

Professor Dr.-Ing. habil. Christian Moormann

Universitätsprofessor

Direktor des Institutes für Geotechnik
der Universität Stuttgart

öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger
für Grundbau, Erdbau, Felsbau
sowie Spezialtiefbau

Möhringer Landstraße 58
70563 Stuttgart

Tel. +49 (0)711 / 685 62437

Fax +49 (0)711 / 685 62439

Mobil: +49 (0)170 / 200 1749

cm@moormann-geotechnik.de

10. Mai 2013

Schriftstück-Nr. M11-007-302

Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken

Grundwasserstandsmessungen im Jahr 2012

Dokumentation und Bewertung

**Betreiber und
Auftraggeber:**

E.ON Kraftwerke GmbH
Sparte Wasserkraft
Luitpoldstraße 27 · 84034 Landshut
Tel.: 0871 / 694-02

Planer:

Fichtner GmbH & Co. KG
Renewable Energies & Environment
Sarweystraße 3 · 70191 Stuttgart
Tel.: 0711 / 8995-0 · Fax: 0711 / 8995-459

Ort, Datum:

Stuttgart, 10.05.2013

Verteiler:

Auftraggeber

Textseiten, Anlagen:

23; 8 (26 Seiten)

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Vorgang und Veranlassung	3
2 Unterlagen	5
3 Ergebnisse der Wasserstandsmessungen	6
3.1 Wasserstände auf dem Orantenton	6
3.2 Wasserstände im Tiefenbereich zwischen 7 m und 35 m unter Beckensohle	10
3.3 Messungen in den Brunnenpegeln	17
3.4 Quellschüttungen	18
4 Fachgutachterliche Bewertung	19
5 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen	20
 Anlagenverzeichnis	 21

1 Vorgang und Veranlassung

Die E.ON Wasserkraft GmbH (EKW) betreibt das ca. 30 km östlich von Nürnberg gelegene Pumpspeicherwerk Happurg. Am 18.01.2011 wurde im Überwachungssystem des Oberbeckens des Pumpspeicherkraftwerkes Happurg ein sehr schneller Anstieg des Wasserspiegels an der Basis der Jurakalke, auf denen das Becken gegründet ist, registriert. In der Folge wurde das Oberbecken umgehend entleert. Nach der Absenkung wurden im südöstlichen Beckenbereich sechs große Einbrüche in der Sohle und weitere Verdachtsflächen festgestellt, weitere Sohleinbrüche traten in den nachfolgenden Monaten auf.

In diesem Zusammenhang wurde ich auf der Basis meines Leistungs- und Honorarvorschlags vom 20.03.2011 mit Bestellung Nr. 4580080535/KC2/0801/NB vom 17.05.2011 durch die EKW beauftragt, ein Untersuchungsprogramm zur Klärung des Schadensmechanismus und als Grundlage für die weiteren Planungen zu erstellen, die entsprechenden Erkundungsarbeiten fachgutachterlich zu begleiten und im Ergebnis ein Sachverständigengutachten zu erstellen, mit dem in Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden Aussagen zur Schadensursache und Vorschläge zur (Untergrund-)Sanierung des Oberbeckens gemacht werden. Die umfangreichen Erkundungsmaßnahmen, die u.a. direkte und indirekte Baugrundaufschlüsse, Großschürfe, verschiedene geophysikalische Messungen, bodenmechanische und hydraulische Feldversuche sowie boden- und felsmechanische Laborversuche umfassten, wurden zunächst im Wesentlichen im Zeitraum vom April 2011 bis Dezember 2011 ausgeführt (Erkundungsphase 1 und 2). Das entsprechende Baugrund- und Sanierungsgutachten wurde mit Datum 31.01.2012 vorgelegt [U01].

Im Ergebnis wurde eine das Oberbecken querende, 60 m bis 80 m, bereichsweise auch bis zu 120 m breite, im Wesentlichen von Nord nach Süd verlaufende 'Versturzzone' identifiziert, die innerhalb der Kalksteine des Malm bis im Mittel 15 m bis 20 m, lokal auch > 35 m Tiefe mit Lockergesteinen gefüllt ist und wohl als eine großräumige Struktur verstürzter Karsthöhlen zu interpretieren ist.

In dem vorgenannten Baugrund- und Sanierungsgutachten [U01] wurden auch die Ergebnisse der hydrogeologischen Erkundungen und der am Oberbecken durchgeführten Grundwasserstandsmessungen bis zum Jahresende 2011 dokumentiert

In der Folge wurden weitere Erkundungskampagnen durchgeführt, in deren Rahmen aber keine wesentlichen neuen Erkenntnisse zur Grundwassersituation gewonnen wurden.

So wurden im Februar 2012 im Becken zwölf ergänzende direkte Baugrundaufschlüsse außerhalb der Versturzzone ausgeführt (Erkundungsphase 3), um sich aus der Geophysik ergebene Hinweise auf Anomalien im Untergrund zu überprüfen. Die Ergebnisse dieser ergänzenden Kernbohrungen wurden zunächst in einem Gutachten vom 16.03.2012 [U02] dokumentiert und dann in einem weiteren Gutachten vom 18.06.2012 [U03] fortgeschrieben. In diesen Bohrungen wurde kein Grund- oder Schichtwasser angetroffen. Da alle Kernbohrungen bis zur Endteufe trocken waren, wurden die Bohrungen nicht zu Grundwassermessstellen ausgebaut.

Für die ergänzende Erkundung der Oberfläche des Malm in den Dammaufstandsflächen außerhalb der Versturzzone wurden nach Abstimmungen mit der Genehmigungsbehörde im Zeitraum vom Oktober bis Dezember 2012 neunundvierzig ergänzende Kernbohrungen durchgeführt (Erkundungsphase 4), deren Ergebnisse in einem Gutachten vom 01.03.2013 [U04] dokumentiert und bewertet werden. Auch in diesen Bohrungen wurde kein Schicht- oder Grundwasser angetroffen, so dass auch diese Bohrungen nicht zu Grundwassermessstellen ausgebaut wurden. Die einzige Ausnahme ist die Bohrung BK 1/2012, die im Nordosten des Oberbeckens im Bereich der Kainsbacher Senke am Dammfuß angeordnet und bis auf den Ornatenton (Oberfläche: 494,15 mNN) abgeteuft wurde. Die Bohrung BK 1/2012 wurde an der Basis des Malm oberhalb des Ornatentons zur Grundwassermessstelle (Filterstrecke: 493,85 mNN bis 509,85 mNN) ausgebaut. Die Ergebnisse der seit November 2012 im wöchentlichen Rhythmus in BK 1/2012 ausgeführten Grundwasserstandsmessungen sind im Gutachten vom 01.03.2013 und als Anlage 8 im vorliegenden Bericht dokumentiert. Danach liegen die in dieser Messstelle gemessenen Wasserstände auf dem Ornatenton zwischen 498,1 mNN und 504,4 mNN.

Im Rahmen der im Jahr 2011 ausgeführten Erkundungskampagnen zur Klärung der Baugrundsituation und der Schadensursache für die im Januar 2011 eingetretenen Einbrüche in der Beckensohle wurden nahezu alle Kernbohrungen der ersten und zweiten Erkundungsphase zu Grundwassermessstellen ausgebaut. In der Folge wurden die Messstellen regelmäßig - zunächst wöchentlich und dann in etwa monatlich - händisch bzw. teilweise auch kontinuierlich mittels Porenwasserdruckgebern und Datenloggern gemessen.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der im Jahr 2012 gemessenen Grundwasserstände dokumentiert und fachgutachterlich bewertet. Neben den 2011 angelegten Grundwassermessstellen werden auch die Messungen in den als

‘Brunnen’ bezeichneten bestehenden Messstellen und die Quellschüttungen berücksichtigt.

2 Unterlagen

Zur Erstellung des vorliegenden Berichts wurde u.a. auf folgende Unterlagen zurückgegriffen:

- [U01] Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann, Stuttgart:
„Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken – Baugrund- und Sanierungsgutachten“ vom 31.01.2012
- [U02] Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann, Stuttgart:
„Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken – Ergänzende Kernbohrungen außerhalb der Versturzzone im Februar 2012“, Gutachten vom 16.03.2012
- [U03] Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann, Stuttgart:
„Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken – Ergänzende Kernbohrungen Erkundung und Untergrundsanie rung außerhalb der Versturzzone - Ergänzung des Baugrund- und Gründungsgutachtens vom 31.01.2012“, Gutachten vom 18.06.2012
- [U04] Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann, Stuttgart:
„Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken – Erkundungsphase 4, Ergänzende Erkundung der Aufstandsfläche des Ringdammes außerhalb der Versturzzone – 2. Ergänzung zum Baugrund- und Gründungsgutachtens vom 31.01.2012“, Gutachten vom 01.03.2013

Im Übrigen wird auf das Verzeichnis der verwendeten Unterlagen im Kapitel 2 des Baugrund- und Sanierungsgutachtens vom 31.01.2012 [U01] verwiesen.

3 Ergebnisse der Wasserstandsmessungen

Die Ergebnisse der Wasserstandsmessungen des Jahres 2012 in den zu Grundwasserstellen ausgebauten Kernbohrungen von 2011 sind in den Anlagen 2 bis 5 als Ganglinien ausgewertet und teilweise zusätzlich tabellarisch dokumentiert. Die Messergebnisse wurden uns von der Betriebsleitung des Kraftwerks Happurg regelmäßig übermittelt und von uns fortlaufend ausgewertet.

Ferner wurden die Messungen in den seit vielen Jahren bestehenden und teilweise in das Überwachungskonzept des Oberbeckens integrierten, sogenannten 'Brunnen' B3, B4a, B5, B6 und B7 für das Jahr 2012 als Ganglinien ausgewertet und in den Anlagen 6.1 bis 6.8 dokumentiert. Die im Laufe des Jahres 2012 aufgezeichneten Schüttungen an den gefaßten Quellen 5, 6 und 7 sind in Anlage 7 graphisch ausgewertet.

Die gemessenen Wasserstände werden jeweils in Abhängigkeit von dem am Oberbecken aufgezeichneten Niederschlägen aufgetragen, die uns von der Betriebsleitung des Kraftwerks Happurg übermittelt wurden. Hierzu wurden die stündlich aufgezeichneten Niederschläge zu Tageswerten [mm/d] aufsummiert, um einen klarer erkennbaren Indikator für Regendauer und Regenintensität zu erhalten.

In Anlage 6.8 wurde ferner die am Oberbecken gemessene Lufttemperatur als Ganglinie der stündlichen Messwerte parallel zu den Wasserständen in den Brunnen aufgetragen.

Die Lage der Messstellen kann dem Lageplan in Anlage 1 entnommen werden.

Nachfolgend werden die Messergebnisse zusammenfassend beschrieben und bewertet.

3.1 Wasserstände auf dem Ornatenton

Die Kernbohrungen

- BK 6/2011 (Lage im mittleren Bereich der Beckensohle),
- BK 11/2011 (im Nordosten unter Ringdamm / Dammkrone),
- BK 12/2011 (im Nordosten unter Ringdamm / Dammkrone),
- BK 15a/2011 (im Nord-Nordwesten unter Ringdamm / Dammkrone), und
- BK 23a/2011 (im Süden am landseitigen Dammfuß)

wurden im Rahmen der ersten und zweiten Erkundungsphase mit ihren Filterstrecken auf den untersten Metern des Jurakalksteins unmittelbar über dem Ornatenton ausgebaut. Die Filterstrecken liegen bei diesen Grundwassermessstellen damit rund 60 m bis 70 m unter der Beckensohle. Alle auf dem Ornatenton ausgebauten Grundwassermessstellen sind mit einem Porenwasserdruckgeber und Datenloggern ausgestattet.

Weitere Details zum Ausbau der Grundwassermessstellen und den im Jahr 2011 gemessenen Wasserständen können dem Baugrund- und Sanierungsgutachten vom 31.01.2012 entnommen werden.

Die an diesen Grundwassermessstellen aufgezeichneten Grundwasserstände sind für den Zeitraum 01.01. bis 31.12.2012 als Ganglinien in Anlage 2.1 dargestellt. Die graphische Darstellung enthält zusätzlich die am Oberbecken aufgezeichneten Niederschlagsdaten.

Die in diesem Zeitraum gemessenen Grundwasserstände liegen zwischen 496,0 mNN und 511,0 mNN. Lediglich in der in Beckenmitte liegenden Grundwassermessstelle BK 6/2012 liegen die Grundwasserstände mit 512,5 mNN bis 515,1 mNN deutlich höher. Bereits während der Erkundungsmaßnahmen wurde in der Messstelle BK 6/2011 mit 515,56 mNN der höchste Wasserstand gemessen.

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der Grundwasserganglinien (Anlage 2.1), so fällt auf, dass die Messstelle BK 6/2011 den in den übrigen Pegeln aufgezeichneten, durch (Stark-)Niederschlagsereignisse/-perioden bzw. Schneeschmelze beeinflussten Ganglinienverlauf nicht bzw. allenfalls in stark abgeschwächter Form folgt, was in vergleichbarer Form bereits im Jahr 2011 beobachtet wurde.

Bereits im Baugrund- und Sanierungsgutachten vom 31.01.2012 (Abschnitt 7.8) wurde daher geschlussfolgert, dass die Messstelle BK 6/2011 vermutlich hydraulisch nicht voll an den Kluftwasserleiter angekoppelt ist. Für diese Annahme spricht, dass im Bereich der vergleichsweise kurzen Filterstrecke der BK 6/2011 eine auffällige Wechsellagerung von überwiegend kompakten Ton- und Mergelsteinen ansteht, die eine geringe Systemdurchlässigkeit besitzen. Bei dem im Tiefenbereich der Filterstrecke (62,2 m bis 67,7 m) im Jahr 2011 ausgeführten WD-Test (63,0 m bis 67,7 m) konnte bei der maximalen Druckstufe von 3,7 bar kein Wasser abgepresst werden. Insoweit ist davon auszugehen, dass die in BK 6/2011 gemessenen Wasserstände nicht repräsentativ für die Druckhöhe des auf dem Ornatenton ausgebildeten Grund-

wasserleiters sind, was nunmehr auch durch die Messergebnisse aus dem Jahr 2012 bestätigt wird.

Die Ganglinien der auf dem Ornatenton ausgebauten Grundwassermessstellen lassen insbesondere im Januar und Februar 2012 sowie dann noch einmal im Dezember 2012 deutliche Wasserstandsänderungen in jeweils vergleichsweise kurzen Zeitspannen erkennen (Anlage 2.1). Zwischen Februar und November 2012 sind die kurzzeitigen Wasserstandsänderungen hingegen sehr gering und betragen über Monate nur wenige Dezimeter. In diesem Zeitraum vom Februar bis Ende Oktober fällt der Wasserspiegel auf dem Ornatenton tendenziell um 1 m bis 2 m gegenüber dem Wasserstand Ende Februar / Anfang März 2012 ab.

Dahingegen werden im Januar 2012, zwischen dem 08.01. und 10.01.2012 und dann noch einmal zwischen dem 20.01. und 23.01.2012, jeweils deutliche Anstiege der auf dem Ornatenton gemessenen Wasserstände aufgezeichnet, wobei der Anstieg in der Messstelle BK 15a/2011 mit $\Delta h = 3,2$ m in beiden Zeiträumen deutlich stärker ausfällt als an den Messstellen BK 12/2011 ($\Delta h = 0,6$ m), BK 11a/2011 ($\Delta h = 1,5$ m) und BK 23a/2011 ($\Delta h = 1,2$ m). Für den Zeitraum 01.01. bis 15.05.2012 sind die Messwerte in Anlage 1.2 in einem zeitlich gestreckten Maßstab dargestellt (Anlage 2.2). Dem Anstieg im Zeitraum 08.01. bis 10.01.2012 waren stärkere Niederschläge vom 05.01. bis 09.01.2012 ($\Sigma 36$ mm) voraus gegangen, während die Temperaturen über dem Gefrierpunkt lagen. Dem Anstieg zwischen dem 20.01. und 23.01.2012 waren vom 13.01. bis 18.01.2012 rund 5 Tage mit Temperaturen unter und um den Nullpunkt voraus gegangen, ab dem 19.01.2012 wechselten die Temperaturen in den Plusbereich zugleich setzten Niederschläge ein, so dass in diesem Fall der Anstieg der Druckhöhe auf dem Ornatenton eine Auswirkung der Schneeschmelze sein dürfte.

Zu einem teilweise signifikanten Anstieg der Grundwasserstände auf dem Ornatenton kommt es zwischen dem 20.02. und 27.02.2012. Am höchsten ist der Anstieg diesmal an der Messstelle BK 11/2011 mit $\Delta h = 6,1$ m, am geringsten an der Messstelle BK 23a/2011 mit $\Delta h = 0,5$ m. Während der höchste Wasserstand an der BK 11/2011 am 25.02.2012 um 14:00 Uhr erreicht wird, wird an der BK 12/2011 der höchste Wasserstand am 25.02.2012 um 22:00 Uhr, an der BK 23a/2011 am 26.02.2012 um 14:00 Uhr und an der BK 15a/2011 erst am 26.02.2012 um 21:00 Uhr gemessen.

Im Vorfeld dieser Grundwasseranstiege sind kräftigere Niederschläge im Zeitraum vom 13.02. bis 25.02.2012 von in der Summe 21,6 mm zu verzeichnen. Zugleich werden nach einer seit 23.01.2012 anhaltenden, rund einmonatigen Frostperiode mit

Temperaturen bis unter -15°C erstmals wieder ab dem 21./22.02.2012 Temperaturen über dem Pluspunkt erreicht, so dass ab dem 21./22.02.2012 eine intensive Schneeschmelze einsetzte, wobei die zu diesem Zeitpunkt vorhandene Schneehöhe am Oberbecken nicht bekannt ist. Der gemessene Anstieg der Druckhöhe auf dem Ornatenton zwischen dem 20.02. und 27.02.2012 dürfte damit primär auf eine Schneeschmelze zurück zu führen sein.

Im Zeitraum März bis Ende Oktober 2012 sind zahlreiche Starkniederschlagsereignisse bzw. –perioden zu verzeichnen, ohne dass es zu signifikanten Änderungen der Druckhöhe auf dem Ornatenton kommt. So fallen vom 30.05. bis 01.06.2012 über 40 mm Niederschlag, vom 01.07. bis 05.07.2012 sogar rund 55 mm Niederschlag, während sich die Druckhöhen auf dem Ornatenton kaum merklich veränderten.

Signifikantere Änderungen zeigen die Grundwasserstände auf dem Ornatenton erst wieder im November und Dezember 2012, der ausgehend von ersten Schneefällen Ende Oktober 2012 ungewöhnlich schneereich war. So geht insbesondere dem signifikanten Anstieg der Grundwasserstände ab dem 15.12.2012 bis hin zum 25.12.2012 eine Frostperiode vom 01.12. bis 15.12.2012 mit starken Schneefällen und Schneehöhen von rund 30 cm bis 50 cm am Oberbecken voraus. Am 15.12. (11 mm) und insbesondere am 23.12.2012 (41 mm) kam es in Verbindung mit deutlichen Plustemperaturen zudem zu starken Niederschlägen.

Die Auswertung der gemessenen Niederschlagsdaten (Anlage 2) und der gemessenen Lufttemperaturen (Anlage 6.8) lässt den Schluss aus, dass für Änderungen des Wasserstandes auf dem Ornatenton primär Schneeschmelzen und nur sekundär Starkniederschlagsperioden maßgebend sein dürften. Zu signifikanten Änderungen der Druckhöhen auf dem Ornatenton kommt es dabei im Wesentlichen nur im Zusammenhang mit starken Schneeschmelzen - teilweise verstärkt durch zeitgleiche stärkere Regenereignisse in den Tauperioden.

In den Anlagen 3 werden für den Zeitraum 20.02. bis 29.02.2012 die auf dem Ornatenton gemessenen Wasserständen zu ausgewählten Zeitpunkten dargestellt. In den Lageplänen ist neben den gemessenen Wasserständen [mNN] durch blaue Pfeile symbolisch visualisiert die Grundwasserfließrichtung bzw. das positive hydraulische Gefälle eingetragen. Die an der BK 6/2011 gemessenen Wasserstände sind nicht dargestellt. Aus der Darstellung ergibt sich eine überwiegend von West und Südwest nach Ost und Nordost orientierte Grundwasserfließrichtung mit einem Gefälle von etwa 1 % in Süd-Nord-Richtung und von knapp 3 % in West-Ost-Richtung.

Die an der Messstelle BK 23a/2011 im Süden gemessene Druckhöhe ist durchgehend geringer als die im Nordwesten an der BK 15a/2011 gemessenen Wasserstände. Ob hier ein geringes hydraulisches Gefälle vom Deckersberg Richtung Deckersberger Senke besteht, kann auf Grund der fehlenden hydraulischen Ankopplung der Messstelle BK 6/2011 nicht eindeutig beurteilt werden, ist aber als wenig wahrscheinlich einzustufen, da stets ein deutliches hydraulisches Gefälle zwischen BK 23a/2011 im Süden und BK 11/2011 im Nordosten besteht, so dass die Strömungsrichtung hier nach Nordnordosten orientiert ist.

Die Darstellung in den Anlagen 3 zeigt auch, dass sich zeitweilig, bedingt durch die zeitliche und räumliche Variabilität von Grundwasseranstiegen das hydraulische Gefälle zwischen einzelnen Messstellen umkehrt. Dies gilt insbesondere für den Einflussbereich der Messstellen BK 11/2011, BK 12/2011 und den Brunnen B3, B4a, B4 im Bereich der Kainsbacher Senke. Hier ist auf Grund der gemessenen Wasserstände temporär von einem Anstrom in Richtung Kainsbacher Senke auszugehen.

In der Summe ist hinsichtlich der niederschlagsinduzierten Grundwasserstandsänderungen auf dem Ornatenton also festzustellen, dass innerhalb der Grundrissfläche des Oberbeckens sowohl die Magnitude der Wasserstandsänderungen wie auch der Zeitpunkt des Erreichens von Grundwasserhochständen stark unterschiedlich sind.

Die im Jahr 2011 durchgeführten Grundwasserstandsmessungen hatten zu ähnlichen Erkenntnissen geführt: Auch hier zeigten die auf dem Ornatenton gemessenen Wasserstände eine unmittelbare Abhängigkeit von (Stark-)Niederschlagsereignissen/-perioden bzw. insbesondere Schneesmelzen, wobei die Intensität der Beeinflussung, also die Amplitude der Wasserstandsänderung in den Grundwassermessstellen teilweise erheblich variierte.

3.2 Wasserstände im Tiefenbereich zwischen 7 m und 35 m unter Beckensohle

Die übrigen 2011 ausgeführten Kernbohrungen wurden in unterschiedlichen Tiefenniveaus in den Lockergesteinen der Versturzzone und in den höheren Bereichen des Kalksteins verfiltert. Der Ausbau der Grundwassermessstellen mit der Teufe der Filterstrecken kann wiederum dem Baugrund- und Sanierungsgutachten vom

31.01.2012 entnommen werden; er ist ferner nachfolgend in Tabelle 1 zusammenfassend dokumentiert.

Die in dem Tiefenbereich zwischen 7 m und 35 m unter Beckensohle ausgebauten Kernbohrungen wurden 2012 überwiegend händisch in einem wöchentlichen Rhythmus durch das Betriebspersonal des Kraftwerkes Happurg gemessen. Lediglich die Grundwassermessstelle BK 5/2011 wurde mit einem Datenlogger automatisch gemessen.

Die Messergebnisse sind für die grundwasserführenden Messstellen in Form von Grundwasserganglinien in den Anlagen 4 dokumentiert. Die Graphiken enthalten wiederum zum Vergleich die aufgezeichneten Niederschlagsmengen. Für die wiederholt bzw. fortlaufend 'trockenen' Grundwassermessstellen werden keine Daten dokumentiert.

Am 21.03.2012 wurden die wasserführenden Grundwassermessstellen auf unsere Veranlassung hin durch die Fa. Abt Wasser- und Umwelttechnik GmbH ausgeblasen. Damit sollte untersucht werden, ob die in den wasserführenden Messstellen gemessenen Wasserstände eine hydraulische Ankopplung besitzen oder ob diese Wasserstände gegebenenfalls noch mit dem Herstellungsprozess und dem Spülwasser in Verbindung zu bringen bzw, sich hier nur Sickerwasser im Sumpfrohr gesammelt hat.

Die Messergebnisse zeigen, dass sich bei der überwiegenden Zahl der wasserführenden Messstellen sehr zeitnah nach dem Ausblasen wieder ein mit dem zuvor gemessenen Wasserstand korrelierender Wasserstand einstellt. In der BK 29a/2011 dauert der Wiederanstieg des Grundwasserspiegels hingegen mehrere Monate. In der BK 28a/2011 ergibt sich nach dem Ausblasen ein um etwa 1,9 m niedriger Wasserstand. Die Messstellen BK 18d/2011 und BK 24c/2011 sind nach dem Ausblasen trocken, die BK 21c/2011 fällt Anfang Juli 2012 trocken.

Bohrung	Standort	Gelände [mNN]	Oberkante Pegel [mNN]	Filterstrecke		UK Pegel- rohr [m]	Lage Filter- strecke in ²⁾	Grundwasser- beobachtung/ stand [mNN] ¹⁾
				OK [m]	UK [m]			
BK 1a/ 2011	Sohle, Zentrum ET17	561,37	562,37	12,5 548,9	17,0 544,4	17,0 544,4	LG	trocken (seit 20.07.2011)
BK 1b/ 2011	Sohle, Zentrum ET 3	561,36	562,36	18,5 542,9	23,1 538,3	23,0 538,4	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 1c/ 2011	Sohle, Zentrum ET 1	561,20	562,20	11,0 550,2	16,0 545,2	15,7 545,4	Kst	545,9 mNN, GW konst. knapp über UK Filter, quasi trocken
BK 2/ 2011	Sohle Becken	561,61	562,61	5,50 17,50	10,00 22,00	22,0	Kst HF	trocken (seit 20.07.2011)
BK 3/ 2011	Sohle Becken	561,28	562,31	7,5 553,8	12,0 549,3	12,0 549,3	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 4/ 2011	Sohle Becken	561,38	562,38	4,0 11,5 549,9	8,0 16,0 545,4	16,0 545,4	LG LG	545,9-547,9 mNN, GW 0,5-2,5 m über UK Filter
BK 5/ 2011	Sohle Becken	561,60	562,35	20,5 541,1	26,0 535,6	26,0 535,6	Kst	536,5-538,5 mNN GW 1,0-2,0 m über UK Filter, Datalogger
BK 6/ 2011	Sohle Becken	560,94	561,94	62,2 498,7	67,7 493,2	67,7 493,2	auf OT	GW auf Ornatenton, Datalogger
BK 7/ 2011	Sohle Becken	561,23	562,19	6,5 554,7	11,0 550,2	11,0 550,2	LG	trocken (seit 20.06.2011)
BK 8/ 2011	Sohle Becken	561,26	562,19	3,5 557,8	10,0 551,3	9,0 552,3	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 9/ 2011	Sohle Becken	560,82	561,81	9,0 551,8	13,5 547,3	13,5 547,3	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 11/ 2011	Krone Ringdamm	575,67	575,67	67,5 508,2	83,5 492,2	83,5 492,2	auf OT	GW auf Ornatenton, Datalogger
BK 12/ 2011	Krone Ringdamm	575,69	575,69	74,4 501,3	80,4 495,3	80,4 495,3	auf OT	GW auf Ornatenton, Datalogger
BK 13a/ 2011	Fuß Land Damm	559,33	560,17	2,5 556,8	7,0 552,3	7,0 552,3	Kst	552,4 mNN (07.07.2011), seitdem trocken
BK 13d/ 2011	Fuß Land Damm	563,95	564,96	14,5 549,5	25,0 539,0	25,0 539,0	Kst	539,4 mNN, GW 0,4 m über UK Filter, Pegel urspr. trocken

¹⁾ mittlerer Wasserstand in 2012 in [mNN]

²⁾ LG = Lockergesteinsfüllung Störzone, Kst = Jurakalkstein, HF = Hohraumfüllung im Jurakalkstein, auf OT = auf Ornatenton

Tab. 1 (Teil 1): Überblick Grundwassermessstellen
am Oberbecken PSW Happurg

Bohrung	Standort	Gelände [mNN]	Oberkante Pegel [mNN]	Filterstrecke		UK Pegel- rohr [mNN]	Lage in ²⁾	Grundwasser- beobachtung/ stand [mNN] ¹⁾
				OK [m] [mNN]	UK [m] [mNN]			
BK 14a/ 2011	Fuß Land Damm	555,06	555,88	2,9 552,2	9,5 545,6	8,0 547,1	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 14c/ 2011	Fuß Wasser Damm	561,43	562,43	10,0 551,4	22,0 539,4	20,7 540,7	Kst	541,5-543,1 mNN, GW 0,8-2,5 m über UK Filter
BK 15a/ 2011	Fuß Land Damm	554,80	555,60	51,4 503,4	57,4 497,4	57,4 497,4	auf OT	GW auf Ornatenton, Datalogger
BK 15c/ 2011	Fuß Wasser Damm	562,19	563,09	14,5 547,7	30,0 532,2	34,0 528,2	Kst	trocken, verschlamm (seit 27.07.2011)
BK 16b/ 2011	Krone Ring- damm	575,65	575,46	17,0 558,7	22,15 553,5	22,15 553,5	LG	trocken (seit 07.04.2011)
BK 16c/ 2011	Fuß Wasser Damm	562,63	563,67	13,0 549,6	24,0 538,6	27,0 535,6	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 17b/ 2011	Krone Ring- damm	575,64	575,46	24,5 551,1	31,0 544,6	31,0 544,6	LG	trocken (seit 06.06.2011)
BK 17c/ 2011	Fuß Wasser Damm	561,62	562,78	25,0 536,6	35,0 526,6	35,0 526,6	Lst	527,3 mNN (20.07.2011), seitdem trocken
BK 18a/ 2011	Fuß Land Damm	556,20	557,15	2,5 553,7	5,6 550,6	16,0 540,2	LG	trocken
BK 18b/ 2011	Krone Ring- damm	575,69	575,50	21,5 554,7	30,0 545,7	30,0 545,7	LG/Kst	546,2 mNN, GW 0,5 m über UK Filter
BK 18c/ 2011	Fuß Wasser Damm	561,85	562,84	24,0 537,9	35,0 526,9	35,0 526,9	Kst	trocken (seit 20.07.11)
BK 18d/ 2011	Fuß Wasser Damm	561,60	562,54	13,0 548,6	20,0 541,6	20,0 541,6	Kst	527,1 mNN, GW tief in Sumprohr, Filterstrecke trocken
BK 18e2/ 2011	Fuß Wasser Damm	561,81	562,84	14,5 547,3	25,0 536,8	35,0 526,8	LG	535,1 mNN (21.07.2011), seitdem trocken

¹⁾ mittlerer Wasserstand in 2012 in [mNN]
²⁾ LG = Lockergesteinsfüllung Störzone, Kst = Jurakalkstein, HF = Hohraumfüllung im Jurakalkstein,
 auf OT = auf Ornatenton

Tab. 1 (Teil 2): Überblick Grundwassermessstellen
 am Oberbecken PSW Happurg

Bohrung	Standort	Gelände [mNN]	Oberkante Pegel [mNN]	Filterstrecke		UK Pegelrohr [m]	Lage Filterstrecke in ²⁾	Grundwasserbeobachtung/ stand [mNN] ¹⁾
				OK [m]	UK [m]			
BK 19a/ 2011	Fuß Land Damm	568,69	568,58	9,5 559,2	20,0 548,7	20,0 548,7	Kst	trocken
BK 19c/ 2011	Fuß Wasser Damm	561,88	562,84	17,5 544,4	23,0 538,9	27,0 534,9	Kst	541,0 mNN, GW rd. 2,0 m über UK Filter
BK 19d/ 2011	Fuß Land Damm	563,51	564,51	9,3 554,2	20,0 543,5	19,8 543,7	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 20c/ 2011	Fuß Wasser Damm	562,02	563,02	11,0 551,0	22,0 540,0	35,0 527,0	LG	trocken
BK 20d/ 2011	Fuß Land Damm	557,15	558,13	9,0 548,2	20,0 537,2	20,0 537,2	Kst	538,0-540,8 mNN, GW 0,8-3,6 über UK Filter
BK 21a/ 2011	Fuß Land Damm	556,74	557,80	9,0 547,74	20,0 536,7	32,0 524,7	Kst	527,3 mNN, GW in Sumpfrohr, trocken
BK 21b/ 2011	Krone Ring- damm	575,65	575,47	17,5 558,2	22,5 553,2	22,5 553,2	Kst	trocken
BK 21c/ 2011	Fuß Wasser Damm	561,67	562,78	18,0 543,7	30,6 531,1	28,4 533,3	Kst	533,3 mNN, GW an UK Filter, trocken
BK 21d/ 2011	Fuß Land Damm	556,53	557,47	7,0 549,5	17,5 539,0	17,5 539,0	Kst/HF	trocken (seit 03.08.2011)
BK 22a/ 2011	Fuß Land Damm	558,77	559,77	9,5 549,3	20,0 538,8	25,0 533,8	Kst	537,9-538,9 mNN, GW in Sumpfrohr, trocken
BK 22c/ 2011	Fuß Wasser Damm	562,53	563,65	11,5 551,0	22,8 539,7	22,0 540,5	Kst/HF	trocken (seit 03.08.2011)
BK 23a/ 2011	Fuß Land Damm	560,29	561,29	53,8 506,5	70,0 490,3	70,0 490,3	auf OT	GW auf Ornatenton, Datalogger
BK 24a/ 2011	Fuß Land Damm	560,90	561,87	9,5 551,4	20,0 540,9	20,0 540,9	Kst	trocken (seit 04.08.2011)
BK 24b/ 2011	Krone Ring- damm	575,74	575,54	20,5 555,2	26,0 549,7	26,0 549,7	LG	Trocken (nach Ausblasen)
BK 24c/ 2011	Fuß Wasser Damm	561,96	562,96	16,0 546,0	27,4 534,6	27,4 534,6	Kst	trocken (nach Ausblasen)

¹⁾ mittlerer Wasserstand in 2012 in [mNN]
²⁾ LG = Lockergesteinsfüllung Störzone, Kst = Jurakalkstein, HF = Hohraumfüllung im Jurakalkstein,
 auf OT = auf Ornatenton

Tab. 1 (Teil 3): Überblick Grundwassermessstellen
 am Oberbecken PSW Happurg

Bohrung	Standort	Gelände [mNN]	Oberkante Pegel [mNN]	Filterstrecke		UK Pegel- rohr [m]	Lage Filter- strecke in ³⁾	Grundwasser- beobachtung/ stand [m] ¹⁾
				OK [m]	UK [m]			
BK 25b/ 2011	Krone Ring- damm	575,69	575,55	16,0 559,7	20,5 555,2	20,5 555,2	Kst	555,4 mNN (06.07.2011), seitdem trocken
BK 28a/ 2011	Fuß Land Damm	572,51	573,48	12,0 560,5	22,55 550,0	25,5 547,0	Kst	547,0 mNN, quasi trocken
BK 28c/ 2011	Fuß Wasser Damm	561,56	562,61	12,5 29,0 532,6	22,5 35,0 526,6	35,0 526,6	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 29a/ 2011	Krone Ring- damm	572,53	573,53	3,5 569,0	13,0 559,5	25,0 547,5	Kst	550,2-562,3 mNN, überwiegend in Sumpfrohr, tlw. bis 2,8 m über UK Filter, (vermutlich Zufluss von oben)
BK 29c/ 2011	Fuß Land Damm	561,46	562,49	24,5 537,0	35,0 526,5	35,0 526,5	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 30/ 2011	Sohle Becken	560,95	561,97	5,5 555,5	20,0 541,0	20,0 541,0	Kst	trocken (seit 20.07.2011)
BK 31/ 2011	Sohle Becken	561,08	562,08	14,0 547,1	25,0 536,1	23,0 538,1	Kst	trocken (seit 03.08.2011)
BK 32/ 2011	Sohle Becken	561,33	562,38	24,0 537,3	35,0 526,3	35,0 526,3	Kst	trocken (seit 03.08.2011)
BK 33/ 2011	Sohle Becken	561,10	562,19	25,8 535,3	32,0 529,1	30,8 530,3	LG/Kst	532,5 mNN, GW ca. 3,4 m über UK Filter in Übergang Lockerge- steinsfüllung Ver- sturzzone zu Kalkstein
BK 34/ 2011	Sohle, Zent- rum ET 7	561,04	562,04	14,0 547,0	25,3 535,7	25,0 536,0	Kst	537,7 mNN (06.07.11); seitdem trocken
BK 35/ 2011	Sohle Becken	k.A.	k.A.	0,0	35,0	35,0	LG/Kst	trocken (seit 02.08.2011)

¹⁾ mittlerer Wasserstand in 2012 in [mNN]
²⁾ LG = Lockergesteinsfüllung Störzone, Kst = Jurakalkstein, HF = Hohraumfüllung im Jurakalkstein, auf OT = auf Ornatenton

Tab. 1 (Teil 4): Überblick Grundwassermessstellen
am Oberbecken PSW Happurg

Die in den Anlagen 4.1 und 4.2 sowie 4.4 zusammengestellten Ganglinien der in dem Tiefenbereich 7 m bis 35 m unter Beckensohle ausgebauten Grundwassermessstellen und deren Abgleich mit Schneeschmelzen und Niederschlagsereignissen zeigt weitgehend konstante Wasserstände mit unterschiedlichem Potential. Die gemessenen Wasserstände variieren zwischen 531 mNN und rund 562 mNN. Soweit es sich hierbei um begrenzte Schichtwasservorkommen handelt, lassen diese keine hydraulische Verbindung zueinander erkennen. Auch eine Beeinflussung durch Schneeschmelze oder (Stark-) Niederschlagsereignisse bzw. -perioden ist - anders als bei der Druckhöhe auf dem Ornatenton - nicht erkennbar.

Auffällig sind wie bereits im Jahr 2011 die in dem bestehenden Brunnenpegel G 13 am nordwestlichen Dammfuß gemessenen Wasserstände (Anlage 5), die weiterhin stark schwanken und offensichtlich auf Niederschlagsereignisse unmittelbar mit Wasserstandsänderungen um bis zu 5,2 m reagieren. Die Filterstrecke liegt zwischen 7,3 m und 9,3 m unter Gelände im Bereich von mehr als 10 m mächtigen Tonen, Schluffen und Sanden, also vermutlich im Ausläufer der Versturzzone. Es ist zu vermuten, dass hier ein Wasserzutritt über die Geländeoberfläche und gegebenenfalls den Ringraum in die Grundwassermessstelle erfolgt.

Die Ergebnisse der in den 2011 angelegten Grundwassermessstellen ausgeführten Grundwasserbeobachtungen sind zusammenfassend in Tabelle 1 dokumentiert. Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass der weit überwiegende Teil der zwischen 7 m und 35 m unter Beckensohle verfilterten Grundwassermessstellen über den gesamten Beobachtungszeitraum trocken ist. Nur in wenigen Grundwassermessstellen werden wiederholt bzw. über längere Zeiträume Grundwasserstände gemessen. Aber auch in diesen Messstellen liegen die gemessenen Grundwasserstände überwiegend nur wenige Dezimeter über der Unterkante der Filterstrecke oder sogar im Sumpfrohr, so dass diese Messstellen ebenfalls als trocken zu bezeichnen sind. Über längere Zeiträume werden Grundwasserstände in den Messstellen BK 4/2011, BK 13d/2011, BK 14c/2011, BK 19c/2011, BK 20d/2011 und BK 33/2011 gemessen. Auf die BK 33/2011 wurde bereits im Baugrund- und Sanierungsgutachten vom 31.01.2012 [U01] gesondert hingewiesen, da der hier gemessene Grundwasserstand im Übergangsbereich zwischen geklüfteten Kalkstein und der Lockergesteinsfüllung der Versturzzone liegt.

3.3 Messungen in den Brunnenpegeln

Von der Werksleitung des Kraftwerkes Happurg wurden uns die Ergebnisse der automatisierten Überwachung der Brunnen bzw. Brunnenpegel genannten Grundwasser messstellen B3, B4a, B4, B5, B6 und B7 zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden von uns in den Anlagen 6 graphisch ausgewertet. Da bei einigen Messstellen die Grundwasserstände zeitweilig unter den eingestellten Messbereich der Porenwasserdruckgeber fielen, mussten diese Messstellen von April bis November 2012 händisch gemessen werden.

Die Brunnenpegel B3, B4a und B4 wurden von dem nordöstlich des Einlaufbauwerks liegenden Stollen aus abgeteuft; der Brunnen B5 liegt in der Mitte der Ostseite, der Brunnenpegel B6 an der Südwestecke und der Brunnenpegel 7 schließlich in der Mitte der Westseite des Oberbeckens (siehe Anlage 1). Tabelle 2 fasst die aus den Archivunterlagen entnommenen Angaben zur Filterstrecke und zur Oberfläche des Ornatentons zusammen. Alle Brunnenpegel erreichen danach den Ornatenton und sind unmittelbar oberhalb des Ornatentons im Malm verfiltert, wobei die Länge der Filterstrecke bei den Brunnenpegeln B3, B4a und B4 nur zwischen 2,5 m und 3,5 m liegt, an den anderen Brunnenpegeln aber bis zu 21,8 m (B 6) erreicht.

Brunnen-pegel	Lage	Oberfläche Ornatenton	Filterstrecke
B3	nordöstlich des Einlaufbauwerks, aus Stollen, neben B4a	496,28 mNN	496,28-498,70 mNN
B4a	nordöstlich des Einlaufbauwerks, aus Stollen, zwischen B3 und B4	496,69 mNN	496,69-499,20 mNN
B4	nordöstlich des Einlaufbauwerks, aus Stollen, neben B4a	496,72 mNN	496,72-500,20 mNN
B5	Mitte Ostseite des Beckens, am Dammfuss	491,20 mNN	491,20-501,90 mNN
B6	an Südwestecke des Beckens, am Dammfuss	492,60 mNN	492,60-514,40 mNN
B7	Mitte Westseite des Beckens, am Dammfuss	494,30 mNN	494,30-494,30 mNN

Tabelle 2: Ausbau Brunnenpegel und Oberfläche Ornatenton

Die Messergebnisse zeigen, dass die Brunnenpegel B3, B4a, B5, B6 und B7 ein ähnliches Verhalten zeigen wie die auf dem Ornatenton ausgebauten Grundwasser messstellen, d.h. es tritt im Zusammenhang mit Schneeschmelzen, untergeordnet mit Starkregenereignissen ein Anstieg der in den Brunnenpegeln gemessenen Druckhöhen auf, insbesondere in den im Abschnitt 3.1 erörterten Zeiträumen, i.e. im Januar 2012 zwischen dem 08.01. und 10.01.2012 und zwischen dem 20.01. und 23.01.2012 sowie im Dezember 2012. Dabei sind die Potentialveränderungen in den Brunnenpegeln B3 und B4a sehr gering; sie liegen im Januar und Februar 2012 bei wenigen Dezimetern, im Dezember 2012 bei $\Delta h = 1,2$ m bis 1,5 m. Die Brunnenpegel B5, B6 und B7 zeigen hingegen deutlich größere Druckschwankungen von mehreren Metern, teilweise sogar von mehr als 10 m.

Der im Brunnenpegel B4 gemessene Wasserstand liegt während des gesamten Beobachtungszeitraums nahezu konstant bei etwa 499,8 mNN und lässt die bei den anderen Brunnenpegeln erkennbaren Druckhöhenänderungen nicht erkennen.

Die Ursachen für die unterschiedlichen Reaktionen der Brunnenpegel sind nicht zweifelsfrei nachvollziehbar, dürften zum Teil aber auf die sehr langen Filterstrecken zurück zu führen sein. Allerdings zeigen auch die sehr nah beinander liegenden und vergleichbar ausgebauten, mit kurzen Filterstrecken ausgestatteten Brunnenpegel B3, B4a und B4 unterschiedlich intensiv ausgeprägt Schwankungen der auf dem Ornatenton gemessenen Druckhöhen.

3.4 Quellschüttungen

Die Quellschüttungen auf dem ausstreichenden Ornatenton in den gefassten Quellen 5, 6 und 7 am Hang nördlich des Oberbeckens wurden uns ebenfalls von der Werksleitung des Kraftwerks Happurg zur Verfügung gestellt und sind in der Anlage 7 in Abhängigkeit von den Niederschlagsereignissen zeitabhängig ausgewertet.

Danach treten insbesondere in der Quelle 6 in den Zeiträumen, in denen auf dem Ornatenton eine erhöhte Druckhöhe gemessen wurde, i.e. im Januar, Februar und im Dezember 2012 (siehe Abschnitt 3.1 und 3.3) deutlich erhöhte Quellschüttungen auf. Die Quellen 5 und 7 hingegen zeigen ein von den Druckhöhen auf dem Ornatenton weitgehend unabhängiges Verhalten, wobei die verzeichneten Quellschüttungen auch nur begrenzt mit Niederschlagsereignissen korreliert werden können.

4 Fachgutachterliche Bewertung

Zusammenfassend bestätigt die Analyse der im Jahr 2012 aufgezeichneten Ergebnisse der Grundwasserstandsmessungen die im Baugrund- und Sanierungsgutachten vom 31.01.2012 beschriebenen Schlussfolgerungen, die auf den Beobachtungen und Messungen im Jahr 2011 basieren.

Im Einzelnen ergeben sich folgende wesentliche Schlussfolgerungen:

- Es ergeben sich keine Hinweise dafür, dass in dem Gebirge zwischen Beckensohle und Oberfläche Ornatenton, d.h. in dem geklüfteten Kalkstein des Malm und in den Lockergesteinen der Versturzzone im größeren Umfang Schichtwasservorkommen vorhanden sind. Die überwiegende Anzahl der Grundwassermesstellen ist trocken. Es werden nur in wenigen Grundwassermesstellen fortlaufend bzw. wiederholt Grundwasserstände gemessen, die auf einzelne, offenkundig räumlich begrenzte Schichtwasservorkommen hinweisen. Diese Schichtwasservorkommen korrespondieren hydraulisch nicht miteinander und werden - anders als der Wasserstand auf dem Ornatenton - auch durch Niederschlagsereignisse oder Schneeschmelze nicht beeinflusst.

Die meist geringmächtigen schwebenden Grundwasserhorizonte orientieren sich vermutlich an eingelagerten Mergellagen.

- Es sind ferner auf der Basis der Messungen keine Indizien dafür erkennbar, dass es in diesem Tiefenbereich bis 35 m unter Beckensohle zu temporären Schichtwasserzutritten von außerhalb des Beckens in das Gebirge unter der Beckensohle kommt.
- Lediglich in einer Kernbohrung (BK 33/2011) wurde auch 2012 ein Wasserspiegel beobachtet, der im Kontaktbereich zwischen den Lockergesteinen der Versturzzone und den Kalken liegt.
- Ein freier Grundwasserhorizont konnte im Zuge der Messungen 2012 - in Übereinstimmung mit den Erkundungsergebnissen 2011 und den bisherigen Kenntnissen - nur rund 45 m bis 50 m unter der Beckensohle an der Basis des Jurakalkes auf dem hier unterlagernden Ornatenton beobachtet werden. Die Druckhöhe dieses Grundwasserhorizontes wird insbesondere durch Schneeschmelzen und - offenkundig untergeordnet - durch Starkniederschlagsereignisse bzw. -perioden beeinflusst, in deren Folge es zu einem teilweise deutlichen Anstieg der Druckhöhe kommt.

Die Grundwasserströmung auf dem Ornatenton ist auch nach den 2012 gewonnenen Messergebnissen nach Nordosten und Osten (Kainsbacher Senke) orientiert.

5 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Es wird angeregt, die Messungen im Jahr 2013 bzw. bis zur Aufnahme der Untergrundsanierung in einem reduzierten Umfang fortzusetzen.

Die Brunnenpegel und die Quellschüttung werden derzeit weiterhin im Rahmen des installierten Überwachungssystems des Oberbeckens gemessen und aufgezeichnet.

Die auf dem Ornatenton ausgebauten Grundwassermessstellen BK6/2011, BK 11/011, BK 12/2011, BK 15a/2011 und BK 23a/2011 sind weiterhin mit Porenwasserdruckgebern und Datenloggern ausgestattet, so dass hier die Erfassung der Druckhöhe auf dem Ornatenton unverändert kontinuierlich möglich ist. Die neu eingerichtete Messstelle BK 1/2012 sollte regelmäßig händisch gemessen werden.

Bei den im Tiefenbereich zwischen 7 m und 35 m unter Beckensohle zu Grundwassermessstellen ausgebauten Kernbohrungen aus dem Jahr 2011 sollten die händischen Messungen nur noch an den wasserführenden Messstellen fortgesetzt werden. Diese Messstellen sind in Tabelle 1 hellgelb hinterlegt. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um die Messstellen BK 4/2011, BK 5/2011 (mit PWD-Geber und Datenlogger ausgestattet), BK 13d/2011, BK 14c/2011, BK 19c/2011, BK 20d/2011, BK 29a/2011 und BK 33/2011. Die Wasserstände in diesen Messstellen sollten in einem etwa monatlichen Messintervall gemessen werden.



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann

Direktor des Institutes für Geotechnik der Universität Stuttgart

von der Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Erdbau, Grundbau, Felsbau sowie Spezialtiefbau

Anlagenverzeichnis

Anlage

Lageplan

Grundriss des Oberbeckens mit Lage der Grundwassermessstellen 1

Wasserstandsmessungen (Ganglinien) auf Ornatenton

- Wasserstandsmessungen BK 6, BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a/2011
(01.01.2012 bis 31.12.2012) 2.1
- Wasserstandsmessungen BK 6, BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a/2011
(01.01.2012 bis 15.05.2012) 2.2

Übersichtspläne Wasserstände auf Ornatenton

- Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a/2011
am 20.02.2012 (Tagesmittelwert) 3.1
- Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a/2011
am 23.02.2012 (Tagesmittelwert) 3.2
- Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a/2011
am 25.02.2012 (14:00 Uhr) 3.3
- Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a/2011
am 25.02.2012 (22:00 Uhr) 3.4
- Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a/2011
am 26.02.2012 (14:00 Uhr) 3.5
- Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a/2011
am 26.02.2012 (21:00 Uhr) 3.6
- Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a/2011
am 29.02.2012 (Tagesmittelwert) 3.7

Wasserstandsmessungen (Ganglinien) im Tiefenbereich zwischen 7 m und 35 m unter Beckensohle

- Wasserstandsmessungen BK 1c, BK 4, BK 5, BK 18b, BK 18d, BK 24b,
BK 28a, BK 29a/2011 (01.01.2012 bis 31.12.2012) 4.1
- Wasserstandsmessungen BK 14c, BK 19c, BK 21c, BK 22a, BK 24c,
BK 33/2011 (01.01.2012 bis 31.12.2012) 4.2

- Tabellarische Übersicht gemessene Wasserstände BK 1c, BK 4, BK 14c, BK 18b, BK 18d, BK 19c, BK 21c, BK 22a, BK 24b, BK 24c, BK 28a, BK 29a, BK 33/2011 (01.01.2012 bis 31.12.2012) 4.3
- Wasserstandsmessungen BK 13d, BK 18a, BK 20c, BK 20d, BK 21a/2011 (01.01.2012 bis 31.12.2012) 4.4
- Tabellarische Übersicht gemessene Wasserstände BK 13d, BK 18a, BK 20c, BK 20d, BK 21a/2011 (01.01.2012 bis 31.12.2012) 4.5

Wasserstandsmessungen G13

- Wasserstandsmessung G13 (01.01.2012 bis 16.08.2012) 5

Brunnenpegel

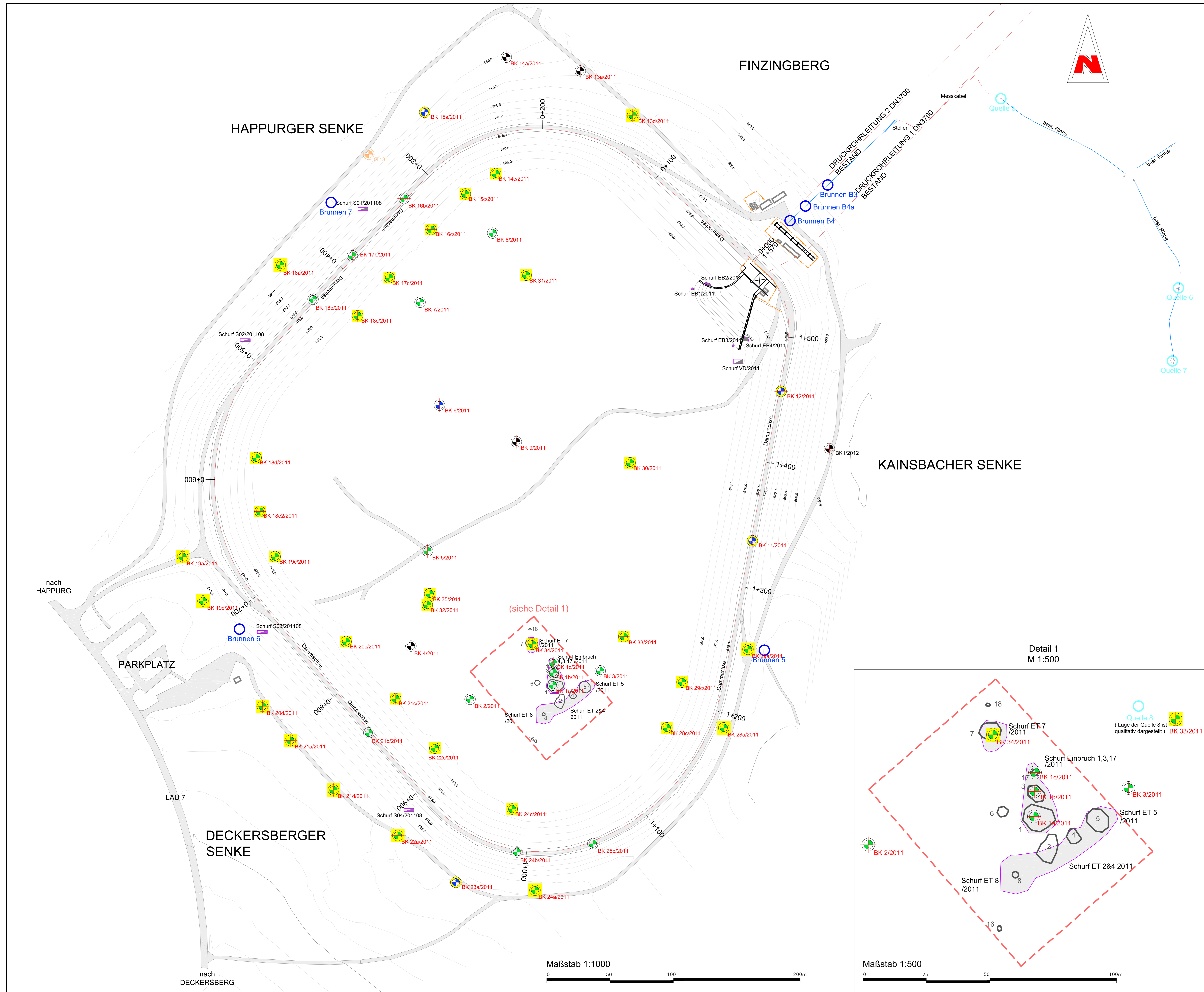
- Wasserstandsmessungen Brunnen B3, B4a, B4, B5, B6, B7 und Niederschläge (01.01.2012 bis 31.12.2012) 6.1
- Wasserstandsmessungen Brunnen B3 und Niederschläge (01.01.2012 bis 31.12.2012) 6.2
- Wasserstandsmessungen Brunnen B4a und Niederschläge (01.01.2012 bis 31.12.2012) 6.3
- Wasserstandsmessungen Brunnen B4 und Niederschläge (01.01.2012 bis 31.12.2012) 6.4
- Wasserstandsmessungen Brunnen B5 und Niederschläge (01.01.2012 bis 31.12.2012) 6.5
- Wasserstandsmessungen Brunnen B6 und Niederschläge (01.01.2012 bis 31.12.2012) 6.6
- Wasserstandsmessungen Brunnen B7 und Niederschläge (01.01.2012 bis 31.12.2012) 6.7
- Wasserstandsmessungen Brunnen B3, B4a, B4, B5, B6, B7 und Lufttemperatur (01.01.2012 bis 31.12.2012) 6.8

Quellschüttungen

- Schüttung der Quellen 5, 6 und 7 und Niederschläge (01.01.2012 bis 31.12.2012) 7

Grundwassermessstelle BK 1/2012

- Messergebnisse und Ganglinien
für den Zeitraum 05.11.2012 bis 13.03.2013 8



LEGENDE:

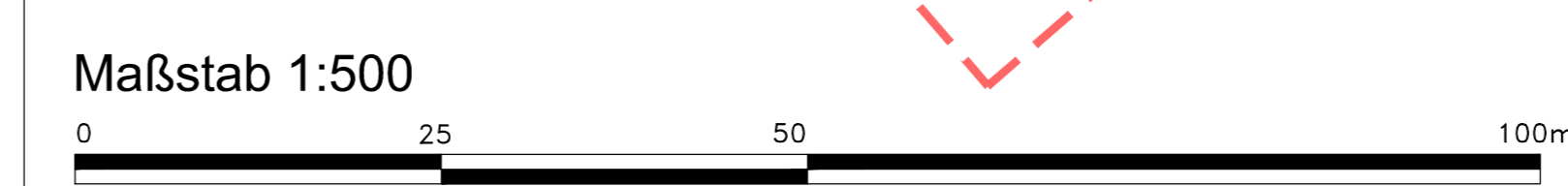
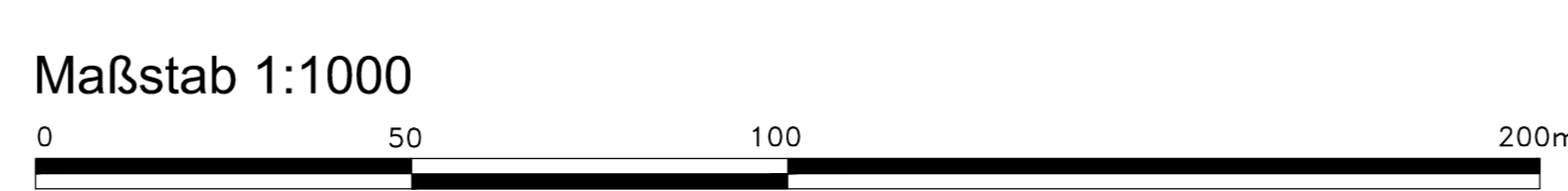
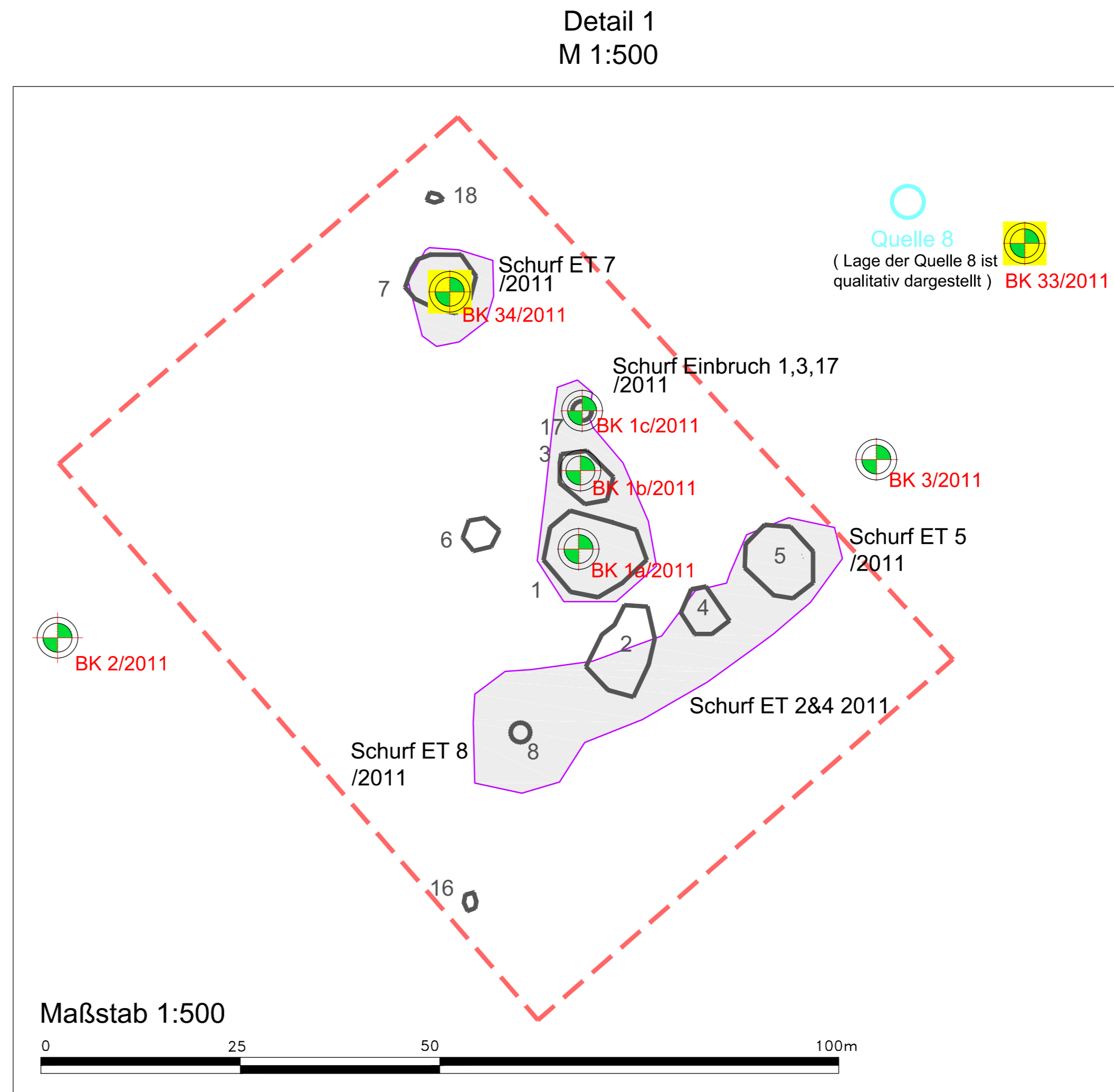
Achse - Dammkrone	
Höhenlinie	
Fahrbahn	
Mauer	
Gebäude	
Zaun	
Einbrüche 2011	
Hydrometrische Messungen	
Quelle	
Brunnen	
Grundwassermessstellen & Brunnen 1981	
Kernbohrungen	
Baugrunderkundung 2011	
Kernbohrung bis OK Ornatenton mit Ausbau zur Grundwassermessstelle auf Ornatenton (Phase 1)	
Kernbohrung bis OK Ornatenton mit Ausbau zur Grundwassermessstelle in Störzone (Phase 1)	
Kernbohrung bis 530 mNN, aber mind. 10m in Kalkstein (Phase 1)	
Kernbohrung bis 530 mNN, aber mind. 10m in Kalkstein mit Ausbau zur Grundwassermessstelle in Störzone (Phase 1)	
Kernbohrung mind. 5 m in Kalkstein mit Ausbau zur Grundwassermessstelle in Störzone (Phase 1)	
Kernbohrung mit Ausbau zur Grundwassermessstelle in Störzone; Tiefe gemäß Tabelle (Phase 2)	
Kernbohrung; Tiefe gemäß Tabelle (Phase 2)	
Baggerschürfe	
Ergänzende Erkundung 2012	
Dammaufstandsfläche (Phase 4)	

PLANGRUNDLAGE:

SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AG
 TECHNISCHE STAMMABTEILUNG
 OBERES BECKEN LASEPLAN - TS14 A08987
 M 1:1000 1956

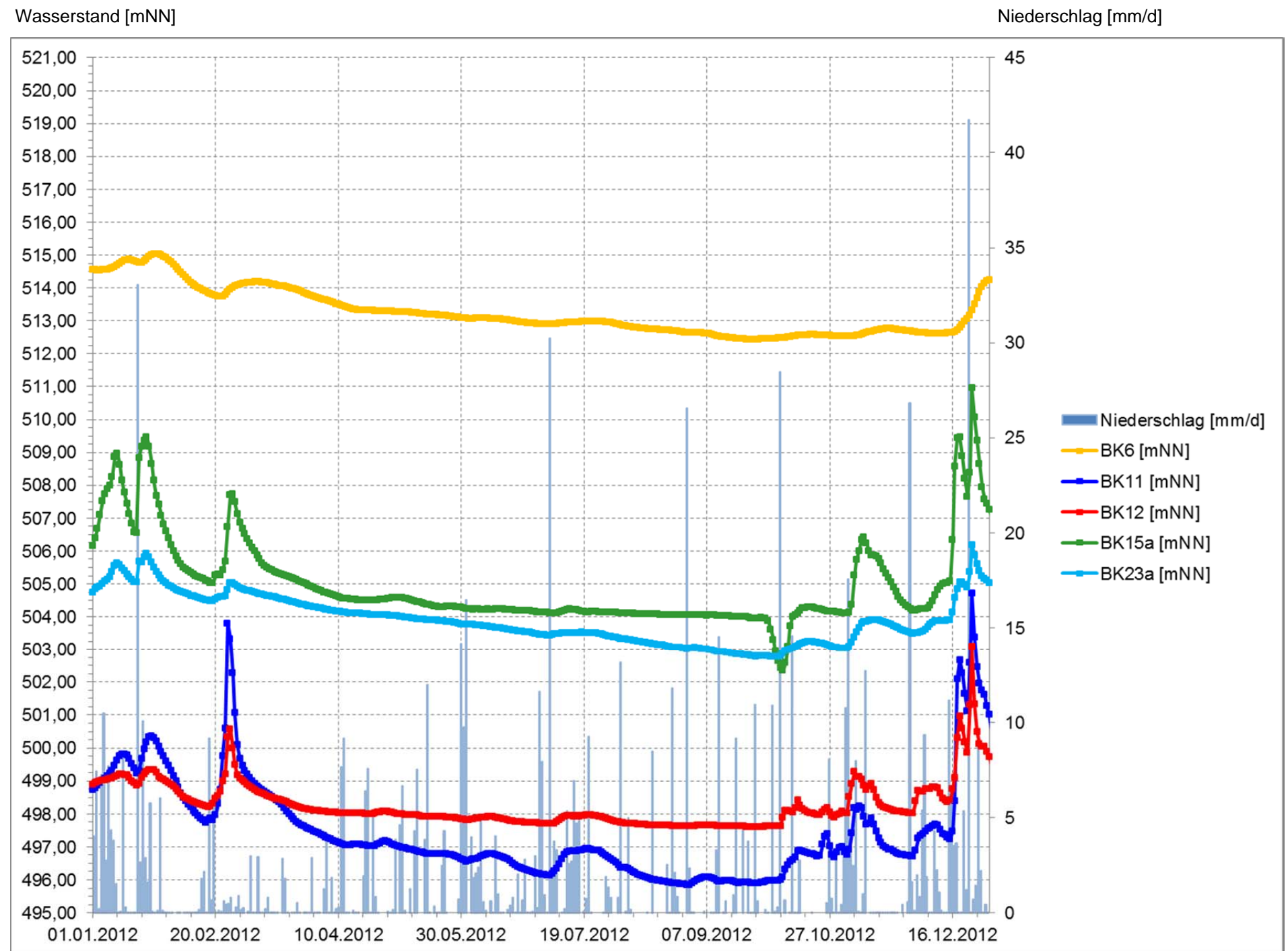
ERGÄNZT DURCH:
 - VERMESSUNG RINGDAMM APRIL 2007
 - VERMESSUNG EINLAUFBAUWERK SEPT. 2007
 - DATEN-, ENERGIE-, UND TELEFONKABEL
 BESTANDSPLANE KW HAPPURUNG UNDATIERT
 - VERMESSUNG OBERBECKENSCHLE AUG. 2011
 (nach Sedimenträumung)

(siehe Detail 1)

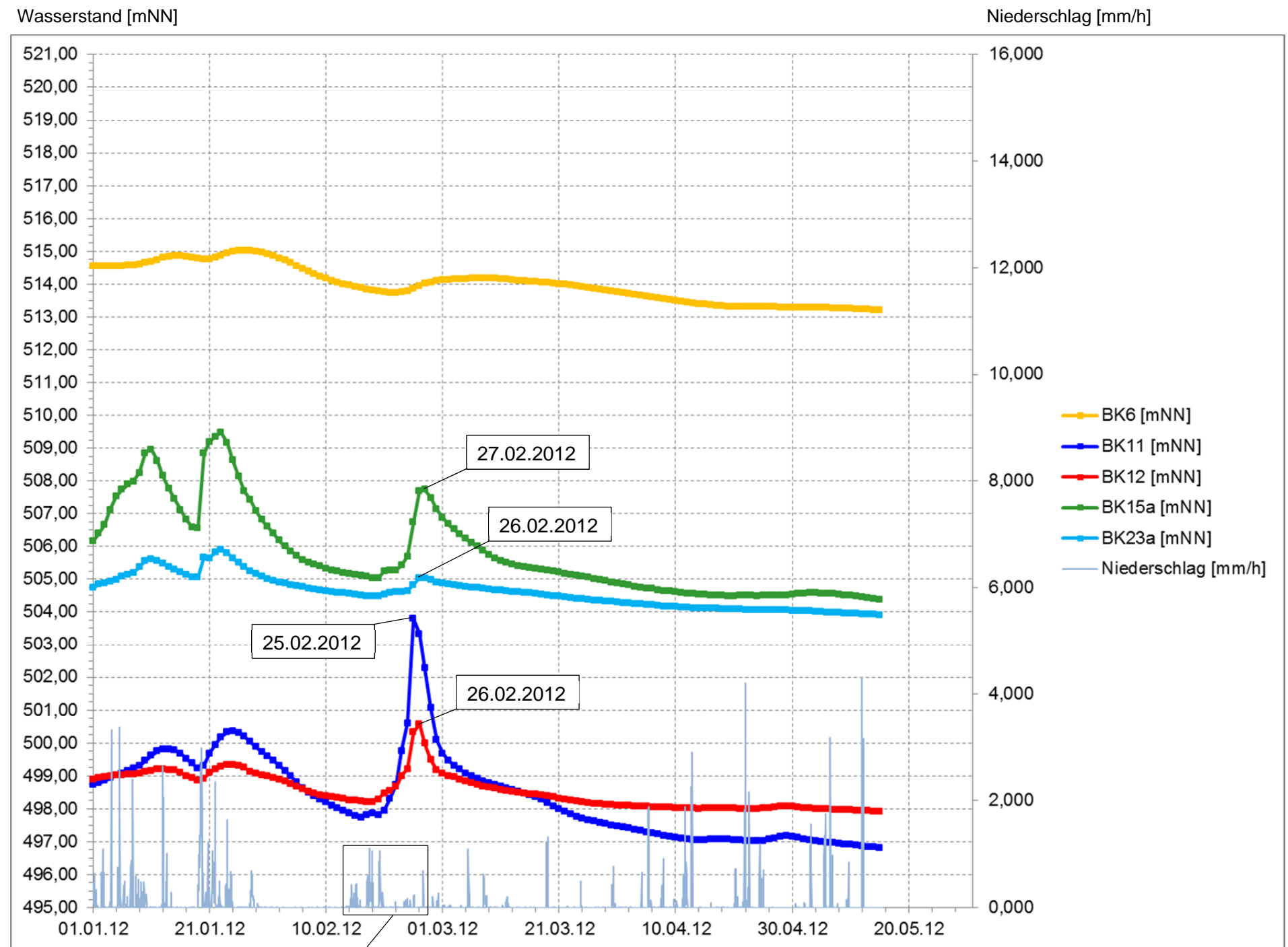


IND	DATUM	NAME	BEZEICHNUNG:
f			
e			
d			
c			
b			
a			

Bauherr:	Landshut, den 17.05.2013 Ort, Datum		
	Unterschrift		
E.ON Kraftwerke GmbH Luitpoldstr. 27, 84034 Landshut Tel. 0871/694-02 Fax 0871/694-4279			
Planner:	Stuttgart, den 17.05.2013 Ort, Datum		
	Unterschrift		
Sarweystrasse 3, 70191 Stuttgart Tel. +49 (0) 711 8995 - 0 Fax +49 (0) 711 8995 - 459			
Projekt:	NAME DATUM		
Sanierung Oberbecken Pumpspeicherwerk Happingurg	Bearbeitet Stan. 19.09.2011		
	Gezeichnet Zhu 17.05.2013		
	Geprüft Plz. 17.05.2013		
Bauteil:	Ersatz für Plan-Nr:		
Lageplan - Grundwassermessstellen	Ersetzt durch Plan-Nr:		
Planungsphase: Genehmigung			
Projekt-Nr.: S 11727	Maßstab: - (A0)	Plan-Nr.: TLW-HAP-0090	Anlage-Nr.: 1
Dateiname: TLW-HAP-0090_v5			

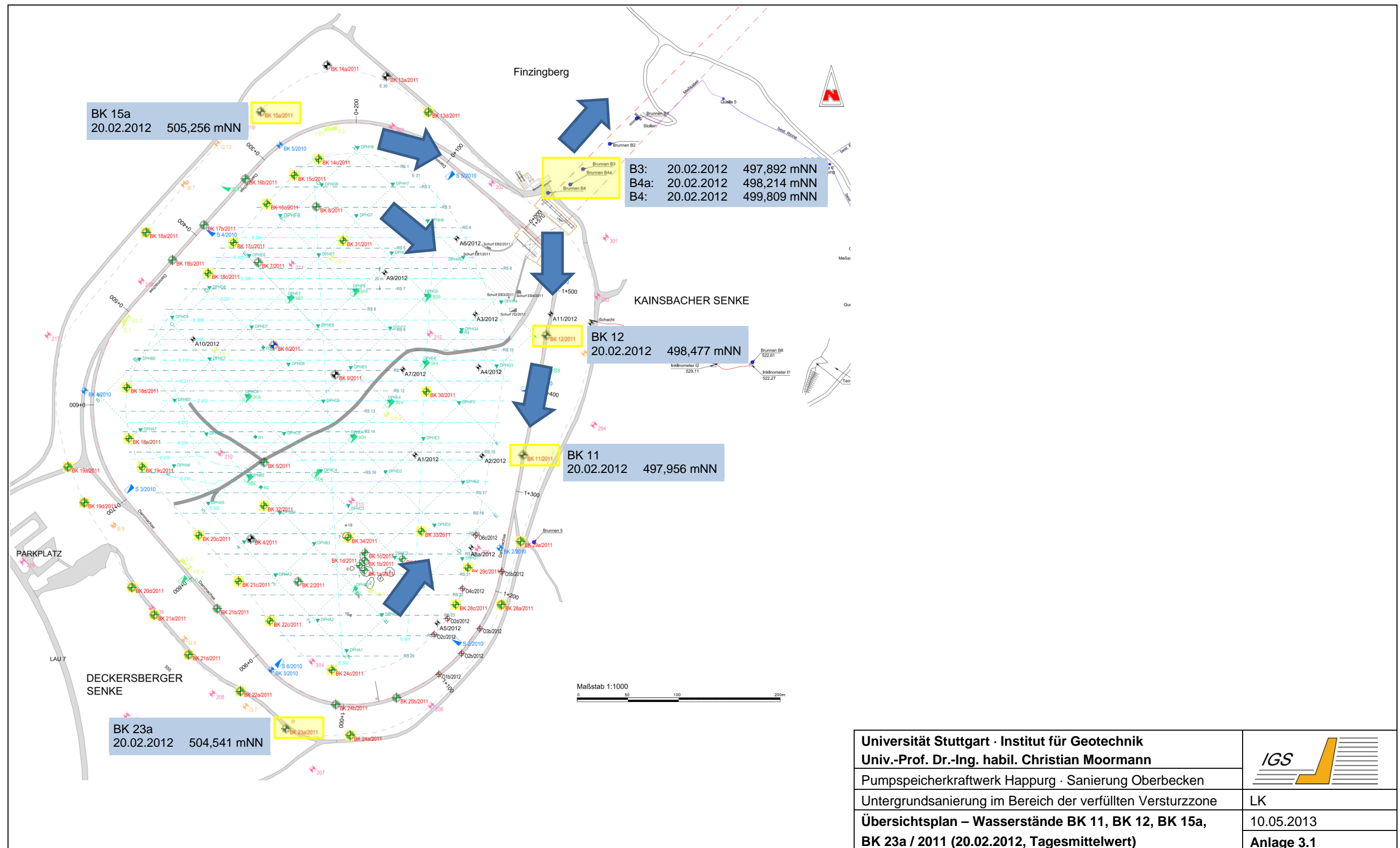


Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzzone	LK
Wasserstandsmessungen BK 6, BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a / 2011 (Stand: 31.12.2012)	10.05.2013
	Anlage 2.1

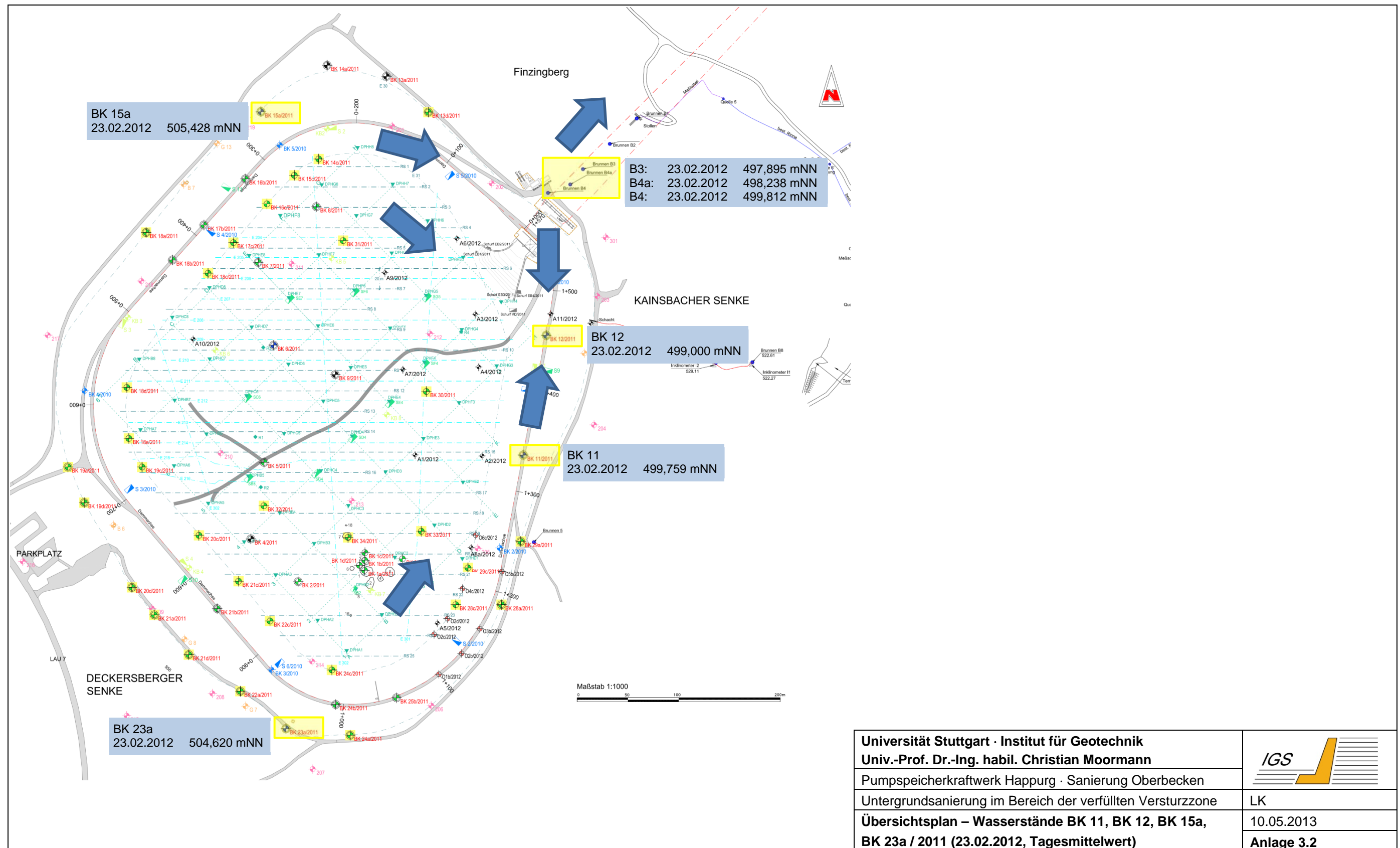


Niederschlag vom 13.02. bis 25.02.2012: Σ 21,61 mm

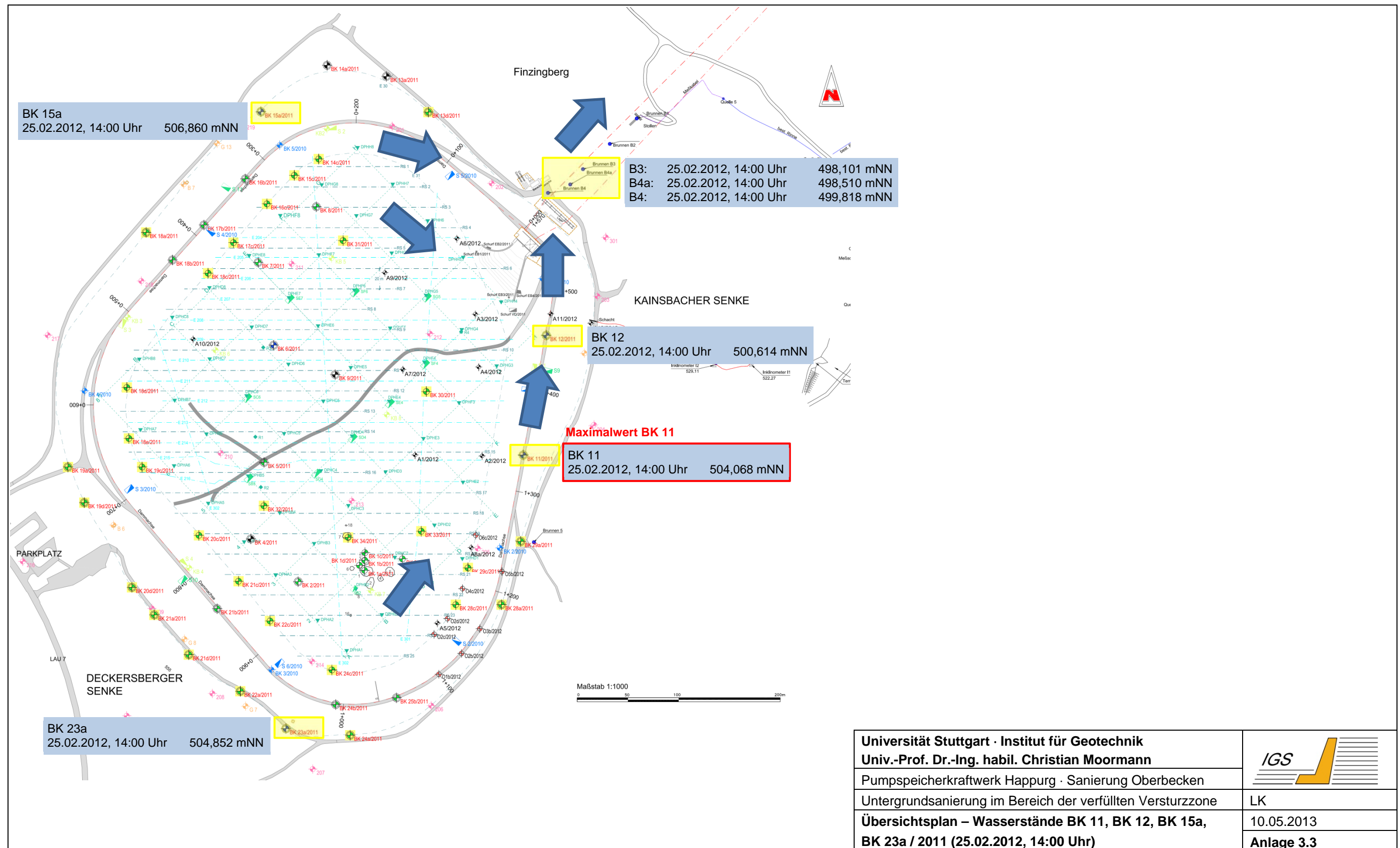
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzzone	LK
Wasserstandsmessungen BK 6, BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a / 2011 (01.01.2012 bis 15.05.2012)	10.05.2013 Anlage 2.2

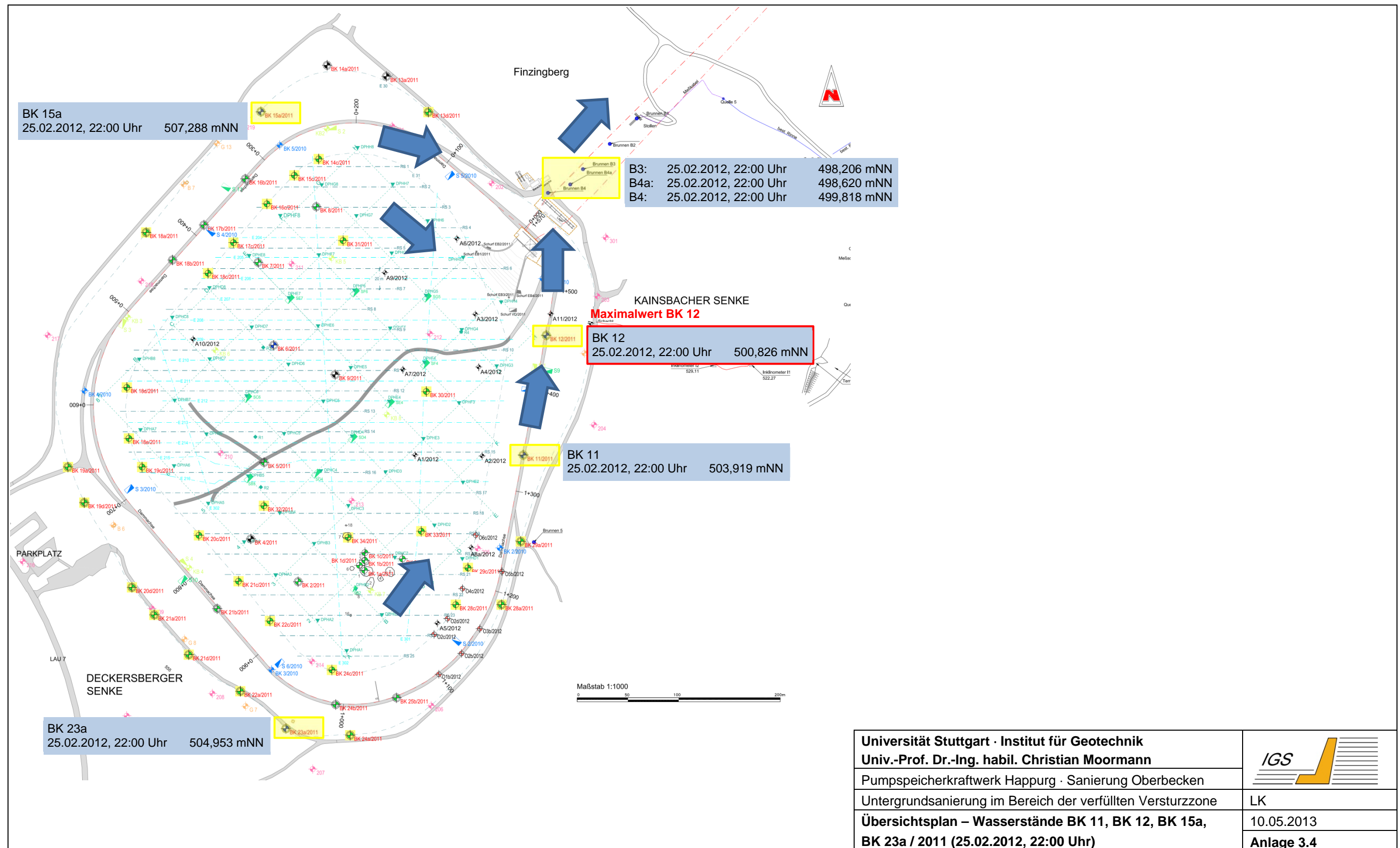


Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturztezone	LK
Übersichtsplan – Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a / 2011 (20.02.2012, Tagesmittelwert)	10.05.2013
	Anlage 3.1

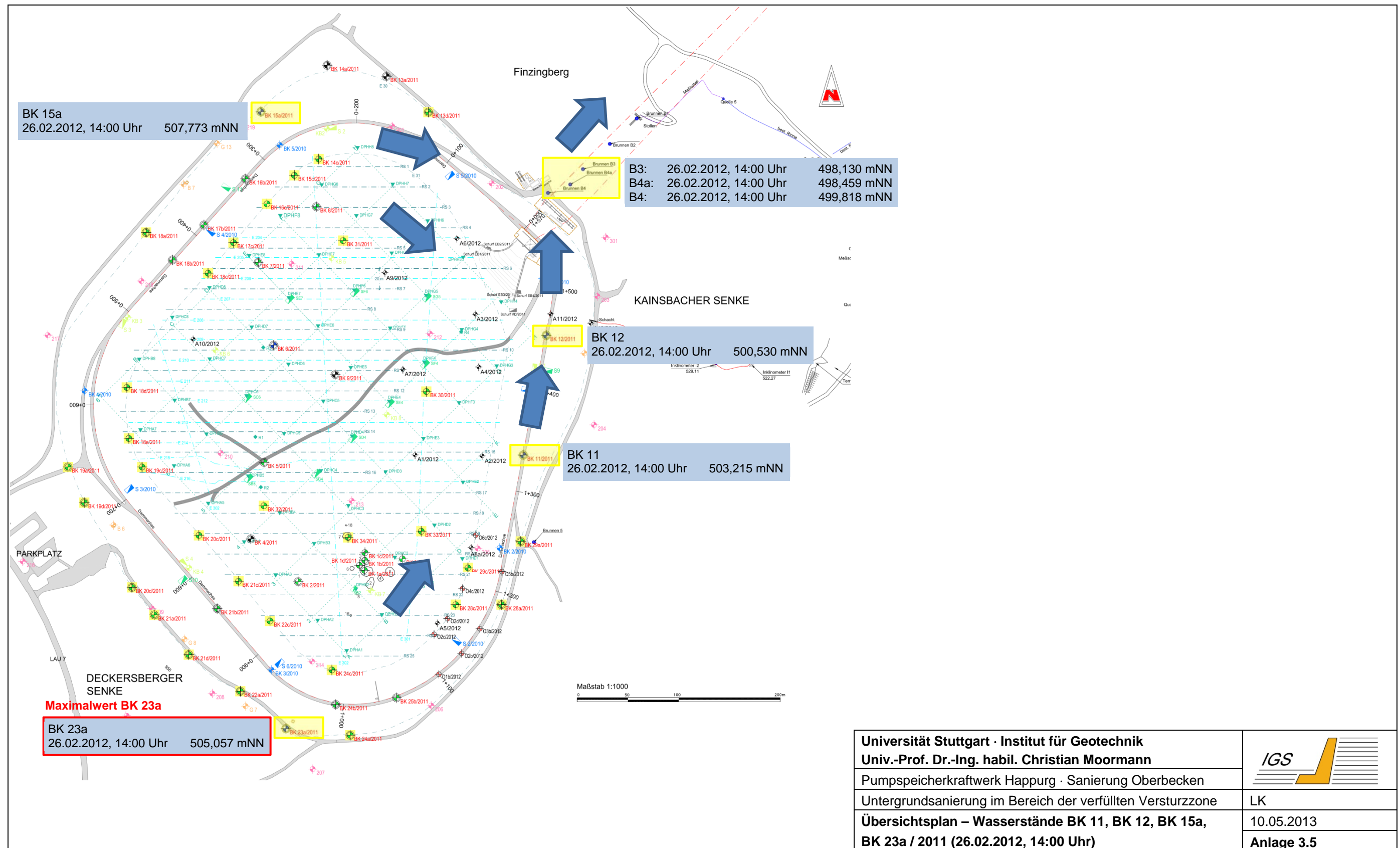


Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturztezone	LK
Übersichtsplan – Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a / 2011 (23.02.2012, Tagesmittelwert)	10.05.2013
	Anlage 3.2

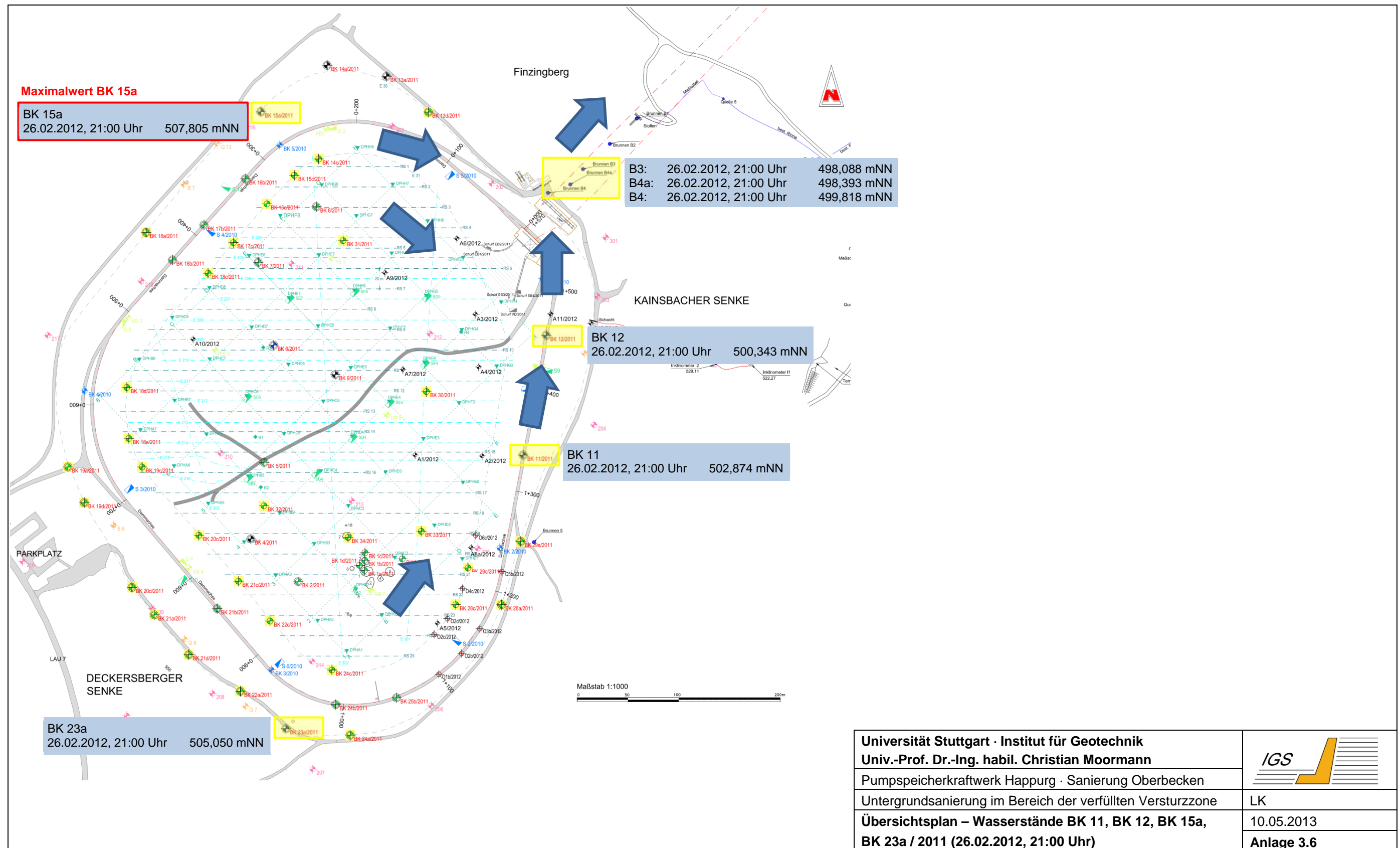


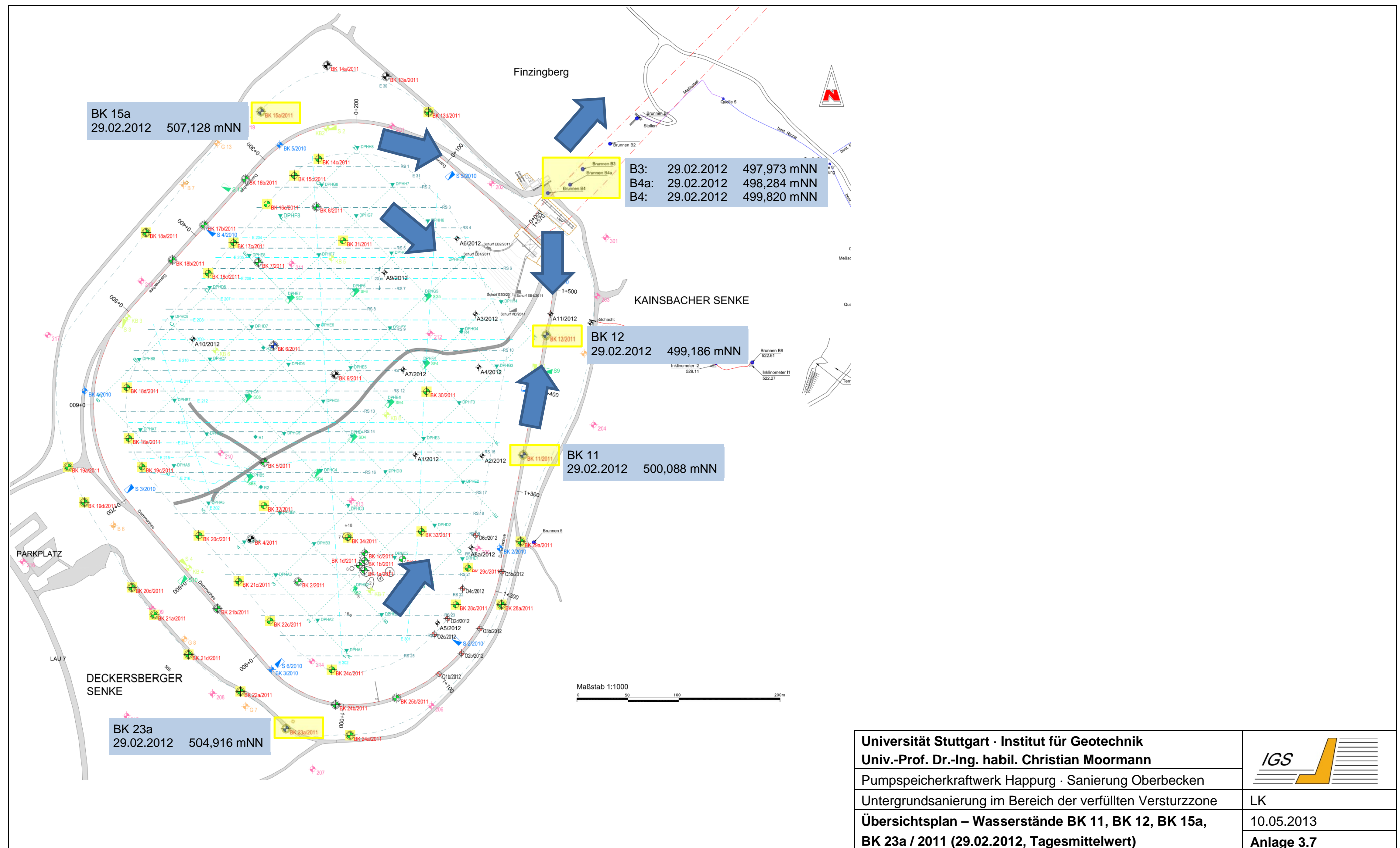


Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happing · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzone	LK
Übersichtsplan – Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a / 2011 (25.02.2012, 22:00 Uhr)	10.05.2013
	Anlage 3.4

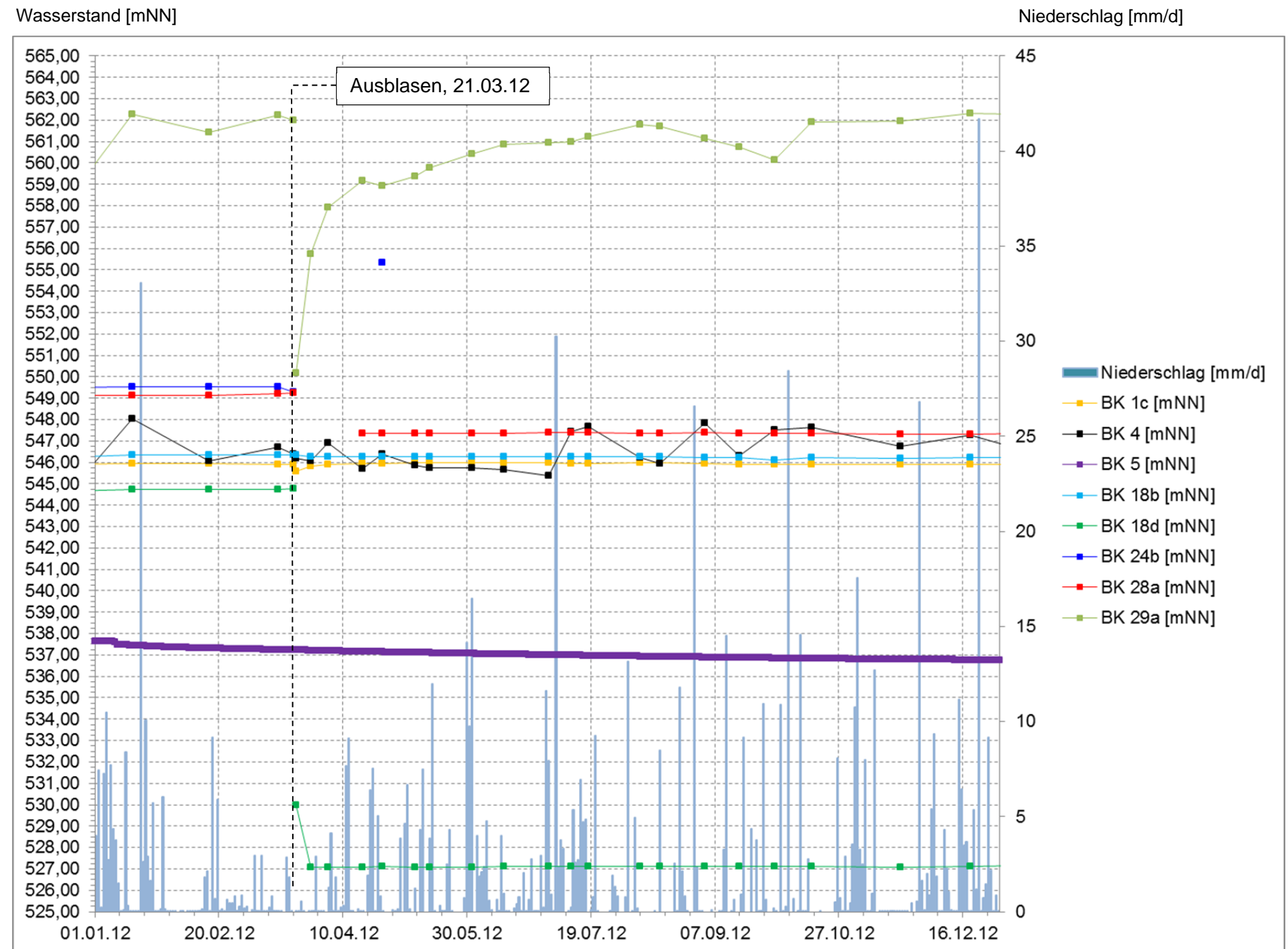


Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturztezone	LK
Übersichtsplan – Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a / 2011 (26.02.2012, 14:00 Uhr)	10.05.2013
	Anlage 3.5

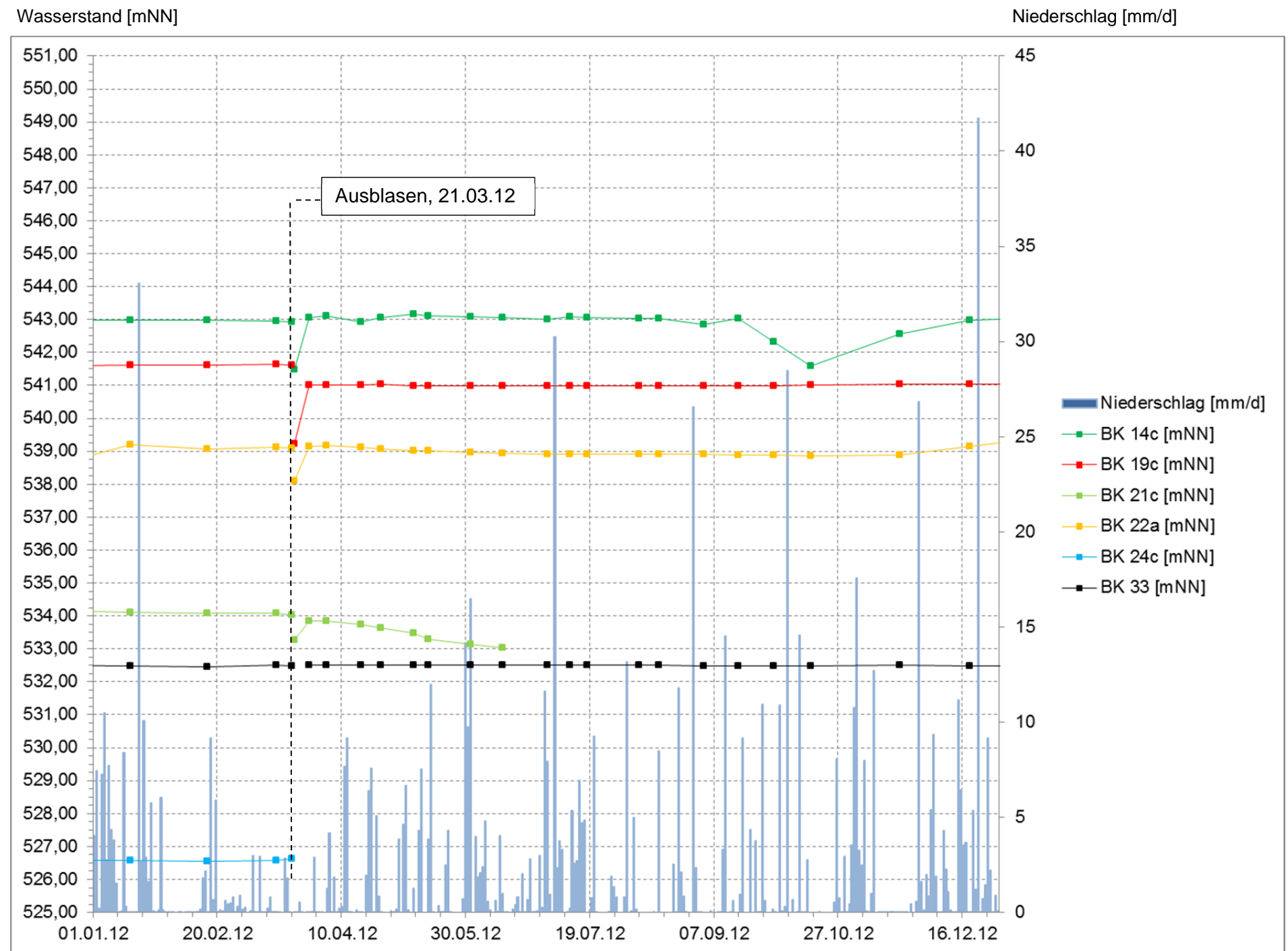





Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturztezone	LK
Übersichtsplan – Wasserstände BK 11, BK 12, BK 15a, BK 23a / 2011 (29.02.2012, Tagesmittelwert)	10.05.2013
	Anlage 3.7




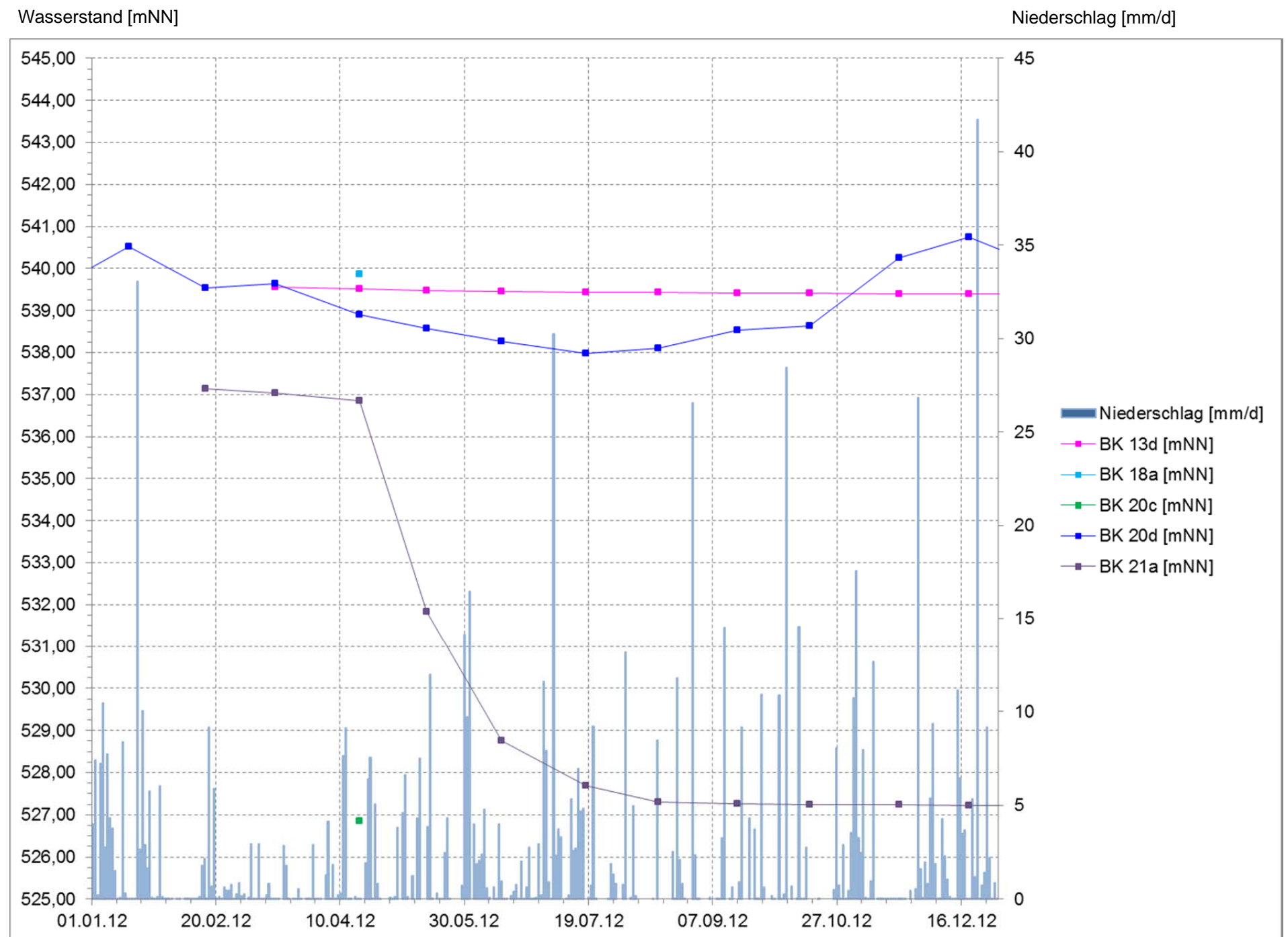
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen BK 1c, BK 4, BK 5, BK 18b, BK 18d, BK 24b, BK 28a, BK 29a / 2011 (Stand: 31.12.2012)	Anlage 4.1



Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen BK 14c, BK 19c, BK 21c, BK 22a, BK 24c, BK 33 / 2011 (Stand: 31.12.2012)	Anlage 4.2


BK NR	Ø	GOK	POK	Jan 2012	Erkundungstiefe		UK	Rohr			KW 03 16.01.12	KW 07 16.02.12	KW 11 15.03.12	KW12 21.03.12	Ausblasen der Pegel		KW 12 22.03.12	KW 13 28.03.12	KW 14 04.04.12	KW 16 18.04.12	KW 17 26.04.12	KW 19 09.05.12	KW 20 15.05.12	KW 22 01.06.12	KW 24 14.06.12	KW 27 02.07.12	KW 28 11.07.12	KW 29 18.07.12	KW 32 08.08.12	KW 33 16.08.12	KW 38 17.09.12	KW 40 01.10.12	KW 42 16.10.12	KW 47 21.11.12	KW 51 19.12.12	KW 2 09.01.13				
					21.03.12	22.03.12																																		
					[mNN]	[m]	[m]	[mNN]																																
1c	2"	561,20	562,17	562,20	545,20	16,00	15,70	545,50	GW unter POK [m]	16,24	16,25	16,29	16,3			16,6	16,39	16,31	16,27	16,23	16,22	16,22	16,23	16,23	16,25	16,26	16,22	16,23	16,28	16,3	16,31	16,29	16,28	16,29	16,28	16,29	16,28	16,29		
									GW absolut [mNN]	545,96	545,95	545,91	545,90			545,60	545,81	545,89	545,93	545,93	545,97	545,98	545,98	545,97	545,95	545,94	545,98	545,97	545,92	545,90	545,89	545,91	545,92	545,91	545,92	545,91	545,92	545,91		
4	4"	561,38	562,34	562,38	529,38	32,00	16,00	545,38	GW unter POK [m]	14,35	16,3	15,65	16			16,2	16,3	15,48	16,67	16,01	16,52	16,65	16,65	16,73	16,98	14,94	14,71	16,14	16,44	16,09	14,87	14,75	15,61	15,12	15,77	15,77	15,77			
									GW absolut [mNN]	548,03	546,08	546,73	546,38			546,18	546,08	546,90	545,71	546,37	545,86	545,73	545,73	545,65	545,40	547,44	547,67	546,24	545,94	546,29	547,51	547,63	546,77	547,26	546,61	546,61	546,61	546,61		
14c	2"	561,43	562,43	562,43	539,43	22,00	20,70	540,73	GW unter POK [m]	19,44	19,44	19,47	19,49			20,95	19,38	19,32	19,49	19,36	19,26	19,31	19,35	19,38	19,42	19,35	19,37	19,4	19,4	19,39	20,11	20,84	19,88	19,44	19,4	19,4	19,4	19,4		
									GW absolut [mNN]	542,99	542,99	542,96	542,94			541,48	543,05	543,11	542,94	543,07	543,17	543,12	543,08	543,05	543,01	543,08	543,06	543,03	543,03	543,04	542,32	541,59	542,55	542,99	543,03	543,03	543,03	543,03		
18b	4"	575,69	575,45	575,50	545,69	30,00	30,00	545,69	GW unter POK [m]	29,14	29,17	29,16	29,17			29,17	29,24	29,22	29,22	29,22	29,25	29,22	29,22	29,22	29,23	29,23	29,24	29,24	29,25	29,27	29,41	29,28	29,31	29,29	29,29	29,29	29,29	29,29		
									GW absolut [mNN]	546,36	546,33	546,34	546,33			546,33	546,26	546,28	546,28	546,28	546,25	546,28	546,28	546,28	546,27	546,27	546,26	546,26	546,25	546,25	546,09	546,22	546,19	546,21	546,21	546,21	546,21	546,21	546,21	
18d	2"	561,60	562,57	562,54	525,80	35,80	35,00	526,60	GW unter POK [m]	17,8	17,82	17,79	17,77			32,56	35,47	35,47	35,46	35,41	35,46	35,47	35,45	35,44	35,44	35,43	35,43	35,43	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44	35,44		
									GW absolut [mNN]	544,74	544,72	544,75	544,77			529,98	527,07	527,07	527,08	527,13	527,08	527,07	527,09	527,10	527,10	527,10	527,11	527,11	527,10	527,10	527,10	527,10	527,10	527,10	527,10	527,10	527,10	527,10	527,10	
19c	2"	561,88	562,86	562,84	534,18	27,70	27,00	534,88	GW unter POK [m]	21,23	21,23	21,21	21,22			23,6	21,82	21,82	21,83	21,81	21,86	21,85	21,86	21,85	21,85	21,85	21,86	21,86	21,85	21,86	21,85	21,86	21,85	21,86	21,85	21,86	21,85	21,86	21,85	
									GW absolut [mNN]	541,61	541,61	541,63	541,62			539,24	541,02	541,02	541,01	541,03	540,98	540,99	540,98	540,99	540,99	540,98	540,98	540,98	540,98	540,98	540,98	540,98	541,01	541,03	541,03	541,03	541,03	541,03	541,03	
21c	2"	561,67	562,78	562,78	531,07	30,60	28,40	533,27	GW unter POK [m]	28,67	28,71	28,71	28,76			29,5	28,92	28,94	29,04	29,15	29,31	29,48	29,65	29,75	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
									GW absolut [mNN]	534,11	534,07	534,07	534,02			533,28	533,86	533,84	533,74	533,63	533,47	533,30	533,13	533,03																
22a	2"	558,77	558,86	559,77	533,77	25,00	25,00	533,77	GW unter POK [m]	20,58	20,7	20,66	20,67			21,67	20,61	20,6	20,66	20,7	20,74	20,76	20,8	20,82	20,85	20,86	20,87	20,86	20,87	20,86	20,89	20,89	20,9	20,89	20,9	20,89	20,61	20,44		
									GW absolut [mNN]	539,19	539,07	539,11	539,1			538,1	539,16	539,17	539,11	539,07	539,03	539,01	538,97	538,95	538,92	538,91	538,9	538,91	538,9	538,9	538,88	538,88	538,87	538,88	539,16	539,33	539,33	539,33		
24b	2"	575,74	575,54	575,54	548,64	27,10	26,00	549,74	GW unter POK [m]	26,02	26,02	26,01	26,26			T	T	T	T	T	20,2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
									GW absolut [mNN]	549,52	549,52	549,53	549,28								555,34																			
24c	2"	561,96	562,57	562,96	526,46	35,50	27,40	534,56	GW unter POK [m]	36,39	36,41	36,38	36,34			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
									GW absolut [mNN]	526,57	526,55	526,58	526,62																											
28a	2"	572,51	573,48	573,48	546,91	25,60	25,50	547,01	GW unter POK [m]	24,36	24,33	24,25	24,24			T	T	T	26,13	26,14	26,14	26,13	26,11	26,11	26,08	26,09	26,09	26,11	26,11	26,12	26,12	26,13	26,15	26,15	26,14	26,14	26,14			
									GW absolut [mNN]	549,12	549,15	549,23	549,24						547,35	547,34	547,34	547,35	547,37	547,37	547,40	547,39	547,37	547,37	547,37	547,36	547,36	547,35	547,33	547,33	547,33	547,34	547,34	547,34		
29a	2"	572,53	573,50	573,51	547,53	25,00	25,00	547,53	GW unter POK [m]	11,23	12,1	11,28	11,5			23,34	17,77	15,6	14,34	14,59	14,13	13,73	13,09	12,64	12,55	12,54	12,27	11,73	11,81	12,76	13,39	11,59	11,57	11,2	11,22	11,22	11,22			
									GW absolut [mNN]	562,28	561,41	562,23	562,01			550,17	555,74	557,91	559,17	558,92	559,38	559,78	560,42	560,87	560,96	560,97	561,24	561,78	561,70	560,75	560,12	561,92	561,94	562,31	562,29	562,29	562,29	562,29		
33	2"	561,10	562,19	562,19	529,10	32,00	30,80	530,30	GW unter POK [m]	29,7	29,73	29,69	29,7			T	29,69	29,68	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,69	29,7	29,7	29,7	29,69	29,7	29,7	29,69	29,7	29,7			
									GW absolut [mNN]	532,49	532,46	532,50	532,49				532,50	532,51	532,50	532,50	532,50	532,50	532,50	532,50	532,50	532,50	532,50	532,50	532,49	532,49	532,49	532,49	532,49	532,49	532,49	532,49	532,49	532,49		

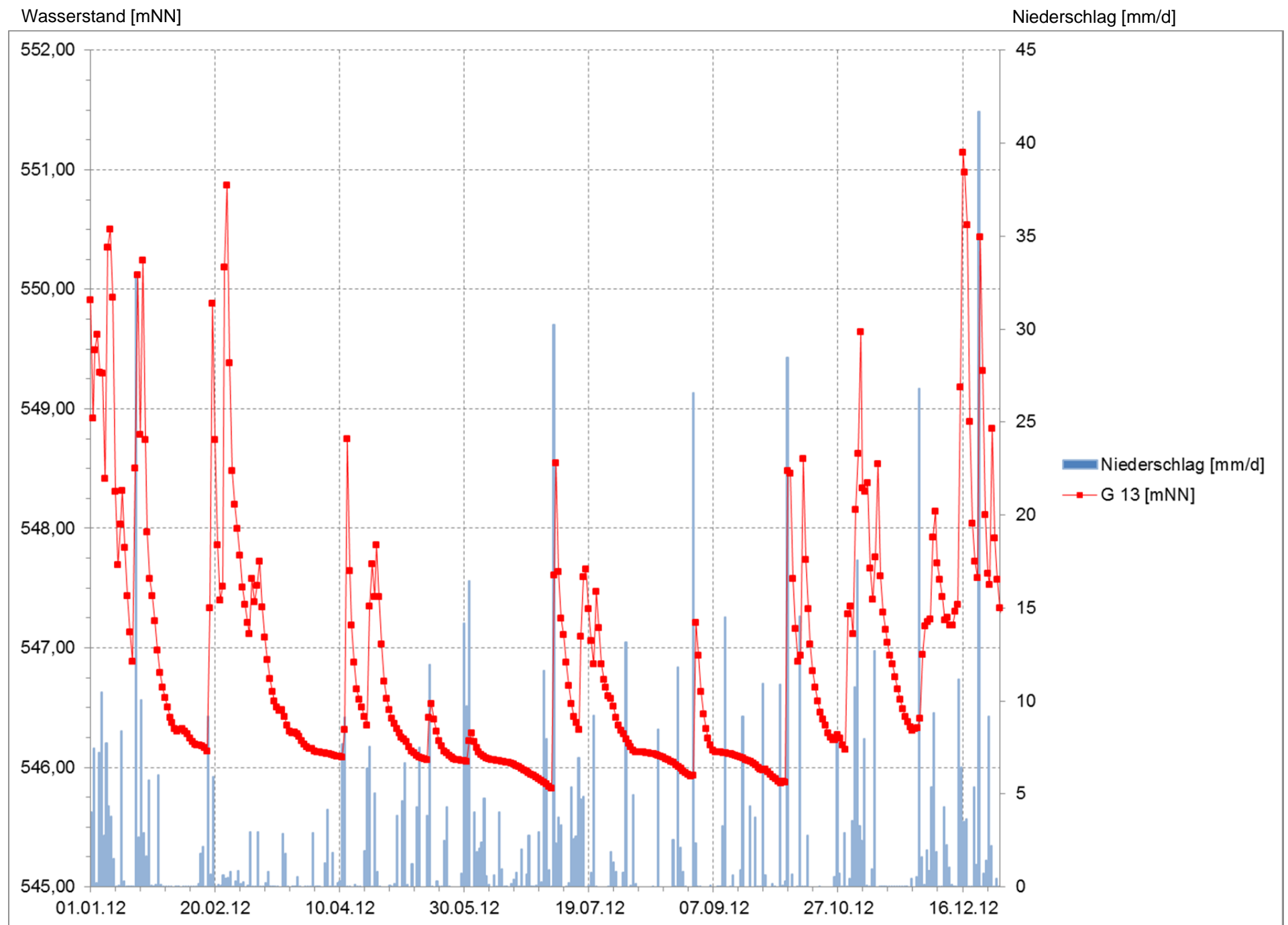
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanie rung im Bereich der verfüllten Versturzone	LK
Tabellarische Übersicht BK 1c, BK 4, BK 14c, BK 18b, BK 18d, BK 19c, BK 21c, BK 22a, BK 24b, BK 24c, BK 28a, BK 29a, BK 33 / 2011 (Stand: 31.12.2012)	10.05.2013 Anlage 4.3



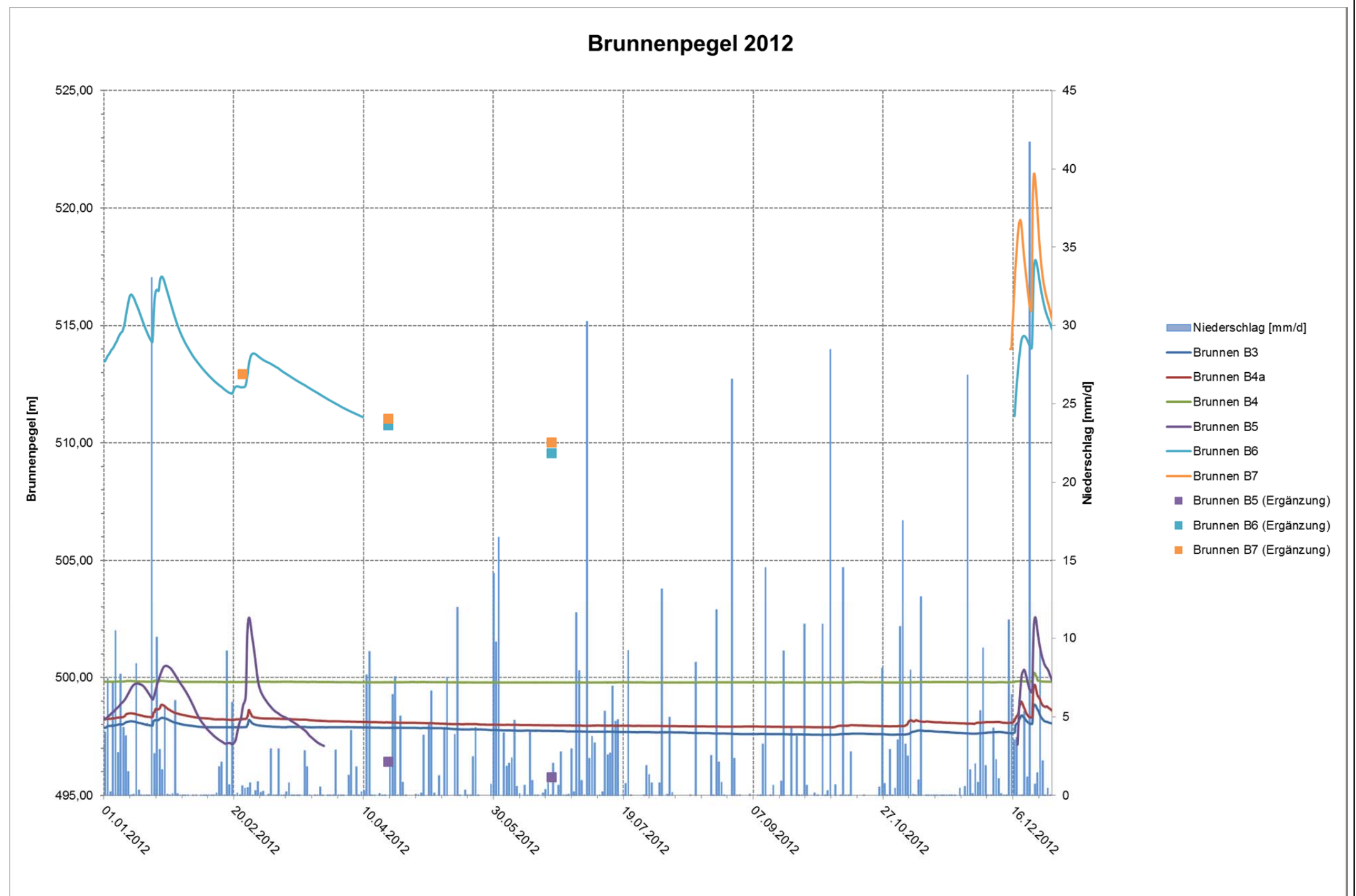
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen BK 13d, BK 18a, BK 20c, BK 20d, BK 21a / 2011 (Stand: 31.12.2012)	Anlage 4.4

BK NR	Ø	GOK	POK	POK Jan 2012	Erkundungstiefe		UK Rohr				KW 03	KW 07	KW 11	KW 16	KW 20	KW 24	KW 29	KW 33	KW 38	KW 42	KW 47	KW 51	KW 2	
					16.01.12	16.02.12					15.03.12	18.04.12	15.05.12	14.06.12	18.07.12	16.08.12	17.09.12	16.10.12	21.11.12	19.12.12	09.01.13			
					ET [mNN]	ET [m]																		
13d	2"	563,95	564,96	564,96	537,95	26,00	25,00	538,95	GW unter POK [m]	T	T	25,4	25,44	25,48	25,5	25,52	25,53	25,54	25,54	25,55	25,56	25,56	25,56	25,56
									GW absolut [mNN]			539,56	539,52	539,48	539,46	539,44	539,43	539,42	539,42	539,41	539,40	539,40	539,40	539,40
18a	2"	556,20	557,15	557,15	572,80	16,60	16,60	539,60	GW unter POK [m]	T	T	T	17,29	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
									GW absolut [mNN]				539,86											
20c	2"	562,02	563,11	563,02	526,42	35,60	35,00	527,02	GW unter POK [m]	T	T	T	36,16	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
									GW absolut [mNN]				526,86											
20 d	2"	557,15	557,07	558,13	537,15	20,00	20,00	537,15	GW unter POK [m]	17,61	18,59	18,5	19,22	19,56	19,87	20,16	20,03	19,59	19,5	17,88	17,38	17,87	17,87	
									GW absolut [mNN]	540,52	539,54	539,63	538,91	538,57	538,26	537,97	538,10	538,54	538,63	540,25	540,75	540,26	540,26	
21 a	2"	556,74	557,8	557,80	524,74	32,00	32,00	524,74	GW unter POK [m]	T	20,67	20,77	20,94	25,97	29,05	30,11	30,49	30,54	30,55	30,56	30,57	30,58	30,58	
									GW absolut [mNN]		537,13	537,03	536,86	531,83	528,75	527,69	527,31	527,26	527,25	527,24	527,23	527,22	527,22	

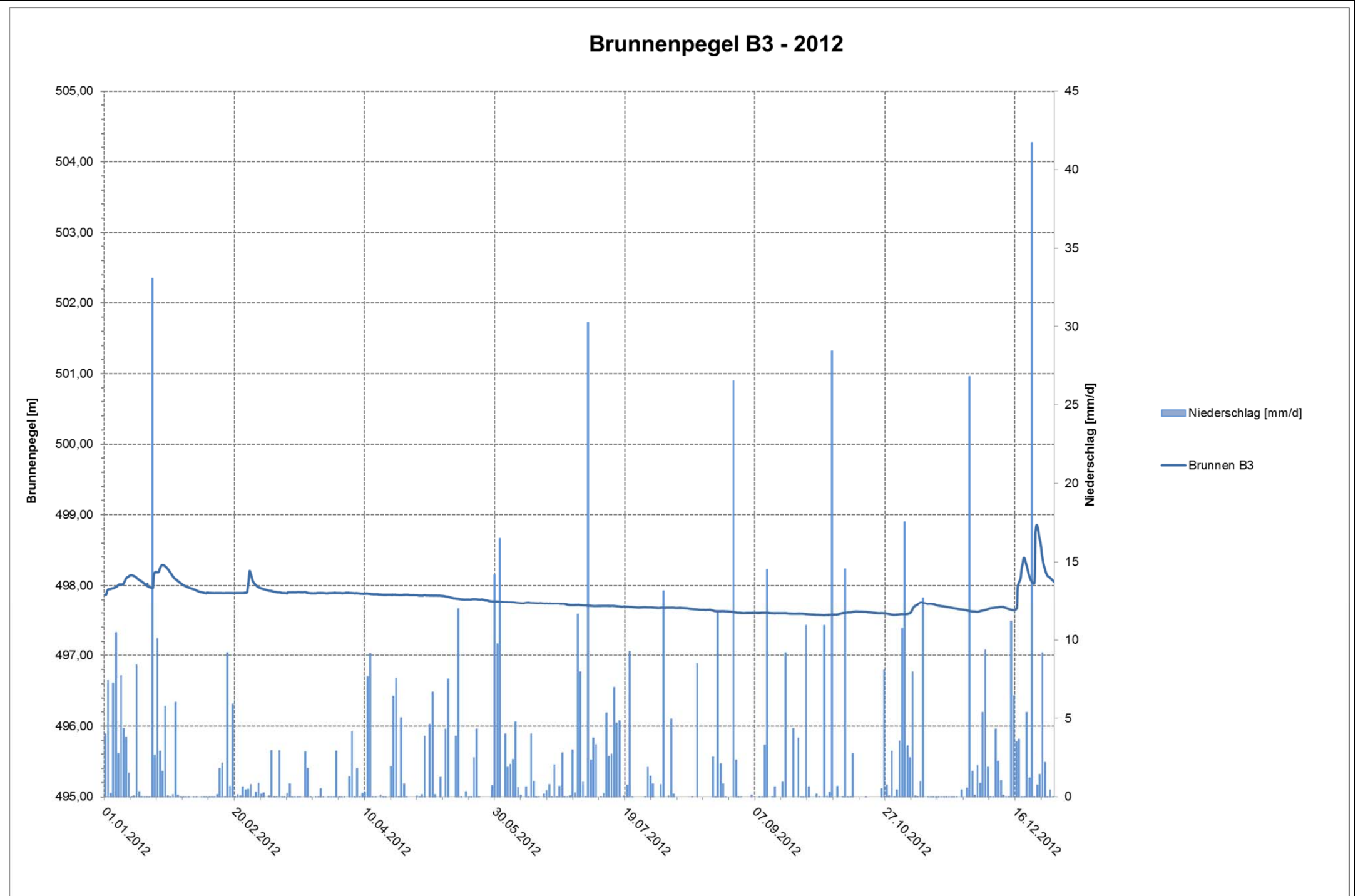
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanie rung im Bereich der verfüllten Versturzone	LK
Tabellarische Übersicht BK 13d, BK 18a, BK 20c, BK 20d, BK 21a / 2011 (Stand: 31.12.2012)	10.05.2013 Anlage 4.5



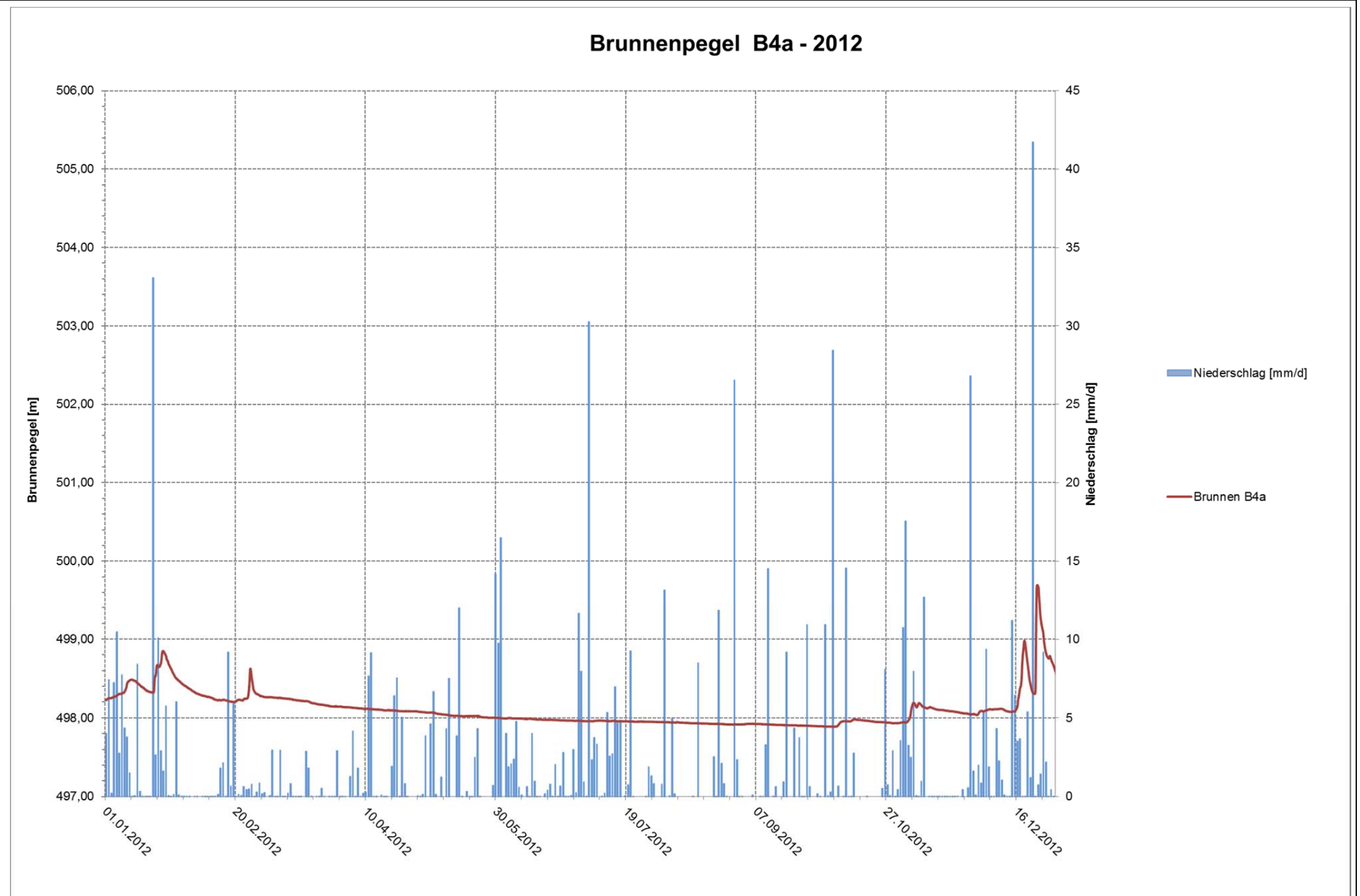
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen G 13 (Stand: 31.12.2012)	Anlage 5



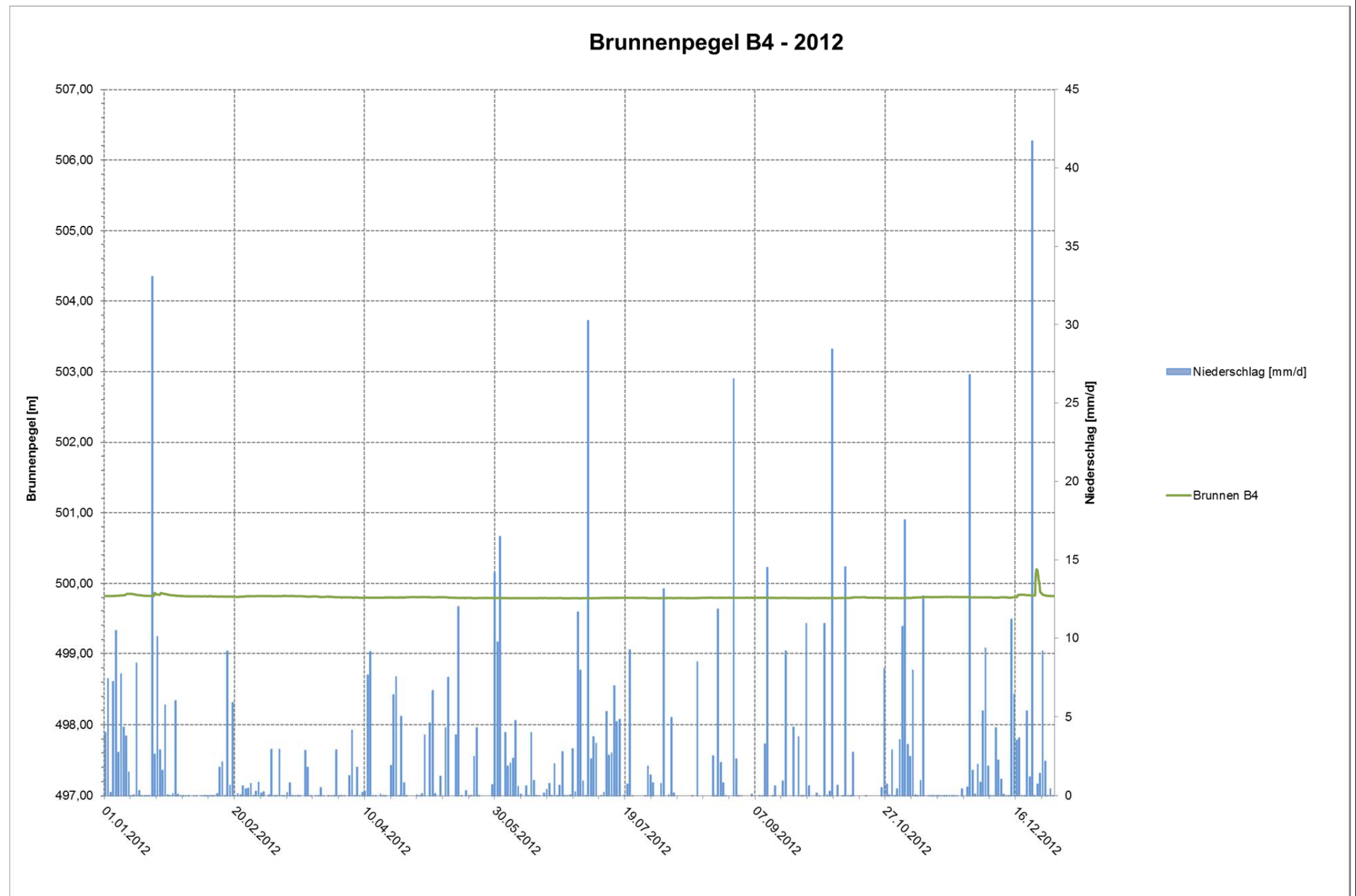
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanieung im Bereich der verfüllten Versturzzone	LK
Wasserstandsmessungen B3, B4a, B4, B5, B6, B7 - 2012	10.05.2013
	Anlage 6.1



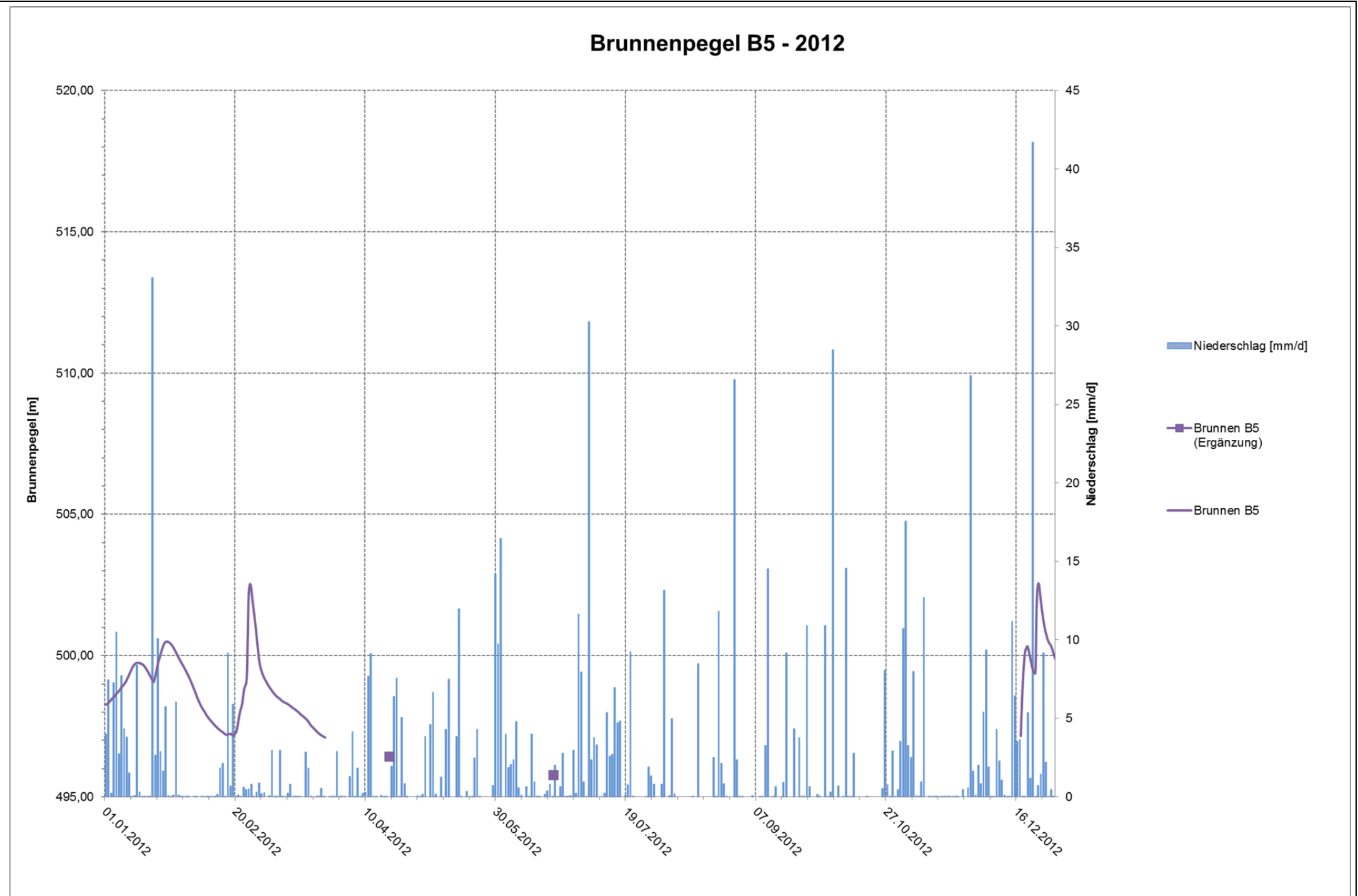
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanie rung im Bereich der verfüllten Versturzzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen B3 - 2012	Anlage 6.2



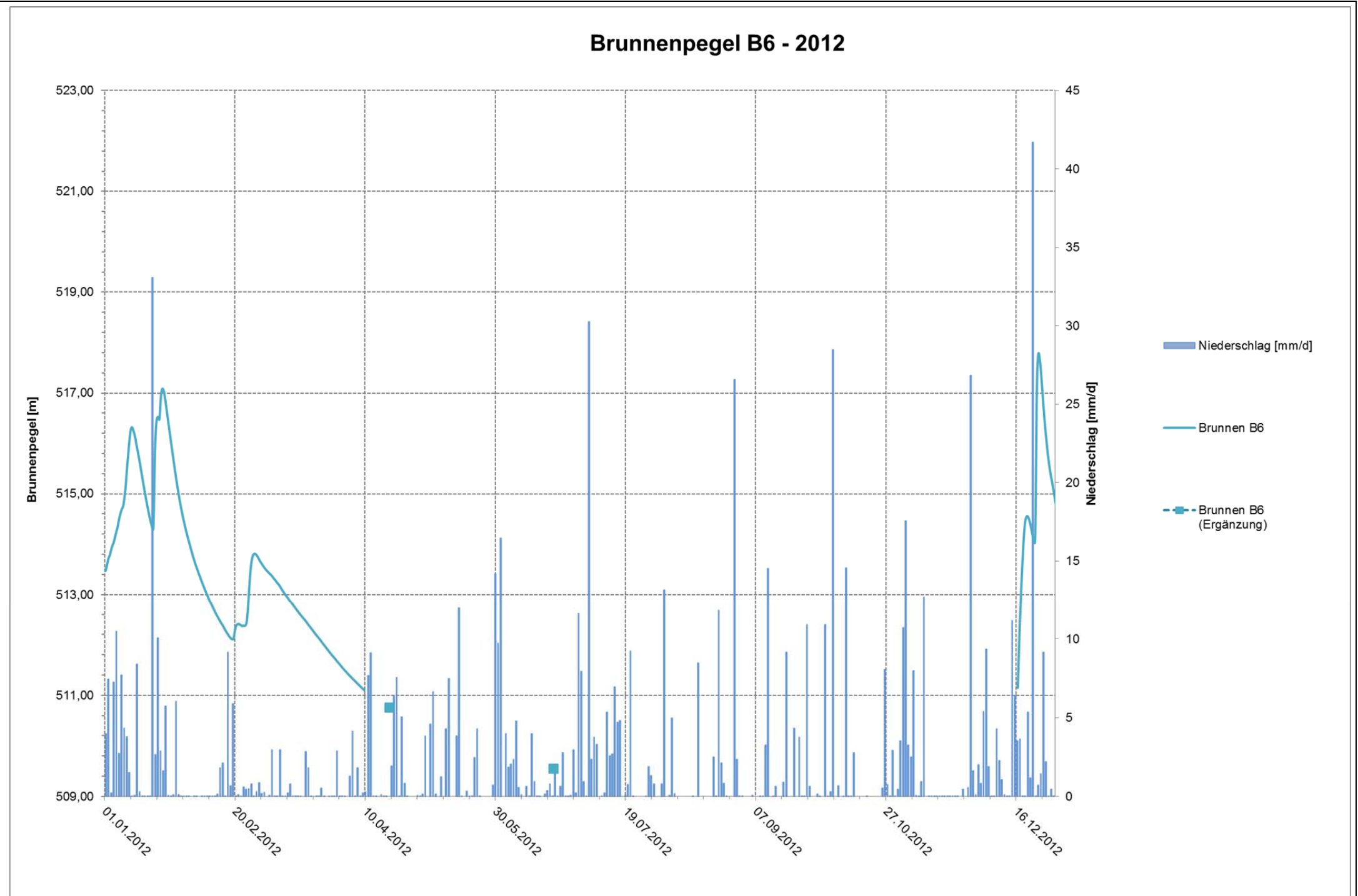
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen B4a - 2012	Anlage 6.3



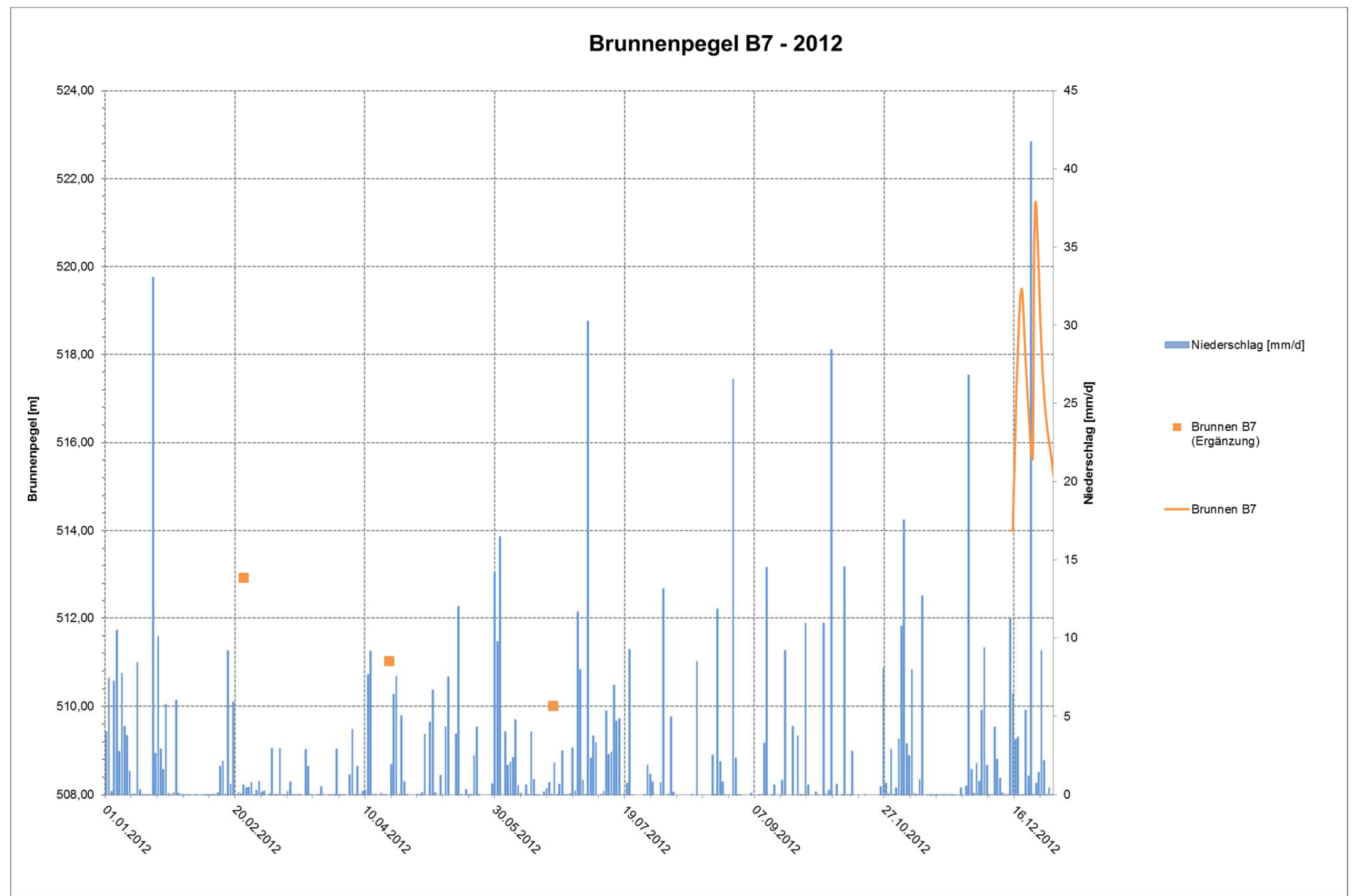
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanie rung im Bereich der verfüllten Versturzzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen B4 - 2012	Anlage 6.4



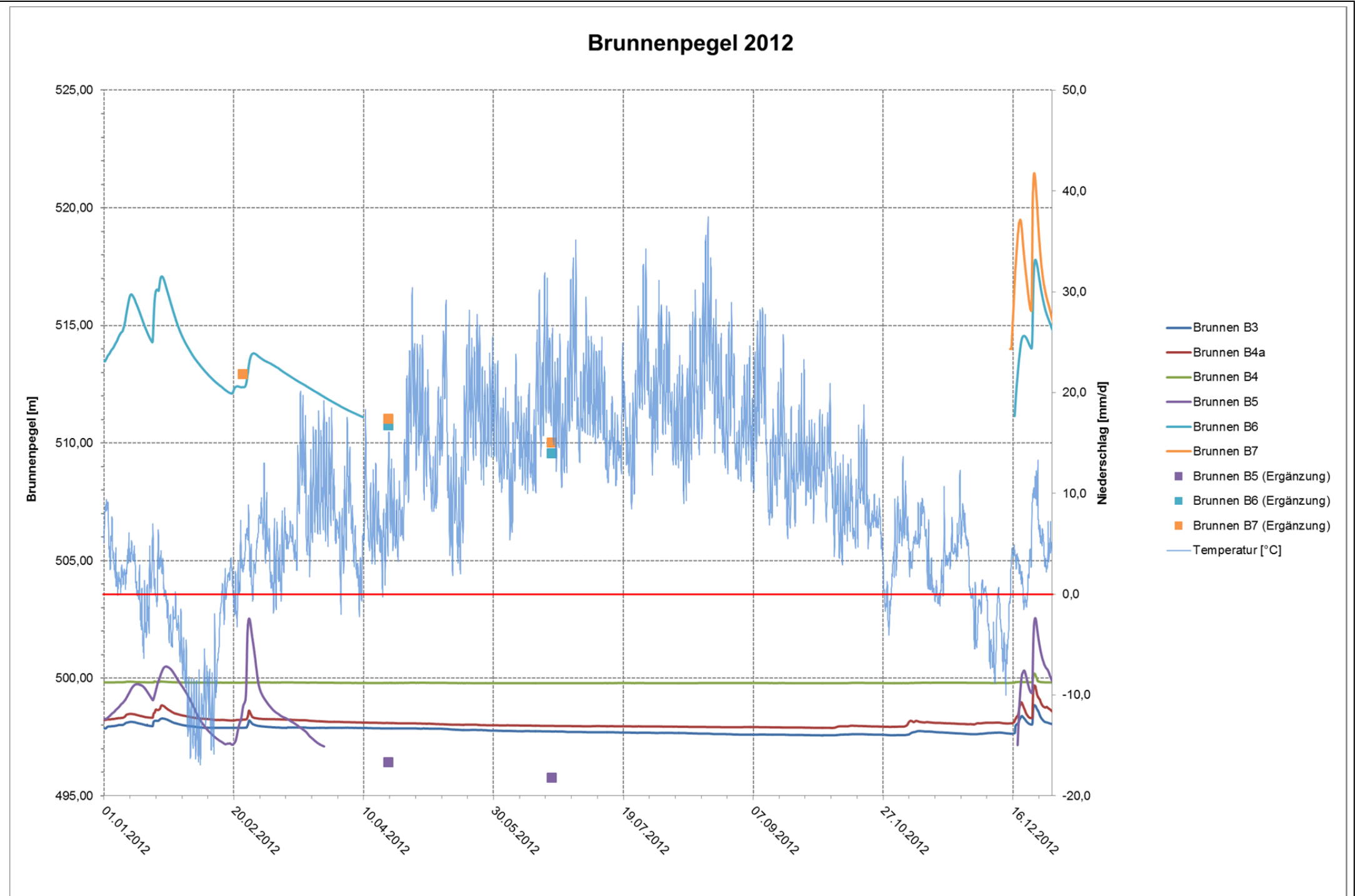
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen B5 - 2012	Anlage 6.5



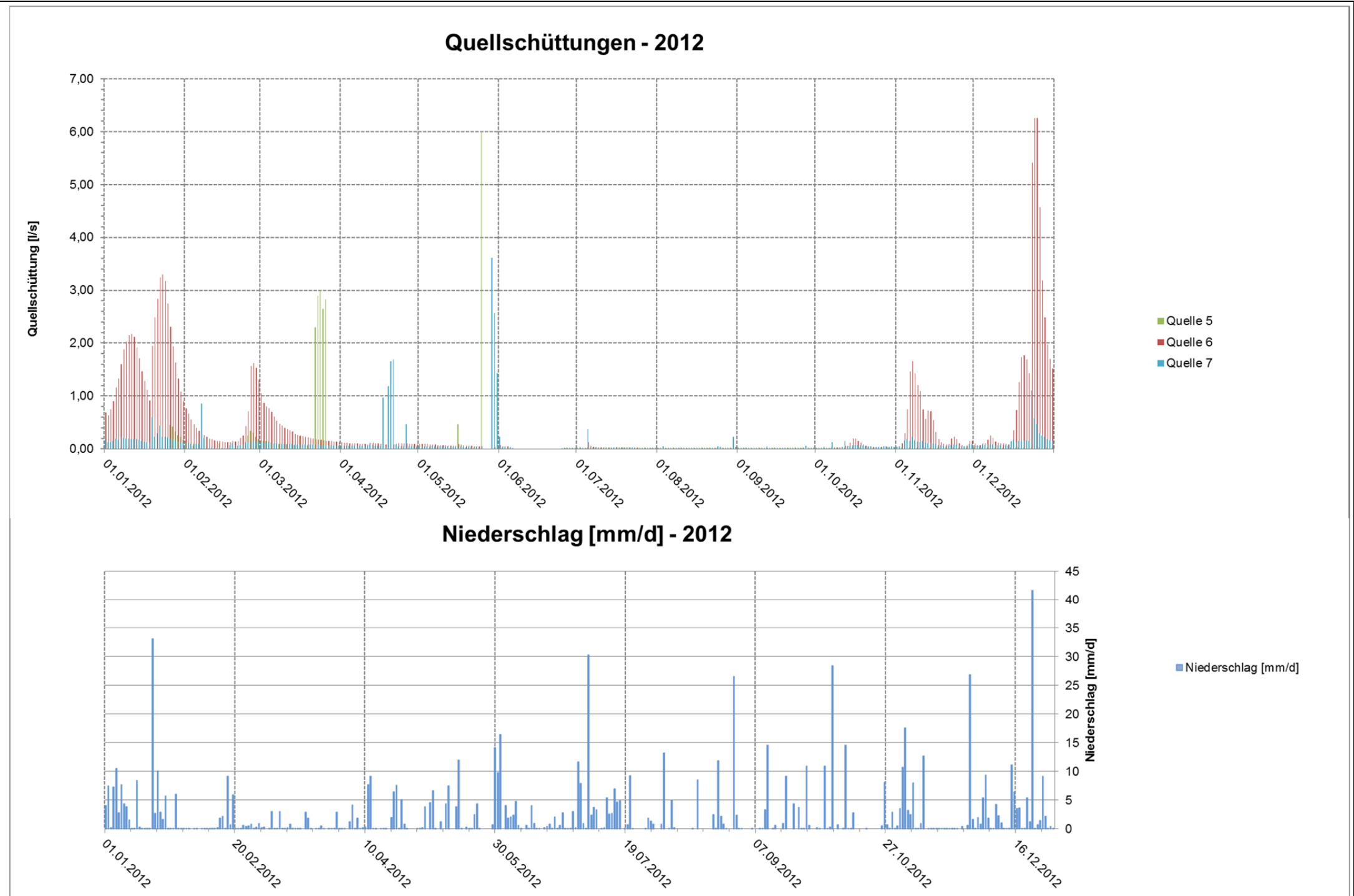
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen B6 - 2012	Anlage 6.6



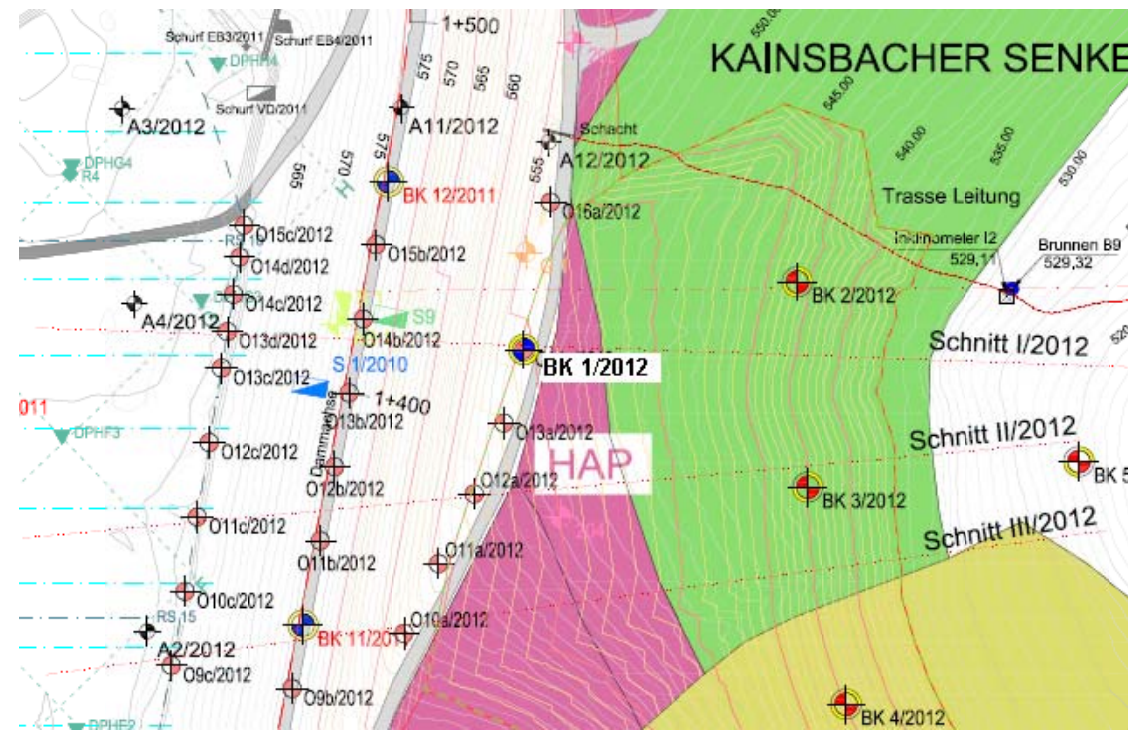
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzone	10.05.2013
Wasserstandsmessungen B7 - 2012	Anlage 6.7



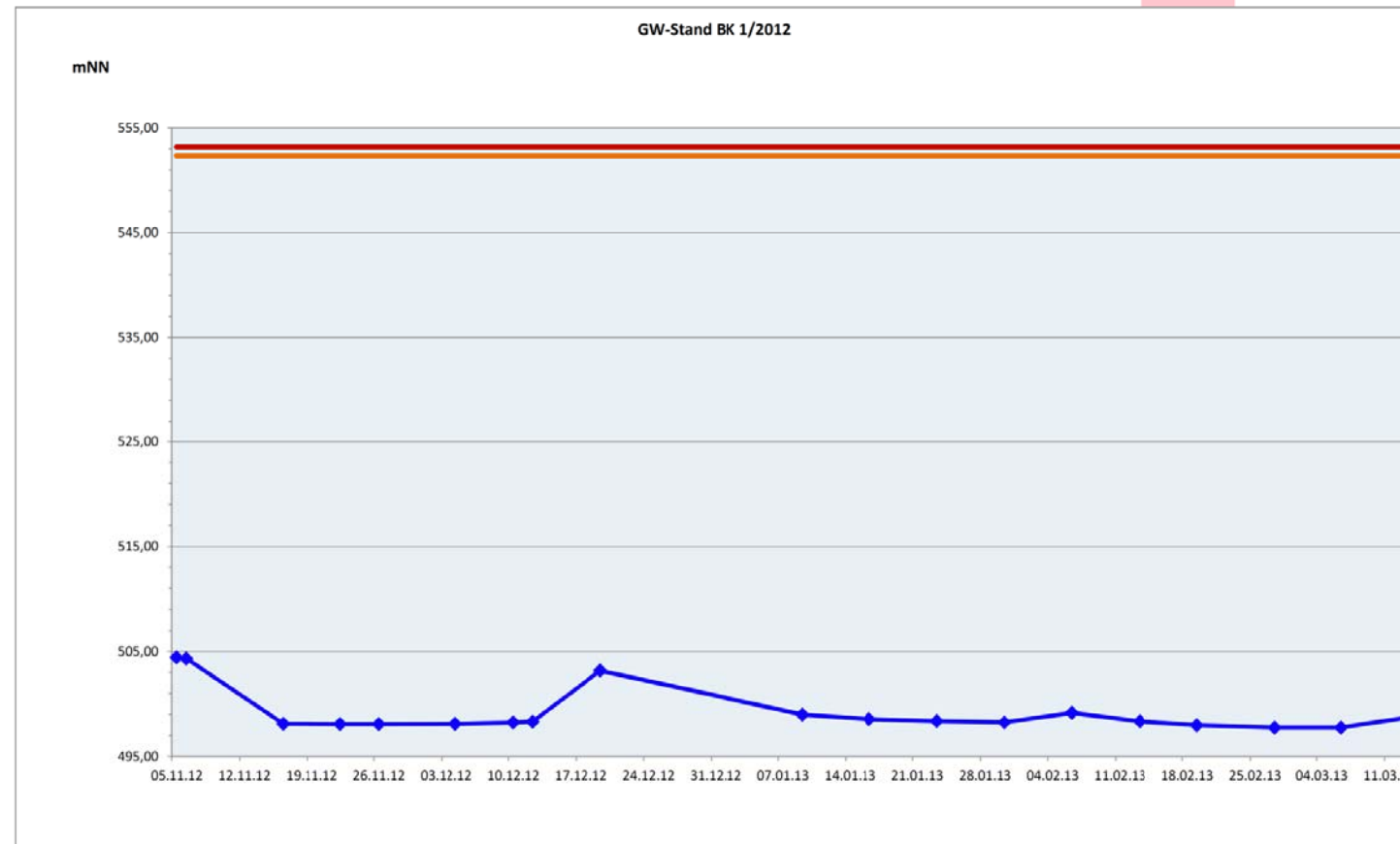
Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzzone	LK
Wasserstandsmessungen B3, B4a, B4, B5, B6, B7 – 2012	10.05.2013
über Temperaturverlauf	Anlage 6.8



Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik	
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	LK
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzone	10.05.2013
Schüttung der Quellen 5, 6, 7 – 2012	Anlage 7



Datum	GW Stand m u POK	GW Stand m NN
05.11.2012	48,900	504,43
06.11.2012	49,000	504,33
16.11.2012	55,220	498,11
22.11.2012	55,250	498,08
26.11.2012	55,250	498,08
04.12.2012	55,230	498,10
10.12.2012	55,100	498,23
12.12.2012	55,020	498,31
19.12.2012	50,150	503,18
09.01.2013	54,350	498,98
16.01.2013	54,780	498,55
23.01.2013	54,960	498,37
30.01.2013	55,090	498,24
06.02.2013	54,180	499,15
13.02.2013	54,990	498,34
19.02.2013	55,350	497,98
27.02.2013	55,580	497,75
06.03.2013	55,580	497,75
13.03.2013	54,610	498,72



Universität Stuttgart · Institut für Geotechnik Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann	
Pumpspeicherkraftwerk Happurg · Sanierung Oberbecken	
Untergrundsanierung im Bereich der verfüllten Versturzzone	LK/CM
Grundwassermessstelle BK 1/2012: Messergebnisse und Ganglinien für den Zeitraum 05.11.2012 bis 13.03.2013	10.05.2013
	Anlage 8