

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

**Band 3.29.3N3 der Antragsunterlage**

**Technische Machbarkeit der Abdeckung von Plateauflächen und Böschungsflächen der Halde Hattorf**

Vorhabenträger:

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



Bearbeiter:

Benedikt Kalbhenn  
Sachgebietsleiter Haldenabdeckung  
Umwelt Werra  
Hattorfer Straße  
36269 Philippsthal



.....  
Benedikt Kalbhenn  
Sachgebietsleiter Haldenabdeckung



.....  
Fabian Peter  
Projektingenieur Umwelt

## Impressum

Fassung vom 11.03.2022

Ansprechpartner: Benedikt Kalbhenn

Telefon: 06620-79-2022

e-Mail: [benedikt.kalbhenn@k-plus-s.com](mailto:benedikt.kalbhenn@k-plus-s.com)

Web: <http://www.kpluss.com/>



## **Ergebnisse im Überblick:**

### **Konzept der MSO :**

- kombiniertes Verfahren zur Haldenabdeckung aus Oberflächenabdeckung auf dem Haldenplateau und Dünnschichtabdeckung im Sinne der „Technischen Regel Anforderungen an die Verwertung von bergbaufremden Abfällen im Bergbau über Tage“ zur Abdeckung der Haldenflanken
- durch die MSO sollen die Sickerwassereinträge der Rückstandshalde in das Grundwasser, der Haldenwasseranfall und die in die Werra einzuleitenden Wassermengen erheblich reduziert werden
- die MSO führt zu einer signifikanten Erhöhung der speicher- und Pufferwirkung von Wasser an der Haldenoberfläche, einer damit verbundenen Steigerung der Verdunstungsleistung der Haldenoberfläche sowie einer Langzeitstabilität an der Haldenflanke

### **Technische Machbarkeit der MSO:**

- Oberflächenabdeckung stellt den Stand der Technik im Deponiebau dar → erprobtes, nachgewiesenes und langzeitgebrauchstaugliches Abdecksystem
- Konzipierung der Flankenabdeckung auf Basis der Ausführungen der TR Bergbau
- Bereits durch halbtechnischen Versuch am Standort HA erprobt und Eignung nachgewiesen → keine negativen Umweltauswirkungen durch Monitoring feststellbar

### **Auswirkungen der Haldenabdeckung auf die Umwelt:**

- Reduzierung des Haldenwasseranfalls durch deutliche Erhöhung der Evapotranspiration, damit verbunden erfolgt eine Entlastung der Werra sowie des Grundwassers aufgrund einer geringeren Restinfiltration
- eine mögliche sofortige Begrünung der Oberflächenabdeckung wertet den Standort ökologisch auf
- negative Auswirkungen auf das Grundwasser durch die gelösten Inhaltsstoffe (Salz, Schwermetalle, etc.) aus der MSO können ausgeschlossen werden

### **Rechtliche Bewertung:**

- wegen der Inanspruchnahme von Flächen sowohl auf Hessischer als auch auf Thüringer Hoheitsgebiet wird ein Zulassungsverfahren in beiden Ländern durchzuführen sein
- aufgrund der teilweisen Flächeninanspruchnahme des „Grünen Bandes Thüringen“ wird die Errichtung einer Haldenabdeckung innerhalb des Geltungsbereiches des ThürGBG nur mit einer Befreiung durch die Naturschutzbehörde möglich sein
- durch die geringe Flächeninanspruchnahme des „Grünen Bandes Thüringens“ kann die dadurch bedingt gestörte Vernetzungsfunktion mittels Ausgleichspflanzungen wiederhergestellt werden
- nach bisherigem Stand gibt es derzeit keine entgegenstehenden rechtlichen Zulassungshindernisse

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Entwicklung einer geeigneten Oberflächenabdeckung</b>	<b>8</b>
2.1	<i>Oberflächenabdeckung für die Abdeckung der Plateauflächen der Rückstandshalden</i>	8
2.2	<i>Dünnschichtabdeckung zur Abdeckung der Haldenflanken</i>	9
<b>3</b>	<b>Technische Realisierbarkeit einer Haldenabdeckung</b>	<b>15</b>
3.1	<i>Oberflächenabdeckung des Haldenplateaus</i>	15
3.2	<i>Flankenabdeckung</i>	16
3.2.1	Material, Mengenbedarf und Verfügbarkeit	20
3.3	<i>Logistik</i>	23
3.4	<i>Kosten der Maßnahme</i>	23
3.5	<i>Entsorgungsalternativen</i>	24
3.6	<i>Vorfeldbedarf</i>	24
3.7	<i>Instandhaltung</i>	25
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>26</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>27</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Prinzip des Dünnschichtverfahrens	11
<b>Abbildung 2:</b> prognostizierter Haldenwasseranfall der Bestandshalde Hattorf incl. Haldenerweiterung Phase 1-3 mit und ohne Wirkung einer Haldenabdeckung	13
<b>Abbildung 3:</b> Aufnahme des begrüntem halbtechnischen Versuchs zur Haldenabdeckung an der Rückstandshalde Hattorf ca. 1 Jahr nach der Beschüttung (Foto vom 30.10.2019)	18
<b>Abbildung 4:</b> Vergleich der mittleren Zusammensetzung des HVH-Wassers seit Versuchsbeginn mit dem ESTA-Haldenwasser Hattorf sowie den Sickerwassermessstellen SWM 63 und SWM 64	20

## **Tabellenverzeichnis**

**Tabelle 3-1:** Benötigte Gesamtmaterialmenge für die Flankenabdeckung der Haldenerweiterung  
Phase I bis III mittels einer DSA

**21**

## **Anlagenverzeichnis**

- Anlage 1: Asmus + Prabucki Ingenieure Beratungsgesellschaft mbH: Machbarkeitsstudie – Oberflächenabdeckung der Plateaubereiche der ESTA-Rückstandshalde Hattorf; Essen, 2021
- Anlage 2: Umweltsicherung Prof. Dr. Helge Schmeisky: Stellungnahme zu aktuellen bzw. zukünftigen Mengenströmen von Reststoffen aus Verbrennungsanlagen für eine Dünnschichtabdeckung; Witzenhausen, 2016
- Anlage 3: Ingenieursozietät Prof. Dr.-Ing. Katzenbach GmbH: Geotechnische Stellungnahme Nr. IK1660/10 zur optimierten Plateauabdeckung auf der bestehenden Rückstandshalde Hattorf; Darmstadt, 2022

## 1 Veranlassung

Die Oberflächenabdeckung von Rückstandshalden stellt eine Option zur Reduzierung des Haldenwasseranfalls und der Restinfiltration dar und ist somit einerseits relevant in Bezug auf den Schutz des Grundwassers, andererseits ist sie von Bedeutung im Hinblick auf die Sicherung der Entsorgung des Haldenwasseranfalls insbesondere in der Nachbetriebsphase. Aus diesen Gründen ist die Haldenabdeckung im „Bewirtschaftungsplan/Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung“ der FGG Weser vom März 2016 für die Halden des Werkes Werra ab 2021 vorgesehen. Ebenso hat die Haldenabdeckung Eingang in den Bewirtschaftungsplan und das Maßnahmenprogramm 2021 bis 2027 gefunden. Die Umweltauswirkungen der Maßnahme Haldenabdeckung werden insgesamt als positiv mit geringen Einschränkungen bewertet.

Da die Reduktionswirkung einer Haldenabdeckung auf den niederschlagsbedingten Haldenwasseranfall maßgeblich von dem funktionalen sowie räumlichen Verbund von Flanken- und Plateaubdeckung abhängig ist, stellt die Entwicklung eines möglichst gering durchlässigen und unter Berücksichtigung der geomechanischen Eigenschaften des abgelagerten Rückstandes dauerhaft funktionsfähigen bzw. wieder instandsetzbaren Bauwerkes oberste Planungsprämisse dar.

Das derzeit bestehende Technische Konzept einer *multifunktionalen, standortangepassten Oberflächenabdeckung (MSO)*, aufgebaut aus einer Boden-Bauschutt-Abdeckung als Plateau- und einer Infiltrationshemmschicht als Flankenabdeckung, so wie es in dem in Genehmigung befindlichen Antrag zur Haldenerweiterung Hattorf Phase 2 (Stand 08/2021) im Band 3.29.3N2 beschrieben ist, wurde weiterentwickelt. Es steht nunmehr ein Abdecksystem zur Verfügung, dass für die Plateaubereiche in Anlehnung an die Anforderungen der Deponieverordnung an Oberflächenabdichtungssysteme entwickelt wurde und für die Flankenbereiche die Maßgaben der Technischen Regeln – Bergbau des Länderausschusses Bergbau berücksichtigt, um so die Genehmigungsfähigkeit zu erhöhen und die derzeit umzusetzende, lediglich temporäre Plateaubdeckung mit Poldern gleichwertig ersetzen kann. Die konzeptionelle Erarbeitung des Gesamtsystems erfolgte dabei unter Betrachtung von zwei Ausbaustufen (Bauzwischen- und Endzustand), die sowohl die Zulassungsfähigkeit als auch die anforderungsgerechte Herstellung beider Systemkomponenten (Plateau / Flanke) unabhängig voneinander ermöglichen.

Im Folgenden wird das auf den neuen Erkenntnissen beruhenden Abdecksystem bestehend aus der Oberflächenabdeckung (siehe Kapitel 2.1) und der Dünnschichtabdeckung zur Abdeckung der Flanke (siehe Kapitel 2.2) beschrieben.

## **2 Entwicklung einer geeigneten Oberflächenabdeckung**

### **2.1 Oberflächenabdeckung für die Abdeckung der Plateauflächen der Rückstandshalden**

Als bergbauliche Abfallentsorgungseinrichtung sind auf die Rückstandshalden der Kaliindustrie die Regelungen des Bergrechtes (Bundesberggesetz, Allgemeine Bundesbergverordnung) einschlägig anzuwenden. Bisweilen lassen sich jedoch weder aus der Bergbaugesetzgebung, noch aus den hierzu bestehenden technischen Bezugsdokumenten (MWEI BREF) Regelungen ableiten, auf deren Grundlage sowohl ein Stand der Technik definiert als auch die Eignung des Oberflächenabdeckungssystems unter Festlegung von qualitativen sowie quantitativen Merkmalen nachgewiesen werden können. Die Konzipierung einer den o.g. Anforderungen genügenden Haldenabdeckung zur Reduzierung der betriebsbedingten Umweltauswirkungen auf ein Mindestmaß kann sich deshalb an die Verordnungen sowie einschlägigen technischen Normen und Regelwerke des Deponiebaus (*Deponieverordnung, Bundeseinheitliche Qualitätsstandards, Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik*) als technische Bezugsdokumente anlehnen, wobei die Ausführungen lediglich mittelbar angewendet werden können.

Für die Flankenabdeckung der Großhalden der Kaliindustrie können entsprechende Empfehlungen und Regelungen aus den Richtlinien des Länderausschusses Bergbau (*Technische Regeln*) als unmittelbares Bezugsdokument entnommen werden.

Der Stand der Technik zur Abdeckung der dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und der darauf beruhenden Deponieverordnung unterliegenden Abfälle resultiert aus Kap. 2.1.1 i.V.m. Anhang 1, Tab. 2 DepV. Die Konkretisierung der hierbei zugrunde zu legenden technischen Randbedingungen erfolgt auf Grundlage der mit der Deponieverordnung in unmittelbarem Zusammenhang stehenden Regelwerke, insbesondere der Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards der LAGA ad-hoc-Arbeitsgruppe „Deponietechnik“ und den Empfehlungen des Arbeitskreises 6.1 der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (GDA-Empfehlungen).

In der Herstellung von Oberflächenabdichtungssystemen von Hausmüll- und anderweitigen Abfalldeponien finden darüber hinaus auch die Ausführungen der bestehenden DIN-Normen unter Berücksichtigung der standörtlichen Gegebenheiten Anwendung. Aus Anhang 1, Tabelle 2 der Deponieverordnung resultiert der prinzipielle Aufbau von Oberflächenabdichtungen von oben nach unten wie folgt:

- Rekultivierungsschicht [ $d \geq 1,00$  m]; bei entsprechend beabsichtigter Folgenutzung auch technische Funktionsschicht;
- Entwässerungsschicht [ $d \geq 0,3$  m];
- zweite Abdichtungskomponente (bei Erfordernis);
- erste Abdichtungskomponente sowie
- Ausgleichs- und Gasdränschicht (bei Erfordernis).

Auf den Einbau einer zweiten Abdichtungskomponente sowie einer Ausgleichs- und Gasdränschicht kann bei der Abdeckung eines Deponiekörpers der Klasse I verzichtet werden. Die Rückstandshalden an den Standorten Hattorf und Wintershall können aufgrund ihres Aufbaus und ihrer Materialzusammensetzung in Anlehnung an die DepV mit Deponien der Klasse I verglichen werden.

Die in der Anlage 1 enthaltene Machbarkeitsstudie belegt die Eignung und Langzeitgebrauchstauglichkeit einer in Anlehnung an die DepV konzipierten Oberflächenabdeckung, zur Anwendung auf den Plateauflächen der ESTA-Rückstandshalde am Standort Hattorf.

## **2.2 Dünnschichtabdeckung zur Abdeckung der Haldenflanken**

Neben den bekannten und erprobten Oberflächenabdichtsystemen aus dem Deponiebau verfügt die Kaliindustrie seit über 20 Jahren über eigene umfangreiche Forschungsergebnisse hinsichtlich der Abdeckung von Rückstandshalden aus Versuchen an bestehenden Rückstandshalden verschiedener Werkstandorte sowie über praktische Erfahrungen bspw. mit der REKAL-Abdeckung (Dünnschichtabdeckung am Standort Sigmundshall und der Dickschichtabdeckung auf der Halde Friedrichshall.

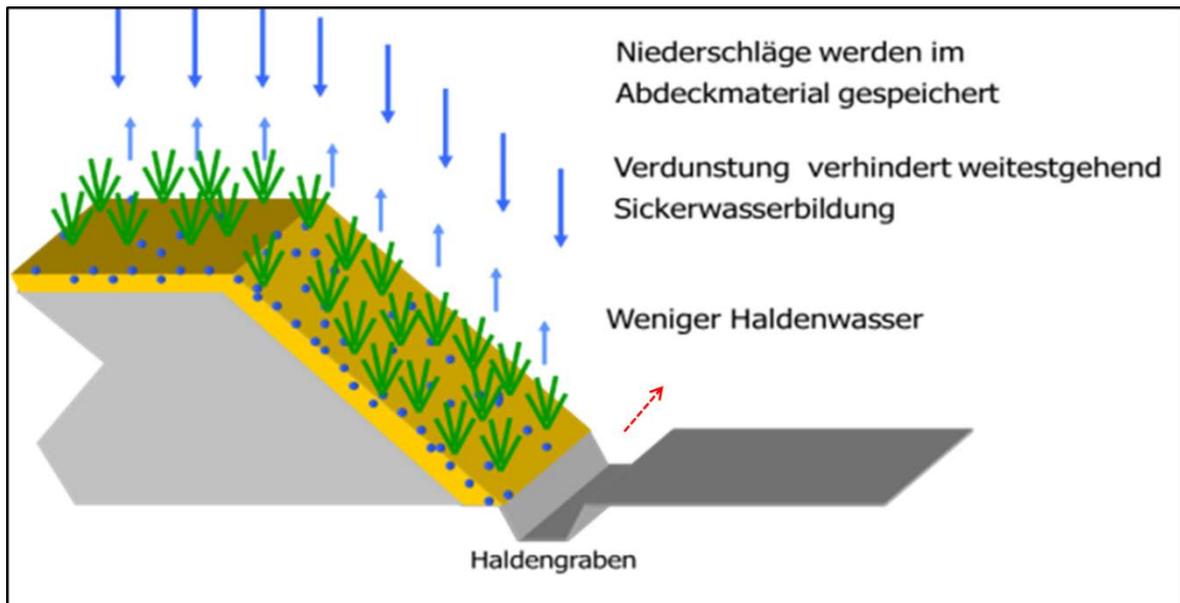
Seit 1981 führt die K+S Versuche zur Abdeckung von Rückstandshalden der Kaliindustrie durch. Hierbei wurden unterschiedliche Abdeckungsvarianten untersucht.

Für die Entwicklung einer möglichen technischen Lösung für ein standortspezifisches Abdecksystem bzw. für deren technische Umsetzung wurden im Rahmen der Umsetzung der Haldenerweiterungen am Standort Zielitz und am Werk Werra weitere Untersuchungen durchgeführt. Diese Abdecksysteme entsprechen zurzeit noch nicht dem Stand der Technik.

Am Werk Werra wurden von 2013 bis 2017 auf der Halde Wintershall im Rahmen eines Lysimeterversuchs vier unterschiedliche Materialmischungen zur Abdeckung und Begrünung der Rückstandshalden mit einer Dünnschichtabdeckung getestet. Schwerpunkt der Untersuchung war die qualitative und quantitative Erfassung der Sickerwässer und die geotechnischen Materialeigenschaften. Aufbauend auf dem Lysimeterversuch wurde ein halbtechnischer Versuch (im Folgenden: HVH) an der ESTA-Rückstandshalde Hattorf erfolgreich umgesetzt. Der HVH diente vor allem zur Ermittlung des Beschüttungsverhaltens und der Standsicherheit der eingesetzten Materialien im Feldversuch, bei dessen Umsetzung sowohl die Materialeignung als auch Standsicherheit für eine rund 50 m hohe Flanke mit einer Neigung von rd. 38° nachgewiesen werden konnten. Der HVH wird seit seiner Umsetzung im Jahr 2018 umfassend überwacht und ausgewertet (siehe auch Kapitel 3.2).

Für eine Abdeckung der Rückstandshalde in Hattorf, mit einer hohen Haldenwasserminimierungsleistung, und unter Berücksichtigung der Standortbedingungen und haldenspezifischen Anforderungen kommt bevorzugt eine begrünbare **Dünnschichtabdeckung (DSA)** in Frage.

Das Prinzip der Dünnschichtabdeckung beruht auf der Zwischenspeicherung des Niederschlags in einem hangparallel aufgebrachtten Abdecksubstrat, und dessen Abgabe mittels Evaporation und Evapotranspiration mit Hilfe einer Vegetationsdecke. Auf diese Weise wird das Eindringen von Niederschlagswasser in den Rückstandskörper minimiert (siehe Abbildung 1). Dadurch verringert sich der Haldenwasseranfall entsprechend.



**Abbildung 1: Prinzip des Dünnschichtverfahrens**

Folgende Effekte treten beim Dünnschichtverfahren auf:

- Die hohe Speicherkapazität des Substrats und die farbliche Veränderung (Verdunkelung) des Abdecksubstrats erhöhen die Verdunstungsleistung (Evaporation) deutlich.
- Eine etablierte mehrschichtige Vegetationsdecke transpiriert während der Vegetationsperiode das gespeicherte Niederschlagswasser aktiv aus der Abdeckung heraus und gibt es wieder an die Atmosphäre ab (Transpiration).
- Eine mehrschichtige Vegetationsdecke vergrößert die Verdunstungsfläche. Der Niederschlag verbleibt z.T. auf den Blättern und verdunstet von dort direkt (Interzeption), ohne mit dem Abdecksubstrat in Kontakt zu treten.

Um die angestrebten Effekte zu erzielen, wird die DSA nach den Vorgaben der aktuell gültigen Technischen Regel (TR) „Anforderungen an die Verwertung von bergbaufremden Abfällen im Bergbau über Tage“ i. d. F. v. 2020 (im Folgenden TR-LAB 2020) entwickelt und muss insbesondere auch die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Standsicherheit an den langen und steilen Haldenflanken (Substrat muss puzzolanische, d.h. abbindende, Eigenschaften aufweisen). Damit das Material möglichst hangparallel in gleicher Schichtstärke aufgebracht werden kann, muss der innere Reibungswinkel dem des Salzes nahezu gleichen.

- Abdecksubstrat muss plastisch reagieren, um den viskoplastischen Verformungen der Halde gerecht zu werden. Brüche müssen vermieden werden.
- hohe Infiltrationsrate
- hohes Wasserspeichervermögen
- Substrat muss begrünbar sein (Nährstoffversorgung, pH-Wert, ausreichende Wasser- und Luftkapazität, usw.)
- langfristige Substratverfügbarkeit.

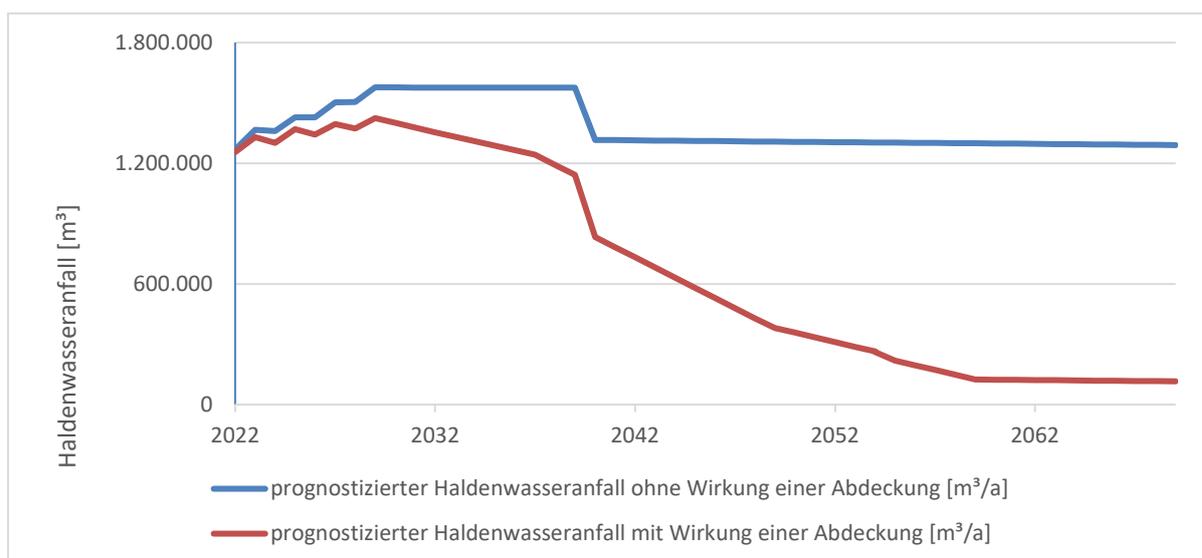
Die Abfälle müssen gemäß TR-LAB 2020 neben ihrer bautechnischen Eignung auch hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Boden und Grundwasser betrachtet werden. Bei der Abfalluntersuchung und Bewertung sollen die Abfälle daher grundsätzlich die Zuordnungswerte W1 einhalten. Sofern technische Sicherungsmaßnahmen vorhanden oder umgesetzt werden können, kann im Rahmen einer Einzelfallprüfung ein Materialeinsatz bis W2 ermöglicht werden. Diese Punkte spielen insbesondere für die langfristige Substratverfügbarkeit eine Rolle und müssen vor dem Hintergrund der beabsichtigten Mengenströme in der Konzipierung der Flankenabdeckung berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund wird die Prüfung und Akquise, der in der TR-LAB 2020 aufgelisteten Abfallschlüssel laufend fortgeführt, um die ausreichende Verfügbarkeit geeigneter Abdeckmaterialien sicherzustellen.

Die niederschlagsbedingt anfallende Haldenwassermenge der Halde Hattorf steigt mit zunehmender Aufhaltung und damit einhergehender Flächenbelegung weiter an. Es ist davon auszugehen, dass das Haldenwasser der Halden Hattorf und Wintershall bis zur voraussichtlichen Erschöpfung der Lagerstätten im Jahr 2060 ohne weitere Maßnahmen eine maximale Menge von ca. 3,4 Mio. m<sup>3</sup>/a erreicht haben wird [5]. In der Nachbetriebsphase ist mit einer langsamen, kontinuierlichen Abnahme der Haldenwassermenge durch Ablaugungserscheinungen und einer sich ändernden Haldenwasserzusammensetzung (bevorzugte Lösung von K und Mg) zu rechnen.

Mit einer Haldenabdeckung lässt sich eine Zunahme der Haldenwassermenge schon während der Betriebsphase einschränken und in der Nachbetriebsphase reduzieren. Eine Zunahme bzw. Reduzierung der Haldenwassermenge in der Betriebsphase ist abhängig von dem Verhältnis des Flächenzuwachses der Erweiterung zur Abdeckung in der jeweiligen Betrachtungsphase.

Lysimeterversuche an der Rückstandshalde Sigmundshall sowie der 2013 - 2017 durchgeführte Lysimeterversuch am Fuße der Rückstandshalde Wintershall zeigten, dass durch das Verdunstungspotential der Dünnschichtabdeckung das in den Haldenkörper eintretende Sickerwasser um bis zu ca. 80 % verringert werden kann. Das bedeutet, dass nach einer Dünnschichtabdeckung der Rückstandshalden je nach Abdecksubstrat nur noch ca. 20 % des Niederschlags in die Halde infiltriert und als niederschlagsbedingte Haldenwassermenge zur Entsorgung anfällt. Zudem sind die anfallenden Restmengen geringer mineralisiert (Wasserhaushalt findet zu großen Teilen im Abdecksubstrat statt - kaum Kontakt zur Rückstandshalde) und können in der Nachbetriebsphase mit geringeren Umweltauswirkungen einer standortnahen Entsorgung zugeführt werden.

Durch die Abdeckung wird der Anteil des in die Halde eindringenden Niederschlagswassers deutlich reduziert, was neben dem dadurch ebenfalls verringerten Haldenwasseranfall auch zu einer Reduzierung der Restinfiltration an der Basis der Rückstandshalde führt. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass nach Beendigung der Aufhaltung in der Nachbetriebsphase durch die Abdeckung auch eine Reduzierung des in den Poren des Haldenkörpers vorhandenen freien Porenwassers erfolgt. Vorhandenes Porenwasser fließt allmählich ab, und aufgrund der Abdeckung dringt weniger Niederschlagswasser in die Halde ein. So verringert sich auch das Dargebot für die theoretisch berechnete Restinfiltration erneut.



**Abbildung 2:** prognostizierter Haldenwasseranfall der Bestandshalde Hattorf incl. Haldenerweiterung Phase 1-3 mit und ohne Wirkung einer Haldenabdeckung der Plateau- und Flankenflächen

Vor allem nehmen die Auswirkungen der Haldenwässer und der Restinfiltration auf die Vorflut bzw. den Grundwasserleiter ab. Die mit den Abdeckmaßnahmen verbundenen möglichen negativen Auswirkungen (z.B. Staub) werden durch geeignete technische Begleitmaßnahmen (z. B. Befeuchtung nach einem am Standort Sigmundshall entwickelten Verfahren, zeitnahe Begrünung) auf ein Minimum reduziert. In einer Gesamtbetrachtung werden die positiven Aspekte einer Abdeckung deutlich überwiegen. Die Erforderlichkeit der Maßnahme im Sinne der TR-LAB 2020 ist damit gegeben (Prüfschritt 1). Ausführungen zur Variantenbetrachtung im Hinblick auf die Verwertung der Materialien finden sich in Kapitel 3.2.

Im ersten Schritt muss ein optimales und verfügbares Abdecksubstrat generiert werden, welches Schütteeigenschaften aufweist, die dem aufgehaldeten Rückstandsalz möglichst entsprechen. Grundlagendaten für die Großhalden des Werkes Werra hierzu wurden durch Laborversuche seit 2012 ermittelt. Das von 2013 bis 2017 am Haldenfuß der Rückstandshalde in Wintershall betriebene Lysimeterfeld hat, vor allem in Bezug auf den Wasserhaushalt und die Sickerwasserqualität, belastbare Daten geliefert. Die benötigten puzzolanischen Materialien sind derzeit auf dem Markt in ausreichender Menge verfügbar müssen aber auf den jeweiligen Standort mit den dort vorherrschenden Randbedingungen angepasst werden.

In einem zweiten Schritt wurden in einem halbtechnischen Versuch (HVH) an der Rückstandshalde Hattorf die technischen Belange wie z.B. die Standsicherheit und die Beschüttungstechnik an einer bis zu 50 m langen Böschung nachgewiesen. Des Weiteren wurden u. a. die Begrünungs- sowie die Beregnungstechnik optimiert.

Auf der Grundlage der im „halbtechnischen Versuch“ gewonnenen Erkenntnisse zur technischen Durchführung kann die Dünnschichtabdeckung sukzessive auf den beiden Großhalden des Werkes Werra realisiert werden. Die Ausführungsphase umfasst, in Abhängigkeit von der Materialverfügbarkeit, einen Zeitraum von ca. 40 Jahren. Eine Reduzierung der Haldenwässer wird sich aber sukzessive, in Abhängigkeit der zur Beschüttung neu vorbereiteten Flächen, schon während der Abdeckphase zeigen.

### **3 Technische Realisierbarkeit einer Haldenabdeckung**

#### **3.1 Oberflächenabdeckung des Haldenplateaus**

Die von der in 2018 am Standort Hattorf und in 2020 am Standort Wintershall planfestgestellten, temporären Haldenabdeckung mit Poldern erbrachte Minimierungs- bzw. Kompensationsleistung hinsichtlich des Haldenwasseranfalls und der Auswirkungen auf das Grundwasser soll möglichst zeitnah durch ein dauerhaftes Oberflächenabdecksystem abgelöst werden. Die mit bergbaulichen Vorhaben in Verbindung stehenden Maßnahmen unterliegen den Regelungen der Bergbaugesetzgebung (BBergG, ABergV). Da auf Grundlage dieser und des einschlägigen MWEI-BREF 2018 jedoch weder ein Stand der Technik definiert noch Anforderungen an die Herstellung und Bewertung eines Oberflächenabdeckungssystems abgeleitet werden können, empfiehlt sich der Rückgriff auf die Technischen Normen und Regelwerke des Deponiebaus als Erkenntnisquelle bzw. Bezugsdokumente.

Legt man die Anforderungen der Deponieverordnung an ein Basisabdichtungssystem zu Grunde, sind die Rückstandshalden der Kaliindustrie an den Standorten Hattorf und Wintershall des Werkes Werra aufgrund ihrer Eigenschaften und der Standortgegebenheiten als Deponien der Deponiekategorie I zu bewerten. Im Sinne der Deponieverordnung (DepV) sind nach Anhang 1, Tabelle 2 DepV für die Herstellung eines Oberflächenabdichtungssystems der DK1-Deponien eine

- erste Abdichtungskomponente;
- Entwässerungsschicht sowie
- Rekultivierungsschicht erforderlich.

Aufgrund ihrer Materialeigenschaften, sich dem Verhalten bzw. den Bewegungen des Deponie- bzw. Abfallkörpers anzugleichen, sind Konvektionssperren im Sinne BAM-zugelassener Kunststoffdichtungsbahnen als Abdichtungskomponente in Oberflächenabdichtungssystemen zu bevorzugen. Ein derartiger Systemaufbau unter Einsatz der zuvor genannten Systemkomponenten entspricht dem Stand der Technik im Deponiebau. Zur Etablierung der Rekultivierungsschicht sollen bevorzugt standorteigene Böden, die auch im Rahmen der Haldenerweiterungen anfallen, eingesetzt werden.

Weitere Ausführungen zur technischen Realisierbarkeit einer Oberflächenabdeckung von Plateauflächen der Rückstandshalden in Anlehnung an die Anforderungen der DepV, zur Verfügbarkeit der zum Einsatz geplanten Materialien sowie eine Stellungnahme des geotechnischen Sachverständigen können den Anlagen 1 und 3 entnommen werden.

### 3.2 Flankenabdeckung

In einer Konzeptstudie sowie deren Ergänzung wurden zur Erfüllung der Nebenbestimmung 4.4.17 des Planfeststellungsbeschlusses vom 10.10.2018 zur Haldenerweiterung Hattorf (AZ: 34/HEF-76 d 40-11-314-30/717) insgesamt fünf Varianten zur Abdeckung der Phase 1 der Haldenerweiterung Hattorf vorgestellt, verglichen und bewertet.

Dort ist zusammenfassend folgendes ausgeführt:

- *Die Abdeckung [...] mit Boden/Bauschutt scheidet auf Grund der unverhältnismäßig langen Dauer, der sehr großen benötigten Materialmenge sowie des großen Flächenverbrauchs aus.*
- *Die IHS ist das kostentechnisch günstigere Verfahren im Vergleich mit der Dünnschichtabdeckung. Zudem kann eine Einsparung von Haldenwasser vergleichsweise schnell nach Aufbringung der Abdeckung erreicht werden.*
- *Die Dünnschichtabdeckung erzielt eine deutlich bessere Wirksamkeit in Hinblick auf die Reduzierung des Haldenwasseranfalls auf, ist aber auch etwas teurer.*
- *Die Variante „Umprofilierung der Haldenflanke und spätere Abdeckung mit Boden/Bauschutt“ bedeuten einen erheblichen baulichen Mehraufwand verbunden sind, welcher erhebliche zusätzliche Kosten sowie Emissionen wie Lärm, Staub und CO<sub>2</sub> verursacht.*
- ***Zusammenfassend sind sowohl die Dünnschichtabdeckung als auch die IHS in Abhängigkeit von den jeweiligen standortbezogenen Randbedingungen zur Abdeckung von Halden geeignet.***

Aufbauend auf den Ergebnissen der Konzeptstudie und basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen aus den Labor- und Lysimeterversuchen zur Etablierung einer Dünnschichtabdeckung am Werk Werra wurde als nächster Entwicklungsschritt die Durchführung des Halbtechnischen Versuchs zur Haldenabdeckung (HVH) beantragt und im Juni 2018 von der zuständigen Behörde genehmigt. Die Beschüttung der ca. 100 m breiten und ca. 10 bis 30 m hohen Teilflanke im Nordosten der Bestandshalde Hattorf erfolgte im Zeitraum zwischen dem 09.08. und 28.11.2018. Hierbei wurde das Abdeckmaterial – ähnlich dem Rückstandssalz – mit Standard-Beschüttungstechniken der Kaliindustrie (Pylonband) vom Plateaubereich über die Haldenflanke geschüttet und anschließend der Plateaubereich mithilfe eines Langarmbaggers aufgefahren. Insgesamt wurden beim HVH ca. 31.460 t Abdeckmaterial angeliefert und in einer Schichtmächtigkeit von mindestens etwa 5 m auf die Versuchsfläche aufgebracht. Mit den eingesetzten Techniken konnte die geplante Kubatur des HVH sowohl auf der Flanke als auch im Plateaubereich ohne nennenswerte Abweichungen erfolgreich realisiert werden.

Die Rezeptur des beim HVH eingesetzten Abdeckmaterials beruht auf den im Rahmen der Vorversuche gewonnenen Erkenntnissen und besteht aus einer Mischung aus etwa 90% HVM-Schlacken der Körnung 0-5 mm und ca. 10% Braunkohleflugaschen. Bei beiden Stoffen handelt es sich um mineralische Abfälle, deren Verwertung als Material zur Abdeckung von Rückstandshalden der Kaliindustrie gemäß TR LAB 2020, Tabelle 1, Spalte 2 (X) vorgesehen ist. Aufgrund ihrer Genese weisen die HVM-Schlacken insbesondere bei den Feststoffgehalten häufig erhöhte Schwermetallgehalte im Vergleich zu natürlichen Böden und Gesteinen auf, weshalb ihr Einsatz meist einer behördlichen Einzelfallentscheidung bedarf. Aus diesem Grund kommt insbesondere dem Monitoring der Wasserqualität des HVH eine zentrale Bedeutung zu. Die Schadlosigkeit der Verwertung wird im Zulassungsverfahren der Flankenabdeckung nachzuweisen sein (Prüfschritt 3 gem. TR LAB 2018).

Nach Fertigstellung der Beschüttung des HVH wurde Ende 2018 bereits erstes Saatgut zur schnellen Begrünung des Abdeckmaterials im Plateaubereich aufgebracht. Weitere Begrünungsmaßnahmen folgten im April und September 2019, bei denen insbesondere auf der großen Südflanke diverse Begrünungstechniken zum Einsatz kamen (z. B. Nassansaat im Anspritzverfahren nach DIN EN 18918, Einsatz des „Haldenigels“, Aufräuen der Oberfläche etc.). Gleichzeitig erfolgten mehrere Düngungen sowie der Aufbau und Betrieb eines Bewässerungssystems, um das Wachstum der jungen Pflanzen insbesondere in trockenen Phasen zu gewährleisten.

Initial wurden im Rahmen der verschiedenen Begrünungsaktionen 13 Pflanzenarten ausgesät. Bei einer Bestandsaufnahme des Artenspektrums im Jahr 2020 konnten von diesen initial gesäten Arten immer noch sieben Arten nachgewiesen werden, wobei durch Neuansiedlung von weiteren Pflanzenarten aus der Umgebung die Artenanzahl insgesamt bereits auf 48 angestiegen war. Somit konnte bereits nach ca. zwei Jahren Versuchslaufzeit im Bereich des HVH eine erhebliche Steigerung der Biodiversität erzielt werden.



**Abbildung 3: Aufnahme des begrünten halbtechnischen Versuchs zur Haldenabdeckung an der Rückstandshalde Hattorf ca. 1 Jahr nach der Beschüttung (Foto vom 30.10.2019)**

Seit Fertigstellung der Beschüttung des HVH wird ein umfangreiches versuchsbegleitendes Monitoringprogramm durchgeführt. Dieses beinhaltet neben den bereits genannten vegetationskundlichen Aufnahmen viele weitere physikalisch-chemische Untersuchungen, die regelmäßig durchgeführt werden:

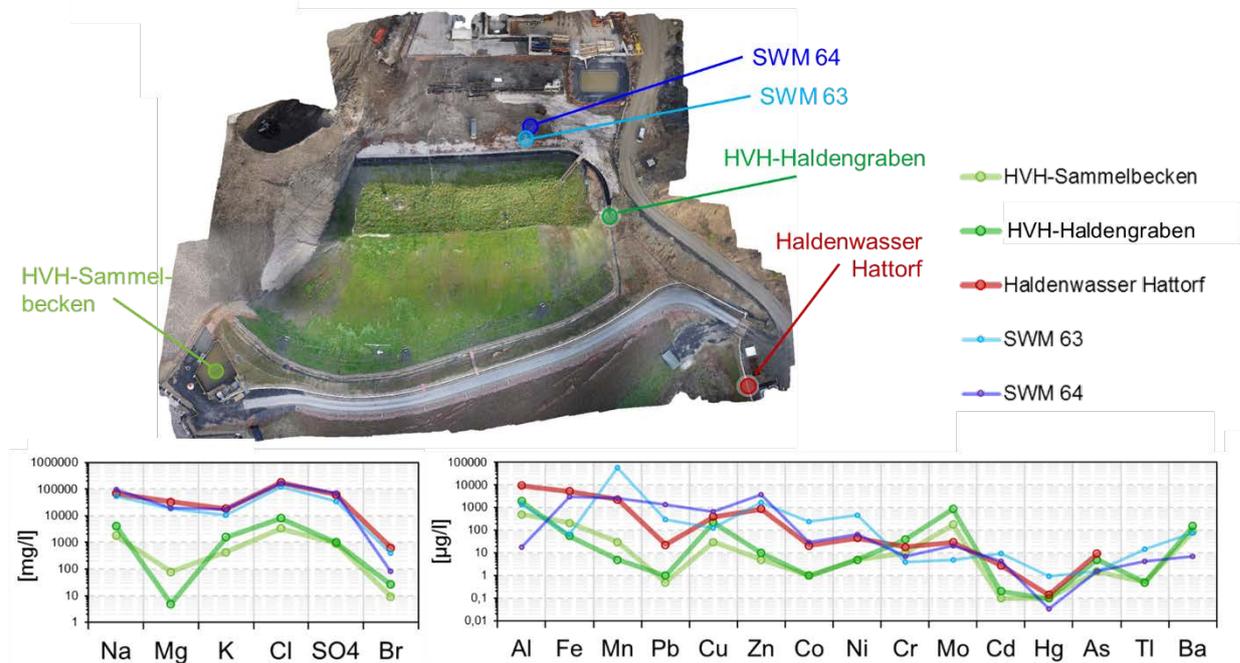
- geotechnische Untersuchungen des Abdeckmaterials (Kornverteilung, Wassergehalt, Proctor, Scherfestigkeit, Wasserdurchlässigkeit etc.)
- Vermessung der Oberfläche (Laserscan, Drohnen)
- vegetationskundliche Aufnahme / Biomassebestimmung und -analytik

- Erfassung des Oberflächenabflusses
- Erfassung der Wetterdaten
- Durchflussmessungen Haldengraben
- Erfassung der Halden-/Sickerwasserqualität (Sammelbecken, Drainagen, Haldengraben)
- Regelmäßige Beprobung von Sickerwassermessstellen
- Bestimmung des Chemismus an Bodenprofilproben
- Staubmonitoring
- Verdunstungsmessung

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden regelmäßig in Form von Quartals- und Jahresberichten dokumentiert und der zuständigen Behörde übermittelt. Von besonderer Bedeutung ist hierbei auch das geotechnische Monitoring, das seit Versuchsbeginn keinerlei Anzeichen für eine Instabilität der Abdeckschicht aufweist. Die Standsicherheit des HVH kann über den gesamten Versuchszeitraum bestätigt werden.

Der HVH verfügt über einen von der ESTA-Halde Hattorf separierten Haldengraben sowie ein zugehöriges Sammelbecken, in denen ausschließlich das versuchseigene Haldenwasser des HVH aufgefangen wird. Sowohl aus dem Sammelbecken als auch dem Haldengraben werden seit Versuchsbeginn regelmäßig Wasserproben genommen und chemisch analysiert. Die Ergebnisse dieser Analysen sind in Form von Mittelwerten über den gesamten Versuchszeitraum sowohl für die Salzparameter als auch alle gemessenen (Schwer-)Metalle in Abbildung 3 dargestellt. Zum Vergleich sind die Ergebnisse der Wasserproben vom HVH zusammen mit der mittleren Qualität des Haldenwassers der ESTA-Rückstandshalde Hattorf sowie des Sickerwassers dargestellt, das regelmäßig in den beiden Sickerwassermessstellen SWM 63 und SWM 64 nördlich des HVH beprobt und analysiert wird. Sowohl das ESTA-Haldenwasser Hattorf als auch das Wasser der beiden Sickerwassermessstellen ist durch den Einfluss der Rückstandshalde geprägt und weist dementsprechend hohe Salzkonzentrationen auf. Die untersuchten Wasserproben des HVH zeigen im Gegensatz dazu eine um Größenordnungen geringere Salzbelastung. Als besonders positiv im Hinblick auf die Schadlosigkeit der Maßnahme ist hervorzuheben, dass das HVH-Wasser auch für die meisten untersuchten (Schwer-)Metalle im Mittel deutlich geringere oder allenfalls ähnlich hohe Konzentrationen aufweist wie das ESTA-Haldenwasser sowie die beiden Sickerwassermessstellen (siehe Abbildung 4).

Die einzige Ausnahme stellt der Parameter Molybdän dar, der typisch für HMV-Schlacken ist und im Mittel eine geringfügig höhere Konzentration am HVH zeigt als das ESTA-Haldenwasser bzw. die Sickerwassermessstellen.



**Abbildung 4: Vergleich der mittleren Zusammensetzung des HVH-Wassers seit Versuchsbeginn mit dem ESTA-Haldenwasser Hattorf sowie den Sickerwassermessstellen SWM 63 und SWM 64**

### 3.2.1 Material, Mengenbedarf und Verfügbarkeit

Für eine dünn-schichtige Abdeckung der beiden Rückstandshalden in Hattorf und Wintershall wird nach überschlägigen Berechnungen eine Gesamtmaterialmenge von rd. 14 - 19 Mio. m<sup>3</sup> kalkuliert, abhängig von der Umsetzbarkeit des gleichmäßigen Aufbringens des DSA-Materials in der angestrebten Schichtdicke von ca. 5 m. Davon entfallen in etwa je die Hälfte auf die Halde HA und WI. Aufgrund der großen Flankenflächen haben bereits kleinere Abweichungen in der Schichtmächtigkeit vergleichsweise große Auswirkungen auf den tatsächlichen Materialbedarf, wodurch die in Tabelle 3-1 dargestellten Zahlen nur als Grobschätzungen zu verstehen sind.

**Tabelle 3-1: Benötigte Gesamtmaterialmenge für die Flankenabdeckung der Haldenerweiterung Phase I bis III mittels einer DSA**

Flankenfläche	~52 ha
Materialmenge Flanken (5 - 7 m mächtig)	3,2 - 4,5 Mio. m <sup>3</sup>
Plateaufläche	30 ha
Materialmenge für Anschluss Plateau- an Flankenabdeckung	350 T - 475 T m <sup>3</sup>
Gesamtmaterialmenge für DSA	3,6 - 5 Mio. m <sup>3</sup>

Dieser Berechnung liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Berücksichtigt ist die Kontur der Haldenerweiterung Phase I-III nach der vollständigen Beschüttung incl. aller durch die Haldenerweiterung überlagerten Flächen der Bestandshalde.
- eine durchschnittliche Abdeckungsmächtigkeit von ca. 5 - 7 m auf den Haldenflanken sowie Material für den Anschluss an das Abdecksystem auf dem Haldentop. Auf der Flanke kann die Mächtigkeit von der Haldenoberkante bis zum Haldenfuß variieren.
- Berücksichtigung des Anbindungsbereiches an die Plateauabdeckung

Der jährliche Gesamtbedarf beläuft sich nach aktueller Planung auf eine Materialmenge von rund 450.000 m<sup>3</sup>, die sich auf die Halden Hattorf und Wintershall gleichmäßig aufteilt. Bei einer Schüttdichte von rund 1,4 t/m<sup>3</sup> entspricht dies rund 650.000 t/a.

Folgende Annahmen unterstellt:

- Ladekapazität der LKW's: 20-25 t
- 300 Arbeitstage/a
- 10 Arbeitsstunden/d

Dies bedeutet für die Standorte HA und WI jeweils eine Materialanlieferung durch ca. 4-6 LKW's pro Stunde. Bei Anlieferung der Hauptkomponente Schlacke aus Hausmüllverbrennungsanlagen (HMVA-Schlacke) per Bahntransport wären das 1 Ganzzug pro Standort und 4-6 LKW Kraftwerksasche als Bindemittel pro Werktag.

Durch die Verwendung einer konditionierten HMVA-Schlacke als Abdeckmaterial ist die Materialverfügbarkeit auf absehbare Zeit gegeben, was durch Marktanalysen und laufende Abstimmungen mit Entsorgern bestätigt werden kann. In einem Gutachten der Umweltsicherung Schmeisky, welches Bestandteil der Planunterlagen der Phase 1 war, ist zusammenfassend folgendes ausgeführt:

*„Das Aufkommen von Rückständen aus der thermischen Energie- und Stromerzeugung, sowie aus der thermischen Abfallverwertung liegt in einer Größenordnung von 30 Millionen Tonnen pro Jahr. Die geplanten Hauptkomponenten aus den Müllverbrennungsanlagen fallen jährlich zu ca. 5 Millionen Tonnen an. Damit sollte eine ausreichende Mengenverfügbarkeit gegeben sein.“*

Ergänzend wurde durch Prof. Schmeisky eine Stellungnahme zu aktuellen bzw. zukünftigen Mengenströmen von Reststoffen aus Verbrennungsanlagen für eine Dünnschichtabdeckung erstellt (Anlage 2), die ebenfalls im Umfang der Antragsunterlagen der Phase 1 enthalten war. Die Studie gelangt zu folgendem Fazit:

*„Als Ergebnis der Studie wird festgestellt, dass zur Abdeckung der beiden Großhalden an der Werra bis mindestens 2040 mehr als genügend Materialmengen zur Verfügung stehen. Bis zum Ende des Schüttungszeitraums (2075) werden auch keine gravierenden Schwierigkeiten in der Materialbeschaffung gesehen.“*

Die benötigte Materialmenge für die Standorte Hattorf und Wintershall liegt somit bei rund 13% der jährlich verfügbaren Menge.

Bei einem entsprechenden Einsatz von Boden bzw. Bauschutt kann die Materialverfügbarkeit hingegen nicht gewährleistet werden, wie bereits im Maßnahmenblatt des Runden Tisches „Haldenabdeckung / Haldenbegrünung einschließlich Abflachung“ (2009) festgehalten wurde.

Mit den geplanten Abdeckmaterialien, konditionierten HMVA-Schlacken, ergibt sich ein Abdeckzeitraum von ca. 40 a. Eine kontinuierliche Zulieferung von Abdeckmaterialien ist dafür zwingend erforderlich und kann lt. o.g Studie auch in absehbaren Zeiträumen sichergestellt werden. Um die langfristige Substratverfügbarkeit weiter zu erhöhen, werden derzeit Untersuchungen durchgeführt, die alle in der TR LAB 2020, Tabelle 1, Spalte 2 mit (X) versehenen Abfälle auf ihre Eignung zur Verwertung in der Flankenabdeckung einer Großhalde der Kaliindustrie überprüft und bewertet.

### **3.3 Logistik**

Die Anlieferung des Abdeckmaterials wird derzeit mittels Bahn für die Hauptkomponente HMVA-Schlacke und mittels LKW für das Bindemittel vorgesehen. Die dann benötigten ca. 4-6 LKW's pro Werktag und Standort (Mengenermittlung siehe oben) können sich in den vorhandenen Verkehr eingliedern. Um die Belastung gering zu halten, wurde in der obenstehenden Kalkulation eine Betriebszeit und damit Anlieferungszeit von werktags 10 h/d berücksichtigt, d.h. es erfolgt keine Anlieferung zur Nachtzeit oder an Sonn- und Feiertagen.

Dem nur gering erhöhten Verkehrsaufkommen und der damit verbundenen Belastung steht die erhebliche und dauerhafte ökologische Verbesserung als Folge der Haldenabdeckung gegenüber.

### **3.4 Kosten der Maßnahme**

Die derzeit laufenden Planungen zur Flankenabdeckung werden in Abhängigkeit von den Ergebnissen des halbtechnischen Versuchs und des im Anschluss geplanten Betriebsversuchs weiter zu konkretisieren bzw. anzupassen sein. Daher bestehen bezüglich der Kosten der Maßnahme noch erhebliche Unsicherheiten. Die Kosten für die Plateaubdeckung der Haldenerweiterung lassen sich von den Kosten der Plateaubdeckung der Bestandshalde adaptieren, da diese bereits auf dem Niveau einer Genehmigungsplanung vorhanden sind.

Die Kosten für die Abdeckung der Haldenerweiterung Phase 1 bis 3 setzen sich aus je aus Investitionen, Betriebs- und Materialkosten für die Plateau- und die Flankenabdeckung zusammen. Investitionen und Betriebskosten zusammen betragen bei der Flankenabdeckung ca. 1,0 Mio. €/ha und bei der Plateaubdeckung ca. 3,0 Mio. €/ha. Für das Abdeckmaterial kann bei der Plateaubdeckung Kostenneutralität und bei der Flankenabdeckung ein Erlös in Abhängigkeit der Situation am Entsorgungsmarkt von ca. 0 - 20 €/t angenommen werden.

Insgesamt ergibt sich also eine Spannbreite von rd. 145 Mio. € an Kosten, denen ca. 0 bis 125 Mio. € Erlöse gegenüberstehen. Die voraussichtlichen Unterhaltungskosten in der Nachbetriebsphase belaufen sich sowohl für die Oberflächenabdeckung auf dem Plateau als auch die Dünnschichtabdeckung auf den Flanken auf ca. 7.000 - 10.000 € pro Jahr und Hektar.

Sie umfassen neben Vermessungs- und Monitoring-Aufgaben im wesentlichen Pflege-Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten an den Abdecksystemen selbst sowie der dazugehörigen Infrastruktur wie Randgäben und Sammelbecken.

### **3.5 Entsorgungsalternativen**

Neben den umfangreichen Untersuchungen zur Haldenabdeckung wird auch weiter intensiv nach alternativen Verfahren zur Minimierung der Haldenwässer geforscht.

### **3.6 Vorfelddbedarf**

Eine Dünnschichtabdeckung bedarf eines zusätzlichen Vorfeldes. Aus den bereits gewonnenen Erfahrungen am Standort Hattorf ist ein Vorfelddbedarf von etwa 15 m abzuleiten.

Bei einer Abdeckung mit herkömmlichem Bodenmaterial, das nicht über puzzolanische Eigenschaften verfügt, müsste der Böschungswinkel erheblich abgeflacht werden. Das ginge mit einem enormen Materialbedarf und fast einer Verdoppelung des Flächenverbrauchs einher, was durch die Rahmenbedingungen des Standortes nicht erfüllt ist.

Nach heutiger Einschätzung, kann davon ausgegangen werden, dass der Vorfelddbedarf für eine dünnschichtige Flankenabdeckung durch die Breite des Randstreifens abgedeckt ist. In der Randstreifengestaltung der Haldenerweiterung ist für die Aufstandsfläche der Abdeckung eine Breite von 15 m vorgesehen. Sollten die geplanten Versuche zeigen, dass für die Aufstandsfläche eine größere Dimensionierung nötig ist oder weitere bauliche Einrichtungen vonnöten sind, bietet der 65 m breite Randstreifen ausreichende Flächen.

Sollte sich der Schutzstreifen für die Abdeckung der Bestandshalde als nicht ausreichend dimensioniert zeigen, kann je nach Exposition ein Flächenzukauf erfolgen.

### **3.7 Instandhaltung**

Die Erfahrungen aus der Abdeckung der Halde Sigmundshall sowie dem Betrieb des Halbtechnischen Versuchs zur Haldenabdeckung an der ESTA-Halde Hattorf zeigen, dass eventuell notwendige Wartungsarbeiten der DSA im Wesentlichen in Anschluss- und Grenzbereichen der Abdeckung zu erwarten sind. Ausspülungen und Setzungen treten hauptsächlich an den Grenzbereichen zum Salz auf, da hier die Schichtmächtigkeit geringer und die Begrünung weniger ausgeprägt ist. Diese Bereiche werden aber im jeweils nächsten Bauabschnitt mit Abdeckmaterial überbaut und somit eventuelle Setzungen und Ausspülungen wieder aufgefüllt. Zusätzliche Maßnahmen sind daher in diesem Bereich nicht erforderlich.

Nach Abdeckung aller Flanken und Herstellung eines geschlossenen und vollständig begrüntes Abdeckungssystems ist der Zielzustand eine möglichst wartungsarme Flankenabdeckung. Dies wird zum einen durch die Materialauswahl und zum anderen durch die Schichtmächtigkeit gewährleistet.

Eine Mindestschichtmächtigkeit von 5 m sorgt dafür, dass auch bei größeren Störungen der Oberfläche die volle Funktionsfähigkeit der Abdeckung zu jeder Zeit gegeben ist und keine größeren Instandsetzungen bspw. durch erneute Materialaufbringung erforderlich sind. Die Verfügbarkeit des Abdeckmaterials im Falle einer notwendigen Materialaufbringung wäre jedoch in jedem Fall gegeben. Im Rahmen der Erprobung der Dünnschichtabdeckung durch den halbtechnischen Versuch zur Haldenabdeckung (HVH) ist auch angedacht, Versuche zur technischen Umsetzung möglicher Instandhaltungsmaßnahmen durchzuführen, um verschiedene technische Lösungsansätze zu erproben und deren prinzipielle Machbarkeit zu beurteilen.

Die Betriebserfahrungen aus den komplett abgedeckten Bereichen der Halde Sigmundshall bestätigen, dass sich nach der vollständigen Begrünung ein wartungsfreier Bewuchs auf den Flanken einstellt. Als regelmäßige Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen ergeben sich dann die Pflege der Randgräben, regelmäßige Befahrung und Mahd im Fußbereich.

## 4 Zusammenfassung

Zur kontinuierlichen Reduzierung des niederschlagsbedingten Haldenwasseranfalls sowie der Restinfiltration und der damit einhergehenden, schrittweisen Verminderung der mit der Haldenbewirtschaftung verbundenen Umweltauswirkungen beabsichtigt die K+S Minerals and Agriculture GmbH den schnellstmöglichen Einstieg in die Abdeckung der Rückstandshalden des Werra-Kali-Reviers. Als bergbauliche Abfallentsorgungseinrichtung sind auf die Rückstandshalden der Kaliindustrie die Regelungen des Bergrechtes (Bundesberggesetz, Allgemeine Bundesbergverordnung) einschlägig anzuwenden.

Zur Erfüllung der bestehenden Anforderungen an die Haldenabdeckung unter Berücksichtigung der Standortgegebenheiten, hat sich für die Plateaubdeckung ein Oberflächenabdecksystem, welches in Anlehnung an die DepV konzipiert wurde, als zielführend erwiesen. Neben dem größtmöglichen Wirkungsgrad zur Verminderung des niederschlagsbedingten Haldenwasseranfalls kann auf Basis bestehender Normen und Regelwerke, die Eignung und Langzeitgebrauchstauglichkeit bei ausschließlich positiven Umweltauswirkungen und somit auch die Genehmigungsfähigkeit des Systems unter Berücksichtigung der Standorttypik der Großhalden in Anlage 1 gezeigt werden.

Für die Flankenabdeckung erfolgten bereits eine Vielzahl an Untersuchungen und Versuchen zur Entwicklung einer gebrauchstauglichen Abdeckung mit der Zielsetzung der größtmöglichen Reduzierung des Haldenwasseranfalls. Die technische Machbarkeit einer Dünnschichtabdeckung auf einer Rückstandshalde der Kaliindustrie sowie eine Sickerwasserreduzierung von bis zu 80 % bezogen auf die niederschlagsbedingte Haldenwassermenge wird durch die langjährigen Erfahrungen am Standort Sigmundshall, Lysimeterversuchen sowie dem erfolgreich durchgeführten und seit über drei Jahren erprobten HVH belegt. Ebenfalls ist die Materialverfügbarkeit überprüft und bestätigt worden. Somit steht für die Umsetzung der Flankenabdeckung ein eignungsgeprüftes Abdeckmaterial zur Verfügung, welches nach Vorbereitung der ebenfalls eignungsgeprüften Infrastruktur auf die Haldenflanken aufgebracht werden kann.

In der Randstreifengestaltung der Haldenerweiterung ist für die Aufstandsfläche der Abdeckung eine ausreichende Fläche vorgesehen. Die Konkretisierung der Flankenabdeckung mittels einer dünnschichtigen Abdeckung am Standort Hattorf erfolgt im nächsten Schritt in der Erstellung von Planunterlagen für die Abdeckung einer ersten Teilfläche und entsprechender Betrachtung der möglichen Umweltauswirkungen.

In welcher Höhe die Flankenabdeckung Kosten verursacht, kann zum jetzigen Zeitpunkt nur überschlägig und nicht abschließend angegeben werden.

## Literaturverzeichnis

1. RUNDER TISCH „GEWÄSSERSCHUTZ WERRA/WESER UND KALIPRODUKTION“ (2009): Maßnahmenblatt Haldenabdeckung / Haldenbegrünung einschließlich Abflachung. Erarbeitet im Rahmen des Runden Tisches „Gewässerschutz Werra/Weser und Kaliproduktion“ auf der Grundlage verschiedener Maßnahmenvorschläge und Stellungnahmen, beschlossen auf der 8. Sitzung am 13.01.2009.
2. FGG WESER (2016): Detailliertes Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung gemäß § 82 WHG in Ergänzung zum Maßnahmenprogramm 2015 bis 2021 für die Flussgebietseinheit Weser gemäß § 82 WHG.
3. FGG WESER (2021): Detaillierter Bewirtschaftungsplan 2021 bis 2027 für die Flussgebietseinheit Weser bzgl. der Salzbelastung in Ergänzung zum Entwurf des Bewirtschaftungsplans 2021 bis 2027 für die Flussgebietseinheit Weser gemäß § 83 WHG
4. Länderausschuss Bergbau: Anforderungen an die Verwertung von bergbaufremden Abfällen im Bergbau über Tage - Technische Regeln (TR Bergbau), Stand November 2020.
5. Institut für Infrastruktur und Ressourcenmanagement (IIRM): Öko-Effizienz-Analyse (ÖEA) zur Prüfung der Verhältnismäßigkeit unterschiedlicher Maßnahmenoptionen zur Umsetzung des Gewässerschutzes Werra/Weser zum Erhalt der Kaliproduktion im hessisch-thüringischen Kali-Gebiet; Auftraggeber: Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Wiesbaden; 13.11.2020