

**K + S Minerals and Agriculture GmbH
Abt. Umwelt/Genehmigungen
Herr Christian Artschwager
In der Aue
36266 Heringen (Werra)**

Vellmar, 07. Dezember 2021
Forster

Systemdurchlässigkeit RMHA, Gleichwertigkeitsbetrachtung Phase 3

Sehr geehrte Damen und Herren,
sehr geehrter Herr Artschwager,

mit diesem Schreiben nehmen wir zu dem uns am 07.12.2021 vorgelegten Bericht „RMHA Phase 3, Betrachtung der Gleichwertigkeit eines modifizierten Regelaufbaus der Basisabdichtung“, SIG-HESSEN INGENIEURE, Prof. Steffen, Hütteroth & Schröder GmbH [1.] wie folgt Stellung.

0. Verwendete Unterlagen

- [1.] SIG-HESSEN INGENIEURE, Prof. Steffen, Hütteroth & Schröder GmbH, RMHA Phase 3, Betrachtung der Gleichwertigkeit eines modifizierten Regelaufbaus der Basisabdichtung vom 07. Dezember 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 3 der Verordnung vom 09. Juli 2021 (BGBl. I S. 2598) geändert worden ist

Die QM_{GEO} 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 3.

Die Phase 3 der Haldenerweiterung erstreckt sich auf einer Fläche von rd. 24,5 ha. Der 65 m breite permanente Haldenrandstreifen angrenzend an die Beschüttungsfläche beinhaltet die Infrastrukturanlagen (Haldenrandgraben, Befahrungsweg, Süßwassergraben), eine Fläche für die spätere Aufstandsfläche einer Haldenabdeckung, eine Auslaufzone für Verformungen, den optionalen zusätzlichen Infrastrukturstreifen im Fall von Verformungen im Bereich der haldennahen Infrastruktur, einen Zaun sowie einen ca. 10 m breiten Waldrand. Er umfasst eine Fläche von ca. 6,6 ha.

Im Zuge dieser Planung besteht der Wunsch seitens des Betreibers, dass zweilagige Abdichtungssystem zu modifizieren. Daher wurde durch die SIG-HESSSEN Ingenieure GmbH für die Phase 2 ein hinsichtlich seiner Aufbaustärke angepasstes, d.h. reduziertes Basisabdichtungssystem geplant und hinsichtlich Funktionsfähigkeit geprüft (im Folgenden als Variante 1 bezeichnet).

In gleicher Weise ist eine Reduzierung der Schichtenmächtigkeit für Phase 3 vorgesehen.

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

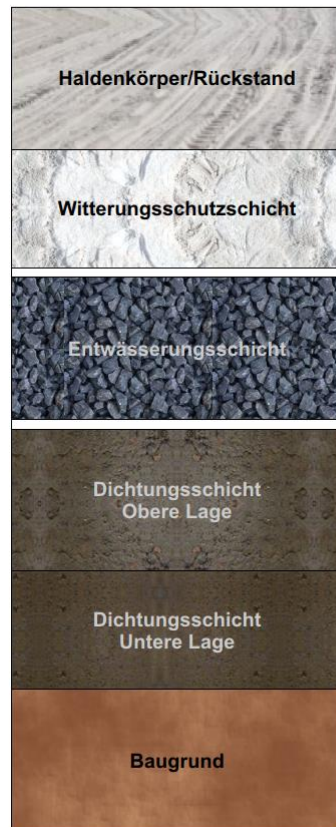
- UV- und Witterungsschutzschicht (Rückstandssalz; optional mineralischer Witterungsschutz)
- filterstabile Trennlage, BAM-zugelassenes Filter- und Trennvlies
- 30cm flächenhafte Entwässerungsschicht
- Trennlage, BAM-zugelassenes Filter- und Trennvlies
- zweilagige mineralische Dichtung, aufgebaut aus
 - min. 30cm polymervergüteter oberer Lage (0/8mm)
 - min. 25cm polymervergüteter unterer Lage (0/2mm)
- Planum – anstehender bzw. aufgetragener vergüteter Boden

In den vorgelegten Unterlagen ist eine Anpassung des System Basisabdichtung zu einer Gesamtstärke von min. 53 cm als 25 cm (Toleranz -0cm / +2cm) untere Lage und 30 cm (Toleranz ± 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 System Basisabdichtung Phase 1 dem angepassten System Variante 1 (Phase 3) gegenübergestellt.

Aufbau neu



Witterungsschutzschicht

- mineralische Schutzlage
- alternativ Rückstandssalz

Trenn-/Filterschicht

- geotextiles Vlies

Entwässerungsschicht

inkl. linienhafte Entwässerungselemente

- Korngröße gemäß hydr. Nachweis
- Einbaustärke gemäß hydr. Nachweis $\geq 0,30$ m
- $k_f \geq 1 \cdot 10^{-2}$ 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 $k_{f \text{ gesamt}} \leq 3 \cdot 10^{-10}$ m/s

Dichtungsschicht oL

- mineralisch, Kornabgestuft (0/8 mm)
- Einbaustärke = 0,30 m (+/- 2 cm)
- $k_f \leq 3 \cdot 10^{-10}$ m/s
- $\phi \geq 35^\circ$
- Tonzugabe ≥ 12 %
- Tonart Secursol 3301®
- polymervergütet

Dichtungsschicht uL

- mineralisch, Kornabgestuft (0/2 mm)
- Einbaustärke $\geq 0,25$ m (+ 2 cm)
- $k_f \leq 3 \cdot 10^{-10}$ m/s
- $\phi \geq 30^\circ$
- Tonzugabe ≥ 20 %
- Tonart Secursol 3301®
- polymervergütet

Planum/Baugrund

- Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 45$ MN/m²

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
- $k_f \geq 1 \cdot 10^{-2}$ 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 $k_{f \text{ gesamt}} \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s

Dichtungsschicht oL

- mineralisch, Kornabgestuft (0/8 mm)
- Einbaustärke $\geq 0,50$ m
- $k_f \leq 1 \cdot 10^{-9}$ m/s
- $\phi \geq 35^\circ$
- Tonzugabe ≥ 12 %
- Tonart Secursol 3301®
- polymervergütet

Dichtungsschicht uL

- mineralisch, Kornabgestuft (0/2 mm)
- Einbaustärke $\geq 0,25$ m
- $k_f \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s
- $\phi \geq 30^\circ$
- Tonzugabe ≥ 20 %
- Tonart Secursol 3301®
- polymervergütet

Planum/Baugrund

- Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 45$ MN/m²

2. Rechtlicher Rahmen einer Schichtstärkenreduzierung und Berechnung der Gleichwertigkeit

2.1 Mineralisches 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, jedoch darf bei Monodeponien gemäß DepV, Anhang 1, Nummer 3 von diesen Vorgaben abgewichen werden. Die Anlage unterliegt zudem dem Bergrecht, die Deponieverordnung stellt nur ein Bezugsdokument dar.

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

Vergleichsrechnung zur Berechnung der Gleichwertigkeit

Das ursprüngliche Abdichtungssystem (Phase 1) 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 System Phase 1 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 $4,29 \cdot 10^{-10}$ 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 Abdichtungssystem Phase 1. 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.

Die maximale Durchlässigkeit des Abdichtungssystems Phase 3 bei verminderter Schichtstärke ergibt sich gemäß Berechnung 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 hydraulischen 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. Diese bedürfen jedoch auch der Zustimmung der Genehmigungsbehörde.

3. Bewertung der vorgelegten Gleichwertigkeitsbetrachtung

Am 07.12.2021 wurden der QM_{GEO} Prüfungsgesellschaft mbH in ihrer Funktion als Fremdprüfung im Rahmen der Haldenerweiterung Hattorf Phase 1 ein Bericht „RMHA Phase 3, Betrachtung der Gleichwertigkeit eines modifizierten Regelaufbaus der Basisabdichtung“, SIG-HESSSEN INGENIEURE, Prof. Steffen, Hütteroth & Schröder GmbH [1.] mit der Bitte um 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 hydraulische Gleichwertigkeit des bisherigen Abdichtungssystems von

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 nicht unterschritten. Von dieser Anforderung darf bei Monodeponien jedoch gemäß Anh. 1, Nr. 3 DepV abgewichen werden. Die Anlage unterliegt zudem dem Bergrecht, nicht dem Deponierecht. Die rechtliche Einordnung einer erforderlichen Mindestmächtigkeit liegt in der Zuständigkeit der Genehmigungsbehörde und ist uns nicht möglich.

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, eine Reduzierung bedarf jedoch der Zustimmung der Genehmigungsbehörde.

Für Rückfragen stehe ich unter der E-Mail 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