



K+S Minerals and Agriculture GmbH
Werk Werra · Standort Hattorf
Postfach 11 63
36267 Philippsthal (Werra)

K/Vo/Se/Le/Te
IK1660
14.02.2022

Geotechnische Stellungnahme Nr. IK1660/10

zur optimierten Plateaubdeckung auf der bestehenden Rückstandshalde Hattorf

Die K+S Minerals and Agriculture GmbH plant, die bestehende Rückstandshalde Hattorf mit einer Oberflächenabdeckung zu versehen. Damit soll die Infiltration von Wasser in den Haldenkörper reduziert und sowohl der Haldenwasseranfall als auch die mit dem Anfall von Haldenwasser verbundene Restinfiltration verringert werden.

Mit unserer geotechnischen Stellungnahme Nr. IK1660/09 vom 16.12.2021 wurde die Standsicherheit der Halde und Gebrauchstauglichkeit des Systems Plateaubdeckung und der Halde untersucht und nachgewiesen.

Mit E-Mail vom 05. Januar 2022 [U2] nimmt das Regierungspräsidium Kassel (RP Kassel) zu den von K+S eingereichten Antragsunterlagen zur Änderung des Rahmenbetriebsplans und des zugehörigen Sonderbetriebsplans vom 17.12.2021 Stellung. Unser o.g. Stellungnahme Nr. IK1660/09 vom 16.12.2021 ist als Anlage 3 Bestandteil der eingereichten Unterlagen des Planänderungsantrags.

In der gegenständlichen Stellungnahme Nr. IK1660/10 wird auf die Anmerkungen des RP Kassels Bezug genommen und eine Klärung der offenen Punkte herbeigeführt.

Grundlage für die gegenständliche Stellungnahme Nr. IK1660/10 sind die nachfolgend aufgeführten Unterlagen [U1] bis [U4]:

- [U1] K+S Minerals and Agriculture GmbH, Werk Werra:
1. E-Mail zur Haldenabdeckung Hattorf vom 08.09.2021
 2. Längsschnitte M1 bis M7, Höhenänderungen Rückstandshalde Hattorf vom 18.10.2021
 3. Konzept zur Feststellung von Schädigungen des Oberflächenabdeckungssystems im Rahmen der Umsetzung des Monitoringkonzeptes
 4. Ausschnitt aus dem Tageriss, Übersichtsplan Rückstandshalde Hattorf vom 20.10.2021
 5. Ausschnitt aus dem Tageriss, Übersichtsplan Rückstandshalde Hattorf mit Setzungsauswertung vom 26.10.2021
 6. Tischvorlage zum Technischen Gespräch zum optimierten Abdecksystem vom 29.10.2021
 7. E-Mail zur Haldenabdeckung Hattorf vom 08.11.2021
 8. E-Mail zum Antrag auf Änderung des Rahmenbetriebsplans / SBP vom 17.12.2021, Errichtung und Betrieb einer dauerhaften Haldentopabdeckung vom 05.01.2022
 9. E-Mail zur Schüttabfolge der Rückstandshalde Hattorf vom 21.01.2022
 10. Ausschnitt aus dem Tageriss, Lageplan Rückstandshalde Hattorf mit Flächen für geplante Haldenabdeckung und Schütthistorie der Bestandshalde vom 19.12.2021
- [U2] Professor Dr.-Ing. Rolf Katzenbach, Institutsdirektor, Vereidigter Sachverständiger, Darmstadt:
Sachverständigen-Gutachten Nr. K96012 zur Langzeitstabilität der Halde Hattorf unter Berücksichtigung der geplanten Haldenerweiterung vom 20.08.1998
- [U3] Ingenieursozietät Professor Dr.-Ing. Katzenbach GmbH, Darmstadt:
1. Sachverständigen-Gutachten Nr. IK0231/01 zur Kalibrierung der Stoffparameter anhand der vorliegenden Verformungsmessungen am Inklinometer 1 für den Haldenquerschnitt vom 25.06.2013 (Entwurf)
 2. Sachverständigen-Gutachten Nr. IK1713/01 zu den numerischen Untersuchungen zur Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der geplanten Haldenerweiterung vom 10.02.2017
 3. Sachverständigen-Gutachten Nr. IK1754/01 zu den numerischen Untersuchungen zur Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der geplanten Haldenerweiterung vom 27.04.2018
 4. Geotechnische Stellungnahme Nr. IK1660/04 zur Errichtung eines Pilotpolderbeckens einschließlich Entwässerungsanlage auf der bestehenden Rückstandshalde Hattorf vom 17.08.2018

5. Geotechnische Stellungnahme Nr. IK1660/08 zur Errichtung des Polderbeckens 2 einschließlich Entwässerungsanlage auf der bestehenden Rückstandshalde Hattorf vom 24.09.2019
6. Sachverständigen-Gutachten Nr. IK2045-SVGA/01 zur Sachverständigen Beurteilung der vom RP Kassel und vom HLNUG beschriebenen Gefährdungen durch Böschungsbewegungen an der Südwestflanke der Rückstandshalde Neu-hof-Ellers mit Bezug auf die Anordnungen des RP Kassel vom 27.02.2020 und vom 26.05.2020 vom 17.07.2020
7. Sachverständigen-Gutachten Nr. IK2035/01 zu den numerischen Untersuchungen zur Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der geplanten Haldenerweiterung Phase 2 der Halde Hattorf vom 31.05.2021
8. Sachverständigen-Gutachten Nr. IK2035/02 zu den numerischen Untersuchungen zur Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der geplanten Haldenerweiterung Phase 3 der Halde Hattorf, Entwurf vom 17.11.2021
9. Geotechnische Stellungnahme Nr. IK1660/09 zur optimierten Plateauabdeckung auf der bestehenden Rückstandshalde Hattorf vom 16.12.2021

[U4] Regierungspräsidium Kassel:

1. Planfeststellungsbeschluss zur Haldenerweiterung Hattorf vom 10.10.2018
2. E-Mail zum Antrag auf Änderung des Rahmenbetriebsplans / SBP vom 17.12.2021, Errichtung und Betrieb einer dauerhaften Haldentopabdeckung vom 05.01.2022

Nachfolgend sind die Anmerkungen/Fragestellungen des RP Kassel aus [U3.2] als Zitat in Kursivdruck wiedergegeben. Unsere Antworten folgen direkt im Anschluss an die jeweilige Fragestellung.

1. Frage/Anmerkung RP Kassel:

„Die Unterlagen

UI.2 „Längsschnitte M1 bis M7, Höhenänderungen Rückstandshalde Hattorf vom 18.10.2021“

UI.5 „Ausschnitt aus dem Tageriss, Übersichtsplan Rückstandshalde Hattorf mit Setzungsauswertung vom 26.10.2021“

sind vorzulegen.“

Antwort IK zu 1.):

Die in unserer Stellungnahme Nr. IK1660/09 [U3.9] zu Grunde gelegten Unterlagen

[U1.2] „Längsschnitte M1 bis M7, Höhenänderung Rückstandshalde Hattorf vom 18.10.2021

und

[U1.5] „Ausschnitt aus dem Tageriss, Übersichtsplan Rückstandshalde Hattorf mit Setzungsauswertung vom 26.10.2021“

zur Bewertung der Setzungen und Höhenänderungen sind als Anlagen 1 und 2 diesem Schreiben beigelegt.

2. Frage/Anmerkung RP Kassel:

„In der geotechnischen Stellungnahme [U3.9] werden die vertikalen Setzungen in dem Zeitraum von Oktober 2019 bis April 2021 betrachtet. Es ist eine Prognose der maximalen Setzungsdifferenzen bis zum Abklingen der Kompaktion vorzulegen.“

Antwort IK zu 2.):

Die in [U3.9] dokumentierten Setzungen im Bereich der Plateauabdeckung auf dem Haldentop der Halde Hattorf von maximal 10 m (Betrachtungszeitraum Oktober 2019 bis April 2021) traten im Schnitt M7 (siehe Anlage 1) auf.

Der im Schnitt M7 dokumentierte Haldenbereich wurde bis Dezember 2018 beschüttet und wird regelmäßig im Zuge von Kontur- und Ausgleichsschüttungen weiter mit Rückstandssalz belegt. Die größeren Setzungen im o.g. Zeitraum von Oktober 2019 bis September 2020 resultieren daher dort primär aus der Kompaktion des frischen Rückstandssalzes. Die übrigen Bereiche der Halde, die durch die Schnitte M1 bis M6 erfasst werden, wurden bereits vor Dezember 2018 beschüttet und sind nicht bzw. nur geringfügig durch Ausgleichsschüttungen beeinflusst.

Insgesamt ergeben sich aus der messtechnischen Überwachung des Haldentops die folgenden maximalen Setzungsgeschwindigkeiten für den Betrachtungszeitraum Oktober 2019 bis April 2021:

- Für den Zeitraum Oktober 2019 bis September 2020 ergibt sich eine maximale Setzungsgeschwindigkeit von 8 m/a (Schnitt M7). In den übrigen Schnitten betragen die Setzungsgeschwindigkeiten für den o.g. Zeitraum rd. 3 m/a bis 5 m/a.
- Für den Zeitraum September 2020 bis April 2021 ergeben sich maximale Setzungsgeschwindigkeiten von 4 m/a (Schnitte M6 und M7). In den übrigen Schnitten betragen die Setzungsgeschwindigkeiten für den o.g. Zeitraum etwa 2 m/a.

In [U3.6] wurden zur Bewertung des Kompaktionsverhaltens von Salzhalden mit einer Höhe von rd. 200 m die in Bild 1 dargestellten Setzungsgeschwindigkeiten infolge Kompaktion dokumentiert. Die dargestellte Entwicklung der Setzungsgeschwindigkeit über die Zeit ab Beschüttungsende basiert aus umfangreichen Messungen an den Rückstandshalden Neuhof, Hattorf und Wintershall.

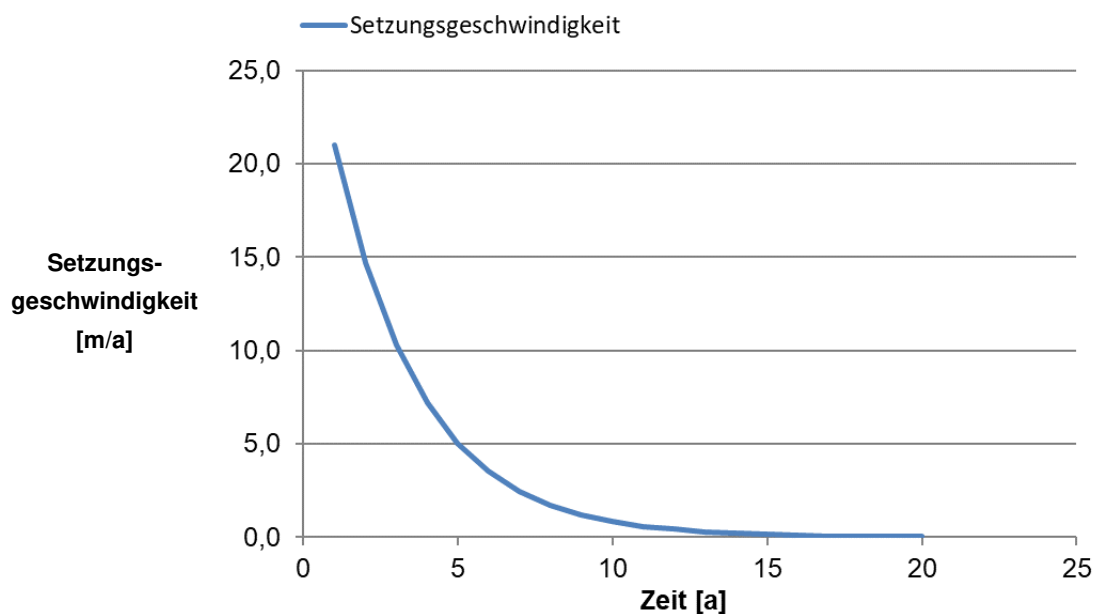


Bild 1: Setzungsgeschwindigkeit ab Beschüttungsende gemäß [U3.6]

Die Ergebnisse der messtechnischen Überwachung des Haldentops der Halde Hattorf, die in [U3.9] textlich und tabellarisch bewertet wurden, sind in Bild 2 ergänzend dargestellt. Die in den Schnitten M1 bis M7 (Lage der Schnitte siehe Bild 4 und Anlage 1) im Betrachtungszeitraum gemessenen Setzungen werden in Abhängigkeit des Zeitpunktes der Beschüttung der Halde gemäß Tabelle 1 dargestellt. Dabei ist die Zeit zwischen Ende der Beschüttung bis Beginn des Betrachtungszeitraums der Messungen im Oktober 2019 maßgebend.

Schnitt	Beschüttung des Plateaus	Zeit seit Ende Beschüttung bis Beginn Messungen
M1	2008 - 2013	2013 – Oktober 2019 \approx 6 Jahre
M2	2007 - 2013	2013 – Oktober 2019 \approx 6 Jahre
M3	2004 - 2013	2013 – Oktober 2019 \approx 6 Jahre
M4	1999/2000 - 2014	2014 – Oktober 2019 \approx 5 Jahre
M5	1995 - 2016	2016 – Oktober 2019 \approx 3 Jahre
M6	1995 - 2017	2017 – Oktober 2019 \approx 2 Jahre
M7	2018	2018 – Oktober 2019 \approx 1 Jahr

Tabelle 1: Beschüttung der Halde Hattorf

Die in Spalte 3 der Tabelle 1 dokumentierten Jahreszahlen entsprechen den im jeweiligen Schnitt vergangenen Jahren zwischen Ende der Beschüttung bis zur ersten Messung. In Bild 2 wird auf der Zeitskala das Ende der entsprechenden Messintervalle aufgetragen, d.h. beispielsweise bei der Betrachtung eines Beschüttungsendes vor einem Jahr ergibt sich der erste Messwert bei einem Betrachtungszeitraum von 2 Jahren (Zeitraum seit Ende der Beschüttung + 1 Jahr Messung).

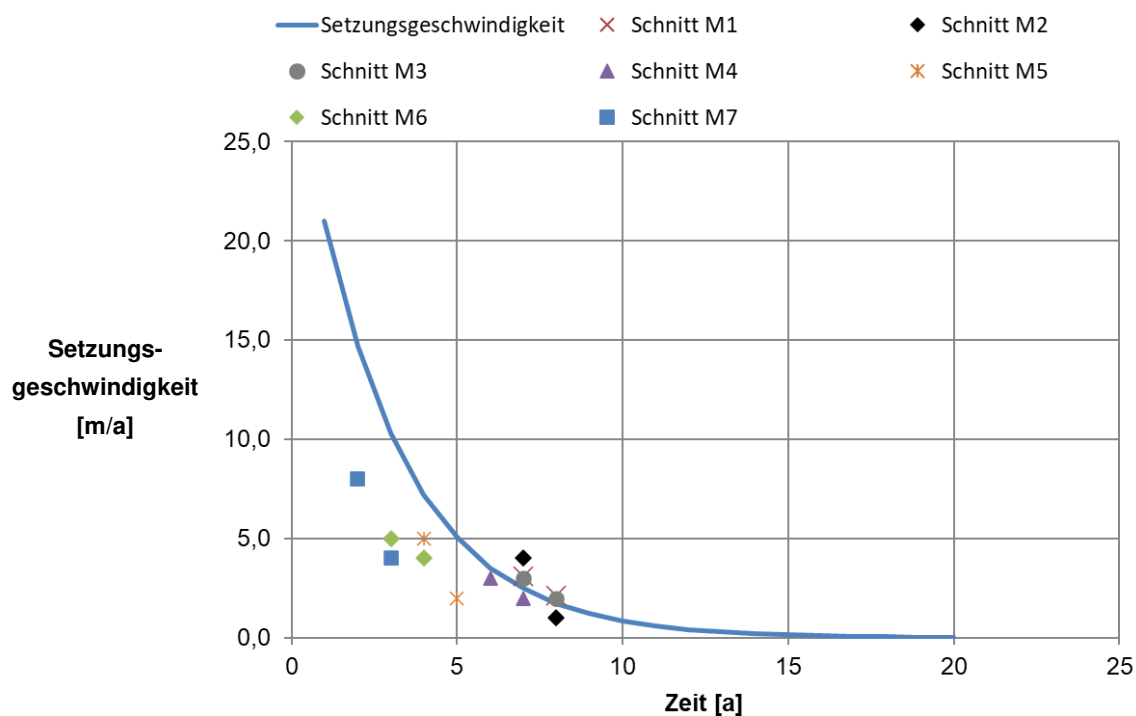


Bild 2: Setzungsgeschwindigkeit ab Beschüttungsende gemäß [U3.6] und Setzungsgeschwindigkeiten am Haldentop der Halde Hattorf gemäß [U3.9]

In Bild 2 ist zu erkennen, dass die aktuell gemessenen Setzungsgeschwindigkeiten im Bereich des Haldentops der Halde Hattorf überwiegend im Bereich bzw. weit unter den prognostizierten Setzungsgeschwindigkeiten gemäß Bild 1 liegen.

Die aktuellen Setzungsgeschwindigkeiten (Beobachtungszeitraum September 2020 bis April 2021) liegen zwischen 4 m/a und 2 m/a.

In Bild 3 sind die Trendkurven der Schnitte M1 bis M7 in Anlehnung an die Setzungsprognose gemäß Bild 1 dargestellt. Die Kurve der Setzungsprognose in Bild 1 wurde dabei in Abhängigkeit der betrachteten Schnitte in x-Richtung und/oder y-Richtung verschoben, um sie durch die entsprechenden Messpunkte der jeweiligen Schnitte zu führen.

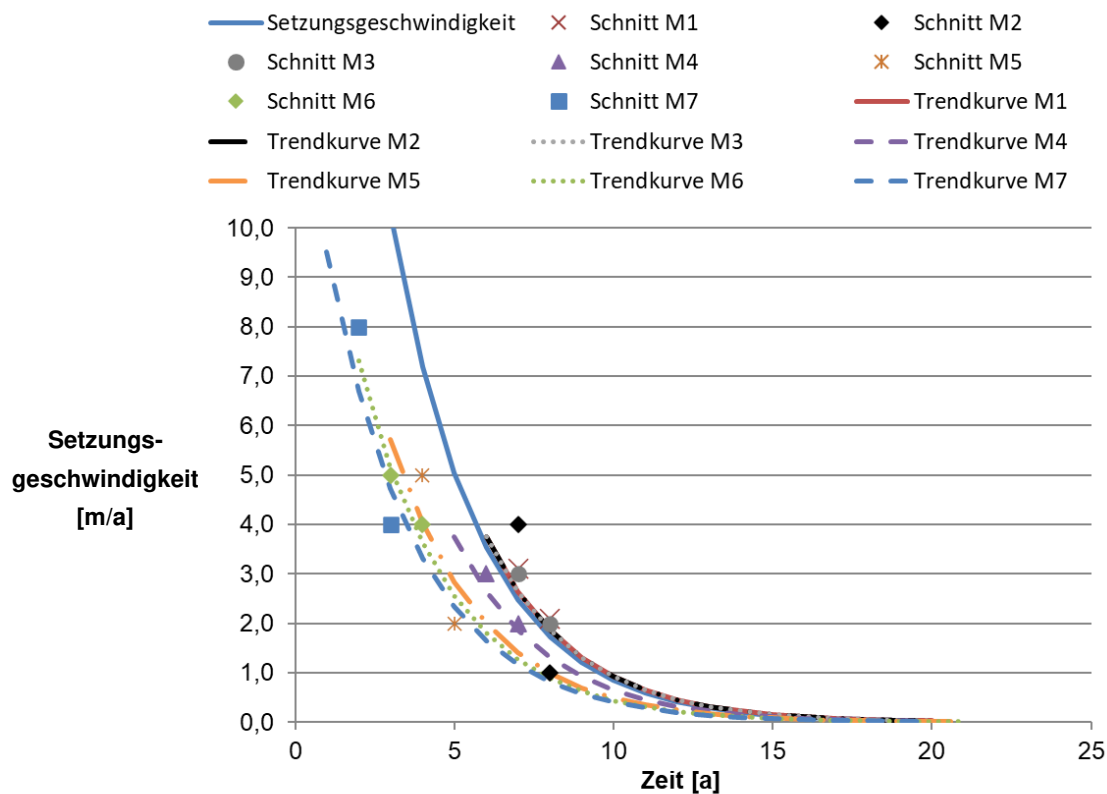


Bild 3: Ausschnitt aus Bild 2 mit Trendlinien der in den Schnitten M1 bis M7 gemessenen Setzungsgeschwindigkeiten

Anhand der Trendlinien für die Schnitte M1 bis M7 lassen sich die in Tabelle 2 angegebenen Setzungen für einen Betrachtungszeitraum bis 20 a nach Beschüttung abschätzen. Die Setzungen ergeben sich aus den Regressionsanalysen auf Basis der prognostizierten Setzungsgeschwindigkeit (blau Kurve), den jeweiligen Messwerten in den Schnitten M1 bis M7 und den daraus abgeleiteten Regressionskurven (Trendkurven M1 bis M7). Der Betrachtungszeitraum in den einzelnen Schnitten ist ebenfalls in der Tabelle angegeben, dabei wurde als Startwert der letzte Messwert/Messzeitraum von September 2020 bis April 2021 angesetzt.

Schnitt	Zeitraum nach Beschüttung	aufsummierte Setzungen
M1	8 a bis 20 a	6 m
M2	8 a bis 20 a	6 m
M3	8 a bis 20 a	6 m
M4	7 a bis 20 a	6 m
M5	5 a bis 20 a	9,5 m
M6	4 a bis 20 a	12 m
M7	3 a bis 20 a	16 m

Tabelle 2: Prognostizierte Setzungen in den Schnitten M1 bis M7 für einen Betrachtungszeitraum von 2021 (letzte Messung) bis 2041

Die prognostizierten Setzungen für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren (Tabelle 2) sind zudem im Bild 4 eingetragen. Die Setzungen treten, insbesondere in den „älteren“ Haldenbereichen, sehr homogen und gleichmäßig auf. In den „jüngeren“ Haldenbereichen (Schnitte M5 bis M7), die teilweise noch bis 2018 beschüttet wurden, treten größere Setzungen auf. Die Setzungen bzw. Setzungsgeschwindigkeiten korrelieren mit der Beschüttung der Halde und nehmen mit abnehmendem Beschüttungsalter zu. Die größeren Setzungen in den Schnitten M5 bis M7 sind somit auf die größeren Anfangssetzungen nach Ende der Beschüttung zurückzuführen.

Aus den prognostizierten Setzungen sind im Bereich der Schnitte M1 bis M4 keine bzw. nur geringe Setzungsdifferenzen zu erwarten. Die zu erwartenden maximalen Setzungen am Haldentop betragen hier in allen Schnitten rd. 6 m (Prognosezeitraum 20 a). In den Schnitten M5 bis M7 treten auf der Basis der Setzungsgeschwindigkeiten voraussichtlich größere Setzungen von rd. 9,5 m bis 16 m bis zum Jahr 2041 auf. Die zu erwartenden Setzungsdifferenzen zwischen den einzelnen Schnitten betragen somit 2,5 m (M5 und M6) bis 4 m (M6 und M7). Diese Setzungen treten jeweils auf einer Länge von mindestens 100 m (Abstand zwischen den Schnitten) und über einen Zeitraum von 20 Jahren auf.

Innerhalb der Schnitte M1 bis M7 treten die gemessenen Setzungen homogen auf. Im Messzeitraum Oktober 2019 bis April 2021 sind lokal nur geringe Setzungsdifferenzen von ≤ 1 m abzuleiten. Das entspricht einer Setzungsgeschwindigkeit von < 1 m/a. Aus einer Setzungsgeschwindigkeit von < 1 m/a lassen sich anhand der Setzungsgeschwindigkeitsprognose (blau Kurve aus Bild 1 bis 3) eine maximale Setzungsdifferenz von < 3 m für einen Betrachtungszeitraum bis 20 Jahre nach Beschüttung ableiten. Diese Setzungsdifferenzen traten in den allen Schnitten über eine Länge von > 10 m auf.

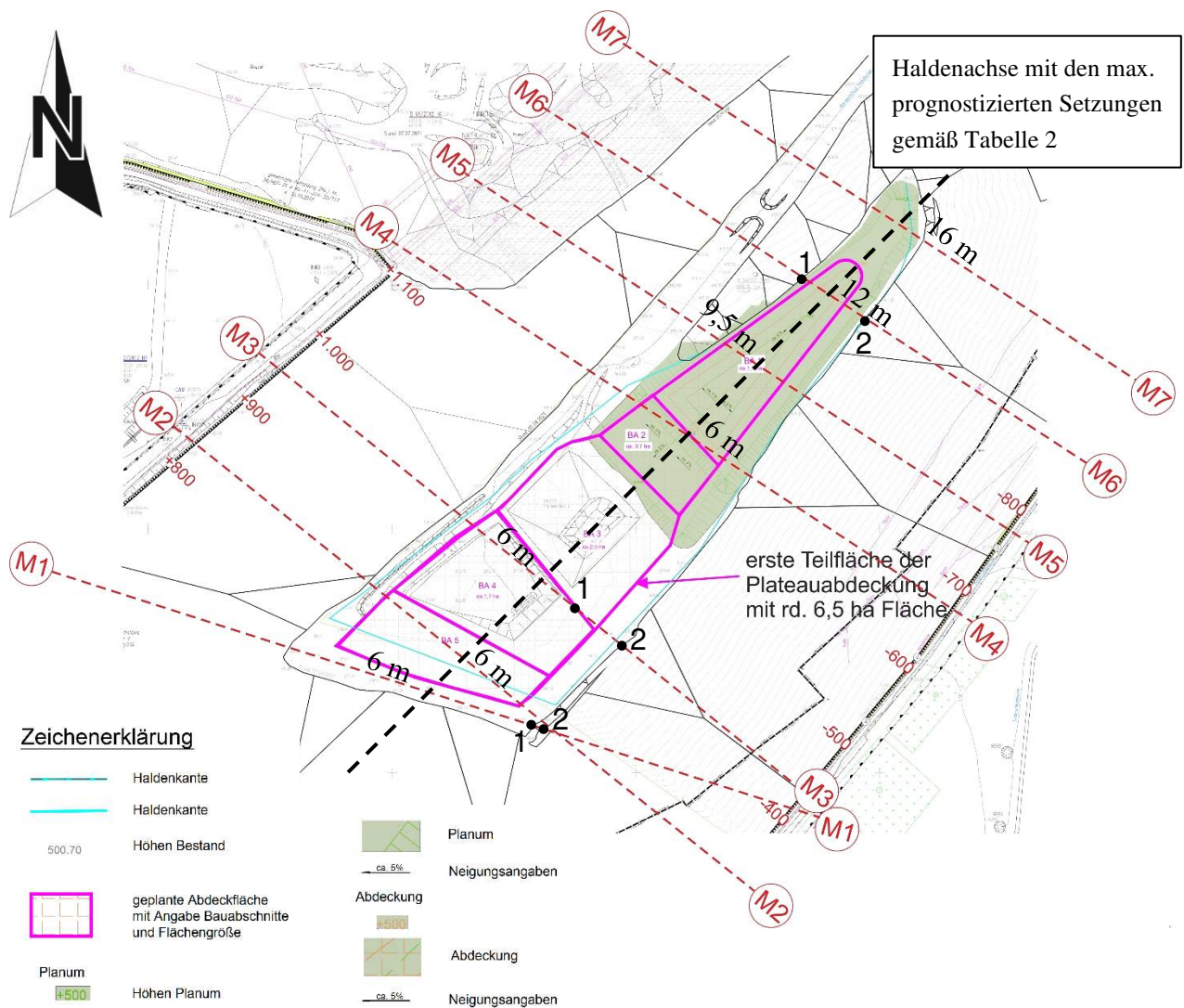


Bild 4: Lageplan der bestehenden Halde Hattorf mit geplanter Plateaubedeckung und den messtechnisch überwachten Schnitten M1 bis M7 [U1] sowie den prognostizierten Setzungen (Betrachtungszeitraum 2021 bis 2041).

3. Frage/Anmerkung RP Kassel:

„Im Sachverständigengutachten IK2045-SVGA/01 [U3.6] vom 17.07.2020 wurden an der Halde Neuhof beobachtete Verformungen betrachtet. Danach kommt es bei der Kompaktion neben einer vertikalen auch zu einer horizontalen Verformung am Haldentop (vgl. Bild 10 bzw. 11 [U3.6]).

Die sich aus der Kompaktion bis zu deren Abklingen ergebenden horizontalen Verformungen der Aufstandsfläche der Topabdeckung sind zu ermitteln, darzustellen und vom Sachverständigen zu bewerten.“

Antwort IK zu 3.):

Neben den vertikalen Verschiebungen (Setzungen) am Haldentop der Halde Hattorf werden in der gegenständlichen Stellungnahme IK1660/10 die ebenfalls aus den viskoplastischen Materialeigenschaften und der Kompaktion des Rückstandssalzes resultierenden horizontalen Verschiebungen in den Schnitten M1 bis M7 (Lage der Schnitte siehe Bild 4 und Anlage 1) ausgewertet. Die Auswertung erfolgte analog zu der in unserem Sachverständigen-Gutachten Nr. IK2045-SVGA/01 [U3.6] in den Bildern 10 und 11 dargestellten Auswertungsmethodik zur Bestimmung der Verformungen im Bereich des Haldentops und der Böschungsschulter der Halde Neuhof.

Exemplarisch sind in Bild 5, Bild 6 und Bild 7 die Auswertungen im Schnitt M1, M3 und M6 dargestellt. Für die Schnitte M1 und M3 sind in Bild 5 und Bild 6 ausschnittsweise das östliche Haldentop mit der östlichen Böschungsschulter dargestellt; das ist der Bereich mit den größten Verschiebungen in den Schnitten M1 und M3. Für den Schnitt M7 ist der gesamte Querschnitt in Bild 7 dargestellt. Der Schnitt M6 ist der Schnitt mit den größten Setzungen.

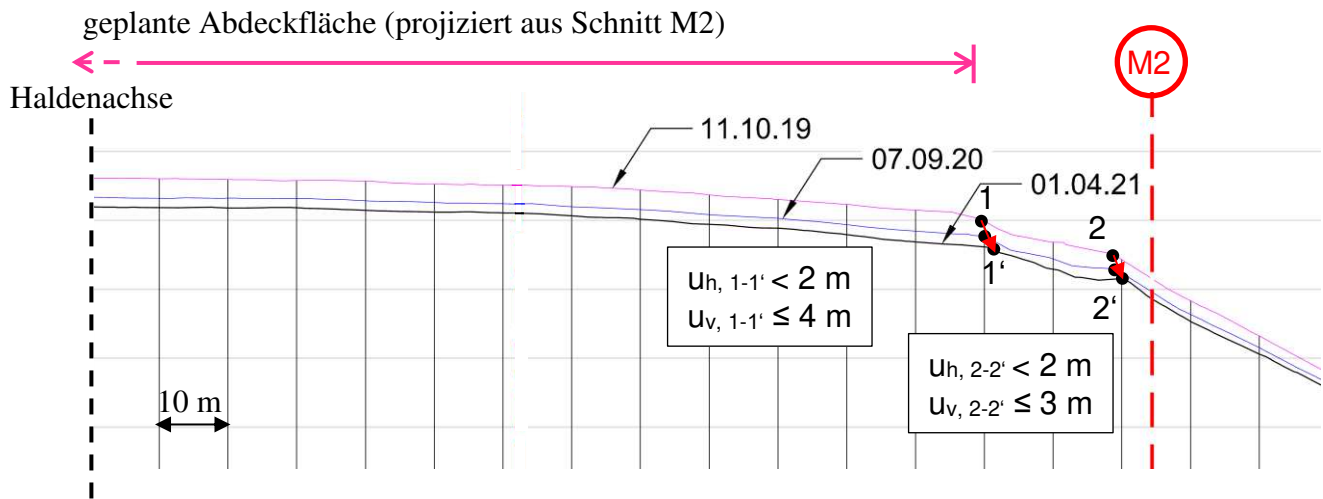


Bild 5: Ausschnitt Schnitt M1, östliche Böschungsschulter mit der Auswertung der horizontalen und vertikalen Verschiebungen

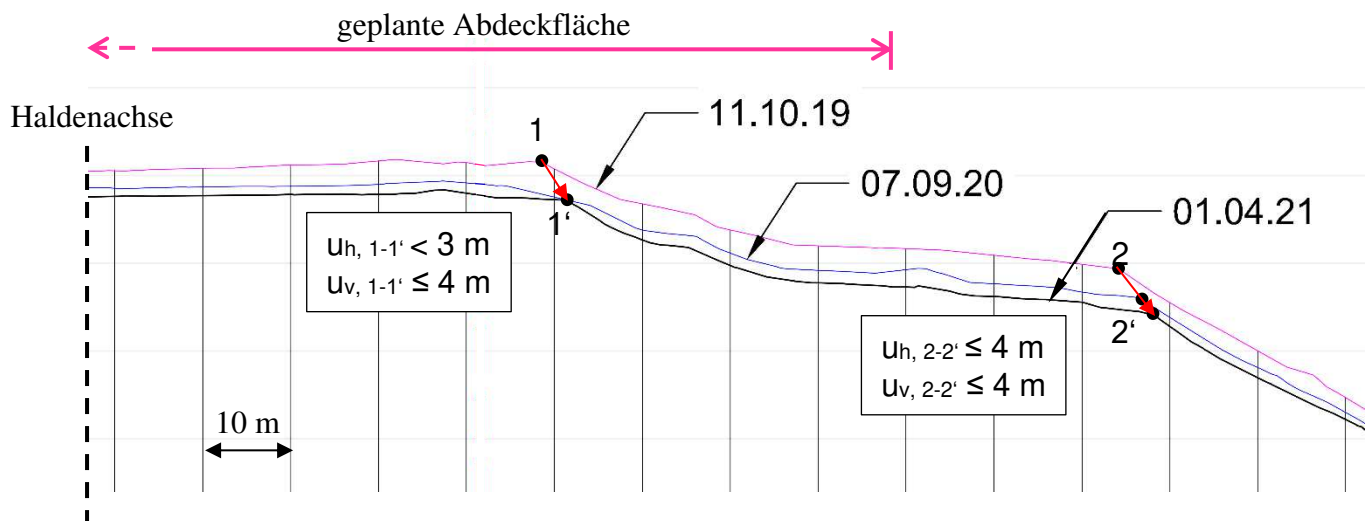


Bild 5: Ausschnitt Schnitt M3, östliche Böschungsschulter mit der Auswertung der horizontalen und vertikalen Verschiebungen

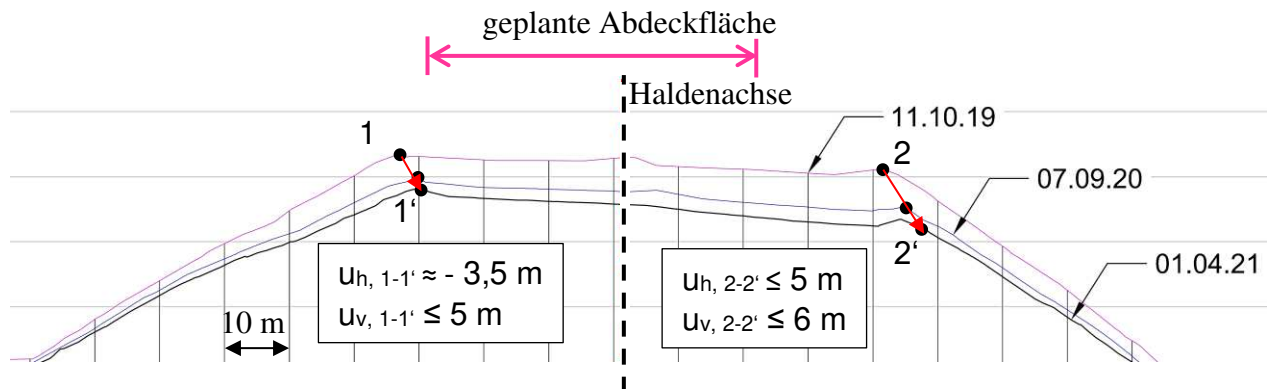


Bild 7: Schnitt M6, gesamter Schnitt mit der Auswertung der horizontalen und vertikalen Verschiebungen

Über den Gesamtbetrachtungszeitraum Oktober 2019 (pinke Linie) bis April 2021 (schwarze Linie) ergeben sich horizontale Verschiebungen von $< 2 \text{ m}$ im Schnitt M1 (Punkt 1).

Im Schnitt M3 wurde eine maximale vertikale Verschiebung von $\leq 4 \text{ m}$ sowie eine horizontale Verschiebung von $\leq 4 \text{ m}$ gemessen. Die maximalen Verschiebungen im Schnitt M3 liegen im Bereich der östlichen Böschungsschulter. Lokal, rd. 60 m hinter der Böschungsschulter im Bereich des Haldentops wurden horizontale Verschiebungen von $< 3 \text{ m}$ und vertikale Verschiebungen von $\leq 4 \text{ m}$ gemessen.

Im Schnitt M6 wurde eine maximale vertikale Verschiebung von $\leq 6 \text{ m}$ und eine horizontale Verschiebung von $\leq 5 \text{ m}$ gemessen. Die maximalen Verschiebungen im Schnitt M6 liegen im Bereich der östlichen Böschungsschulter. An der westlichen Böschungsschulter im Schnitt M6 wurden horizontale Verschiebungen von $\leq 5 \text{ m}$ in Richtung Halde, d.h. negative, zur Haldenachse hin gerichtete Horizontalverschiebungen, gemessen.

Die maximalen vertikalen und horizontalen Verschiebungen (Absolutwerte) für den Betrachtungszeitraum von Oktober 2019 bis April 2021 sind für alle Schnitte M1 bis M7 in der Tabelle 3 dokumentiert. Darüber hinaus wurden die maximalen vertikalen und, falls erkennbar, die maximalen horizontalen Verschiebungen (Absolutwerte) im Bereich der Abdeckfläche in den Schnitten M2 bis M6 ausgewertet. Diese sind ebenfalls in Tabelle 3 enthalten.

Schnitt	max. vertikale Verschiebung u_v [m]	max. horizontale Verschiebung u_h [m]	im Bereich der Abdeckfläche	
			max. vertikale Verschiebung u_v [m]	max. horizontale Verschiebung u_h [m]
M1	4 m	≤ 2 m	-	-
M2	≤ 5 m	4 m	< 5 m	≈ 0 m
M3	≤ 4 m	4 m	≤ 3 m lokal ≤ 4 m	≤ 1 m lokal < 3 m
M4	4 m	≤ 6 m	< 3 m	≈ 0 m
M5	6 m	3 m	6 m	≤ 2 m
M6	7 m	5 m	7 m	< 2 m
M7	10 m	≈ 0 m	-	-

Tabelle 3: Gemessene maximale vertikale und horizontale Verschiebungen am Haldentop in den Schnitten M1 bis M7

Bei allen Auswertungen wird deutlich, dass die maximalen horizontalen Verschiebungen infolge des viskoplastischen Materialverhaltens und der Kompaktion des Rückstandssalzes im Bereich der Böschungsschulter, d.h. im Bereich zwischen Haldentop und Haldenflanke, liegen. Mit zunehmendem Abstand zur Böschungsschulter von ≥ 20 m (Schnitt 1) verformt sich das Haldenplateau nahezu homogen (vertikal) und es sind keine horizontalen Verschiebungen in den Schnitten erkennbar. Nur im Schnitt M3 wurden lokal horizontale Verschiebungen mit größerem Abstand zur Böschungsschulter festgestellt. Diese liegen im östlichen Teil des Schnittes, welcher bis zum Jahr 2014 noch beschüttet/verfüllt wurde; der westliche Teil des Haldenplateaus im Schnitt M3 wurde bereits 2004 bis 2008 aufgehaldet. Die lokal gemessenen horizontalen Verschiebungen im Schnitt M3 resultieren daher aus der Schüttgeschichte und dem inhomogenen Verformungsverhalten zwischen alten Haldenbereichen (West) und jüngeren Haldenbereichen (Ost). In den übrigen Schnitten konnten keine bzw. nur kleine horizontalen Verschiebungen im Bereich der geplanten Abdeckbereiche auf Haldentop ermittelt werden.

Anhand der Auswertung der Verformungen in den Schnitten M1 bis M7 wird deutlich, dass im Bereich der Plateauabdeckung die vertikalen Verschiebungen maßgebend für die Verformungen am Haldentop sind. Die maximalen horizontalen Verschiebungen treten in allen Schnitten im Bereich der Böschungsschulter auf; diese liegt außerhalb der Abdeckfläche.

Die sich aus der Kompaktion ergebende horizontale Verformung der Aufstandsfläche der Plateauabdeckung beträgt maximal 3 m (lokal im Schnitt M3). Im Mittel betragen die horizontalen Verformungen der Aufstandsfläche 0 m bis 2 m. Die horizontalen Verformungen der Aufstandsfläche werden als verträglich für die Plateauabdeckung eingestuft.

4. Frage/Anmerkung RP Kassel:

„In der geotechnischen Stellungnahme [U3.9] werden nicht die durch viskoplastisches Fließen des Haldenkörpers über einen Betrachtungszeitraum von mehr als 100 Jahren auf die KDB bzw. Dränmatte der Topabdeckung einwirkenden Verformungen betrachtet. Die vertikalen und horizontalen Verformungen aus dem viskoplastischen Fließen sind vom Sachverständigen zu prognostizieren und zu bewerten.“

Antwort IK zu 4.):

Aus den vorangestellten Erläuterungen zu den vertikalen Verschiebungen bzw. Verschiebungsgeschwindigkeiten (Punkt 2. der gegenständlichen Stellungnahme) und den horizontalen Verschiebungen (Punkt 3. der gegenständlichen Stellungnahme) wird deutlich, dass die vertikalen Verschiebungen im Bereich der Plateauabdeckung maßgebend für das Verformungsverhalten sind.

In Bild 2 sind die gemessenen vertikalen Verschiebungsgeschwindigkeiten am Haldentop der Halde Hattorf dargestellt. Daraus geht hervor, dass die Verschiebungsgeschwindigkeiten im Bereich bzw. weit unter der in [U3.6] prognostizierten Kurve der Setzungsgeschwindigkeit liegen. Die Prognose basiert auf Messungen an den Halden Neuhof, Hattorf und Wintershall.

Die aktuellen Setzungsgeschwindigkeiten im Bereich der Fläche der geplanten Haldenabdeckung klingen bereits deutlich ab und nähern sich schon dem asymptotischen Verlauf der Kurve an, der gemäß den Bildern 1 und 2 erst rd. 7 bis 10 Jahre nach Schüttende zu erwarten wäre. Trotz der bereits recht weit fortgeschrittenen Setzungen und weiter abnehmenden Setzungsgeschwindigkeiten (siehe Bild 2) sind auch weiterhin in den Folgejahren nach Herstellung der Plateauabdeckung Setzungen der Abdeckfläche aus dem viskoplastischen Materialverhalten zu erwarten. Jedoch treten diese mit sehr geringen Setzungsgeschwindigkeiten von < 1 m/a rd. 10 Jahre nach Beschüttung und $<< 1$ m/a rd. 15 Jahre nach Beschüttung und sehr gleichmäßig auf.

Die infolge viskoplastischem Fließen noch zu erwartenden Setzungen treten über einen langen Zeitraum mit geringen und gleichmäßigen Setzungsgeschwindigkeiten auf (Bild 1 und Bild 2) und sind daher als unkritisch für das Abdeckungssystem der Plateauabdeckung zu bewerten. Eine Prognose der in 100 Jahren zu erwartenden viskoplastischen Verformungen der Halde und die Auswirkungen auf die KDB lassen sich nicht sicher prognostizieren. Durch die Anwendung der Beobachtungsmethode mit der Durchführung eines Monitoringprogramms werden die Verformungen am Gesamtsystem beobachtet und fachtechnisch bewertet. Sofern größere Verformungen festgestellt werden, die die Gebrauchstauglichkeit der Topabdeckung gefährden, können betroffene Bereiche freigelegt, geprüft und instandgesetzt werden.

Sachverständige Bewertung zu 1. bis 4.:

Basierend auf den vorher genannten ergänzenden Auswertungen und Erläuterungen ist die geplante Plateauabdeckung auf dem Haldentop der Halde Hattorf unter Berücksichtigung von [U3.9] sachverständigenseits wie folgt zu bewerten:

- Die Standsicherheit der Rückstandshalde ist gegeben und wird durch die Errichtung des Oberflächenabdeckungssystems gemäß [U1] und [U3.9] nicht beeinträchtigt.
- Maßgebend für die geotechnische Bewertung der Gebrauchstauglichkeit des Systems Plateaubabdichtung sind die vertikalen Verschiebungen (Setzungen) des Haldentops im Bereich der Plateaubabdichtung.
- Die aktuell gemessenen Setzungen im Bereich des Haldentops sind sehr gleichmäßig und damit verträglich für die geplante Plateaubabdichtung.
- Entlang der Schnittverläufe M1 bis M7 wurden bis April 2021 maximale Setzungsdifferenzen von 1 m gemessen. Daraus lässt sich für den Betrachtungszeitraum Oktober 2019 bis April 2021 eine Setzungsgeschwindigkeit < 1 m/a ableiten. Extrapoliert ergibt sich anhand der Setzungsprognose (blaue Kurve in Bild 1) eine maximale Setzungsdifferenz von < 3 m innerhalb der Schnitte M1 bis M7 ermitteln (Betrachtungszeitraum bis 20 Jahre nach Beschüttung).
- Zwischen den Schnitten M1 bis M4 sind keine Setzungsdifferenzen zu erwarten. In den Schnitten M1 bis M4 wird eine maximale, sehr homogene Setzung von 6 m (Betrachtungszeitraum bis 20 Jahre nach Beschüttung) prognostiziert.
- Zwischen den Schnitten M5 bis M7 sind nur geringe Setzungsunterschiede von 2,5 m bis 4 m (Betrachtungszeitraum bis 20 Jahre nach Beschüttung) zu erwarten. In den Schnitten M5 bis M7 werden maximale Setzungen von 9,5 m bis 16 m (Betrachtungszeitraum bis 20 Jahre nach Beschüttung) prognostiziert. In der Haldenachse ergeben sich daraus zu erwartende Setzungsdifferenzen von maximal 4 m zwischen Schnitt M6 und M7 (Schnittabstand ≈ 100 m).
- Auf dem übrigen Haldenplateau sind die zu erwartenden Differenzsetzungen geringer bzw. gleich Null.

- Die zu erwarten gleichmäßigen Setzungen schränken die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Abdeckung nicht ein. Signifikante Horizontalverschiebungen im Bereich des Plateaus wurden nur im Schnitt M3 gemessen und sind dort durch die Schütthistorie zu begründen. Bei der Herstellung der Plateauabdeckung ist dieser Bereich gesondert zu betrachten.
- Die ergänzenden Untersuchungen zu den zu erwartenden, prognostizierten Setzungen im Bereich des Haldentops zeigen zudem, dass insbesondere in älteren Haldenbereichen (Schnitte M1 bis M4) homogene Setzungen durch die Kompaktion und durch die viskoplastischen Materialeigenschaften zu erwarten sind. Die prognostizierten Setzungen nehmen zu den „jüngeren“ Haldenbereichen hin in Abhängigkeit der Schütthistorie der Halde, zu. Die größeren Setzungen in diesen Bereichen (Schnitte M5 bis M7) resultieren aus der größeren Kompaktionsrate des frischen Rückstandssalzes.
- Durch den in [U3.9] dokumentierten Reibungswinkel von $\varphi_s = 18^\circ$ in der Gleitfuge zwischen glatter KDB und Rückstandssalz können mögliche Differenzverschiebungen am Haldentop schadlos aufgenommen werden, da die Abdeckung auf dem Haldenkörper „gleiten“ kann. Die Auflastspannungen aus rd. 1 m Abdeckmaterial und die daraus resultierenden Reibungswiderstände in der Kontaktfuge zwischen KDB und Salz sind sehr gering und liegen weit unter den Werten von anderen Anwendungsgebieten wie z.B. dem Deponiebau. Die Gebrauchstauglichkeit der KDB der Plateauabdeckung ist aus geotechnischer Sicht in Verbindung mit dem Monitoring gegeben.

Sich abzeichnende, große und/oder ungleichmäßige Verformungen an der Plateauabdeckung werden durch das geplante Monitoring erkannt. Die Funktionsfähigkeit der Plateauabdeckung wird mit dem geplanten Monitoringprogramm [U1] regelmäßig überprüft. Die Ergebnisse des Monitorings werden im Bedarfsfall einer Bewertung durch den Sachverständigen unterzogen.

Im Sinne der Beobachtungsmethode nach DIN EN 1997-1 2.7 wird an der Rückstandshalde Hatdorf das in [U1] für die Plateauabdeckung auf dem Haldentop vorgesehene Monitoringprogramm umgesetzt; das bereits für die gesamte Rückstandshalde und die Haldenerweiterung installierte Monitoringprogramm ist fortzusetzen. Änderungen am Monitoringprogramm bedürfen der Abstimmung mit uns. Die Messdaten werden – wie bisher auch – weiterhin durch uns bewertet.

Projektbearbeitung: Eva Eden-Teutsch M.Sc.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Steffen Leppla


Prof. Dr.-Ing. Rolf Katzenbach
-Vereidigter Sachverständiger-



Dipl.-Ing. Matthias Seip
-Prüfsachverständiger nach HPPVO-


- D/: - K+S Minerals and Agriculture GmbH, Werk Werra
- K+S Minerals and Agriculture GmbH, Werk Werra,
- Herr Florian Simon, per E-Mail: florian.simon@k-plus-s.com
- K+S Minerals and Agriculture GmbH, Werk Werra,
Herr Benedikt Kalbhenn, per E-Mail: benedikt.kalbhenn@k-plus-s.com
- -K+S Minerals and Agriculture GmbH, Werk Werra,
Herr Dipl.-Ing. Christian Artschwager, per E-Mail: christian.artschwager@k-plus-s.com