

Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf) - Phase 3

Band 3.18.2E3 der Antragsunterlage

Haldenerweiterung HA, AP 4.5: Monitoringkonzept

Vorhabenträger:

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



Arbeitsgruppe:

M. Eng. Andreas Fischer
Dr. Jan-Peter Schleinig
Dipl.-Ing. Christian Artschwager
B. Eng. Michael Schwarz
K+S KALI GmbH
34131 Kassel



Michael Schwarz

Leiter Ingenieurvermessung Halden



Christian Artschwager

Sachgebietsleiter Geotechnik

Impressum

Fassung vom April 2024

Ansprechpartner: Andreas Fischer

Telefon: +49(6620)79-3073

Fax: +49(6620)79-3072

e-Mail: Andreas.Fischer@k-plus-s.com

Web: www.kpluss.com

Ergebnisse im Überblick:

Die Beobachtung des Verhaltens der Haldenböschung und des Vorfelds erfolgt durch 4 Beobachtungsstrategien:

- Permanente Überwachung mittels online GNSS Messstationen
- Flächenmäßige Überwachung des Randbereichs mittels Laserscanner
- Überwachung der Bewegungen im Untergrund mittels Inklinometer-Messstellen
- Beobachtung **je** einer Abstandsmesslinie zur frühzeitigen Erkennung von Bewegungen in Richtung des benachbarten FFH-Gebietes bzw. im Vorland der Bestandshalde (Stationsbereich +450 bis +250).

Die festgestellten Veränderungen werden mit den aus gutachterlichen Prognosen abgeleiteten Überwachungswerten verglichen und die Beschüttung so gesteuert, dass die Bewegungen im Haldenvorland minimiert werden und sich auch in der Nachbetriebsphase auf die Vorhabensfläche beschränken.

Für den südlichen Anbindungsbereich an die Bestandshalde (ABB) wird eine zeitlich gestreckte Beschüttung mit begleitendem Monitoring und hinterlegten Maßnahmenkonzept umgesetzt. Die Herleitung der in der Beschüttungsphase anzuwendenden Überwachungswerte erfolgt im Zuge einer Adaptierungsphase vor Beschüttungsbeginn des Anbindungsbereichs.

Werk Werra
Standort Hattorf

Haldenerweiterung HA AP 4.5: Monitoringkonzept

April 2024

Bearbeiter:
M. Eng. Michael Schwarz
Dipl.-Ing. Christian Artschwager



K+S Minerals and Agriculture GmbH
34131 Kassel

Inhaltsverzeichnis:

1	Grundlagen des Monitoringkonzeptes	3
2	Ziel des Monitoringkonzeptes	4
3	Eingesetzte Messverfahren und geplante Messungen	5
3.1	Permanentmessstationen (PMS)	5
3.2	Flächenmäßige Überwachung des Haldenrandbereiches	6
3.3	Inklinometer-Messungen	7
3.4	Abstandsmesslinien (AML)	8
4	Überwachungs- und Maßnahmenkonzept	9
4.1	Beschüttung der 3 Schütteebenen	9
4.2	Überwachungswerte zur Steuerung der 3 Schütteebenen	10
4.3	Überwachungswerte zum Schutz des FFH-Gebietes	12
4.4	Überwachung der Bestandshalde im südlichen Anbindungsbereich	12
4.5	Maßnahmen	13
5	Informationskette, Berichtswesen	13
5.1	Monatlicher Bericht der Bestandshalde im südlichen Anbindungsbereich .	14
5.2	Quartalsberichte	14
6	Zusammenfassung	16
7	Quellenverzeichnis	17

Anlagen

Anlage 1	geplante Haldenerweiterungsfläche mit Lage der Messeinrichtungen gemäß Monitoringkonzept
----------	--

1 Grundlagen des Monitoringkonzeptes

Im Rahmen der geplanten Erweiterung der Halde Hattorf sind die Auswirkungen der Haldenschüttungen auf die Umgebung zu beobachten und messtechnisch zu erfassen. Auf der Grundlage der in gutachterlichen Bewertungen prognostizierten Standsicherheit des Haldenkörpers und dessen Auswirkungen auf das unmittelbare Haldenumfeld ist durch entsprechende Beobachtungs- und Messmethoden das reale Verhalten der Haldenböschung und des Haldenvorlandes räumlich und zeitlich zu bestimmen. Der Vergleich der Messergebnisse mit den aus gutachterlichen Prognosen für standsichere und umfeldverträgliche Verhältnisse abgeleiteten Überwachungswerten liefert die Grundlage für eine sichere Aufhaltung. Sich andeutende, signifikante Überschreitungen dieser Werte können rechtzeitig erkannt und mit der Steuerung der Haldenschüttung entsprechend reagiert werden. Gegebenenfalls kann eine zeitgerechte, gutachterliche Neubewertung erfolgen. Die dazu notwendigen Beobachtungsmethoden und Überwachungswerte werden in einem Monitoringkonzept zusammengefasst und konzentrieren sich auf in situ-Messungen nach dem jeweiligen Stand der Technik. Im Abschnitt 3 werden die derzeit angewandten Methoden beschrieben.

Die Rückstandhalde Hattorf wird seit 1996 auf Bewegungen im Haldenvorland überwacht. Zu diesem Zweck wurden Bodenpunkte entlang von Profillinien vermarktet und tachymetrisch beobachtet sowie Bohrungen eingerichtet, die mittels Inklinometer-Sonden regelmäßig bis zu 30 m Teufe auf Neigungsänderungen untersucht wurden. Seit Ende 1999 wurden horizontale Verschiebungen im Haldenvorland und Neigungsänderungen innerhalb der Bohrungen nachgewiesen. Aufgrund größerer Verschiebungen und Hebungen im Haldenvorland durch die Sondersituation an der Süd-West-Flanke wird die Haldenflanke an der genehmigten Aufhaltungsgrenze seit 2014 im Regelbetrieb mittels Laserscanner flächendeckend beobachtet [1]. Aus Oberflächenvergleichen der Scannerdaten können für jeden Haldenabschnitt Hebungen und Verschiebungen der Haldenflanke und des Haldenvorlandes ausgewiesen werden. Die flächendeckenden Messungen ersetzen inzwischen die Beobachtung der einzelnen Messpunkte in den Profilkpunkten. Das Laserscan-Messverfahren wird im Abschnitt 3.2 ausführlich beschrieben.

Zur schnellen Erfassung und zeitnahen Analyse des Bewegungsverhaltens im Haldenvorland, ursprünglich veranlasst durch die Sondersituation an der Süd-West-Flanke, werden seit Oktober 2016 Permanentmessstationen zur täglichen Überwachung eingesetzt. Permanentmessstationen befinden sich in Bereichen mit besonderem Fokus des Monitorings an der Bestandshalde sowie im regelmäßigen Abstand von rd. 50 m entlang der Endkontur der Haldenerweiterung. Dieses Messverfahren wird im Abschnitt 3.1 vorgestellt.

Die bisher festgestellten Bewegungsgrößen werden mit den Werten verglichen, die sich aus gutachterlichen Modellrechnungen zur Feststellung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit ergaben. Als Ergebnis dieser gutachterlichen Modellierungen zeigten sich mögliche horizontale und vertikale Verformungen im Haldenvorland, ohne dass die Standsicherheit der Haldenböschung gefährdet wird.

Die nicht mehr in Betrieb befindliche, verdämmte Gasleitung Nr. 9506 südlich der Halde wird seit der Außerbetriebnahme im Sommer 2018 nicht mehr beobachtet. Die vor der ehemaligen Gasleitung liegende südliche Haldenflanke wird aber weiter punktuell permanent und flächendeckend überwacht.

2 Ziel des Monitoringkonzeptes

Die Aufgabe des bisherigen Monitorings war die Dokumentation der Veränderungen an der Halde und dem Haldenvorland sowie die Gewährleistung des sicheren Betriebes der benachbarten Gasleitungen. Dem neuen, für die Haldenerweiterung weiterentwickelten Monitoringkonzept kommt zusätzlich die Aufgabe zu, die Beschüttung der verschiedenen Schütteebenen so zu steuern, dass die Bewegungen im Haldenvorland minimiert werden und sich auf die Vorhabensfläche beschränken. Dies wird in der Phase 1 bis 2 der laufenden Haldenerweiterung bereits in Erfüllung der Nebenbestimmungen 4.4 des Planfeststellungsbeschlusses 2018 (Az: 34/HEF-76 d 40-11-314-30/717) umgesetzt, die Ergebnisse werden im Rahmen des Berichtswesens (siehe Kapitel 5) dokumentiert und bewertet.

Das Monitoringkonzept zur Überwachung der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Phase 3 lehnt sich eng an das Konzept der planfestgestellten Phase 1 für die Überwachung der Schütteebenen an (siehe Band 3.18.2E [des Rahmenbetriebsplans \(RBP\) „Nachhaltiges Rückstandsmanagement am Standort Hattorf \(Haldenerweiterung Hattorf\)“ Phase 4](#), Stand 05/2018). Die Beobachtung des Verhaltens der Haldenböschung und des Vorfelds erfolgt durch folgende Beobachtungsstrategien:

- **Permanent messende Punkte** an der beantragten endgültigen Aufhaldungsgrenze [und angrenzend an der Bestandshalde bis zu Haldenstation +250](#) zur unmittelbaren zeitnahen Erfassung anlaufender Bewegungen
- **Flächendeckende Erfassung** der Haldenböschung und des Haldenvorlandes zur engmaschigen Erfassung von Bereichen mit abweichenden Bewegungsmuster an der Halde und möglichen Hebungen im Haldenvorland
- **Neigungsmessungen in Bohrlöchern** zur Erfassung möglicher Abschiebehorizonte

- **Beobachtung der Abstandsmesslinie** im Bereich des an die Aufhaldungsgrenze angrenzenden FFH-Gebietes **sowie Beobachtung der Abstandsmesslinie im Anbindungsbereich an die Bestandshalde**
- **Festlegung von Überwachungswerten und definierten Maßnahmen** zur Begrenzung der Aufhaldung bei Überschreitung der Werte
- **Begrenzte Aufhaldungsmengen** - im Anbindungsbereich an die Bestandshalde (im Umkreis von 150m um die Haldenstation +450) wird die Aufhaldungsmenge auf ca. eine Mio. t p.a. begrenzt. Hiermit wird ein längerer Zeitraum für das Monitoring und somit ein frühzeitiges Erkennen von etwaigen Auswirkungen auf die Bestandshalde ermöglicht

3 Eingesetzte Messverfahren und geplante Messungen

3.1 Permanentmessstationen (PMS)

Für die zeitnahe Erfassung anlaufender Bewegungen und von Geschwindigkeitsänderungen im Bereich der Phase 2, ~~3 und in dem daran angrenzenden Bereich der Bestandshalde im Südwesten Haldenstation +250 bis +450~~ wird das Netz bestehender Permanentmessstationen erweitert. Analog zur Phase 1 werden die Permanentmessstationen entlang der geplanten Haldenendkontur im regelmäßigen Abstand von rd. 50 m angrenzend an den Haldenrandweg an der haldenabgewandten Seite eingerichtet. Im September 2016 wurden die ersten 4 Messstationen ~~der Firma Alberding~~ an der Halde eingerichtet, die Stand ~~April 2024 November 2021~~ auf inzwischen ~~34~~ 35 Messstationen erweitert wurden. Diese GNSS-Messstationen erfassen und speichern Satelliten-Navigationsdaten über mehrere Stunden und senden diese automatisch zur Auswertestation. Auf diese Weise stehen für jede Messstation tagesaktuelle Verschiebungsdaten zur Verfügung. Die Genauigkeit der Veränderungsdaten ist deutlich besser als 1 cm. Die festgestellten Bewegungsraten der einzelnen Messstationen werden mit den aus den gutachterlichen Modellierungen abgeleiteten Überwachungswerten verglichen und bewertet. Die Lage der geplanten Permanentmesspunkte ist in Anlage 1 dargestellt.

Generell ist das beschriebene Beobachtungsziel einer täglichen und präzisen Einzelpunktüberwachung ebenso mit anderen Messsystemen, ~~wie zum Beispiel automatisch messender Tachymeterstationen~~ möglich. Eine Überwachung mit einem alternativen Messsystem gleicher oder höherer Eignung wird abhängig vom ~~Stand der Technik-Kennniszuwachs~~ geprüft und gegebenenfalls ~~eingesetzt angepasst~~.

3.2 Flächenmäßige Überwachung des Haldenrandbereiches

Zur flächenmäßigen Überwachung des Haldenrandbereiches wird ein Laserscanner eingesetzt. Das Messverfahren wird in den „Grundsätzen zum Einsatz von luftgestützten und terrestrischen Laserscannerverfahren im Bergbau“ des Deutschen Markscheidevereins (DMV 2008: 6) wie folgt beschrieben:

„Ein Laserscanner misst Strecken und Winkel durch kontrollierte Ablenkung eines Laserstrahls mit hoher Geschwindigkeit in einem vorgegebenen Bereichsfenster zu beliebigen Oberflächen in einem vorgegebenen Raster. Das Messen einzelner ausgewählter Punkte ist nicht möglich. Das Laserscanning ist ein Polar-Messverfahren. Für jeden Messpunkt werden aus den Messungen (~~zwei~~-2 Winkel und ~~eine~~-4 Strecke) lokale kartesische Koordinaten (x,y,z) abgeleitet. Zusätzlich steht für jeden Messpunkt ein „Re~~e~~missionswert“ (i) zur Verfügung, der die Reflektivität des Objektes beschreibt. Falls der Scanner über eine kalibrierte Digitalkamera verfügt, können zu jedem Messpunkt RGB-Farbwerte gespeichert werden. Ein erstes Ergebnis ist eine einfärbare dreidimensionale Punktwolke, deren Dichte durch die eingestellte Auflösung des Scanners bestimmt wird. Die Einfärbung kann aufgrund der gemessenen Intensität, der RGB-Farbwerte oder der Höhe erfolgen. Anhand dieser visualisierten Punktwolke ist bereits vor Ort eine erste Kontrolle der Messergebnisse möglich“ [2].

Mit dieser Messtechnik wird der Bereich der Haldenböschung, des Haldenrandgrabens, des Halden-Befahrungsweges und des Haldenvorlandes mit Millionen von Messpunkten erfasst. Die Punktwolken der einzelnen Instrumentenstandpunkte werden in einem örtlichen System zusammengeführt und anschließend mittels der in Abschnitt 3.1 genannten Permanentstationen als Passpunkte ~~oder~~ GPS ~~gestützt~~ in ein einheitliches Koordinatensystem überführt. Anschließend werden aus den Punktwolken Flächenmodelle generiert. Die Flächenmodelle der verschiedenen Messepochen werden miteinander verglichen. Mit diesem Verfahren können Höhenänderungen ab 6 cm signifikant nachgewiesen werden. Ab einer Höhenänderung von etwa 3 cm können Tendenzen interpretiert werden. Aus diesen Flächenmodellen wird ein überhöhter Längenschnitt entlang des Halden-Befahrungsweges erstellt, auf dem die Höhenänderungen des Befahrungsweges abgelesen werden können. Die Lage-Zuordnung innerhalb des Längenschnittes erfolgt über Stationierungspunkte entlang des inneren Haldenrandweges, die einen Abstand von 100 m aufweisen. Diese Stationierungspunkte starten an der Landesgrenze Hessen / Thüringen und werden Richtung Hessen positiv gezählt und Richtung Thüringen negativ. Am Halden-Befahrungsweg stehen Schilder mit diesen Stationsbezeichnungen.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, Querprofile vom Haldenvorgelände bis zur Haldenböschung zu generieren, um die Veränderungen darzustellen. Daraus lassen sich horizontale und vertikale Veränderungen ablesen.

Bei der Auswertung von ~~Scannerpunktwolken~~ Punktwolken der einzelnen Messepo-chen können markante Punkte am Rinnensystem als diskrete Deformationspunkte ausgewertet werden. Ab 4 cm können Lage- und Höhenänderungen dieser Deforma-tions-Messpunkte signifikant nachgewiesen werden, ab 2 cm ist es möglich erste Be-wegungstendenzen zu interpretieren.

Als Ergebnisse dieser Auswertung werden signifikante Veränderungen in einem Grundriss aufbereitet und die Verschiebungsraten im Bereich des Haldengra-bens/Haldenrandgrabens sowie die Verschiebungsraten der Permanentmessstatio-nen dargestellt. Die maximalen Veränderungen werden mit den aus den gutachterli-chen Modellierungen abgeleiteten Überwachungswerten verglichen und bewertet.

~~Die Scannermessungen werden~~ Das terrestrische Laserscanning (TLS) wird alle drei Monate an der genehmigten Aufhaldungsgrenze und den temporären Endkonturen der Erweiterungsabschnitte ausgeführt. Im südlichen Anbindungsbereich (Haldenstatio-nen +250, +300, +350, +400 und +450) erfolgt die Messung monatlich. Alte Bö-schungsbereiche, die nicht weiter beschüttet werden und nach der Einstellung der Be-schüttung über ein Jahr keine signifikanten Veränderungen zeigen, gehen in einen 6 monatlichen halbjährlichen Beobachtungs-Zyklus über.

Anstelle des beschriebenen Einsatzes eines statisch messenden Laserscanners sind in Zukunft auch andere Messverfahren denkbar, um die flächenhafte Überwachung des Haldenrandbereiches in gleicher Qualität zu gewährleisten.

3.3 Inklinometer-Messungen

Inklinometer-Messstellen sind vertikale Bohrungen mit einer Teufe von 30 m im Haldenrandbereich, die entweder mit einer mobilen Inklinometer-Messsonde befahren und vermessen werden oder mit einem stationären Ketten-Inklinometer ausgestattet sind. Diese Inklinometer dienen zur Registrierung von Neigungen in verschiedenen Teufenbereichen. Veränderungen der Neigungswerte im Inklinometer dokumentieren die Lage und die Bewegungsraten möglicher Verschiebungshorizonte im Untergrund. Die Genauigkeit dieser Messungen ermöglicht den signifikanten Nachweis von Ver-schiebungen ab 1 cm. Signifikante Veränderungen von über 1 cm zeigen in einem Di-agramm die Teufe von möglichen Verschiebungshorizonten, zusätzlich wird die Ver-schiebungsrates bestimmt.

Die zurzeit noch aktiven Inklinometer-Messstellen Nr. 12, 13, 20, 25 und 26 in Hessen, sowie 7 in Thüringen werden zunächst weiter wie bisher vermessen und bewertet. Die

Inklinometer-Messstelle 26 wird im Zuge der späteren Flächenvorbereitung für die geplante Phase 3 zurückgebaut werden und entfällt als Messstelle.

Nach Beginn der Beschüttung auf die genehmigte Erweiterungsfläche der Phase 1 wurden an deren Nord-Flanke drei neue Inklinometer-Messstellen eingerichtet (INK15, INK16 und INK17). In diesem Bereich erreicht die Haldenböschung mit der Planung für die Phase 3 die größte Höhe über Gelände.

Nordwestlich der geplanten Phase 2 wird an der Endkontur der gesamten Haldenerweiterung (Phase 1 bis 3) eine weitere neue Inklinometer-Messstelle eingerichtet (INK18). An dieser Stelle nähert sich die Halde am nächsten an die Leitungstrasse der Verbundleitung NeuhoF-Hattorf und der Erdgasleitungen 9545 und 9546 an. In der hier **gegenständlichen** Phase 3 der Haldenerweiterung erfolgt die Annäherung an die beantragte südliche Aufhaltungsgrenze angrenzend an das FFH-Gebiet. Vor dem Erreichen dieser Grenze wird frühzeitig eine zusätzliche Inklinometer-Messstelle vor dem südlich angrenzenden FFH-Gebiet eingerichtet (INK19) und beobachtet.

Die Lage aller aktuell bestehenden und der geplanten Inklinometer-Messstellen, ist in dem Übersichtsplan Anlage 1 dargestellt.

Weitere Inklinometer sind zunächst nicht geplant, können aber in Bereichen auffälliger Bodenbewegungen eingerichtet werden, wenn es für die Interpretation von auffälligen Verschiebungen der Permanentmessstationen oder aus den Laserscanner-Daten notwendig erscheint.

Die Inklinometer-Messungen erfolgen zunächst alle 3 Monate. Zeigen die Inklinometer-Auswertungen signifikante Veränderungen gehen die Messungen in einen monatlichen Beobachtungs-Zyklus über. Die Auswertung erfolgt durch Darstellung der Veränderungen in Diagrammen.

3.4 Abstandsmesslinien (AML)

Aufgrund der horizontalen und vertikalen Verformungen an der Süd-West-Flanke der Bestandshalde, die über den Erfahrungen und Messergebnissen in den übrigen Bereichen der ESTA-Rückstandshalde Hattorf liegen, wird zum zusätzlichen Schutz des FFH-Gebietes **und des Anbindebereiches an die Bestandshalde** im Bereich des nordwestlich zum FFH-Gebiet verlaufenden Forstweges **sowie im Abstand von ca. 35 m den Stationsbereich +625 bis +500 begleitend** mit Beginn der Phase 3 der Haldenerweiterung **je** eine Abstandsmesslinie mit diskreten Messpunkten eingerichtet. Der erste Messpunkt liegt mindestens 100 m vor dem FFH-Gebiet in Richtung der Halde, der Abstand zwischen den Messpunkten beträgt maximal 15 m. Diese Abstandsmesslinie wird nach **Beschüttungsbeginn dem Beginn der Beschüttung** der geplanten Phase 3 alle zwei Monate tachymetrisch beobachtet. Horizontale Veränderungen ab 1 cm

zeigen signifikante Verschiebungen, vertikale Veränderungen sind ab 2 cm signifikant. Im Zuge der notwendigen Flächenvorbereitung zur Errichtung des Systems Basisabdichtung, entfallen die am nächsten an der Halde liegenden Punkte entsprechend ~~des Haldenfortschritts~~ dem Fortschritt der Halde.

Die Lage der geplanten Abstandsmesslinien ist in Anlage 1 dargestellt (FFH- Abstandsmesslinie & ABB- Abstandsmesslinie). Darüber hinaus sind noch drei weitere Abstandsmesslinien auf der Thüringer Seite der Halde mit dargestellt, die zwischen 2006 – 2020 eingerichtet wurden und tachymetrisch oder per Satelliten-Navigation (GNSS) alle drei Monate beobachtet werden.

Anstelle des beschriebenen Einsatzes eines Tachymeters oder per GNSS sind in Zukunft auch andere Messverfahren denkbar, um die Lage und Höhe der zu den Abstandsmesslinien gehörigen Einzelpunkte in vergleichbarer Qualität zu bestimmen.

4 Überwachungs- und Maßnahmenkonzept

Die Beschüttung der beantragten Haldenerweiterung erfolgt durch die zeitlich abgestufte Auffahrung von drei Schütteebenen, die an die Einhaltung von Überwachungswerten gebunden sind. Die Einführung dieser Werte dient dazu, die Beschüttung der Erweiterungsflächen frühzeitig zu beobachten und so zu steuern, dass:

- die im Gutachten zur Gebrauchstauglichkeit Band 3.18.1E3 ausgewiesenen Bewegungen bzw. die Ergebnisse der rechnerischen Nachweise eingehalten werden,
- signifikante Bewegungen außerhalb der Vorhabensgrenze vermieden werden.

4.1 Beschüttung der 3 Schütteebenen

Die Beschüttung der gesamten Haldenerweiterungsfläche erfolgt in drei Phasen, die in drei Schütteebenen aufgefahren werden:

- Schütteebene 1:
Beschüttung bis zu einer Höhe von ca. 100 m über dem ursprünglichen Gelände im Regelfall, mindestens jedoch 80 m,
- Schütteebene 2:
Beschüttung bis ca. 480 m über NN unter Einhaltung einer ca. 100 m breiten Berme zur Schütteebene 1,

- Schüttebene 3:
Beschüttung bis ca. 520 m über NN auf der Schüttebene 2.

Mit der genehmigten und weitgehend abgeschlossenen Phase 1 wird wegen der grundrisspezifischen Haldengeometrie im Wesentlichen nur die Schüttebene 1 umgesetzt werden können. Für die geplante Phase 2 wird ausschließlich eine Beschüttung der Schüttebene 1 beantragt. Erst mit der gegenständlichen Phase 3 beginnt die Entwicklung der oberen Schüttscheiben. Im Folgenden wird das Schüttebenen bezogene Überwachungs- und Maßnahmenkonzept beschrieben.

Zunächst wird die Halde von der untersten Schüttebene bis 100 m über dem ursprünglichen Gelände aufgefahren und entsprechend dem oben genannten Konzept beobachtet.

Überwachung der Schüttebene +480 m NN

Nach Auffahrung der ersten Schüttebene bis an die beantragte Aufhaldungsgrenze wird das Haldenvorland in diesen Bereichen mittels der Permanentmessstationen und der flächendeckenden Überwachung für zunächst **drei 3** Jahre beobachtet. Vor der Freigabe der weiteren Beschüttung in Richtung der Aufhaldungsgrenze von der Schüttebene +480 m NN beträgt die Bermenbreite mindestens 200 m in Richtung der beantragten Aufhaldungsgrenze. Die Freigabe zur Reduzierung der Bermenbreite auf 100 m erfolgt, wenn die in Abschnitt 4.2 genannten Überwachungswerte eingehalten werden.

Überwachung der Schüttebene +520 m NN

Nach der Reduzierung der Bermenbreite auf der Schüttebene 1 auf 100 m wird das Haldenvorland an der beantragten Aufhaldungsgrenze der Halde mittels der Permanentmessstationen und der flächendeckenden Überwachung für weitere **drei 3** Jahre beobachtet. Vor der weiteren Beschüttung in Richtung der Aufhaldungsgrenze von der Schüttebene +520m über NN wird eine Berme auf der +480 m über NN Ebene von mindestens 100 m in Richtung der beantragten Aufhaldungsgrenze eingehalten. Die Freigabe zur Beschüttung der oberen Berme erfolgt, wenn die in Abschnitt 4.2 genannten Überwachungswerte eingehalten werden.

4.2 Überwachungswerte zur Steuerung der 3 Schüttebenen

Grundlage zur Festlegung der Überwachungswerte sind die gutachterlichen Prognosen im Rahmen der Beurteilung von Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der geplanten Haldenerweiterung durch den geotechnischen Sachverständigen. Für den Zeitraum der Beschüttung ist als Überwachungswert eine maximale Bewegungsrate

von 20 cm/a fixiert. Bei deren Überschreitung wird die Beschüttung im betroffenen Haldenbereich zunächst eingestellt.

Für die Auffahrung der Schütteebenen wurden im Band 3.18.2E des RBP ~~der~~ Phase 1, Stand 05/2018 in Richtung der Aufhaldungsgrenze temporäre Bermen mit Breiten von 100 m zwischen den Schütteebenen und eine sich anschließende ~~drei~~ 3 jährige Beobachtungszeit vorgegeben.

Die Freigabe zur Reduzierung der Bermenbreite in Richtung der Aufhaldungsgrenze erfolgt nur dann, wenn an den Permanentmessstationen am inneren Haldenrandweg über einen Zeitraum von ~~drei~~ 3 Jahren folgende Grenzwerte und Bedingungen eingehalten wurden:

- weniger als 45 cm Gesamtverschiebung,
- die Verschiebungsrate im letzten Jahr weniger als 15 cm beträgt,
- bei einer Bewegungsrate zwischen 10 und 15 cm im letzten Jahr, müssen diese im gleichen Zeitraum eine abklingende Tendenz zeigen und
- die flächendeckende Überwachung darf in den Bereichen zwischen den Permanentmessstationen keine Anomalien mit größeren Verschiebungsraten zeigen.

Nach jeder Freigabe werden die Daten der Permanentmessstationen weiter ausgewertet.

Bei diesen Überwachungswerten wird davon ausgegangen, dass während der Beschüttung tatsächlich Bewegungsraten in der Größenordnung des Überwachungswertes auftreten. Die temporäre Unterbrechung der Beschüttung ermöglicht dann, dass nach der Lastaufbringung die Bewegungsraten auf deutlich niedrigere Werte abklingen können, um so eine weitere Beschüttung der Bermen ~~zur~~ in Richtung der Aufhaldungsgrenze zu ermöglichen.

Das Verformungsmonitoring im Zeitraum der Beschüttung ~~für die Phase 1~~ der Haldenerweiterung Hattorf zeigt allerdings Bewegungsraten deutlich unterhalb 20 cm/a in einer Größenordnung, die somit bereits die Überwachungswerte für das Ende der bisher festgelegten dreijährigen Beobachtungszeit unterschreiten.

Deswegen kann das Monitoringkonzept für die Phase 3, abgestimmt mit dem geotechnischen Sachverständigen, wie folgt ergänzt werden:

Auf die drei Jahre Wartezeit kann verzichtet werden, wenn an den Permanentmessstationen am inneren Haldenrandweg während der Beschüttung die festgestellten Bewegungsraten:

- stets unter 15 cm/a und
- zwischen 10 und 15 cm/a bei gleichbleibender oder abklingender Tendenz liegen

Wird während der Reduzierung der Bermenbreite eine Bewegungsrate größer 15 cm/a festgestellt, wird die Beschüttung in diesem Bereich zunächst eingestellt und es gelten die Bedingungen der o. g. Beobachtungszeit von 3 Jahren ohne weitere Beschüttung.

4.3 Überwachungswerte zum Schutz des FFH-Gebietes

Zum Schutz des FFH-Gebietes an der südlichen Begrenzung des Vorhabengebietes wird die **FFH**- Abstandsmesslinie ab Beginn der Phase 3 bereits vor der aktiven Haldenböschung auf dem Gebiet der Erweiterungsfläche beobachtet. Wenn an Punkten, die näher als 100 m vor dem FFH-Gebiet liegen Bewegungsraten von mehr als 15 cm/a festgestellt werden, wird die Beschüttung in diesem Bereich zunächst eingestellt

4.4 Überwachung der Bestandshalde im südlichen Anbindungsbereich

Damit Auswirkungen der Haldenerweiterung auf die Bestandshalde frühzeitig erkannt und vermieden werden können, werden für den Bestandhaldenbereich der Haldenstation +450, +400, +350, +300 bis +250 adaptive Überwachungswerte für TLS, PMS und eine ABB- Abstandsmesslinie sowie ein darauf angepasstes Schüttkonzept im Beschüttungsabschnitt ABB eingeführt.

Als adaptive Überwachungswerte werden zeitabhängige Prognosen zu den horizontalen und vertikalen Verschiebungsgeschwindigkeiten verstanden. Diese werden auf Grundlage der bisher vorliegenden Messreihen sowie der ergänzenden TLS-Messungen im Zuge der Haldenerweiterung Phase 3 entwickelt, die gemäß Kap. 2 ab dem 3. Quartal 2024 monatlich durchgeführt werden. Sie entsprechen Hüllkurven zu den stationsbezogenen Messwertverläufen, bei deren Festlegung die Schwankungen und Genauigkeiten der Messwerte berücksichtigt werden. Die Beschüttung im Anbindungsbereich (ABB) erfolgt in einem Radius von 150 m um die Haldenstation +450 in dem zugeschnittenen Beschüttungsabschnitt ABB. Dieser in der ersten Schüttebene ca. vier Mio. Tonnen Rückstandssalz umfassende Schüttabschnitt wird in vier flächengleichen Abschnitten innerhalb von vier Jahren beschüttet. Liegen die im Jahresvergleich ermittelten Messwerte oberhalb der adaptiven Überwachungswerte, wird die Beschüttung in diesem Bereich zunächst eingestellt.

Die Umsetzung des Monitoring- und Maßnahmenkonzepts und die Festlegung der adaptiven Überwachungswerte erfolgen abgestimmt mit dem geotechnischen Sachverständigen. Die adaptiven Überwachungswerte werden der Genehmigungsbehörde vor Beginn der Beschüttung des Anbindungsbereichs zur Bestätigung/ Zulassung übergeben.

4.5 Maßnahmen

Nach Einstellung der Beschüttung in Bereichen überschrittener Überwachungswerte wird dem schon in Bewegung geratenem System keine weitere Last mehr zugeführt. Gleichzeitig ändert sich die Geometrie der Haldenböschung durch Kompaktion in der Art, dass Höhe und Neigung der Haldenböschung abnehmen. Infolgedessen werden sich die Bewegungen nach einer Übergangsphase langsam reduzieren, was den bisherigen Erfahrungen aus den Monitoring-Ergebnissen und den Ergebnissen der Modellierungsrechnungen entspricht (Vergleiche Band 3.18.1E3). Die weitere Entwicklung der Bewegungsraten wird gemeinsam mit dem geotechnischen Sachverständigen sowie unter fachlicher Beteiligung der zuständigen Behörde beobachtet, bewertet und über das weitere Vorgehen entschieden.

5 Informationskette, Berichtswesen

Die Daten der Permanentmessstationen werden arbeitstäglich auf Plausibilität geprüft. Zur Erstellung ~~der Berichte des Quartalsberichtes~~ werden alle flächendeckenden und alle punktuellen Messdaten ausgewertet und in übersichtlicher Form mit Angabe der maximalen Bewegungsraten aufbereitet. Auf Basis dieser Berichte vergleicht der geotechnische Sachverständige die rechnerischen Analysen mit den aktuellen Messergebnissen und kalibriert gegebenenfalls die rechnerischen Analysen mit den anfallenden Messdaten (entsprechend NB 4.4.1 des PFB 2018, AZ: 34/HEF-76 d 40-11-314-30/717 sowie NB 4.4.1 des PFB 2023, AZ: 34/HEF-76 d 40-11-314-67/305). Der geotechnische Sachverständige wertet die Daten ebenso wie im Berichtszeitraum gemeldete besondere Beobachtungen aus und bestätigt schriftlich die Einhaltung der rechnerischen Analyse beziehungsweise benennt daraus abgeleitete Änderungen für den Umfang des weiteren Monitorings. ~~Der Monitoringumfang umfasst die Art, die Häufigkeit und die Genauigkeit der Monitoringmaßnahmen (NB. 4.4.4 und 4.4.6 des PFB 2018).~~

5.1 Monatlicher Bericht der Bestandshalde im südlichen Anbindungsbereich

Das Monitoring umfasst die Ergebnisse der unter 4.4 genannten Maßnahmen im Bereich der Haldenstationen +450, +400, +350, +300 bis +250. Die Messdaten werden in Lage und Höhe in der 365-Tages sowie 100-Tages Rate ausgewertet und zusammengefasst dem Sachverständigen übersendet.

Der Sachverständige bestätigt schriftlich den Erhalt der Messdaten und die Einhaltung der adaptiven Überwachungswerte.

Bei Überschreitung der adaptiven Überwachungswerte in der 100-Tages Rate:

- bewertet der geotechnische Sachverständige die Messergebnisse in Form einer Stellungnahme, die an die Adressaten der Quartalsberichte verteilt wird und gibt darin Empfehlungen zum weiteren Vorgehen,
- nach einer entsprechenden Bewertung und Empfehlung des geotechnischen Sachverständigen entscheidet der Leiter Haldenbetrieb vorbehaltlich der abschließenden Festlegung durch die Genehmigungs-/ Bergbehörde über den Fortgang bzw. die Einstellung der Beschüttung.

Bei Überschreitung der adaptiven Überwachungswerte in der 365-Tages Rate:

- wird der Leiter Haldenbetrieb unmittelbar darüber informiert, um die Beschüttung im betroffenen Bereich einzustellen,
- bewertet der geotechnische Sachverständige die Messergebnisse in Form einer Stellungnahme, die an die Adressaten der Quartalsberichte verteilt wird und gibt darin Empfehlungen zum weiteren Vorgehen.

Eine Wiederaufnahme der Beschüttung nach Einstellung ist in diesem Bereich nur dann möglich, wenn die adaptiven Überwachungswerte erneut eingehalten werden und die Genehmigungsbehörde der Wiederaufnahme zustimmt.

5.2 Quartalsberichte

Die Quartalsberichte beinhalten die Ergebnisse des Monitorings. Dies umfasst in Art, die Häufigkeit und die Genauigkeit der Maßnahmen (NB. 4.4.4 und 4.4.6 des PFB 2018) sowie eine Zusammenfassung der Messergebnisse der monatlichen Berichte der Bestandshalde im südlichen Anbindungsbereich.

~~Zur Erstellung des Quartalsberichtes werden alle flächendeckenden und alle punktuellen Messdaten ausgewertet und in übersichtlicher Form mit Angabe der maximalen Bewegungsraten aufbereitet. Auf Basis dieser Quartalsberichte vergleicht der geotechnische Sachverständige die rechnerischen Analysen mit den aktuellen Messergebnissen und kalibriert gegebenenfalls die rechnerischen Analysen mit den anfallenden Messdaten (entsprechend NB 4.4.1 des PFB 2018, Az: 34/HEF-76-d 40-11-314-30/717). Der geotechnische Sachverständige wertet die Daten ebenso wie im Berichtszeitraum gemeldete besondere Beobachtungen aus und bestätigt schriftlich die Einhaltung der rechnerischen Analyse beziehungsweise benennt daraus abgeleitete Änderungen des weiteren Monitoringumfangs. Der Monitoringumfang umfasst die Art, die Häufigkeit und die Genauigkeit der Monitoringmaßnahmen (NB 4.4.4 und 4.4.6 des PFB 2018).~~

Zusammen mit der Stellungnahme des Sachverständigen wird der Quartalsbericht an die zuständigen internen Stellen digital ~~im PDF-Format~~ verteilt. In Papierform erfolgt die Weitergabe des Quartalsberichts und der Stellungnahme des geotechnischen Sachverständigen an das Dezernat Bergaufsicht des Regierungspräsidiums Kassel. ~~Jährlich zum 31.03. des Folgejahres ergeht ein zusätzlicher Bericht über das Monitoring an das Dezernat Bergaufsicht des Regierungspräsidiums Kassel (NB 4.4.7).~~ Sofern neue ~~Monitoringvorgaben~~ Vorgaben für das Monitoring durch den Sachverständigen oder eine Neukalibrierung der rechnerischen Analyse erfolgen, wird die Bergbehörde ebenfalls informiert.

Bei Überschreitung der Überwachungswerte:

- wird der Leiter Haldenbetrieb unmittelbar darüber informiert, um die Beschütung im betroffenen Bereich einzustellen,
- bewertet der geotechnische Sachverständige die Messergebnisse in Form einer Stellungnahme, die an die Adressaten der Quartalsberichte verteilt wird.

6 Zusammenfassung

Der Haldenrandbereich wird, wie beschrieben, durch ein dichtes Netz von geeigneten Messverfahren umfänglich überwacht. Das vorgestellte Monitoringkonzept für die Haldenerweiterung der Phasen 1 - 3 setzt sich aus den folgenden vier Beobachtungsstrategien zusammen:

- Permanente Überwachung mittels online GNSS-Messstationen.
- Flächenmäßige Überwachung des Haldenrandbereiches mittels Laserscanner.
- Überwachung der Bewegungen im Untergrund mittels Inklinometer-Messstellen.
- Beobachtung ~~einer von zwei~~ Abstandsmesslinien zur frühzeitigen Erkennung von Bewegungen in Richtung des benachbarten FFH-Gebietes **bzw. im Vorland der Bestandshalde (Stationsbereich +450 bis +250)** ab Beginn der Phase 3.

Die festgestellten Veränderungen werden mit den aus gutachterlichen Prognosen abgeleiteten Überwachungswerten verglichen und die Beschüttung so gesteuert, dass die Bewegungen im Haldenvorland minimiert werden und sich auch in der Nachbetriebsphase auf die Vorhabensfläche beschränken. Die Lage aller aktuell bestehenden und geplanten Inklinometer-Messstellen, Permanentmesspunkte und Abstandsmesslinien sind in dem Übersichtsplan der Anlage 1 dargestellt.

Für den südlichen Anbindungsbereich an die Bestandshalde (ABB) wird südlich der Station +600 eine zeitlich über vier Jahre gestreckte Beschüttung mit begleitendem engmaschigem Monitoring und hinterlegten Maßnahmenkonzept umgesetzt. Die Überwachung erfolgt an zusätzlich einzurichtenden Permanentmessstationen im Abstand von 50 m vom Anbindungspunkt der Erweiterung bei Station +450 bis zur Station +250 an der Bestandshalde. Die Herleitung der in der Beschüttungsphase des ABB anzuwendenden Überwachungswerte erfolgt im Zuge einer Adaptierungsphase vor Beschüttungsbeginn des Anbindungsbereichs.

In Auswertung der Messungen oder auch angepasst an die Fortschreibung der Beschüttungsplanung durch den Haldenbetrieb, kann das Monitoringkonzept, in Abstimmung mit dem geotechnischen Sachverständigen, jederzeit angepasst werden.

7 Quellenverzeichnis

[1]

Michael Schwarz (2013): Monitoring-Konzept eines Haldenrandbereichs mittels Terrestrischem Laserscanning. Bachelorarbeit, Hochschule Anhalt in Dessau, eingereicht am 26.08.2013

[2] Deutscher Markscheider-Verein e.V., Arbeitsgruppe Laserscanning (2008): Grundsätze zum Einsatz von luftgestützten und terrestrischen Laserscannerverfahren im Bergbau. Herne.