

Bergbau und Rohstoffe

ZWB21 0659

30.01.2023

Erweiterung Huneberg-Ost

Abraumermittlung Erweiterungsfeld Huneberg-Ost

KEMNA BAU Andreae GmbH & Co. KG

Niederlassung Mitte, Rohstoffe

Am Güterbahnhof 5


38667 Bad Harzburg

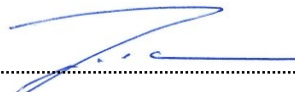


Diabas-Erweiterung Huneberg-Ost

Abraumermittlung Erweiterungsfeld Huneberg-Ost

| | |
|----------------------|---|
| Objekt | Erweiterung Huneberg-Ost |
| Lage | Land Niedersachsen Landkreis Goslar Gemeindefreies Gebiet Harz (Landkreis Goslar) |
| Auftraggeber | K E M N A B A U Andraae GmbH & Co. KG Niederlassung Mitte, Rohstoffe Am Güterbahnhof 5 38667 Bad Harzburg |
| Auftragnehmer | G.U.B. Ingenieur AG Niederlassung Freiberg Halsbrücker Straße 34 09599 Freiberg Telefon 03731 69228-0 E-Mail: info@gub-freiberg.de Internet: www.gub-ing.de |
| Bearbeiter | Robert Zimmermann, M.Sc. (Geol.), FGS |
| Projekt-Nr. | ZWB21 0659 |
| Datum | 16.12.2022 / revidierte Version 30.01.2023 |


.....
ppa. Dipl.-Geol. S. Bachmann
Niederlassungsleiter


.....
i.A. R. Zimmermann, M.Sc. (Geol.)
Bearbeiter

Inhaltsverzeichnis

| | Seite | |
|--------------------|---|-----------|
| Deckblatt | | |
| Titelblatt | | |
| Inhaltsverzeichnis | | |
| Anlagenverzeichnis | | |
| 1 | Veranlassung und Aufgabenstellung | 5 |
| 2 | Arbeitsunterlagen | 6 |
| 3 | Datenzusammenstellung, Plausibilisierung und Konstruktion von Hilfspunkten | 7 |
| 3.1 | Verwendete Daten | 7 |
| 3.2 | Plausibilisierung der Eingangsdaten | 7 |
| 3.3 | Konstruktion von Hilfspunkten | 8 |
| 4 | Abraumvolumenberechnung | 11 |
| 4.1 | Konditionen | 11 |
| 4.2 | Berechnungsmethodik | 11 |
| 4.3 | Ergebnisse der Berechnung | 11 |
| 4.4 | Ausweisung Mutterboden | 13 |
| 4.5 | Berücksichtigung von Abraumböschungen | 14 |
| 4.6 | Visualisierung der Ergebnisse | 14 |
| 5 | Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen | 15 |

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Isopachenkarte Abraummächtigkeit
M 1 : 5 000
- Anlage 2 Dreidimensionale Darstellung der UK Abraum (AutoCAD dwg-Datei)

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Veranlassung:

Aufgrund der Verringerung der Erweiterungsfläche und der aktualisierten Bewertung von verkaufsfähigen Rohstoffen war eine (Neu-)Berechnung des Abraumvolumens notwendig. Hiermit wurde die G.U.B. Ingenieur AG am 28.11.2022 beauftragt.

Aufgabenstellung:

Auf Grundlage der seitens des AG übermittelten Daten ist anstehende Abraummenge im Abbaufeld Huneberg-Ost zu ermitteln. Im Detail umfasst dies folgende Teilaspekte:

1. Ermittlung der Abraummenge des Abbaufeldes Huneberg-Ost in m³.
2. Dreidimensionale Darstellung der Abraummächtigkeiten des Abbaufeldes Huneberg-Ost und Übergabe an den Auftraggeber im dwg- oder dxf-Format.
3. Separate Ausweisung des Volumenanteils Mutterboden im Abraumvolumen.

2 **Arbeitsunterlagen**

- [01] Hultzsch, A. (1986): Kiese und Sande. Reihe: Nutzbare Gesteine und Industrieminerale. - VEB Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.
- [02] Schulz, I. (2013): Geologischer Ergebnisbericht über die Explorationsarbeiten im Erweiterungsfeld Diabas HUNEBERG Ost - Erkundungsbohrungen 2012/13. Harzer Pflastersteinbrüche Telge & Eppers, Bad Harzburg.
- [03] Sächs. Oberbergamt (2009): Merkblatt - Böschungen im Lockergestein.

Seitens des AG wurden folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- [04] 2022.07.26 Hbo Neue Eingriffsfläche (zip)
- [05] Bohrprofile der Erkundungsbohrungen im Bereich Huneberg-Ost
- [06] Vermessung ausgewählter Bohrpunkte im Bereich Huneberg-Ost
- [07] Tabelle Abraum (Bohrprofile) Huneberg-Ost

3 Datenzusammenstellung, Plausibilisierung und Konstruktion von Hilfspunkten

3.1 Verwendete Daten

Seitens des AG wurden im Rahmen des Projektes entsprechende Grundlagendaten bereitgestellt. Hierzu zählen:

- 12 Bohrprofile zu abgeteuften Erkundungsbohrungen im Feld Huneberg-Ost und Auswertung hinsichtlich Unterkante Abraum (Excel-Tabelle des AG)
- Aktuelle Vermessungsdaten zu Bohrungen HbO 1/2012, HbO 3/2013 und HbO 5/2013.
- Dokumentation zu neuer GWM P4, Huneberg-Ost (G.E.O.S.; 23.11.2022)
- Umring Erweiterungsfeld mit Stand 26.07.2022
- Digitales Geländemodell DGM1 (Rasterweite 1m)

Zusätzlich wurden folgende öffentlich zugängliche Geodaten beschafft:

- Geologische Karte 1:25.000 für den Bereich des Erweiterungsfeldes
- Aktuelle digitale Orthophotos (DOP20; 20cm Auflösung) mit Stand 22.03.2022 (Datum der Befliegung)
- Verwaltungsgrenzen ATKIS
- Digitale Topographische Karte 1:25.000 des Bearbeitungsgebietes

3.2 Plausibilisierung der Eingangsdaten

Die Daten wurden zunächst in QGIS zusammengestellt, wenn notwendig georeferenziert, und anschließend plausibilisiert. In einem ersten Schritt wurden die Bohransatzhöhen aus der Vermessung und den Schichtenverzeichnissen mit den DGM-Höhen am Bohrpunkt abgeglichen (siehe Tabelle 1). Während die Unterschiede zwischen den Höhen aus der Vermessung und dem DGM i.d.R. vernachlässigbar sind (< 10 cm), sind die Abweichungen zwischen den Schichtverzeichnissen und dem DGM z.T. sehr groß (> 5 m). Zur Vereinheitlichung wurden für die nachfolgenden Berechnungen die vom DGM1 abgegriffenen Bohransatzhöhen genutzt und die Unterkante Abraum entsprechend hierauf bezogen.

Tabelle 1: Übersicht der verwendeten Bohrungen im Bereich des Erweiterungsfeldes Huneberg-Ost.

| ID | Lage (ETRS89 / UTM32N) | | Bohransatzhöhe (m NHN) nach Vermessung | Bohransatzhöhe (m NHN) nach DGM1 | UK-Verwittert in m u. GOK | UK-Abraum in m NHN | Mächtigkeit Mutterboden (m) |
|-----------------------|------------------------|---------|--|----------------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------|
| | Nordwert | Ostwert | | | | | |
| GWM PG4 | 5745365 | 604500 | 614,53 | 614,49 | 3,7 | 610,79 | 0,1 |
| B3 Radau-Stollen/1972 | 5745868 | 605037 | 584,14 | 584,28 | 17 | 567,28 | 1,0 |
| M5/2011 | 5745635 | 604560 | | 606,83 | 6,2 | 600,63 | 0,2 |
| M6/2011 | 5745751 | 605139 | | 594,14 | 0,2 | 593,94 | 0,2 |
| M7/2011 | 5745419 | 605421 | | 568,19 | 22,2 | 545,99 | 0,2 |

| ID | Lage (ETRS89 /UTM32N) | | Bohransatzhöhe (m NHN) nach Vermessung | Bohransatzhöhe (m NHN) nach DGM1 | UK- Verwittert in m u. GOK | UK- Abraum in m NHN | Mächtigkeit Mutterboden (m) |
|-------------|-----------------------|---------|--|--|-------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| | Nordwert | Ostwert | | | | | |
| M8/2011 | 5745148 | 604807 | | 599,24 | 2 | 597,24 | 0,2 |
| Hb0 1/2012 | 5745355 | 605252 | 571,41 | 571,09 | 15,4 | 555,69 | 0,1 |
| Hb0 2/2013 | 5745590 | 605306 | | 593,64 | 3,95 | 589,69 | 0,7 |
| Hb0 3/2013 | 5745371 | 604531 | 615,3 | 615,29 | 7,5 | 607,79 | 1,0 |
| Hb0 4/2013 | 5745461 | 604974 | | 602,45 | 2,5 | 599,95 | 0,5 |
| Hb0 5/2013 | 5745672 | 604928 | 598,1 | 598,12 | 7,9 | 590,22 | 0,1 |
| Hb0 6n/2013 | 5745941 | 605327 | | 573,95 | 4,2 | 569,75 | 0,75 |

Gemäß [02] bestätigten die 2012/2013 durchgeführten Untersuchungen die Fortsetzung vergleichbarer Abraumbedingungen wie im derzeitigen Abbau- und Tagebaubereich Huneberg, jedoch mit vornehmlich geringerer Mächtigkeit. Unterhalb einer geringmächtigen, humos durchwurzelten Mutterbodendeckschicht (im Mittelwert 0,42 m), wiesen alle Erkundungsbohrungen mehrere Meter bis Dezimeter mächtige, bindige als auch rollige Lockergesteinssedimente in Form von Tonen, Schluffen (Lehm), Sanden und Kiesen auf. Sie werden in den meisten Fällen von aufgearbeiteten, stark zerklüfteten bzw. zersetzten älteren Festgesteinsabfolgen (auch Diabas) unterlagert.

Entsprechend den Ergebnissen der Erkundungsarbeiten lässt sich für das Erkundungsgebiet eine alternierende Abraummächtigkeit zwischen minimal 0,2 m (Bohrung M6/2011) im NE-Bereich bis maximal 22,2 m (Bohrung M7/2011) im S- Bereich feststellen.

3.3 Konstruktion von Hilfspunkten

Zur Verbesserung des Berechnungsmodelles wurden, basierend auf (struktur-)geologischen und morphologischen Rahmenbedingungen, Höhengleichen der UK-Abraum konstruiert, deren Stützpunkte für die spätere Berechnung herangezogen werden. In der Auswertung einer Delaunay Triangulation zwischen den Bohrpunkten (siehe Abb. 2) bestätigt sich die prinzipielle Struktur einer NO-SW orientierten Faltenachse, die ungefähr mit der Längsachse des Erweiterungsfeldes zusammenfällt. Die berechneten Höhengleichen weisen auf ein Einfallen der Faltenachsen nach ONO hin.

Die amtliche geologische Karte 1:25 000 (siehe Abb. 1) zeigt eine Schar NW-SO streichender Störungen sowie eine NO-SW orientierte Verfallung der Gesteine. Die Falten sind an den Störungen versetzt. Die Einarbeitung dieser Rahmenbedingungen ist allerdings aufgrund der Datenlage nicht möglich. Daher wurde, basierend auf der Morphologie des Geländes und der Delaunay Triangulation, die UK-Abraum als kegelförmige Aufwölbung rekonstruiert.

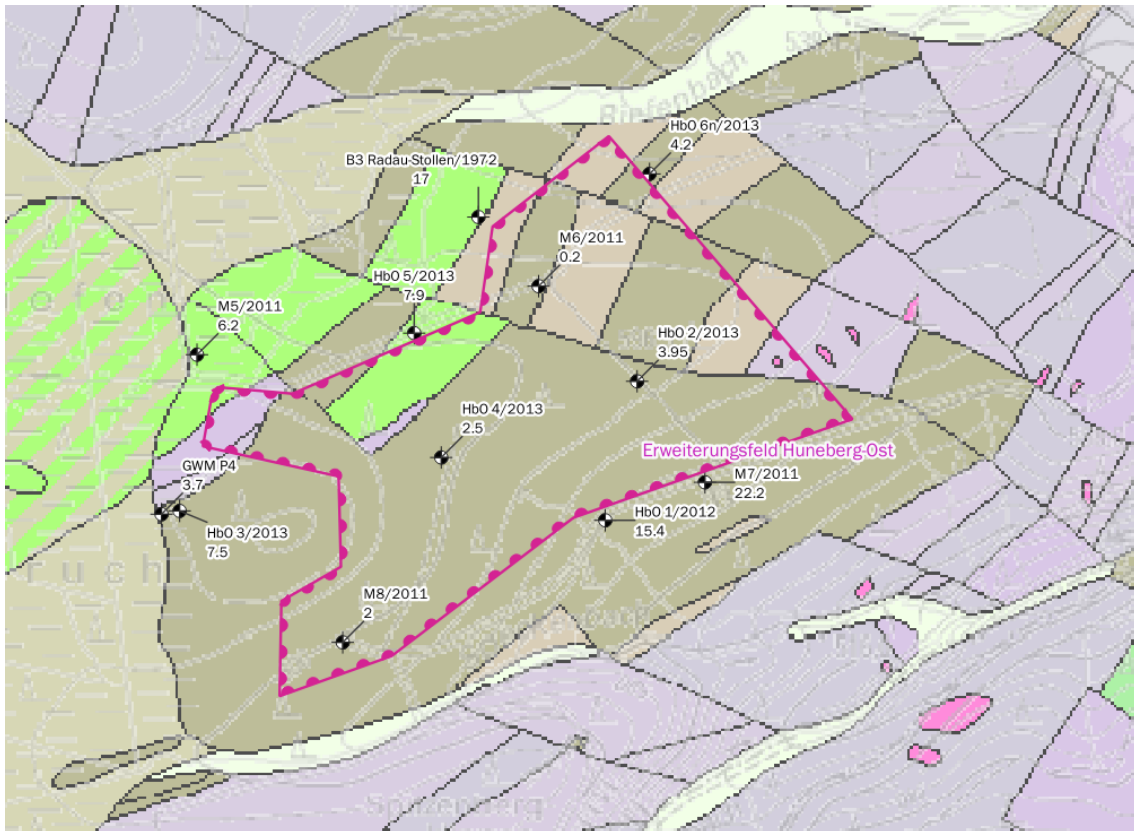


Abb. 1: Ausschnitt aus der geologischen Karte des Bearbeitungsgebietes mit Umring der Erweiterungsfläche und Lage der Bohransatzpunkte.

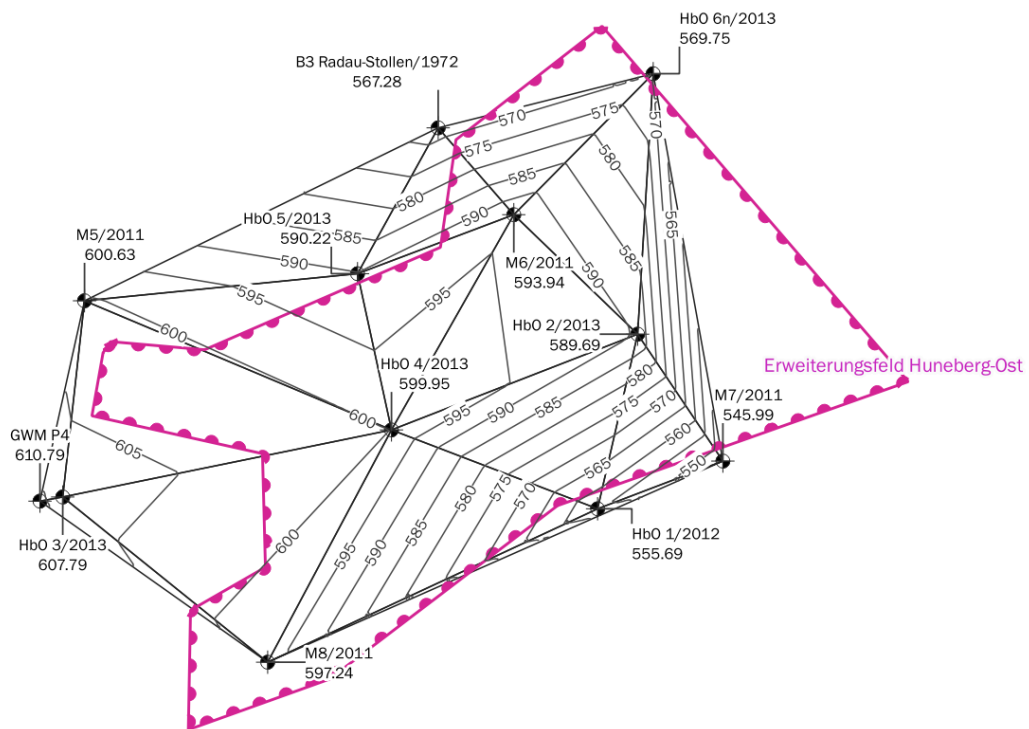


Abb. 2: Delaunay Polygone mit TIN-Interpolationsergebnis für die UK-Abraum als Basis für die konstruierten Höhengleichen.

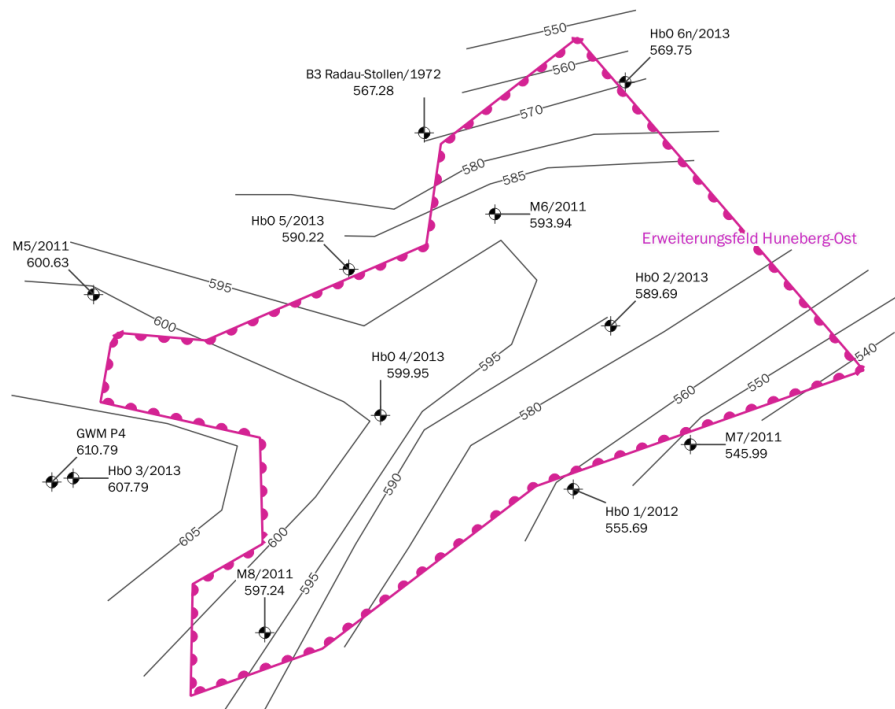


Abb. 3: Konstruierte Höhengleichen für die UK-Abraum basierend auf den Delaunay Polygonen, Geologie und Ergebnissen der Bohrerkundung.

4 Abraumvolumenberechnung

4.1 Konditionen

Als Abraum wird sämtliches Material oberhalb des Rohstoffkörpers verstanden und schließt somit auch den Mutterboden mit ein. Die Menge an Mutterboden wird gesondert unter Kapitel 4.4 bestimmt. Für die Abraumvolumenberechnung wurden daher folgende Konditionen festgelegt:

- Oberkante Rohstoffkörper bzw. Unterkante Abraum entsprechend der übermittelten Excel-Tabelle des AG,
- Oberkante Abraum ist die Geländeoberfläche entsprechend DGM1 (Stand 07.03.2019),
- Räumliche Ausdehnung entspricht dem Polygon der Eingriffsfläche Huneberg-Ost (mit Stand 26.07.2022; seitens des AG übermittelt).

4.2 Berechnungsmethodik

Die Bohrungen wurden mit Lage (x,y,z) sowie Anschnitt ausgewählter Horizonte (Unterkante Abraum) in QGIS eingelesen und in nachfolgenden Schritten entsprechend der Methode der geologischen Blöcke verarbeitet.

1. Delaunay Triangulation zwischen den Bohrungspunkten und Ableitung der Konturlinien für die UK-Abraum (siehe Abb. 3),
2. Interpolation (TIN mit Clough-Toucher (kubisch)) der Abraumunterkante in einer Gitterweite von 5 x 5 m, basierend auf den unter 1. abgeleiteten Konturlinien. Die Bohrungen gehen als Validierungspunkte nicht mit in die Interpolation ein.
3. Berechnung der Abraummächtigkeit als Differenz zwischen dem DGM1 und dem Hangenden des Rohstoffkörpers je Gitterpunkt,
4. Berechnung der Zonenstatistik für den Eingriffsbereich,
5. Aufsummierung der horizontalen Mächtigkeiten je Gitterpunkt in der Eingriffsfläche und Multiplikation mit der Gitterweite (5m x 5m),
6. Modellvalidierung

4.3 Ergebnisse der Berechnung

Abraum (inkl. Mutterboden):

Abraummächtigkeit (Mittelwert / Median): 7,83 m / 7,71 m

Wertebereich (Min...Max): 0,20 ... 23,77 m

Abraumvolumen: 3,334 Mio. m³

Überschlägige Plausibilisierung/Prüfung der Abraumvolumenberechnung:

Für die Plausibilisierung/Prüfung des Ergebnisses wurde die Methode der arithmetischen Mittel herangezogen. Hierzu wurde die mittlere Abraummächtigkeit (A) berechnet und mit der planimetrischen Fläche (F) der Eingriffsfläche multipliziert.

$$V = F * A = 423.352 \text{ m}^2 * 7,83 \text{ m} = 3,315 \text{ Mio. m}^3$$

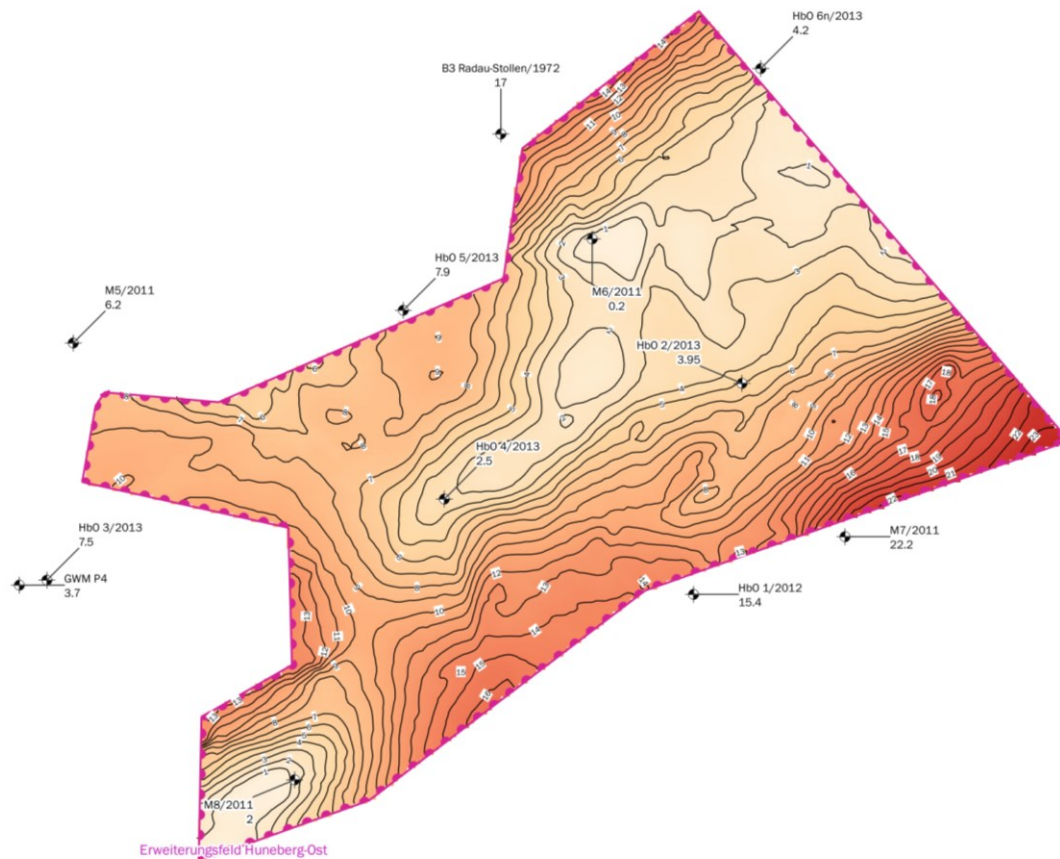


Abb. 4: Interpolationsergebnis als Isopachenplan der Abraummächtigkeit im Erweiterungsfeld Huneberg-Ost.

Modellvalidierung:

Für die Validierung der Ergebnisse wurde die Differenz zwischen dem berechneten Modell und der Abraummächtigkeit laut Bohrergebnissen miteinander verglichen (siehe Tabelle 2). Mit einer Abweichung von (Mittelwert / Median) 0,70 m / 0,78 m liegt diese im Rahmen der zu erwartenden Genauigkeiten basierend auf der Datengrundlage.

Tabelle 2: Differenz zwischen Abraum laut Bohrungen und Modell. Grün: UK-Abraum im Modell höher; Orange: UK-Abraum im Modell niedriger.

| ID | Abraum lt. Bohrung (m) | Abraum lt. Modell (m) | Differenz (m) |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|---------------|
| B3/1972 | 17,00 | 15,88 | 1,12 |
| HbO 1/2012 | 15,40 | 14,39 | 1,01 |
| HbO 2/2013 | 3,95 | 4,99 | 1,04 |
| HbO 3/2013 | 7,50 | 7,96 | 0,46 |
| HbO 4/2013 | 2,50 | 3,33 | 0,83 |
| HbO 5/2013 | 7,90 | 8,72 | 0,82 |
| HbO 6n/2013 | 4,20 | 4,83 | 0,63 |
| M5/2011 | 6,20 | 5,95 | 0,25 |
| M6/2011 | 0,20 | 0,63 | 0,43 |
| M7/2011 | 22,20 | 21,86 | 0,34 |
| M8/2011 | 2,00 | 1,22 | 0,78 |
| Mittelwert (m) | | | 0,70 |
| Median (m) | | | 0,78 |
| RSME (m) | | | 0,76 |

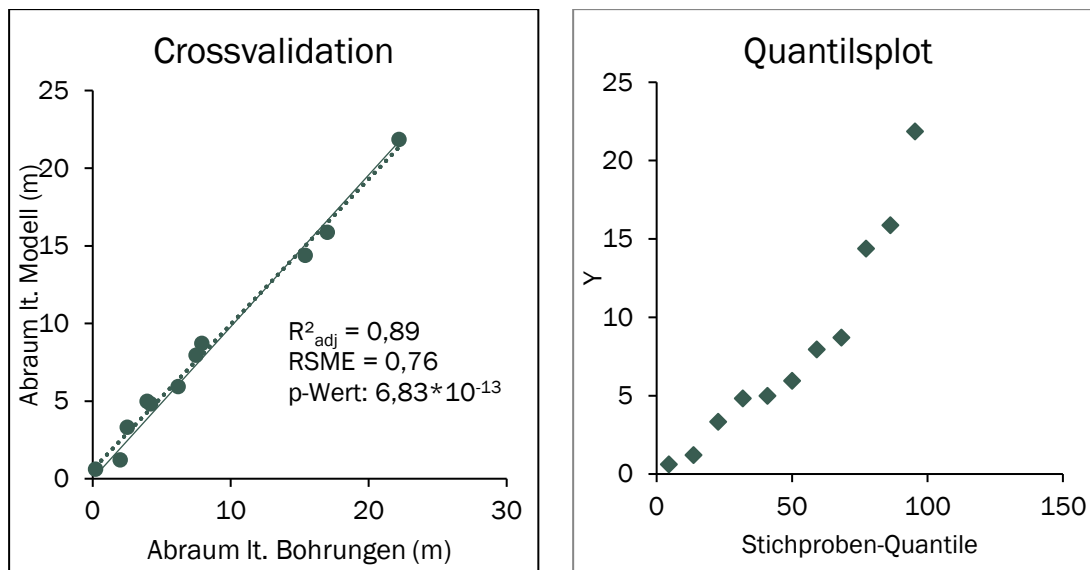


Abb. 5: Regressionsstatistik für das Modell. (a) Crossvalidierung, (b) Quantilsplot.

Die Güte der Modellberechnung kann Abb. 5 entnommen werden. Das adjustierte Bestimmtheitsmaß liegt mit 0,89 sehr nahe an 1 (= 89% der Varianz werden mit dem Modell erklärt) mit einem Standardfehler (RSME) von $\pm 0,76$ m. Die ANOVA Statistik weist zudem einen statistisch signifikanten Erklärungsbeitrag des Modells aus. Sowohl Regressionskoeffizient als auch Schnittpunkt sind mit $p < 0,05$ statistisch signifikant. Das Modell ist daher, auf Basis der Eingangsdaten als statistisch validiert zu bewerten.

Aus Tabelle 2 und Abb. 5 folgt weiterhin, dass die mittlere Modellabweichung (RSME) mit ca. 1,79 m anzunehmen ist. Hieraus kann mit der Methode der arithmetischen Mittel unter Hinzunahme der planimetrischen Fläche (F) der zu erwartende Toleranzbereich (1σ bzw. 66% Konfidenzintervall) berechnet werden:

$$V_{\text{Modellabweichung}} = F * RSME = 423.352 \text{ m}^2 * 0,76 \text{ m} = 321.748 \text{ m}^3$$

Basierend auf den Berechnungen ergibt sich ein plausibilisiertes Abraumvolumen ($\pm 2\sigma$) für das Erweiterungsfeld Huneberg-Ost von

$$\text{Abraumvolumen: } 3,334 \pm 0,644 \text{ Mio. m}^3$$

4.4 Ausweisung Mutterboden

Basierend auf den vorliegenden Bohrprofilen (siehe Tabelle 1) beträgt die Mutterbodenmächtigkeit (Mittelwert / Median) 0,42 / 0,20 m. Für die Ausweisung des Mutterbodenanteils wurde die Methode der arithmetischen Mittel herangezogen. Hierzu wurde die mittlere Mutterbodenmächtigkeit (M) berechnet und mit der planimetrischen Fläche (F) der Eingriffsfläche multipliziert.

$$V_{MuBo} = F * M = 423.352 \text{ m}^2 * 0,42 \text{ m} = 177.808 \text{ m}^3$$

4.5 Berücksichtigung von Abraumböschungen

Zur Bestimmung der Böschungsverluste wird vom Gesamtvolumen das Böschungsvolumen unter Berücksichtigung von geotechnisch notwendigen Abraumböschungen von 30° (bzw. Böschungsverhältnis von 1: 1,7) und ohne Anlage von Bermen abgezogen. Die Berechnung der Böschungsverluste erfolgt vereinfacht unter Verwendung der Böschungsmittellinie mit der Länge L in m und der Abraummächtigkeit A in m.

$$V_{\text{Böschung}} = \frac{A^2}{2 \tan \alpha} * L = \frac{7,83^2 \text{ m}^2}{2 \tan 30^\circ} * 3.322 \text{ m} = 176.382 \text{ m}^3$$

4.6 Visualisierung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Berechnung wurden in AutoCAD2023 visualisiert und dem AG als AutoCAD dwg-Datei übergeben. Hierbei werden die Geländeoberfläche (bzw. OK-Abraum) sowie die UK-Abraum als Flächen dargestellt. Weiterhin wurden die Bohrungen als Linienobjekte hinzugefügt.

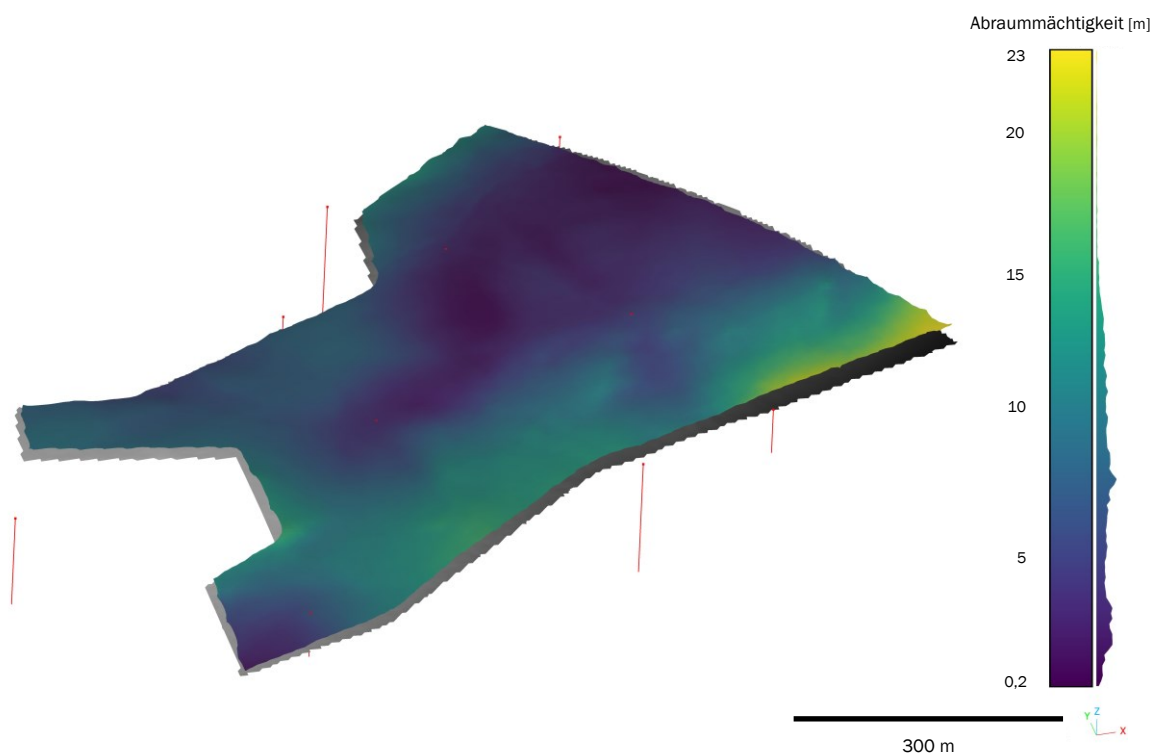


Abb. 6: Dreidimensionale Darstellung der OK-Abraum sowie der UK-Abraum eingefärbt mit den berechneten Abraummächtigkeiten (in Meter) von dunkelblau nach gelb (siehe Farbskala).

5 Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

Im Ergebnis der Abraumvolumenberechnung für das Erweiterungsfeld Huneberg-Ost können zusammenfassend nachfolgende Aussagen getroffen werden:

1. Die Aussagekraft der Ergebnisse beschränkt sich auf die aktuelle Datenlage.
2. Die mittlere Abraummächtigkeit beträgt (Mittelwert / Median) 7,83 m / 7,71 m.
3. Ohne Berücksichtigung geotechnisch notwendiger Abraumböschungen ergibt sich ein Abraumvolumen von ca. **3,334 ± 0,644 Mio. m³** (2,690...3,978 Mio. m³).
4. Unter Berücksichtigung eines geotechnisch notwendigen Böschungswinkels von ca. 30° (bzw. Neigungsverhältnis 1:1,7; siehe auch [03]), verringert sich das auszufördernde Abraumvolumen um ca. 176.382 m³.
5. Die im ermittelten Abraumvolumen enthaltene Menge an Mutterboden beträgt bei einer mittleren Mächtigkeit des Mutterbodens von ca. 0,42 m ca. 177.808 m³.
6. Bei Abzug des Böschungsvolumens und des Mutterbodenvolumens verringert sich die Abraummenge auf ca. **2,980 Mio. m³**.