Monitoringkonzept einer Rückstandshalde im Kalibergbau

Andreas Fischer, Michael Schwarz

K+S KALI GmbH, Werk Werra

KURZFASSUNG:

Die Rückstandshalden des Kalibergbaus bestehen überwiegend aus Steinsalz. In Abhängigkeit der Stabilität des Untergrundes sowie der Haldenhöhe neigen diese Halden dazu sich plastisch zu verformen. Diese Deformationen gilt es frühzeitig zu erkennen und zu bewerten. Das neue gestaffelte Monitoringkonzept beruht auf langjährigen Erfahrungen, die ebenso kurz vorgestellt werden.

ABSTRACT:

Tailing heaps of potash mining consist predominantly of rock salt. Depending on the stability of the underground, as well as the heights of the heaps, these heaps tend to deform plastically. These deformations must be recognized and assessed at an early stage. The new graduated monitoring concept is based on many years of experience, which are also briefly presented.

1 Einleitung

Die K+S KALI GmbH betreibt in Ihren Werken die Gewinnung und Aufbereitung von Kalirohsalzen. Zur Reduzierung der flüssigen Rückstände aus der Kaliproduktion in Form von Salzlösungen wurde bereits in den 1970iger Jahren ein trockenes elektrostatisches Trennverfahren entwickelt (ESTA®-Verfahren). Seit Einführung der ESTA®-Anlagen an den einzelnen Fabrikationsstandorten der Kaliproduktion wachsen die Rückstandshalden aufgrund des nun überwiegend trocken anfallenden Rückstandes. Diese Halden bestehen im Wesentlichen aus Steinsalz. Um den Flächenverbrauch zu minimieren und damit die Umwelteinflüsse durch die Rückstandshalden in Grenzen zu halten, wurden Halden mit einer großen Schütthöhe geplant, genehmigt und auch so ausgeführt. Die Halden der hessischen Standorte Neuhof-Ellers, Hattorf und Wintershall erreichen dabei Höhen von zum Teil über 200 m über dem anstehenden Gelände und passen damit in das Landschaftsbild der benachbarten Bergkuppen der Rhön.

2 Grundlagen für das Haldenmonitoring

Im Jahr 1989 wurden erstmalig Verformungen am Fuße einer Rückstandshalde messtechnisch bestimmt. Als Grundlage für die gutachterlichen Untersuchungen dieses Phänomens wurde ein erstes Netz von Deformationsmesspunkten eingerichtet und mittels Polygonzugmessungen und Inklinometermessungen ab 1990 regelmäßig beobachtet. Mit diesen Verfahren wurden die oberirdischen Verformungsraten ermittelt und Schwächezonen im Untergrund detektiert. Die gutachterliche Betreuung erfolgt seit 1993 durch Professor Dr.-Ing Katzenbach. Unter seiner Leitung wurde am Institut und der Versuchsanstalt für Geotechnik der Technischen Universität Darmstadt (TU Darmstadt) ein visko-plastisches Materialgesetz für den Haldenkörper entwickelt und über die Jahre stetig fortgeschrieben. Die auf Basis dieser Materialkennwerte mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) durchgeführten numerischen Berechnungen können das visko-plastische Verhalten des Haldenkörpers und die Verformungen im Haldenvorfeld gut nachbilden und für neue Haldenprojekte entsprechend vorhersagen.

In der Vergangenheit dienten Deformationsmessungen an den Rückstandshalden dazu, technische Einrichtungen oder Bauwerke in Haldennähe auf möglicherweise schädigende Einflüsse zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden Messlinien an Gasleitungen oder an einer Kreisstraße eingerichtet. Mit diesen Messlinien konnten jedoch die Auswirkungen im direkten Haldenvorfeld nicht beobachtet werden. An der Halde am Standort Hattorf treten in einem Teilabschnitt seit 2012 größere Bewegungen am Haldenfuß auf, die durch ein Netz diskreter Messunkte nur schwer zu beobachten gewesen wären. Solche diskreten Messpunkte würden durch notwendige Sanierungsarbeiten an der Haldeninfrastruktur verändert oder zerstört. Aus diesem Grund wurde in 2013 eine Beobachtungsmethode mit einem terrestrischen Laserscanner entwickelt, um die Haldenböschung und das Haldenvorland flächendeckend zu überwachen sowie die Bewegungsvorgänge einzugrenzen und zu bewerten. Mit den seit 2014 im Regelbetrieb gesammelten Scanner-Messdaten lassen sich die Bewegungsvorgänge gut analysieren. Seit Einstellung der Aufhaldung in diesem Bereich werden dort mit den Scannermessungen abnehmende Verformungsraten nachgewiesen.

3 Beschüttungskonzept der Halde am Standort Hattorf

Auf Basis der FEM-Modellrechungen der Ingenieursozietät Professor Dr.-Ing. Katzenbach GmbH und den Erfahrungen der Deformationsmessungen an den Rückstandhalden seit 1990 wurde für die geplante Haldenerweiterung Hattorf ein neues technisches Beschüttungskonzept entwickelt, um bei minimalem Flächenverbrauch die Beeinflussung des Haldenvorlandes so weit wie möglich zu reduzieren. Nach der Flächenvorbereitung mit Einbau eines zweischichtigen Basisdichtungssystems, das einerseits den Untergrund gegen eindringende Salzlösungen schützen wird und andererseits die Last der Halde ohne die Dichtfunktion schädigende Verformungen aufnehmen kann, wird die Halde mit einem kombinierten Schüttverfahren aufgefahren. Bei dieser Konzeption wird zunächst eine untere Aufhaldungsebe von 100 m über dem anstehenden Gelände aufgehaldet. In einem zweiten und einem dritten Schritt erfolgt die Beschüttung bis zur endgültigen Haldenhöhe von bis zu 180 m über dem anstehendem Gelände. Dabei wird auf der unteren Ebene eine 100 m breite Berme nicht beschüttet.

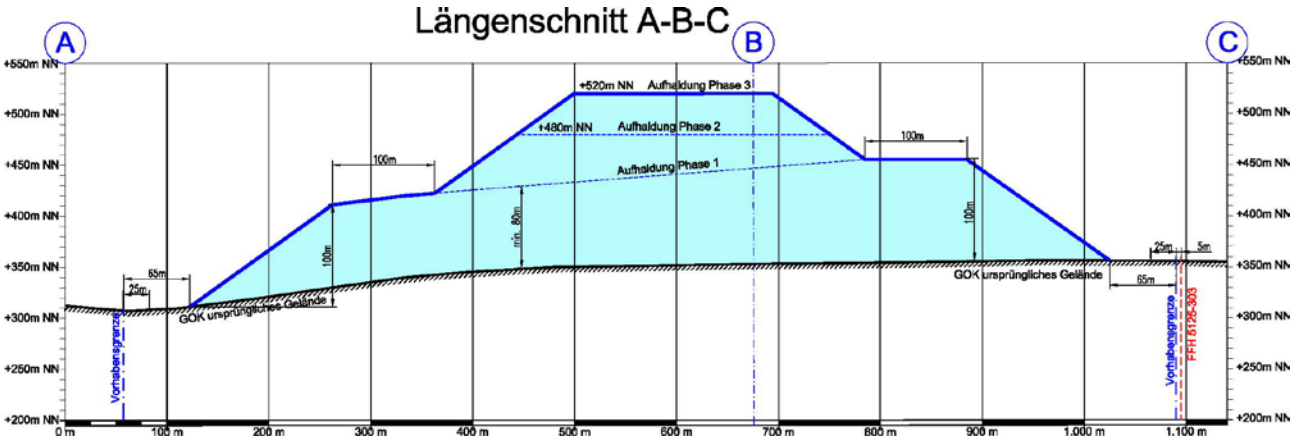

Abb. 1: Längenschnitt durch die geplante Aufhaldung

4 Monitoringkonzept der Halde am Standort Hattorf

Mit Hilfe der Laserscannermessungen ist es seit 2014 gelungen Veränderungen an der Haldenflanke und im nahen Haldenvorland zu dokumentieren und zu bewerten. Allerdings sind die Messungen und eine sinnvolle Auswertung dieser Daten sehr zeitintensiv und nur begrenzt geeignet die Umgebung zeitnah auf kleine Bewegungsraten zu überprüfen. Aus diesem Grund wurden seit Herbst 2016 sechs GNSS-Permanentmessstationen Alberding A07 im Haldenvorfeld ergänzend eingerichtet. Der dritte Baustein des Montoringkonzeptes ist die Einrichtung von Inklinometer-Messstellen, mit denen das Verformungsverhalten im Untergrund beobachtet und mögliche Schwächezonen zuverlässig erkannt werden können. Im nachfolgenden werden die drei Verfahren weiter vorgestellt.

4.1 GNSS-Permanentmessstationen Alberding A07

Diese Messstationen arbeiten autark mit einer eigener Solarstromversorgung und zeichnen zuverlässig GNSS Messdaten auf. Die Stationen senden diese Daten stündlich über Mobilfunk an einen externen Server. Die online abrufbaren prozessierten Messwerte aus 24 Stunden-Lösungen erreichen Genauigkeiten von besser als +/- 2 mm (2σ). Selbst in Bereichen größerer Horizontabschattungen wegen Bäumen mit entsprechend eingeschränktem Satellitenempfangs stehen mehrere Messwerte aus 4 Stunden Lösungen mit Genauigkeiten von etwa +/- 5 mm (2σ) täglich zur Verfügung.

An der geplanten Beschüttungsgrenze der Haldenerweiterung werden diese Stationen alle 100 m im Bereich des Haldenbefahrungsweges eingerichtet. Durch die permanente Datenregistrierung von genauen Messdaten lassen sich frühzeitig anlaufende Bewegungen erfassen und bewerten. Die Messdaten werden arbeitstäglich online geprüft, bei auffälligen Veränderungen werden Bewegungsraten ausgewertet. Bei größeren Veränderungen empfiehlt es sich, die Stationen vor Ort zu befahren und zu überprüfen, z. B. ob die Stationen noch senkrecht stehen. In der Testphase wurden die Stationen mit Einschraubbodenhülsen befestigt. Zunächst reichte diese Verankerung aus, aber nach stärkeren Regenfällen und anschließenden Herbststürmen begannen sich die Stationen allmählich zu neigen. Die Bodenhülsen sind gut geeignet, um Stationen temporär einzusetzen, z. B. um die Tauglichkeit des Standortes für die Messung zu testen. Die 6 Stationen wurden inzwischen mit einem Betonfundament standsicher ausgerichtet.

Abb. 2: Alberding A07 Station

4.2 Scannermessungen mit RIEGL VZ-1000

Durch 3D-Scannermessungen können Veränderungen an der Haldenböschung und dem frei einsichtigen Haldenvorland flächendeckend erfasst werden. Die Messungen werden mit einem auf dem Fahrzeug befestigten Scanner RIEGL VZ-1000 im Stop & Go Verfahren durchgeführt. Die Orientierung der aus den Einzelmessungen zusammengesetzten Punktwolke erfolgt dabei über die aktuellen Positionsdaten der im vorigen Absatz beschriebenen GNSS-Permanentmessstationen. Neben der Beschleunigung des eigentlichen Messablaufs durch die zügige Umsetzung und Positionierung des Scanners ermöglicht die erhöhte Lage des Scanners auf dem Fahrzeug ein besseres Sichtfeld für die Scannermessungen.

Abb. 3: Befahrungsfahrzeug mit RIEGL-Scanner an der Haldenböschung

Aus dem Vergleich der einzelnen Messepochen können so auch Bereiche auffälliger Bewegungen zwischen den bestehenden Permanentmessstationen erfasst und eingegrenzt werden. Die Auswertung der Scannermessungen erfolgt über den Epochen-Vergleich der aus den Punktwolken generierten digitalen Geländemodellen. Gegenwärtig erfolgen die Scannermessungen alle 2 Monate in einem begrenzten Bereich an der bestehenden Halde. für den oben genannten Haldenerweiterungsbereich werden die aufwendigen Scannermessung zukünftig in einen 3 – 6 monatlichen Rhythmus durchgeführt. Neben den möglichen Veränderungen des Haldenvorgeländes werden mit den Scannermessungen die Veränderungen an der Haldenböschung dokumentiert.

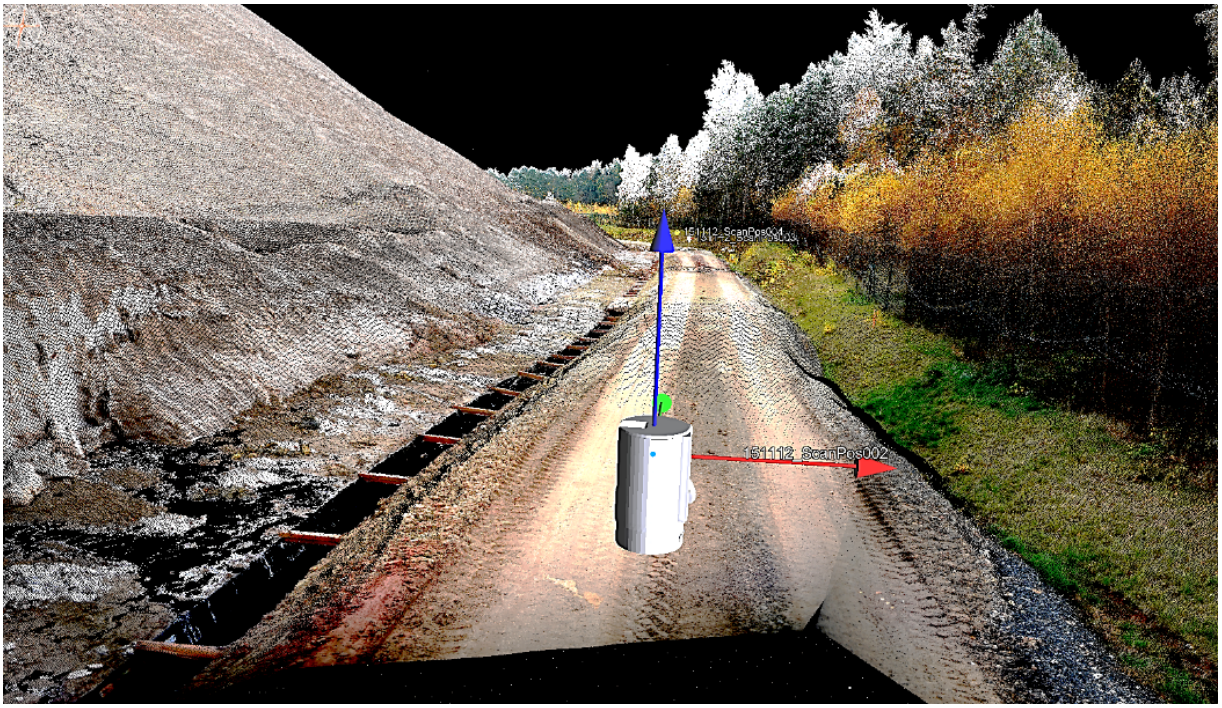

Abb. 4: Punktwolke in der RIEGL-Auswertesoftware

4.3 Inklinometermessungen mit GLÖTZl-Sonde

Mit einer Glötzl-Inklinometersonde werden bereits seit 1990 zuverlässig Bewegungen < 1cm im Untergrund des Haldenvorgeländes durch Neigungsmessungen nachgewiesen. Für die Haldenerweiterung sind zunächst sieben zusätzlich Inklinometermessstellen mit einer Teufe von 30 m geplant, die quartalsweise befahren werden sollen. Mit den Permanentmessstationen und den Scannermessungen werden alle Verformungen an der Oberfläche zuverlässig erfasst. Zusätzliche Inklinometermessstellen können jederzeit eingerichtet werden, um in Bereichen auffälliger Verformungen die Verteilung der Bewegungshorizonte im Untergrund zu detektieren.

5 Zusammenfassung

In der Vergangenheit konnten im näheren Umfeld einiger Rückstandshalden im Kalibergbau Verformungen des anstehenden Bodens beobachtet werden. Auf Basis der messtechnischen Dokumentation dieser Vorformungen und modelltechnischer Analysen erfolgte die Entwicklung eines neuen, standortspezifischen Beschüttungskonzeptes. Um in Zukunft die beiden Ziele, Aufhaldung bei minimalem Flächenverbrauch mit nur geringen Verformungen im Haldenvorfeld entsprechend ihrer Bedeutung angemessen zu verfolgen, wurde das vorgestellte Monitoringkonzept entwickelt. Durch die Kombination aus GNSS-Permanentmessstationen, 3D-Scannermessungen und Inklinometermessstellen lassen sich mögliche Verformungen zeitnah und flächendeckend erfassen und die Ausdehnung in den Untergrund dokumentieren.