

**K + S Minerals and Agriculture GmbH  
Zentrale Technik  
Herr Florian Simon  
In der Aue  
36266 Heringen (Werra)**

Vellmar, 15. Juni 2021  
Forster

## **Systemdurchlässigkeit RMHA, Gleichwertigkeitsbetrachtung**

Sehr geehrte Damen und Herren,  
sehr geehrter Herr Simon,

mit diesem Schreiben nehmen wir zu dem uns am 14.06.2021 vorgelegten Bericht „RMHA Phase 2, Betrachtung der Gleichwertigkeit eines modifizierten Regelaufbaus der Basisabdichtung“, SIG-HESSSEN INGENIEURE, Prof. Steffen, Hütteroth & Schröder GmbH wie folgt Stellung.

### **0. Verwendete Unterlagen**

- [1.] SIG-HESSSEN INGENIEURE, Prof. Steffen, Hütteroth & Schröder GmbH, RMHA Phase 2, Betrachtung der Gleichwertigkeit eines modifizierten Regelaufbaus der Basisabdichtung vom 14. Juni 2021
- [2.] KEMPFERT, RAITHEL, Bodenmechanik und Grundbau, Band 1: Bodenmechanik, 2. überarbeitete Auflage, Bauwerk-Verlag, Berlin 2009
- [3.] SCHMIDT, Grundlagen der Geotechnik, 3. Vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage 2006, Verlag Teubner
- [4.] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 1533) geändert worden ist

Die QM<sub>GEO</sub> Prüfgesellschaft mbH ist eine durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17020 **akkreditierte Inspektionsstelle** und nach DIN EN ISO/IEC 17025 **akkreditiertes Prüflabor**. Die Akkreditierungen gelten für die in den Urkunden aufgeführten Inspektions- und Prüfverfahren.



## **1. Sachstand und Gegenstand des Gleichwertigkeitsnachweises**

Die K+S Minerals and Agriculture GmbH, Werk Werra, Standort Hattorf, betreibt zur Ablagerung des bei der Rohsalzaufbereitung entstehenden Rückstandes die ESTA-Rückstandshalde Hattorf. Zur Standort- und Produktionssicherung wird derzeit ein bergrechtliches Genehmigungsverfahren zur Erweiterung der Rückstandshalde durchgeführt (Vorhaben: „Nachhaltiges Rückstandsmanagement (RM) am Standort Hattorf (Haldenerweiterung Hattorf)“). Gegenständlich ist die Erweiterung Phase 2. Die Maßnahme umfasst die Vergrößerung der bestehenden Haldenfläche in südliche - südwestliche Richtung ausgehend von der in 2018 planfestgestellten Haldenerweiterung Phase 1. Die geplante Erweiterungsfläche umfasst 10,8 ha zzgl. ca. 7 ha Flächen für den Infrastruktur- und Randstreifen.

Im Zuge dieser Planung besteht der Wunsch seitens des Betreibers, dass zweilagige Abdichtungssystem zu modifizieren. Daher wurde die SIG-HESSSEN Ingenieure beauftragt, im Vorfeld der Weiterführung der Erweiterungsmaßnahme die Gleichwertigkeit eines hinsichtlich seine Aufbaustärke angepassten d.h. reduzierten Basisabdichtungssystems im Vergleich zum bisherigen Aufbau hinsichtlich seiner Funktionsfähigkeit zunächst rechnerische zu prüfen.

Der uns zur Bewertung vorgelegte Gleichwertigkeitsnachweis [1.] beinhaltet eine Anpassung des Systems Basisabdichtung wie folgt:

Das bestehende „System Basisabdichtung“ unterliegt folgendem prinzipiellen Aufbau:

- UV- und Witterungsschutzschicht (Rückstandssalz; optional mineralischer Witterungsschutz)
- filterstabile Trennlage, BAM-zugelassenes Filter- und Trennvlies
- 50cm flächenhafte Entwässerungsschicht
- Trennlage, BAM-zugelassenes Filter- und Trennvlies
- zweilagige mineralische Dichtung, aufgebaut aus
  - min. 50cm polymervergüteter oberer Lage (0/8mm), Einbau in 2 Schichten
  - min. 25cm polymervergüteter unterer Lage (0/2mm)
- Planum – anstehender bzw. aufgetragener vergüteter Boden

In den vorgelegten Unterlagen ist zunächst eine Anpassung des System Basisabdichtung von einer Gesamtstärke von 75 cm (25 cm untere Lage und 50 cm obere Lage) auf eine Gesamtstärke von min. 53 cm als 25 cm (Toleranz -0cm / +2cm) untere Lage und 30 cm (Toleranz  $\pm 2$  cm) obere Lage vorgesehen. Die Gesamtmächtigkeit ergibt sich daher zu 53 cm bis 59 cm.

Zusätzlich ist eine Reduzierung der Flächenhaften Entwässerungsschicht (FES) von bisher 50 cm auf eine Mächtigkeit von 30 cm vorgesehen.

In der folgenden Abbildung ist das bestehende System Basisabdichtung dem angepassten System gegenübergestellt.

## Aufbau neu



### Witterungsschutzschicht

- mineralische Schutzlage
- alternativ Rückstandssalz
- $\phi \geq 30^\circ$

### Trenn-/Filterschicht

- geotextiles Vlies

### Entwässerungsschicht

#### inkl. linienhafte Entwässerungselemente

- Korngröße 16/32 mm
- Einbaustärke  $\geq 0,50$  m
- $k_f \geq 1 \cdot 10^{-1}$  m/s
- $\phi \geq 30^\circ$

### Schutz-/Trennlage

- alternativ geotextiles Vlies oder
- Geotextil mit mineralischen Einlagerungen (Sandmatte)

### Zweilagige mineralische Dichtung

- bestehend aus oberer und unterer Lage (oL und uL)
- Gesamtdurchlässigkeit  $k_{gesamt} \leq 3 \cdot 10^{-12}$  m/s

### Dichtungsschicht oL

- mineralisch, kornabgestuft (0/8 mm)
- Einbaustärke  $\geq 0,30$  m (+/- 2 cm)
- $k_s \leq 3 \cdot 10^{-12}$  m/s
- $\phi \geq 35^\circ$
- Tongehalt  $\geq 12$  %
- Tonart Sercusol 3301®
- polymervergütet

### Dichtungsschicht uL

- mineralisch, kornabgestuft (0/2 mm)
- Einbaustärke  $\geq 0,25$  m (+ 2 cm)
- $k_s \leq 3 \cdot 10^{-12}$  m/s
- $\phi \geq 30^\circ$
- Tongehalt  $\geq 20$  %
- Tonart Sercusol 3301®
- polymervergütet

### Planum/Baugrund

- Tragfähigkeit  $E_{a,1} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup>

## Aufbau alt



### Witterungsschutzschicht

- mineralische Schutzlage
- alternativ Rückstandssalz
- $\phi \geq 30^\circ$

### Trenn-/Filterschicht

- geotextiles Vlies

### Entwässerungsschicht

#### inkl. linienhafte Entwässerungselemente

- Korngröße 16/32 mm
- Einbaustärke  $\geq 0,50$  m
- $k_f \geq 1 \cdot 10^{-1}$  m/s
- $\phi \geq 30^\circ$

### Schutz-/Trennlage

- alternativ geotextiles Vlies oder
- Geotextil mit mineralischen Einlagerungen (Sandmatte)

### Zweilagige mineralische Dichtung

- bestehend aus oberer und unterer Lage (oL und uL)
- Gesamtdurchlässigkeit  $k_{gesamt} \leq 5 \cdot 10^{-10}$  m/s

### Dichtungsschicht oL

- mineralisch, kornabgestuft (0/8 mm)
- Einbaustärke  $\geq 0,50$  m
- $k_s \leq 1 \cdot 10^{-9}$  m/s
- $\phi \geq 35^\circ$
- Tongehalt  $\geq 12$  %
- Tonart Sercusol 3301®
- polymervergütet

### Dichtungsschicht uL

- mineralisch, kornabgestuft (0/2 mm)
- Einbaustärke  $\geq 0,25$  m
- $k_s \leq 5 \cdot 10^{-11}$  m/s
- $\phi \geq 30^\circ$
- Tongehalt  $\geq 20$  %
- Tonart Sercusol 3301®
- polymervergütet

### Planum/Baugrund

- Tragfähigkeit  $E_{a,1} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup>

Abbildung 1: Darstellung des bestehenden und des angepassten Systemaufbaus für die Gleichwertigkeitsbetrachtung gemäß [1.]

## **2. Rechtlicher Rahmen einer Schichtstärkenreduzierung und Berechnung der Gleichwertigkeit**

### **2.1 Mineralischen Basisabdichtungssystem**

Eine Verminderung von Schichtstärken von Abdichtungssystemen ist im Bereich von Deponieabdichtungssystemen gängige Praxis, die mineralischen Abdichtungskomponenten aus Oberflächenabdichtungssystemen werden häufig durch dünnlagige geosynthetische Tondichtungsbahnen oder einer dünnlagigen Abdichtung aus Trisoplast ersetzt.

Für Basisabdichtungen ist die Reduzierung von Schichtenmächtigkeiten bei Deponieabdichtungssystemen eingeschränkt durch die Forderung der Deponieverordnung [4.] in DepV, Anh. 1, Tab. 1, Nr. 2 in Verbindung mit Fußnote 2 dahingehend, dass eine Mindestmächtigkeit von 0,50 m einzuhalten ist.

Die vorgelegte Gleichwertigkeitsbetrachtung sieht eine Reduzierung der Schichtstärke auf min. 0,53 m vor, womit die zuvor genannte Anforderung der Deponieverordnung erfüllt wird.

Anzumerken ist jedoch, dass der vorliegende Gleichwertigkeitsnachweis kein Abdichtungssystem nach Deponierecht betrachtet, sondern eine Anlage nach Bergrecht.

### **Vergleichsrechnung zur Berechnung der Gleichwertigkeit**

Das bisher errichtete Abdichtungssystem aus 0,75 m Basisabdichtung soll durch ein gleichwertiges System von min. 0,53 m ersetzt werden. Die vorgelegte Gleichwertigkeitsbetrachtung [1.] beinhaltet eine Berechnung, in welcher die Durchströmung des Dichtungssystems bei realem Einstau in der flächenhaften Entwässerungsschicht FES (angegeben mit max. 10 cm) bis zur Durchströmung beim Volleinstau einer in der Schichtenmächtigkeit reduzierten FES (30 cm) als Grundlage der Gleichwertigkeitsbetrachtung angegeben ist.

Hierzu ist jedoch anzumerken, dass im bestehenden System ein Volleinstau bis zu einer Mächtigkeit von 50 cm möglich ist und daher diese Mächtigkeit für eine Gleichwertigkeitsbetrachtung zum bestehenden System herangezogen werden sollte. Auch ist anzumerken, dass aktuell noch kein Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit für die FES im Erweiterungsabschnitt vorliegt. Dieser ist zwingend nachzureichen.

Eine Berechnung der Gleichwertigkeit von Abdichtungssystemen bei verminderter Schichtstärke kann anhand des DARCY-Gesetzes (aus [2.]) ermittelt werden:

$$\frac{Q}{A} = q = k * i = k * \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

Diese Beziehung nach DARCY ist auch Grundlage der vorgelegten Gleichwertigkeitsbetrachtung. Im Folgenden wird eine eigene Betrachtung mit den zuvor genannten erweiterten Forderungen (insbesondere angepasster Volleinstau der FES) als Vergleichsrechnung ausgeführt, welche einen Überstau der Dichtung von 10 cm (Bemessungsfall) bis max. 50 cm (Volleinstau der Entwässerungsschicht) betrachtet:

q	kf	Aufstau	System
[m/s]	[m/s]	[m]	[m]
5,67E-10	5,00E-10	0,10	0,75
6,33E-10	5,00E-10	0,20	0,75
7,00E-10	5,00E-10	0,30	0,75
7,67E-10	5,00E-10	0,40	0,75
8,33E-10	5,00E-10	0,50	0,75

Für die reduzierte Aufbaustärke ergibt sich nach Umstellung der zuvor genannten Berechnungsformel die zu gewährleistende Maximaldurchlässigkeit der reduzierten Dichtungsschicht zu

$$k = q * \frac{\Delta l}{\Delta h}$$

kf	q	Aufstau	System
[m/s]	[m/s]	[m]	[m]
4,77E-10	5,67E-10	0,10	0,53
4,60E-10	6,33E-10	0,20	0,53
4,47E-10	7,00E-10	0,30	0,53
4,37E-10	7,67E-10	0,40	0,53
4,29E-10	8,33E-10	0,50	0,53

Abminderungsfaktor 1,40

3,06E-10

Es ergibt sich bei einem Aufbau von 53 cm eine zu gewährleistende maximale Durchlässigkeit von 4,29E-10 m/s, um eine Gleichwertigkeit bestätigen zu können.

Die vorgelegte Gleichwertigkeitsbetrachtung beinhaltet eine Abminderung des berechneten Wertes zur Gleichwertigkeit des Abdichtungssystems bei reduzierter Schichtstärke (Abminderungsfaktor 1,40). Eine solche Abminderung erscheint sinnvoll, da durch eine Reduzierung der Mächtigkeit die obere Lage des Systems bei reduzierter Mächtigkeit nur noch in einer Schicht errichtet wird, nicht mehr in zwei Schichten wie im bestehenden Abdichtungssystem. Da die Schichten versetzt errichtet werden und fehlerausgleichend wirken, ist dieses durch den Entfall einer Schicht reduzierte



Schutzniveau durch eine Erhöhung der Anforderung mittels eines Sicherheitsbeiwertes Rechnung zu tragen.

Dieser Erhöhung der Anforderung im Sinne eines Sicherheitsbeiwertes trägt der vorhandene Abminderungsfaktor für den gewählten Durchlässigkeitsbeiwert Rechnung, wobei sich somit die folgenden Sicherheiten für die Einwirkung (hydraulisches Gefälle) und Widerstand (Durchlässigkeitsbeiwert) ergeben:

Sicherheitsbeiwert Einwirkung	$\geq 5,0$ <sup>1</sup>
Sicherheitsbeiwert Widerstand	1,40

Die maximale Durchlässigkeit des Abdichtungssystems bei verminderter Schichtstärke wurde gemäß Gleichwertigkeitsnachweis festgelegt zu:

$$k_f \leq 3,0 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$$

## **2.2 Flächenfilter**

Des Weiteren ist im Rahmen des modifizierten Regelaufbaus eine Reduzierung der Mächtigkeit der flächenhaften Entwässerungsschicht von 50 cm auf 30 cm vorgesehen. Gemäß den Vorgaben der Deponieverordnung [4.], Anh. 1, Tab. 1, Fußnote 3) ist eine Reduzierung der mineralischen Entwässerungsschicht oder eine Anpassung des Körnungsbandes mit Zustimmung der zuständigen Behörde prinzipiell zulässig, sofern nachgewiesen wird, dass es **langfristig** zu keinem Wasseranstau im Deponiekörper (hier Haldenkörper) kommt.

Der vorgelegte Gleichwertigkeitsnachweis [1.] begründet die Forderung zur Vermeidung eines Wasseranstaus mit einer möglichen Schadstoffaufsättigung im Sickerwasser. Dieses kann bestätigt werden, ist jedoch noch dahingehend zu ergänzen, dass bei einem Wasseranstau natürlich auch ein größeres hydraulisches Gefälle vorliegt und damit die Durchsickerung (Restinfiltration) des Abdichtungssystems ansteigt (siehe Punkt 2.1).

Daher ist ein hydraulischer Nachweis der Leistungsfähigkeit der reduzierten flächenhaften Entwässerungsschicht (FES) vorzulegen, welcher die langfristige Entwässerung unter Berücksichtigung der Vorgaben des BQS 3-1 (und Mitgeltende) zur Dauerhaftigkeit beinhaltet. Dieser hydraulische Nachweis kann auch alternative Körnungen beinhalten, sofern für diese eine Erfüllung der Anforderungen gemäß DepV, BQS 3-1 und Mitgeltende langfristig gewährleistet sind.

---

<sup>1</sup> Sofern im hydraulischen Nachweis der flächenhaften Entwässerungsschicht ein max. Einstau von 10 cm nachgewiesen werden kann.

### **3. Bewertung der vorgelegten Gleichwertigkeitsbetrachtung**

Am 14.06.2021 wurde der QM<sub>GEO</sub> Prüfgesellschaft mbH in ihrer Funktion als Fremdprüfung im Rahmen der Haldenerweiterung Hattorf ein Bericht „RMHA Phase 2, Betrachtung der Gleichwertigkeit eines modifizierten Regelaufbaus der Basisabdichtung“, SIG-HESSEN INGENIEURE, Prof. Steffen, Hütteroth & Schröder GmbH [1.] zur Bewertung vorgelegt.

Die im Bericht dargelegte Gleichwertigkeit eines Abdichtungssystems mit verminderter Schichtstärke wurde sowohl auf Übereinstimmung mit den geltenden Vorschriften (insbesondere der Vorgaben der DepV [4.]), als auch rechnerisch durch Vergleichsrechnung geprüft. Hierbei zeigte sich, dass eine Gleichwertigkeit des bisherigen Abdichtungssystems vom

0,75 m mit einer Durchlässigkeit von  $k_f \leq 5,0 \cdot 10^{-10}$  m/s

zu einem System von

0,53 m mit einer Durchlässigkeit von  $k_f \leq 3,0 \cdot 10^{-10}$  m/s

gegeben ist.

Die nach DepV [4.] geforderte Mindestmächtigkeit der Basisabdichtung von 0,50 m wird hierbei nicht unterschritten, wobei diese Mindestmächtigkeit nach DepV für die vorliegende Anlage nach Bergrecht nur als Vergleichswert herangezogen wird.

Ein Nachweis des maximalen Einstaus in der Flächenhaften Entwässerungsschicht ist als hydraulische Berechnung noch nachzureichen. Eine Aussage zur Reduzierung der Flächenhaften Entwässerungsschicht kann erst mit Vorlage des hydraulischen Nachweises getroffen werden.

Für Rückfragen stehe ich unter der E-Mail [forster@qmgeo.de](mailto:forster@qmgeo.de) oder den Rufnummern 0561/ 220 788-11 bzw. mobil 0160/ 898 56 29 gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen



ppa. Dipl.-Ing. D. Forster