

IG Braunschweig GmbH · Berliner Straße 52 J · 38104 Braunschweig

K+S Minerals and Agriculture GmbH
Werk Werra
Frau Dr. Poppitz
Hattorfer Straße
36269 Philippsthal

<i>Ihr Zeichen/ Ihre Nachricht vom</i>	<i>Unser Zeichen</i>	<i>Bearbeiter</i>	<i>Telefon</i>	<i>Braunschweig, den</i>
Frau Gerber 19.09.2024	1908	Dr.-Ing. U. Sehrbrock u.sehrbrock@igbraunschweig.de	0531 / 354 04 60 10 0172 / 543 85 84	05.11.2024

Haldenerweiterung Hattorf

Forderung Behörde zur Betrachtung Restdurchlässigkeit bzw.

des Durchlässigkeitsverhaltens bei aufgeprägter Dehnung

Erwiderung zur Stellungnahme der Umtec vom 13.09.2024

Sehr geehrte Frau Dr. Poppitz,

mit Datum vom 19.09.2024 haben Sie uns eine Stellungnahme der Umtec vom 13.09.2024 zu-
gestellt, mit Bitte um Erwiderung.

Da sowohl auf Betrachtungen der IG BS wie auch die Ansätze/Ergebnisse von IK abgehoben
wurde, sind von beiden angesprochenen Gutachtern Erwiderungen verfasst worden, jeweils be-
zogen auf die individuell verantworteten Zusammenhänge. Die durch IG BS und IK separat ge-
gebenen Antworten sind miteinander abgestimmt, so dass beide Papiere zusammen vollum-
fänglich auf die Anmerkungen des Behördengutachters eingehen. Im Weiteren hier nun die Er-
widerung der IG BS, Dr.-Ing. U. Sehrbrock:

Grundsätzliches zu dem geführten Nachweis: Der Nachweis nach GDA E 2-13 sieht die An-
wendung von Teilsicherheitsbeiwerten nicht vor, sondern es wird verwiesen auf *“einen Sicher-
heitsfaktor, der entsprechend DIN 4084, Abschnitt 12, zu wählen ist“*, aus GDA E 2-13.

Würde man die Teilsicherheitsbeiwerte (gemäß DIN 1054, Tabelle A 2.2) bei dem hier diskutier-
ten Fall wie vorgesehen anwenden, würde eine Abminderung der Scherparameter dazu führen,
dass die zur Überdrückung der Rissbildung erforderliche Auflastspannung ebenfalls geringer
ausfallen würde. Insofern ist eine übliche Verwendung der Teilsicherheitsbeiwerte hier nicht
sinnvoll möglich, was ja auch konsequenterweise die Nutzung der Sicherheitsbeiwerte nach
DIN 4084, Abschnitt 12, begründet und stützt.

IG Braunschweig GmbH

Berliner Straße 52 J
38104 Braunschweig
Telefon 0531 / 3540460-10
Telefax 0531 / 3540460-99

Geschäftsführer
Dipl.-Ing. Wolf-Dietrich Brunswig
Dipl.-Ing. Knut Wichmann

Bankverbindung
Commerzbank
IBAN DE19 2704 0080 0559 9949 00
BIC COBADEFFXXX

Amtsgericht Braunschweig
HRB 200803
St. Nr. 13/209/01759
USt.ID-Nr. DE25 4076 328

In den folgenden Tabellen 1 und 2 haben wir die Ergebnisse zusammengestellt, die sich ergeben, wenn man die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{\phi'}$, bzw. $\gamma_{c'}$ statt wie üblich zur Reduzierung per Division nun - gemäß dem Wunsch der Umtec - zur Erhöhung der Scherparameter mit den Teilsicherheitsbeiwerten multipliziert. In Reaktion auf die Stellungnahme der Umtec vom 13.09.2024 wurden bei den Berechnungen Scherparameter angesetzt, die sich als Medianwerte aus der Auswertung der von QMgeo anhand von Scherversuchen ermittelten Ergebnisse (Substitut 02) ergeben (Zusammenstellung siehe Anlage 1).

Spannungsnachweis, GDA E 2-13, Kap. 2.2 a)			oL, Substitut 02 (Scherparameter aus Zusammenstellung QMgeo)					
Bodenwichte (bei ρ_{Pr} und w_{Pr})	ρ_f	[kN/m ³]	22,7	Laborergebnisse für Substitut 02 Ansatz der Medianwerte von ϕ' und c' Teilsicherheitsbeiwerte GEO-3, BS-P ($\gamma_{\phi'} = 1,25$, $\gamma_{c'} = 1,25$)				
Reibungswinkel	ϕ'_d	[°]	50,6					
Kohäsion	c'_d	[kN/m ²]	22,0					
Schichtdicke	d	[m]	0,30					
Risstiefe	z_R	[m]	0,00	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30
z_R / d		[-]	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
Teilsicherheitsbeiwert nach DIN 1054 (GEO-3) Bemessungssituation BS-P: γ_G		[-]	1,0					
Auflastspannung zur Vermeidung von Rissen der Tiefe z_R	σ_0	[kN/m ²]	122,9	122,2	121,5	120,8	120,2	119,5
Ergebnisse bei $\phi' = 50,6^\circ$ und $c' = 52,5$ kN/m ² *								
* max zul Kohäsion $c = 52,5$ kN/m ² bei Auflastspannung $\sigma_0 \approx 300$ kN/m ²			293,3	292,6	291,9	291,2	290,5	289,8

Tabelle 1: Spannungsnachweis nach GDA E 2-13 Kap 2.2, obere Lage min. Dichtung – oL, Kennwerte [Quelle QMgeo] multipliziert mit Teilsicherheitsbeiwerten aus DIN 1054, Tab. A 2.2

Spannungsnachweis, GDA E 2-13, Kap. 2.2 a)			uL, Substitut 02 (Scherparameter aus Zusammenstellung QMgeo)					
Bodenwichte (bei ρ_{Pr} und w_{Pr})	ρ_f	[kN/m ³]	21,9	Laborergebnisse für Substitut 02 Ansatz der Medianwerte von ϕ' und c' Teilsicherheitsbeiwerte GEO-3, BS-P ($\gamma_{\phi'} = 1,25$, $\gamma_{c'} = 1,25$)				
Reibungswinkel	ϕ'_d	[°]	41,0					
Kohäsion	c'_d	[kN/m ²]	41,3					
Schichtdicke	d	[m]	0,25					
Risstiefe	z_R	[m]	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
z_R / d		[-]	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
Teilsicherheitsbeiwert nach DIN 1054 (GEO-3) Bemessungssituation BS-P: γ_G		[-]	1,0					
Auflastspannung zur Vermeidung von Rissen der der Tiefe z_R	σ_0	[kN/m ²]	181,2	180,7	180,2	179,6	179,1	178,5
Ergebnisse bei $\phi' = 41,0^\circ$ und $c' = 52,5$ kN/m ² *								
* max zul Kohäsion $c = 52,5$ kN/m ² bei Auflastspannung $\sigma_0 \approx 300$ kN/m ²			230,4	230,0	229,3	228,8	228,2	227,7

Tabelle 2: Spannungsnachweis nach GDA E 2-13 Kap 2.2, untere Lage min. Dichtung - uL, Kennwerte [Quelle QMgeo] multipliziert mit Teilsicherheitsbeiwerten aus DIN 1054, Tab. A 2.2

Nach den bereits in unserer gutachterlichen Stellungnahme vom 24.08.2023 (unter Berücksichtigung des Sicherheitsfaktors nach DIN 4048, Abschnitt 12) sowie der auf ein Schreiben der Umtec verfassten Erwiderung vom 22.11.2023 (nun auf Wunsch der Umtec unter Berücksichtigung von mit Teilsicherheitsbeiwerten multiplizierten Mittelwerten der Scherparameter) angegebenen Werten, sind in diesem Papier die sich, dieses Mal nach dem Wunsch der Umtec unter Verwendung der Medianwerte der Scherparameter errechnenden, zur Vermeidung von Rissen erforderlichen Auflastspannungen wiedergegeben, siehe Tabellen 1 und 2.

Entsprechend der durch Wahl unterschiedlicher Ansätze (Mittel-, bzw. Medianwerte) differierenden Eingangswerte ändern sich naturgemäß die Ergebnisse (erf. Auflastspannungen σ_0).

IK hat in seiner Stellungnahme IK2035/11 anhand seiner numerischen Berechnungen Vertikalspannungen für die Modellschicht Basisabdichtung zeitabhängig für den Elementschwerpunkt (Centroid) sowie ergänzend für die oberen und unteren Integrationspunkte der Elemente ausgewertet. Im Folgenden werden die für die oberen und unteren vier Integrationspunkte gemittelten Vertikalspannungen $\bar{\sigma}_{oL}$ und $\bar{\sigma}_{uL}$ mit den erforderlichen Auflastspannungen für die obere bzw. untere Lage gemäß Tabelle 1 und 2 verglichen.

Unabhängig von den verwendeten Ansätzen ergeben sich jedoch bei allen Berechnungen erforderliche Auflastspannungen σ_0 zur Vermeidung von Rissen, die unter den sich nach den numerischen Berechnungen von IK nach einer Nachbetriebsphase von 10 Jahren errechneten Werten $\bar{\sigma}_v$ zu $\bar{\sigma}_v = 198,1 / 193,0 \text{ kN/m}^2$ (oL / uL) liegen. Bis zu diesem Zeitpunkt (10 Jahre) ergeben sich nach IK 2035/07 Dehnungen bis lediglich etwa 1 %. In der folgenden Nachbetriebsphase stellen sich Vertikalspannungen ein, für die insgesamt gilt

$$\sigma_v \gg \sigma_0$$

In den nachfolgenden Tabellen 3.1 und 3.2 sind Ergebnisse von Berechnungen zusammengestellt, bei denen die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{\phi'}$ und γ_c für die untere Lage (uL) der min. Dichtung so variiert wurden, dass sich die errechnenden Auflastspannungen zur Vermeidung von Rissen σ_0 so ergaben, dass sie den von IK berechneten Vertikalspannungen am Element A (untere Integrationspunkte des Elementes, siehe Stellungnahme IK) entsprachen. Für den Zeitpunkt der Nachbetriebsphase nach 1 Jahr siehe Tabelle 3.1, für den Zeitpunkt der Nachbetriebsphase nach 5 Jahren siehe Tabelle 3.2.

Für die min. Dichtung der oberen Lage (oL) erübrigten sich derartige Betrachtungen, da sich für diese Konstellation bereits mit Teilsicherheitsbeiwerten nach GEO-3, BS-P ($\gamma_{\phi'}, \gamma_c = 1,25$), mit $\sigma_0 \leq 122,9 \text{ kN/m}^2$ geringere σ_0 -Werte ergaben als sich Vertikalspannungen lt. Numerik (s. IK, Tabelle 1) errechneten ($\sigma_0 \geq 137,4 \text{ kN/m}^2$, centroid Element A, bzw. oL aus oberen Integrationspunkten des Elementes berechnet).

Die in den Tabellen 3.1 und 3.2 wiedergegebenen Werte zeigen, dass die Vertikalspannungen im Böschungsfußbereich zu keinem Zeitpunkt so gering sind, dass die zur Vermeidung von Rissen erforderliche Auflastspannung σ_0 unterschritten wird. Zu jedem Zeitpunkt ist – unabhängig

von dem hier jetzt nicht beachteten Effekt der Querdehnung – eine gewisse rechnerische Sicherheit gegeben (repräsentiert durch die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{c'}$), die aufgrund des Anwachsens der Vertikalspannung mit der Zeit immer weiter zunimmt.

Spannungsnachweis, GDA E 2-13, Kap. 2.2 a)			uL, Substitut 02 (Scherparameter aus Zusammenstellung QMgeo)					
Bodenwichte (bei ρ_{Pr} und w_{Pr})	ρ_f	[kN/m ³]	21,9	Laboreergebnisse für Substitut 02 Ansatz der Medianwerte von φ' und c' Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{c'} = 1,032$				
Reibungswinkel	φ'_d	[°]	35,7					
Kohäsion	c'_d	[kN/m ²]	34,1					
Schichtdicke	d	[m]	0,25					
Risstiefe	z_R	[m]	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
z_R / d		[-]	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
Teilsicherheitsbeiwert nach DIN 1054 (GEO-3) Bemessungssituation BS-P: γ_G		[-]	1,0					
Auflastspannung zur Vermeidung von Rissen der der Tiefe z_R	σ_0	[kN/m ²]	132,9	132,3	131,8	131,2	130,7	130,1

Tabelle 3.1: Spannungsnachweis nach GDA E 2-13 Kap 2.2, untere Lage min. Dichtung - uL,
Kennwerte [Quelle QMgeo] multipliziert mit Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{c'} = 1,032$
Zeitraum Nachbetriebsphase 1 Jahr (vergl. Stellungnahme IK, Tabelle 1)

Spannungsnachweis, GDA E 2-13, Kap. 2.2 a)			uL, Substitut 02 (Scherparameter aus Zusammenstellung QMgeo)					
Bodenwichte (bei ρ_{Pr} und w_{Pr})	ρ_f	[kN/m ³]	21,9	Laboreergebnisse für Substitut 02 Ansatz der Medianwerte von φ' und c' Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{c'} = 1,161$				
Reibungswinkel	φ'_d	[°]	38,9					
Kohäsion	c'_d	[kN/m ²]	38,4					
Schichtdicke	d	[m]	0,25					
Risstiefe	z_R	[m]	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25
z_R / d		[-]	0,00	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
Teilsicherheitsbeiwert nach DIN 1054 (GEO-3) Bemessungssituation BS-P: γ_G		[-]	1,0					
Auflastspannung zur Vermeidung von Rissen der der Tiefe z_R	σ_0	[kN/m ²]	160,5	160,0	159,5	158,9	158,4	157,8

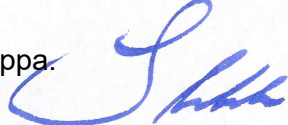
Tabelle 3.2: Spannungsnachweis nach GDA E 2-13 Kap 2.2, untere Lage min. Dichtung - uL,
Kennwerte [Quelle QMgeo] multipliziert mit Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{c'} = 1,161$
Zeitraum Nachbetriebsphase 5 Jahre (vergl. Stellungnahme IK, Tabelle 1)

Fazit Die in der gutachterlichen Stellungnahme der IG BS vom 24.08.2023 vorgelegten, mit Berechnungen flankierten Beurteilungen sind weder zu ergänzen noch zu korrigieren. Die verwendeten Berechnungsverfahren wurden vom Behördengutachter bereits als ansetzbar bewertet. Die in dieser Erwiderung der IG BS und der geotechnischen Stellungnahme der IK vom 16.11.2023 gelieferten Erläuterungen zeigen, dass es selbst bei sehr konservativen Ansätzen (wie der unkonventionelle Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte) zu keinen grundsätzlich anderen Resultaten kommt, auch nicht, wenn (wie hier nun vorstehend) statt der Mittelwerte die

Medianwerte für die Berechnungen herangezogen werden, so dass die Bewertung, „dass die Funktionsfähigkeit der mineralischen Dichtung bei planmäßigen Zuständen im Aufstandsbereich der Rückstandshalde erhalten bleibt“ (aus Stellungnahme IG BS vom 24.08.2023), weiter Bestand hat.

Braunschweig, den 05.11.2024

IG Braunschweig GmbH

ppa. 

Dr.-Ing. Ulrich Sehrbrock



Anlage 1: Zusammenstellung Ergebnisse
der durchgeführten Scherversuche

Zusammenstellung der Ergebnisse diverser Scherversuche, Substitut 02

Quelle: Unterlagen limes, GGU, beigestellt durch Qmgeo

lfd. Nr.	Probe	Datum	Körnung	Größe Scher- kasten	oL/uL	max. Normal- spannung [kN/m²]	max. Scher- spannung [kN/m²]	Ersatz- reibungswinkel [°]	ausgeführt von	Reibungs- winkel [°]	Kohäsion [kN/m²]
1.1	L - 8467	25.10.2022	0/2	10 x 10	uL	300	249	39,69	Limes	37,7	16,0
1.2	L - 8375	"	0/2	30 x 30	uL	150	125	39,81	"	39,0	7,8
2.1	L - 8375	"	0/8	30 x 30	oL	4.000	4.162	46,14	"	45,3	57,0
2.2	L - 8375	"	0/8	30 x 30	oL	1.500	1.477	44,56	"	44,2	4,7
1.3	E-0627-UL-01	20.08.2018			uL	600	441,1	36,32	GGU	34,0	35,9
1.4	E-0627-UL-02	"			uL	600	450,7	36,91	"	34,8	34,2
1.5	E-0627-UL-03	31.07.2018			uL	600	433	35,82	"	33,6	33,0
2.3	E-0627-OL-01	02.08.2018			oL	600	556	42,82	"	42,2	17,6
2.4	E-0627-OL-02	06.08.2018			oL	600	620	45,92	"	45,6	3,6
2.5	E-0627-OL-03	03.09.2018			oL	600	550	42,52	"	40,0	51,3
Medianwerte									uL	34,8	33,0
									oL	44,2	17,6
Medianwerte mit Sicherheitszuschlag* wie folgt: $\tan\varphi'd = 1,25 \times \tan\varphi'k$									uL	41,0	41,3
(* Multiplikation der Teilsicherheitsbeiwerte gemäß Umtec) $c'd = 1,25 \times c'k$									oL	50,6	22,0

gez. Se 10.10.2024
IG BS