Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) – Phase 2

Band 3.12.1E2 der Antragsunterlage

Fachgutachten Auswirkungen der Auflast der Halde auf den schwebenden Grundwasserleiter (Verdrängungen)

Vorhabenträger:

K+S Minerals and Agriculture GmbH
Werk Werra, Standort Hattorf
Hattorfer Straße
36269 Philippsthal

Verfasser:

Team Geologie/Altlasten
Abteilung Umwelt- und Genehmigungen
K+S Minerals and Agriculture GmbH
Werk Werra
Hattorfer Straße
36269 Philippsthal

Sandra Pacholke
Teamleiterin
Team Geologie/Altlasten

Dominik Zimmer
Geologe
Team Geologie/Altlasten

Impressum

Fassung vom 28.06.2021

Ansprechpartner: Dominik Zimmer
Telefon: 06620 79 2035
Fax: 06620 79 4004
E-Mail: dominik.zimmer@k-plus-s.com
Web: www.kpluss.com

Ergebnisse im Überblick

- Durch die Auflast der Bestandshalde und der Haldenerweiterung Phase 1 wurden bisher keine Veränderungen der Grundwasserstände des Schwebenden Grundwasserleiters (SGWL) und keine Änderungen von Fließrichtungen festgestellt. Auch für die Phasen 2 und 3 sind keine auflastbezogenen Auswirkungen zu erwarten.
- Es sind im Bereich der geplanten Haldenaufstandsflächen keine Quellaustritte oder Vernässungszonen bekannt, so dass kein Aufstauen von Quellwasser zu erwarten ist.
- Die Flurabstände des Schwebenden Grundwasserleiters (SGWL) liegen minimal zwischen 5 und 15 m. Zudem ist die Ergiebigkeit des SGWL sehr gering, so dass eine Beeinflussung durch die Auflast der Überschüttung unwahrscheinlich ist.
- Das für die Haldenerweiterungen vorgesehene Bermenschüttverfahren führt im Vergleich zum früheren Flankenschüttverfahren zu einer gleichmäßigen Verteilung der Haldenauflast auf den Untergrund.
- Die Beschüttung erfolgt auf einer morphologischen Plateaufläche ohne größere Höhenunterschiede und ohne tiefere Taleinschnitte, daher ist ein Überschütten von Quellaustritten und Ausbisslinien nicht zu befürchten.

  Die im Bereich der Südwestflanke der Bestandshalde stattgefundenen Verformungen haben nicht zu einer Veränderung des Fließgeschehens im SGWL geführt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 7

2. Lasteintrag in den Untergrund 7

3. Betrachtung Quellen 1, 2, 3 und 6 (Schüttung) 9

4. Betrachtung der Grundwassergleichenpläne 12

5. Betrachtung morphologischer Einflüsse 14

5.1 Historische Betrachtung 14

5.2 Morphologische Betrachtung Phase 2 und 3 16

6. Betrachtung des Grundwasserflurabstandes und der Ergiebigkeit im Bereich der Haldenerweiterungen 17

6.1 Oberflächennahe Zuflüsse oder Quellen 17

6.2 SGWL im Haldenerweiterungsgebiet 18

7. Auswirkungen durch Verformungen des Haldenkörpers 21

8. Überschütten von bevorzugten Wegsamkeiten im Untergrund 25

9. Zusammenfassung 26

Anlagen

Anlage 1: Grundwassergleichen des SGWL: Stichtagsmessungen vom Mai 2002, Herbst 2014 und Herbst 2020, M 1:10.000.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Schüttungen der Quelle 1 von 2004 bis Ende 2017. 10

Abbildung 2: Darstellung der Schüttungen der Quelle 2 von 2005 bis April 2021. 10

Abbildung 3: Darstellung der Schüttungen der Quelle 3 von 2005 bis April 2021. 11

Abbildung 4: Darstellung der Schüttungen der Quelle 6 von 2005 bis Mitte 2018. 11

Abbildung 5: Morphologische Verhältnisse (Geländehöhen) im nördlichsten Teil des geplanten Haldenerweiterungsgebietes mit dem beginnenden Taleinschnitt des Ochsengrabens (rote Umkreisung) 17

Abbildung 6: Darstellung des Grundwasserspiegels der GWM 27/2012 HA. 22

Abbildung 7: Horizontalschnitt der berechneten Widerstandsverteilung in ca. 1 m unter GOK (349 m NN) aus den Geoelektrischen Messkampagnen 2018 bis 2020 südlich der ESTA-Halde Hattorf und im NSG/FFH-Gebiet Stöckig-Ruppertshöhe. 24

Abbildung 8: Horizontalschnitt der berechneten Widerstandsverteilung in ca. 3 m unter GOK (347 m NN) aus der Geoelektrischen Messkampagne 2020 südlich der ESTA-Halde Hattorf und im NSG/FFH-Gebiet Stöckig-Ruppertshöhe. 25

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Grundwasserflurabstände (SGWL) im Bereich der geplanten Haldenerweiterung Phase 2 und 3 (Messstellen nach ihrer Lage von Süden nach Norden sortiert) 20

1. Einleitung

Auswirkungen durch die Bestandshalde bzw. die Haldenerweiterungen auf das obere Grundwasserstockwerk (hier SGWL) könnten durch einen veränderten Lasteintrag in den Untergrund entstehen, durch die Überschüttung von Quellaustritten oder durch eine Veränderung der ursprünglichen Morphologie verursacht werden. Weiterhin sind Auswirkungen auf den SGWL durch Verformungen am Haldenkörper denkbar.

Diese Aspekte werden nachfolgend betrachtet.

2. Lasteintrag in den Untergrund

(A. Fischer, WE-BM und C. Artschwager, WE_U/U_GGt)

Die Halde bewirkt durch das Gewicht des Rückstandes eine statische Auflast auf den Untergrund. Dabei ist die Vertikalspannung in der „Sohle“ der Halde und im Übergang zum Untergrund über die folgende Formel bestimmt:

$\sigma_S = H_{Halde} \times \rho_{Rückstand} \times g$ [MN/m² bzw. MPa]

σ_S - Sohlspannung, vertikal

$\rho_{Rückstand}$ - Dichte des Rückstandssalzes,

g - Erdbeschleunigung

Bezogen auf die +520 m NN Plateau-Fläche (38 ha) der geplanten Haldenerweiterungen HA Phase 1, 2 und 3 betragen die Überdeckungshöhen über dem natürlichen Gelände zwischen 170 m – 220 m, wobei Höhen über 200 m nur in einem sehr kleinräumigen Bereich der schon genehmigten Halde über dem Kerbtal des ursprünglichen Kreuzgraben erreicht werden (2 ha). Die Sohlspannungen unter der Fläche des Halden-Plateaus betragen damit zwischen rd. 3,3 und 4,3 MPa. Unter den Haldenböschungen nehmen diese in Richtung Haldenrand entsprechend der obigen Formel auf Null ab.

Die Beeinflussung des Untergrundes durch die Sohlspannungen ist teufenabhängig, sie nimmt mit zunehmender Teufe ab und wirkt auf einer größeren Fläche. So

wie die Grubenbaue über einen Grenzwinkel den Senkungstrog über Tage beeinflussen, so bestimmt der Lasteintragswinkel die durch die Halde hervorgerufenen Zusatzbeanspruchungen im Untergrund. Der Grenzwinkel wurde in den letzten Jahren über mehrere Senkungsmessungs - Profillinien mit 44° festgestellt. Für die vorliegende Bewertung kann der Lasteintragswinkel vereinfacht ebenfalls in dieser Größenordnung mit etwa 45° angesetzt werden. Damit ergibt sich eine Beeinflussung des Untergrundes innerhalb des Haldenumrings zzgl. der horizontal angetragenen Teufe, d.h., dass zum Beispiel (unter Annahme eines homogenen Untergrundes) in einer Teufe von 20 m schon ab 20 m vor dem Haldenfuß keine Beeinflussung durch die haldeninduzierten Vertikalspannungen erfolgt. Aufgrund der Flächengröße und damit spannungsbeeinflussten Fläche der Halde ist davon auszugehen, dass bis in die Tiefe des SGWL, die im Verhältnis zur belasteten Fläche nur sehr gering ist, die Sohlspannungen nahezu konstant geblieben sind.

Der schwebende Grundwasserleiter (SGWL) ist im Bereich der geplanten Haldenerweiterungen in Teufen von rd. 5 m bis 35 m u. GOK im Festgestein des Mittleren Buntsandsteins ausgebildet. Die Grundwasserführung erfolgt sowohl entlang des Kluftgefüges als auch über Poren, so dass insgesamt von einem Kluft-Porengrundwasserleiter gesprochen werden kann.

Eine direkte Bewertung der Spannungsbeeinflussung auf den Untergrund und dessen Durchlässigkeit wäre in der Größenordnung für einen reinen Lockergesteins- bzw. reinen Porengrundwasserleiter möglich, denn hier kann auf Grundlage einer Berechnung der lastbedingten Konsolidation/Setzung der relevanten Untergrundschicht die Veränderung des die Durchlässigkeit bestimmenden Porenraumes abgeschätzt werden. Für einen Kluftgrundwasserleiter ist dies nicht möglich, da keine Berechnungsmodelle existieren, die den Spannungs- und damit Verformungseinfluss auf die Durchlässigkeit dessen Kluftgefüges adäquat abbilden können. Man ist hier deswegen gezwungen, über Analogieschlüsse bisheriger Erfahrungen zu bewerten, ob lastbedingte Beeinflussungen eingetreten sind bzw. für die Ausdehnung der Untergrundbelastung mit der geplanten Haldenerweiterung zu erwarten sind.

3. Betrachtung Quellen 1, 2, 3 und 6 (Schüttung)

Die Quellen 1, 2, 3 und 6, südöstlich der ESTA-Rückstandshalde Hattorf gelegen, werden seit 1993 (Quelle 3), 1995 (Quelle 2), 1996 (Quelle 1) und 1998 (Quelle 6) beobachtet. Die übrigen Quellen werden erst seit 2016 beobachtet und daher aufgrund der kurzen Beobachtungszeit nachfolgend nicht betrachtet.

Nach Feststellung der bei unregelmäßigen Beprobungen analysierten Beeinflussung durch mineralisierte Wässer werden die Quellen seit frühestens April 2001 regelmäßig bzw. seit spätestens September 2005 turnusmäßig hydrochemisch und hydrodynamisch (Schüttung) überwacht. Dabei stellen die Quellen natürliche Austritte von Grundwasser des schwebenden Grundwasserleiters (SGWL) an der Geländeoberfläche dar. Die Quellen 1 und 6 wurden durch die Errichtung einer linienhaften Fassung (Liniendrainage Unterbreizbach) oberhalb der ursprünglichen Austrittspunkte gefasst (Quelle 1: November 2017 und Quelle 6: Mai 2018). Aufgrund der Fassung der Quellen können nur die Messungen an den natürlichen Austrittspunkten der Quellen vor ihrer Fassung für die Fragestellung herangezogen werden.

Damit liegen entsprechend lange Datenreihen von den zu den jeweiligen Probenahmen ermittelten Schüttungen von ca. 2005 bis heute (Quelle 2 und Quelle 3) bzw. bis Ende 2017/Mitte 2018 (Quelle 1 und Quelle 6) vor. Innerhalb dieses Zeitraums haben sich die Beschüttungsfläche und das Volumen der ESTA-Rückstandshalde durch Fortschreiten der Beschüttung nach Südwesten bzw. Südosten erheblich vergrößert.

Um mögliche Auswirkungen der Haldenauflast auf den SGWL zu untersuchen, können die Messergebnisse der Quellschüttungen der oben beschriebenen Quellen herangezogen werden. Die Messwerte sind für die Quellen in den folgenden Abbildungen 1 bis 4 dargestellt.

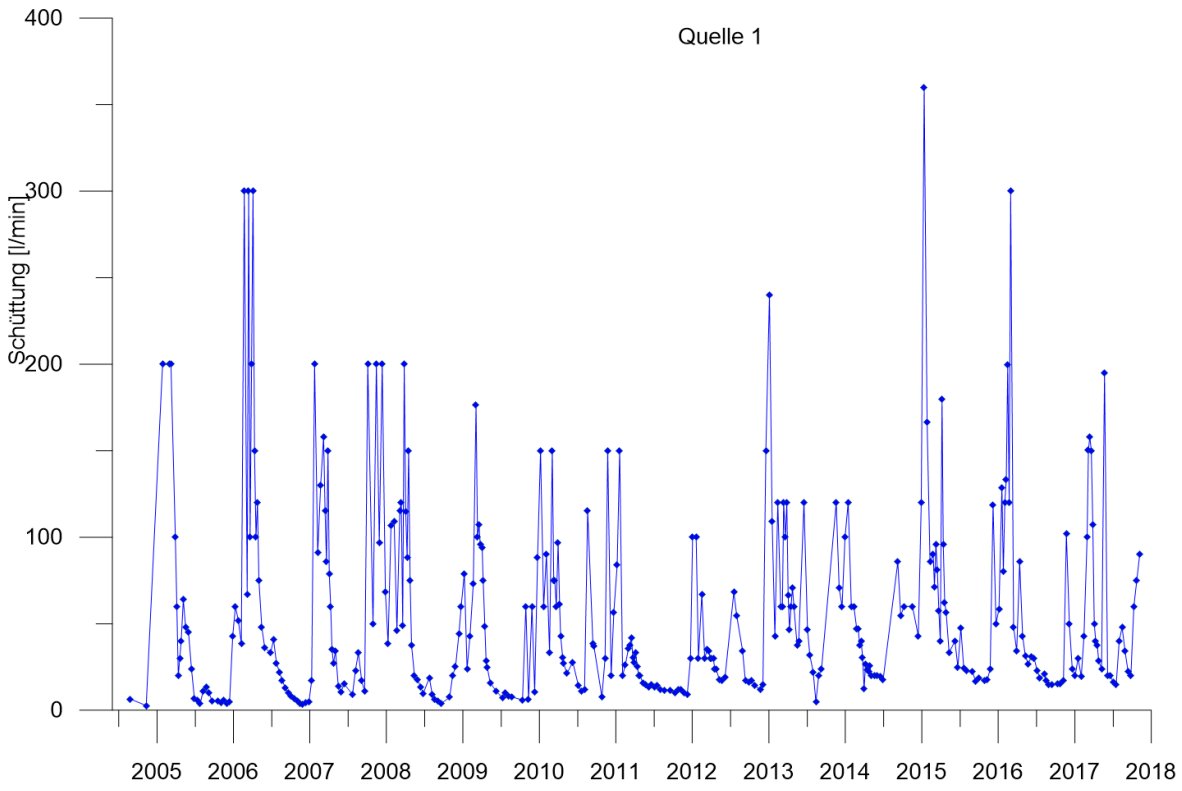

Abbildung 1: Darstellung der Schüttungen der Quelle 1 von 2004 bis Ende 2017.

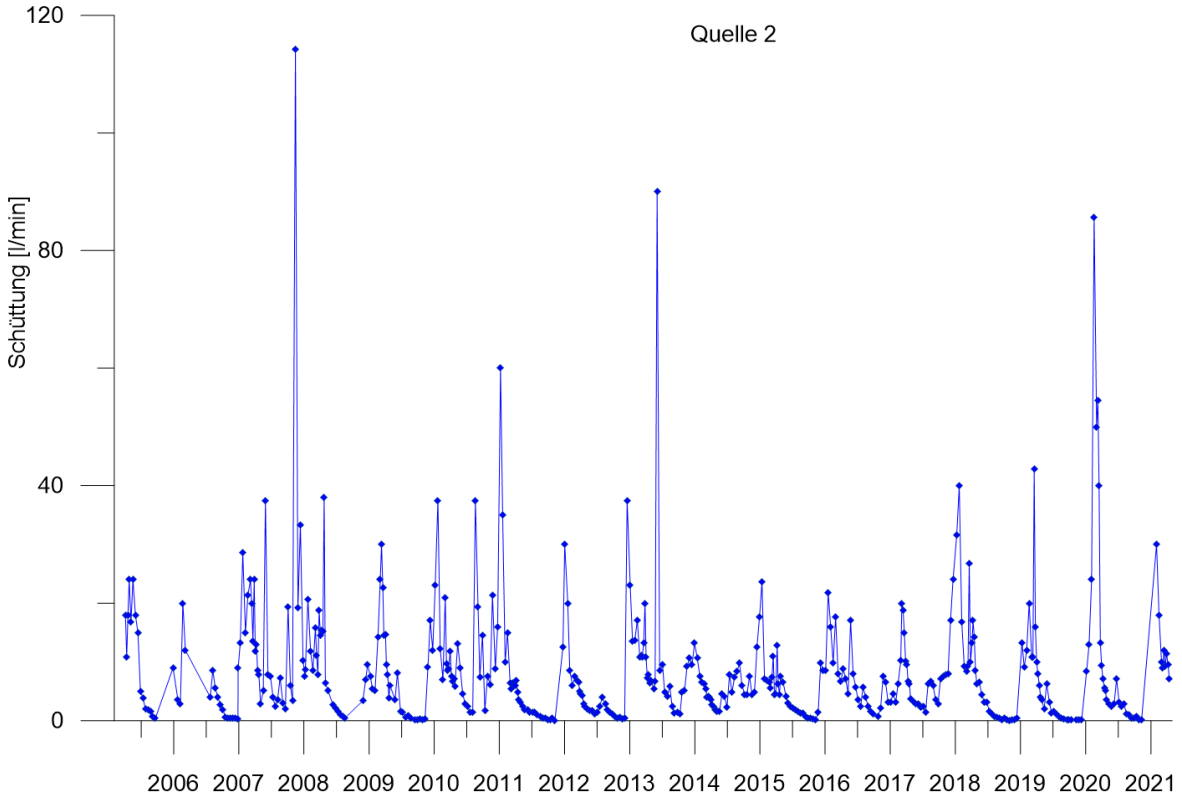

Abbildung 2: Darstellung der Schüttungen der Quelle 2 von 2005 bis April 2021.

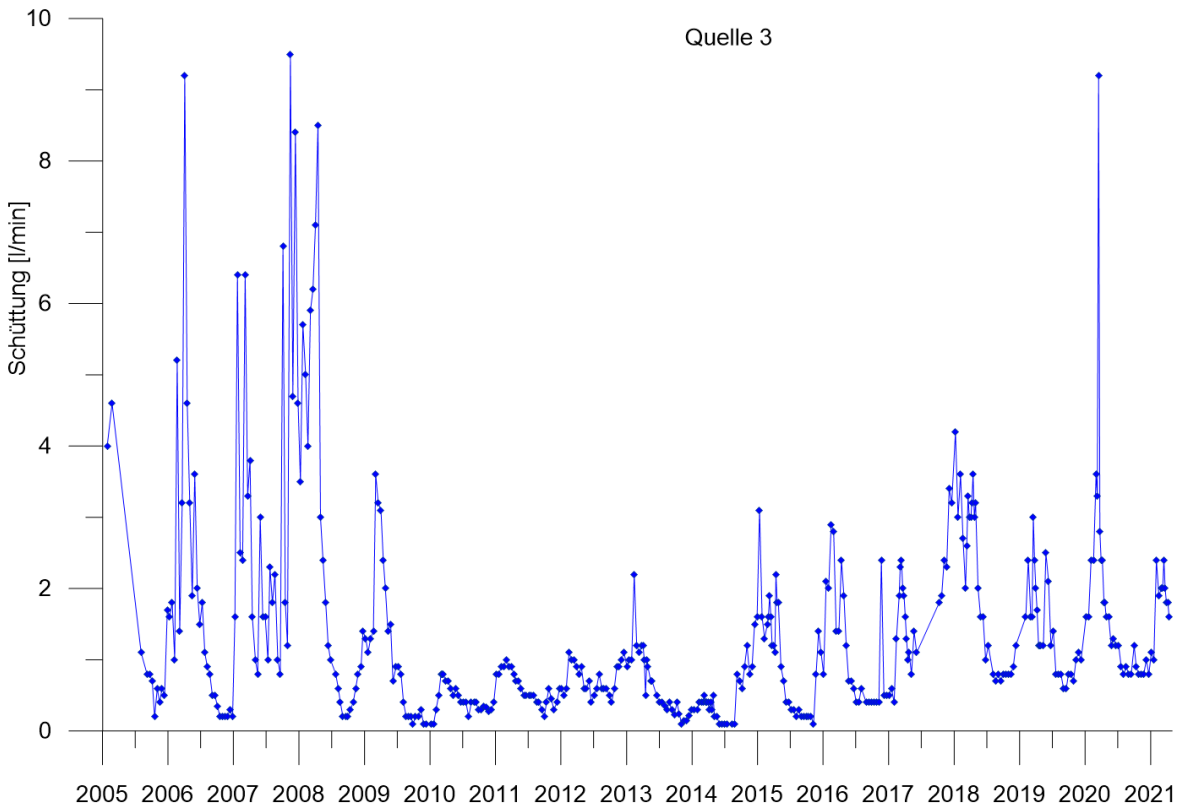

Abbildung 3: Darstellung der Schüttungen der Quelle 3 von 2005 bis April 2021.

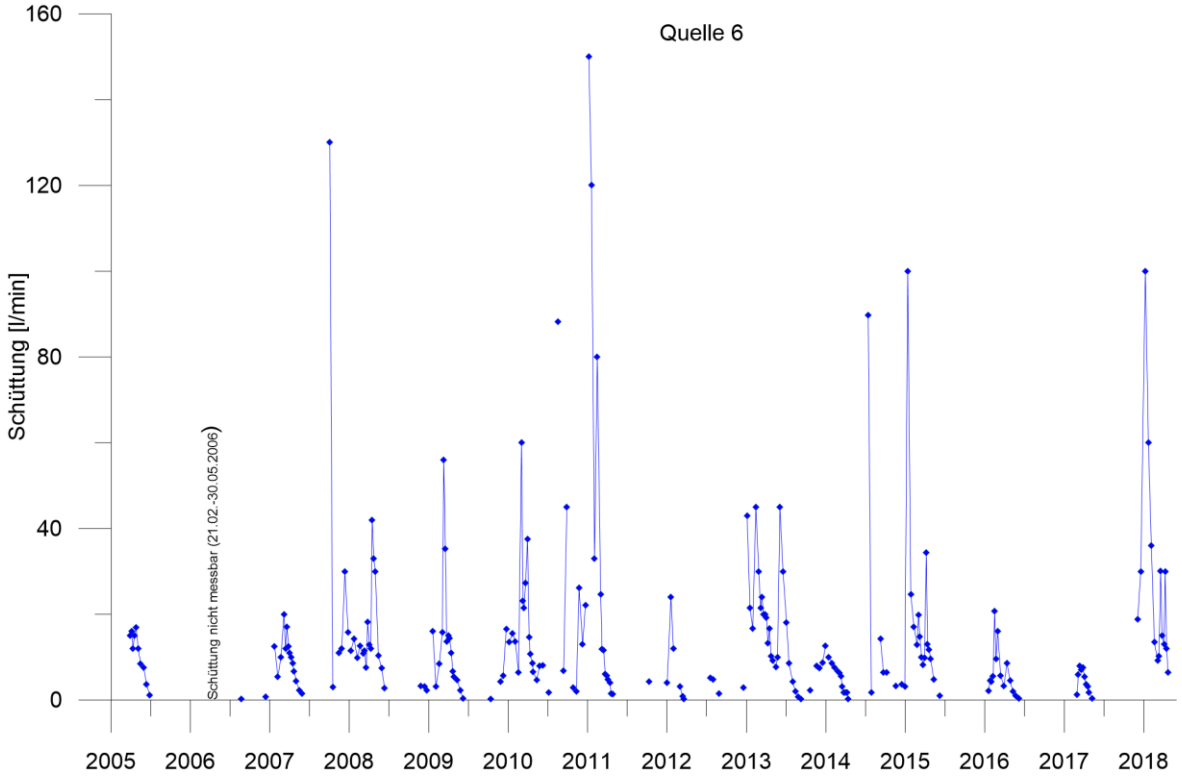

Abbildung 4: Darstellung der Schüttungen der Quelle 6 von 2005 bis Mitte 2018.

Die obigen Abbildungen zeigen, dass die Schüttungen der Quellen vor allem jahreszeitlichen und damit in der Regel niederschlagsbedingten Schwankungen unterworfen sind. So fällt bspw. die Quelle 6 fast jedes Jahr über mehrere Monate trocken (Abbildung 4). Die Mineralisierung der Quellwässer ist ein Beleg für den hydrochemischen Einfluss der ESTA-Rückstandshalde Hattorf auf die Quellen. Hydrodynamische Veränderungen der Quellen, wie z. B. ein plötzliches vollständiges Versiegen oder ein signifikanter Anstieg der Schüttung, die auf eine mögliche Beeinflussung des SGWL durch die Haldenauflast hindeuten könnten, wurden im Betrachtungszeitraum nicht festgestellt.

4. Betrachtung der Grundwassergleichenpläne

In der Anlage 1 sind die im Rahmen einer Stichtagsmessung erstellten Grundwassergleichenpläne des SGWL Stand Mai 2002, Herbst 2014 (in [U6] wurde kein Gleichenplan für das Frühjahr erstellt) und Stand Herbst 2020 [U5] gegenübergestellt. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass im Zeitraum von 2002 bis 2014 insgesamt 12 Grundwassermessstellen und von 2014 bis 2021 weitere 28 Grundwassermessstellen im Niveau des SGWL errichtet worden sind. Die Ergebnisse führten zu einem deutlichen Erkenntnisgewinn der geologisch-hydrogeologischen Situation des SGWL im Umfeld der Bestandshalde. Örtliche Unterschiede im Verlauf der Hydroisohypsen sind daher nicht zwangsläufig auf die Auswirkungen der Bestandshalde zurückzuführen. Die Ursache liegt vielmehr in dem mit der Zeit und wachsender Messstellendichte zunehmenden Detaillierungsgrad bei der Darstellung des SGWL.

Im Zeitraum von 2002 bis 2021 wurden ca. 108 Mio. t Rückstandssalz aufgehaldet, davon ca. 65 Mio. t von 2002 bis 2014 und ca. 43 Mio. t von 2015 bis Mitte 2021. Seit Herbst 2018 findet die Beschüttung hauptsächlich auf der unteren Schüttebene (gleichmäßige Lastverteilung) der Haldenerweiterungsfläche Phase 1 statt, die Beschüttung der Bestandshalde war zu diesem Zeitpunkt weitgehend abgeschlossen (Restmengen bis heute).

Im Bereich der Haldenerweiterungen Phase 1-3 und westlich davon sowie auch südlich der Halde Hattorf konnte aufgrund der Vielzahl der neu errichteten Messstellen ein detaillierteres Bild des Verlaufes der Hydroisohypsen gewonnen werden.

Im Vergleich der Isohypsen aus 2002, 2014 und 2020 (siehe Anlage 1) ist ersichtlich, dass westlich der Halde Hattorf im Bereich des Ochsengrabens im Jahr 2002 noch keine Hydroisohypsen mangels Messstellen ausgehalten werden konnten. Die Isohypsen aus 2014 deuten (infolge der Messstellenerrichtung aus 2012) ein Umbiegen der Hydroisohypsen an. Seit Errichtung der Messstellen im Umfeld der Haldenerweiterung 2019 können die Grundwassergleichen im Bereich Ochsengraben vollständig nachvollzogen werden. Gleichzeitig zeigt sich mit den Isohypsen aus 2020 westlich der Haldenerweiterungen die SW-NO verlaufende Grundwasserscheide Stöckig – Nippezippel, die in 2002 und 2014 mangels Aufschlüssen nicht nachvollzogen werden konnte.

Östlich der Halde Hattorf zeigt der Vergleich der Grundwasserisohypsen in Anlage 1 Lageänderungen der 300 mNN- bis 330 mNN-Isohypsen. Die Änderung in den konstruierten Verläufen der 320 mNN-Isohypse zwischen 2002 und 2014 ergab sich infolge von Zustandsprüfungen an Grundwassermessstellen, die zur Instandsetzung/Neuausbau der GWM 9 in 2014 sowie zum Rückbau der GWM 10 (nicht sachgemäßer Ausbau, siehe [U6]) und Ersatz dieser durch die GWM 40/2015 HA führte. Die geringfügigen Lageänderungen der 300 mNN- bis 330 mNN-Isohypsen im Vergleich der Stichtagsmessungen 2014 und 2020 sind darauf zurückzuführen, dass ihre Konstruktion anhand immer neuer Messstellen (GWM 21/2011 HA, GWM 37/2013 HA, GWM 40/2015 HA und GWM 53/2015 HA im Südosten der Halde) detaillierter erfolgen konnte.

Anhand des räumlichen Verlaufs der Grundwassergleichen und den daraus abzuleitenden Grundwasserfließrichtungen in Anlage 1 lassen sich trotz des kontinuierlichen Beschüttens keine Veränderungen der Grundwasserfließrichtungen feststellen. Vielmehr ist ein stärkeres bzw. schwächeres Umbiegen einzelner Isohypsen ein Zeichen der verbesserten Messstellendichte (siehe Eigenberichte zur Grundwasserbeobachtung im Umfeld der ESTA-Rückstandshalde Hattorf, jährlich zum 31.03.). Die generelle Grundwasserfließrichtungen im SGWL wird nicht durch die Haldenauflast beeinflusst.

5. Betrachtung morphologischer Einflüsse

Im Folgenden werden zunächst die aus dem bisherigen Beschüttungsbetrieb gewonnenen Erfahrungen (Beginn der Schüttung der ESTA-Rückstandshalde Hattorf seit 1982 und der Haldenerweiterung Phase 1 seit Oktober 2018) hinsichtlich der Auswirkungen der Haldenauflast auf den SGWL beschrieben, um diese dann im Analogieschluss auf das geplante Haldenerweiterungsgebiet der Phasen 2 und 3 zu übertragen. Ausgehend vom bisherigen Beschüttungsgebiet gelten die folgenden Punkte als grundsätzlich übertragbar auf das geplante, erweiterte Haldenareal:

- Maximale Beschüttungshöhe von 520 m NN (ca. 190 m über Geländeoberkante)
- Es wirken die gleichen Haldenauflasten auf den Untergrund wie im jetzigen Beschüttungsgebiet; aufgrund des Bermenschüttverfahrens im geplanten Haldenerweiterungsgebiet ergibt sich jedoch im Vergleich zum damaligen Flankenschüttverfahren bei der Bestandshalde eine günstigere Verteilung der Haldenauflast auf den Untergrund.
- Annähernd gleiche geologisch-hydrogeologische Verhältnisse; im geplanten Haldenerweiterungsgebiet streichen die Festgesteine der Solling (smS)- bis Hardegsen-Formation (smH) des Mittleren Buntsandstein (teilweise unter quartärer Überdeckung) aus. Im südlichen Teil der Phase 3 sind zusätzlich Gesteine des smTC (Solling-Formation) vorzufinden. An die genannten Formationen ist die Verbreitung eines wenig ergiebigen SGWL geknüpft-.; Die Gesteine dieser Formationen sind teilweise geklüftet sowie teilweise tektonisch bruchdeformativ beansprucht.

5.1 Historische Betrachtung

Die Auswirkung der Haldenauflast der Bestandshalde auf den SGWL hat sich bisher nur lokal im Taleinschnitt des Kreuzgrabens im Niveau des Ausbisses des SGWL bemerkbar gemacht. Die aus dem Taltiefsten des Kreuzgrabens kommende, in südwestliche Richtung vorrückende Haldenfront näherte sich ab Mitte der 1990er Jahre zunehmend dem Ausstrichbereich des SGWL durch Beschüttung des stetig ansteigenden Geländes. Im Ausstrich des SGWL kam es zwischen 1996 und 2001 zu

einem lokalen Austritt von Grundwasser im Niveau des SGWL (Quelle 4 (316,5 m NN), Quelle 5 (ca. 316,2 m NN) bzw. mehrere diffus verteilte Wasseraustritte, Niveau Hardegsen-Sandstein, smHS). Die ehemalige Quelle 4 wies dabei eine mit gewissen Schwankungen unterworfene Schüttung von etwa 60 l/min (Jahresmittel) auf [U8], die Quelle 5 zeigte bei zwei Schüttungsmessungen in 1996/97 10 bzw. 20 l/min. Die Auswirkungen der Haldenauflast auf den Untergrund führte zu einem Anstauen von Grundwasser, das nachfolgend vor der damaligen Beschüttungsfront in Form einer teichartigen Wasserfläche im Niveau von ca. 318 bis ca. 328 m NN) temporär zutage trat. Mit weiter in südwestliche Richtung voranschreitender Beschüttung, dem Kreuzgraben folgend, wurden die Wasseraustritte überschüttet und der Böschungsfuß der Halde lag oberhalb des Ausbisses des SGWL. Seitdem wurden keine weiteren Wasseraustritte mehr festgestellt. Hierzu heißt es in einer Stellungnahme des HLUG (Az. 890410-850/06 Fri/Fo vom 20.11.2006) an das RP Kassel (Az.: 34/HEF 76 d 40-11-314-24/10 vom 30.11.2006): „…Im Zuge der weiteren Schüttung der Halde ist der beschriebene „Quellhorizont“ überschüttet worden und es treten keine an der Tagesoberfläche sichtbaren Salzwasseraustritte am Haldenfuß mehr auf, da der Hardegsen-Sandstein Richtung Westen unter immer mächtigerer Überdeckung ansteht und der Grundwasserflurabstand zunimmt. …“

Weitere Auswirkungen der Haldenauflast selbst auf den SGWL im Bereich der genehmigten Haldenfläche (Bestandshalde) oder auch darüber hinaus sind in nunmehr 39 Jahren Beschüttungsbetrieb nicht festgestellt worden. Die im Zusammenhang mit den Verformungen festgestellten Änderungen werden in Kapitel 7 näher betrachtet.

Die Erweiterungsfläche 1 liegt randlich am Übergang zum oberen Talrand des Ochsengrabens oberhalb des SGWL-Ausbisses (Anlage 1) mit dortigen Grundwasserflurabstände von ca. 22 m (GWM 78/2020 HA) bis ca. 15 m (GWM 85/2020 HA) unter Gelände (siehe auch Kapitel 6.2).

Im Zuge der Belegung der nördlichen Bereiche der Phasen 1 erfolgte, wie in Band 3.12.1E beschrieben, eine wöchentliche Befahrung des nördlich angrenzenden Geländes, dabei konnten keine Auffälligkeiten bzgl. Wasseraustritten festgestellt werden.

Im Bereich der genehmigten Haldenerweiterungsfläche der Phase 1 sind seit Beginn der Beschüttung keine Auswirkungen der Haldenauflast auf den Untergrund zu beobachten.

5.2 Morphologische Betrachtung Phase 2 und 3

Das natürliche Geländeniveau im geplanten Haldenerweiterungsgebiet der Phasen 2 und 3 liegt auf einem Plateau zwischen ca. 360 m NN und ca. 335 m NN. Der Beginn eines natürlichen Taleinschnitts (Ochsengraben) wird nur im nordöstlichen Zipfel des geplanten Haldenerweiterungsgebietes Phase 2 berührt (siehe Abbildung 5, rot eingerahmt). Dieser Teil stellt einen Randbereich des zukünftigen Haldenkörpers mit geringeren Beschüttungshöhen und damit geringeren Haldenauflasten auf den Untergrund dar. Die Phase 3 liegt ausschließlich auf der Hochfläche Stöckig-Ruppertshöhe mit einem geringen Höhenunterschied von weniger als 20 m. Im Bereich der Haldenerweiterungsflächen befinden sich keine Täler, bei denen es zu einer ähnlichen Situation wie im Bereich des Kreuzgrabens (vgl. Kap. 5.1) kommen kann.

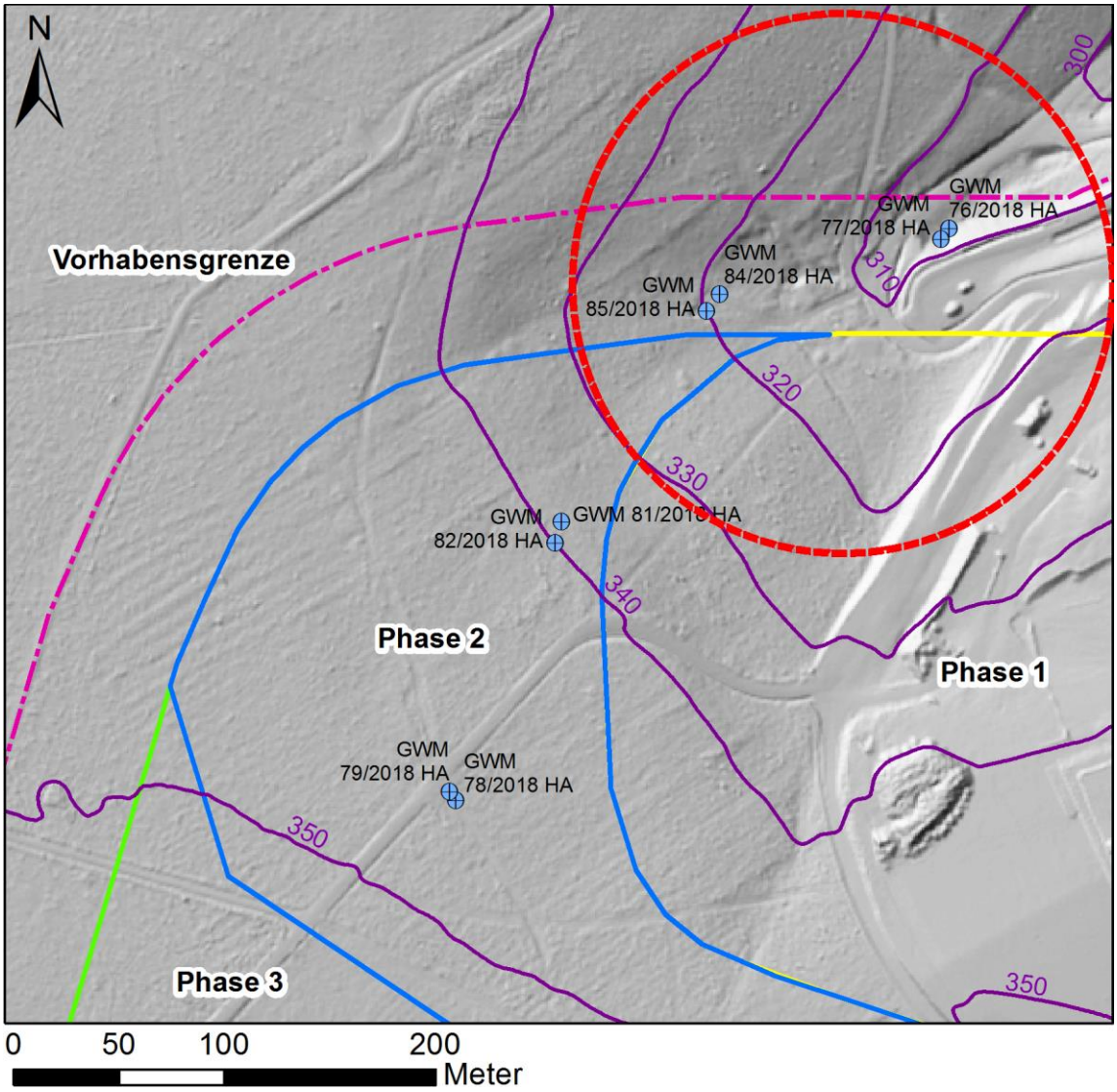

Abbildung 5: Morphologische Verhältnisse (Geländehöhen) im nördlichsten Teil des geplanten Haldenerweiterungsgebietes mit dem beginnenden Taleinschnitt des Ochsengrabens (rote Umkreisung)

6. Betrachtung des Grundwasserflurabstandes und der Ergiebigkeit im Bereich der Haldenerweiterungen

6.1 Oberflächennahe Zuflüsse oder Quellen

Auf bzw. angrenzend zur Haldenerweiterungsfläche Phase 1 sind bis dato keine Quellaustritte bekannt. Auch im Bereich der Haldenerweiterungsflächen Phase 2 und Phase 3 sowie in deren Umfeld sind keine Quellaustritte bekannt. Insbesondere am Beginn des Ochsengrabens, der aus geomorphologischer Sicht prädestiniert wäre, wurden weder bei der Quellkartierung der Jungk Consult GmbH 2016 [U9],

der Quellenkartierung der FSU Jena 2018 [U10] noch auf Basis der durchgeführten Baugrunderkundungen 2018 Hinweise auf Vernässungszonen oder Quellen gefunden.

Die Ergebnisse der im geplanten Haldenerweiterungsareal bzw. randlich lokalisierten Schürfe TP 20 bis TP 56/2012 HA (vgl. Band 3.16.1, Anlage 1.1 und Anlage 1.2) sowie der im Zuge der Bauausführung zur Phase 1 durchgeführten Detailuntersuchungen zum Baugrund durch den geotechnischen Sachverständigen zeigen, dass in der quartären Lockergesteinsüberdeckung nur vereinzelt Stauwasser angetroffen wurde. Der Übergang zur Felszersatzzone war überwiegend trocken. Ein zusammenhängender und flächig verbreiteter Grundwasserkörper bzw. Sickerwasserzufluss konnte weder in den quartären Lockersedimenten noch im Niveau der Felszersatzzone nachgewiesen werden.

Demnach sind hier keine Wasserführungen vorhanden, die sich bei einer Überschüttung aufstauen könnten

6.2 SGWL im Haldenerweiterungsgebiet

Sämtliche Hauptzuflüsse des SGWL im geplanten Haldenerweiterungsgebiet entstammen nachweislich anhand der Ergebnisse der neu errichteten Grundwassermessstellen:

- GWM 28/2012 HA
- GWM 41/2015 HA
- GWM 42/2015 HA
- GWM 76 und 77/2018 HA
- GWM 78 und 79/2018 HA
- GWM 81 und 82/2018 HA
- GWM 84 und 85/2018 HA
- GWM 88/2020 HA

dem Festgestein der Solling- (smS), Hardegsen- (smH) und Detfurth- (smD) Formation des Mittleren Buntsandsteins.

Die im SGWL ausgebauten Messstellen zeigen bei der turnusmäßigen Beprobung nur eine geringe Ergiebigkeit des SGWL. So kann bei den GWM 28/2012 HA, GWM 41/2015 HA, GWM 42/2015 HA, GWM 76/2018 HA, GWM 77/2018 HA, GWM 78/2018 HA, GWM 79/2018 HA, GWM 81/2018 HA, GWM 85/2018 HA sowie GWM 88/2020 HA kein kontinuierliches Förderregime eingestellt werden. Nach einem dreimaligen Leerpumpen der Messstellen erfolgt am vierten Tag die Probennahme. Hierbei werden die o. g. Messstellen im Mittel mit Förderraten unterhalb 1 bzw. 1,67 l/min abgepumpt. In den Messstellen GWM 8, GWM 22/2012 HA, GWM 82/2018 HA und GWM 84/2018 HA erfolgt immerhin ein kontinuierliches Abpumpen mit teilweiser Einstellung eines stationären Zustandes, die Ergiebigkeit ist in diesen Messstellen mit < 1 l/min trotzdem sehr gering.

Im Vergleich dazu wies die ehemalige Quelle 4 (im oberen Taleinschnitt des Kreuzgrabens lokalisiert und heute überschüttet) eine mit gewissen Schwankungen unterworfene Schüttung 60 l/min (Jahresmittel) auf [U8].

Aufgrund der im Zuge des Monitorings der Haldenerweiterung errichteten 20 Grundwassermessstellen (GWM 66 bis 85/2018 HA) um die Erweiterungsfläche Phase 1 konnte der nördliche Teil des SGWL genauer erkundet werden (siehe Anlage 1). In zwei unterschiedlichen Tiefenniveaus des SGWL wurde Wasser angetroffen, in denen die Messstellen auch verfiltert wurden. So sind folgende Messstellen als benachbartes Paar zu sehen, die jeweils im höheren bzw. tieferen Niveau des SGWL ausgebaut wurden: GWM 76/2018 HA (tieferes Niveau) und GWM 77/2018 HA (höheres Niveau), GWM 78/2018 HA (höheres Niveau) und 79/2018 HA (tieferes Niveau), GWM 81/2018 HA (tieferes Niveau) und 82/2018 HA (höheres Niveau) sowie GWM 84/2018 HA (tieferes Niveau) und 85/2018 HA (höheres Niveau). Zwei gering wasserführende Tiefenniveaus im SGWL sind bisher nur für die Erweiterungsfläche der geplanten Phase 2 von Relevanz, im Bereich der Phase 3 ist nur ein Niveau des SGWL vorhanden. Trotz der unterschiedlichen wasserführenden Niveaus im SGWL ist das Fließgeschehen nahezu identisch und kann deshalb zusammenfassend wie folgt beschrieben werden (siehe Anlage 1):

Aus dem Grundwasserneubildungsgebiet im Bereich der Hochfläche Stöckig-Ruppertshöhe ist eine nordnordöstliche bis nordöstliche Grundwasserfließrichtung vorherrschend. Im Bereich des Taleinschnittes des Ochsengrabens kommt es zu einer

Ablenkung der Hydroisohypsen. Innerhalb des geplanten Haldenerweiterungsareals Phase 2 und 3 ist generell eine Zunahme des Grundwasserflurabstandes von Südsüdwesten nach Nordnordosten bzw. von Südwesten nach Nordosten festzustellen.

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich wird, liegen im Bereich des Grundwasserneubildungsgebiets des Stöckig und im unmittelbaren Umfeld geringere Flurabstände vor (GWM 8 ca. 11 m, GWM 28/2012 HA ca. 5 bis 7 m und GWM 41/2015 HA ca. 7 bis 9 m). Nach Nord bzw. Nordosten nehmen die Flurabstände zu und liegen bei ca. 15 m u. GOK im höheren Niveau (GWM 85/2020 HA) und über 30 m u. GOK im tieferen Niveau des SGWL (GWM 84/2020 HA). Die Messstellen innerhalb der Phase 2 der geplanten Haldenerweiterung weisen Flurabstände von ca. 22 bis 28 m u. GOK (GWM 78 und 82/2018 HA) im höheren Niveau und von ca. 36 bis 37 m u. GOK (GWM 79 und 81/2018 HA) im tieferen Niveau des SGWL auf.

Tabelle 1: Grundwasserflurabstände (SGWL) im Bereich der geplanten Haldenerweiterung Phase 2 und 3 (Messstellen nach ihrer Lage von Süden nach Norden sortiert)

Bezeichnung	Geländehöhe [m NN]	Grundwasserspiegel Spannbreite 2020 [m NN]	Grundwasser-flurabstand [m u. GOK]
GWM 88/2020 HA	359,2	342,8	ca. 16,4
GWM 8	357,21	346,1-345,9	11,1-11,3
GWM 41/2015 HA	349,65	343-340,6	6,6-9,1
GWM 28/2012 HA	352,55	347,5-345,6	5,1-7,0
GWM 22/2012 HA	353,51	330,4-330	22,9-23,5
GWM 42/2015 HA	349,04	336,1-333,1	13-15,9
GWM 78/2018 HA	347,84	326,2-325,6	21,6-22,2
GWM 79/2018 HA	347,99	311,4	ca. 36,6
GWM 81/2018 HA	339,54	302,9-302,5	36,6-37,0
GWM 82/2018 HA	339,95	312,3-311,7	27,7-28,3
GWM 84/2018 HA	319,97	288,2	ca. 31,8
GWM 85/2018 HA	318,86	304,4-304,0	14,5-14,9
GWM 76/2018 HA	320,37	287,5-287,0	24,9-25,4
GWM 77/2018 HA	320,49	299,8-298,9	12,5-14

Die Flurabstände im SGWL betragen unterhalb der Phase 2 mehr als 15 m, in der Phase 3 mehr als 5 m.

Überdies führt die Verringerung der Grundwasserneubildung am Ende der Phase 1 der geplanten Haldenerweiterung mit einer Fläche von 275.000 m² im SGWL de facto zu einem Ausbleiben der Grundwasserneubildung (hierzu siehe Band 3.12.2E2). Dies entspricht einem Grundwasserdefizit von ca. 21.125 m³/a (77 mm) bzw. ca. 47.800 m3/a (mit Grundwasserneubildung 174 mm/a). Dadurch werden die Grundwasserstände im SGWL unterhalb und im unmittelbaren Abstrom der geplanten Erweiterungsfläche um wenige Meter (max. 6 m) abgesenkt.

7. Auswirkungen durch Verformungen des Haldenkörpers

Zwischen 2009 und 2015 erfolgte die Beschüttung der Südwestflanke der Bestandshalde. Hier zeigen die Messungen horizontale und vertikale Verschiebungen am Haldenfuß und im haldenfußnahen Vorland, die über den Erfahrungen und Messergebnissen in den übrigen Bereichen der Rückstandshalde Hattorf liegen (siehe Band 3.18.1E2 und Anlage 10 in Band 1.1E2). Der Schüttung im Haldenflankenbereich zeitlich folgend erreichten die horizontalen und vertikalen Verschiebungsgeschwindigkeiten hier maximal 2,6 m/a. Seit Einstellung der Schüttung Anfang 2015 bzw. zeitnah nachlaufend gingen die Verschiebungsgeschwindigkeiten zurück. Die Maximalwerte liegen jetzt bei vertikal ca. 0,6 m/a und horizontal ca. 1,2 m/a. Der SGWL selbst liegt in diesem Bereich bei ca. 16 m u GOK (GWM 27/2012 HA). Die Messstelle GWM 27/2012 HA wurde im Jahr 2012 errichtet und zeigt, obwohl die Verformungen zu diesem Zeitpunkt die o.g. Maximalwerte noch nicht erreicht hatten und einen deutlich ansteigenden Trend zeigten, keinen dementsprechenden Trend bzgl. des Wasserstandes, der auf einen Haldenlast bedingten Einfluss hinweisen könnte (siehe Abbildung 6).

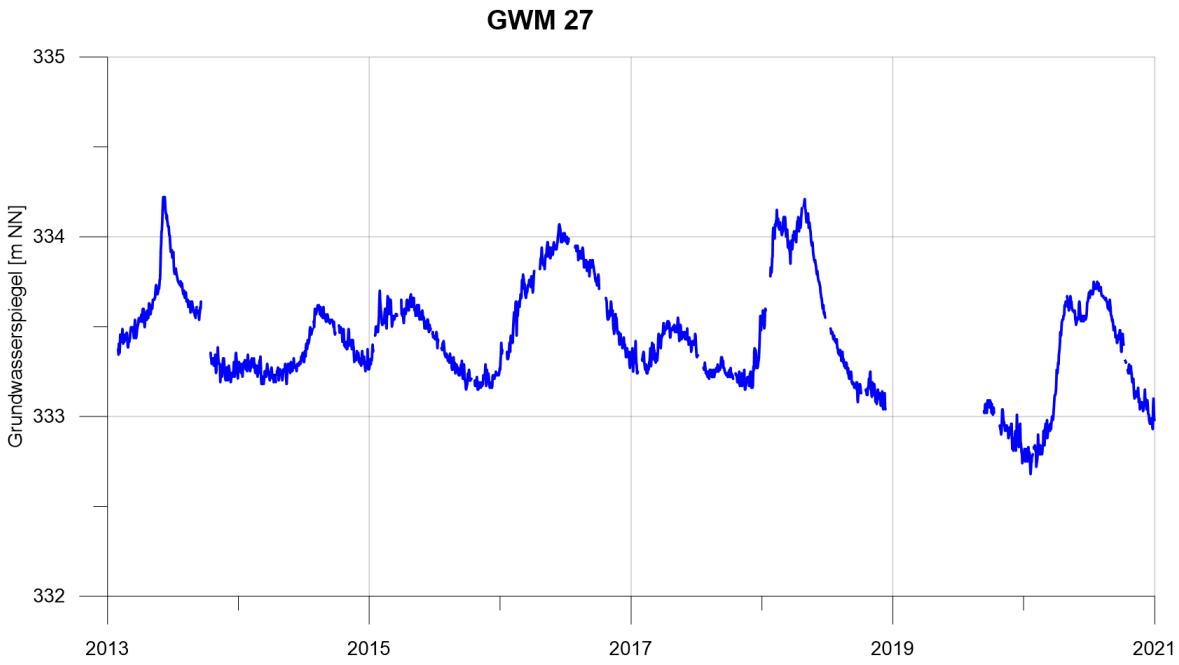

Abbildung 6: Darstellung des Grundwasserspiegels der GWM 27/2012 HA.

Zur Überwachung möglicher Auswirkungen der Bestandshalde auf das NSG/FFH-Gebiet „Stöckig-Ruppertshöhe“ durch die Entstehung (potentieller neuer Wegsamkeiten für Haldensickerwässer infolge von Verformungen werden seit 2016 geoelektrische Messungen an mehreren Quer- und Längsprofilen zwischen der Bestandshalde und dem NSG bzw. an dessen Nordgrenze durchgeführt (U2 bis U5). In diesem Zusammenhang wurde 2017 auch eine geologisch/bodenkundliche Bewertung anhand von 26 Sondierungsbohrungen (SDB) vorgenommen (U2). Sieben der niedergebrachten Sondierbohrungen wurden nach Auffinden von Stau-/Sickerwässern zu temporären Sickerwasserpegeln ausgebaut. In diesen SWM findet seit 2018 zusätzlich ein vierteljähriges Sickerwasser-Monitoring statt.

In dem bodenkundlichen Gutachten von 2017 [U2] wurden oberflächennah lokal Fließerden mit stauenden und lokal wasserleitenden Horizonten erkundet. Es wurde festgestellt, dass die oberflächennahen Proben der Bodenaufschlüsse an der Nordgrenze des NSG/FFH-Gebietes keine erhöhten Salzgehalte aufwiesen. Lediglich in einem kleinräumigen Bereich ließen sich in einer Tiefe von ca. 2 bis 3 m erhöhte Salzkonzentrationen im Sickerwasser nachweisen. Diese salzhaltigen Sickerwässer wurden unterhalb einer feinkörnigen Fließerde/Mittellage und damit auch unterhalb der maximalen Tiefe des durchwurzelten Bodens angetroffen. Eine konkrete

Gefährdung für die Vegetation bzw. das NSG/FFH-Gebiet Stöckig-Ruppertshöhe besteht somit nicht. Auch der intakte Baumbestand bestätigte die Untersuchungsergebnisse (im Rahmen der Vegetationsbeobachtung im Haldenumfeld).

Der Vergleich der Messungen der letzten Jahre zeigt eine Verbesserung im oberflächennahen Bereich (Geländehöhe bei ca. 350 m NN, Horizontalschnitt 349 m NN entspricht ca. 1 m unter Gelände, siehe Abbildung 7). In der Untersuchung 2020 haben sich im Vergleich zu den vorherigen Jahren 2018 und 2019 die Bereiche mit erniedrigten Widerständen wesentlich verringert. Es ist davon auszugehen, dass dies auf einen verringerten Eintrag von Sickerwässern zurückzuführen ist. Dies wiederum resultiert aus der Errichtung von Drainagen und den umfangreichen Infrastrukturmaßnahmen, die seit 2016 im betreffenden Bereich umgesetzt wurden. Der Focus dieser Maßnahmen lag auf einer Verbesserung der Wasserfassung im Haldenvorfeld (siehe auch Band 3.16.4N).

Innerhalb des NSG/FFH-Gebietes zeigen die oberflächennahen Bodenschichten in 1 bis 2 m unter GOK (durchwurzelbarer Bereich) unverändert höhere elektrische Widerstände (siehe Abbildung 7) und somit keine Beeinflussung durch salzhaltige Sickerwässer. Die dortigen Stauwasser stellen vielmehr Niederschlagswasser dar, dass sich lokal auf feinkörnigen und somit stauenden Horizonten aufstaut. Daher besteht auch weiterhin keine Gefährdung für die Vegetation des NSG/FFH-Gebiet Stöckig-Ruppertshöhe.

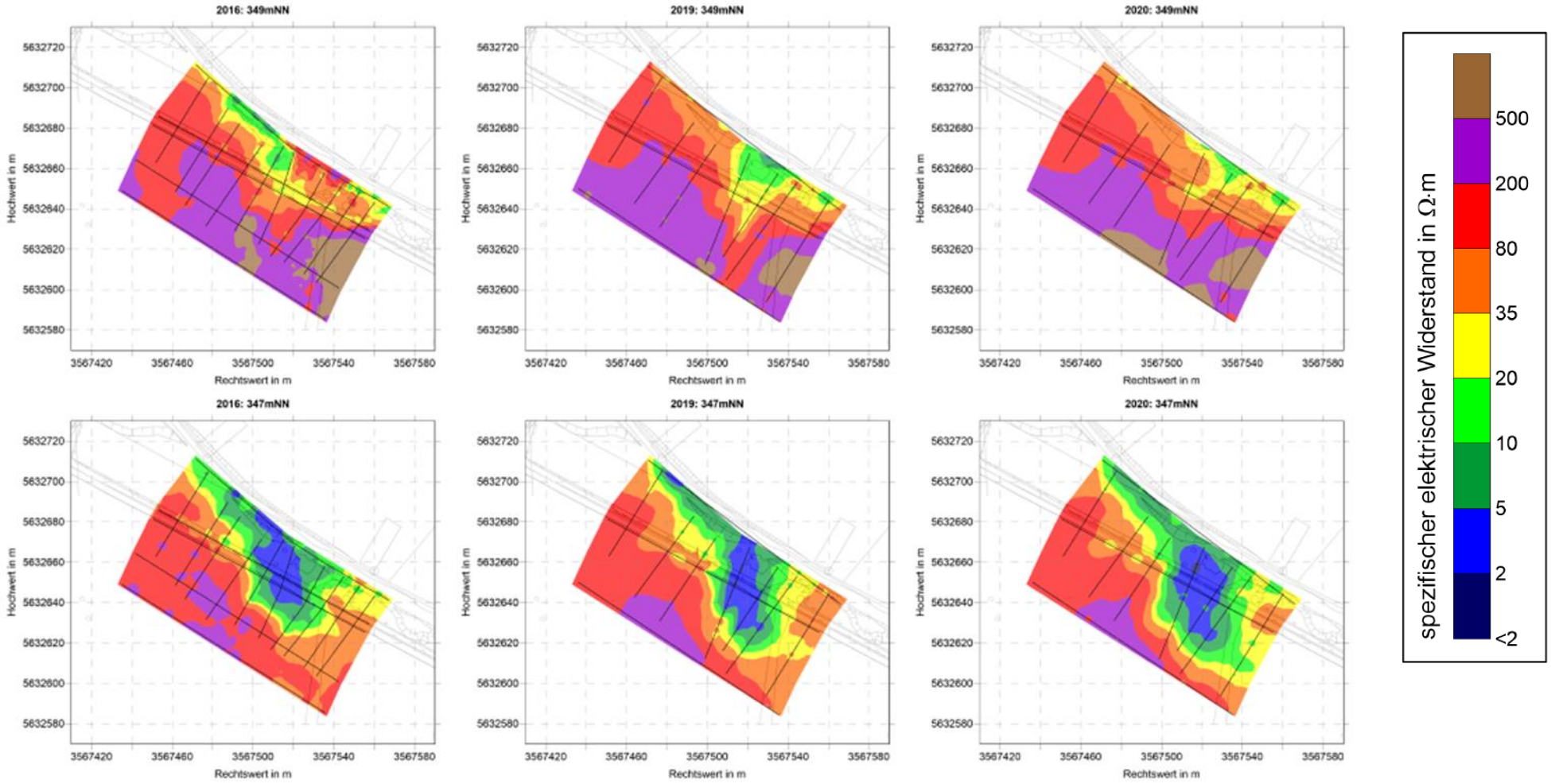

Abbildung 7: Horizontalschnitt der berechneten Widerstandsverteilung in ca. 1 m unter GOK (349 m NN) aus den Geoelektrischen Messkampagnen 2018 bis 2020 südlich der ESTA-Halde Hattorf und im NSG/FFH-Gebiet Stöckig-Rupperts-höhe.

In Abbildung 8 wird ersichtlich, dass die noch salzbeeinflusste Zone in ca. 3 m unter Geländeoberfläche auf einen lokalen, kleinräumigen Bereich im Haldenrandstreifen zwischen den Querprofilen QP6, QP7 und QP8 und an der Nordgrenze des NSG Stöckig-Ruppertshöhe beschränkt ist.

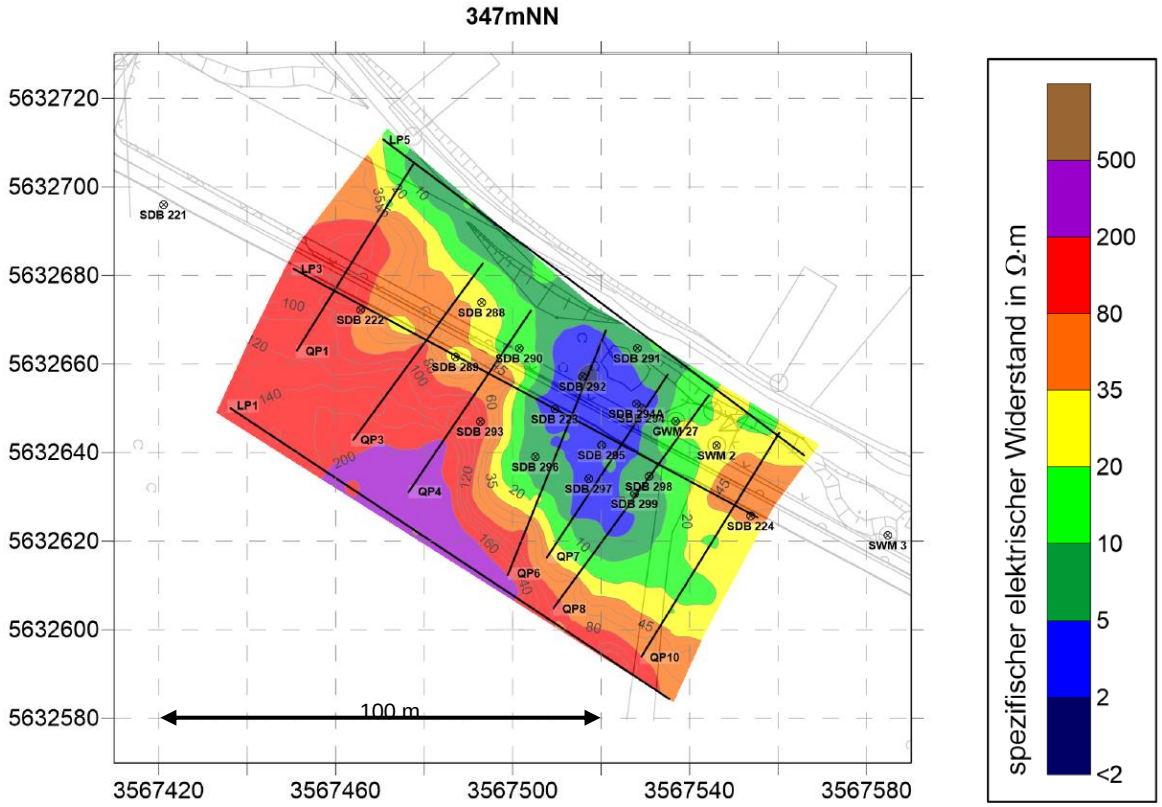

Abbildung 8: Horizontalschnitt der berechneten Widerstandsverteilung in ca. 3 m unter GOK (347 m NN) aus der Geoelektrischen Messkampagne 2020 südlich der ESTA-Halde Hattorf und im NSG/FFH-Gebiet Stöckig-Ruppertshöhe.

8. Überschütten von bevorzugten Wegsamkeiten im Untergrund

Bei der Errichtung der Haldenerweiterungen Phase 2 und 3 wird eine N-S-verlaufende Struktur gequert, die untertägig als Basaltgang kartiert wurde. Dessen Funktion wurde in [U7] diskutiert. Dieser Bericht ist den vorliegenden Antragsunterlagen als Anlage 1 in Bd. 3.11N2 beigefügt und kommt zu dem Schluss, dass es sich sehr

wahrscheinlich um eine tektonische Struktur handelt, die sich bis in das Niveau des Mittleren Buntsandsteins durchpaust. Die genaue räumliche Erstreckung des Basaltgangs ist nicht bekannt, sodass nicht gesagt werden kann, ob und, wenn ja, wie weit dieser Basaltgang in das Deckgebirge oberhalb des Werra-Salzes eingedrungen ist. Anhand geoelektrischer Profile konnte nachgewiesen werden, dass diese Struktur eine offensichtlich stauende Funktion senkrecht zum Streichen (Richtung Westen und Südwesten) und eine gering leitende Funktion in nördliche Richtung, parallel zum Streichen besitzt. Mit Hilfe der 20 neuen Grundwassermessstellen im unmittelbaren Umfeld der Phase 1 konnte gezeigt werden, dass diese nach Norden wirkende Leifähigkeit der Struktur im Bereich des Ochsengrabens zu einem Umbiegen der Hydroisohypsen in dieser Richtung führt.

In Bd. 3.12.2E2 wird eine Auswirkung dieser Struktur auf die Restinfiltration der Erweiterung ausgeschlossen, da die Haldenaufstandsflächen durch die Basisdichtung und die durch die Struktur nicht beeinflussten quartären Sedimente davon getrennt sind.

9. Zusammenfassung

Zusammenfassend ergeben sich für die Haldenerweiterung der Phasen 2 und 3 folgende Schlussfolgerungen:

- Durch die Auflast der Bestandshalde und der Haldenerweiterung Phase 1 wurden bisher keine Veränderungen der Grundwasserstände des SGWL und keine Änderungen von Fließrichtungen hervorgerufen. Auch für die Phasen 2 und 3 sind keine auflastbezogenen Auswirkungen auf Grundwasserstände zu erwarten.
- Im Vergleich zum an der Bestandshalde eingesetzten Flankenschüttverfahren ergibt sich durch das Bermenschüttverfahren der Haldenerweiterung eine günstigere Verteilung der Haldenauflast auf den Untergrund.
- Es sind im Bereich der Haldenaufstandsflächen der Phase 2 und 3 keine Quellaustritte oder Vernässungszonen bekannt, sodass kein Aufstau von Grundwasser oder die Bildung neuer Quellen zu erwarten ist.
- Die Flurabstände im SGWL betragen unterhalb der Phase 2 mehr als 15 m, in der Phase 3 mehr als 5 m.

- Anhand aktueller Bohrergebnisse hat der Schwebende Grundwasserleiter im Haldenerweiterungsgebiet eine nur geringe Ergiebigkeit von max. ca. 1,67 l/min, teilweise sogar < 1 l/min. Im Vergleich dazu wies die damalige Quelle 4, im markanten Taleinschnitt des Kreuzgrabens gelegen, eine gewissen Schwankungen unterworfene Schüttung von etwa 60 l/min (Jahresmittel) auf.
- Eine generelle Änderung des Grundwasserfließregimes, die auf die Auswirkung der Auflast der Halde auf den Schwebenden Grundwasserleiter zurückzuführen wäre, wurde aufgrund bisheriger Beobachtungen, vorhandener Grundwassergleichenpläne ausgeschlossen.
- Die Beschüttung erfolgt auf einer morphologischen Plateaufläche ohne größere Höhenunterschiede und ohne tiefere Taleinschnitte, daher ist ein Überschütten von Quellaustritten und Ausbisslinien nicht zu befürchten.
- Die Verformungen im Bereich der Südwestflanke haben nicht zu einer Veränderung des Fließgeschehens im SGWL geführt. Es kam hier aber lokal zu einem verstärkten Sickerwassereintrag, dem mit einer Anpassung der Haldeninfrastruktur begegnet wurde. Eine ursächliche Verbindung mit den in diesem Bereich gemessenen Verformungen kann nicht begründet werden.
- Für die Haldenerweiterungen ist ein umfangreiches Verformungsmonitoring vorgesehen, so dass Veränderungen schnell erkannt werden können (Band 3.18.2E2).

Unterlagenverzeichnis

U1 DAS BAUGRUND INSTITUT Dipl.-Ing. Knierim GmbH (22.09.2017), Erkundung des Untergrundes im NSG- und FFH-Gebiet „Stöckig-Ruppertshöhe“ an der Grenze zur ESTA-Rückstandshalde der K+S KALI GmbH - Geologisch/ Bodenkundliches Gutachten.

U2 GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH (28.11.2016), Ergebnisbericht Geoelektrische Untersuchungen im Südwesten der Halde Hattorf.

U3 GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH (31.11.2020), Ergebnisbericht Geoelektrische Wiederholungsmessungen südlich der ESTA Rückstandshalde Hattorf und im NSG / FFH-Gebiet Stöckig- Ruppertshöhe.

U4 GGL Geophysik und Geotechnik Leipzig GmbH (01.02.2021), Ergebnisbericht Geoelektrische Wiederholungsmessungen südlich der ESTA Rückstandshalde Hattorf und im NSG / FFH-Gebiet Stöckig- Ruppertshöhe Messkampagne 2020.

U5 K+S Minerals and Agriculture GmbH (31.03.2021), Eigenbericht 2020 zur Grundwasserbeobachtung im Umfeld der ESTA-Rückstandshalde Hattorf.

U6 K+S KALI GmbH (31.03.2015), Eigenbericht 2014 zur Grundwasserbeobachtung im Umfeld der ESTA-Rückstandshalde Hattorf.

U7 K+S KALI GmbH (2018): Untersuchungen zu möglichen Auswirkungen der ESTA-Rückstandshalde Hattorf der K+S auf Philippsthal-Röhrigshof und den Zellersbach, März 2018.

U8 Voigt, K.-H. (1998): Darstellung der geologischen und hydrogeologischen Situation für die Planfeststellungverfahren in hessen und Thüringen zur Erweiterung der Rückstandshalde Standort Hattorf, Werk Werra der kali und Salz GmbH, (S. 55, Anlage A-2).

U9 Jungk Consult GmbH (26.05.2016): Geologisches, Hydrogeologisches und Numerisches Modell für das Umfeld der Produktions- und Haldenstandorte des Werkes Werra, Teilgebiet 1: Hattorf / Unterbreizbach, Erfassung von aktuellen Quellaustritten im erweiterten Umfeld der ESTA Rückstandshalde Hattorf, Werk Werra, K+S KALI GmbH.

U10 Prof. Büchel & Engelhardt, Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena (15.05.2018): Quellkartierung am Werk Werra, Standort Hattorf, K+S KALI GmbH.