

Auftraggeber: Landestalsperrenverwaltung des
Freistaates Sachsen
Betrieb Freiberger Mulde Zschopau – Haus Chemnitz
Reichenbrander Straße 147
09117 Chemnitz

Projekt: **Umsetzung HWSK 27 Los 3 in
Chemnitz, OT Harthau und
Klaffenbach**

**Planungsbegleitende
Grundwassermodellierung**

Hydrogeologisches Gutachten

Verfasser: ARCADIS Deutschland GmbH
Könneritzstraße 29
01067 Dresden

Datum: Februar 2012

Projekt-Nr.: DE0110.325123.0122



.....
Dipl.-Geophys. B. Zschätzsch
Senior Projektleiterin



.....
Dipl.-Ing. M. Decker
Projektingenieur

GRUNDWASSERMODELL

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Lösungsweg	1
2	Verwendete Unterlagen	2
3	Kenntnisstandanalyse und Datenrecherche	3
3.1	Geologie	3
3.2	Klimadaten	3
3.3	Hydrologie	4
3.4	Baumaßnahmen	4
3.5	Sonstige Daten	5
4	Geologie, Hydrogeologie, Hydrologie und Klima	5
4.1	Geologische und Hydrogeologische Verhältnisse	5
4.2	Ableitung des geologischen Strukturmodells	7
5	Felduntersuchungen	7
5.1	Grundwassermonitoring	7
5.2	Infiltrometertests	8
5.3	Pumpversuche/Slug and Bail Versuche	10
6	Bodenwasserhaushaltsmodellierung	12
7	Numerische Grundwassermodelle	14
7.1	Modellaufbau und Diskretisierung	14
7.2	Randbedingungen und Parameter	15
7.3	Ableitung der Bemessungshochwasserganglinien	17
7.4	Uferbefestigungen in den Modellen	19
7.5	Kalibrierung	20
8	Szenarienberechnung	21
8.1	Szenario Mittelwasser Planzustand	21
8.1.1	Planzustand 1	21
8.1.2	Planzustand 2	23
8.2	Szenario HQ ₂₅	24
8.2.1	Planzustand 1	24
8.2.2	Planzustand 2	24
8.3	Szenario HQ ₁₀₀	25
8.3.1	Planzustand 1	26
8.3.2	Planzustand 2	26

Anlagenverzeichnis

Übersichtslageplan

1.1	Übersichtslageplan Untersuchungsgebiet	(M 1 :20.000)
1.2	Lageplan Teiluntersuchungsgebiete	(M 1 : 5.000)
1.3	Vorgesehene Hochwasserschutzmaßnahmen	(M 1 : 5.000)

Geologie/ Hydrogeologie

2.1	Digitales Geländemodell	(M 1 : 5.000)
2.2	Hydrogeologische Schnitte (Blatt 1-3)	(H 1 : 100), (L 1 : 2.000)
2.3	Ganglinien der Messstellen des GW-Monitorings	
2.4	Hydroisohypsen 02.03.2011	(M 1 : 5.000)
2.5	Hydroisohypsen 20.04.2011	(M 1 : 5.000)
2.6	Hydroisohypsen 08.11.2011	(M 1 : 5.000)

Geohydraulische Modellierung

3.1	Randbedingungen und Diskretisierung	(M 1 : 5.000)
3.2	Profilschnitt Modell	(H 1 : 200), (L 1 : 5.000)
3.3	Hydroisohypsenplan - Modellanpassungen	(M 1 : 5.000)

Berechnung der Szenarien

Mittelwasser

4.1.1	Planzustand 1 / Grundwasserstände bei Mittelwasser	(M 1 : 5.000)
4.1.2	Planzustand 1 / Wasserspiegeldifferenzen(MW) zum Istzustand	(M 1 : 5.000)
4.1.3	Planzustand 2 / Bereiche mit Perforation	(M 1 : 5.000)
4.1.4	Planzustand 2 / Grundwasserstände bei Mittelwasser	(M 1 : 5.000)
4.1.5	Planzustand 2 / Wasserspiegeldifferenzen(MW) zum Istzustand	(M 1 : 5.000)

Hochwasserereignis HQ₂₅

- | | | |
|-------|---|---------------|
| 4.2.1 | Planzustand 1 / Maximale Grundwasserstände bei HQ ₂₅ | (M 1 : 5.000) |
| 4.2.2 | Planzustand 2 / Maximale Grundwasserstände bei HQ ₂₅ | (M 1 : 5.000) |
| 4.2.3 | Planzustand 2 / Minimale Grundflurabstände,
Bereiche mit potentiellen Qualmwasseraustritten bei HQ ₂₅ | (M 1 : 5.000) |
| 4.2.4 | Planzustand 2 / Grundwasseranstiege bei HQ ₂₅ | (M 1 : 5.000) |

Hochwasserereignis HQ₁₀₀

- | | | |
|-------|--|---------------|
| 4.3.1 | Planzustand 1 / Maximale Grundwasserstände bei HQ ₁₀₀ | (M 1 : 5.000) |
| 4.3.2 | Planzustand 2 / Maximale Grundwasserstände bei HQ ₁₀₀ | (M 1 : 5.000) |
| 4.3.3 | Planzustand 2 / Minimale Grundflurabstände,
Bereiche mit potentiellen Qualmwasseraustritten bei HQ ₁₀₀ | (M 1 : 5.000) |
| 4.3.4 | Planzustand 2 / Grundwasseranstiege bei HQ ₁₀₀ | (M 1 : 5.000) |

GRUNDWASSERMODELL

1 Aufgabenstellung und Lösungsweg

In den Chemnitzer Ortsteilen Harthau und Klaffenbach sind im Auftrag der LTV Hochwasserschutzmaßnahmen entlang der Würschnitz gemäß HWSK 27, Los 3 in Planung. In Harthau handelt es sich um die Maßnahmen M 1.1, M 1.2 und M 1.8 und in Klaffenbach um die Maßnahme M 1.5. Im Ergebnis des bisherigen Planungsstandes sollen Ufersicherungen realisiert werden, die teilweise im Bereich des wassererfüllten Grundwasserleiters (GWL) gründen und den Zufluss des Grundwassers zum Vorfluter behindern können. Damit ist zu erwarten, dass es bei Mittel- und Niedrigwasserführung des Vorfluters Würschnitz zu einem Aufstau des dem Vorfluter zufließenden Grundwassers kommt. Im Hochwasserfall infiltriert das Wasser des Vorfluters in den GWL und es besteht die Gefahr von Qualmwasseraustritten auf der Luftseite der Hochwasserschutzbauwerke. Die Quantifizierung dieser Effekte ist nur durch eine Grundwassermodellierung möglich.

Die ARCADIS Deutschland GmbH, Standort Dresden wurde von der LTV, Betrieb Freiburger Mulde / Zschopau am 10.11.2010 mit der Durchführung einer planungsbegleitenden Grundwassermodellierung beauftragt.

Die Grundwassermodellierung umfasst den Aufbau und Betrieb von 2 numerischen 3D-Grundwassermodellen, die die prognosegestützte Minimierung der Auswirkungen der baulichen Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahmen auf das lokale Grundwasserregime gestatten sollen. Dabei wird in beiden Modellen mit der maximalen Diskretisierung gearbeitet. Auf diese Weise können die hydrogeologischen Strömungsprozesse abgebildet werden.

Die Ergebnisse der Gesamtmodellierung werden in der vorliegenden Arbeit beschrieben. In den Anlagen sind das Untersuchungsgebiet (Anlage 1.1), die Teiluntersuchungsgebiete (Anlage 1.2) und die vorgesehenen Baumaßnahmen (Anlage 1.3) dargestellt.

2 **Verwendete Unterlagen**

- /1/ Umsetzung HWSK Nr. 27, Los 3 Chemnitz, OT Harthau, Klaffenbach, Planungsbegleitendes Grundwasser-Monitoring, Monitoringkonzept, ARCADIS, 23.12.2010
- /2/ Umsetzung HWSK Nr. 27, Los 3 Chemnitz, OT Harthau, Klaffenbach, Ergebnisbericht Baugrund- und Bauwerksuntersuchung an den Ufermauern, Ingenieurbüro Eckard, 29.01.2008
- /3/ Umsetzung HWSK Nr. 27 in Chemnitz Harthau und Klaffenbach, Bericht zur Errichtung von Grundwassermessstellen, hartig ingenieure GESELLSCHAFT FÜR INFRASTRUKTUR- UND UMWELTPLANUNG mbh, 01.06.2011
- /4/ Umsetzung HWSK Nr. 27, Los 3 Chemnitz, OT Harthau, Klaffenbach, 1. Nachtrag zum Ergebnisbericht Baugrund- und Bauwerksuntersuchung an den Ufermauern, Ingenieurbüro Eckard, 19.02.2008
- /5/ Internetauftritt LfULG Wasserstandsdaten der Würschnitz
<http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/hwz/Mulde/index.html>
- /6/ Niederschlags-Abfluss-Modell Würschnitz, IWS - Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft GmbH, 22.11.2011
- /7/ Umsetzung HWSK Nr. 27, Los 3 Chemnitz, OT Harthau, Klaffenbach, Planungsbegleitendes Grundwasser-Monitoring, 1. Zwischenbericht, Messnetzbetrieb 01/2011 – 07/2011, ARCADIS, 04.08.2011
- /8/ Umsetzung HWSK Nr. 27, Los 3 Chemnitz, OT Harthau, Klaffenbach, Planungsbegleitende Grundwassermodellierung, Zwischenbericht Grundwassermodellierung, ARCADIS, 04.08.2011
- /9/ Umsetzung HWSK Nr. 27, Los 3 Chemnitz, OT Harthau, Klaffenbach, Planungsbegleitendes Grundwasser-Monitoring, 2. Zwischenbericht, Messnetzbetrieb 08/2011 – 12/2011, ARCADIS, 27.01.2012
- /10/ Internetauftritt Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft
<http://www.wasserbuch.sachsen.de>
<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/index.html>
- /11/ Baugrunderkundung BV HWSK 27, Los 3, Harthau und Klaffenbach, Vorplanung, Geotechnischer Bericht zur Baugrunderkundung, hartig ingenieure GESELLSCHAFT FÜR INFRASTRUKTUR- UND UMWELTPLANUNG mbh, 09.02.2012
- /12/ Dokumentation des Modell BOWAHALD zur Simulation des Wasserhaushaltes von wasserungesättigten Deponien/Halde und deren Sicherungssystemen, Erweiterung der Dokumentation des Modells BOWAM-GW (Version 2007), TU Bergakademie Freiberg, DUNGER, V., 2006/2007

3 **Kenntnisstandanalyse und Datenrecherche**

Zum Aufbau des Grundwasserströmungsmodells sind u. a. folgende Daten erforderlich:

- geologische Daten (Bohrungen, Rammkernsondierungen, etc.),
- Klimadaten des Standortes,
- Wasserspiegellagen der maßgeblichen Hochwasserereignisse,
- Wasserstandsganglinien während der Hochwasserereignisse,
- Daten zu den Baumaßnahmen sowie dem aktuellen Zustand der Uferbefestigung,
- Digitales Geländemodell (DGM).

Die Datenrecherche zu den o. g. Punkten wird im Folgenden beschrieben.

3.1 Geologie

Die Grundlage zu geologischen Daten bilden die im Rahmen der Baugrunduntersuchungen durchgeführten Bohrungen (Rammkernsondierungen (RKS), Kernbohrungen, Grundwassermessstellen (GWM) etc.).

Zusätzlich wurden beim LfULG alle dort vorhandenen Daten (Datenbank UHYDRO) zu geologischen Aufschlüssen und Grundwassermessstellen abgefragt. Bzgl. GWM wurde weiterhin eine umfangreiche Datenrecherche beim Landratsamt Mittelsachsen, der Landesdirektion Chemnitz (LDC), der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) sowie bei einer vor Ort Recherche durchgeführt.

Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen GWM und Aufschlüsse beschränken sich größtenteils auf den Bereich der Würschnitz in der Talaue bzw. auf das Betriebsgelände der Firma Baufeld in Klaffenbach.

3.2 Klimadaten

Die Klimadaten bilden neben den geologischen- und Landnutzungsdaten eine wesentliche Grundlage der Bodenwasserhaushaltsmodellierung (Berechnung der Grundwasserneubildung) und gehen damit in das geohydraulische Modell ein.

Die Berechnung der Grundwasserneubildung erfordert langjährige Reihen folgender Parameter:

- Niederschlag,
- Temperatur,
- relative Luftfeuchte,
- Windstärke,
- und Sonnenscheindauer.

Diese Daten wurden durch das sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) über die Internetseite

<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/index.html>

bereitgestellt. Dabei können die entsprechenden Werte spezifisch für das Untersuchungsgebiet abgefragt werden.

3.3 Hydrologie

Die maßgebliche Randbedingung im Untersuchungsgebiet bildet der Vorfluter Würschnitz. Das LfULG bietet auf seiner Internetseite die Möglichkeit deren Wasserstände abzufragen. Auf der Internetadresse:

<http://www.umwelt.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfug/lfug-internet/hwz/Mulde/index.html>

werden die aktuellen Werte (aller 6 Stunden) bereitgestellt. Die Werte sind insbesondere für die Interpretation der gemessenen Grundwasserstände im Zusammenhang mit dem Grundwassermonitoring von Bedeutung.

Für die Umsetzung der Hochwasserszenarien im Modell sind für den Vorfluter Würschnitz die Wasserspiegellagenberechnungen sowie die Wasserstandsganglinien erforderlich. Die Wasserspiegellagenberechnungen wurden ortsspezifisch von der Bauer Tiefbauplanung GmbH bereitgestellt.

Für die instationäre Modellierung wurden von IWS Wasserstandsganglinien für die Hochwasserereignisse HQ₂₅ und HQ₁₀₀ im Untersuchungsgebiet übergeben.

Weiterhin fand eine Recherche im digitalen Wasserbuch unter folgender Internetadresse statt:

<http://www.wasserbuch.sachsen.de>

3.4 Baumaßnahmen

Zur Umsetzung der Uferbefestigung im Modell war die Abstimmung mit dem Objektplaner von besonderer Bedeutung. Entscheidend für die Grundwasserströmungsverhältnisse sind die hydraulische Durchlässigkeit der Uferbefestigung selbst sowie deren Gründungssituation (in Abhängigkeit von der Oberkante des Festgesteins). Diese Faktoren sind maßgeblich für den Kontakt zwischen Grund- und Oberflächenwasser im Ist- und Planzustand.

Für die geplanten Uferbefestigungen ergaben sich folgende wesentliche Varianten (vgl. Anlage 1.3 Blatt 1 und Blatt 2):

- Neubau von Hochwasserschutzdämmen,
- Mauerneubau,
- Erhöhung bestehenden Ufermauern.

Für jeden Flussabschnitt der beiden Planungsbereiche wurden die Gründungssituation und der Zustand der Uferbefestigung (in Bezug auf hydraulische Durchlässigkeit) im Istzustand bewertet. Des Weiteren erfolgte die Bewertung der hydraulischen Gegebenheiten an den Ufermauern für den Planzustand, d. h. unter Berücksichtigung der beabsichtigten Baumaßnahmen.

3.5 Sonstige Daten

Zum Aufbau der Grundwasserströmungsmodelle und der Durchführung des Grundwassermonitorings waren verschiedene weitere Daten erforderlich.

Dies betrifft unter anderem ein digitales Geländemodell, das durch die LTV bereitgestellt wurde und für die Umsetzung der Oberkante der ersten Modellschicht sowie der Erzeugung von Grundwasserflurabstandsplänen von besonderer Bedeutung ist.

Weiterhin wurden Vermessungsdaten, Lagepläne etc. durch den Auftraggeber und den Objektplaner bereitgestellt.

4 Geologie, Hydrogeologie, Hydrologie und Klima

4.1 Geologische und Hydrogeologische Verhältnisse

Das Betrachtungsgebiet umfasst die Stadtteile Klaffenbach und Harthau, die südlich des Chemnitzer Stadtzentrums liegen. In Anlage 1.1 sind die Untersuchungsgebiete dargestellt.

Morphologisch sind die Untersuchungsgebiete durch die Talaue der Würschnitz geprägt, welche als Vorfluter wirkt. Die Gewässersohle der Würschnitz fällt auf einer Länge von ca. 3,5 km von Klaffenbach mit einer Höhe von ca. 330 m NHN bis auf ca. 320 m NHN in Harthau. Das mittlere Sohlgefälle der Würschnitz beträgt ca. 3,1‰.

Als Hauptgrundwasserleiter im Betrachtungsgebiet fungieren die quartären sandig-kiesigen Flusssedimente. In vielen Bereichen sind überdeckende Auelehmschichten vorhanden, daher ist in diesen Abschnitten mit gespannten Grundwasserströmungsverhältnissen zu rechnen. Bei Mittel- und Niedrigwasserverhältnissen infiltriert das Grundwasser in die Würschnitz (effluente Grundwasserströmung). Die grundwassererfüllte Mächtigkeit ist stark von der saisonalen Niederschlagsentwicklung und der Wasserführung des Vorfluters abhängig.

Informationen über den Untergrundaufbau im Randbereich des Tales der Würschnitz und damit zur Ausdehnung des quartären GWL sind nur vereinzelt vorhanden. Die Grenze des quartären GWL wurde anhand der geologischen Karte ermittelt (vgl. Abbildung 1).

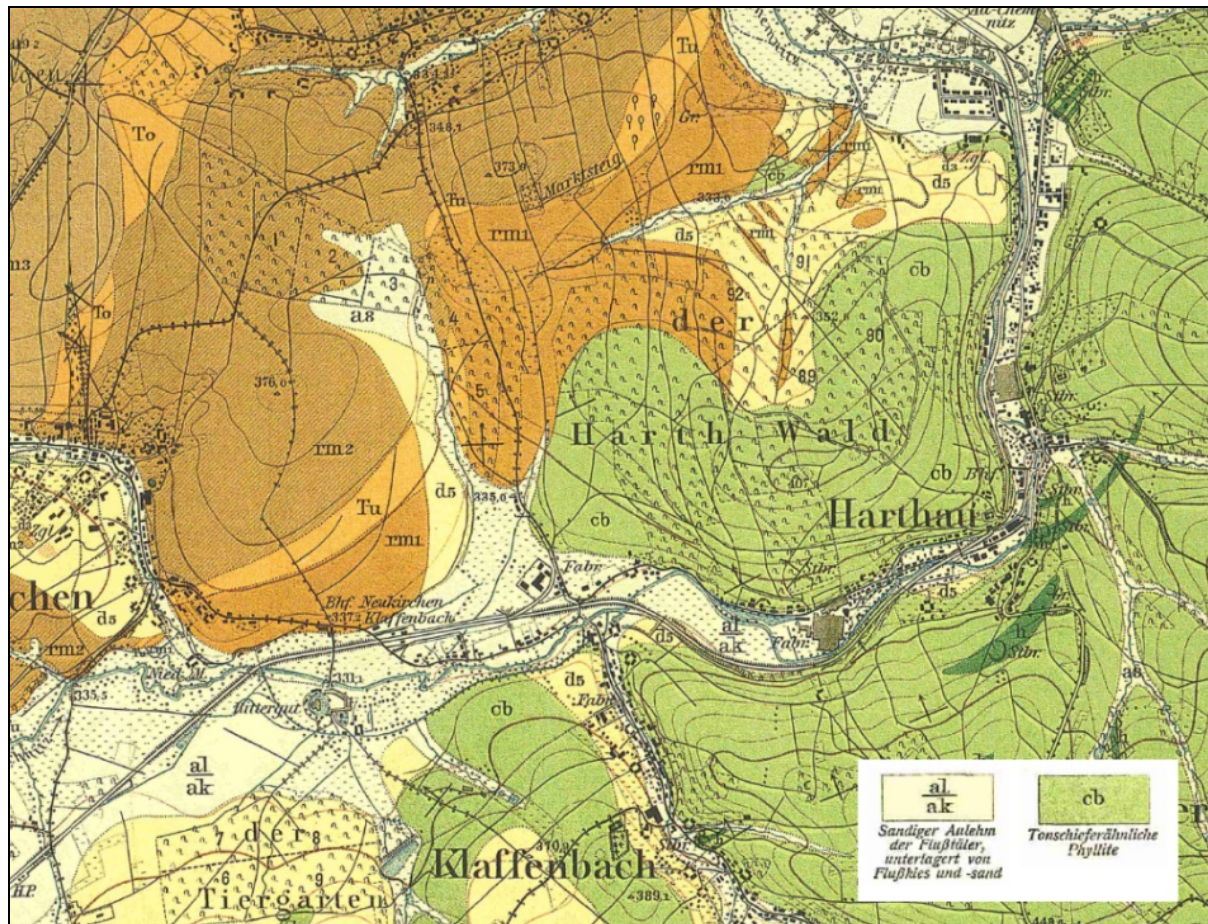


Abb. 1: Ausschnitt geologische Karte

Die Talaue im Bereich Harthau ist relativ schmal, ihre Breite variiert zwischen ca. 100 und 200 m. Das Flussbett hat eine Breite zwischen 5 m und 20 m. Im Gegensatz dazu ist die Talaue im Bereich Klaffenbach eher als ausgedehnt zu bezeichnen. Die Breite der Talaue variiert zwischen ca. 250 m und 430 m. Das Flussbett hat eine Breite zwischen 4 m und 13 m. Das digitale Geländemodell, das die Grundlage für die Geländeoberkante im Modell bildet, ist in Anlage 2.1 enthalten.

Im Teiluntersuchungsgebiet Klaffenbach befinden sich insbesondere im Bereich des Wasserschlosses mehrere kleinere Bäche und Teiche, die größtenteils in die Würschnitz münden. Diese sind in Bezug auf die Grundwasserströmungsverhältnisse von besonderer Bedeutung, da von einer hydraulischen Anbindung an das Grundwasser auszugehen ist.

Anhand der vorhandenen geologischen Aufschlüsse wurden drei geologische Profilschnitte im Modellgebiet erstellt. Die Profilschnitte schneiden das Tal der Würschnitz jeweils nahezu im rechten Winkel. Die entsprechenden Schnittspuren sind auf den Lageplänen in Anlage 1.2 Blatt 1 und Blatt 2 dargestellt. In den Anlagen 2.2 Blatt 1 bis Blatt 3 sind die drei Schnitte dargestellt. Nahegelegene, aber nicht plausible Aufschlüsse bleiben bei der Schnittbildung unberücksichtigt.

Informationen über den Untergrundaufbau im Randbereich des Tales der Würschnitz sind nur vereinzelt vorhanden. Damit ist es in einigen Bereichen schwierig, die tatsächliche Berandung

des quartären GWL auf der Grundlage von geologischen Aufschlüssen auszuhalten. Die Grenze des quartären GWL konnte hier nur anhand des Verlaufes der geodätischen Geländehöhe festgelegt werden.

4.2 Ableitung des geologischen Strukturmodells

Aus der geologischen Erkundung lassen sich die in Tabelle 1 aufgeführten 6 hydrogeologischen Modellschichten definieren, durch die das hydrogeologische Strukturmodell für das gesamte Untersuchungsgebiet abgeleitet wird.

Tab. 1: Schichten des Strukturmodells

Modellschicht	Beschreibung
Schicht 1	Deckschicht
Schicht 2	Auffüllung
Schicht 3	Auelehm
Schicht 4	Flussschotter
Schicht 5	Festgestein, Zersatz
Schicht 6	Festgestein

Die 1. Modellschicht bildet die Deckschicht und besteht in der Regel aus Mutterboden. Im Zusammenhang mit den Infiltrationstests wird diese Schicht charakterisiert. Die meist angetroffenen Auffüllungen bilden im Modell die Schicht 2. Modellschicht 3 wird durch die bindigen Auelehmschichten gebildet, die in vielen Bereichen des Untersuchungsgebietes gespannte Grundwasserströmungsverhältnisse bewirken. Die 4. Modellschicht entspricht dem GWL. In diesem Bereich findet die relevante Grundwasserströmung statt. Auf dem GWL folgt der zersetzte Bereich des Festgesteins. Im Modell wird damit der Übergangsbereich zwischen dem GWL und dem Festgestein umgesetzt. Die 6. Schicht wird durch das Festgestein gebildet. Im Modell dient diese weitgehend undurchlässige Schicht zur Gewährleistung der numerischen Stabilität.

5 Felduntersuchungen

5.1 Grundwassermonitoring

Messnetz/ Betrieb

Zur Erfassung der Grundwassersituation im Untersuchungsraum wurde Ende September 2009 ein Grundwassermonitoringnetz aufgebaut.

Das Grundwassermonitoringnetz besteht aus den zu Beginn des Monitorings bereits vorhandenen GWM und Hausbrunnen, aus 8 neu errichteten GWM, aus 8 Messpunkten am Vorfluter sowie dem staatlichen Pegel Harthau / Würschnitz. Im Endausbau werden an 48 Messpunkten die Wasserstände erfasst. Grundwasserstände werden kontinuierlich seit Januar 2011 mittels Datensammlern in 2 Ausrüstungsphasen aufgezeichnet. Im ersten Zwischenbericht /7/ und im zweiten Zwischenbericht /9/ zum Grundwassermonitoring werden die Ergebnisse zusammenfassend bewertet. Auf der Basis dieser Messergebnisse wird das Grundwasser-

modell kalibriert und die Grundwasserverhältnisse bei mittleren und hohen Abflussverhältnissen in der Würschnitz bewertet.

Ergebnisse Grundwasserdynamik

Aus den Aufzeichnungen der Ganglinien der Datensammler wird eine starke Interaktion von Grund- und Oberflächenwasser ersichtlich. Die Wasserspiegeländerungen in der Vorflut sind im gesamten Untersuchungsgebiet erkennbar, die Dynamik der Ganglinie des Oberflächengewässers Würschnitz bildet sich in allen GWM ab. Die Ganglinien der Grundwassermessstellen sind in Anlage 2.3 Blatt 1 bis Blatt 12 enthalten.

Zwischenzeitlich erfolgten 5 Stichtagsmessungen im Untersuchungsgebiet. Grundsätzlich wird aus den bisher erstellten Hydroisohypsenplänen deutlich, dass bei Mittelwasserverhältnissen effluente Grundwasserströmungsverhältnisse herrschen, d. h. Grundwasser dem Vorfluter zuströmt. Das beobachtete Gefälle des Grundwasserspiegels ist dabei als relativ hoch zu bezeichnen. Für die Grundwasserströmungsverhältnisse sind im Bereich Klaffenbach die kleineren Bäche und Teiche, die sich im Bereich des Wasserschlosses und im Bereich des Baufeld-Betriebsgeländes befinden, von besonderer Bedeutung.

Grundlegend für die Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells ist die Erfassung eines repräsentativen Mittelwasserzustandes. Mit der Stichtagsmessung vom 05.07.2011 wurde ein solcher Zustand aufgezeichnet. Diese hydraulische Situation wurde im Modell abgebildet. Die im 1. Zwischenbericht des Grundwassermonitorings dargestellte Grundwasserdynamik wurde in Bereichen, in denen keine Grundwasserstandsmessungen vorliegen, mit den Ergebnissen der Modellierung präzisiert. Vergleichsweise sind in den Blättern 1 und 2 der Anlagen 2.4, Anlagen 2.5 und Anlagen 2.6 weitere Hydroisohypsenpläne enthalten.

5.2 Infiltrometertests

Zur Bestimmung der vertikalen Durchlässigkeit der bindigen Deckschichten wurden Infiltrometertests durchgeführt. Diese erfolgten mit dem Ziel, in Arealen mit zu erwartenden Qualmwasseraustritten den hydraulischen Widerstand der Deckschicht sowie Eingangsparameter für die Bodenwasserhaushaltsmodellierung (Grundwasserneubildungsberechnung) zu ermitteln.

Insgesamt wurden 6 Infiltrometertests (3 Stück je Teiluntersuchungsgebiet) durchgeführt. Die Positionen der Tests sind in der Anlage 1.2 Blatt 1 und 2 enthalten. Die Tests wurden mit einem Doppelring-Infiltrometer (gemäß DIN 19682 Blatt 7) durchgeführt.

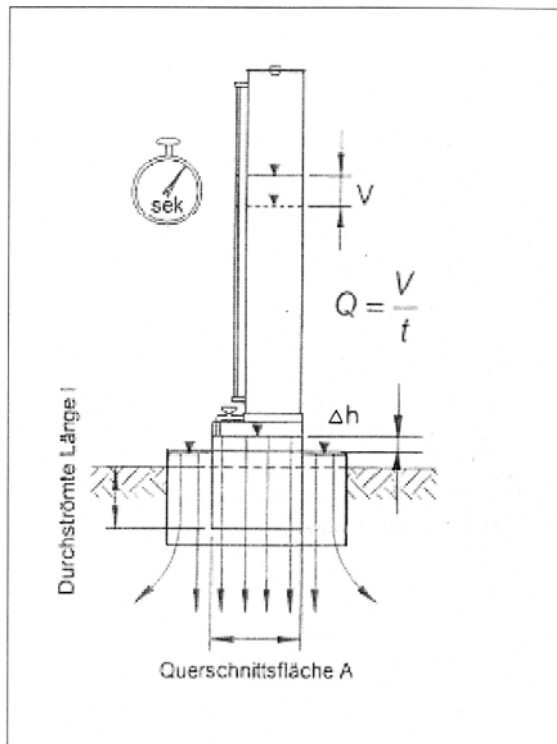


Abb. 2: Aufbau Doppelring-Infiltrrometer



Abb. 3: Doppelring-Infiltrrometer

Versuchsaufbau:

Das Doppelring-Infiltrrometer besteht aus einem 30 cm hohen äußeren Metallring mit einem Durchmesser von 60 cm, einem 35 cm hohen inneren Metallring mit einem Durchmesser von 30 cm und dem Mess-/Vorratsbehälter mit Ablasshahn und skaliertem Sichtröhrchen (vgl. Abbildung 2 und 3).

Nach dem Entfernen der oberen Grasschicht wird der äußere Metallring etwa 10 cm bis 15 cm tief in den Boden eingeschlagen und konzentrisch dazu der innere Ring ebenfalls 10 cm bis 15 cm tief. Die Einstechtiefe des inneren Ringes entspricht hierbei der durchströmten Bodenschicht der Länge l . Die Druckhöhendifferenz Δh ergibt sich aus der Differenz der Wasserstände von Innen- und Außenring.

Der Wasserstand im Innenring wird durch das Nachströmen des Wassers aus dem Vorratsbehälter konstant gehalten. Die Änderung des Wasserstandes im Vorratsbehälter je Zeiteinheit wird dabei am Sichtröhrchen abgelesen. Das daraus ermittelte Wasservolumen, das je Zeiteinheit infiltriert ist (Q), bildet den Eingangswert für die Bestimmungsgleichung des Durchlässigkeitskoeffizienten k_f .

$$k_f = \frac{Q \times l}{A \times \Delta h} \quad (1)$$

mit A : Querschnittsfläche Innenring ($d = 30 \text{ cm}$, $A = 706,9 \text{ cm}^2$)

Versuchsergebnisse:

Die Ergebnisse der 6 Infiltrometertests sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tab. 2: Ergebnisse der Infiltrometertests

Position	Mächtigkeit der Deckschicht [m]	Beschreibung Materials der Deckschicht	Versickerte Wassermenge je Zeit [l/min]	Ermittelter k_f -Wert aus den Infiltrometertests [m/s]
INF I	~ 0,2	Mutterboden, Auffüllung	0,31	$3,0 \times 10^{-4}$
INF II	~ 0,15	Mutterboden, Auelehm	0,10	$7,5 \times 10^{-5}$
INF III	~ 0,2	Mutterboden, Auffüllung	0,28	$2,2 \times 10^{-4}$
INF IV	~ 0,1	Mutterboden, Auffüllung	0,35	$1,5 \times 10^{-4}$
INF V	~ 0,25	Mutterboden	0,09	$1,3 \times 10^{-4}$
INF VI	~ 0,3	Mutterboden, Auffüllung	0,10	$4,8 \times 10^{-5}$

Die aus Infiltrometertests bestimmten Werte variieren im Bereich einer Zehnerpotenz und können nicht grundsätzlich zur Festlegung eines durchschnittlichen Wertes herangezogen werden. Das Untergrundmaterial wird in seiner Verteilung als relativ heterogen eingeschätzt. Auffüllungen, für die ein hoher k_f -Wert und Auelehme, bei denen ein niedriger k_f -Wert erwartet wurde, wechseln in ihrer Lagerung oft innerhalb kürzester Abstände und sind teilweise vermischt angetroffen worden. Bei den Ergebnissen der Infiltrometertests muss weiterhin davon ausgegangen werden, dass die erhöhten k_f -Werte aus bevorzugten Fließwegen (Wurzelgänge o. ä.) im Untergrund am Rand des Infiltrometers entstehen. Die hohen hydraulischen Durchlässigkeiten resultieren weiterhin oft aus geringmächtigen Deckschichten unter denen zum Teil Auffüllung lagert.

Als durchschnittlicher Wert ist die hydraulische Durchlässigkeit im Bereich von

$$k_f = 9 \times 10^{-5} \text{ m/s}$$

zu benennen. Dieser für die angetroffenen Deckschichten als charakteristisch anzusehender Mittelwert ergibt sich aus den Infiltrationsversuchen INF II, IV und V.

5.3 Pumpversuche/Slug and Bail Versuche

Zur Ermittlung der hydraulischen Durchlässigkeit der Flussschotter des Talgrundwasserleiters sollten in Harthau und Klaffenbach an allen neuerrichteten GWM insgesamt 8 Kurzpumpversuche durchgeführt werden. Da die relativ geringen Wasserstände in den GWM teilweise eine Entnahme im Sinne eines Kurzpumpversuches nicht zuließen, wurden an den GWM 2, 3, 4, 5 und 6 Slug and Bail Tests durchgeführt. Die Kurzpumpversuche erfolgten an den GWM 1, 7 und 8.

Die Auswertung der Pumpversuche hinsichtlich hydraulischer Durchlässigkeit erfolgte auf der Grundlage der nichtstationären Brunnenformel von JACOB. Die Auswertung der Slug and Bail Tests erfolgte nach Hvorslev. Für beide Verfahren fand die halblogarithmische Darstellung mit dem straight-line Verfahren Anwendung.

In Tabelle 3 sind die Kennwerte der Pumpversuche dargestellt. In Spalte 3 ist die Ansprache des Materials der GWL enthalten, das mit dem Filter im Bereich des GWL erfasst wurde.

Tab. 3: Ergebnisse der Infiltrometertests

Ort	Versuchsart	Ansprache des Materials des GWL	Max. Absenkung, Aufhöhung [m]	Ermittelter k_f -Wert [m/s]
GWM 1/11	PV	Flussskies (Kies, sandig, schluffig), Quarzgerölle, locker bis mitteldicht, erdfeucht, ab 3,4m, nass, braun	0,11	$3,4 \times 10^{-4}$
GWM 2/11	S&B	Auelehm (Kies, sandig, schluffig, tonig, lagenw. sandig) weich, erdfeucht bis feucht, rötlich braun	0,22	$1,8 \times 10^{-4}$
GWM 3/11	S&B	Auelehm (Kies, sandig, schluffig, tonig, lagenw. org. Beimengung) weich, feucht, ab 3,3m nass, braun	0,23	$1,1 \times 10^{-5}$
GWM 4/11	S&B	Flussskies (Kies, sandig, schluffig bis stark schluffig) locker bis mitteldicht, erdfeucht bis feucht, ab 3,3m nass, braun	0,28	$8,5 \times 10^{-5}$
GWM 5/11	S&B	Flussskies (Kies, sandig, schwach schluffig bis schluffig) weich, feucht bis nass, braun	0,25	$5,0 \times 10^{-5}$
GWM 6/11	S&B	Schiefer zerbohrt (ehem. Mühlgraben?) grau	0,20	$1,5 \times 10^{-4}$
GWM 7/11	PV	Flussskies (Steine, Kies, sandig) zerbohrt locker bis mitteldicht, erdfeucht bis nass, Blättrige Metamorphite (Schiefer) grusig zersetzt mitteldicht bis dicht, braun	0,30	$2,1 \times 10^{-4}$
GWM 8/11	PV	Flussskies (Kies, sandig, lagenw. Schluff) locker bis mitteldicht, erdfeucht bis nass	0,47	$4,4 \times 10^{-5}$

Wie die Auswertungen zeigen, schwanken die ermittelten Durchlässigkeiten in den Flussschottern zwischen $1,1 \times 10^{-5}$ m/s und $3,4 \times 10^{-4}$ m/s. Dabei ist anzumerken, dass der untere Filterbereich einiger GWM die Zersatzzone des Festgesteins miterfasst. Nach Aussage der Bohrfirma war der Fels in diesen Bereichen durch einen sehr hohen Zersetzungsgrad gekennzeichnet, was den Filterausbau dieses Bereiches rechtfertigt. Die hohen hydraulischen Durchlässigkeiten des im Filterbereich der GWM 2 und GWM 3 angesprochenen Auelehms sind aufgrund seiner Zusammensetzung (Kies, sandig, schluffig, tonig) trotzdem plausibel. Die Bezeichnung Auelehm ist ggf. missverständlich. Es ist anzumerken, dass ein herkömmlicher Auelehm durch dessen üblicherweise bindigen Charakter nicht als hydraulisch durchlässig zu bezeichnen ist. Die bei den Versuchen ermittelten vergleichsweise hohen Durchlässigkeiten entsprechen eher der Ansprache als Kies, sandig, schluffig. Daher wird das Material im Filterbereich der GWM eher als Auekies interpretiert.

6 Bodenwasserhaushaltsmodellierung

Eine als Randbedingung wichtige Grundlage für die Modellierung ist die Grundwasserneubildung im Modellgebiet und der unterirdische Zustrom über den Randbereich des Modells. Beide Größen wurden mittels einer Bodenwasserhaushaltsmodellierung errechnet.

Berechnungsverfahren

Als Berechnungsverfahren wurde das Wasserhaushaltsmodell BOWAM-GW verwendet [12]. Dieses Verfahren berücksichtigt eine Vielzahl von standorttypischen Spezifika, wie Geländeneigungen, Windexponiertheit und die pedologischen Eigenschaften von Deckschichten. Das zweidimensionale konzeptionelle Boxmodell gestattet eine horizontale Gliederung des zu betrachtenden Standorts in verschiedene Hydrotope und eine vertikale Unterteilung in maximal 10 Schichten mit weiterer Differenzierung in bis zu 200 Teilschichten.

Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass es speziell mitteleuropäische klimatische Verhältnisse nach in Deutschland entwickelten, geeichten und empfohlenen Ansätzen berücksichtigt. Dazu zählen die höhen- und jahreszeitlichen Abhängigkeiten der Interzeptionsverdunstung und der Neigungs-/Expositionseinfluss bei der Verdunstung. Durch Verwendung einfach ermittelbarer, physikalisch interpretierbarer Parameter wird die Programmanwendung wesentlich vereinfacht.

Außerdem berücksichtigt das Verfahren die erhöhte Evapotranspiration bei Standorten mit geringen Grundwasser-Flurabständen.

Als wesentliche Eingabedaten und –parameter verarbeitet das Programm:

- meteorologische Daten (Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheindauer/ Globalstrahlung, Niederschlag usw.),
- geographische und morphologische Parameter (geographische Breite, Höhenlage, Hangneigung),
- pedologische Parameter (Durchlässigkeit (k_f -Wert), Sättigungswassergehalt, Feldkapazität, Schichtenabfolge),
- Bewuchsparameter (Bewuchsart und -üppigkeit, Durchwurzelungstiefe).

Die Grundwasserneubildung im Sinne des unterirdischen Abflusses ist das wesentliche Berechnungsergebnis. Dieses wird entsprechend der Eingangsdaten durch Monatswerte ausgegeben.

Meteorologische Daten

Die für die Bodenwasserhaushaltsmodellierung benötigten Wetterdaten Niederschlag, Temperatur, relative Luftfeuchte, Windstärke und Sonnenscheindauer entstammen der Internetseite des sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL):

<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/index.html>

Die Werte zu Niederschlag, Temperatur, relative Luftfeuchte, Windstärke und Sonnenscheindauer wurden ortspezifisch für das Untersuchungsgebiet für einen Zeitraum von Januar 1961 bis Dezember 2005 abgefragt. Alle Werte liegen als Monatswerte vor.

Anhand der vorhandenen Daten lässt sich das Untersuchungsgebiet wie folgt kennzeichnen:

- | | |
|--|------------|
| • mittlere Lufttemperatur (Jahresmittel) | 8,5 °C |
| • mittlere Sonnenscheindauer (Jahressumme) | 1573,1 h |
| • relative Luftfeuchte | 77,9 % |
| • mittlere Niederschlagsmenge (10 Jahre) | 727,0 mm/a |
| • mittlere Windgeschwindigkeit | 2,8 m/s |

Berechnungsergebnisse

Die Berechnungsergebnisse werden entsprechend dem Eingabeformat als Monatswerte ausgegeben. Da die Grundwasserneubildungsrate stationär in die Modellberechnungen eingeht, wird aus den Monatswerten ein anzusetzender Mittelwert errechnet.

Die Berechnungsergebnisse sind die reale Evapotranspiration ETR, der oberirdische Abfluss RO, der hypodermische Abfluss RH und der unterirdische Abfluss RU (Grundwasserneubildung). Für die Modellierung der Grundwasserströmung im Modellgebiet ist lediglich der unterirdische Abfluss von Bedeutung.

Bei der Bodenwasserhaushaltsmodellierung wurden flächenhafte Werte für zwei wesentliche Bereiche unterschieden. Einerseits ist dies der Bereich des Modellgebietes „Talaue“ und andererseits der Bereich der „Hanglagen“ jenseits der Modellgrenze, der im Zusammenhang mit den Zustrombereichen Relevanz besitzt.

Im Bereich der Talaue wurde eine Grundwasserneubildungsrate von durchschnittlich

7,6 l/s×km²

errechnet. Diese Wassermenge geht teilweise als Zwischenabfluss in das Modell ein.

Die Grundwasserneubildungsberechnung im Bereich der Hanglagen ergab einen Wert von

7,3 l/s×km².

7 Numerische Grundwassermodelle

7.1 Modellaufbau und Diskretisierung

Zur Darstellung der Grundwasserströmungsverhältnisse wurden 2 Grundwasserströmungsmodelle aufgebaut, die entsprechend der beiden Projektabschnitte die Bereiche Harthau und Klaffenbach abdecken (vgl. Anlage 1.1). Die Modellumsetzung mit Hilfe von 2 Modellen wurde erforderlich, um die hydraulische Situation an den Uferbefestigungen ausreichend genau darstellen zu können. Der prinzipielle Modellaufbau wurde bereits im Zwischenbericht zu Grundwassermodellierung beschrieben /8/.

Bei dem Aufbau der Grundwassermodelle wurde das oben entwickelte hydrogeologische Strukturmodell umgesetzt. In einem ersten Schritt wurden die Mittelwasserverhältnisse durch eine stationäre Modellierung abgebildet. Für diesen Zustand erfolgte die Kalibrierung der Modelle. Die Darstellung der Hochwasserereignisse soll später im instationären Modell erfolgen.

Als Modellierungsverfahren wurde das Programmsystem Visual MODFLOW verwendet.

Modelliert wurden Areale, die durch folgende Eckkoordinaten gekennzeichnet sind:

	Harthau	Klaffenbach
Rechts:	⁴⁵ 63500 ... ⁴⁵ 65900	⁴⁵ 61800 ... ⁴⁵ 64200
Hoch:	⁵⁶ 26250 ... ⁵⁶ 28050	⁵⁶ 25650 ... ⁵⁶ 27450

Als Diskretisierungsschrittweite wurde jeweils ein 4 m × 3 m-Raster gewählt (vgl. Anlage 3.1). Damit entstand in Harthau ein Modell mit einer Anzahl von 493 × 476 und in Klaffenbach ein Modell mit 478 × 497 Zellen. Dies entspricht nahezu der maximalen mit der Modellierungssoftware erreichbaren Auflösung (500 × 500) und ist im Zusammenhang mit der möglichst genauen modelltechnischen Umsetzung der Ufermauern von Bedeutung.

Die Geometrie der Schichten wurde entsprechend des geologischen Strukturmodells erarbeitet. Die dazu verwendeten Aufschlüsse entstammen den Baugrunduntersuchungen, den beim LfULG recherchierten UHYDRO-Daten sowie Aufschlüssen des Baufeld-Geländes. In den Anlagen 1.2 Blatt 1 und 2 ist die Lage der verwendeten Aufschlüsse dargestellt.

Im Modell wurde die Deckschicht als erste Modellschicht mit einem Mittelwert der Mächtigkeit von 0,5 m angesetzt und mit dem o. g. mittleren Durchlässigkeitswert belegt. Auf diese Weise wird mit einer mittleren Transmissivität der ersten Modellschicht gearbeitet.

Die 2. Modellschicht bilden die Auffüllungen in den Modellen. Die für diese Modellschicht angesetzten Durchlässigkeiten wurden aus den Baugrunduntersuchungen abgeleitet. Für das Teiluntersuchungsgebiet Harthau erhielt diese Modellschicht eine Durchlässigkeit von $1,7 \times 10^{-4}$ m/s, für den Bereich Klaffenbach wurde $1,1 \times 10^{-4}$ m/s angesetzt.

Modellschicht 3 stellt die bindigen Schichten des Untersuchungsgebietes dar. Diese Auelehmschichten sind besonders im Bereich Klaffenbach ausgeprägt vorhanden. Die hydraulische Durchlässigkeit leitet sich ebenfalls aus den Baugrunduntersuchungen ab und wurde mit 1×10^{-7} m/s angesetzt.

Der GWL wird durch die Modellschicht 4 abgebildet. Die angesetzten hydraulischen Durchlässigkeiten wurden aus den Pumpversuchen bzw. Slug and Bail Tests abgeleitet. Die Werte wurden mit den Angaben der Baugrundgutachten abgeglichen. Im Teiluntersuchungsgebiet Harthau wurde ein mittlerer Wert von $1,9 \times 10^{-4}$ m/s und in Klaffenbach ein mittlerer Wert von $2,1 \times 10^{-4}$ m/s verwendet.

Der Zersatz des Festgesteins bildet den Übergang zwischen dem durchlässigen Material des GWL und dem Festgestein. In Harthau wurde ein Wert von $1,8 \times 10^{-5}$ m/s und in Klaffenbach ein mittlerer Wert von 1×10^{-6} m/s entsprechend der Baugrunduntersuchen verwendet.

Die Modellschicht 6 dient lediglich zur Gewährleistung der numerischen Stabilität, mit einer angesetzten hydraulischen Durchlässigkeit von 1×10^{-9} m/s nimmt diese Schicht praktisch nicht am Strömungsgeschehen teil.

7.2 Randbedingungen und Parameter

Äußere Randbedingungen

Die Berandung der beiden Modellgebiete bilden die Hänge und damit die Ränder der Talaue der Würschnitz. In diesen Bereichen streichen die quartären Schichten und damit der GWL aus und das Gelände steigt stark an.

Der östlichen Rand des Modells Klaffenbach und der westliche Rand des Modells Harthau bilden ein Areal, das von beiden Modellen abgedeckt wird. Die Modellaussagen in den Randbereichen beider Modelle sind numerisch bedingt mit einer geringeren Genauigkeit als im Aussagegebiet zu erwarten. Aus diesem Grund wurden die Modellränder möglichst großräumig erfasst und der Überlappungsbereich zwischen den beiden Modellen entsprechend groß gewählt. Im Teiluntersuchungsgebiet Klaffenbach bilden teilweise Teiche und Bäche den Modellrand.

Innere Randbedingungen

Als Randbedingungen wurden die Würschnitz als Vorfluter sowie deren Überschwemmungsfläche, die Grundwasserneubildung und der Zustrom über den Modellrand und die Bäche und Teiche im Modell umgesetzt. Die Randbedingungen sind den Anlagen 3.1 enthalten.

Die Grundwasserneubildung im Bereich der Modellgebiete wurde entsprechend der in Kapitel 6 beschriebenen Berechnungsergebnisse angesetzt. Durch die Wirkung des Auelehms als Grundwasserstauer führte die relativ hohe Grundwasserneubildungsrate lokal zu unplausiblen Aufhöhungen im Modell. Da der auf dem Auelehm stattfindende Zwischenabfluss nicht den

betrachteten GWL erreicht, wurden die Grundwasserneubildungsraten partiell entsprechend angepasst.

Für eine Umsetzung des unterirdischen Zustromes im Modell wurde neben der Grundwasserneubildung für die Bereiche des Zustroms ebenfalls die Fläche der Einzugsgebiete benötigt. Dazu wurde das oberirdische Einzugsgebiet einzelner Zustrombereiche der Modelle bestimmt. Diese Bereiche sind in der Abbildung 4 dargestellt. Das Produkt aus der Grundwasserneubildung ($7,3 \text{ l/s} \times \text{km}^2$) des jeweiligen Bereiches und dessen Fläche ergibt dabei den unterirdischen Zustrom, der als permanente Größe über den Rand dem Modellgebiet zuströmt (vgl. Tabelle 4).

Es wird darauf hingewiesen, dass die rechnerisch und technisch ermittelten Werte als Orientierungswerte gelten und bei der Kalibrierung des Modells in einem plausiblen Wertebereich variiert wurden.

Tab. 4: Zustrommengen im Untersuchungsgebiet

Areal	Fläche [km ²]	Zustrom [l/s]	Areal	Fläche [km ²]	Zustrom [l/s]
A ₀₁	0,04	0,33	A ₀₉	0,35	2,52
A ₀₂	0,22	1,61	A ₁₀	0,38	2,77
A ₀₃	0,29	2,09	A ₁₁	0,11	0,81
A ₀₄	0,26	1,92	A ₁₂	0,07	0,52
A ₀₅	0,26	1,92	A ₁₃	0,10	0,75
A ₀₆	0,24	1,76	A ₁₄	0,44	3,19
A ₀₇	0,06	0,45	A ₁₅	0,54	3,95
A ₀₈	0,15	1,10	A ₁₆	0,67	4,92

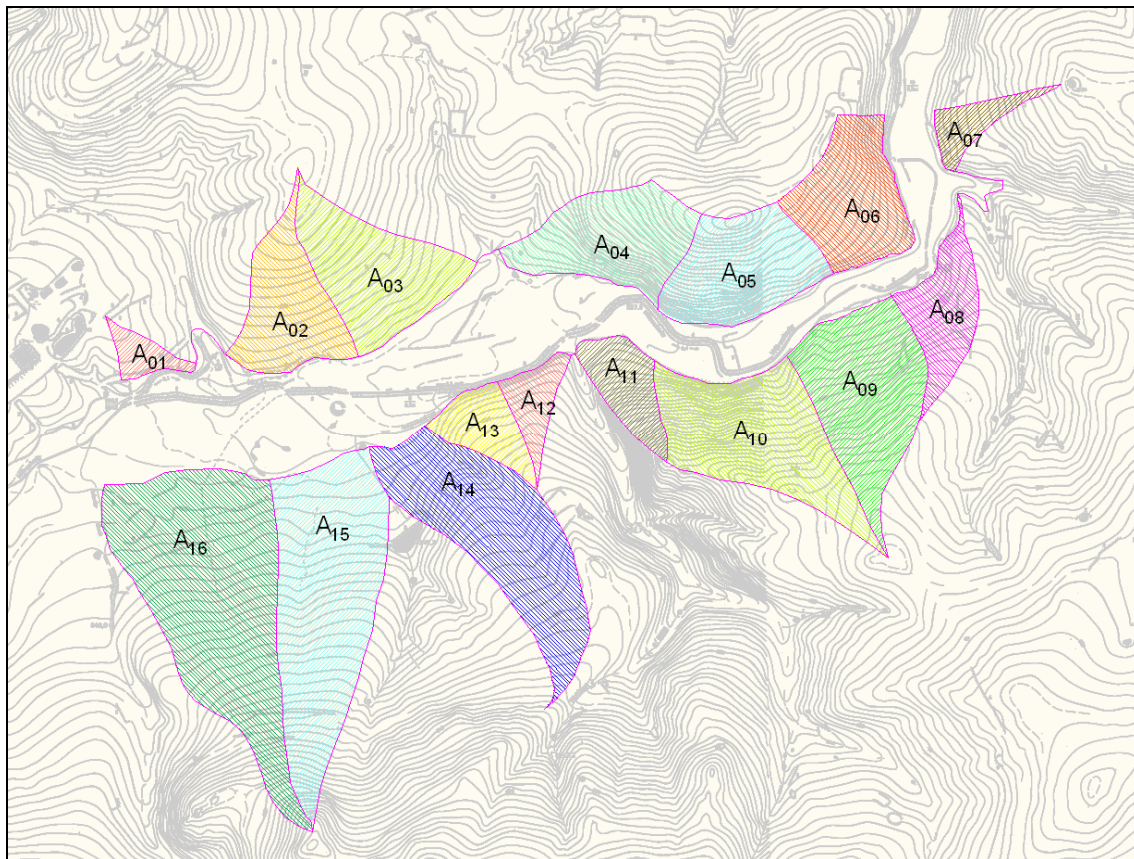


Abb. 4: Zustrombereiche im Untersuchungsgebiet

Die Würschnitz wurden als Oberflächengewässer umgesetzt. Das Gefälle in den beiden Modellgebieten beträgt im Mittel ca. 3,1‰. Um das Gefälle der Flusssohle und damit den Mittelwasserstand des Vorfluters mit der erforderlichen Genauigkeit abzubilden, wurde die Würschnitz in Abschnitte von ca. 250 m eingeteilt, somit konnte der ortsspezifische Verlauf der Flusssohlen berücksichtigt werden. Die ortsspezifischen Wasserstände wurden aus dem gemessenen Verlauf der Flusssohle und den Messungen des Grundwassermonitorings abgeleitet.

Im Teiluntersuchungsgebiet Klaffenbach sind neben den bereits beschriebenen Randbedingungen mehrere Bäche und Seen vorhanden. Entsprechend der Grundwasserstandsmessungen wird von einem hydraulischen Kontakt dieser Oberflächengewässer zum Grundwasser ausgegangen. Dementsprechend wurden diese als Randbedingungen 1. Art in das Grundwasserströmungsmodell integriert.

Zur Darstellung der Uferbefestigung in den Modellen dienen die Modellzellen, die räumlich an den Rändern des Vorfluters im Bereich der ersten, zweiten, dritten, vierten und ggf. fünften Modellschicht liegen. Aus den bisherigen Untersuchungen sowie den Ergebnissen des Grundwassermonitorings lässt sich ableiten, dass die Ufermauern im Istzustand keinen signifikanten Widerstand zwischen Grund- und Oberflächengewässer darstellen. Im Planzustand besteht beispielsweise bei einer Gründung der Uferbefestigung auf dem Festgestein die Gefahr, dass ein Austausch von Grund- und Oberflächenwasser unterbunden wird. Dieser Widerstand wird mit den entsprechenden Zellen im Modell umgesetzt. Je nach Differenz zwischen Oberkante Festgestein und Unterkante Ufermauer wird im Modell der Widerstand in den Modellzellen der Ufermauer durch die Belegung der Zellen mit entsprechend verminderten hydraulischen Durchlässigkeiten umgesetzt.

Für den Aufbau der instationären Modelle im nächsten Bearbeitungsschritt und die Untersuchung der Auswirkung der Hochwasserereignisse im Planzustand werden im Modell zusätzliche Randbedingungen erforderlich. Das betrifft einerseits die Hochwasserganglinie der Würschnitz, die durch eine Bemessungsganglinie und die Wasserspiegellage definiert ist. Andererseits werden die Überschwemmungsflächen integriert. An dieser Stelle wird auf die Wirkung der Auelehmschicht verwiesen. Da diese Schicht insbesondere im Bereich der Überschwemmungsflächen deutlich ausgebildet ist, wird davon ausgegangen, dass ein durch die Überflutung verursachter Grundwasseranstieg im GWL relativ gering sein wird. Auch in diesen Bereichen wird der maßgebliche Grundwasseranstieg im GWL vom Vorfluter aus in Richtung Hinterland erfolgen.

7.3 Ableitung der Bemessungshochwasserganglinien

Die Auswirkungen eines Hochwassers auf die Grundwassersituation unter Berücksichtigung der Baumaßnahmen ist wesentlicher Gegenstand der Untersuchungen. Für die Simulation der Bemessungshochwasser HQ_{25} und HQ_{100} im Untersuchungsgebiet sind zur Berechnung der

maximalen Grundwasserstände Ganglinien des Vorfluters Würschnitz sowie Wasserspiegellagenberechnungen erforderlich.

Die Wasserspiegellagen (Scheitelhöhen) wurden für die Hochwasserereignisse ortsspezifisch für die Vorfluter von IWS zur Verfügung gestellt und im Sinne der Scheitelhöhe der Ganglinien umgesetzt. Start- und Endpunkt der Bemessungshochwasserganglinien bildet der Mittelwasserstand.

Die Hochwasserereignisse unterscheiden sich hinsichtlich der Dauer. Die Ganglinien und Wasserstände der Würschnitz ergeben sich unter Berücksichtigung des Hochwasserrückhaltebeckens (HRB) Jahnsdorf. Diese Ganglinien mussten entsprechend den Modellanforderungen aufgearbeitet werden, im Folgenden wird dies beschrieben. Der Vergleich der Hochwasserereignisse HQ_{25} und HQ_{100} verdeutlicht den Einfluss der Hochwasserdauer auf das Grundwasser.

Bemessungshochwasser HQ_{25}

Charakteristisch für das Hochwasserereignis HQ_{25} ist ein relativ kurzer Scheitel sowie eine verhältnismäßig kurze Gesamtdauer des Hochwassers. Unmittelbar nach dem Erreichen der maximalen Wasserspiegellage gehen die Wasserstände zurück.

Für das Hochwasser wurde für die Scheitellänge 2 Stunden angesetzt. Die Gesamtlänge des Hochwassers beträgt ca. 1 Tag. In Abbildung 5 sind die Ganglinie des Abflusses der Würschnitz sowie die abgeleitete Bemessungsganglinie enthalten.

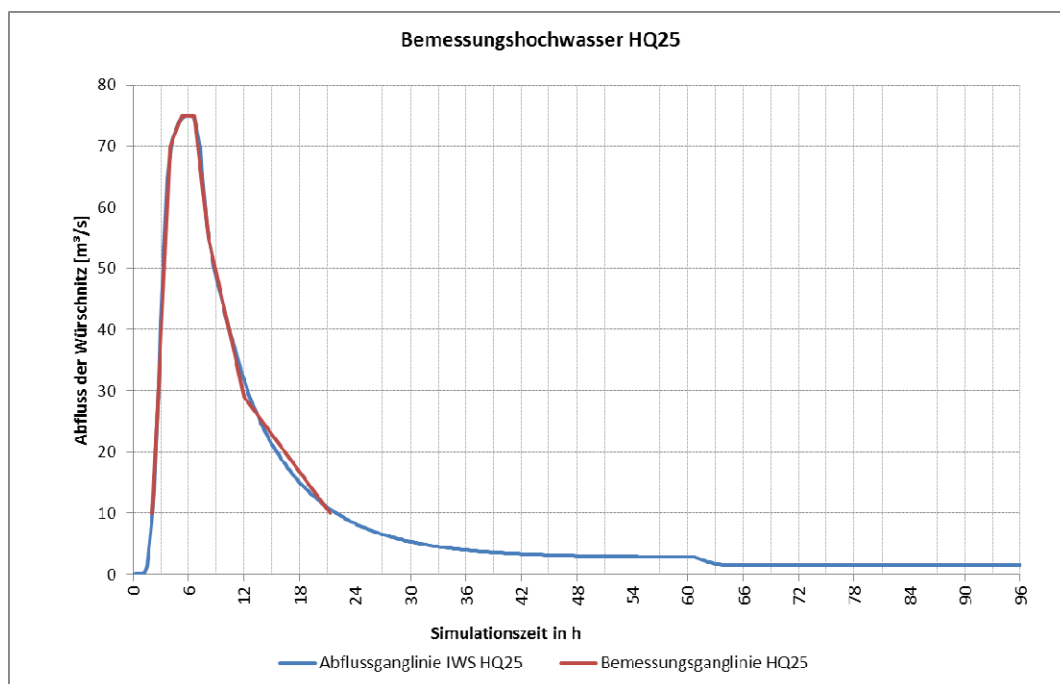


Abb. 5: Angesetzte Ganglinie für HQ_{25}

Bemessungshochwasser HQ₁₀₀

Charakteristisch für das Hochwasserereignis HQ₁₀₀ ist die Dauer des Hochwasserscheitels und die Wirkung des im Oberlauf vorgesehenen HRB.

Für das Hochwasser beträgt die Scheitellänge der Würschnitz 20 Stunden. Die Gesamtlänge des Hochwassers beträgt etwa 4 Tage.

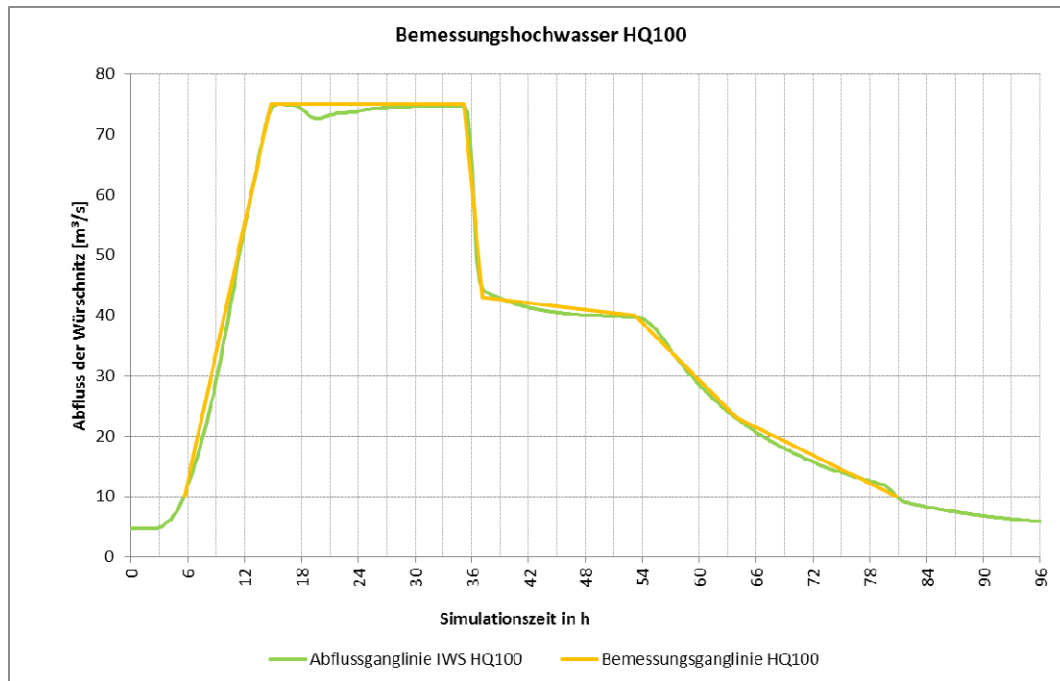


Abb. 6: Angesetzte Ganglinie für HQ₁₀₀

7.4 Uferbefestigungen in den Modellen

Zur Umsetzung der Ufermauern im Modell dienen die Zellen des Modells, die räumlich an den Rändern der Würschnitz im Bereich der Uferbefestigungen und in den Modellschichten 1 bis 5 liegen.

In Ist- und Planzustand stellen die Ufermauern einen Widerstand zwischen Grund- und Oberflächengewässer dar. Dieser Widerstand wird im Wesentlichen durch die Gründung der Ufermauern charakterisiert. Bei einer Gründung auf dem Festgestein wird in diesem Bereich ein Austausch von Grund- und Oberflächenwasser unterbunden. Gründen die Ufermauern nicht direkt auf dem Festgestein und zwischen Oberfläche des Festgesteins und der Unterkante der Ufermauer befindet sich Flussschotter, so ist dabei die Möglichkeit eines Austausches zwischen Grund- und Oberflächenwasser geschaffen. Je nach Differenz zwischen Oberkante Festgestein und Unterkante Ufermauer wurde im Modell der Widerstand in den Modellzellen der Ufermauer durch die Belegung der Zellen mit entsprechenden hydraulischen Durchlässigkeiten umgesetzt. Die Bedeutung der Ufermauer für die Grundwasserströmung wird aus den im Kapitel 4.1 beschriebenen effluenten Grundwasserströmungsverhältnissen ersichtlich. Da Grundwasser

prinzipiell der Würschnitz als Vorfluter zuströmt, bestimmt der Widerstand, den die Ufermauer darstellt, die Grundwasserstände im Untersuchungsgebiet maßgeblich.

Im Zusammenhang mit der Planung der Bauvorhaben wurde der Istzustand der Ufermauern teilweise erkundet. Der Istzustand der Durchlässigkeit im Bereich der Ufermauern ist insbesondere bei der Modellkalibrierung von Bedeutung. Wichtige Einschätzungen der Austauschprozesse zwischen dem Grund- und dem Oberflächengewässer im Istzustand wurden mit den Ergebnissen des Grundwassermonitorings dargelegt. Dabei wurde in den Bereichen der GWM ein sehr intensiver Austausch festgestellt.

In Zusammenarbeit mit den Objektplanern und dem Baugrundgutachter wurde über den gesamten Verlauf der Würschnitz im Untersuchungsgebiet eine Einschätzung des Zustandes und der Gründungssituation im Ist- sowie im Planzustand getroffen. Die verschiedenen Baumaßnahmen sind dabei wie bereits beschrieben durch ihre Gründungen charakterisiert.

Im Modell werden in Bezug auf die dem Grundwasseraustausch vereinfacht 4 charakteristische Situationen unterschieden. Diese sind:

- Die Gründung einer undurchlässigen Uferbefestigung direkt auf dem Festgestein
- Die Gründung einer porösen Uferbefestigung (durch Verwitterungen, Risse etc.) auf dem Festgestein
- Die Gründung einer perforierten Ufermauer auf dem Festgestein
- Die Gründung der Uferbefestigung auf Flussschotter mit dadurch gewährleisteter Interaktion

7.5 Kalibrierung

Für die Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells im stationären Zustand ist ein repräsentativer Mittelwasserzustand erforderlich. Dementsprechend wurde die Stichtagsmessung vom 05.07.2011 ausgewählt. Die dazugehörigen Hydroisohypsenpläne wurden bereits im Zusammenhang mit dem 1. Zwischenbericht des Grundwassermonitorings /7/ erarbeitet. Diese Pläne wurden mit den Ergebnissen der Modellierung für die Bereiche präzisiert, in denen bei der damaligen Erstellung lediglich Abschätzungen getroffen wurden.

Die Modellkalibrierung fand durch die Variation der Randbedingung des unterirdischen Zustroms statt. Durch die Verwendung der angesetzten Ausgangsparameter wurde schon im ersten Kalibrierungsschritt eine relativ gute Anpassung erreicht. Die Kalibrierung belegt die Umsetzung der Uferbefestigung ohne hydraulischen Widerstand im Istzustand im Modell.

Die Modellanpassung bestätigt diese im Grundwassermonitoring gemessene Charakteristik.

Die Ergebnisse der Modellkalibrierung sind in den Anlagen 3.3 Blatt 1 und Blatt 2 als Hydroisohypsenpläne dargestellt. Dabei werden die am 05.07.2011 gemessenen Werte den berechneten gegenübergestellt.

In Abbildung 7 sind die Modellanpassungen als Scatterdiagramme enthalten. Im Mittel beträgt die Abweichung zwischen Messung und Berechnung im Teiluntersuchungsgebiet Harthau ca. 0,2 m und in Klaffenbach ca. 0,15 m. Beim Vergleich der Berechnungsergebnisse mit den

Stichtagsmessungen vom 20.04.2011, 03.02.2011 und 21.12.2010, die ebenfalls Mittelwasserzustände darstellen, zeigt sich eine ähnlich gute Modellanpassung.

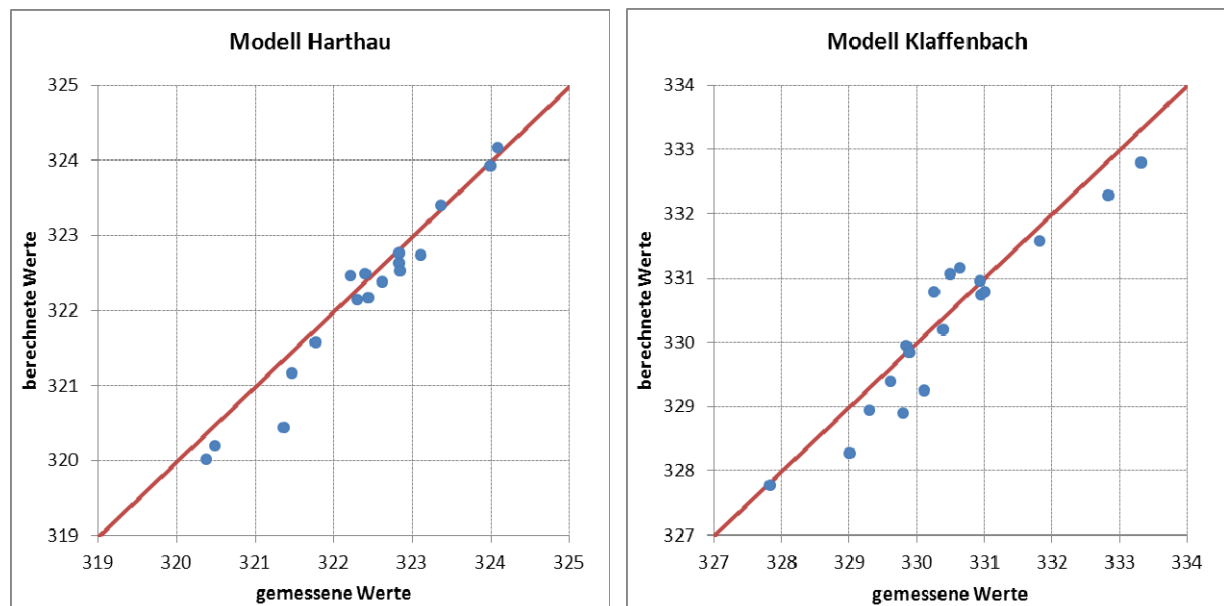


Abb. 7.: Scatterdiagramme der Modellanpassung in den Teiluntersuchungsgebieten

8 Szenarienberechnung

8.1 Szenario Mittelwasser Planzustand

8.1.1 Planzustand 1

Unter der Berücksichtigung der ursprünglichen Planung der Bauvorhaben an den Uferbereichen der Würschnitz wurden im Planzustand 1 die Auswirkungen dieser Baumaßnahmen auf die Grundwasserstände untersucht. Dabei wurden in diesem Planzustand keine Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserwegsamkeiten (Perforationen) berücksichtigt. Grundsätzlich sind die Grundwasserströmungsverhältnisse als effluent zu bezeichnen, d. h. das durch Grundwasserneubildung und dem unterirdischen Zustrom auftretende Grundwasser infiltriert in den Vorfluter. Daher bewirkt die Verringerung des Kontaktes zwischen Grund- und Oberflächenwasser durch die Gründung von Uferbefestigungen im Bereich des Festgesteins bzw. des Festgesteinzersatzes einen Anstieg von Grundwasserständen im Hinterland. Die vorgesehenen Baumaßnahmen sind vergleichsweise in Anlage 1.3 dargestellt. Die vorgesehenen Gründungen der Mauerneubauten liegen im Bereich von ca. 1 bis 1,2 m unter Gewässersohle (frostfrei).

Klaffenbach (M1.5.1 und M 1.5.2)

Für das Teiluntersuchungsgebiet Klaffenbach sind als HWSM der Neubau von Hochwasserschutzdämmen und Ufermauern vorgesehen. Dammbauwerke haben keinen

Einfluss auf die Grundwasserströmung bei Mittelwasser, da deren Gründung nicht im Bereich des Grundwasserspiegels liegt.

Für die Bereiche, in denen der Neubau von Ufermauern vorgesehen ist, ist deren geplante Gründungssituation maßgeblich. Entscheidenden Einfluss auf die Grundwasserströmung hat, wie bereits beschrieben, die Unterkante der Gründung. Die Gründung der geplanten Mauer im Bereich 4+600.00 bis 4+941.00 (linksseitig der Würschnitz) liegt nicht im Bereich des grundwassererfüllten Bereiches. Bei den Mauerneubauten östlich im Teiluntersuchungsgebiet erfolgt die Gründung im Bereich des GWL.

In Anlage 4.1.1 Blatt 1 ist der Hydroisohypsenplan unter Berücksichtigung der Baumaßnahmen im Planzustand 1 enthalten. Aus der Anlage 4.1.2 Blatt 1 werden die Auswirkungen der Mauerneubauten auf die Grundwasserstände bei Mittelwasser ersichtlich. Die Gründung der Ufermauern im Bereich 3+956.50 bis 4+030.00 bewirkt einen Aufstau von Grundwasser bei Mittelwasserverhältnissen von bis zu 30 cm. Der durch die weiteren Mauerneubauten in diesem Bereich (links 3+938.23 bis 3+912.00, links 3+710.00 bis 3+627.10, rechts 3+988.50 bis 3+945.45, rechts 3+932.34 bis 3+884.50) verursachte Grundwasseraufstau liegt im Bereich kleiner 5 cm und ist daher nicht dargestellt.

Harthau (M1.1, M1.2 und M 1.8)

Die für den Planungsabschnitt Harthau vorgesehenen HWSM sind der Neubau von Hochwasserschutzmauern, Hochwasserschutzdämmen bzw. die Mauererhöhung und Gewässeraufweitung.

Die vorgesehenen Dammbauwerke und die Ufermauererhöhungen bzw. Gewässeraufweitungen haben wie bereits beschrieben als HWSM keinen Einfluss auf die Grundwasserströmung bei Mittelwasser. Für die Bereiche, in denen der Neubau von Ufermauern vorgesehen ist, wird deren geplante Gründungssituation genauer betrachtet.

Die Anlagen 4.1.1 Blatt 2 und 4.1.2 Blatt 2 verdeutlichen die Auswirkungen der Mauerneubauten auf die Grundwasserstände bei Mittelwasser im Planzustand 1. Signifikante Auswirkungen mit einem Grundwasseraufstau größer 5 cm wurden im Bereich der Mauerneubauten in folgenden Abschnitten ermittelt:

- links 2+650.00 bis 2+234.30
- links 1+869.90 bis 1+800.00
- rechts 1+856.00 bis 1+726.20

Deutliche Anstiege wurden im Bereich 2+650.00 bis 2+234.30 mit bis zu maximal 80 cm errechnet. Die übrigen Mauerneubauten Harthau erfolgen nicht im grundwassererfülltem Bereich bzw. verursachen keinen signifikanten Grundwasseraufstau.

Fazit

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Auswirkungen der geplanten HWSM im Untersuchungsgebiet maßgeblichen Einfluss auf das Grundwasserregime bei Mittelwasser haben. Während im Teiluntersuchungsgebiet Klaffenbach Grundwasserspiegeldifferenzen lediglich im Bereich des Mauerneubaus 3+956.50 bis 4+030.00 ermittelt wurden, sind im Teiluntersuchungsgebiet Harthau über längere Bereiche Anstiege um bis zu maximal 80 cm errechnet worden.

Bei der Umsetzung der HWSM ist in Hinblick auf die Hochwasserereignisse auf den Anschluss an die vorhandenen Auelehmschichten und bindigen Deckschichten zu achten. Dementsprechend werden zum Abführen von Schichtenwasser bereichsweise Drainagen erforderlich.

8.1.2 Planzustand 2

Um die Beeinflussungen der Grundwasserströmungsverhältnisse durch die Baumaßnahmen für die Bereiche, in denen die Grundwasseranstiege errechnet wurden, zu minimieren, wird eine Perforation der Ufermauern vorgeschlagen. Auf diese Weise werden die im Istzustand vorliegenden Grundwasserströmungsverhältnisse weitgehend erhalten. Damit wird ermöglicht, dass das aus dem Zustrom über den Rand der Talaue und der GWN stammende Wasser weiterhin in den Vorfluter entlastet.

In den Abschnitten, in denen keine Baumaßnahmen im Bereich der Gründung vorgesehen sind, bleibt der hydraulische Zustand an der Uferbefestigung erhalten. Daher werden keine Veränderungen in diesen Bereichen erforderlich.

Klaffenbach (M1.5.1 und M 1.5.2)

Die Bereiche, in denen mittels Perforation auch im Planzustand 2 der Kontakt zwischen dem Grundwasser und der Würschnitz erhalten bleiben soll, sind in Anlage 4.1.3 Blatt 1 dargestellt. Mit Hilfe des Modells wurde ein Perforationsgrad von 0,017 m²/m (entspricht bspw. der Einlagerung von Rohren DN 250 aller 3 m) im Bereich der geplanten Baumaßnahmen errechnet. Die Ermittlung des Perforationsgrades der Ufermauern wurde durch die Anpassung des im Modell vorgegebenen Widerstandes der Ufermauern (hydraulische Durchlässigkeit) erreicht.

Die damit ermittelte Hydrodynamik im Untersuchungsgebiet ist in Anlage 4.1.4 Blatt 1 enthalten. Die sich zum Istzustand ergebenden Grundwasserspiegeldifferenzen sind in Anlage 4.1.5 Blatt 1 dargestellt. Daraus wird ersichtlich, dass die Anstiege im Bereich der geplanten Baumaßnahmen an den Ufermauern minimiert werden konnten. Grundwasseranstiege werden im Modell nur noch bis zu einer Höhe von 15 cm errechnet.

Harthau (M1.1, M1.2 und M 1.8)

In Anlage 4.1.3 Blatt 2 sind Bereiche mit vorgesehener Perforation im Planzustand 2 enthalten. Der mittels Modell errechnete Perforationsgrad ist dabei je Abschnitt unterschiedlich, da der ermittelte Grundwasseraufstau (vgl. Anlage 4.1.2 Blatt 2) stark variiert. Folgende Perforationsgrade wurden ermittelt:

- links 2+650.00 bis 2+450.00 mit 0,025 m²/m (DN 300 aller 3 m)
- links 2+447.50 bis 2+266.22 mit 0,017 m²/m (DN 250 aller 3 m)
- links 1+869.90 bis 1+800.00 mit 0,011 m²/m (DN 200 aller 3 m)
- rechts 1+856.00 bis 1+726.20 mit 0,011 m²/m (DN 200 aller 3 m)

Unter Verwendung dieser Perforationen wurde die in Anlage 4.1.4 Blatt 2 dargestellte Hydrodynamik bzw. die in Anlage 4.1.5 Blatt 2 dargestellten Grundwasserspiegeldifferenzen ermittelt.

Demnach können die im Planzustand 1 errechneten Auswirkungen im Planzustand 2 durch Perforation auf Grundwasseranstiege auf maximal 20 cm minimiert werden.

8.2 Szenario HQ₂₅

8.2.1 Planzustand 1

Die Charakteristik des Hochwasserereignisses HQ₂₅ wurde im Kapitel 7.3 beschrieben. Bezugspunkt für die Darstellung sind maximale Grundwasserstände, diese sind in der Anlage 4.2.1 Blatt 1 für Klaffenbach und Blatt 2 für Harthau zum Vergleich mit dem Planzustand 2 enthalten.

8.2.2 Planzustand 2

Die Optimierungsvorschläge des Planzustandes 2, die aus der Betrachtung der Mittelwasserverhältnisse resultieren, sollen nunmehr auf ihren Einfluss bei HQ₂₅ untersucht werden.

Klaffenbach (M1.5.1 und M 1.5.2)

In den Anlagen 4.2.2 Blatt 1, 4.2.3 Blatt 1 und 4.2.4 Blatt 1 sind die Auswirkungen des Hochwasserereignisses auf das Grundwasser für den Planzustand 2 dargestellt. Die größten Grundwasseranstiege erfolgen im Wesentlichen im vorfluternahen Bereich.

Für das Hochwasserereignis HQ₂₅ wurde ein Grundwasserflurabstandsplan erarbeitet, dieser ist in Anlage 4.2.3 Blatt 1 enthalten. Die Betrachtung der Problematik von Qualmwasser wird für die HWSM im Bereich der Würschnitz bei Wasserspiegellagen des Vorfluters über Gelände von Bedeutung. In diesem Plan sind die Grundwasserflurabstände von 0 m bis größer 3 m farbig dargestellt. Dabei erscheinen Bereiche zwischen dem Vorfluter und der Nulllinie teilweise weiß. In diesen Abschnitten liegen die maximalen

Grundwasserdruckpotentiale während des Hochwasserereignisses über der Geländeoberkante.

Da das Hochwasserereignis HQ₁₀₀ bei gleichen Wasserspiegellagen durch eine längere Dauer gekennzeichnet ist, erfolgt die Bewertung von möglichen Qualmwasseraustritten in den beschriebenen Bereichen im Kapitel 8.3.

Harthau (M1.1, M1.2 und M 1.8)

Die Anlagen 4.2.2 Blatt 2, 4.2.3 Blatt 2 und 4.2.4 Blatt 2 stellen die Auswirkungen des Hochwasserereignisses HQ₂₅ auf das Grundwasser für den Planzustand 2 dar. Die Grundwasseranstiege finden ebenfalls hauptsächlich im vorfluternahen Bereich statt. Die Bewertung hinsichtlich möglicher Qualmwasseraustritte erfolgt entsprechend des Teiluntersuchungsgebietes Klaffenbach anhand des Hochwasserereignis HQ₁₀₀ in Kapitel 8.3.

8.3 Szenario HQ₁₀₀

Für die Bewertung des Hochwasserereignisses HQ₁₀₀ ist die Ermittlung möglicher Bereiche mit Qualmwasseraustritten entscheidend. Diesbezüglich ist der Auelehm als 3. Modellschicht von maßgeblicher Bedeutung. Diese bewirkt die gespannten Grundwasserströmungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Durch die ausgeprägte Verteilung und die hydraulische Wirkung dieser Schicht sind die ermittelten, weiß dargestellten Bereiche nur bedingt qualmwassergefährdet.

Weiterhin ist die hydraulische Leitfähigkeit der 2. Modellschicht (Auffüllung) und der 1. Modellschicht (Deckschicht) ebenfalls relevant. In Bereichen, die beispielsweise versiegelt sind (z. B. Asphaltflächen etc.), ist ein Qualmwasseraustritt nicht möglich. Im Modell wurde die Deckschicht mit einer hydraulischen Durchlässigkeit von 9×10^{-5} m/s berücksichtigt. Es ist zu erwarten, dass in einigen Bereichen die hydraulische Durchlässigkeit geringer ist, damit reduzieren sich die Qualmwasserbereiche.

Aus der Modellierung ergibt sich, dass neben den Auswirkungen der Modellschichten 1, 2 und 3 auf mögliche Qualmwasserbereiche auch Überflutungsbereiche während des Hochwassers den GWL bis zum Scheitelende nur gering speisen. D. h., dass das Oberflächenwasser durch die bindigen Deckschichten nur sehr langsam versickert. Daher werden Grundwasseranstiege im GWL im Bereich bindiger Deckschichten im Wesentlichen vom Vorfluter aus bewirkt. In diesem Zusammenhang ist es von besonderer Bedeutung, bei der Umsetzung der HWSM darauf zu achten, die geohydraulische Wirkung der bindigen Deckschichten zu erhalten bzw. die HWSM an diese Schichten anzuschließen.

8.3.1 Planzustand 1

Die Charakteristik des Hochwasserereignisses HQ_{100} wurde im Kapitel 7.3 beschrieben. Ausgangspunkt für die Darstellung sind maximale Grundwasserstände, diese wurden etwa 35 Stunden nach Beginn des Hochwassersscheitels berechnet. Die Auswirkungen des Hochwasserereignisses HQ_{100} im Planzustand 1 sind in der Anlage 4.3.1 Blatt 1 für Klaffenbach und Blatt 2 für Harthau als Hydroisohypsenplan dargestellt.

8.3.2 Planzustand 2

Klaffenbach (M1.5.1 und M 1.5.2)

In den Anlagen 4.3.2 Blatt 1, 4.3.3 Blatt 1 und 4.3.4 Blatt 1 sind die Auswirkungen des Hochwasserereignisses auf das Grundwasser für den Planzustand 2 dargestellt. Die errechneten maximalen Grundwasserstände sind im Vergleich zu Ereignis HQ_{25} wesentlich höher. Dies resultiert erwartungsgemäß aus der längeren Dauer der Extremwasserstände des Vorfluters. Die Reichweite der Grundwasseranstiege umfasst nahezu den gesamten Bereich des wassererfüllten Quartärs im Untersuchungsgebiet.

In Anlage 4.3.3 Blatt 1 ist der für das Hochwasserereignis HQ_{100} ermittelte Grundwasserflurabstandsplan enthalten. Gegenüber dem HQ_{25} (vgl. Anlage 4.3.4 Blatt 1) sind Bereiche mit potentiellen Qualmwasseraustritten wesentlich größer. Die Bereiche, in denen die maximalen Grundwasserdruckpotentiale während des Hochwasserereignisses HQ_{100} über der Geländeoberkante des Hinterlandes liegen, sind entsprechend markiert. Auf Bereiche, die durch Oberflächenwasser überflutet sind, wird dabei nicht eingegangen.

Im Teiluntersuchungsgebiet Klaffenbach sind bereits im Istzustand bei Mittelwasser Bereiche mit sehr niedrigen Grundwasserflurabständen vorhanden. Dementsprechend können geringe Grundwasseranstiege bereits den Austritt von Qualmwasser bewirken.

Im Bereich der markierten Flächen K1 und K2 sind die bindigen Deckschichten ausgeprägt vorhanden, hier wurde kein Qualmwasseraustritt ermittelt.

Auch im Bereich der Teilfläche K3 sind bereits im Istzustand sehr niedrige Grundwasserflurabstände vorhanden. In diesen Bereichen kann es ggf. zu Grundwasseranstiegen über Gelände kommen.

Der Abschnitt K4 ist durch relativ hohe Druckpotentiale im GWL gegenüber der Geländeoberkante gekennzeichnet. Obwohl auch in diesem Bereich bindige Deckschichten ausgeprägt sind muss hier mit Qualmwasser gerechnet werden.

Beim Bereich K5 ist aufgrund der nur sehr geringen maximalen Grundwasserstände über Gelände nicht mit Qualmwasser zu rechnen.

Im Bereich K6 wurde in einigen Aufschlüssen keine Auelehmschicht erbohrt (vgl. RKS 1.5/6-1), dementsprechend ist in diesem Bereich mit Qualmwasser zu rechnen.

Die ermittelten Mengen an Qualmwasser je Abschnitt (vgl. Anlage 4.2.3) sind für das Hochwasserereignis HQ₁₀₀ in Tabelle 5 enthalten.

Tab. 5.: Ermittelte Qualmwassermengen HQ₁₀₀

Bereich	Wassermenge [l/s×lfm]
K1	-
K2	-
K3	0,002
K4	0,036
K5	-
K6	0,031

Die anfallenden Qualmwassermengen können ggf. durch Rückdrainagen gesammelt und in die Vorflut zurückgeführt werden. Nach dem Rückgang der Extremwasserstände sinkt der Grundwasserspiegel entsprechend schnell ab. Dementsprechend wird auch ggf. ausgetretenes Qualmwasser, das nicht oberflächlich der Kanalisation zugeflossen ist, wieder versickern. Weiterhin könnten Geländeprofilierungen den Austritt von Qualmwasser verhindern.

Harthau (M1.1, M1.2 und M 1.8)

Die Auswirkungen des Hochwasserereignisses auf das Grundwasser für den Planzustand 2 in Harthau sind in den Anlagen 4.3.2 Blatt 2, 4.3.3 Blatt 2 und 4.3.4 Blatt 2 dargestellt.

Grundwasseranstiege sind nahezu im gesamten Bereich des wassererfüllten Quartärs im Untersuchungsgebiet zu verzeichnen. In dem in Anlage 4.3.3 Blatt 2 enthaltenen Grundwasserflurabstandsplan sind die Bereiche, in denen die maximalen Grundwasserdruckpotentiale während des Hochwasserereignisses HQ₁₀₀ über der Geländeoberkante des Hinterlandes liegen, wiederum entsprechend markiert.

Im Bereich der markierten Fläche H1 wurden teilweise bindige Schichten erbohrt (vgl. RKS 1.8/3-2), teilweise auch nicht (vgl. RKS 1.8-4). Daher ist in diesem Bereich abschnittsweise mit Qualmwasser zu rechnen.

Der rechtsseitig der Würschnitz gelegene Bereich H2 ist sehr stark durch Qualmwasser gefährdet. Die ermittelten Grundwasserpotentiale liegen nur geringfügig unter dem Druckpotential im Vorfluter. Hier ist mit erheblichen Qualmwassermengen zu rechnen.

Im Bereich H3 liegen die errechneten maximalen Grundwasserdruckpotentiale nur geringfügig über der Geländeoberkante. Aufgrund der hohen zu erwartenden Durchlässigkeit der Deckschichten ist in diesem Abschnitt trotzdem mit Qualmwasser zu rechnen.

Mit der RKS 1.1-3 wurde hydraulisch durchlässiges Material bis eine Tiefe von 6 m unter Gelände angetroffen. Die Ansprache des Festgesteinzersatzes in umliegenden Aufschlüssen zeigt in diesen Bereichen ebenfalls relativ hohe hydraulische Durchlässigkeiten. Daher muss im Bereich H4 und H5 mit Qualmwasser gerechnet werden.

Im Bereich H6 liegen im Istzustand bei Mittelwasser im Bereich einer Geländesenke die Grundwasserflurabstände sehr oberflächennah. Nennenswerte Qualmwasseraustritte sind hier vorerst aber nicht zu befürchten

Die je Bereich ermittelten Mengen an Qualmwasser sind in Tabelle 6 enthalten.

Tab. 6: Ermittelte Qualmwassermengen HQ₁₀₀

Bereich	Wassermenge [l/s×lfm]
H1	0,025
H2	0,042
H3	0,008
H4	0,016
H5	0,018
H6	-

Im Bereich Harthau wurden in größeren Abschnitten Perforationen der Uferbefestigung im Planzustand 2 vorgesehen. Teilweise überschneiden sich perforierte Bereiche mit Bereichen mit potentiellen Qualmwasseraustritten. Aus der Modellierung ergibt sich, dass das Auftreten von Qualmwassergefahr nur bedingt durch die vorgesehene Perforation der Uferbefestigung beeinflusst wird.

9 Zusammenfassung /Schlussfolgerungen

In den Chemnitzer Ortsteilen Harthau und Klaffenbach sind im Auftrag der LTV Hochwasserschutzmaßnahmen entlang der Würschnitz in Planung. Im Ergebnis des bisherigen Planungsstandes sollen Ufersicherungen realisiert werden, die teilweise im Bereich des wassererfüllten GWL gründen.

Zur Prognose der Auswirkungen dieser Baumaßnahmen auf das Grundwasser wurde eine planungsbegleitende Grundwassermodellierung durchgeführt. Die Grundwassermodellierung erfolgte für das Untersuchungsgebiet für Mittelwasser sowie die Hochwasserereignisse HQ₂₅ und HQ₁₀₀. Auf diese Berechnungen aufbauend wurden die Baumaßnahmen entsprechend der ursprünglichen Planung (Planzustand 1) und unter Berücksichtigung von einer erforderlichen Perforation (Planzustand 2) bewertet. Es zeigte sich, dass der Grundwasseraufstau bei Mittelwasserverhältnissen durch eine Perforation der Ufermauern auf ein Minimum reduziert werden kann.

Durch das Grundwassermonitoring wurde im Untersuchungsgebiet eine relativ starke Interaktion von Grund- und Oberflächenwasser ermittelt. Das Grundwasser strömt im quartären GWL in allen Bereichen der Talaue dem Vorfluter Würschnitz zu und entlastet in diesen (effluente Grundwasserströmungsverhältnisse). Im Falle eines Hochwassers infiltriert das Wasser aus dem Vorfluter grundsätzlich in den GWL, d. h. die Grundwasserströmungsverhältnisse kehren sich um.

Für die Problematik von Qualmwasser sind die maximalen Wasserspiegellagen des Vorfluters und dessen Ganglinie während des Hochwassers ausschlaggebend. Für die Hochwasserereignisse HQ₂₅ und HQ₁₀₀ wurden Grundwasserflurabstandspläne erarbeitet, aus denen Bereiche mit potentiellen Qualmwasseraustritten hervorgehen. Für diese Bereiche wurden Qualmwassermengen ermittelt.

Handlungsbedarf

Die durchgeführten Berechnungen basieren alle auf den bisher mit dem neu errichteten Grundwassermonitoringnetz beobachteten Mittelwasserverhältnissen im Grundwasser. Mit der weiteren Erfassung der Hydrodynamik im Untersuchungsgebiet muss geprüft werden, inwieweit eine entsprechende Verifizierung bzw. Anpassung der beiden Modelle vorgenommen werden sollte. Ggf. muss eine Nachbemessung der Qualmwasseraustritte für das Bemessungshochwasser vorgenommen werden. Ggf. müssen dabei auch weitere Gewässer im Untersuchungsgebiet (Bäche und Teiche) instationär im Grundwasserströmungsmodell berücksichtigt werden.

Ein weiterer ggf. erforderlicher Fortschreibungsbedarf für das Grundwassermodell wird in der Präzisierung der Gründungsverhältnisse der Ufermauern gesehen. Sollten bei den Abbrucharbeiten unerwartete Gründungsverhältnisse angetroffen bzw. die Lage der Oberkante des Festgesteins unerwartet oberflächennah angetroffen werden, muss geprüft werden, ob unter Berücksichtigung dieser Situation negative Auswirkungen dieser Baumaßnahmen zu erwarten sind. Daher wird vorgeschlagen, bei der Umsetzung der HWSM den Istzustand der Ufermauern und die Oberfläche des Festgesteins ortsspezifisch aufzunehmen und zu dokumentieren.