

Rekultivierung einer Bleisandschlackenhalde in einer Bergbaufolgelandschaft bei Stolberg/Rheinland

1. Situation der Halde

In der Gemarkung Stolberg, Flur 47 und wurden von der Berzelius Stolberg GmbH seit Mitte des vorletzten Jahrhunderts beim Verhüttungsprozeß anfallende Bleisandschlacken auf das vorhandene Gelände aufgefüllt.

Es entstand ein durch Bermen gegliederter Haldenkörper mit sehr unterschiedlichen Böschungsverhältnissen. So betragen die Böschungswinkel und Gesamthöhen (Höhendifferenz Böschungsfuß zu Böschungstop):

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Nordosthang Profil 1: 26°/34° | Gesamthöhe ca. 30 m |
| Südosthang Profil 2: 36°/27° (80° bis Überhang an den Schlackenkörpern) | Gesamthöhe ca. 35 m |
| Südosthang Profil 3: 32°/32°/44° | Gesamthöhe ca. 35 m |
| Südhang Profil 4: 34°/18°/26° | Gesamthöhe ca. 22 m |
| Südwesthang Profil 5: 35°/28° (mit vorgelagerten Damm) | Gesamthöhe ca. 17 m |

Die maximale Höhe am Böschungstop beträgt ca. 241,0 m ü. NN. An der Südwestseite fällt die Halde bis maximal ca. 205,0 m bis 206,0 m ü. NN in das Rüstbachtal ab.

Aufgrund des überschütteten, morphologischen Sattels, dessen Längsachse von Südwest in Richtung Nordost abfällt, fällt auch die Haldenbasis im untersuchten Bereich von Nordost über Ost nach Südosten ab. Die Halde wurde im nordöstlichen Bereich gegen einen alten Eisenbahndamm geschüttet, dessen Trasse zwischen ca. 214,0 und 216,0 m ü. NN verläuft.

2. Aufgabenstellung

Gemäß dem Landschaftsplan III Eschweiler-Stolberg, Kreis Aachen wird der Halde das Entwicklungsziel 3 zugeordnet, wobei „die Wiederherstellung einer in ihrem Wirkungsgefüge, ihrem Erscheinungsbild oder ihrer Oberflächenstruktur geschädigten oder stark vernachlässigten Landschaft“ gefordert wird.

Hierzu ist die Rekultivierung der Halde geplant. Im Zuge der Rekultivierung wird Rekultivierungsboden auf die Schlacke aufgebracht und bepflanzt. Gleichzeitig soll die Halde so profiliert werden, dass eine standsichere Geometrie auf Dauer vorhanden ist, wobei auch auf eine entsprechende Profilierung der Bermen geachtet werden muß. Schließlich soll sich die Halde landschaftsästhetisch in die Bergbaufolgelandschaft einordnen.

Hierzu wurde 1994 von Herrn Dr. Graßmann ein „Rekultivierungsplan für Schlackenhalde „Binsfeldhammer (Stolberg)“ vorgelegt. Die Sachleben Services GmbH, Abt. Markscheiderei führte umfangreiche Vermessungsarbeiten der Haldengeometrie durch, so dass eine Profilierung mit guter Genauigkeit geplant werden konnte.

Für die Rekultivierung der Halde mussten vorab folgende Punkte untersucht werden:

- Auswahl der Vegetation mit Festlegung der Rekultivierungsschichtdicke
- Untersuchung der Standsicherheit nach DIN 4084 mit geotechnischer Untersuchung des Haldenkörpers
- Festlegung möglicher Sanierungsbereiche aufgrund übersteiler Böschungen
- Festlegung und Prüfung der Sanierungsverfahren
- Klärung Vorgehensweise Bauverfahren für Rekultivierungsschicht
- Klärung Vorgehensweise Prüfverfahren für Rekultivierungsschicht

Erschwerend kam hinzu, dass sich die Halde in einem Wasserschutzgebiet der Zone II befindet, wobei zudem am Haldenfuß im Südostbereich eine Kanalsanierung (Verrohrung des Rüstbaches) mittels Vortriebsverfahren während der Sanierung der Halde stattfand.

3. Geologie und Hydrogeologie

Laut der Hydrologischen Karte von Stolberg Blatt-Nr. 5203 stehen im Untergrund der Halde dickbankige Kalksteine des Kohlenkalkes des oberen Unterkarbon an. Zwischen Kalkstein und Haldenmaterial befindet sich im Bereich der Halde eine dünne Decke aus Verwitterungslehmen bzw. Fels-Verwitterungszone (ca. 1,0 bis 4,0 m dick).

Der Haldenkörper besteht hauptsächlich enggestuften und locker bis mitteldicht lagernden Bleisandschlacken. Außerdem sind im steilen, nach Südosten einfallenden Hangbereich „Kesselschlacken“ als vorspringende Körper vorhanden. Nach den Kornverteilungen und aufgrund der großen Gleichförmigkeit (≤ 3) entspricht die Bleisandschlacke einem SE-Boden n. DIN 18196 (Bodenklasse 3 n. DIN 18300). Sie bilden die für die Standsicherheitsuntersuchung nach DIN 4084 maßgeblichen Schichten. Die „Kesselschlacke“ entspricht einem GW nach DIN 18196 (Bodenklasse 3 n. DIN 18300).

4. Untersuchungsergebnisse und Sanierungsverfahren im Steilbereich

4.1 Baugrundmodell und Sanierungsverfahren

Das Baugrundmodell mit Schichtung und Baugrundkennwerten wurde durch die Kühn Geoconsulting durch geotechnische Feld- und Laboruntersuchungen (Rammkernbohrungen, Rammsondierungen nach DIN 4094, Kornverteilungen, Scherversuche etc.) aufgestellt, wobei diese als Grundlage für die Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 dienen.

Tab.1: Baugrundkennwerte als „Rechenwerte“ für Standsicherheitsuntersuchung

| | Untergrund | Mitteldicht bis dicht lagernde Bleisandschlacke | Locker bis mitteldicht lagernde Bleisandschlacke | Dicht lagernde Bleisandschlacke | Kesselschlacke (Verfestigter Schlackenkörper) |
|-------------------------------------|------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|
| Wichte (erdf.) [kN/m ³] | 21,0 | 22,6 | 19,1 | 22,6 | 20,0 |
| Reibungswinkel [°] | 27,5 | 35,0 | 31,5 | 36,5 | 37,0 |
| Kohäsion [kN/m ²] | 12,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Für den Großteil der Halde konnte mit Hilfe der Berechnungen eine Profilierung derart vorgenommen werden, dass eine standsichere Geometrie entstand. In einem großen Teilbereich der Südostböschung war dies jedoch aufgrund der Grundstücksgrenze an einer Straße nicht möglich.

Da zu einer genügenden Verflachung der Böschungsgeometrie, der im Südostbereich ca. 35,0 bis 40,0 m hohen Halde, über 10,0 m hohe konstruktive Böschungssicherungen am Böschungsfuß notwendig gewesen wären und dies einen enormen Eingriff in das labile Gleichgewicht dieses Haldenbereiches bedeutet hätte, wurden „schonendere“ Verfahren zur Erhöhung der Standsicherheit gesucht. Gleichzeitig verboten sich konstruktiv aufwändigere Sicherungen am Hangfuß, da hier zeitparallel die Sanierung des Rüstbaches im Vortriebsverfahren stattfand.

Generell musste der Einsatz von Großgeräten unbedingt unterbleiben, da die Schlacke in den oberen locker gelagerten Bereichen bei Lasteintrag zu Rutschungen neigt.

Daher wurde in Teilbereichen der Südostböschung (Profile 2 und 3) zur erforderlichen Erhöhung der Standsicherheit eine Vernagelung dieser Böschungsabschnitte in Form einer Hang-Verdübelung vorgeschlagen. Im Fall einer Böschungsvernagelung, mit einer im Vergleich zu einer Nagelwand geringen Neigung, beschränken sich die Nachweise auf die Geländebruchsicherheit und die innere Standsicherheit (Gleitkörper mit ebenen Gleitflächen durch den vernagelten Körper). Dabei baut sich die Nagelkraft von der Böschungsoberfläche bis zur Gleitfläche über Schubverbund auf und wird hinter der Gleitfläche über Schubverbund wieder

in den Boden abgegeben. Die maximal mögliche Nagelkraft war damit auf die zulässige Zugkraft des Stahlzuggliedes (GEWI-Stab oder ISCHEBECK-Nagel) zu begrenzen.

Da die Nägel über Schubverbund nur die tieferen Gleitflächen sichern und eine konstruktive Oberflächenarmierung aufgrund der im Vergleich zu einer Baugrubenböschung „flachen“ Neigung nicht erforderlich war, musste ein zusätzlicher Oberflächenschutz gegen Erosion und zur Bepflanzung erfolgen. Dieser wurde dann nach dem Vorschlag von Herrn Dr.-Ing. Graßmann mit dem wabenförmigen ARMATER System der Fa. Akzo Nobel durchgeführt. Die ARMATER-Körper werden durch T-Stahl-Nägel (ca. 1,0 m lang) in den Boden verankert und mit Rekultivierungsboden befüllt. Die Befüllung wurde durch einen Spezial-Bagger mit extra langem Löffel durchgeführt, so dass die Beschickung von unten und von oben stattfinden konnte. Anschließend wurde der Rekultivierungsboden durch eine von Herrn Dr.-Ing. Graßmann festgelegte Spezialsaat bespritzt und der Boden mit einer ENKAMAT-Geotextil-Matte zum Schutz gegen Ausspülen abgedeckt. Diese Systeme werden als statisch nicht wirksame Außenhaut im Gegensatz zu einer Spritzbetonschale in Rechnung gestellt.

4.2 Durchführung der Sanierung im Steilbereich

Zur Erhöhung der Standsicherheit wurden auf einer ca. 2.200,00 m² abmessenden Fläche von Oktober 2000 bis Januar 2001 ca. 500 Nägel mit durchschnittlichen Längen von ca. 7,0 m eingebracht.

Seitens Herrn Dr. Graßmann und der Kühn Geoconsulting GmbH wurde die Verwendung von TITAN-Injektionsankern/-nägel der Fa. ISCHEBECK empfohlen, da hier ein sehr kleines Bohrgerät verwendet wird. Die bei den sonst üblichen GEWI-Nägeln (Fa. DYWIDAG) notwendige Außenverrohrung kann dabei entfallen, da das Bohrloch durch eine Stützflüssigkeit (i.d.R. Zementleim) nicht einbrechen kann. Da im Böschungsbereich gearbeitet wird und größere Eingriffe in den Hang durch die Baustelleneinrichtung unbedingt vermieden werden müssen, war das System ISCHEBECK gegenüber den DYWIDAG-Nägeln zwingend vorzuziehen.

Bei den i.d.R. nur als Kurzzeitsystem zugelassenen ISCHEBECK-Nägeln wird ebenfalls das gesamte Stahlzugglied mit einem Zementmörtel verpreßt, wobei eine genügende Mindest-Zementsteinüberdeckung von 15,0 mm durch Abstandshalter sichergestellt wird. Hierbei entspricht ein TITAN-Nagel 30/11 von der Tragfähigkeit dem GEWI-25, wobei die zulässige Belastung auf Druck und Zug bei 150,0 kN liegt. Im Gegensatz zu den GEWI-Dauernägeln ist jedoch kein PE-Hüllrohr zwischen Stahlzugglied und Bohrlochwandung vorhanden.

Da es keine DIN-Norm für Bodennägel gibt, werden die Anwendung, Ausführung und notwendigen Eigenschaften über die bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt. Die Nägel werden im Gegensatz zu den Ankern (DIN 4125) i. d. R. schlaff eingebaut, da das Stahlzugglied komplett von einem Verpreßkörper umgeben ist. Vom System kann ein Bodennagel mit einem Verpreßpfahl nach DIN 4128 verglichen werden, da diese sowohl Druck- als auch Zugbelastungen aufnehmen können. So entspricht der ISCHEBECK-Verpreßpfahl (Firmenbezeichnung=Ankerpfahl) bezüglich Bauausführung und Material dem Bodennagel. Für den ISCHEBECK-Ankerpfahl (nach DIN 4128) liegt seitens der Landesgewerbeanstalt Bayern (LGA Nürnberg) ein Gutachten vor, wobei der einfache Korrosionsschutz auch als bleibendes, d.h. permanent vorhandenes System ausreicht. Der Ankerpfahl kann sowohl auf Zug als auch auf Druck belastet werden und entspricht somit in seiner Wirkung (Schubverbund) einem Bodennagel. Betrachtet man die Nägel als Verpreßpfähle gem. DIN 4128 ist der einfache Korrosionsschutz auch als Permanentmaßnahme als ausreichend anzusehen. Zusätzlich wurde ein feuerverzinkter und epoxydbeschichteter Stahl für die Nägel ausgeschrieben und verwendet, so dass der Korrosionsschutz noch verbessert wird.

Mit ergänzenden Gutachten wurde eine Stahlkorrosion oder das Vorhandensein von betonaggressiven Medien in der Halde ausgeschlossen. So konnte in Absprache mit dem Prüflingenieur auf eine langfristige und aufwendige, ministerielle Zulassung im Einzelfall für die Verwendung des Kurzzeit-Nagelsystems ISCHEBECK als Dauernagel verzichtet werden.

Hierbei musste allerdings folgendes beachtet werden:

Da die Nägel nur einen einfachen Korrosionsschutz besitzen, muss eine vollflächige Überdeckung des Stahlgliedes durch den Zementstein vorhanden sein. Durch das Bohrverfahren und entsprechende Kontrollen während der Bauausführung musste gewährleistet werden, daß eine genügende Zementkörperüberdeckung sichergestellt ist. Hier war der Einbau der Abstandhalter zu dokumentieren und in den Nagel-Protokollen festzuhalten. Es wurden mehrere Probenägel ausgeführt und ausgegraben, wobei sich aufgrund des Porenvolumens der Bleisandschlacke eine mehr als ausreichende Zementsteinüberdeckung ergab.

Seitens der Genehmigungsbehörde wurde eine prüffähige Statik gefordert. Die Durchführung der statischen Berechnung wurde von der Kühn Geoconsulting GmbH in Zusammenarbeit mit Herr Prof. Dipl.-Ing. B. Peintinger/Olching (von der IHK f. München und Oberbayern öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Grundbau und Bodenmechanik) vorgenommen. Hierbei wurde die notwendige Vernagelung in drei Schnitten (Profil 2, Zwi-

schenprofil 2/3 und Profil 3) berechnet. Die Prüfstatik wurde von Herrn Dr.-Ing. Heribert Spitz/Euskirchen erstellt.

5. Rekultivierung in den Böschungsbereichen mit Neigungen von 1 : 2

5.1 Kriterien für die Ausbildung der Rekultivierungsschicht

Nach Abflachen und Profilieren der Schlackenböschungen in den flacheren Bereichen, forderte die Genehmigungsbehörde (Staatliches Umweltamt Aachen in Vertretung des Regierungspräsidenten RP Köln) für die Rekultivierungsschicht die Darstellung der Prüfkriterien, so dass eine Rekultivierung bezüglich Standsicherheit auf Dauer, Durchlässigkeit und Einbaubarkeit gewährleistet ist. Die Forderung von Kontrollprüfungen wurde bezüglich des Umfanges vertraglich zwischen dem RP Köln und der Berzelius Stolberg GmbH festgelegt. Hierdurch wurde eine gleichbleibende Qualität der Rekultivierungsschicht sichergestellt.

Kriterium 1: Bodenart und Scherparameter

Nach den durchgeführten Standsicherheitsberechnungen und Gleitsicherheitsnachweisen kamen folgende Böden infrage:

Gemischtkörnige Böden:

$\bar{G}\bar{U}$, $\bar{S}\bar{U}$ (DIN 18196): Reibungswinkel $\geq 30^\circ$, Kohäsion $\geq 2,5 \text{ kN/m}^2$

$\bar{G}\bar{T}$, $\bar{S}\bar{T}$ (DIN 18196): Reibungswinkel $\geq 30^\circ$, Kohäsion $\geq 2,5 \text{ kN/m}^2$

Feinkörnige Böden:

TL/UL (DIN 18196) mit $w_L \leq 35\%$ und unterhalb der A-Linie (Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE);

Reibungswinkel $=27^\circ$, Kohäsion $\geq 2,0$ bis $5,0 \text{ kN/m}^2$ (mit mind. steifer Konsistenz)

TM/UM (DIN 18196) mit $w_L = 35\text{...}50\%$ und unterhalb der A-Linie (Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE)

Reibungswinkel $=20^\circ$, Kohäsion $\geq 5,0$ bis $10,0 \text{ kN/m}^2$ (mit mind. steifer Konsistenz)

Kriterium 2: Durchlässigkeit

Der Durchlässigkeitsbeiwert darf nach Forderung durch die Genehmigungsbehörde nicht größer als $1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ betragen. Der Durchlässigkeitsbeiwert wurde über die Korngrößenverteilung nach SEILER (1973) in Abhängigkeit der Ungleichförmigkeit der Sieblinie bestimmt.

Kriterium 3: Einbaubedingungen

Hier wird auf Erfahrungen seitens des Büro Kühn zurückgegriffen:

Die Differenz zwischen Fließ- und Ausrollgrenze (Atterberg'sche Konsistenzgrenzen) ist die Plastizitätszahl I_p . Diese sollte bei den zu verwendenden UL/UM/TL/TM-Böden nicht 7% un-

terschreiten, da ansonsten mit erhöhtem Wassergehalt die Rekultivierungsschicht zu schnell aufweicht. Da die Konsistenz des angelieferten Bodens vom Wassergehalt abhängig ist, muss dieser so liegen, dass eine weiche bis maximal steif-halbfeste Konsistenz vorhanden ist. Parallelisiert mit der undrained Scherfestigkeit c_u bedeutet dies einen Wert zwischen ca. 0,03 und 0,1 MN/m².

Rekultivierungsschicht nach der GDA

Die allgemeinen Anforderungen werden in der GDA (1997)- Empfehlungen Geotechnik der Deponien und Altlasten (HRSG: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.)- definiert:

- Erosionssicherung für den Bewuchs
- in Trockenperioden Wasserbevorratung für den Bewuchs
- Reduzierung der Sickerwasserneubildung durch den Wasserverbrauch des Bewuchses während der Wachstumsperiode

Hier wird außerdem auf Seite 186 letzter Absatz/187 erster Absatz der GDA verwiesen:

„Allgemein lassen Rekultivierungsschichten, die aus schwach bindigen Böden mit nicht zu hoher Lagerungsdichte aufgebaut sind, ein gutes Wasserspeichervermögen und damit einen relativ hohen Wasserverbrauch des Bewuchses erwarten, so daß sich relativ niedrige Sickerwasserspenden ergeben.“

5.2 Folgerungen für die Rekultivierungsschicht

So sind für eine Rekultivierungsschicht Böden (nach DIN 18196) aus GU, GT, GT(stark), GU(stark) oder UL nach DIN 18196 besonders geeignet, da das Material aufgrund seiner weiten Kornabstufung die Möglichkeit der langen Wasserspeicherung und der Abgabe des Wassers über die Pflanzen an die Atmosphäre bietet. Die Speicherwirkung des Wurzelbodens ist wichtig, da in der trockenen Jahreszeit der als Wasserspeicher fungierende Wurzelboden weitestgehend die Austrocknung verhindert. Hierzu siehe auch: Wasserhaushaltsberechnung für die Oberflächenabdichtung von Deponien mit Hilfe des Simulationsmodells HELP; aus: Wasser und Boden 4/1995.

Aus den dargestellten Kriterien wurde ein Korngrößenbereich festgelegt, der in einem Diagramm schraffiert dargestellt wurde. Weiterhin wurde der mögliche Plastizitätsbereich in dem Plastizitätsdiagramm nach CASAGRANDE schraffiert dargestellt. Außerdem wurden drei Proktorkurven von Löß- und Verwitterungslehmen aufgetragen, wobei folgende Böden im Blattgebiet der Stolberger/Aachener Karte die festgelegten Kriterien i.d.R. einhalten:

Lößlehme:

Diese sind im Osten des Blattgebietes Aachen und im Nordwesten/Nordosten des Blattgebietes Stolberg weit verbreitet. Sie sind zum größten Teil entkalkt und stark vertont.

Verwitterungslehme:

Hier eignen sich besonders gut die Verwitterungslehme oberdevonischer Schiefertone (südlich und südwestlich von Aachen; Blattgebiet Stolberg entlang Linie Hahn-Breinig-Hastenrath) und die Verwitterungsprodukte der unterkarbonischen Schiefertone (Stadtgebiet Stolberg sowie südwestlich und nordöstlich von Stolberg weit verbreitet).

Hier wird aber mit zunehmender Tiefe der Steinanteil sehr hoch; dieser darf maximal 30% (Korngröße zwischen 63 mm bis 0,01 mm Rauminhalt) betragen.

5.3 Kontrollprüfung

Mithilfe der Ergebnisse wurden von den Anbietern (Tiefbauunternehmern) entsprechende Böden angefordert. Bereits bei der Anlieferung wurde kontrolliert, dass keine breiigen oder wassergesättigte Böden verwendet werden, da ein Abtrocknen praktisch kaum möglich ist.

Die Böden wurden in Feldern geschüttet und mit einem Baggerlöffel angedrückt. Eine genaue Arbeitsanweisung wurde mit der Baufirma (verfügbares Gerät) abgestimmt.

Folgende Kontrollprüfungen wurden vorgenommen:

Bestimmung der **Korngrößenverteilung nach DIN 18123**

Bestimmung des **Wassergehaltes nach DIN 18121**

Bestimmung der **undränierten Scherfestigkeit** mit der Labor- oder Taschendreiflügelsonde (DEMBERG&TISCHER 1988 bzw. STRASSENTTEST mit ungestörter Probe oder als Feldversuch)

Hierbei werden pro 1000 m² (=ein Untersuchungsfeld) zwei Proben entnommen und von der Kühn Geoconsulting GmbH untersucht.

Insgesamt wurden auf 20 Prüfflächen à 1000,0 m² zwischen November 1999 und September 2001 die entsprechenden Rekultivierungsböden aufgebracht und seitens Herrn Dr. Graßmann und der Kühn Geoconsulting GmbH geprüft.

6. Zusammenfassung

In der Gemarkung Stolberg/Rheinland, Flur 47 und wurden von der Berzelius Stolberg GmbH seit Mitte des letzten Jahrhunderts beim Verhüttungsprozeß anfallende Bleisandschlacken auf das vorhandene Gelände aufgefüllt. Es entstand ein durch Bermen gegliederter Haldenkörper mit vertikalen Böschungshöhen von ca. 30,0 bis 35,0 m und Steilbereichen im Südosthang von bis zu ca. 45,0°.

Gemäß dem vorliegenden Landschaftsplan des Kreises Aachen wird der Halde das Entwicklungsziel 3 zugeordnet, wobei „die Wiederherstellung einer in ihren Wirkungsgefüge, ihrem Erscheinungsbild oder ihrer Oberflächenstruktur geschädigten oder stark vernachlässigten Landschaft“ gefordert wird.

Hierzu war die Rekultivierung der Halde unter folgenden Gesichtspunkten zu planen:

- Auswahl der Vegetation mit Festlegung der Rekultivierungsschichtdicke
- Untersuchung der Standsicherheit nach DIN 4084 mit geotechnischer Untersuchung des Haldenkörpers
- Festlegung möglicher Sanierungsbereiche aufgrund übersteiler Böschungen
- Festlegung und Prüfung der Sanierungsverfahren
- Klärung Vorgehensweise Bauverfahren für Rekultivierungsschicht
- Klärung Vorgehensweise Prüfverfahren für Rekultivierungsschicht

Hierzu wurde 1994 von Herrn Dr. Graßmann ein „Rekultivierungsplan für Schlackenhalde „Binsfeldhammer (Stolberg)“ vorgelegt.

In den nicht standsicheren Steilbereichen des Südosthanges konnte eine Verflachung aufgrund der begrenzten Grundstücksgröße nicht erreicht werden. Da der Einsatz von Großgeräten in dem labilen Hang unbedingt vermeiden werden musste, wurde schließlich zur erforderlichen Erhöhung der Standsicherheit eine Vernagelung dieser Böschungsabschnitte in Form einer Hang-Verdübelung vorgeschlagen und später ausgeführt.

Zur Erhöhung der Standsicherheit wurden auf einer ca. 2.200,00 m² abmessenden Fläche von Oktober 2000 bis Januar 2001 ca. 500 ISCHEBECK-Nägel Titan 30/11 (feuerverzinkt und epoxybeschichtet) mit durchschnittlichen Längen von ca. 7,0 m eingebracht.

Da die Nägel über Schubverbund nur die tieferen Gleitflächen sichern, wurde ein zusätzlicher Oberflächenschutz gegen Erosion und zur Bepflanzung ausgeführt. Dieser wurde dann

nach dem Vorschlag von Herrn Dr.-Ing. Graßmann mit dem wabenförmigen ARMATER System der Fa. Akzo Nobel durchgeführt. Die ARMATER-Körper werden durch T-Stahl-Nägel (ca. 1,0 m lang) in den Boden verankert und mit Rekultivierungsboden befüllt. Anschließend wurde der Rekultivierungsboden durch eine von Herrn Dr.-Ing. Graßmann festgelegte Spezialsaat bespritzt und der Boden mit einer ENKA MAT-Geotextil-Matte zum Schutz gegen Auspülen abgedeckt. Diese Systeme werden als statisch nicht wirksame Außenhaut im Gegensatz zu einer Spritzbetonschale in Rechnung gestellt.

Nach Abflachen und Profilieren der Schlackenböschungen in den **flacheren** Bereichen, forderte die Genehmigungsbehörde für die Rekultivierungsschicht die Darstellung der Prüfkriterien, so dass eine Rekultivierung bezüglich Standsicherheit auf Dauer, Durchlässigkeit und Einbaubarkeit gewährleistet ist. Diese wurden durch Herrn Dr. Graßmann und der Kühn Geoconsulting GmbH definiert, so dass eine entsprechende Vorauswahl von Böden aus dem Aachener Raum erfolgen konnte. Insgesamt wurden auf 20 Prüfflächen à 1000,0 m² zwischen November 1999 und September 2001 die entsprechenden Rekultivierungsböden aufgebracht und geprüft.

Der Erfolg der Sanierung zeigte sich bereits während der Sanierungsphase. Die nun abgerundete Kuppe mit umlaufenden Bermen fügt sich auf den Photos sichtbar erkennbar landschaftsästhetisch in die Umgebung ein.

Bild 1: Aufnahme der Bleisandschlackenhalde 1998 (vor der Sanierung)



Bild 2: Aufnahme der Bleisandschlackenhalde 2001 (nach der Sanierung)



Verfasser: Dipl.-Geol. Dirk Blume
Kühn Geoconsulting GmbH
Fachbereichsleitung