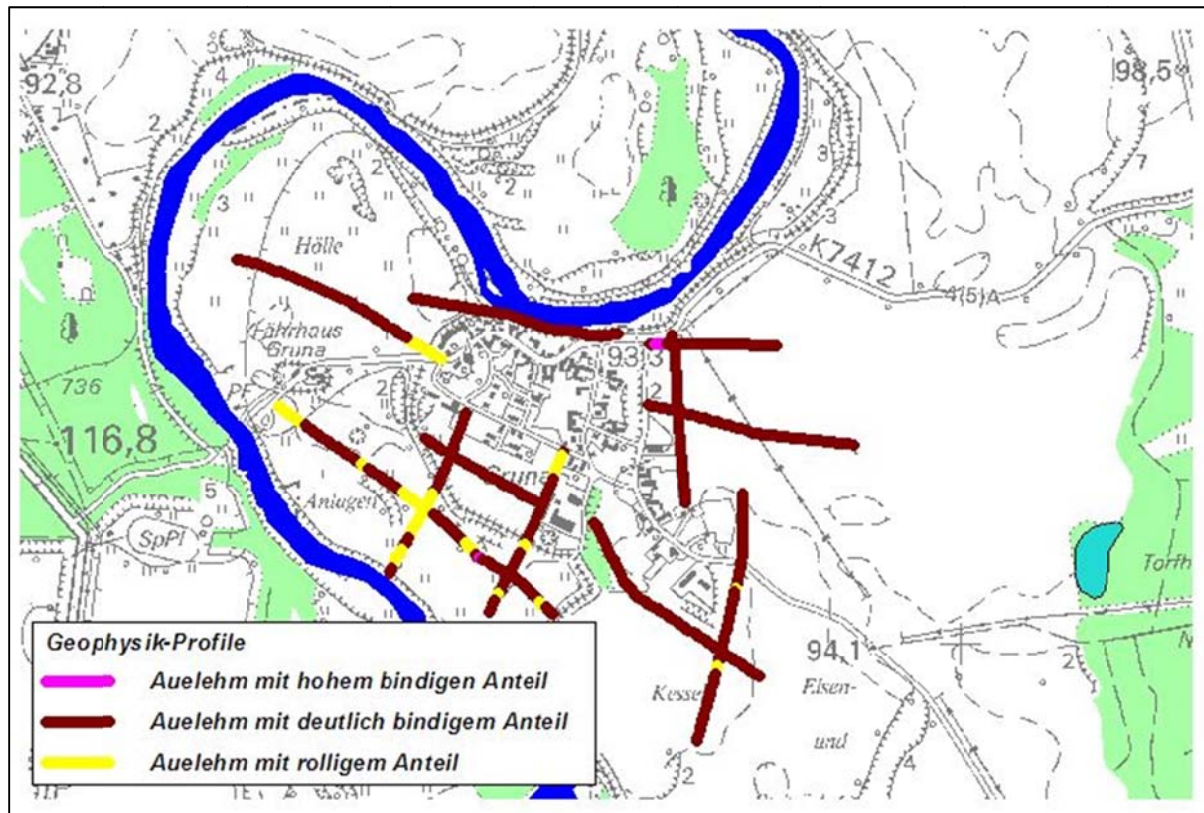


Abbildung 12: Petrografische Einschätzung des Auelehms

Unter Berücksichtigung einer Mächtigkeit von ca. 1 m und einer mittleren hydraulischen Durchlässigkeit der Überschwemmungsfläche von  $4,2 \cdot 10^{-6}$  m/s ergibt sich ein mittlerer Leakagekoeffizient von

$$C_{\bar{u}} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}.$$

### 5.3 Berechnungsergebnisse

Die Berechnungsergebnisse werden als maximaler Grundwasserstand und minimaler Flurabstand diskutiert (Anlagen 2 und 3).

Die ortsabhängigen maximalen Grundwasserstände in der Ortschaft Gruna treten während eines Hochwasserereignisses nicht zeitgleich auf, sondern sind gegenüber der Wasserstandsganglinie der Mulde zeitlich phasenverschoben und gedämpft. Je weiter die Grundwassermessstelle von der Uferlinie der Mulde entfernt ist, umso größer werden die Phasenverschiebungen und Scheiteldämpfungen zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser. Die in den Anlagen 2 bis 3 dargestellten Isolinien und Flächen visualisieren demzufolge keine synchronen, sondern asynchrone Ergebnisse. Für die Ermittlung des minimalen Flurabstandes wurde das aktuelle Digitale Geländemodell (DGM 10) verwendet.

Wenn der Wasserspiegel der Mulde bordvoll am bestehenden Deich ansteht, treten bei dem angesetzten Hochwasserereignis innerhalb der Ortslage Gruna Grundwasserstände von ca. 92,6 bis 95,0 mNHN auf.

Die geringsten Flurabstände stellen sich in einer Süd-Nord verlaufenden Geländesenke ein, in der sich auch der Dorfteich und der innerorts verlaufende Graben befindet.

Bei fast 2/3 der geschützten Dorffläche können Druckwasserstände auftreten, die über dem Gelände liegen. Auf diesen Flächen ist die Gefahr einer Vernässung potentiell gegeben, wenn das Grundwasser durch den Auelehm durchsickern kann. Besonders groß ist die Gefahr, wenn der Auelehm sehr rollig ausgebildet ist, d.h. gute hydraulische Durchlässigkeiten besitzt, oder wenn er gänzlich fehlt (s.g. hydraulische Fenster).

## 6 Zusammenfassung

Der vorliegende 3. Zwischenbericht enthält die Dokumentation und Auswertung des Grund- und Oberflächenwassermonitorings im Untersuchungsgebiet sowie die Durchführung einer instationären Kalibrierung des Modells auf der Grundlage der gewonnenen Monitoringdaten inkl. Berechnung der Planvariante.

Das Monitoring erfolgte im Zeitraum vom 03.04.2012 bis 11.04.2013. Die Wasserstände der neu errichteten Grund- und Oberflächenwassermessstellen wurden mit Datenlogger aufgezeichnet. Die Messwerte wurden regelmäßig ausgelesen und in einer Datenbank erfasst.

Die Auswertung der Messergebnisse ergab, dass ein Hochwasser der Mulde einen relativ schnellen Anstieg der Grundwasserstände im Bereich der Ortslage Gruna bewirkt. Ursachen dafür sind die guten bis sehr guten Durchlässigkeiten des Grundwasserleiters, die gespannten/teilgespannten Druckverhältnisse und die Lage des Ortes in einem Muldebogen. Die Ganglinien der Grundwassermessstellen reagieren in Abhängigkeit von der Uferlinie der Mulde zeitlich verzögert und phasenverschoben zum Gang des Muldehochwassers. Je näher sich die Messstelle zur Mulde befindet, umso kürzer ist die Reaktionszeit und umso ausgeprägter ist der Grundwasserscheitel.

Die Modelleichung des bereits in [2] aufgebauten Modells erfolgte instationär für den Zeitraum 04/2012 bis 03/2013 unter Verwendung der gemessenen Grundwasserstandsganglinien der Grundwassermessstellen.

Ziel der Prognoserechnung war es, die maximalen Grundwasserstände bzw. minimalen Flurabstände innerhalb der Ortschaft Gruna unter Verwendung eines Referenzhochwassers der Mulde auszuweisen. Das verwendete Referenzhochwasser der Mulde basiert auf einer zweidimensionalen hydraulischen Wasserspiegellagenberechnung für ein HQ(100) des Planzustandes. Der Planzustand bildet einen Bruch des Deiches an drei verschiedenen Stellen in der Nähe von Mörtitz nach.

Die Messergebnisse zeigen, dass sich auf Grund der gespannten bzw. teilgespannten Grundwasserströmungsverhältnisse der Druckspiegel im Grundwasser bei einem Hochwasser der Mulde sehr schnell ausbreitet. Bei dem Modellhochwasser HQ100 bedeutet dies, dass auf einer großen Fläche innerhalb des Ringdeiches der Druckspiegel über dem Gelände liegen kann. In der Realität können sich auf dieser Fläche Vernässungen einstellen. Die Wahrscheinlichkeit potentieller Vernässungen ist umso höher, je durchlässiger der Auelehm ist. Treten hydraulische Fenster auf, ist die Wahrscheinlichkeit einer Vernässung am größten.

---

## **7      Literatur- und Quellenverzeichnis**

- [1] Erstellung Grundwassermodell „Ringdeich Gruna“; Datenrecherche/ Defizitanalyse/Monitoringkonzept;  
1. Zwischenbericht. Fugro Consult GmbH, November 2011
- [2] Erstellung Grundwassermodell „Ringdeich Gruna“; Erkundungsarbeiten und Modellprognosen;  
2. Zwischenbericht. Fugro Consult GmbH, März 2012
- [3] Vereinigte Mulde Deich Laußig – Mörtitz Deich-km 1+700 bis 3+200 Ortslage Gruna, Vorplanung.  
Ingenieurgemeinschaft WTU GmbH, April 2010
- [4] FK 1 – Vereinigte Mulde, rechts, Grundhafte Instandsetzung HWD Laußig – Mörtitz östlicher Ring-  
schlussdeich Gruna VG-Nr. 785/2009/60. GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH
- [5] Wasserspiegellagenberechnung, Planungsgesellschaft Scholz- und Lewis GmbH, download FTP-  
Server 30.01.2012

