

Januar 2019

Auftragsnummer (AG):

Projektnummer (AN): G-10660

Verbesserung des Hochwasserschutzes Frankfurt (Oder)
auf ein HW 200
– Abschnitt Uferpromenade – Los 2, LP 1 und 2
Grundwassermodellierung und Baugrundvoruntersuchung

Erläuterungsbericht
zur Grundwassermodellierung

Auftraggeber: iKD Ingenieur Consult GmbH
Zur Wetterwarte 50, 01109 Dresden

Auftragnehmer:



An der Pikardie 8, 01277 Dresden

☎ 0351 / 21 683 – 30

Fachbereichsleiter: Dr. R. Lewis

Bearbeiter: Dipl.-Ing. G. Baum

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	2
1.1	Veranlassung und Aufgabenstellung	2
1.2	Unterlagen	2
2	Eingrenzung und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes	4
2.1	Räumliche Abgrenzung	4
2.2	geologische und hydrogeologische Situation	4
2.3	Grund- und Oberflächenwasserdynamik	6
2.4	Besondere Randbedingungen	8
3	Modellbildung	9
3.1	Eingrenzung des Modellgebietes und Netzdiskretisierung	9
3.2	Schicht- und Parametermodell	10
3.3	Randbedingungen	11
3.3.1	Oberflächengewässer	11
3.3.2	Grundwasserzuflüsse am Modellrand	12
3.3.3	Flächeninfiltration	13
3.3.4	Grundwasserneubildung	13
3.3.5	Technogene Elemente	13
3.4	Modellkalibrierung	14
4	Modellierung Planzustand	16
4.1	Zielstellung	16
4.2	Modellszenarien	16
4.3	Ergebnisse	17
4.3.1	Gefährdungspotential im Istzustand (Szenario 1)	17
4.3.2	Gefährdungspotential im Planzustand (Szenarien 2 und 3)	18
4.3.3	Planzustand Variante A/C mit Abwehrmaßnahmen (Szenario 4)	21
5	Zusammenfassung und Empfehlungen für die Planung	23
6	Anlagen	25

1 Allgemeines

1.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die Deich- und Uferanlagen von Frankfurt (Oder) wurden zuletzt in der Folge des Sommerhochwassers von 1997 saniert und erhöht. Die Ufermauer wurde als Stahlspundwand mit aufgesetztem Stahlbetonholm hergestellt. In 2 Bereichen wird sie durch Freitreppen (Treppe am Holzmarkt, Römertreppe) unterbrochen. Fehlhöhen in diesen Bereichen sowie der insgesamt tieferliegenden Abschnitt Holzmarkt wurden 2004 durch ein mobiles System ergänzt. Das maßgebliche Bemessungshochwasser ist ein 200-jährliches Hochwasser.

Da das mobile System nicht für Eisdruck bemessen ist, kommt es bei Winterhochwasser nicht zum Einsatz. Im Winter besteht somit bei entsprechend hohen Wasserständen nach wie vor eine Hochwassergefahr für innerstädtische Bereiche und das Klingetal.

Aus diesem Grund wurde im Januar 2018 eine Machbarkeitsstudie zur Sicherung des Hochwasserschutzes erstellt. Dabei wurde u.a. die Rückverlegung der Hochwasserschutzanlage geprüft.

Im Ergebnis der Machbarkeitsstudie wurde unter mehreren betrachteten Varianten eine Vorzugslösung herausgearbeitet, welche im Rahmen der derzeit in Bearbeitung befindlichen Grundlagenermittlung und Vorplanung (Leistungsphasen 1 und 2 nach HOAI 2013) weiter konkretisiert wird. Die Vorzugslösung geht von einer zurückversetzten Hochwasserschutzanlage (HWSA) mit einzelnen Objektschutzmaßnahmen aus. Infolgedessen findet bei Hochwasser weiterhin eine Überflutung der Uferpromenade statt.

Für die Beurteilung der möglichen Auswirkungen der geplanten HWS-Maßnahmen auf die Grundwasserströmungsverhältnisse im Hochwasserfall und damit die Abschätzung der potentiellen Gefährdung der vorhandenen baulichen Nutzungen im Untersuchungsgebiet wird eine Grundwassermodellierung auf dem Planungsstand einer Vorplanung benötigt.

Die Planungsgesellschaft Scholz + Lewis mbH wurde von der iKD Ingenieur-Consult GmbH mit der Realisierung der besonderen Leistungen beauftragt.

1.2 Unterlagen

- /U 1/ Vertrag über die Ausführung von Ingenieurleistungen:
Verbesserung HWS Frankfurt (Oder) auf HW 200, Grundwassermodellierung und Baugrundvoruntersuchung, Ingenieur-Consult GmbH / Planungsgesellschaft Scholz+Lewis mbH, 24.07./30.07.2018
- /U 2/ IKD INGENIEUR-CONSULT GMBH:
Verbesserung HWS Frankfurt (Oder) auf HW 200, Machbarkeitsstudie, 15.01.2018
- /U 3/ IKD INGENIEUR-CONSULT GMBH:
Verbesserung HWS Frankfurt (Oder) auf HW 200, Zwischenstandbericht Vorplanung, 20.09.2018
- /U 4/ IKD INGENIEUR-CONSULT GMBH:
Gründungsangaben Uferspundwand, Stadtbrücke bis km 584,89, 22.08.2018
- /U 5/ IKD INGENIEUR-CONSULT GMBH:
Betriebsdaten zum Klingschöpfwerk, 07.09.2018

- /U 6/ INGENIEURBÜRO KÖBSCH:
Baugrundgutachten zur Instandsetzung der Ufermauer in Frankfurt (Oder),
15.10.1997
- /U 7/ INGENIEURBÜRO KÖBSCH:
Geotechnischer Bericht Ufermauer in Frankfurt (Oder) im Bereich Stadtbrücke bis
Hafen – Hohlraumerkundung-, 08.10.1998
- /U 8/ GEOLOGISCHE KARTE:
Blatt Frankfurt (Oder), Blatt-Nr.: 3653, Maßstab 1:25.000, LBGR
- /U 9/ HYDROGEOLOGISCHE KARTE:
Blatt Frankfurt (Oder) Nr. L3752, Maßstab 1:50.000, LBGR 2009
- /U 10/ LITHOFAZIESKARTE QUARTÄR:
Blatt Gorgast / Frankfurt / Oder, Nr. 1970 / 2070, Maßstab 1:50.000, Berlin 1986
- /U 11/ LANDESAMTES FÜR BERGBAU, GEOLOGIE UND ROHSTOFFE (LBGR):
Schichtenverzeichnisse zu 238 Altbohrungen im Untersuchungsgebiet,
- /U 12/ LANDESAMT FÜR UMWELT BRANDENBURG:
Stammdaten und Messwerte für 15 Grundwassermessstellen, Stand: 10.07.2018
- /U 13/ LANDESAMT FÜR UMWELT BRANDENBURG:
Tageswerte der Wasserstände und Abflüsse am Pegel Beckmannstraße / Klinge,
1996 bis 2016, Stand: 12.10.2018
- /U 14/ STADT FRANKFURT (ODER), UNTERE WASSERBEHÖRDE:
Auskunft zu vorhandenen Grundwassernutzungen, 09.07.2018
- /U 15/ WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT EBERSWALDE:
Stammdaten, Abflussmessungen und Tagesmittelwerte der Wasserstände der Pe-
gel Frankfurt/Oder und Frankfurt 1 /Oder 1997 bis 2018, Stand: 11.07.2018
- /U 16/ FWA FRANKFURTER WASSER- UND ABWASSERGESELLSCHAFT:
Hochwasserschutzmaßnahmen Kanalnetz, 10.03.2016
- /U 17/ INGROS LACKNER SE:
Verbesserung des Hochwasserschutzes Frankfurt/O auf ein HW 200,
2d-Hydraulik, Wasserspiegellagen HQ(5) – HQ(200), 20.08.2018
- /U 18/ PLANUNGSGESELLSCHAFT SCHOLZ + LEWIS MBH:
Verbesserung des Hochwasserschutzes Frankfurt (Oder) auf HW 200,
Baugrundvoruntersuchung, 06.11.2018
- /U 19/ LANDWIRTSCHAFTS- UND UMWELTINFORMATIONSSYSTEM BRANDEN-
BURG:
Wasserhaushaltsdaten ArcEGMO 1991 – 2010, Grundwasserneubildung, Online-
abfrage vom 03.07.2018

2 Eingrenzung und Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

2.1 Räumliche Abgrenzung

Das planerische Bearbeitungsgebiet befindet sich entlang der Oder im Zentrum der Stadt Frankfurt (Oder). Die Abschnitte der geplanten Hochwasserschutzmaßnahmen erstrecken sich nördlich und südlich der Stadtbrücke entlang der Uferpromenade in etwa von Fluss-km 583,50 bis Fluss-km 584,40.

Das Untersuchungsgebiet Grundwasser muss alle Bereiche der potentiellen Gefährdung durch hochwasserbedingten Grundwasseranstieg erfassen. Es ist daher weiträumig um das eigentliche Planungsgebiet zu gestalten, um die hochwasserbedingte Grundwasserdynamik nicht durch feste Randbedingungen zu limitieren.

Das Untersuchungsgebiet für die Beschaffung und Bewertung der hydrogeologischen Grundlagen zur Festlegung der Grenzen des zu erstellenden Grundwasserströmungsmodells erstreckt sich deshalb vom Kellenspring im Süden bis zur Hafenstraße im Norden und deckt einen ca. 1,8 km langen Uferabschnitt der Oder (Fkm 583,1 bis Fkm 584,9) ab. Es schließt die rückwärtigen Überflutungsgebiete des Istzustandes an der Europa-Universität „Viadrina“ sowie am Klingefließ ein.

2.2 geologische und hydrogeologische Situation

Das Untersuchungsgebiet liegt regionalgeologisch zwischen der Lebuser Platte im Westen und dem Frankfurter Oderdurchbruchstal im Osten. Gemäß den ausgewerteten Kartenwerken (/U 8/ bis /U 10/) wird der gesamte innerstädtische Bereich südlich der Klingeeinmündung durch anthropogene Auffüllungen geprägt. Unterhalb der Auffüllung folgen holozäne und pleistozäne fluviatile Ablagerungen der Oderaue, die überwiegend als fein- bis mittelkörnige Sande beschrieben werden. Hangseitig schließen sich sandige, schluffige und tonige Schichtwechsel (Grundmoränenbildungen und Schmelzwassersande der Saalekaltzeit) an. Die Lagerungsverhältnisse im Übergangsbereich können gestört vorliegen. Die Basis der für die Grundwassermodellierung relevanten Schichten bilden Geschiebelehmte. Die Oberkante der geschlossenen Geschiebelehmdecke liegt in der Aue zwischen 0 – 5 m NHN, hangseitig sind Aufragungen bis auf 30 – 40 m NHN vorhanden.

Zur Untersetzung der allgemeinen Karten und als Grundlage für das zu erstellende Strukturmodell wurden die verfügbaren geologischen Aufschlüsse des Landesbohrarchivs /U 11/ recherchiert und ausgewertet. Die Lage und Erkundungstiefe der bereitgestellten Schichtinformationen ist aus dem Lageplan der Anlage 1 ersichtlich. Die Erkundungen stammen aus den Jahren 1953 – 2003. Die Aufschlüsse bestätigen erwartungsgemäß die geologische Abfolge gemäß Kartenwerken. Auf die Aussagequalität und Nutzbarkeit der Informationen wird im Kapitel 3 eingegangen.

Für die Bewertung der Zusammenhänge zwischen Oderhochwasser und Grundwasserdynamik sind insbesondere die ufernahen Schichtfolgen relevant. Für den nördlichen Abschnitt liegt eine Baugrunduntersuchung für die Errichtung der Ufersicherung aus dem Jahr 1997 vor. Mit den 16 Kernbohrungen wurden mit Erkundungstiefen bis 16 m erreicht. In den Aufschlüssen der Erkundung wurden die aufgefüllten Böden mit einer Mächtigkeit zwischen 7 m und 10 m erbohrt. Hier sind innerhalb der Auffüllungen nicht selten Hohlräume angetroffen worden, welche wahrscheinlich auf Auskolkungserscheinungen zurückzuführen sind. Darunter weist der überwiegende Teil der Bohrungen eine heterogene Zusammensetzung aus Beckenschluffen und Beckensanden sowie Schmelzwassersanden und Geschiebemergel auf.

Für den südlichen Planungsabschnitt konnten keine Altaufschlüsse im Bereich der Uferpromenade recherchiert werden. Zur geotechnischen Bewertung der Verhältnisse erfolgte daher eine Baugrundvoruntersuchung im Bereich der geplanten Hochwassertore /U 18/. Die Lage der 7 Aufschlüsse ist aus der Anlage 1 ersichtlich. Die Schichtenfolge entsprach weitestgehend dem beschriebenen Aufbau für den nördlichen Bereich. Aufgrund der geringeren Erkundungsdichte und –tiefe ist insbesondere die Bewertung der Schichtenfolge und Geschlossenheit der Horizonte unterhalb der anthropogenen Überprägung nur ansatzweise möglich.

Eine Grundwasserführung ist in den grob- und gemischtkörnigen aufgefüllten Böden sowie den quartären Sanden zu erwarten. Gemäß Auswertung des vorliegenden hydrogeologischen Kartenmaterials /U 9/ sind im Planungsgebiet mehrere quartäre Grundwasserleiter verbreitet, die untereinander teilweise in hydraulischer Verbindung stehen. Für die Modellierung bildet der unter den Auffüllungen befindliche Grundwasserleiter GWL 1.1 der Niederung den relevanten Hauptgrundwasserleiter. Die Basis des GWL 1.1 (Grundmoräne/Geschiebelehm) wird in der Oderniederung mit ca. 0 m NHN angegeben. Der wasserführende Komplex besitzt demnach eine Mächtigkeit von ca. 20m.

In westliche Richtung steigt der saale- bzw. elsterkaltzeitliche Stauer stark an und erreicht im Raum Frankfurt (Oder) Höhen bis zu 35 m NHN. Der hangende saalekaltzeitliche GWL 2 der Hochflächen steht im Übergangsbereich der Aue mit den GWL 1.1 in hydraulischer Verbindung.

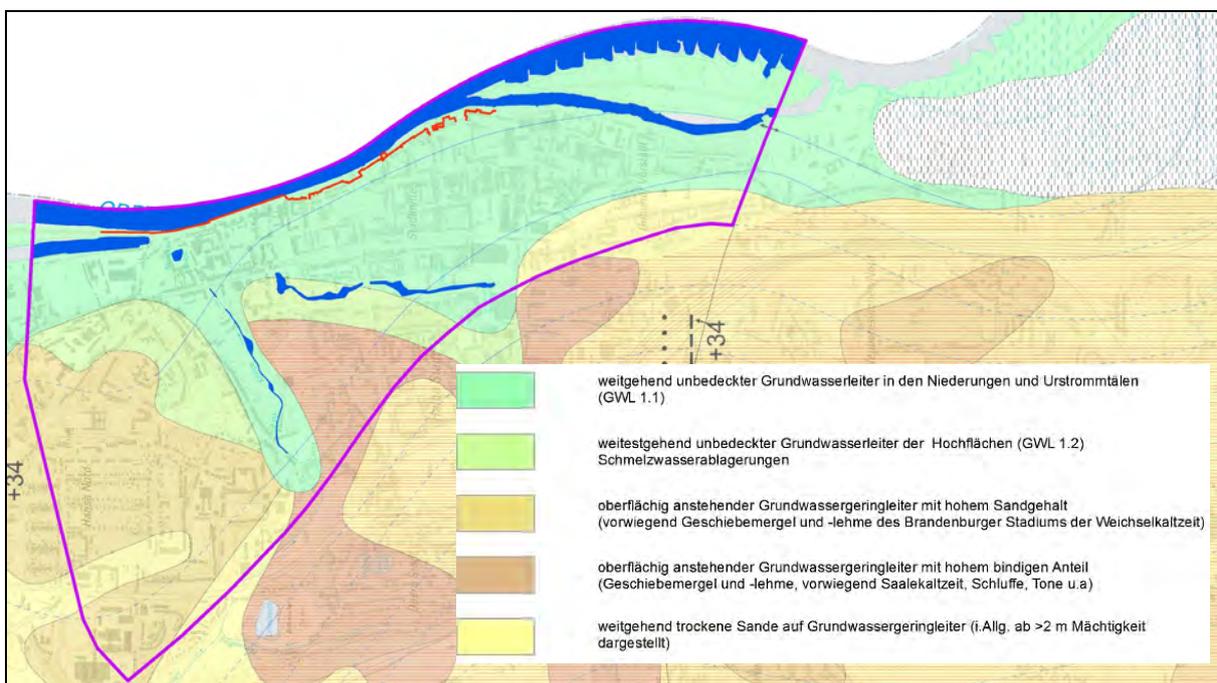


Abbildung 2-1: laterale Verteilung des GWL-Komplex 1 nach /U 9/

Die Grundwasserstände liegen auf den Hochflächen zwischen 40 – 60 m NHN /U 9/. Es findet eine Entwässerung über den GWL 1.1 statt. Gemäß den vorliegenden, ufernahen Baugrunduntersuchungen /U 6/ und /U 18/ korrespondieren die ufernahen Grundwasserstände mit dem Oderwasserstand (18,5 – 20,5 m NHN). Aufgrund der anthropogenen Überprägung und des Fehlens einer durchgängigen bindigen Deckschicht sind im Untersuchungsgebiet

ungespannte Grundwasserverhältnisse charakteristisch. Im Bereichen mit fein- bis gemischt-körnigen Auffüllungen oder Resten von Auelehm können aber auch lokal leicht gespannte Grundwasserverhältnisse eintreten.

Informationen zur Durchlässigkeit der anstehenden Schichten konnten nur aus den Bau- grunduntersuchungen entnommen werden. In /U 6/ wurden nur für den schluffigen Horizont von 10 – 14 m NHN Durchlässigkeiten ausgewiesen. Die auf der Grundlage der Siebanalysen berechneten k_f -Werte liegen zwischen 1×10^{-6} und 2×10^{-8} m/s. In /U 18/ wurden Sieb-/ Schlämmanalysen an Bodenproben der Auffüllung realisiert. Die berechneten k_f -Werte liegen zwischen $1,8 \times 10^{-3}$ und 1×10^{-7} m/s.

2.3 Grund- und Oberflächenwasserdynamik

Die Oder bildet am östlichen Modellrand auf ca. 2,8 km Länge die bedeutendste Randbedingung für die Grundwasserdynamik (Fkm 582,5 – Fkm 585,3). Als Oberflächengewässer wird diese durch schwankende Wasserstandsänderungen charakterisiert, die auf den Grundwasserleiter einwirken. Voraussetzung für die Modellkalibrierung sowie hochwasserbezogene Berechnungen (Planzustand) ist daher die instationäre Abbildung der Vorflutdynamik der Oder. Neben der Oder ist die Klinge für die Gebietsentwässerung relevant.

Für die Abbildung der Vorflutverhältnisse standen die Messwerte der Pegel Frankfurt (Oder) und Frankfurt 1 (Oder) sowie vom Pegel Beckmannstraße (Klinge) zur Verfügung /U 13/ und /U 15/:

Tabelle 2-1 Basisdaten Oberflächenwasserpegel

Pegel	Fkm	Messreihe	NNW [m ü. NHN]	MW [m ü. NHN]	HHW [m ü. NHN]	Schwankungs- bereich [m]	HW 200 /U 17/ [m NHN]
FFO	584,0	2006-2015	18,29	19,93	24,07 27.7.1997	5,78	24,25
FFO 1	585,28	2000-2010	18,00	19,47	23,02 28.05.2010	5,02	23,46
Klinge	0,9	2006-2015	23,11	23,41	24,42 09.07.2004	1,31	-

Anhand der Schwankungsbereiche der Gewässer ist feststellbar, dass die Klinge für die Dynamik eine untergeordnete Bedeutung besitzt. Eine Betrachtung der überlagernden Einwirkung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten von Haupt- und Nebengewässer ist daher nicht erforderlich.

In Zeiträumen mit Oderwasserständen über Mündungsniveau der Klinge wird der Rückstau des Hochwassers durch den Betrieb eines Schöpfwerkes gewährleistet /U 5/. Die Sohle des Freiflutschiebers liegt bei 19,19 m NHN. Der Schieber schließt automatisch bei einem Wasserstand von 20,80 m NHN. Der binnenseitig zu gewährleistende Maximalwasserstand ist mit 22,0 m NHN angegeben.

Für die Bewertung der im Stadtgebiet ablaufenden Grundwasserdynamik standen für 8 Grundwassermessstellen (GWM) Daten des Landesmessnetzes zur Verfügung /U 12/:

Tabelle 2-2 Basisdaten Grundwassermessstellen Landesmessnetz

GWM	Messreihe	NW [m ü. NHN]	MW [m ü. NHN]	HW [m ü. NHN]	Schwankungs- bereich [m]	Vorflutabstand [m]
36532655	1997-2017	19,36 08.10.2015	20,40	22,21 04.08.1997	2,85	200
36532662	1989-2017	22,42 01.10.1990	22,73	23,57 01.08.1997	1,15	330
36532663	1989-2017	23,49 04.10.2009	23,80	24,13 31.07.1997	0,64	370
36532664	1989-2017	23,03 14.07.2000	23,31	23,77 01.08.1997	0,74	250
36532667	1986-2017	22,57 04.03.2008	22,83	23,49 31.07.1997	0,92	120
36532674	1969-2017	20,92 22.10.1992	21,78	22,67 04.08.1997	1,75	400
36532677	1971-2017	21,90 08.02.1983	23,10	24,26 01.08.1997	2,36	200
36532684	1974-2017	23,59 22.11.1980	24,84	25,24 08.04.1988	1,65	650
36532685	1977-2018	22,24 22.12.1982	22,89	23,55 31.07.1997	1,31	160

Die Lage der GWM ist in Anlage 2 dargestellt. Die GWM verteilen sich relativ gleichmäßig im gesamten Stadtgebiet. Aus dem ausgewiesenen Vorflutabstand der GWM zur Oder ist ersichtlich, dass keine GWM im unmittelbaren Uferbereich der Oder zur Bewertung der gekoppelten Dynamik bzw. der Einflüsse der Ufersicherung vorhanden sind.

Aussagen zur Grundwassersituation unmittelbar binnenseitig des Planungsgebietes liegen nur aus den Baugrunduntersuchungen vor. Im Gutachten /U 6/ für den nördlichen Teil wurden im September 1997 Grundwasserstände zwischen 20,02 und 20,47 m NN erfasst. Zum Erkundungszeitpunkt lag der Oderwasserstand knapp unter diesem Niveau. Da die Spundwand vgl. Kapitel 2.4 erst im Nachgang der Erkundung errichtet wurde, ist ein Einfluss dieser aus den Werten nicht ableitbar.

Im Rahmen der aktuellen Erkundungen vom August 2018 /U 18/ wurden im Bereich der südlichen Uferpromenade Grundwasserstände zwischen 18,5 und 19,1 m NHN erbohrt. Auch diese Grundwasserstände liegen knapp über dem Vorflutwasserstand der Oder (18,6 m NHN). Eine klare Ableitung der Wirkung von bestehender Drainage und Spundwand ist anhand der Einzelwerte jedoch nicht möglich.

Aus den Einzeldaten der ufernahen Erkundungen lassen sich keinen Daten zur Dynamik hinter der Uferbefestigung ableiten.

Weitere Grundwasserdaten liegen nicht vor.

2.4 Besondere Randbedingungen

Bestehende Ufersicherung

Im gesamten Planungsabschnitt zwischen Fkm 583,5 und Fkm 584,89 ist eine Spundwand als Ufersicherung vorhanden. Baudokumentationen dazu sind jedoch nicht vorhanden. Zur Spundwand wurden folgenden Angaben bereitgestellt /U 4/:

- Stadtbrücke bis Fkm 584,68: Unterkante bei ca. 10,5 m NHN,
- Fkm 584,68 bis Fkm 584,89: Unterkante bei ca. 7,5 m NHN,
- keine Angaben für den Bereich südlich der Stadtbrücke.

Im Baugrundgutachten /U 6/ für die Erneuerung der Spundwand nördlicher Teil sind folgende, damals geplante, Angaben enthalten:

- vorgesehene Spundwandlänge: 12 m
- Errichtung unmittelbar vor der alten Kaimauer (4 m Mauerwerk auf einem Holzpfahlrost und Sicherung durch wasserseitige Spundwand)

Zur Einbindetiefe der Spundwände sind keine konkreten Angaben enthalten.

Für den Abschnitt südlich der Stadtbrücke konnte aus /U 6/ nur die Information entnommen werden, dass die 1992 instandgesetzte Ufersicherung als rückverankerte Spundwand errichtet wurde. Somit lässt sich eine zum nördlichen Teil vergleichbare Gründungstiefe vermuten. Eigenständige Unterlagen zum südlichen Abschnitt liegen nicht vor.

Nach /U 6/ war in der Verfüllung zwischen alter Kaimauer und Spundwand eine Drainage zur Entwässerung der binnenseitigen Auffüllung vorgesehen. Dazu liegen ebenfalls keine konkreten Angaben zur tatsächlichen Realisierung vor. Es war nur möglich, die Lage der Drainage aus dem Medienbestand zum Vorhaben zu entnehmen. Aus dem HWS - Maßnahmenplan /U 16/ konnten Angaben zur Steuerung der Drainage im Hochwasserfall entnommen werden. Demnach sind alle Ausläufe zur Oder mit Rückschlagklappe und Schieber versehen. Der Verschluss der Schieber erfolgt bei einem Oderwasserstand oberhalb der Alarmstufe 1 (22,13 m NHN am Pegel Frankfurt (Oder)). Die Schieber werden nach Unterschreiten des genannten Wasserstandes wieder geöffnet, so dass die Entwässerung des Hinterfüllbereiches erfolgen kann.

Grundwassernutzungen

In dem dargestellten Einzugsgebiet ist für 4 bestehende Brunnen eine Grundwasserentnahme von insgesamt 41.150 m³/a durch die untere Wasserbehörde beschieden worden. Zum tatsächlichen Umfang der Grundwasserentnahmen liegen keine Angaben vor. Diese befristeten wasserrechtlichen Erlaubnisse befinden sich derzeit in der Überprüfung. Es konnte keine Relevanz für die Grundwassermodellierung abgeleitet werden.

3 Modellbildung

Für eine möglichst naturgetreue Abbildung der realen Verhältnisse muss das Modell alle beeinflussenden Elemente gut berücksichtigen und abbilden können. Folgende Randbedingungen sind bei der Abbildung der Grundwasserverhältnisse in Frankfurt (Oder) zu beachten:

- temporäre Überflutungen im Hochwasserfall (Flächeninfiltration in verschiedenen Ausdehnungen der jeweiligen Planzustände)
- bauliche Anlagen der Ufersicherung (Spundwand und Drainage)
- anthropogene Auffüllungen und Oberflächenversiegelungen,
- hangseitige Speisung des Grundwasserleiters,
- vorhandene Einmündung der Klinge inkl. Schöpfwerksteuerung im Hochwasserfall.

Aufgrund der räumlich differentiellen Verteilung der genannten Parameter und Randbedingungen im Untersuchungsgebiet in Verbindung mit der Einordnung der geplanten HWS-Anlagen war eine dreidimensionale Abbildung der hydrogeologischen Verhältnisse erforderlich.

Die besondere Randbedingung einer kurzfristigen, aber stark schwankenden Einwirkung eines Hochwasserereignisses auf den Grundwasserleiter erforderte weiterhin die Modellierung der Grundwasserdynamik mit instationärem Modellansatz.

Als Software wurde für die Erzeugung des Modellgebietes und die Modellierung der instationären Planzustände das Programm FEFLOW Version 7 verwendet.

3.1 Eingrenzung des Modellgebietes und Netzdiskretisierung

Auf der Basis der ermittelten hydrogeologischen Randbedingungen und Vorflutverhältnisse erfolgte die Festlegung der Modellgrenzen entlang der Grundwasserisohypse 25 m NHN ca. 700 – 1800 m westlich der Oder und östlich entlang der Flussmitte des Hauptvorfluters. Nördlich und südlich wurde die Modellabgrenzung jeweils senkrecht zur Oder bei Fkm 583,1 bzw. Fkm 584,9 realisiert. Die Abgrenzung des Modellgebietes ist in allen beigefügten Plan-darstellungen dargestellt.

Die Geländehöhen steigen von ca. 22 m NHN an der Oder auf bis auf ca. 55 m NHN hangseitig an. Die morphologischen Verhältnisse sind aus der Anlage 2 ersichtlich.

Die Netzdiskretisierung erfolgte zur Abbildung der morphologischen Verhältnisse unter Berücksichtigung der Bruchkanten des Geländes und der vorhandenen Bebauung. Im Bereich der Spundwandachsen und HWS-Trassierungen wurden entsprechende Netzverdichtungen realisiert. Der Knotenabstand des Dreiecksnetzes beträgt zwischen 0,5 – 25 m.

3.2 Schicht- und Parametermodell

Aufgrund der unterschiedlichen Qualität der Bodenansprachen und den zum Teil geringen Erkundungstiefen der geologischen Aufschlüsse /U 11/ wurden die Schichtfolgen nur in wenigen Bohrungen dokumentiert. Belastbare Ableitungen bis in Tiefen unterhalb des Gründungshorizontes der Ufersicherung waren nur auf der Grundlage des Baugrunddachtens /U 6/ für den nördlichen Planungsabschnitt möglich.

Entsprechend den Erkenntnissen aus den Basisdaten zur hydrogeologischen Standortsituation erfolgte die Auswertung der geologischen Aufschlüsse für den Aufbau eines Modells bestehend aus 3 Schichten:

- Schicht 1:
 - anthropogene Auffüllung,
 - holozäne Ablagerungen der Niederungen
 - pleistozäne Wechsellagerungen der Hochflächen (Schmelzwassersande / Grundmoränenbildungen)
- Schicht 2:
 - holozäne Ablagerungen der Niederungen
 - pleistozäne Wechsellagerungen der Hochflächen
- Schicht 3:
 - pleistozäne Wechsellagerungen im gesamten Modellgebiet

Die laterale Verteilung der den 3 Schichten untergeordneten Bestandteile erfolgte auf der Grundlage der in /U 8/ und /U 9/ ausgewiesenen Ausdehnungen (u.a. vgl. Abbildung 2-1).

Die Schichten 1 und 3 wurden jeweils in 2 Schichten mit identischen Parametersätzen unterteilt, um die Implementierung der Drainage bzw. Spundwandunterkante höhengetreu zu realisieren. Entsprechend der entwickelten Modellvorstellung endet die Unterseite der Spundwand in dem gemischtkörnigen / geringer durchlässige Horizont der Modellschicht 3. Für den nördlichen Planungsabschnitt ist dies anhand der vorliegenden Datenlage belegt. Für den südlichen Planungsabschnitt wurden analoge Verhältnisse angenommen. Eine Unterströmung der Spundwände ist daher nur in geringem Umfang möglich.

Neben dem Schichtenaufbau sind die hydraulische Leitfähigkeit und die Kolmationskoeffizienten die wichtigsten Parameter zur Abbildung der Grundwasserströmung bzw. gekoppelten Dynamik im Untersuchungsgebiet.

Zur hydraulischen Leitfähigkeit (k_f -Wert) konnten nur aus den Baugrunduntersuchungen /U 6/ und /U 18/ einige konkrete Angaben aus Laboruntersuchungen ermittelt werden. Die anhand von Kornverteilungen berechneten Durchlässigkeiten liegen für die Auffüllungen der Schicht 1 zwischen $1,0 \cdot 10^{-7}$ und $1,8 \cdot 10^{-3}$ m/s. Für die pleistozäne Modellschicht 3 wurden k_f -Werte zwischen $2,2 \cdot 10^{-8}$ und $1,2 \cdot 10^{-6}$ m/s berechnet

Da nur für 2 Schichten Parameter vorlagen, erfolgte die Parameterverteilung im Gesamtmodell auf der Basis der hydrogeologischen Kartenwerke /U 8/ - /U 10/.

Die Größenordnung der Durchlässigkeiten wurde anhand von Literaturangaben und Erfahrungswerten mit folgenden Schwankungsbreiten festgelegt:

- Schicht 1: anthropogene Auffüllung: $1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$ m/s
holozäne Ablagerungen: $5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-4}$ m/s
pleistozäne Wechsellagerungen: $5 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4}$ m/s
- Schicht 2: holozäne Ablagerungen: $5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-4}$ m/s
pleistozäne Wechsellagerungen: $1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-4}$ m/s
- Schicht 3: pleistozäne Wechsellagerungen: $1 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-5}$ m/s

Diese Bandbreite der Parameter bildet die Grundlage der instationären Modellkalibrierung.

3.3 Randbedingungen

3.3.1 Oberflächengewässer

Das Wasserspiegellängengefälle wurde unter Verwendung der Ergebnisse des hydronumerischen Modells /U 17/ auf der Basis der Messwerte der Pegel Frankfurt (Oder) bzw. Frankfurt (Oder) 1 berechnet. Mit dem Verfahren war die Generierung von Ganglinien als Randbedingung für die instationäre Kalibrierung sowie für den Planzustand möglich.

Da bisher für die laufenden Planungen nur Scheiteldurchflüsse berechnet wurden, lag für den instationären Ansatz des Bemessungshochwassers keine Wasserstandsganglinie für den Bereich Frankfurt (Oder) vor. Als Grundlage für die instationären Berechnungen des Planzustandes HW 200 wurden daher die Abflussganglinien auf der Basis aufgezeichneter Hochwasserereignisse an den Pegeln Frankfurt (Oder) bzw. Frankfurt (oder) 1 generiert.

Für die Ableitung des HW 200 standen Beobachtungen von 2 Ereignissen aus 1997 und 2010 zur Verfügung. Der Verlauf beider Ereignisse ist in Abbildung 3-1 zeitnormiert ersichtlich:

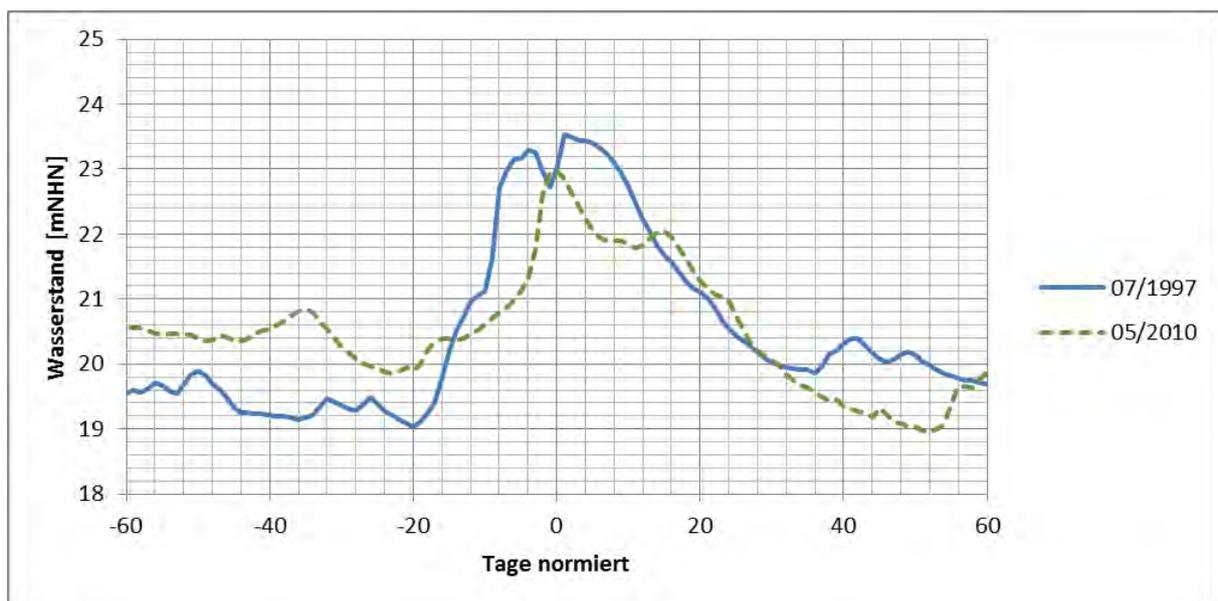


Abbildung 3-1: Hochwasserwellen Juli 1997 und Mai 2010 zeitnormiert

Für die Berechnungen zum HW 200 wurde das Julihochwasser 1997 als Grundlage ausgewählt. Es erfolgte die Skalierung der Ganglinie auf die Bemessungswerte aus /U 17/. Zu Beginn und Ende des Hochwasserereignisses herrschen jeweils die 1997 aufgezeichneten Verhältnisse. Der Verlauf der Bemessungsganglinie ist exemplarisch für die Fkm 584,0 und 585,3 in der Abbildung 3-2 dargestellt.

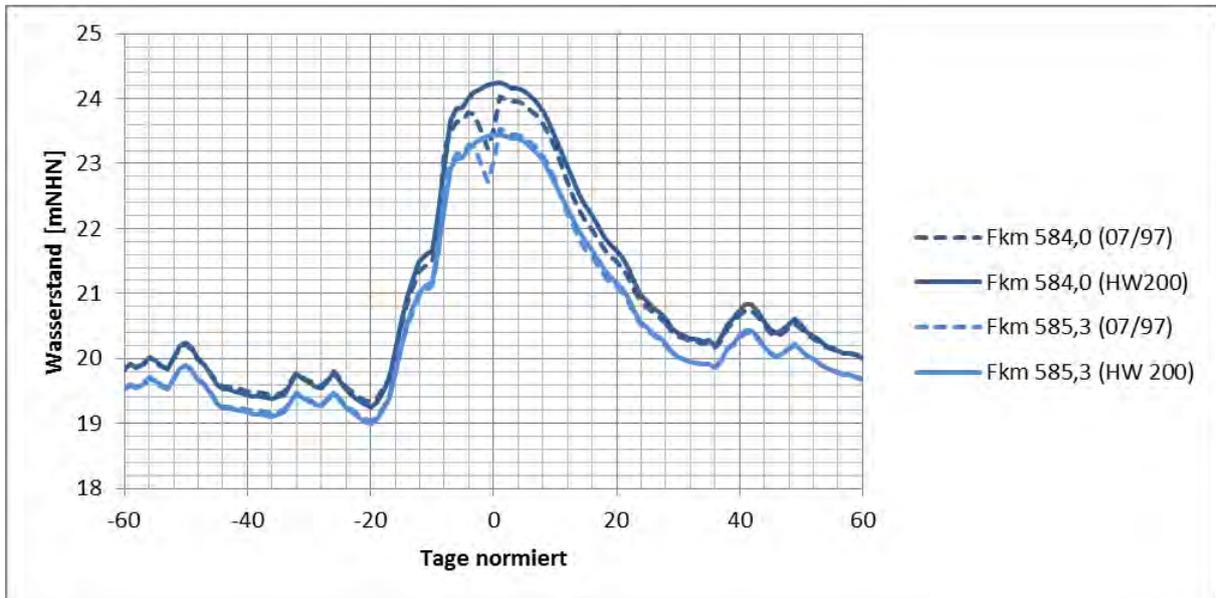


Abbildung 3-2: Ableitung Modellhochwasser HW 200

Gemäß den Erläuterungen im Kapitel 2.3 ist die genaue Abbildung der Klinge von untergeordneter Bedeutung. Der Wasserstand der Klinge wurde auf der Grundlage des Mittelwassers implementiert und im Rückstaubereich auf der Grundlage der Schöpfwerksteuerung und der Oderwasserstände angepasst.

Der Ansatz der Oberflächenwasserstände erfolgte entlang der Vorfluter als Randbedingung 3. Art (Potentialrand mit Berücksichtigung der Kolmation). Die Kolmation geht als Transferrate in die Randbedingung ein und berechnet sich aus dem k_f -Wert der Kolmationsschicht und deren Mächtigkeit. Zur Berücksichtigung einer mittleren Kolmation des Flussbettes erfolgte die Berechnung unter Ansatz einer relativ geringen Kolmationsschicht von 1×10^{-6} m/s mit einer Mächtigkeit der Kolmation von 10 cm.

3.3.2 Grundwasserzuflüsse am Modellrand

Für die Abbildung der Grundwasserhältnisse im Untersuchungsgebiet sind die Zuflüsse aus der westlichen Hochlage von Bedeutung. Da die Festlegung der Modellgrenze gemäß Kapitel 3.1 etwa parallel zur Hydroisohypse 25 m NHN erfolgte, konnte die Abbildung der Grundwasserzuflüsse hangseitig mittels konstantem Potentialansatz (Randbedingung 1. Art) erfolgen. Dieser Ansatz wird auch von der Messreihe der GWM 84 gestützt.

Aufgrund der Entfernung zur Oder bzw. der zu bewertenden Einwirkung auf den Grundwasserleiter kann davon ausgegangen werden, dass die Festrandbedingung kein begrenzendes Kriterium für die Entwicklung der Grundwasserdynamik darstellt.

3.3.3 Flächeninfiltration

Im Istzustand und im Planzustand mit rückversetzten HWS-Anlagen ist die Überflutung der Bereiche zwischen Oder und geplanter HWS-Anlage zu berücksichtigen, da aufgrund der überwiegend gemischtkörnigen bis sandigen Zusammensetzung der Deckschicht eine zusätzlich Einwirkung auf den Grundwasserleiter zu erwarten ist. Dazu erfolgte ebenfalls der Ansatz der generierten Ganglinien des Vorfluters als Randbedingung 3. Art auf der obersten Modellschicht.

Die Oberflächenversiegelung wurde im Bereich der Uferpromenade unter Berücksichtigung der Flächennutzung implementiert:

- versiegelte Oberflächen: Durchlässigkeit $1 \cdot 10^{-8}$ m/s, Mächtigkeit 10 cm
- unversiegelte Grünflächen: Durchlässigkeit $1 \cdot 10^{-5}$ m/s, Mächtigkeit 30 cm

Innerhalb des im Istzustand überfluteten Stadtgebietes (Bereich der Universität bzw. der Klinge) erfolgte aufgrund der Gebietsgröße und entsprechenden Komplexität der Flächennutzung keine Differenzierung der Oberflächenversiegelung. Im Rahmen der Modellkalibrierung wurde eine Sensitivitätsanalyse eines undifferenzierten Versiegelungsansatzes realisiert.

Durch die Verwendung einer Nebenbedingung wird gewährleistet, dass die Randbedingung in Abhängigkeit der Geländekontur nur für den Zeitraum der Überflutung der jeweiligen Modellknoten wirkt.

3.3.4 Grundwasserneubildung

Aufgrund der Bedeutung der Dynamik der Vorflutrandbedingung der Oder auf die Grundwasserdynamik spielt die Grundwasserneubildungsrate eine untergeordnete Rolle, insbesondere in Bezug auf die zu betrachtende Problematik eines dynamischen Hochwasserereignisses.

Für eine allgemeine Berücksichtigung des Einflusses der Grundwasserneubildung wurden die verfügbaren Landesdaten für das Untersuchungsgebiet verwendet. Nach /U 19/ liegen GWN-Werte zwischen -47 und 89 mm/a. Nach Wichtung der Einzelflächengröße erfolgte ein Pauschalansatz von 50 mm/a.

3.3.5 Technogene Elemente

Das bestehende Ufersicherungssystem aus Spundwand mit binnenseitiger Drainage stellt für die Modellierung ein wesentliches regulierendes Element dar, welches die In-/ Exfiltrationsprozesse beeinflusst.

Daher wurde die Trassenführung der Uferspundwand und der binnenseitigen Drainage entsprechend Kapitel 2.4 berücksichtigt. Die Implementierung der Spundwand erfolgte als undurchlässiges Element, das nur an der Unterkante oder seitlich umströmt werden kann.

Die Spundwand im nördlichen Planungsabschnitt wurde gemäß den konkret vorliegenden Angaben implementiert. Da für den südlichen Planungsabschnitt keine konkreten Vorgaben vorliegen, wurde der Gründungshorizont in Analogie zum nördlichen Abschnitt auf 10 m NHN festgelegt.

Aufgrund der Angaben aus /U 6/, dass die Drainage in den Zwischenraum zwischen alter Kaimauer und Spundwand verlegt werden sollte, wurde die Höheneinordnung auf 20 m NHN festgelegt.

3.4 Modellkalibrierung

Eingangsdaten

Für die möglichst belastbare Betrachtung vorflutdominierte Grundwasserdynamik ist die instationäre Kalibrierung anhand von aufgezeichneten Ereignissen mit möglichst hoher Vorflutdynamik erforderlich. Für das Modellgebiet standen dazu die in Kapitel 2.3 beschriebenen Grundlagen zur Verfügung. Daten für alle GWM liegen für den Zeitraum ab 1997 vor. Der Verlauf der Grundwasserstände und der Oder für die letzten 20 Jahre stellte sich wie folgt dar:

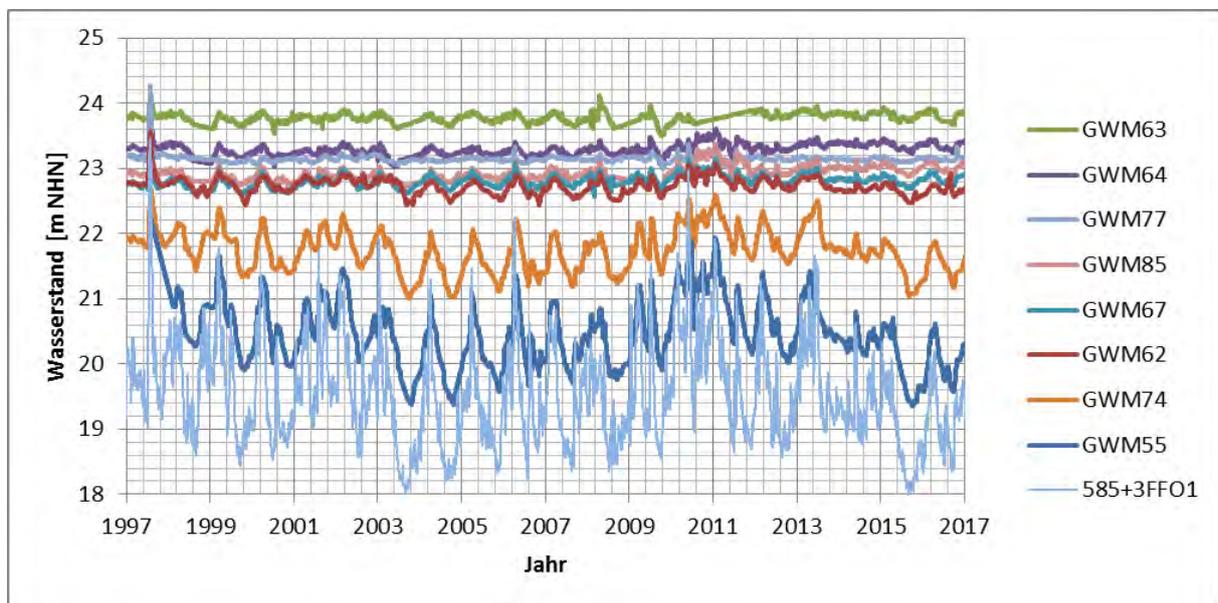


Abbildung 3-3: Messreihen Grund- und Oberflächenwasserstände 1997 -2017

Demnach korrelieren nur die GWM 55 und 74 im Umfeld der Klinge nachweislich mit dem Wasserstand der Oder. Die übrigen GWM binnenseitig der beiden Planungsabschnitte bewegen sich auf einem Wasserstandsniveau, das mindestens 3 m über dem Vorflutwasserstand liegt. Die Amplituden sind kleiner als 0,5 m und Ergebnis der Überlagerung von Vorflutrückstau oder hangseitiger Speisung.

Kontinuierliche Daten aus dem Bereich binnenseitig der Ufersicherung / Planungsabschnitte liegen leider nicht vor. Die mit dem Oderwasserstand übereinstimmenden Einzelwerte aus /U 6/ und /U 18/ zeigen aber, dass der innerhalb der Stadt vorherrschende, deutlich höhere Grundwasserstand offensichtlich nicht mit einem Aufstau binnenseitig der Spundwand in Verbindung gebracht werden kann. Der Potentialabbau der innerstädtisch höheren Grundwasserstände muss demnach noch westlich der Uferpromenade erfolgen. Hydrogeologisch bewertbare Aufschlüsse zur Untersetzung einer geohydraulischen Barriere liegen aber leider nicht vor.

Das Hochwasserereignis vom Juli 1997 zeigte auch an den GWM im Binnenland eine entsprechende Reaktion, die mit der innerstädtischen Flächeninfiltration verknüpft werden kann. Da dieser Sachverhalt den Abbildungszielen der Modellierung sehr gut entspricht, wurde das

Jahr 1997 als Grundlage für die instationäre Kalibrierung gewählt. Dabei erfolgte bereits die Implementierung der Flächeninfiltration und die Analyse der Wirkung des undifferenzierten Versiegelungsansatzes gemäß Kapitel 3.3.3.

Kalibrierergebnis

Das Ergebnis der instationären Modellkalibrierung ist für die verfügbaren GWM in Anlage 3 beigefügt. Die überwiegende Anzahl der Modellwerte bewegt sich innerhalb der angestrebten Genauigkeit von +/- 0,5 m.

Das mittlere Grundwasserniveau wird bis auf die ufernahen GWM 67 und 85 relativ gut abgebildet. Die beiden genannten GWM neigen zur Unterschätzung der realen Verhältnisse bis zu 0,5 m. Eine Verbesserung / Anhebung des Grundwasserniveaus war jedoch nicht möglich, ohne gleichzeitig den Erkenntnissen aus den Baugrunderkundungen im entscheidenden Bereich der Uferpromenade zu widersprechen. Daher wurden diese Kalibrierszenarien verworfen.

Für die zu betrachtende Hochwasserdynamik ist eine bestmögliche Abbildung der Scheitelhöhen und -ausbildung anzustreben. An den GWM 55, 63, 64, 67, 74 und 85 wurde bezüglich der Scheitelwerte eine Modellgüte zwischen - 0,2 und +0,1 m erreicht. Die Dynamik wird an den genannten Standorten mit einer gegenüber der Realität verzögerten Reaktion von bis zu 14 Tage abgebildet. Eine Verbesserung der Dynamik war jedoch nicht möglich, ohne dabei eine Überschätzung der Scheitelhöhe zu erzeugen.

Abweichungen von der erläuterten Modellgüte sind an den hangseitigen GWM 62 und 77 vorhanden. Diese Standorte unterschätzen die reale Dynamik mit Scheitelwerten, die ca. 0,5 m unter dem gemessenen Niveau liegen. Die Unterschätzung der realen Verhältnisse ist vermutlich Ergebnis der konstant implementierten Grundwasserneubildungsprozesse. In der Realität wurde das Stadtgebiet im Vorfeld des Hochwassers 1997 von starken Niederschlägen zusätzlich belastet. Eine Verbesserung der Abbildung wäre hier ggf. durch den Ansatz einer instationären Versickerungsrate mit Fortschreibung des Modells möglich.

Mit dem abschließenden in der Anlage 3 visualisierten Kalibrierschritt, der die Basis für die Berechnungen des Planzustandes bildet, wurde die mit den verfügbaren Eingangsdaten mögliche Genauigkeit erreicht. Die verbleibenden Defizite an den genannten GWM konnten nicht behoben werden, ohne die Kalibriergüte benachbarter GWM zu verschlechtern. Als geeigneter innerstädtischer Versiegelungsansatz wurde abschließend ein Wert aus der Durchlässigkeit $1 \cdot 10^{-6}$ m/s und Mächtigkeit 10 cm gebildet.

Es ist vorgesehen, die instationären Berechnungen zum Planzustand hinsichtlich der eintretenden maximalen Grundwasserstände unabhängig vom zeitlichen Eintreten auszuwerten. Damit sind die verzögerten Reaktionen nicht relevant für die zu gewinnenden Aussagen. Somit kann festgestellt werden, dass das 3dimensionale Grundwassermodell trotz der beschriebenen messstellenspezifischen Probleme eine ausreichende Güte besitzt, um die hochwasserbedingte Grundwasserdynamik für eine erste Bewertung der Auswirkungen der rückversetzten HWS-Linie abzubilden. Die verbleibenden Unschärfen können nur durch weitere Erkundungen oder Verifizierung der Modellrandbedingungen behoben werden.

4 Modellierung Planzustand

4.1 Zielstellung

Entsprechend der vertraglichen Regelungen sind die Einflüsse der HWS – Anlage auf die Grundwasserverhältnisse bei BHW-Ständen in der Oder durch das 3dimensionale Grundwassermodell darzustellen und zu bewerten sowie die zu erwartenden Gefährdungsbereiche aufzuzeigen. Es werden folgende Ziele und Bewertungskriterien festgelegt:

- (1) Bemessungsgrundlage für die Höhe der HWS-Anlagen ist das HW 200.
- (2) Als Zielgröße für die Bewertung der Grundwassergefährdung infolge eines Hochwasserereignisses wird das Geländeniveau im Hinterland der geplanten HWS-Anlage festgelegt.
- (3) Eine Flutung der Unterkellerung von Gebäuden ist im Bemessungsfall zulässig, da diese bereits im Istzustand eintritt. Aufgrund meist fehlender druckdichter Gebäudegründungen sind Auftriebsprobleme im Allgemeinen nicht zu erwarten.
- (4) Die Ermittlung des Erfordernisses einer Binnenentwässerung und die Abschätzung der örtlich im Hochwasserfall anfallenden Wassermengen als Eingangsdaten für die Binnenentwässerung erfolgt bei Bedarf auf der Basis von (2). Die bestehende Modellunschärfe wird durch eine Vorgabe der Absenkung auf 0,5 m unter Gelände berücksichtigt.

Diese Rahmenbedingungen bilden die Grundlage für die Berechnungen des Planzustandes.

4.2 Modellszenarien

Die Betrachtung der Auswirkungen der geplanten HWS-Maßnahmen auf die Grundwasserdynamik war vertragsgemäß für das HW 200 durchzuführen.

Die Modellszenarien wurden in Abstimmung mit dem Objektplaner entwickelt. Die Berechnungen erfolgen instationär, um die zeitlich verzögerte Reaktion des Grundwasserleiters zu erfassen. Es wurden folgende Modellszenarien berechnet:

Szenario 1: Istzustand ohne mobilen HWS:

- HW 200 Istzustand mit Überflutung der innerstädtischen Gebiete,
- Basisberechnung zur Erfassung derzeit vorhandene Gefährdungsbereiche ohne Aufbau des mobilen HWS,
- Referenzszenario zur Bewertung der Planzustände.

Szenario 2: HWS in Uferlinie:

- HW 200 mit Gewährleistung des HWS entlang der bestehenden Uferlinie,
- entspricht der Variante 1 der Machbarkeitsstudie,
- Bewertung der hochwasserbedingten Grundwassergefährdung.

Szenario 3: Planzustand Variante A/C:

- HW 200 Planzustand für die rückversetzte Trassenvariante (Kombination der Varianten A/C der Vorplanung),
- Erfassung und Bewertung resultierender Gefährdungsbereiche,
- Bewertung der Veränderung gegenüber Szenario 1,
- Ableitung ggf. erforderlicher Abwehrmaßnahmen.

Szenario 4: Planzustand Variante A/C mit Abwehrmaßnahmen:

- HWS gemäß Szenario 3,
- Ergänzung von Abwehrmaßnahmen zur Gefahrenabwehr von Grundhochwasser,
- Ermittlung der Grundwassermengen als Grundlage für die Entwicklung von Varianten zur Binnenentwässerung.

Die Ergebnisse werden in den nachfolgenden Kapiteln erläutert.

4.3 Ergebnisse

4.3.1 Gefährdungspotential im Istzustand (Szenario 1)

Als Referenzszenario für die Beurteilung der im Zusammenhang mit dem geplanten Hochwasserschutz veränderten Grundwasserdynamik erfolgte die Berechnung des HW 200 bei bestehender HWS-Anlage ohne mobile Elemente.

Die innerstädtisch einwirkende Flächeninfiltration wurde gemäß Kapitel 3.3.3 auf der Grundlage des Überschwemmungsgebietes für den Istzustand HW 200 implementiert, vorhandene Gebäudekonturen wurde aus den Infiltrationsflächen entfernt. Die Ausdehnung der Flächeninfiltration ist aus der Anlage 4, Blatt 1, ersichtlich.

Morphologisch bedingt treten die höchsten Überstauintensitäten im Umfeld der Europauniversität (minimale GOK bei ca. 23,5 m NHN) bzw. entlang des Geländeeinschnittes der Klinge (minimale GOK bei ca. 22,5 m NHN) auf. Beide Gebiete befinden sich ober- bzw. unterstrom der eigentlichen Planungsabschnitte. Die maximalen Wasserstände liegen bei ca. 1,2 m ü. GOK. Die Überschwemmung dauert ca. 14 Tage an. Für den Bereich der Klingemündung ist zu berücksichtigen, dass eine Ausuferung der Oder über den Bereich an der Römertreppe erst bei Wasserständen über ca. 23,0 m NHN erfolgt.

Für eine flächenbezogene Bewertung der Ergebnisse wurde ein Flurabstandsplan erstellt, der eine Verteilung der maximalen Grundwasserstände, unabhängig vom Zeitpunkt des Eintretens nach Durchgang des maximalen Hochwasserscheitels, abbildet (Anlage 4, Blatt 1).

Unter Berücksichtigung des geplanten Schutzzieles auf Geländehöhe sind Grundwasserpotentiale über Gelände (potentielle Austrittsflächen) in einer blauen Farbabstufung dargestellt worden.

südlicher Abschnitt

Im Ergebnis der Ausbreitung des Hochwassers am Deichende / Beginn der Ufermauer in Richtung Fischerstraße entwickeln sich weit verbreitete Grundwasserflurabstände $< 0,5$ m unter GOK. Das gesamte Gebiet bis hinter die Kreuzung Logenstraße / Heinrich-von-Stephan-Straße wird von gesättigten Verhältnissen charakterisiert. Binnenseitig des eigentlichen Planungsabschnittes sind die Bereiche am Ärztehaus Uferstraße und am Holzmarkt am stärksten betroffen. Innerhalb der nicht vom Überschwemmungsgebiet abgedeckten Flächen werden Grundwasserstände über Gelände ausgewiesen. Westlich der Faberstraße fallen die berechneten Grundwasserflurabstände bereits mindestens 2 m unter Gelände.

nördlicher Abschnitt

Das Hinterland des nördlichen Planungsabschnittes ist aufgrund der vorhandenen Geländesituation etwas stärker von der Flächeninfiltration betroffen. Diese reicht bis an die Schulstraße heran, besitzt aber eine relativ geringe Intensität von $0,2 - 0,5$ m über Gelände. Die Einwirkung beschränkt sich auf etwa 1 Woche. Es resultieren Grundwasserflurabstände zwischen $0,0 - 1,0$ m u. GOK. In Richtung des angrenzenden Klingetales verstärkt sich die Einwirkung entsprechend der fallenden Geländesituation, es dominieren gesättigte Grundwasserverhältnisse.

Anhand der 2 Darstellungen wird ersichtlich, dass die Entstehung flurnaher bis über Gelände austretender Grundwasserstände mit der Überstauhöhe des Überschwemmungsgebiets korreliert. Die größte Beaufschlagung des Grundwasserleiters erfolgt erwartungsgemäß in den morphologischen Tiefpunkten ufernah der Fischerstraße / am Europaplatz sowie im Einschnitt des Klingetales. Im Bereich der Überstauintensitäten > 1 m ist eine Differenzierung von Grund- und Oberflächenwasser nicht möglich, es werden Grundwasserstände über Gelände ausgewiesen.

In den Anschlussbereichen mit geringeren Überstauintensitäten wird eine vollständige Sättigung (Grundwasserflurabstand $0 - 0,5$ m u. GOK) prognostiziert. Mit zunehmender Entfernung zu den Überschwemmungsflächen bzw. in Abhängigkeit zum ansteigenden Gelände sinkt die innerstädtische Gefährdung unter das Gründungsniveau unterirdischer Bebauung.

4.3.2 Gefährdungspotential im Planzustand (Szenarien 2 und 3)

Die bestätigte Vorzugslösung der Machbarkeitsstudie geht von einer rückversetzten Hochwasserschutzanlage mit einzelnen Objektschutzmaßnahmen aus. Infolgedessen findet nach Ertüchtigung des Hochwasserschutzes eine Überflutung der Uferpromenade statt. Das vorhandene Spundwandsystem wird überströmt und trägt als in den Grundwasserleiter eingreifendes Element nicht mehr zu einer möglichen Verringerung der Hochwassereinwirkung bei. In Abhängigkeit der Schachtabdeckungen vorhandener Kanäle ist gegebenenfalls eine bevorzugte Ausbreitung gegenüber dem vorhandenen Sicherungssystem möglich.

Somit ist für die Bewertung der Auswirkungen der rückversetzten Variante im Verhältnis zum bestehenden mobilen Hochwasserschutzsystem entlang der ufersichernden Spundwand

eine Modellierung beider Varianten abgestimmt worden, um Bewertungsgrundlagen für die aus der Planung resultierenden Veränderungen der Grundwassergefährdung zu erhalten.

Mit beiden Szenarien wird die im Istzustand vorhandene Einströmung in die angrenzenden Bereiche Universität und Klingeaue unterbunden.

4.3.2.1 Hochwasserschutz in vorhandener Uferlinie (Szenario 2)

Im Szenario 2 wird die Wirkung des Bemessungshochwassers auf die vordere Uferlinie begrenzt. Die binnenseitige Drainage wird entsprechend der Vorgabe des Kanalnetzbetreibers gesteuert, so dass diese bei Oderwasserständen über Alarmstufe 1 nicht als kommunizierendes Element wirkt. Die grafische Aufbereitung der Ergebnisse des Szenarios 2 erfolgte analog zum Szenario 1 als Flurabstandsplan der maximalen Grundwasserstände. Die graphische Aufbereitung ist in Anlage 4, Blatt 2, enthalten.

südlicher Abschnitt

Als Ergebnis der unterbundenen Flächeninfiltration verringert sich die Grundwassergefährdung im Bereich des Universitätsgeländes. Innerhalb des bisher überfluteten Bereiches steigt der Grundwasserstand bis auf 0,0 – 1,5 m unter Gelände an. Entlang der Uferstraße wurden Grundwasserpotentiale bis zu 0,3 m über Gelände modelliert, die aus der Unterströmung des Deiches resultieren. Es ist demnach in diesem Bereich mit Qualmwasseraustritten zu rechnen. Gemäß Schutzzielfestlegung in Kapitel 4.1 werden für diesen Bereich Maßnahmen zur Binnenentwässerung erforderlich.

Eine geländenahe bis gering artesische Grundwassersituation wird zwischen Beginn Spundwand bis zur Friedensglocke prognostiziert. Dies resultiert aus der Umströmung des südlichen Spundwandendes und den geringeren Geländehöhen in diesem Bereich (ca. 22,5 m NHN / 2 m unter BHW). Im Bereich der ufernahen Gebäude Ärztehaus und Kartoffelhaus wurden Grundwasserstände auf einem Niveau von ca. 1,5 m unter GOK berechnet. Vorhandene durchlässige Unterkellerungen wären demnach von eindringendem Grundwasser betroffen.

Nördlich der Friedensglocke bis zur Stadtbrücke ist die ermittelte Grundwassergefährdung gering. Der Grundwasserstand erreicht ein Niveau von ca. 2 m unter Gelände. Im Bereich der rückversetzt vorhandenen Bebauungen liegen die hochwasserbedingten Grundwasserstände mindestens 3 m unter Gelände, so dass eine Gefährdung eingeschossiger unterirdischer Bebauung nicht ableitbar ist.

nördlicher Abschnitt

Im nördlichen Planungsabschnitt setzt sich die geringe Grundwassergefährdung fort. Zwischen Stadtbrücke und Klingestraße dominieren ebenfalls Grundwasserflurabstände > 2 m u. GOK. Eine Gefährdung eingeschossiger unterirdischer Bebauung ist hier ebenfalls unwahrscheinlich. Nördlich der Klingestraße verringert sich der Grundwasserflurabstand morphologisch bedingt auf 1,0 -1,5 m unter Gelände. Grundwassersituationen über Gelände, aus denen eine oberflächige Ausbreitung entstehen könnte, wurden nicht ermittelt.

4.3.2.2 Planzustand Variante A/C (Szenario 3)

Das Szenario 3 bildet die Vorzugslösung der Planung ab. Die Überflutung der Uferpromenade wirkt südlich der Friedensglocke ca. 25 Tage mit einer Überstauhöhe von max. 2,2 m auf den Grundwasserleiter ein. Nördlich der Friedensglocke reduziert sich die Einwirkung auf ca. 14 Tage und maximale Überstauhöhen von 0,3 – 0,7 m. Da die oberflächennahen Auffüllungen bis zur Oberflächenversiegelung anstehen und keine natürlichen gering durchlässigen Deckschichten vorhanden sind, bildet die Oberflächenversiegelung die einzige Barriere für den Eintritt des Hochwassers in den Grundwasserleiter und nachfolgend die Unterströmung der rückversetzten HWS-Linie. Eine direkte Infiltration über vorhandene Schachtabdeckungen und die Speisung der vorhandenen Drainage mit Hochwasser wurde nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wird, dass dies bei Vorhabenumsetzung zukünftig verhindert wird.

südlicher Abschnitt

Im Ergebnis der Überflutung der Uferpromenade erhöht sich die Gefährdung im geschützten Bereich binnenseitig der HWS-Anlage. Die Ausdehnung der potenziellen Qualmwasserfläche binnenseitig des Deiches Uferstraße besitzt aufgrund der berechneten Grundwasserstände bis zu 0,5 m über GOK eine etwas größere Ausdehnung als im Szenario 2. Das Erfordernis zur Binnenentwässerung ist demnach analog zum Szenario 2 vorhanden.

Bis zur Friedensglocke setzt sich die Erhöhung der Grundwassergefährdung fort. Die unmittelbar in die HWS-Linie eingebundenen Gebäude Ärztehaus und Kartoffelhaus sind gemäß Auswertung der vorhandenen Geländehöhen Grundwasserpotentialen bis zu 1 m über GOK betroffen. In Abhängigkeit der Bausubstanz unterkellerte Bereiche ist für diese Gebäude eine Gefährdung durch die Flutung und ggf. binnenseitige Ausbreitung des Grundwassers ableitbar. Gemäß Schutzzielefestlegung in Kapitel 4.1 werden für diesen Bereich Maßnahmen zur Binnenentwässerung erforderlich.

Zwischen dem Museum Viadrina und der Stadtbrücke wurde ebenfalls eine Erhöhung der Grundwasserstände gegenüber dem Szenario 2 berechnet. Die Grundwasserflurabstände verringern sich am Museum bis auf Geländehöhe, im Anschluss daran liegt der Grundwasserflurabstand zwischen 1,0 – 2,0 m u. GOK. Vorhandene durchlässige Unterkellerungen wären demnach von eindringendem Grundwasser betroffen.

nördlicher Abschnitt

Nördlich der Stadtbrücke bis zum Ende des Planungsgebietes steigt die ermittelte Grundwassergefährdung ebenfalls gegenüber dem Szenario 2. Die Veränderung ist aber aufgrund der einwirkenden Überstauhöhe von 0,3 – 0,7 m geringer. Die Betroffenheit ggf. vorhandener Unterkellerungen durch Grundwasserpotentiale oberhalb des Gründungshorizontes tritt nun auch im Bereich zwischen Collegienstraße und Ziegelstraße ein.

Nördlich der Ziegelstraße ist aus dem Flurabstandsplan höchster Grundwasserstände keine veränderte Situation gegenüber dem Szenario 2 ersichtlich.

vorhabensbezogene Veränderungen

Für die Bewertung der aus der Vorhabenumsetzung veränderten Grundwasserdynamik wurde ein Differenzenplan zum Szenario 1: Istzustand (Anlage 5, Blatt 1) erstellt. Dieser zeigt die berechnete Verringerung der Grundwassergefährdung durch die Vermeidung der innerstädtischen Überflutung. Mit der geplanten Verbesserung des Hochwasserschutzes (Varian-

te A/C) wird im Umfeld der Klinge eine Reduzierung maximaler Grundwasserstände bis zu 1,20 m erreicht. Im Umfeld des Europaplatzes beträgt die Reduzierung bis zu 60 cm. Die allgemeine Verbesserung der Situation um mehr als 25 cm betrifft fast das gesamte Stadtgebiet. Die grundsätzlich positive Wirkung des verbesserten Hochwasserschutzes ist damit nachgewiesen.

4.3.3 Planzustand Variante A/C mit Abwehrmaßnahmen (Szenario 4)

Aufgrund der ermittelten Gefährdungsbereiche durch ansteigendes Grundwasser wurde die Ausweisung der zur Gefahrenabwehr erforderlichen Grundwassermengen erforderlich, um Grundlagen für die Entwicklung von Varianten zur Binnenentwässerung zu schaffen. Dazu wurde das Szenario 3 im südlichen Abschnitt um entsprechende Abwehrmaßnahmen erweitert.

Aufgrund der ufernahen Gefährdungssituation ist prinzipiell der Einsatz linienhafter Entwässerungselemente luftseitig der HWS-Anlage zu empfehlen, da damit ein Optimum hinsichtlich der hydraulischen Wirkung und der erforderlichen Förderrate erreicht werden kann. Die technische Lösung ist binnenseitig des Deiches Uferstraße technisch umsetzbar. Im Modell wurde für die Abbildung der aktiven Sickerleitung der Ansatz einer Randbedingung 1. Art realisiert. Aufgrund der Berücksichtigung der Achse bei der Netzdiskretisierung war die ortskonkrete Implementierung möglich.

Die gemäß Szenario 3 erforderlich werdenden Binnenentwässerungsmaßnahmen für das Ärztehaus und das Kartoffelhaus sind aufgrund der Integration der Gebäude in die Hochwasserschutzlinie nur bedingt als linienhaftes Entwässerungselement umsetzbar. Bei der hydraulisch sinnvollsten Anordnung vor den Gebäuden würden die Leitungen vor der HWS-Anlage liegen, binnenseitig der Gebäude wären erhöhte Absenkziele erforderlich, um die entlastende Wirkung für das gesamte Gebäude zu erreichen.

Für eine erste Abschätzung der anfallenden Grundwassermengen wurde daher mit dem Planer die Absenkung des Grundwassers im Gebäude abgestimmt. Der Keller dient als Vorlagebecken für die zu installierenden oder mobilen Fördereinrichtungen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Gebäude unter Berücksichtigung des Eintrittswiderstandes der Bausubstanz das aufsteigende Grundwasser aufnehmen. Aufgrund des Alters der beiden Gebäude ist eine wasserdichte Gestaltung der unterirdischen Bebauung vermutlich nicht vorhanden.

Dieser Ansatz muss im Rahmen der Objektplanung jedoch zwingend in Bezug auf die vorhandene Bausubstanz konkretisiert und hinsichtlich der technischen Realisierbarkeit überprüft werden.

Alternativ wäre die Absenkung der Grundhochwassersituation über landseitig anzuordnende Vertikalfilterbrunnen möglich.

Als zu gewährleistendes Schutzziel wurde mit dem Objektplaner 0,5 m u. GOK abgestimmt. Damit wird die vorhandene Modellunschärfe berücksichtigt. Folgende Ansätze wurden implementiert:

Deich Uferstraße	umgebende GOK ca. 23,0 m NHN, Absenkziel Drainage auf 22,5 m NHN
Ärztehaus Uferstraße:	vollunterkellert, umgebende GOK ca. 23,5 m NHN, Absenkziel im Keller 23,0 mNHN
Kartoffelhaus:	nördlicher Bereich teilunterkellert, umgebende GOK ca. 23,0 m NHN, Absenkziel im Keller 22,5 mNHN

Mit den erläuterten Ansätzen wurden folgende Bemessungsgrundlagen für die Planung ermittelt:

<u>Maßnahme</u>	<u>maximale Förderrate</u>	<u>Betriebsdauer</u>
Deich Uferstraße	26 m ³ /h (7,2 l/s)	ca. 18 Tage
Ärztehaus Uferstraße:	12 m ³ /h (3,3 l/s)	ca. 10 Tage
Kartoffelhaus:	10 m ³ /h (2,8 l/s)	ca. 16 Tage

Die Förderraten liegen in einer technisch mit relativ geringem Aufwand beherrschbaren Größenordnung. Zum Nachweis der Wirksamkeit der simulierten Gefahrenabwehr wurde ein Flurabstandsplan aus den berechneten maximalen Grundwasserpotentialen (Anlage 4, Blatt 4) sowie ein Differenzenplan zwischen Szenario 4 und 3 (Anlage 5, Blatt 2) erstellt.

Der Flurabstandsplan zeigt, dass mit den implementierten Maßnahmen die gewünschte Reduzierung der Grundwasserstände unter Geländeneiveau erreicht wird. Aus dem Differenzenplan ist die absenkende Wirkung der 3 aktiven Binnenentwässerungsmaßnahmen bis zu ca. 0,7 m ersichtlich. Der Betrieb führt zu einer weiteren weiträumigen Verbesserung im Hinterland des südlichen Abschnittes (vgl. Anlage 5, Blatt 2).

5 Zusammenfassung und Empfehlungen für die Planung

Für die Ermittlung des Gefährdungspotentials durch ansteigendes Grundwasser hinter den geplanten HWS-Anlagen wurden die hydrogeologischen Standortbedingungen anhand von hydrogeologischen Kartenwerken und verfügbaren Altaufschlüssen recherchiert und ein 3dimensionales Grundwassermodell aufgebaut. Die Anpassung des Struktur- und Parametermodells an die realen Verhältnisse erfolgte im Wesentlichen auf der Basis der hydrogeologischen Kartenwerke.

Mit der realisierten instationären Kalibrierung konnte eine relativ gute Anpassung an die vorliegenden Messreihen der flächig im Stadtgebiet verteilten GWM erreicht werden. Eine belastbare Bewertung der gekoppelten Dynamik im unmittelbaren Uferbereich war aufgrund fehlender Messreihen noch nicht möglich. Verfügbare Einzelwerte belegen jedoch, dass kein dauerhafter binnenseitiger Aufstau an der Spundwand vorhanden ist und die Entwässerung über die Drainage oder entlang der Spundwand in den abstromig offenen Uferbereich zur Oder erfolgt.

Belastbare Grundlagen zur hydrogeologischen Standortsituation liegen nur für den nördlichen Planungsabschnitt vor. Demnach bindet die ufersichernde Spundwand in einen schluffigen Horizont ein und die Unterströmung der Spundwand wird behindert. Für den südlichen Planungsabschnitt wurden analoge Verhältnisse angenommen. Es verbleibt somit eine Unsicherheit hinsichtlich der Unterströmung der südlichen Spundwand.

Trotz der daraus resultierenden Unschärfe des Grundwassermodells wird eingeschätzt, dass die Ergebnisse für die Bewertung der Auswirkungen auf die Grundwasserdynamik und die vergleichende Betrachtung der Szenarien eine für die Vorplanung ausreichende Güte besitzen.

Die Auswertung der Grundwassergefährdung erfolgte anhand von Flurabstandsplänen der maximalen Grundwasserstände, unabhängig vom zeitlichen Eintreten. Mit der Vermeidung der bisherigen innerstädtischen Flächeninfiltration wird eine deutliche Verbesserung der Grundwassersituation, insbesondere im Umfeld der Universität und dem Mündungsbereich der Klinge erreicht. Bei der geplanten rückversetzten Variante A/C ergibt sich aufgrund der Überflutung der Uferpromenade und der resultierende Flächeninfiltration binnenseitig der Spundwand eine etwas höhere Grundwassergefährdung gegenüber einem HWS entlang der vorhandenen Uferlinie. Der insgesamt tieferliegende Abschnitt Holzmarkt bis zur Friedensglocke ist am stärksten betroffen. Es wurde ersichtlich, dass daraus eine Grundwassergefährdung über Gelände im Bereich des Ärztehauses Uferstraße und des Kartoffelhauses resultiert. Binnenseitig des oberstrom liegenden Deiches Uferstraße wurden bei allen Planzenarien potentielle Qualmwasserflächen ermittelt. Es werden daher grundwasserabsenkende Maßnahmen im Bereich der zwei Gebäude und binnenseitig des Deiches erforderlich.

Mit dem Szenario 4 wurden erste Dimensionierungsgrundlagen für die aufbauend umzusetzende Objektplanung Binnenentwässerung geschaffen. Die berechneten maximalen Förderaten liegen an den genannten Objekten zwischen 10 – 26 m³/h. Auch mit Betrieb der 3 aktiven Abwehrmaßnahmen verbleibt eine innerhalb der anschließenden unterirdischen Bebauung wahrnehmbare Erhöhung der Grundhochwasserstände. Gemäß abgestimmtem Schutzziel auf Geländeneiveau ist dies jedoch zulässig. Aus der ggf. sich noch weiter entwickelnden Schutzzieldiskussion könnten sich weitere Maßnahmen ergeben.

Da die Modellergebnisse aufgrund der derzeit verfügbaren Datengrundlagen noch mit Unsicherheiten hinsichtlich der hochwasserbedingten Grundwasserdynamik behaftet sind, wird eine Qualifizierung des Modells im Rahmen der Entwurfsplanung empfohlen. Es werden folgende Bearbeitungsschritte vorgeschlagen:

- Berücksichtigung der erforderlichen Qualifizierung des Modells im Erkundungsumfang der Baugrundhauptuntersuchung:
 - Erkundungstiefen bis unterhalb der vermuteten Spundwandunterkante südlich der Stadtbrücke,
 - Labor-/Feldversuche zur Variabilität der Durchlässigkeit in den definierten Modellschichten,
 - Errichtung von je 2 GWM südlich und nördlich der Stadtbrücke (binnenseitig der HWS-Linie),
 - Ausrüstung der 4 GWM zur Erfassung der vorflutnahen Grundwasserdynamik.
- Untersuchung der gefährdeten Gebäudesubstanz hinsichtlich der geohydraulischen Eignung als Pumpvorlage sowie Überprüfung des tatsächlichen Schutzerfordernisses,
- Erweiterung des Planungsumfangs um die Objektplanung Binnenentwässerung und Angleichung der Leistungsphasen.

Diese Untersuchungen und Maßnahmen sollten im Rahmen der Entwurfsplanung realisiert und für die Modellierung bereitgestellt werden. Folgende Leistungen werden in Verbindung mit der fortführenden Bearbeitung des Grundwassermodells gesehen:

- Kontrolle der Messhorizonte der Landesmessstellen und Erfassung der Schachttiefen/Sohllage der binnenseitigen Drainage, visuelle Kontrolle der Drainage bezüglich Materialtransport (Ortsbegehung und Einmessung),
- Aktualisierung des Modells anhand der Ergebnisse der Baugrundhauptuntersuchung und ggf. weiterer zwischenzeitlich vorliegender hydrogeologischer Daten,
- Aktualisierung der implementierten HWS-Anlage und Binnenentwässerungselemente auf den Stand der Entwurfsplanung,
- Kontrolle und Präzisierung der vorliegenden Ergebnisse.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass die durchgeführte Grundwassermodellierung auf der Basis allgemeiner hydrogeologischer bzw. punktueller Informationen mit variierender Informationsdichte erfolgte. Die daraus resultierenden Aussagen des Modells können deshalb von der tatsächlichen Situation im Untersuchungsgebiet abweichen.

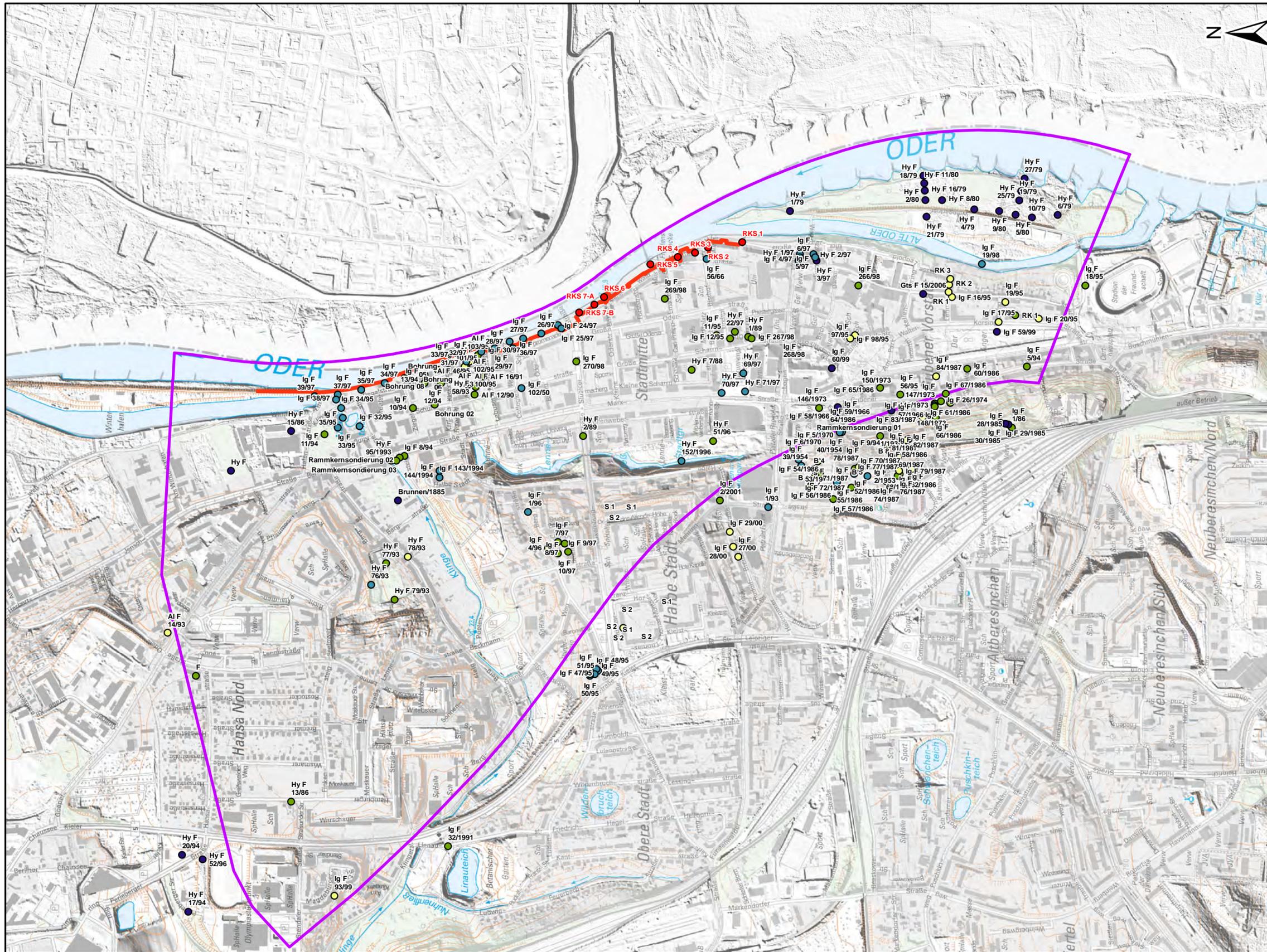
6 Anlagen

- Anlage 1: Übersichtslageplan des Modellgebietes und der geologischen Aufschlüsse, M 1 : 10.000
- Anlage 2: Morphologie des Modellgebietes und vorhandene Grundwassermessstellen, M 1 : 10.000
- Anlage 3: Ganglinien der Modellkalibrierung
- Anlage 4: Flurabstandspläne höchster Grundwasserstände, M 1 : 2.500
- Anlage 5: Differenzenpläne, M 1 : 2.500

Anlage 1

Übersichtslageplan des Modellgebietes und der geologischen Aufschlüsse

M 1 : 10.000



Legende

- Modellgrenze
- HWS-Linie gemäß Vorzugsvariante A/C mit Schutzziel HW 200

geologische Aufschlüsse aus /U 11/ (Endteufe in m)

- 0,00 - 5,00
- 5,01 - 10,00
- 10,01 - 20,00
- > 20
- Rammkernsondierungen 2018 /U 18/

Geobasisdaten

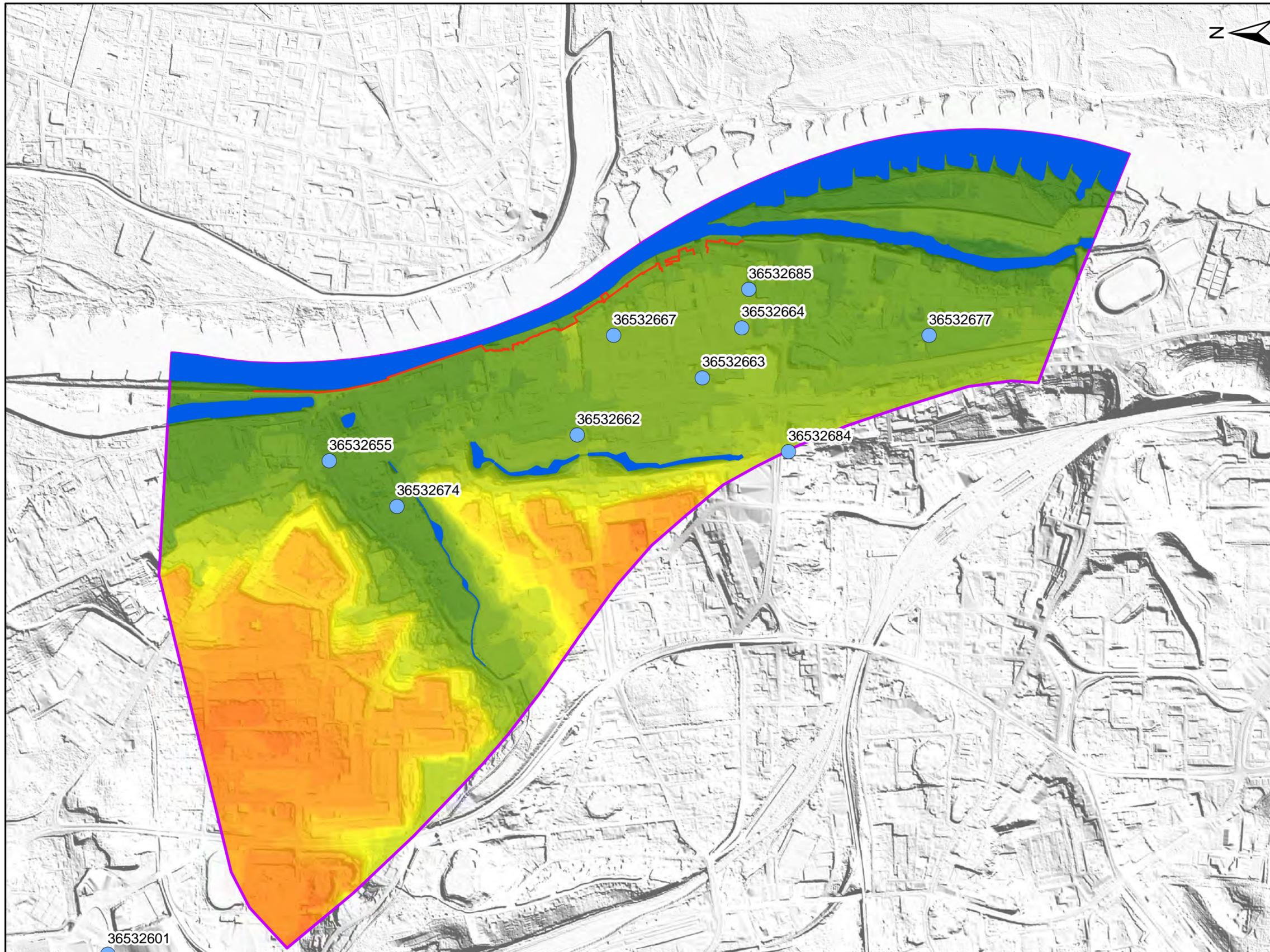
Herausgeber: Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg, DTK10: © 2018
 Jede weitere Vervielfältigung, Verwendung für sonstige Zwecke oder Weitergabe an sonstige Dritte ist unzulässig.

Änderungen				
Index	Datum	Name	Signum	Bemerkung
Auftraggeber				
		 Ingenieur – Consult GmbH	Zur Wetterwarte 50, Haus 337/G 01109 Dresden Tel. 0351 / 88 44 1 - 0	
Auftragnehmer				
			An der Pikardie 8 01277 Dresden Tel. 03 51 / 21 68 3 - 30	
Lagebezug: ETRS89 / UTM33			Höhenbezug: DHN92	
Landkreis: Frankfurt (Oder)			Gemeinde: Frankfurt (Oder)	
Gemarkung:			Flurstück:	
	Datum	Name	Unterschrift	Verbesserung Hochwasserschutz Frankfurt (Oder) auf HW 200 - Grundwassermodellierung Übersichtslageplan des Modellgebietes und der geologischen Aufschlüsse
Gez.	18-11-26	Detrik		
Bearb.	18-11-26	Baum		
Gepr.	18-12-03	Lewis		
Auftragsnr.:		Plan-Nr.: Anlage 01		Maßstab
Phase: Vorplanung		Ers. f.:		1:10.000
				Blatt 1 1 Bl.

Anlage 2

**Morphologie des Modellgebietes und
vorhandene Grundwassermessstellen**

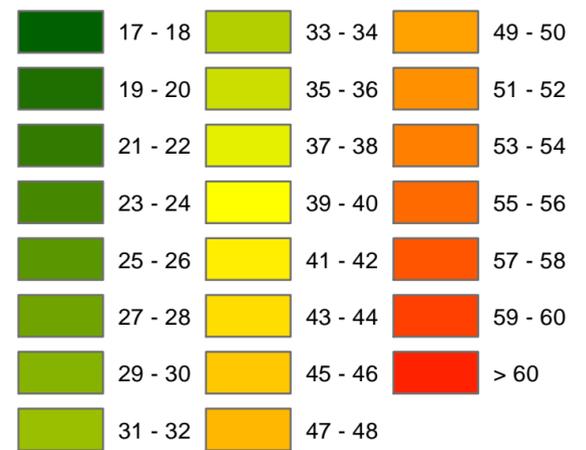
M 1 : 10.000



Legende

- Modellgrenze
- HWS-Linie gemäß Vorzugsvariante A/C mit Schutzziel HW 200
- Grundwassermessstellen nach /U 12/

Geländeoberkante (m NHN)



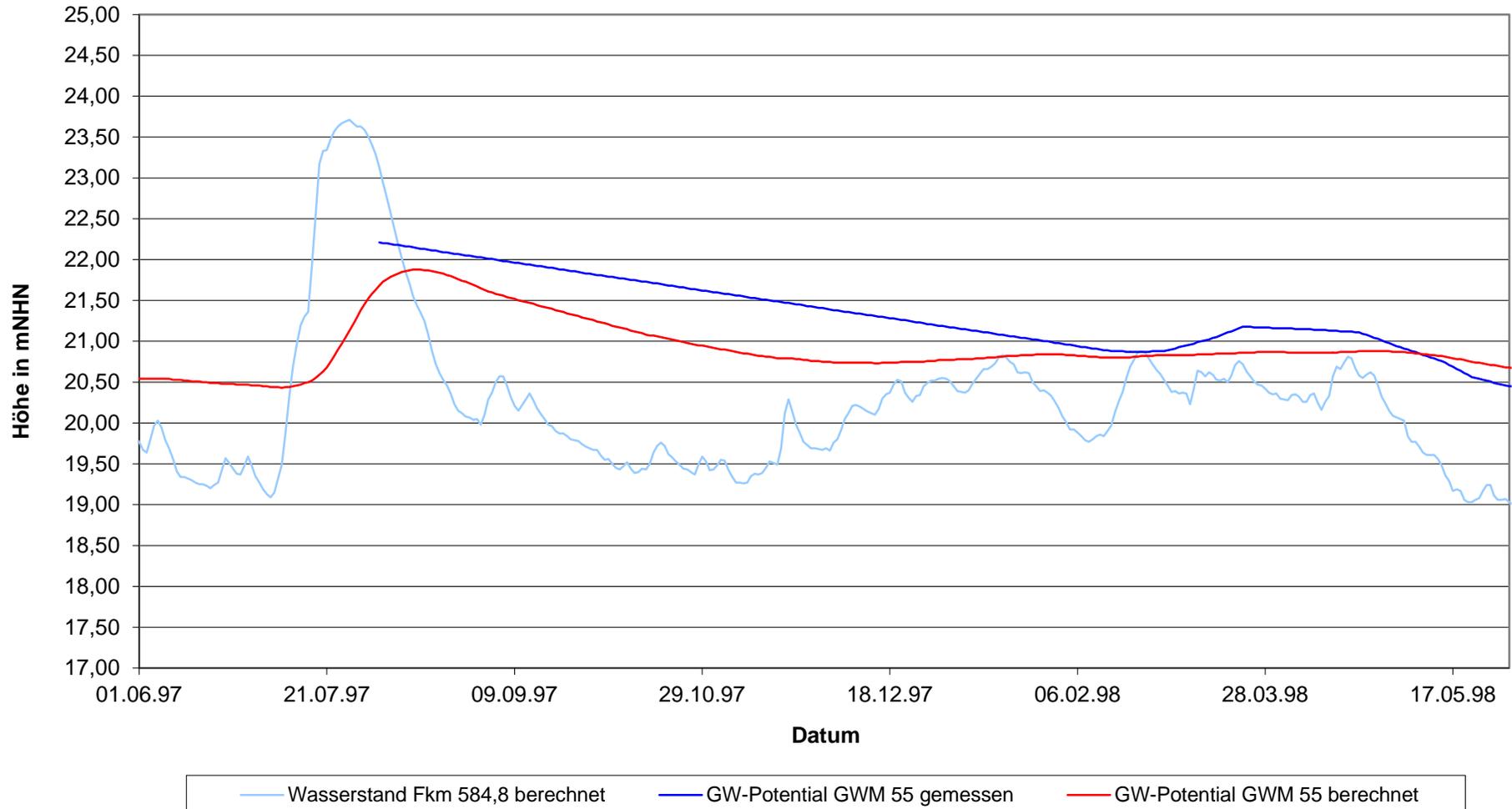
Geobasisdaten
 Herausgeber: Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg, DTK10: © 2018
 Jede weitere Vervielfältigung, Verwendung für sonstige Zwecke oder Weitergabe an sonstige Dritte ist unzulässig.

Änderungen				
Index	Datum	Name	Signum	Bemerkung
Auftraggeber				
		 Ingenieur - Consult GmbH	Zur Wetterwarte 50, Haus 337/G 01109 Dresden Tel. 0351 / 88 44 1 - 0	
Auftragnehmer				
		 SCHOLZ+LEWIS mbH	An der Pikardie 8 01277 Dresden Tel. 03 51 / 21 68 3 - 30	
Lagebezug: ETRS89 / UTM33			Höhenbezug: DHHN92	
Landkreis: Frankfurt (Oder)			Gemeinde: Frankfurt (Oder)	
Gemarkung:			Flurstück:	
	Datum	Name	Unterschrift	Verbesserung Hochwasserschutz Frankfurt (Oder) auf HW 200 - Grundwassermodellierung
Gezei.	18-11-26	Detrik		
Bearb.	18-11-26	Baum		
Gepr.	18-12-03	Lewis		
Auftragsnr.:			Plan-Nr.: Anlage 02	Morphologie des Modellgebietes und vorhandene Grundwassermessstellen
Phase: Vorplanung			Ers. f.:	
			Maßstab 1:10.000	Blatt 1 1 Bl.

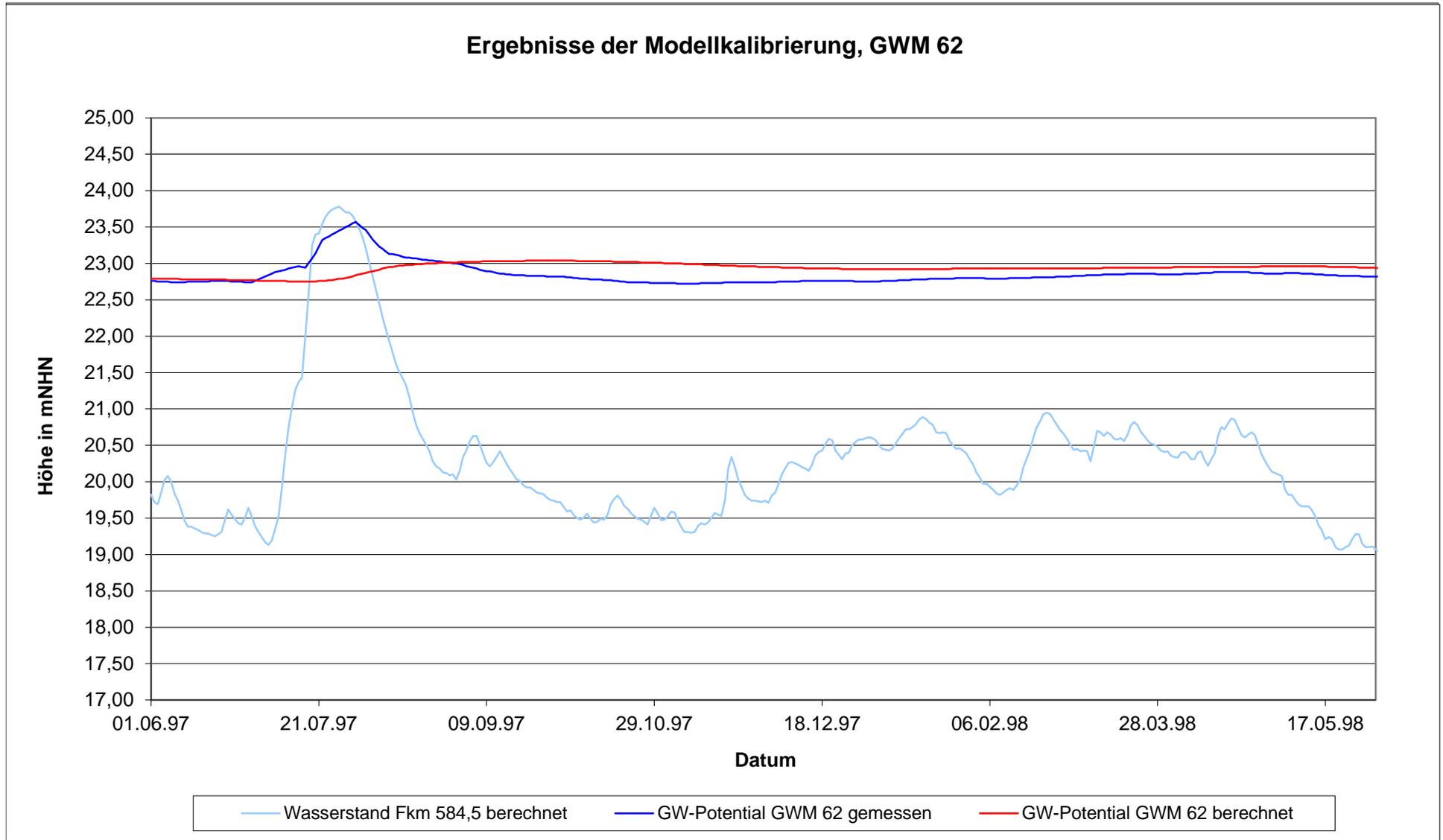
Anlage 3

Ganglinien der Modellkalibrierung

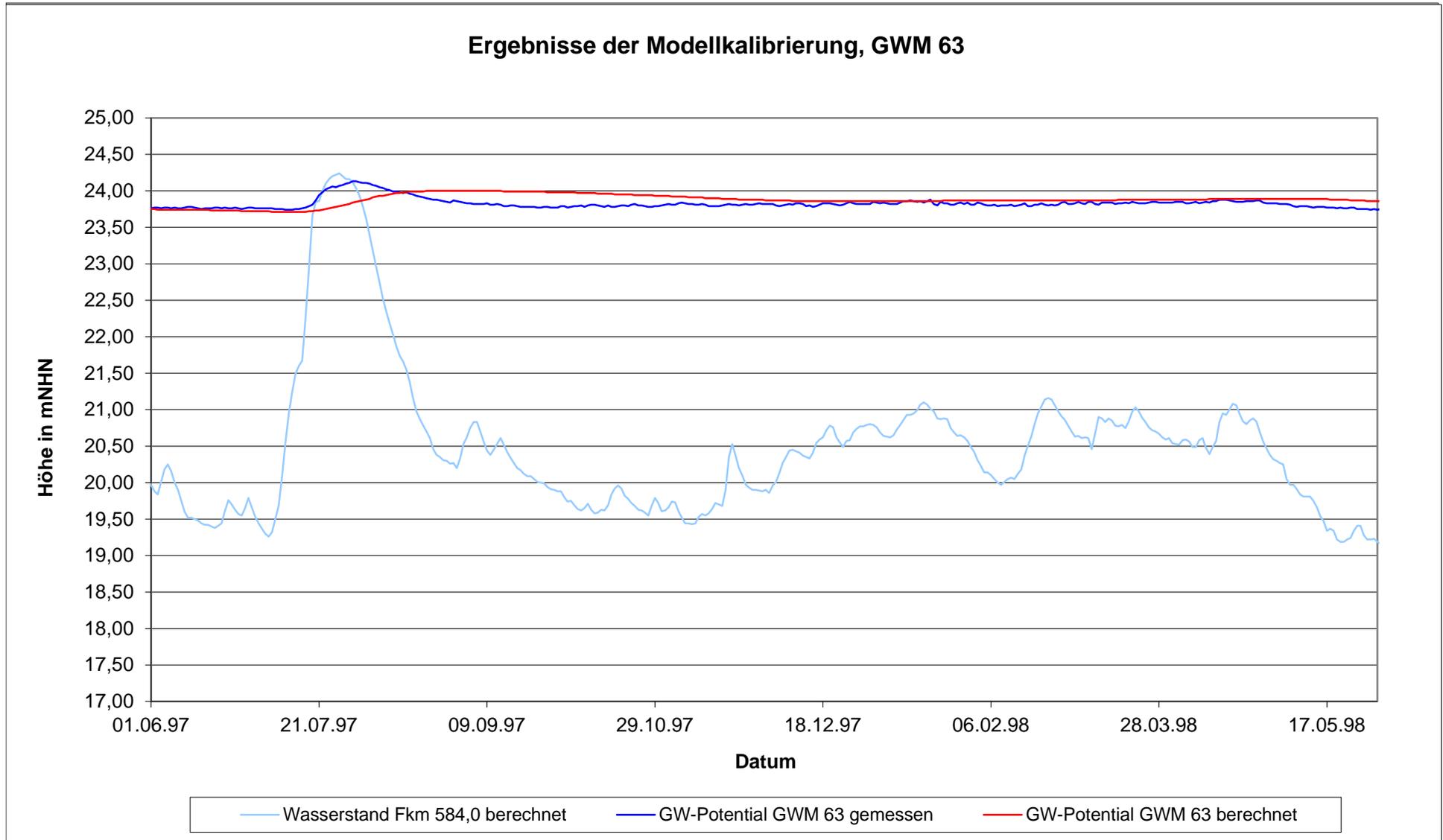
Ergebnisse der Modellkalibrierung, GWM 55



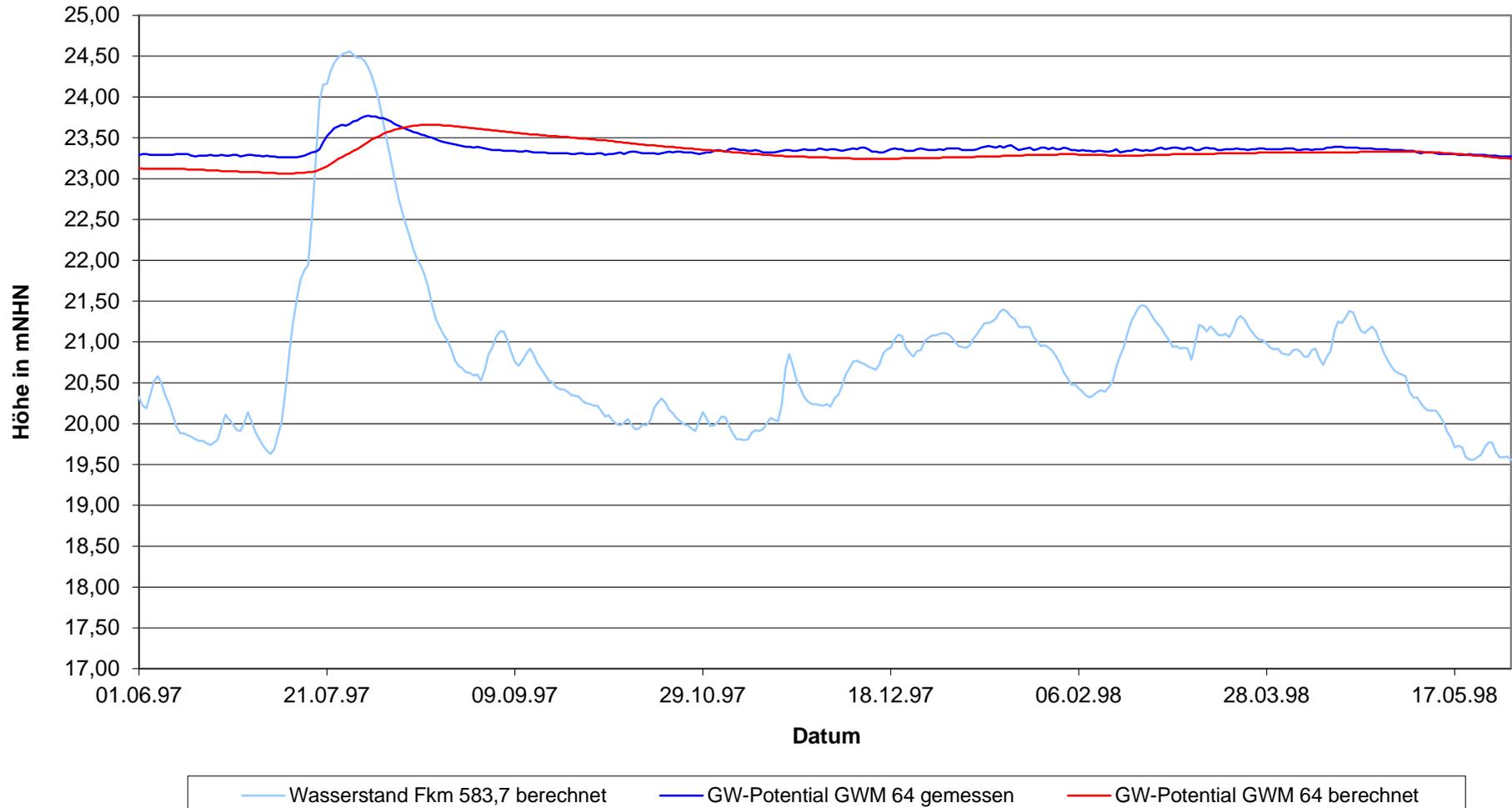
Ergebnisse der Modellkalibrierung, GWM 62



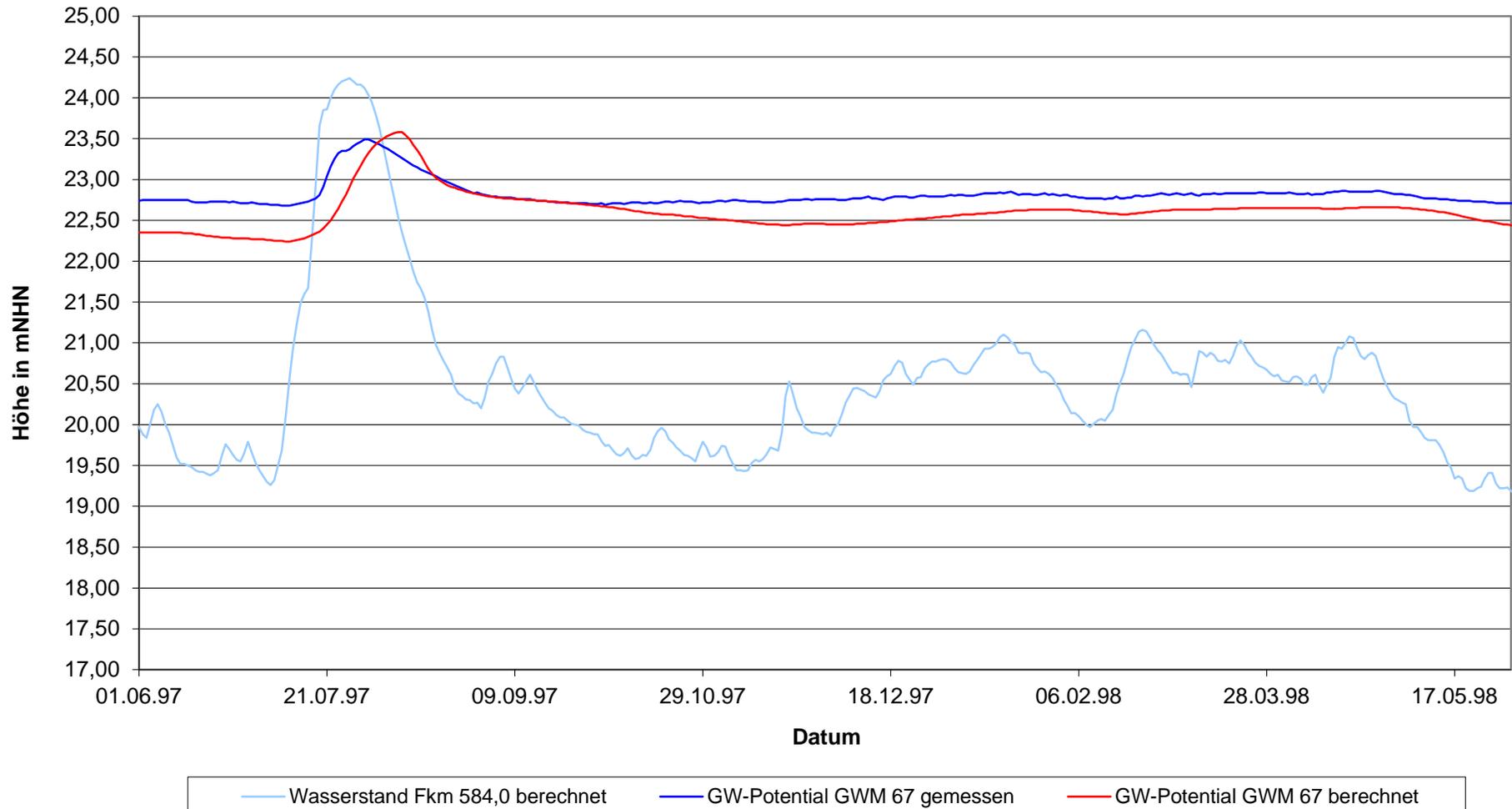
Ergebnisse der Modellkalibrierung, GWM 63



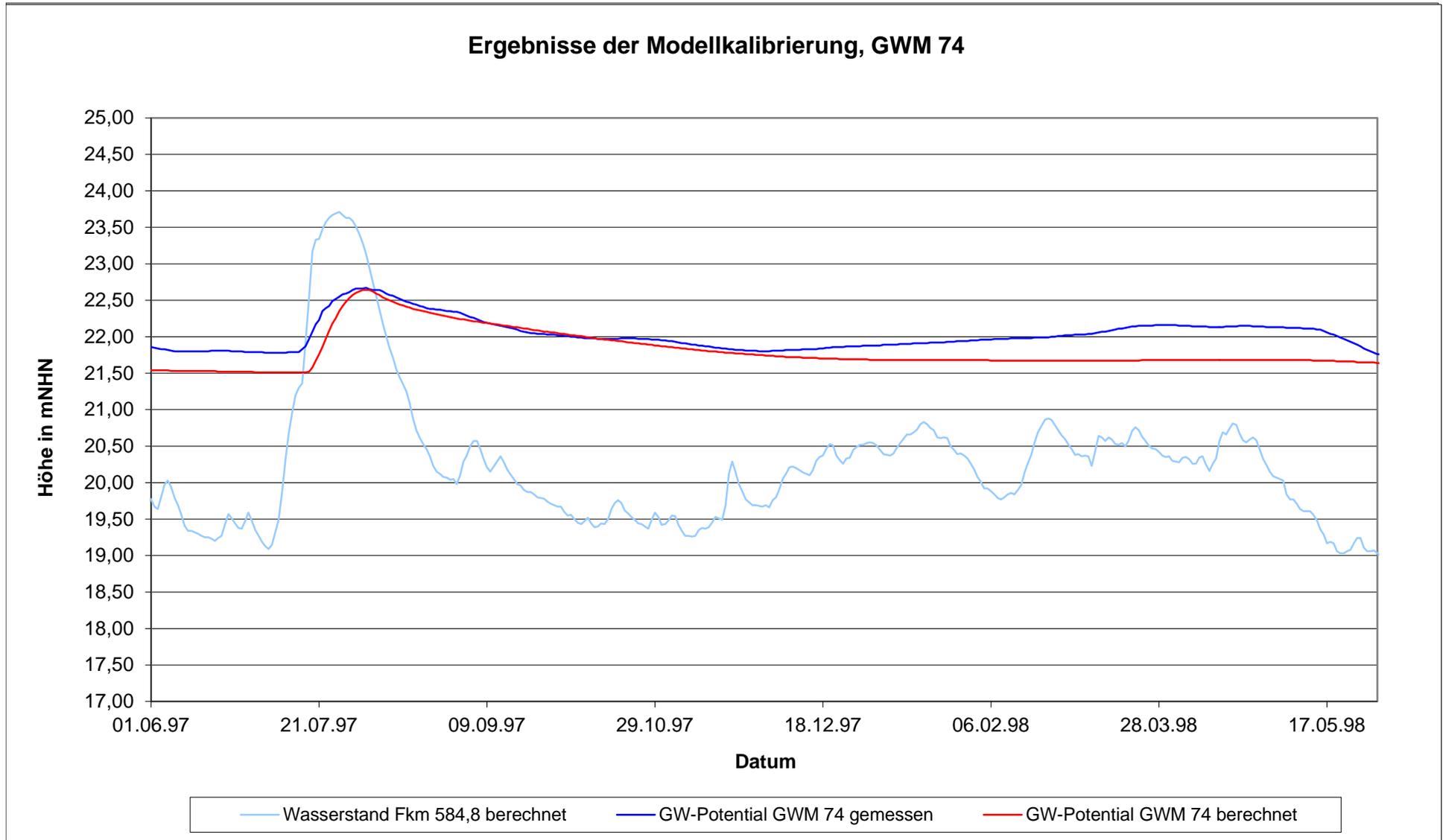
Ergebnisse der Modellkalibrierung, GWM 64



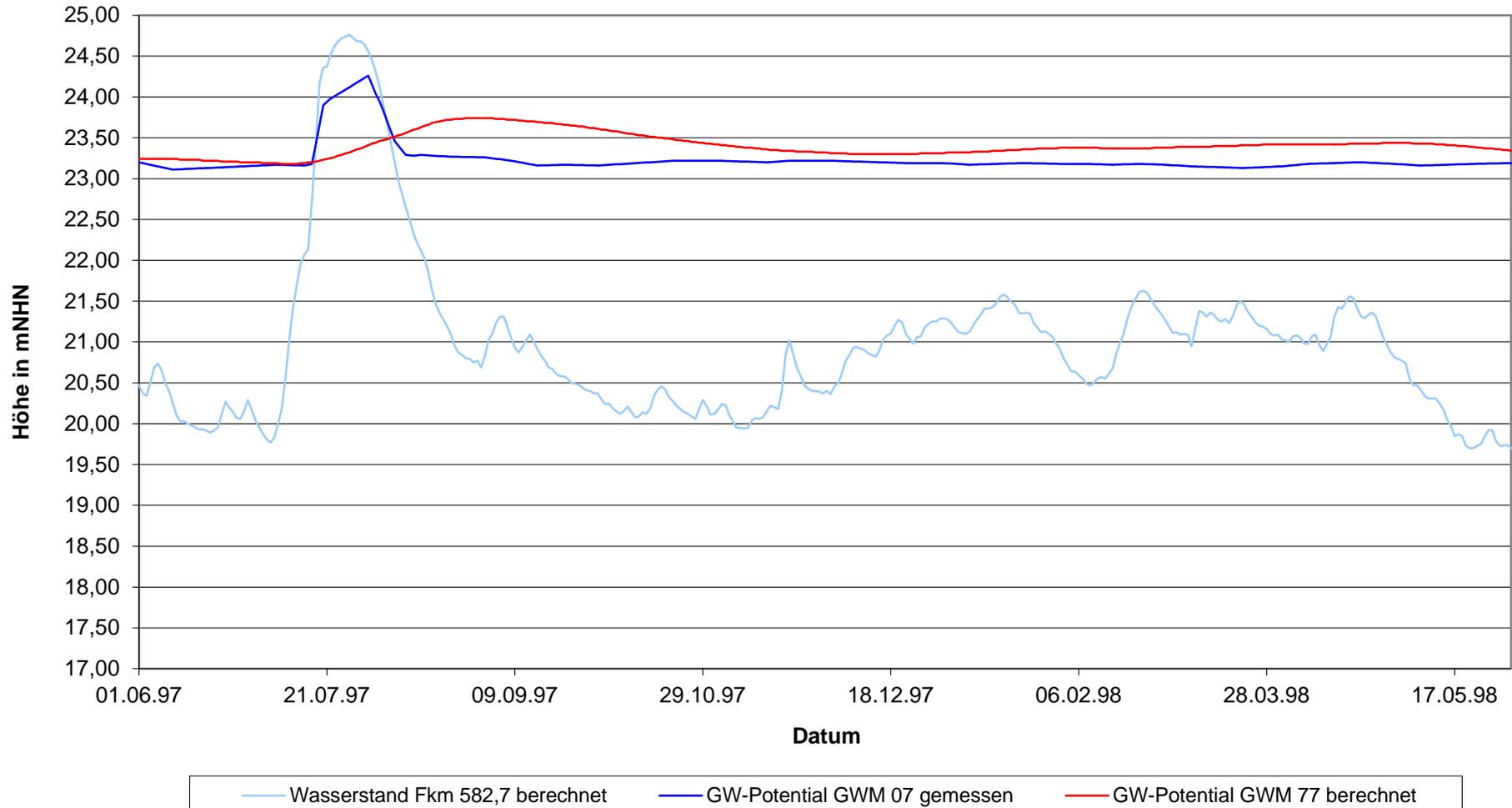
Ergebnisse der Modellkalibrierung, GWM 67



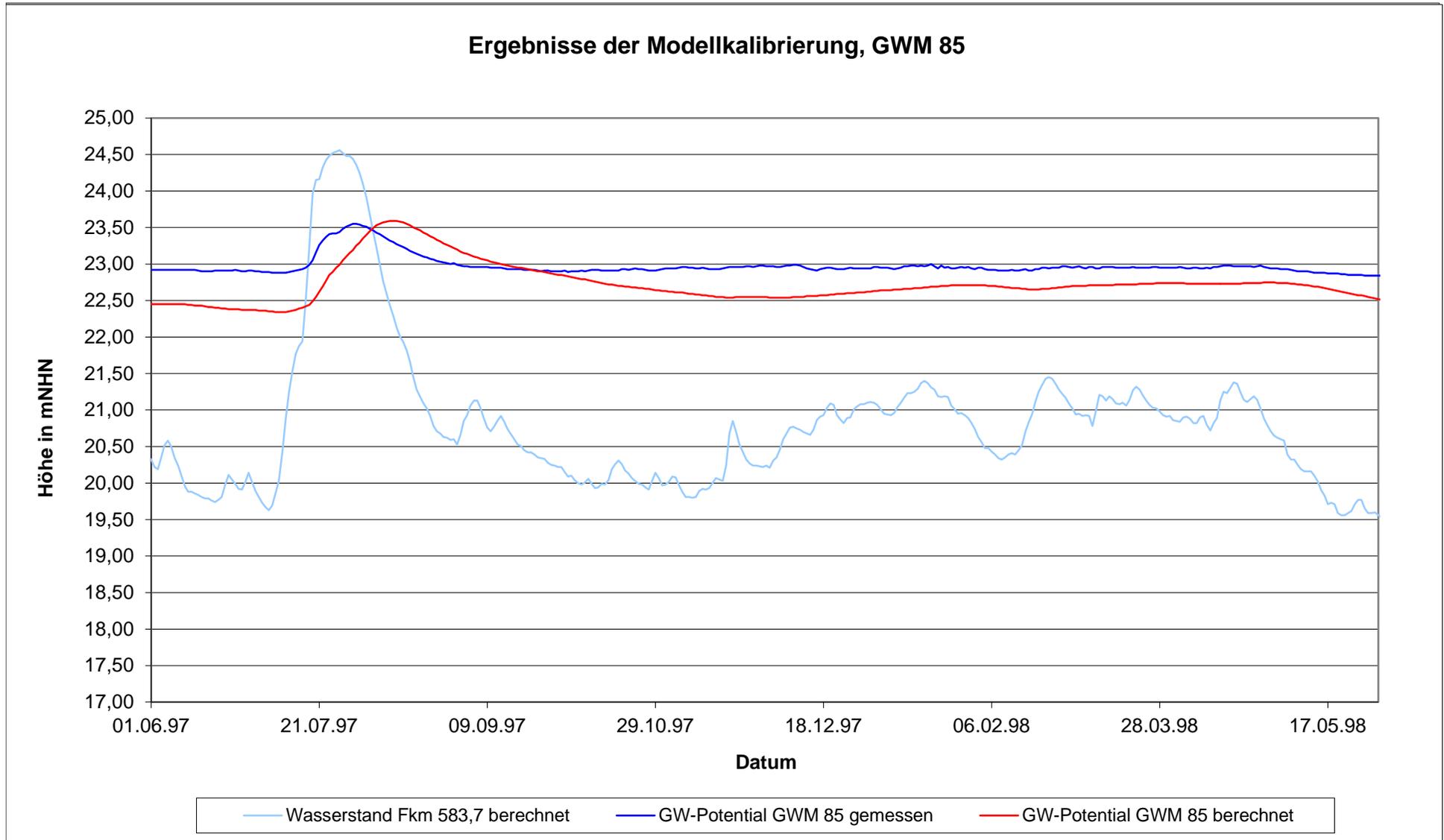
Ergebnisse der Modellkalibrierung, GWM 74



Ergebnisse der Modellkalibrierung, GWM 77



Ergebnisse der Modellkalibrierung, GWM 85



Anlage 4

Flurabstandspläne höchster Grundwasserstände

M 1 : 2.5000



Legende

- HWS-Linie gemäß Vorzugsvariante A/C mit Schutzziel HW 200
- Modellgrenze
- Gewässer
- ▨ Überflutungsfläche HW 200

Grundwasserflurabstand

m unter GOK		m unter GOK		m über GOK	
■ > 7,50	■ 2,50 - 2,01	■ 0,00 - 0,49	■ 7,50 - 5,01	■ 2,00 - 1,51	■ 0,50 - 0,99
■ 5,00 - 4,01	■ 1,50 - 1,01	■ 1,00 - 1,49	■ 4,00 - 3,01	■ 1,00 - 0,51	■ > 1,50
■ 3,00 - 2,51	■ 0,50 - 0,01				

Geobasisdaten
Herausgeber: Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg, DTK10: © 2018
Jede weitere Vervielfältigung, Verwendung für sonstige Zwecke oder Weitergabe an sonstige Dritte ist unzulässig.

Änderungen				
Index	Datum	Name	Signum	Bemerkung
Auftraggeber				
				Zur Wetterwarte 50, Haus 337/G 01109 Dresden Tel. 0351 / 88 44 1 - 0
Auftragnehmer				
				An der Pikardie 8 01277 Dresden Tel. 03 51 / 21 68 3 - 30
Lagebezug: ETRS89 / UTM33			Höhenbezug: DHHN92	
Landkreis: Frankfurt (Oder)			Gemeinde: Frankfurt (Oder)	
Gemarkung:			Flurstück:	
	Datum	Name	Unterschrift	Verbesserung Hochwasserschutz Frankfurt (Oder) auf HW 200 - Grundwassermodellierung
Gez.	18-11-26	Detrik		
Bearb.	18-11-26	Baum		
Gepr.	18-12-17	Lewis		
Auftragsnr.:			Plan-Nr.: Anlage 04	
Phase: Vorplanung			Ers. f.:	
			Maßstab 1:2.500	
			Blatt 1 4 Bl.	

Bereich nördlich der Stadtbrücke



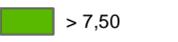
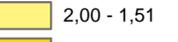
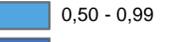
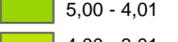
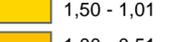
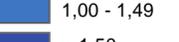
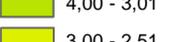
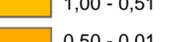
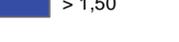
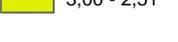
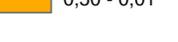
Bereich südlich der Stadtbrücke



Legende

-  HWS-Linie gemäß Vorzugsvariante A/C mit Schutzziel HW 200
-  Modellgrenze
-  Gewässer
-  Überflutungsfläche HW 200

Grundwasserflurabstand

m unter GOK		m unter GOK		m über GOK	
	> 7,50		2,50 - 2,01		0,00 - 0,49
	7,50 - 5,01		2,00 - 1,51		0,50 - 0,99
	5,00 - 4,01		1,50 - 1,01		1,00 - 1,49
	4,00 - 3,01		1,00 - 0,51		> 1,50
	3,00 - 2,51		0,50 - 0,01		

Geobasisdaten

Herausgeber: Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg, DTK10: © 2018
 Jede weitere Vervielfältigung, Verwendung für sonstige Zwecke oder Weitergabe an sonstige Dritte ist unzulässig.

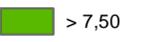
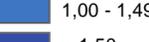
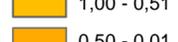
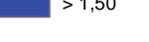
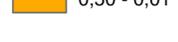
Änderungen					
Index	Datum	Name	Signum	Bemerkung	
Auftraggeber					
			Zur Wetterwarte 50, Haus 337/G 01109 Dresden Tel. 0351 / 88 44 1 - 0		
Auftragnehmer					
			An der Pikardie 8 01277 Dresden Tel. 03 51 / 21 68 3 - 30		
Lagebezug: ETRS89 / UTM33			Höhenbezug: DHHN92		
Landkreis: Frankfurt (Oder)			Gemeinde: Frankfurt (Oder)		
Gemarkung:			Flurstück:		
	Datum	Name	Unterschrift	Verbesserung Hochwasserschutz Frankfurt (Oder) auf HW 200 - Grundwassermodellierung	
Gez.	18-11-26	Detrik			
Bearb.	18-11-26	Baum			
Gepr.	18-12-17	Lewis			
Auftragsnr.:			Plan-Nr.: Anlage 04	Maßstab	Blatt 2
Phase:	Vorplanung		Ers. f.:	1:2.500	4 Bl.



Legende

-  HWS-Linie gemäß Vorzugsvariante A/C mit Schutzziel HW 200
-  Modellgrenze
-  Gewässer
-  Überflutungsfläche HW 200

Grundwasserflurabstand

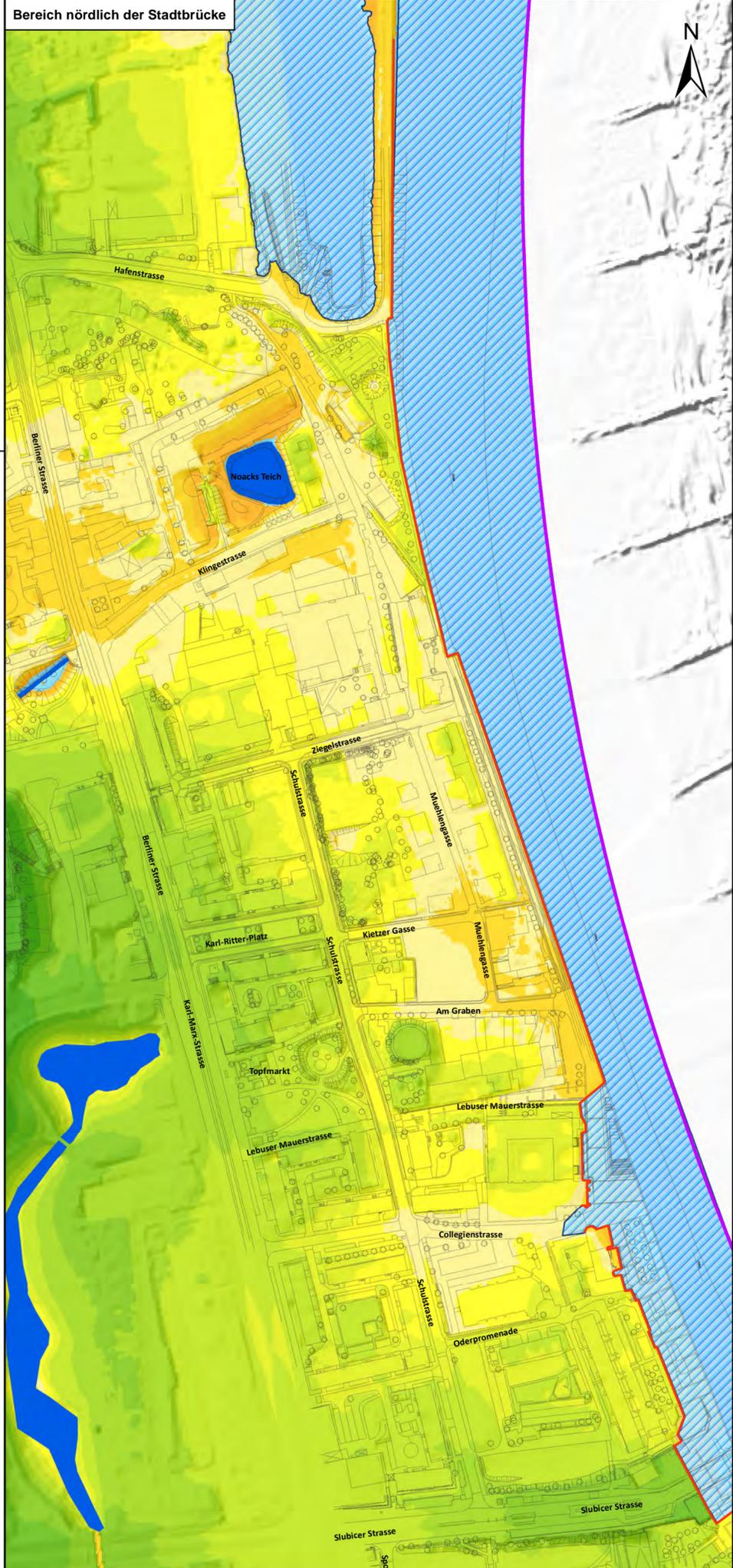
m unter GOK		m unter GOK		m über GOK	
	> 7,50		2,50 - 2,01		0,00 - 0,49
	7,50 - 5,01		2,00 - 1,51		0,50 - 0,99
	5,00 - 4,01		1,50 - 1,01		1,00 - 1,49
	4,00 - 3,01		1,00 - 0,51		> 1,50
	3,00 - 2,51		0,50 - 0,01		

Geobasisdaten

Herausgeber: Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg, DTK10: © 2018
 Jede weitere Vervielfältigung, Verwendung für sonstige Zwecke oder Weitergabe an sonstige Dritte ist unzulässig.

Änderungen				
Index	Datum	Name	Signum	Bemerkung
Auftraggeber				
				Zur Wetterwarte 50, Haus 337/G 01109 Dresden Tel. 0351 / 88 44 1 - 0
Auftragnehmer				
				An der Pikardie 8 01277 Dresden Tel. 03 51 / 21 68 3 - 30
Lagebezug: ETRS89 / UTM33			Höhenbezug: DHHN92	
Landkreis: Frankfurt (Oder)			Gemeinde: Frankfurt (Oder)	
Gemarkung:			Flurstück:	
	Datum	Name	Unterschrift	Verbesserung Hochwasserschutz Frankfurt (Oder) auf HW 200 - Grundwassermodellierung
Gez.	18-11-26	Detrik		
Bearb.	18-11-26	Baum		
Gepr.	18-12-17	Lewis		
Auftragsnr.:		Plan-Nr.: Anlage 04		Maßstab
Phase: Vorplanung		Ers. f.:		1:2.500
				Blatt 3
				4 Bl.

Bereich nördlich der Stadtbrücke



Bereich südlich der Stadtbrücke



Legende

-  HWS-Linie gemäß Vorzugsvariante A/C mit Schutzziel HW 200
-  Modellgrenze
-  Gewässer
-  Überflutungsfläche HW 200

Grundwasserflurabstand

m unter GOK		m unter GOK		m über GOK	
	> 7,50		2,50 - 2,01		0,00 - 0,49
	7,50 - 5,01		2,00 - 1,51		0,50 - 0,99
	5,00 - 4,01		1,50 - 1,01		1,00 - 1,49
	4,00 - 3,01		1,00 - 0,51		> 1,50
	3,00 - 2,51		0,50 - 0,01		

-  Binnenentwässerungselemente
-  Drainage Uferstrasse
-  Keller Ärztehaus
-  Keller Kartoffelhaus

Geobasisdaten

Herausgeber: Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg, DTK10: © 2018
 Jede weitere Vervielfältigung, Verwendung für sonstige Zwecke oder Weitergabe an sonstige Dritte ist unzulässig.

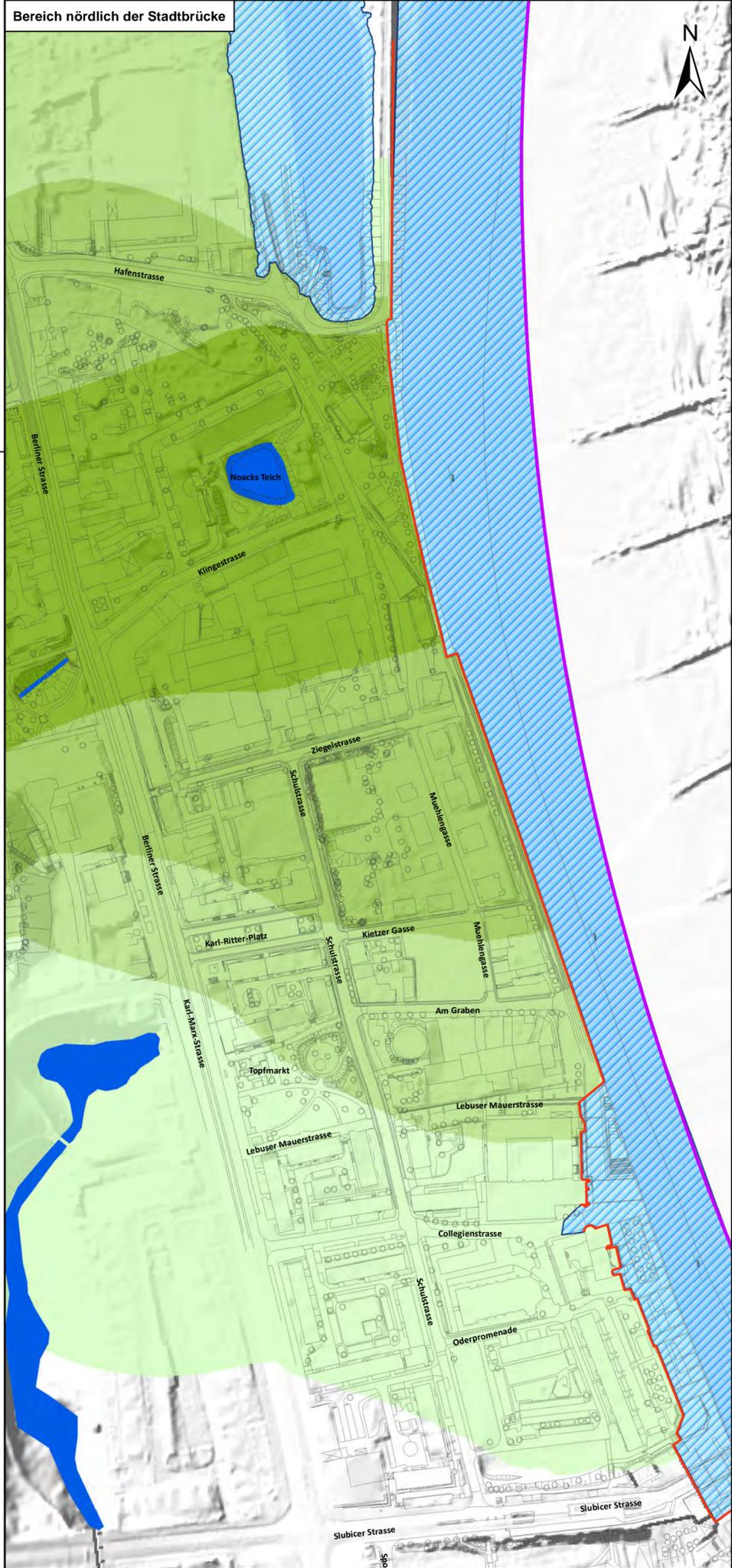
Änderungen				
Index	Datum	Name	Signum	Bemerkung
Auftraggeber				
				Zur Wetterwarte 50, Haus 337/G 01109 Dresden Tel. 0351 / 88 44 1 - 0
				An der Pikardie 8 01277 Dresden Tel. 03 51 / 21 68 3 - 30
Lagebezug: ETRS89 / UTM33			Höhenbezug: DHHN92	
Landkreis: Frankfurt (Oder)			Gemeinde: Frankfurt (Oder)	
Gemarkung:			Flurstück:	
	Datum	Name	Unterschrift	Verbesserung Hochwasserschutz Frankfurt (Oder) auf HW 200 - Grundwassermodellierung Flurabstandsplan höchster Grundwasserstände Szenario 4: Planzustand Variante A/C mit Abwehrmaßnahmen
Gez.	18-11-26	Detrik		
Bearb.	18-11-26	Baum		
Gepr.	18-12-17	Lewis		
Auftragsnr.:		Plan-Nr.: Anlage 04		Maßstab
Phase: Vorplanung		Ers. f.:		1:2.500
				Blatt 4
				4 Bl.

Anlage 5

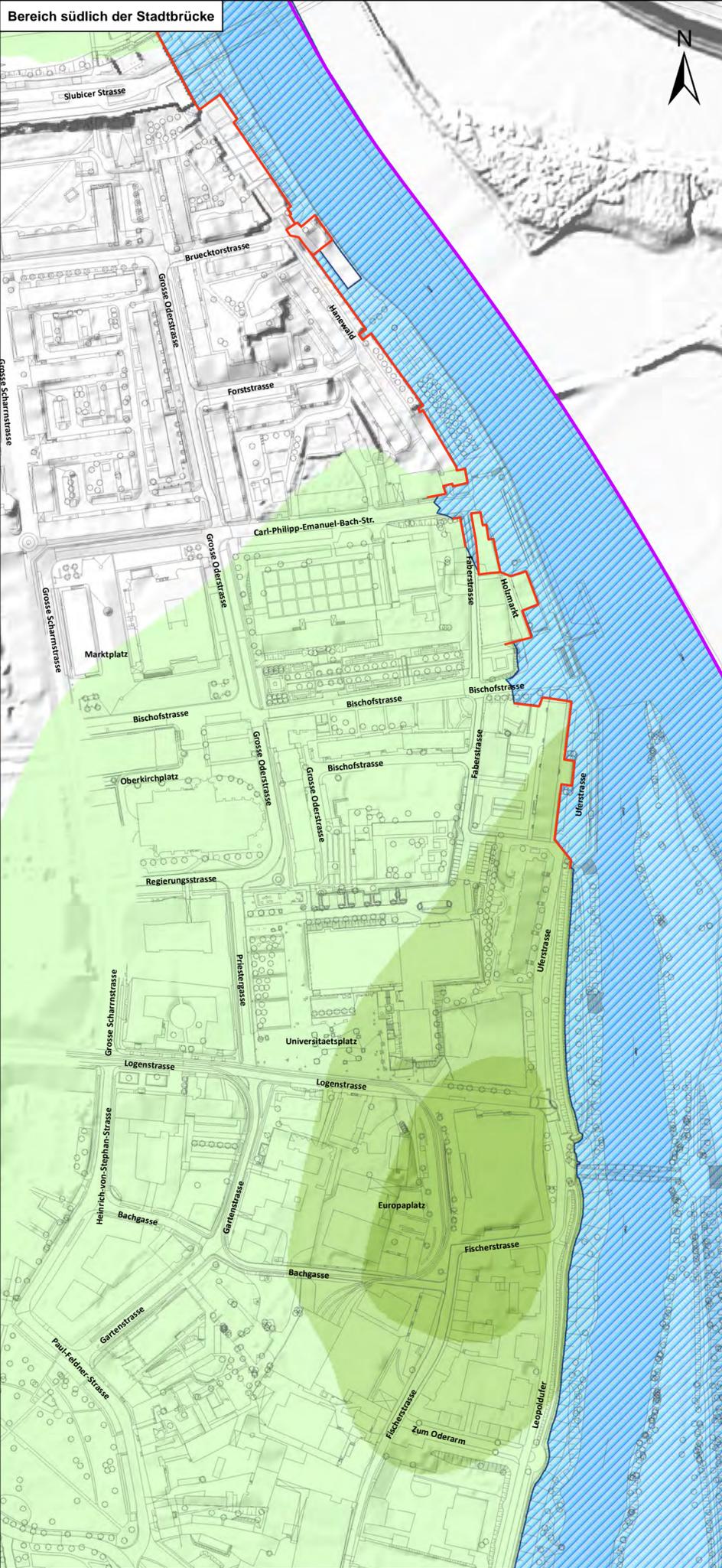
Differenzenpläne

M 1 : 2.5000

Bereich nördlich der Stadtbrücke



Bereich südlich der Stadtbrücke



Legende

-  HWS-Linie gemäß Vorzugsvariante A/C mit Schutzziel HW 200
-  Modellgrenze
-  Gewässer
-  Überflutungsfläche HW 200

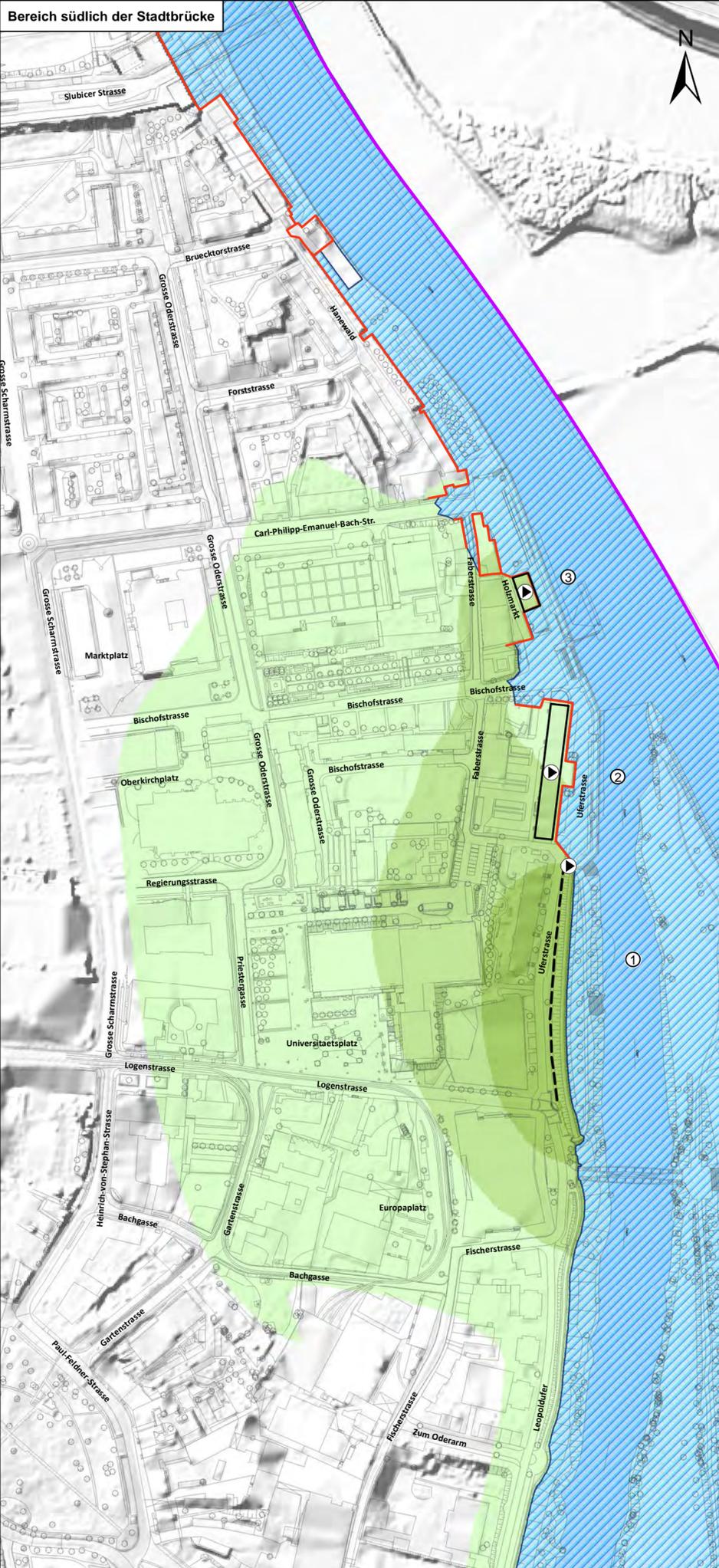
Differenz in m

-  > 1,50
-  1,01 - 1,50
-  0,76 - 1,00
-  0,51 - 0,75
-  0,26 - 0,50
-  0,06 - 0,25
-  -0,04 - 0,05
-  -0,24 - -0,05
-  -0,49 - -0,25
-  -0,99 - -0,50
-  -1,32 - -1,00

Geobasisdaten

Herausgeber: Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg, DTK10: © 2018
 Jede weitere Vervielfältigung, Verwendung für sonstige Zwecke oder Weitergabe an sonstige Dritte ist unzulässig.

Änderungen				
Index	Datum	Name	Signum	Bemerkung
Auftraggeber				
				Zur Wetterwarte 50, Haus 337/G 01109 Dresden Tel. 0351 / 88 44 1 - 0
Auftragnehmer				
				An der Pikardie 8 01277 Dresden Tel. 03 51 / 21 68 3 - 30
Lagebezug: ETRS89 / UTM33			Höhenbezug: DHHN92	
Landkreis: Frankfurt (Oder)			Gemeinde: Frankfurt (Oder)	
Gemarkung:			Flurstück:	
	Datum	Name	Unterschrift	Verbesserung Hochwasserschutz Frankfurt (Oder) auf HW 200 - Grundwassermodellierung Differenzenplan zur Variante A/C ohne Gefahrenab- wehr: Veränderung der Grundwassergefährdung gegenüber dem Istzustand ohne mobilen HWS
Gez.	18-11-26	Detrik		
Bearb.	18-11-26	Baum		
Gepr.	18-12-17	Lewis		
Auftragsnr.:		Plan-Nr.: Anlage 05		Maßstab
Phase: Vorplanung		Ers. f.:		Blatt 1
				1:2.500
				2 Bl.



Legende

— HWS-Linie gemäß Vorzugsvariante A/C mit Schutzziel HW 200

□ Modellgrenze

■ Gewässer

▨ Überflutungsfläche HW 200

Differenz in m

- > 1,50
- 1,01 - 1,50
- 0,76 - 1,00
- 0,51 - 0,75
- 0,26 - 0,50
- 0,06 - 0,25
- -0,04 - 0,05
- -0,24 - -0,05
- -0,49 - -0,25
- -0,99 - -0,50
- -1,32 - -1,00

- ▶ Binnentwässerungselemente
- ① Drainage Uferstrasse
- ② Keller Ärztehaus
- ③ Keller Kartoffelhaus

Geobasisdaten

Herausgeber: Landesvermessung und Geobasisdaten Brandenburg, DTK10: © 2018
 Jede weitere Vervielfältigung, Verwendung für sonstige Zwecke oder Weitergabe an sonstige Dritte ist unzulässig.

Änderungen				
Index	Datum	Name	Signum	Bemerkung
Auftraggeber				
		 Ingenieur - Consult GmbH		Zur Wetterwarte 50, Haus 337/G 01109 Dresden Tel. 0351 / 88 44 1 - 0
Auftragnehmer				
		 SCHOLZ + LEWIS mbH		An der Pikardie 8 01277 Dresden Tel. 03 51 / 21 68 3 - 30
Lagebezug: ETRS89 / UTM33			Höhenbezug: DHHN92	
Landkreis: Frankfurt (Oder)			Gemeinde: Frankfurt (Oder)	
Gemarkung:			Flurstück:	
	Datum	Name	Unterschrift	Verbesserung Hochwasserschutz Frankfurt (Oder) auf HW 200 - Grundwassermodellierung Differenzenplan zur Variante A/C mit Gefahrenabwehr: Verringerung der Grundwassergefährdung durch den Betrieb der Binnentwässerung
Gez.	18-11-26	Detrik		
Bearb.	18-11-26	Baum		
Gepr.	18-12-17	Lewis		
Auftragsnr.: Phase: Vorplanung		Plan-Nr.: Anlage 05		Maßstab 1:2.500
		Ers. f.:		Blatt 2 2 Bl.