

GEOTECHNISCHES SACHVERSTÄNDIGENBÜRO DR.-ING. HABIL. BERND MÜLLER

Baugrund · Erschütterungen · Geotechnische Spezialgutachten · Sprengtechnik

Mitteldeutsche Baustoffe GmbH				
Eing.: 12. Juli 1999				
GF	GFT	PRS	GKF	PV

Standsicherheitsnachweis

der künftigen Abraumhalde und -innenkippe im vorgesehenen Rhyolith-
Tagebau Niemberg/Brachstedt

Auftraggeber und Betreiber

des Tagebaues:

Mitteldeutsche Baustoffe GmbH

Hauptverwaltung

Köthener Str. 13

06192 Sennewitz

Auftragnehmer:

Geotechnisches Sachverständigenbüro Dr.-Ing. habil. B. Müller

Leipziger Str. 18

04416 Markkleeberg

Sachverständiger:

Doz. Dr.-Ing. habil., Dipl.-Geol. B. Müller

- vom Sächsischen Oberbergamt anerkannter Sachverständiger für
Böschungen im Fest- und Lockergestein -

Bearbeiter:

Dr. B. Müller

Dipl.-Geoph. Th. Hohlfeld

Bearbeitungsnummer:

9017

Leipzig, den 30. 06. 1999


Dr. B. Müller

-Sachverständiger für Böschungen,
Bodendynamik und Sprengtechnik-


Th. Hohlfeld

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgaben- und Zielstellung
2. Arbeitsgrundlagen
 - 2.1 Markscheiderische Unterlagen
 - 2.2 Allgemeine Angaben zum Tagebau
 - 2.3 Ingenieurgeologisch-bodenmechanische Verhältnisse
 - 2.3.1 Geologischer Überblick
 - 2.3.2 Bodenmechanische Kennzeichnung der Halden- bzw. Kippenmaterialien
 - 2.3.3 Vorgesehener Aufbau der Halden und Beschaffenheit des Haldenuntergrundes
 - 2.3.4 Hydrogeologische Gegebenheiten
3. Standsicherheitsberechnungen
 - 3.1 Eingangswerte und Berechnungsmodelle
 - 3.2 Ergebnisse
4. Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Anlagenverzeichnis:

- Anl.1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes M 1 : 10000
- Anl.2: Ausschnitt vom Lageplan 1 : 2000 mit geotechnischen Eintragungen
- Anl.3: Bohrprofile ausgewählter Altbohrungen (umgearbeitet)
 - Anl.3.1: Bohrprofil der RKS 3/93
 - Anl.3.2: Bohrprofil der RKS 4/93
 - Anl.3.3: Bohrprofil der RKS 5/93
 - Anl.3.4: Bohrprofil der RKS 8/93
 - Anl.3.5: Bohrprofil der Hy Niemberg 1/94
- Anl.4: Ergebnisse der bodenmechanisch-physikalischen Laboruntersuchungen
 - Anl.4.1: Korngrößenverteilung der MP 1
 - Anl.4.2: Protokoll der Siebanalyse nach DIN 18123 der MP 1
 - Anl.4.3: Korngrößenverteilung der MP 2
 - Anl.4.4: Protokoll der Siebanalyse der MP 2
 - Anl.4.5: Korngrößenverteilung der MP 3
 - Anl.4.6: Protokoll der Siebanalyse der MP 3

- Anl.4.7: Korngrößenverteilungskurve der MP 4
Anl.4.8: Korngrößenverteilungskurve der MP 5
Anl.4.9: Korngrößenverteilungskurve der MP 6
Anl.4.10: Korngrößenverteilungskurve der MP 7
Anl.4.11: Korngrößenverteilungskurve der MP 8
Anl.4.12: Korngrößenverteilungskurve der MP 9
Anl.4.13: Korngrößenverteilungskurve der MP 10
Anl.4.14: Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen der MP 10
Anl.4.15: Korngrößenverteilungskurve der MP 11
Anl.4.16: Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen der MP 11
Anl.4.17: Korngrößenverteilungskurve der MP 12
Anl.4.18: Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen der MP 12
Anl.4.19: Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen der MP 13
Anl.4.20: Korngrößenverteilungskurve der MP 14
Anl.4.21: Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen der MP 14
Anl.4.22: Korngrößenverteilungskurve der MP 15
Anl.4.23: Bestimmung der Atterberg'schen Grenzen der MP 15
Anl.4.24: Korngrößenverteilungskurve der MP 16
Anl.4.25: Korngrößenverteilungskurve der MP 17
Anl.4.26: Zusammengefaßte Korngrößenverteilungskurven der MP 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17
(Geschiebemergel/Schicht 2)
Anl.4.27: Zusammengefaßte Korngrößenverteilungskurven der MP 1, 7, 9
(Geschiebesand/Schicht 3)
Anl.4.28: Zusammengefaßte Korngrößenverteilungskurven der MP 4, 5, 6 (Schichten 4 und 5)
Anl.4.29: Zusammengefaßte Korngrößenverteilungskurven der MP 2, 3 (nichtbindiger Ge-
steinszersatz/Schicht 6)
- Anl.5: Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen (Auszüge)
Anl.5.1: Profil 1, Variante 15 m/15 m Reibungswinkel 27,5°
Anl.5.2: Profil 1, Variante 15 m/15 m Reibungswinkel 30°
Anl.5.3: Profil 1, Variante 15 m/15 m Reibungswinkel 32,5°
Anl.5.4: Profil 2, Variante 15 m/15 m Reibungswinkel 27,5°
Anl.5.5: Profil 2, Variante 15 m/15 m Reibungswinkel 30°
Anl.5.6: Profil 2, Variante 15 m/15 m Reibungswinkel 32,5°
Anl.5.7: Profil 1, Variante 10 m/15 m Reibungswinkel 27,5°
Anl.5.8: Profil 1, Variante 10 m/15 m Reibungswinkel 30°
Anl.5.9: Profil 1, Variante 10 m/15 m Reibungswinkel 32,5°
Anl.5.10: Profil 2, Variante 10 m/15 m Reibungswinkel 27,5°
Anl.5.11: Profil 2, Variante 10 m/15 m Reibungswinkel 30°
Anl.5.12: Profil 2, Variante 10 m/15 m Reibungswinkel 32,5°

Anl.5.13:	Profil 1, Variante 10 m/10 m	Reibungswinkel 27,5°
Anl.5.14:	Profil 1, Variante 10 m/10 m	Reibungswinkel 30°
Anl.5.15:	Profil 1, Variante 10 m/10 m	Reibungswinkel 32,5°
Anl.5.16:	Profil 2, Variante 10 m/10 m	Reibungswinkel 27,5°
Anl.5.17:	Profil 2, Variante 10 m/10 m	Reibungswinkel 30°
Anl.5.18:	Profil 2, Variante 10 m/10 m	Reibungswinkel 32,5°
Anl.5.19:	Innenverkippung ohne Befahrung -	Reibungswinkel 32,5°
Anl.5.20:	Innenverkippung mit Befahrung -	Reibungswinkel 32,5°
Anl.5.21:	Innenverkippung mit Befahrung -	Reibungswinkel 27,5°
Anl.5.22:	Innenverkippung mit Befahrung -	Reibungswinkel 32,5° und 7,0 m Wasseranstieg

Literaturverzeichnis und verwendete Unterlagen:

- [1] Übersichtsriß, Hartsteintagebau Niemberg/Brachstedt, 1 : 2000. Markscheiderei der Mitteldeutschen Baustoffe GmbH, Sennewitz, 15. 02. 1999.
- [2] Topographische Karte Niemberg 1 : 10000, Blatt M-33-13-A-c-2, 1998, Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt.
- [3] Topographische Karte Niemberg 1 : 10000, Blatt M-33-13-A-c-1, 1998, Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt.
- [4] Allgemeine Bundesbergverordnung (ABBergV). BV für alle bergbaulichen Bereiche vom 23. 10. 1995 (BGBl. I S. 1466), Verlag Glückauf GmbH Essen.
- [5] Bauen in Europa - Geotechnik. Eurocode 7-1. DIN V ENV 1997 1. 1. Aufl. Beuth-Verlag, Berlin, Wien, Zürich 1996.
- [6] BOBE, R. und HUBACEK, K.: Bodenmechanik. VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1983.
- [7] DIN Taschenbuch 36: Erd- und Grundbau. Beuth-Verlag GmbH (1991).
- [8] DIN Taschenbuch 113: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes. Beuth-Verlag GmbH, 7. Aufl. 1998.
- [9] DR. U. E. DORSTEWITZ + PARTNER: Vorstudie zum Rahmenbetriebsplan Hartsteintagebau Niemberg/Brachstedt. Goslar, Oktober 1998.
- [10] FÖRSTER, W.: Bodenmechanik. Teubner Verlag Leipzig-Stuttgart, 1998.

- [11] Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt: Geologische Karte Halle und Umgebung. 1 : 50000, 1. Auflage 1995, Halle.
- [12] GFE GmbH Halle: Bericht über die geologischen und wirtschaftlichen Ergebnisse der Erkundungsarbeiten Hartgestein Raum Halle 1968 - 1970, Teilfeld Niemberg mit Vorratsberechnung. Halle, den 22. 11. 1972.
- [13] GFE GmbH Halle: Ergebnisbericht über geologische und geophysikalische Erkundungsarbeiten zur Ermittlung der wirtschaftlich vertretbaren Randbereiche der Hartgesteinslagerstätte Niemberg/Brachstedt (Saalkreis) (1. Erkundungsetappe). Halle, Oktober 1993.
- [14] GFE GmbH Halle: Ergebnisbericht über geologische Erkundungsarbeiten und Untersuchungen zur Rohstoffqualität der Hartgesteinslagerstätte Niemberg/Brachstedt (Saalkreis) (2. Erkundungsetappe). Halle, Mai 1994.
- [15] GFE GmbH Halle: Zusatzbericht über geologische Erkundungsarbeiten und Untersuchungen zur Rohstoffqualität der Hartgesteinlagerstätte Niemberg/Brachstedt (Saalkreis) (II. Erkundungsetappe). Halle, August 1994.
- [16] Geotechnisches Sachverständigenbüro Dr. B. Müller: Gutachten zur Prognose von Sprengerschütterungsimmissionen durch Gewinnungssprengungen im künftigen Rhyolith-Tagebau Niemberg/Brachstedt. Leipzig, den 02. 06. 1999.
- [17] Geotechnisches Sachverständigenbüro Dr. B. Müller: Standsicherheitseinschätzung der Festgesteinsböschungen im künftigen Rhyolith-Tagebau Niemberg/Brachstedt. Markkleeberg, den 11. 06. 1999.
- [18] Geotechnisches Sachverständigenbüro Dr. B. Müller: Geotechnisches Gutachten zu den Baugrund-, Gründungs- und hydrogeologischen Verhältnissen des Anlagenstandortes Niemberg/Brachstedt. Markkleeberg, den 04. 07. 1999.
- [19] GIANI, G.P.: Rock slope stability analysis. A.A. Balkema - Rotterdam - Brookfield 1992.
- [20] HGN Hydrogeologie GmbH, Niederlassung Torgau: Ergebnisbericht „Geophysikalische Porphyrerkundung“ Niemberg/Brachstedt. Torgau, 21. 09. 1993.
- [21] LÜTZNER, H.: Sedimentary and Volcanic Rotliegende of the Saale Depression. Excursion Guidebook. Symp. on Rotliegende in Central Europe, 24. - 30. May 1987. Akad. of Sciences of the GDR, Centr. Inst. for Physics of the Earth, Potsdam 1987.

- [22] KEZDI, A.: Handbuch der Bodenmechanik. Band IV, Anwendung der Bodenmechanik in der Praxis. VEB Verlag für Bauwesen Berlin, Verl. der Ung. Akademie Wiss., Budapest 1976.
- [23] MÜLLER, B.: Der Grenzbereich ingenieurgeologischer und bodenmechanischer Untersuchungen zur objektiven Beurteilung von Lockergesteinen (Böden) für bautechnische Aufgabenstellungen. 12. Nation. Tagung für Ingenieurgeologie in Halle /Saale 1999 (Tagungsband).
- [24] PRINZ, H.: Abriß der Ingenieurgeologie. 2. Aufl., F. Enke Verlag, Stuttgart 1992.
- [25] Richtlinie des Sächsischen Oberbergamtes über die geotechnische Sicherheit im Bergbau über Tage (Richtlinie Geotechnik). 1. Aug. 1997, Sächsisches Amtsblatt Nr. 30 vom 24. Juli 1997.
- [26] SCHUBERT, K.: Böschungen - Dämme - Halden - Kippen. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1972, 273 S.
- [27] STRIEGLER, W.: Dammbau. Verlag für Bauwesen, Berlin, 2. erweiterte Auflage 1998.
- [28] TÜRKE, H.: Statik im Erdbau. 2. Aufl. Verlag für Architektur und technische Wissenschaften Berlin 1990.
- [29] UVV „Steinbrüche, Gräbereien und Haldenabtragungen“. VBG 42 vom 01. 10. 1984.

1. Aufgaben- und Zielstellung

Im Zusammenhang mit dem entstehenden Rhyolith-Tagebau Niemberg/Brachstedt, der durch die Mitteldeutsche Baustoffe GmbH Sennowitz erschlossen werden wird, sind Halden bzw. eine Innenverkipfung der anfallenden unbrauchbaren Schüttstoffe und des Abraumes vorgesehen.

Das durchzuführende Planfeststellungsverfahren erfordert, für diese anthropogenen Schüttungen einen Standsicherheitsnachweis zu erstellen. Auf der Grundlage des Standsicherheitsnachweises sind Angaben zur Schütthöhe, zum Böschungswinkel und zur Verkipfungstechnologie abzuleiten.

Das Geotechnische Sachverständigenbüro Dr.-Ing. habil. B. Müller erhielt den Auftrag den Standsicherheitsnachweis mit folgenden Schwerpunkten zu erarbeiten:

- Klärung der bodenmechanischen Eigenschaften der zu verkippenden Lockergesteine (Böden), Schüttstoffe und Aufbereitungsrückstände mittels Laboruntersuchungen aus den Baugrundbohrungen, Schürfen und einer entsprechenden Geländekartierung

- Beurteilung der vorgesehenen Haldenaufstandsfläche aus den vorhandenen geologischen Unterlagen
- Variantenreiche Standsicherheitsberechnungen verschiedener Verkippungs- bzw. Verhaldungsgeometrien nach DIN 4084 und in Anlehnung an die „Geotechnische Richtlinie“ des Sächsischen Oberbergamtes sowie der einschlägigen Fachliteratur mit den möglichen Berechnungsmodellen
- Ableitung von Empfehlungen für das Betreiben der Halden und Innenkippe einschließlich der geometrischen Anforderungen

Zur Erarbeitung des Standsicherheitsnachweises wurden wesentliche Ergebnisse aus dem Geotechnischen Gutachten zum Anlagenstandort genutzt [18].

Die Geländearbeiten wurden von März - Mai 1999 mit Unterbrechungen durchgeführt.

2. Arbeitsgrundlagen

2.1 Markscheiderische Unterlagen

Vom Untersuchungsgebiet liegen folgende vermessungstechnische und geologische Unterlagen vor, die zur Erarbeitung des Standsicherheitsnachweises genutzt werden konnten:

- Übersichtsriß 1 : 2000 [1]
- Topographische Karten 1 : 10000 [2, 3]
- DR. U. E. DORSTEWITZ + PARTNER: Vorstudie [9]
- verschiedene geologische Ergebnisberichte [12, 13, 14, 15, 20]
- eigene Untersuchungen [17, 18]

Aus diesen Dokumentationen wurde die Anlage 2 entwickelt, die neben der Beschaffenheit des Untergrundes den bisher vorgesehenen Haldenstandort enthält.

Für die Erarbeitung des Standsicherheitsnachweises sind die vermessungstechnischen Unterlagen ausreichend, zumal die eigentlichen geometrischen Bedingungen weitestgehend verändert oder angepaßt werden können und für die Berechnungen eher von nebengeordneter Bedeutung sind.

2. Allgemeine Angaben zum Tagebau

In der Vorstudie zum Rahmenbetriebsplan wurden vom beauftragten Planungsbüro Dr. Dorstewitz + Partner die allgemeinen Vorstellungen für das Betreiben des künftigen Rhyolith-Tagebaues entwickelt [9]. Durch die Standsicherheitseinschätzung der entstehenden Festgesteinsböschungen wurde in [17] empfohlen, die Wandhöhen mit 20 m einzurichten und den Aufschluß vom späteren Anlagenstandort ausgehend aus dem Süden nach Westen bis zur Abbaugrenze auf engstem Raum durchzuführen. Danach soll der Tagebau nach Norden und Osten entsprechend aufgeweitet werden.

Der anfallende Abraum wird auf eine Halde („Außenkippe“) im Westen verbracht [9] (Anlage 2). Mit ausreichendem Abbauvorlauf auf der angedachten tiefsten Abbausohle ist eine Innenverkippung von der Nord-, Ost- und Südböschung angedacht. Nach [9] wird für die vorgesehene Variante 2 etwa

407.214 m ³	(Abraumhalde)
2.460.003 m ³	(Abrauminnenkippe)

Abraum zur Verkippung erwartet, der auf einer Fläche von etwa 4,5 ha im Westteil des Lagerstättenfeldes verbracht werden soll (Anlage 2). Die geometrischen Bedingungen für die Abraumhalde sind nach [9] wie folgt angenommen worden:

Höhe der Halde 18 m

Böschungsneigung 1 : 3 (entspricht 18,43°) - Halde

Böschungsneigung 1 : 2 (entspricht 26,56°) - Innenkippe

Die angedachten Böschungswinkel sind von recht ungünstigen bodenmechanischen Bedingungen ausgegangen und werden mit den Standsicherheitsberechnungen überprüft. Für die innerbetriebliche Förderung des Abraumes sowie der anderen nicht brauchbaren Korngrößengemische werden SLKW eingesetzt, die in einer noch festzulegenden Entfernung von der Böschungsoberkante das Material abkippen. Eine Planierraupe schiebt die Massen über die Böschungsschulter und gleicht die Halden- bzw. Kippenoberfläche \pm aus. Eine gezielte Verdichtung der Materialien oder eine Abflachung der durch Vorschüttung erzielten Böschungswinkel ist technologisch nicht vorgesehen.

2.3 Ingenieurgeologisch-bodenmechanische Verhältnisse

2.3.1 Geologischer Überblick

Der künftige Tagebau wird ca. 1000 m südöstlich von Brachstedt bzw. etwa 700 m von Brachstedt, OT Hohen und 850 m westnordwestlich von Niemberg erschlossen. Der Höhenzug des Burgstetten bleibt erhalten.

Im südlichen bis südwestlichen Vorfeld liegt der Flugplatz Halle-Oppin, der für kleinere Flugzeuge und Flugschauen genutzt wird. Der Haldenstandort ist im westlichen Bereich, außerhalb der nutzbaren Lagerstätte vorgesehen (Anlage 2).

Der abbauwürdige Deckenerguß aus Rhyolith gehört zum unterrotliegenden Halleschen Vulkanitkomplex und wird als „Oberer Hallescher Rhyolith“ bezeichnet. Im frühen Känozoikum wurden die sauren Vulkanite einer tiefgründigen, subtropisch-tropischen Verwitterung ausgesetzt, die auch als lateritische Gesteinszersetzung mit Sesquioxidanreicherung angesehen werden kann [23]. Die tertiäre Oberfläche war stark bewachsen, so daß saure Wässer von Mooren und Wäldern insbesondere an Störungen sowie wasserwegsamem Trennflächen in das Festgebirge vordrangen und dieses lateritisch zersetzten. Auf diese Weise entstanden die bindigen Verwitterungsprodukte, die in tieferen Zo-

nen mit Kaolinit angereichert sind [17]. Störungs- und Dichtklüftzonen, blasengefügereiche Deckenteile und poröse Gesteinspartien gaben den Weg für diese Prozesse frei. Auf diese Weise entstanden unterschiedlich tiefreichende Zonen mit allen Übergängen zum nicht verwitterten Rhyolith. Die eigentlichen lateritischen, oberflächennahen Verwitterungsrückstände sind längst erodiert.

Die tertiäre Verwitterungszone mit allen Horizonten wurde während des Pleistozäns mehr oder weniger abgetragen, so daß sich der kaolinitisierte, bindige Zersatz meist nur in den tiefer reichenden Störungen und dergleichen erhalten hat. Der übrige Flächenanteil auf dem Höhenzug wurde vom Eis abgetragen und abgeschliffen, so daß sich auf den höher gelegenen Flächenbereichen, jüngerer Verwitterungsschutt bilden konnte oder nur eine geringmächtige Geschiebemergeldecke erhalten geblieben ist.

Dieser Geschiebemergel, der an anderer Stelle bis 10 m mächtig werden kann, wurde in der Leipziger Phase der Saalekaltzeit abgelagert (Hauptgrundmoräne g₂S). Der Moränenkomplex weist unregelmäßig eingeschuppte sandige Partien auf, die ein vorhandenes, aber unregelmäßiges Grundwasserstockwerk bilden. Der Geschiebemergel mit den eingelagerten Sanden ist ein Teil des erwarteten Abraumes auf der Lagerstätte.

Nach dem Rückzug des Inlandeises begann die Bodenbildung mit den dazugehörigen Horizonten.

2.3.2 Bodenmechanische Kennzeichnung der Halden bzw. Kippenmaterialien

Bei den Schürfen im Bereich der Lagerstätte, die in unmittelbarer Nähe der beiden auflässigen, wassergefüllten Steinbrüche durchgeführt wurden und aus den Bohrungen für den Standort der stationären Aufbereitungsanlage sowie im Lagerstättengebiet (Bohrung 2, 9, 10 - [18]) wurden repräsentative Proben gewonnen. Von den Proben der Güteklasse 3 wurden in einem beauftragten Labor bodenphysikalische und -mechanische Untersuchungen vorgenommen. In der Tabelle 1 sind die Probenbezeichnungen, Entnahmbereiche und die jeweils durchgeführten Bestimmungen zusammengestellt.

Die einzelnen Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in den Anlagen 4.1 - 4.29 dokumentiert.

Die Schichten wurden entsprechend der stratigraphischen Gliederung in [18] bezeichnet und für dieses Gutachten übernommen. Die einzelnen bodenphysikalisch-mechanischen Kennwerte der wichtigsten Halden- und Kippenaufbau beteiligten Böden und Schüttstoffe sowie der Schichten des Haldenuntergrundes sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Es wird davon ausgegangen, daß die in Tabelle 2 aufgeführten Böden verkippt werden. Durch die Verkipfung werden infolge der technologisch bedingten Auflockerung ungünstige Dichten/Wichten erreicht, die vorher nur abgeschätzt werden können.

Die Kennwerte nach Tabelle 2 sind bei der Standsicherheitsberechnung verwendet worden. Die entsprechenden Streuungen wurden durch einen Vergleich der einzelnen Kornverteilungskurven ermittelt (Anl. 4.26 - 4.29) und bei den Standsicherheitsberechnungen berücksichtigt.

Tabelle 1: Zusammenstellung der untersuchten Proben und Entnahmestellen

Mischprobennummer	Aufschluß	Entnahmetiefe von - bis in m	Naßsiegung nach DIN 18123	Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN 18123	Konsistenzgrenzen nach DIN 18122	Zuordnung in Schicht
MP 1	BS 3	1,5 - 1,8	x			3
MP 2	Schurf 1	0,4 - 1,0	x			6
MP 3	Schurf 2/3	0,4 - 1,0	x			6
MP 4	BS 9/2	0,3 - 1,0		x		5
	BS 10/2	0,3 - 1,0				
MP 5	BS 5/9	6,8 - 8,0		x		4
MP 5	BS 4/8	4,6 - 4,7				
MP 6	BS 2/2	0,4 - 0,6	x			5
MP 7	BS 4/3	1,4 - 2,0	x			3
MP 8	BS 3/4	1,8 - 2,5	x			3
MP 9	BS 5/5	2,7 - 4,0	x			3
MP 10	BS 3/6	2,5 - 3,2		x	x	2, oben
MP 10	BS 3/5	3,2 - 4,0				
MP 11	BS 6/3	1,4 - 3,0		x	x	2, oben
MP 11	BS 6/4					
MP 12	BS 7/3	2,0 - 4,0		x	x	2, oben
MP 12	BS 7/4					
MP 13	BS 6/7	5,0 - 6,0			x	2, unten
MP 14	BS 8/3	1,0 - 3,0		x	x	2, oben
MP 14	BS 8/4					
MP 15	BS 4/4	2,30 - 4,0	Kalkgehalt	x	x	2, oben
MP 15	BS 4/5					
MP 16	BS 5/4	1,8 - 2,7	Kalkgehalt	x		2, oben
MP 17	BS 5/6	4,3 - 6,0		x		2, unten
MP 17	BS 5/7					

Tabelle 2: Bodenphysikalisch-bodenmechanische Kennwerte der wichtigsten Böden für die Verhaldung, Verkippung (weich, locker) und den Haldenuntergrund (steif, mitteldicht)

Schicht	Stratigraphische Zuordnung	Geologische Benennung	Klassifikation nach DIN 18196 (Lagerungsdichte / Konsistenz)(*)	Wichte		Scherparameter	
				γ (kN/m ³)	γ' (unter Auftrieb) (kN/m ³)	Reibungswinkel φ (°)	Kohäsion c (kN/m ²)
2	Saalekaltzeit	Geschiebemergel	[SU*/ST*-TL]				
			weich	20,0	10	27,5	0
			steif	21,0	11	27,5	2
3	Saalekaltzeit	Geschiebesand	(Übergang zu 2)				
			[SU*/ST... SE]				
			locker	17	9	27,5 - 30	0
			mitteldicht	18	10	32,5	0
4	Tertiär	Kaolin-Ton/Schluff	[SU*/ST*]				
			weich	21	11	27,5	0
			steif	21,5	11,5	27,5	2
5	Tertiär/Pleistozän	nichtbindiger Rhyolithzeratz, mit Feinkornanteilen	[GU*/GT]				
			locker	18	10	30	0
			mitteldicht	20	12	32,5	0
6	Tertiär-Pleistozän	nichtbindiger Rhyolithzeratz	[GI]				
			locker	18	10	32,5	0
			mitteldicht	19	11	35,0	0

(*) Es ist den Bearbeitern bewußt, daß die Böden aus dem natürlichen Verbund gelöst nur noch anthropogene, aufgelockerte Korngrößengemische darstellen. Die Zuordnung nach DIN 18196 ist nur als prinzipielles Klassifikationsmerkmal für Vergleiche mit ähnlichen Lockergesteinen anzusehen.

2.3.3 Vorgesehener Aufbau der Halden und Beschaffenheit des Haldenuntergrundes

In der Anlage 2 ist der Haldenstandort mit den erkundeten Abraummächtigkeiten eingetragen [nach 9, 12, 13, 14, 15, 16, 18]. Der Schichtenaufbau ist entsprechend der Reihenfolge in Tabelle 2, wobei der Anteil der einzelnen Bodenschichten hinsichtlich der Mächtigkeit und Verteilung wechselt.

Unter einer Mutter- und Oberbodendecke (Schicht 1) befindet sich ein Geschiebemergelkomplex mit eingelagerten Geschiebesanden (Schicht 2 und 3), der maximal etwa 10 m Mächtigkeit erreichen

kann. In den Störungszonen und den nicht vom Eis abgeschürften tieferen Bereichen wird die Schicht 4 mit 1,2 - 7,5 m Mächtigkeit angetroffen. Darunter und auf dem gesamten Bergbereich oberhalb etwa 115...116 m sind die Schichten 5 und 6, der nichtbindige bis schwach bindige Verwitterungsschutt abzutragen, die damit einen Hauptanteil des Haldenmaterials bilden.

Bei der Berechnung der Halden werden zwei Profilschnitte verwendet:

- 1. Profil E-W vom Punkt 117,02 bis 110,13 zum Flurstück 10
- 2. Profil SE-NW vom Punkt 116,06 bis 111,28 (östlich der Bohrung Hy-Nmb 1/94).

Diese Profile wurden ausgewählt, weil sich der günstigste (Profil 1) mit dem ungünstigsten Untergrund (Profil 2) vergleichen läßt und somit alle auftretenden Randbedingungen berücksichtigt werden können.

Der Haldenaufbau wird nach den Ergebnissen der Abraumerkundung wie folgt angenommen:

- 25% Schichten 2 und 3
- 15% Schicht 4
- 60% Schichten 5 und 6.

Inwieweit Vorabsiebung und andere qualitativ nicht verkaufbare Schüttstoffe auf die Halde oder Innenkippe verbracht werden, kann zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht entschieden werden. Für diese Materialien sollten die Kennwerte der Schichten 5 und 6 Verwendung finden. Wie bereits in [17] dargestellt, ist mit größeren, wenig brauchbarem, teilweise verwitterten Gesteinspartien ähnlich wie im Tagebau Petersberg zu rechnen.

2.3.4 Hydrogeologische Gegebenheiten

In [15] wurden die hydrogeologischen Verhältnisse beschrieben. Nach den eigenen Untersuchungen am Anlagenstandort sind diese Bedingungen weiter zu differenzieren [18]. Es muß eindeutig zwischen dem Kluftwasserleiter des Rhyolith-Härtlings innerhalb der tertiären bis pleistozänen Lockergesteine mit geringmächtigen wasserführenden, nichtbindigen Schichten unterschieden werden. Das Grundwasser des pleistozänen Stockwerkes befindet sich in den unregelmäßigen Geschiebesanden (Schicht 3), die chaotisch in die Schicht 2 eingelagert bzw. eingeschuppt sind. Durch die bindigen, schwach bis kaum durchlässigen Schichtanteile des Geschiebemergels (SU*/ST*-TL) wird das Grundwasser bereichsweise leicht gespannt und im Liegenden gestaut. Der Hauptgrundwasserleiter in den Kiesen und Sanden der saalekaltzeitlichen Hauptterrasse ist weit von der Rhyolith-Lagerstätte entfernt. Mit dem Ausstreichen der Geschiebesande am Rhyolith-Härtling ist die grundwasserführende Schicht nicht mehr vorhanden. Der Rhyolith-Komplex weist als Kluftspeicher eine andere, eine Bergwasserführung auf, die wegen dem unterschiedlichen Festgebirgszustand kaum einen einheitli-

chen Bergwasserspiegel entstehen läßt. Das Festgebirge nimmt die Niederschlagswässer ± auf und leitet diese über die nichtbindige Verwitterungszone, Dichtkluftzonen oder Störungen in den Untergrund. Eine hydraulische Verbindung zum Grundwasserhorizont des Geschiebesandes wird innerhalb des nichtbindigen Zersatzes der Schichten 5 und 6 angenommen. In der Tabelle 3 sind die Durchlässigkeiten für die einzelnen Schichten und den Rhyolith-Komplex zusammengestellt.

Tabelle 3: Durchlässigkeitswerte für die anstehenden Schichten und das Festgebirge im Bereich des Tagebaues Niemberg (nach der Kornverteilungskurve) und dem durchschnittlichen Kluftabstand (abgeschätzt)

Schichten	Klassifikation nach DIN 18123	Durchlässigkeit k_f in m/s
2	SU*/ST*-TL	$6,180 \cdot 10^{-9}$ bis $3,067 \cdot 10^{-8}$
3	SU/ST-SE	$9,210 \cdot 10^{-6}$ bis $2,728 \cdot 10^{-4}$
4	SU*/ST*	$4,756 \cdot 10^{-8}$
5	GU/GT	$6,573 \cdot 10^{-5}$ bis $3,673 \cdot 10^{-4}$
6	GI	$5,881 \cdot 10^{-4}$ bis $2,171 \cdot 10^{-3}$
7	Festgestein/Rhyolith stark klüftig	10^{-8} - 10^{-7}
8	wie zuvor, mittlere Kluft Häufigkeit	10^{-7} - 10^{-8}

Auf dem Bergrücken ist eine Wasserscheide durch die morphologischen Bedingungen ableitbar.

Für die Standsicherheitsberechnungen sind die hydrogeologischen Bedingungen unkompliziert. Im Berechnungsprofil 2 wurde ein Grundwasserspiegel mit etwa 2,4...2,5 m u.G. angenommen.

3. Standsicherheitsberechnungen

3.1 Eingangswerte und Berechnungsmodelle

Die Standsicherheitsberechnungen des geplanten Haldensystems wurden auf 2 Profilen durchgeführt. Während die Untergrundverhältnisse aus den Unterlagen abgeleitet wurden, sind die geometrischen Größen der Haldenabmessungen unterschiedlich variiert worden (Anl. 2, Anl. 5.1 - 5.18). Die Abrauminnenkippe wurde für das steilere Böschungssystem im Rhyolith-Tagebau unter Ausnutzung der bisher vorgesehenen Abbautiefe berechnet. Die wichtigsten Berechnungsmodelle sind in den einzelnen Anl. 5.1 - 5.21 zusammen mit den verwendeten Kennwerten dokumentiert und nachvollziehbar, wie es die Vorschriften erfordern [25]. In der Tabelle 2 sind alle Eingangswerte zusammengestellt und erläutert.

Die eigentlichen Berechnungen wurden nach den Verfahren von

- KREY / FELLENIUS (Ordinary) und
- JANBU

gemäß den Empfehlungen der DIN 4048 durchgeführt, um mit den verschiedenen Modellen alle wesentlichen Randbedingungen einzubeziehen.

Für die verschiedenen Fälle wurden untersucht:

- Die Böschung wird nur durch das Eigengewicht belastet
- Ein 50 - 60 t SLKW (beladen) verkippt in bestimmter Entfernung von der Böschungsschulter
- Kohäsion und Reibungswinkel des Kippen- bzw. Haldenmaterials wurde variiert
- Höhen der einzelnen Schüttungen der Halde werden mit 10 bis 15 m angenommen.

Beim Abkippen des SLKW wurde davon ausgegangen, daß die gesamte Last von 50 - 60 t auf die Hinterachse wirkt, die zur Böschungsoberkante gerichtet ist und etwa 5 m dahinter die Haldenfläche belastet.

Die Berechnungen wurden an den nachstehenden Profilen vorgenommen (Anl. 2, Anl. 5):

Halde

- Profil 1 mit geringer Lockergesteinsbedeckung, ohne Grundwasser im südlichen Teil der vorgesehenen Fläche; Einzelböschung 35° geneigt, 6 m breite Zwischenberme
- Profil 2 mit bis 12,5 m mächtiger Lockergesteinsbedeckung und einem Grundwasserstand bei 2,4...2,5 m u.G. im nördlichen Teil der vorgesehenen Fläche; Einzelböschung 35° geneigt, 6 m breite Zwischenberme

Innenkippe

- Profil 1 Verkipfung über ein Festgesteinsböschungssystem mit 70° Böschungsneigung, 3 m Bermbreite und mit 3 - 4 Einzelböschungen bis zur 50 m HN-Sohle; Schüttung von der Festgesteinsoberkante und bis 25 m vorgreifend auf der Innenkippe, ohne Zwischenberme; mit und ohne Wasseranstieg im Tagebautiefsten

In der Richtlinie Geotechnik [25] wird gefordert, daß der Standsicherheitskoeffizient je nach Bedeutung der schützenden Objekte sowie unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten und des Lagerstättenschutzes festzulegen und zu begründen ist.

Es wird mit jedem verfügbaren Berechnungsverfahren nach DIN 4084 gerechnet, wovon das Sicherheitskonzept nach JANBU als das empfindlichste angesehen werden muß und neben der Anwendung der ungünstigsten Kennwerte letztlich sichere Aussagen zuläßt. Vor diesem Hintergrund und der freien Lage der Halde sowie innerbetrieblichen Verkipfung wird in Abänderung der DIN 4084 und 1054 der Standsicherheitskoeffizient (=Sicherheitsbeiwert) wie folgt vorgegeben:

Halde	$\eta =$	1,0 für die kurzzeitige Befahrbarkeit und Aufschüttung der Halde
	$\eta =$	1,2 für die Dauerstandsicherheit und nicht mehr befahrbare Bereiche
	$\eta =$	1,4 für Haldenbereiche, die einer forst- oder landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden
Innenkippe	$\eta =$	1,0 für die kurzzeitige Befahrbarkeit und Aufschüttung der Kippe
	$\eta =$	1,1 für die Dauerstandsicherheit der Innenkippe ohne Nutzung
	$\eta =$	1,4 für die Innenkippe, die einer Nutzung zugeführt wird.

Eine Nachnutzung der Halden und Kippen ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht angedacht und wäre im Rahmen dieses Gutachtens nicht belegbar, so daß die hohen Sicherheitsbeiwerte für die weitere Betrachtung von $\eta = 1,4$ ausgeschlossen werden.

Alle auszugsweise dargestellten Berechnungsergebnisse zeigen (Anl. 5.1 - 5.22):

- das jeweilige Berechnungsmodell (z.B. Analysis method: JANBU; soil model: Mohr-Coulomb)
- den möglichen Bruchkörper für einen ausgewählten Gleitkreis
- den geringsten und alle weiteren Sicherheitskoeffizienten in Form von Linien gleicher Sicherheit
- die verwendeten Kennwerte für die einzelnen Schichten oder Schüttungen
- den Halden- bzw. Kippenaufbau und Untergrund

Die Rechnungen wurden mit einem bewährten, dem neuesten Stand der Technik entsprechenden Rechenprogramm ausgeführt, bei dem Porenwasserdrücke, Wasserführung, zusätzliche Lasten usw. berücksichtigt werden können. Die Ergebnisse sind m-genau nachvollziehbar.

3.2 Ergebnisse

Die durchgeführten und in den

- Anl. 5.1 - 5.18 für die Halde
- Anl. 5.19 - 5.22 für die Innenkippe

auszugsweise dokumentierten Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen werden zwecks besserer Übersicht in den Tabellen 4 und 5 zusammengestellt. Bei den Berechnungen wurde so vorgegangen, daß die Boden- oder Schüttstoffkennwerte der einzelnen Schichten berücksichtigt wurden und

nicht deren Vermischung, die technologisch ohnehin nicht durchführbar ist. Auf diese Weise kann jede einzelne Abraumschicht hinsichtlich ihrer Einwirkung untersucht und bewertet werden, um letztlich das verfügbare Territorium optimal ausnutzen zu können. Wegen der Vielzahl der Berechnungsergebnisse konnten nur die wichtigsten und aussagefähigsten Modelle festgehalten werden. Die Ergebnisse können für die Gestaltung der Halde wie folgt interpretiert werden:

- Die ausschließliche Verkippung des Geschiebemergels oder Kaolin-Ton/Schluffes bringt Sicherheiten, die erst bei Schütthöhen von $\leq 7...8$ m zu einem „stabilen“ Sicherheitsbeiwert von 1 führen oder sich stets im Grenzbereich um 1 befinden.
- Mit den Schüttstoffen aus dem nichtbindigen Verwitterungsschutt werden die erforderlichen Sicherheiten bei Schütthöhen der Halde bis 15 m gerade erreicht, so daß eine volle Ausnutzung der verfügbaren Flächen mit mindestens 20 m und maximal 30 m Höhe möglich wäre. Als Böschungswinkel muß erfahrungsgemäß etwa 35° angenommen werden, wenn keine erdbautechnischen Veränderungen an der Halde erfolgen können. Die Zwischenberme der beiden Schüttungen beträgt hierbei 6 m.
- Eine weitere Auflast von einer 3. oder 4. Schüttung würde die Standsicherheit nicht wesentlich verringern.
- Die Befahrbarkeit der Haldenoberfläche jeder Schüttung muß durch geeignete Maßnahmen gewährleistet werden. Ein SLKW mit 60 t Achslast darf nur maximal 7 m hinter der Böschungsschulter rückwärts auf der Hinterachse abkippen. Mit einer Planierraupe ist das Material danach über die Böschungsschulter (= Oberkante) zu schieben und dafür Sorge zu tragen, daß der Fahrer durch Markierung, Einweisung oder andere Hilfsmittel den Schulterbereich erkennt.
- Der weiche Haldenuntergrund kann bei ungünstigen Umständen zu Böschungsbewegungen führen. Sollten später derartige Bewegungen mehrfach beobachtet werden, müssen der weiche Geschiebemergel durch eine ergänzende Standsicherheitsuntersuchung aktuell beurteilt und danach weitere Festlegungen getroffen werden.
- Bevor die Halde geschüttet wird, ist der Ober- oder Mutterboden der DIN 18495 und ZTV LA-StB sachgemäß abzutragen und für vegetationstechnische Zwecke zu verwenden. Der Boden ist durch eine Mengenbilanz auszuweisen.

Tabelle 4: Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen der Profile 1 und 2 im Bereich der vorgesehenen Halde.

Es bedeuten in Tabelle 4:

Eingangsparameter	Schüttstoff 1	Schüttstoff 2	Schüttstoff 3
γ (kN/m ³)	20	18	18
γ' (kN/m ³)	10	10	10
φ (°)	27,5	30,0	32,5
c (kN/m ²)	0	0	0

Höhe der einzelnen Schüttungen	Profil 1			Profil 2		
	Sicherheitskoeffizient (min) [Anl.]			Sicherheitskoeffizient (min) [Anl.]		
	Schüttstoff 1	Schüttstoff 2	Schüttstoff 3	Schüttstoff 1	Schüttstoff 2	Schüttstoff 3
15 m (oben)	0,954	0,994	1,087	0,893	0,977	1,041
15 m (unten)	(0,897) [5.1]	(0,994) [5.2]	(1,087) [5.3]	(0,893) [5.4]	(0,977) [5.5]	(1,041) [5.6]
10 m (oben)	0,961	1,063	1,101	0,978	0,977	1,041
15 m (unten)	(0,961) [5.7]	(1,037) [5.8]	(1,101) [5.9]	(0,893) [5.10]	(0,977) [5.11]	(1,041) [5.12]
10 m (oben)	0,994	1,069	1,124	0,943	1,020	1,079
10 m (unten)	(0,994) [5.13]	(1,069) [5.14]	(1,124) [5.15]	(0,943) [5.16]	(1,020) [5.17]	(1,079) [5.18]

Tabelle 5: Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen der Innenkippe

Verkipplungs-ort	Kennwerte des Schüttstoffes/Abraumes				Sicherheitskoeffizient (minimal) [Anl.]
	φ (°)	c (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	
Oberkante Festgesteinsböschung	32,5	0	18	10	1,051 (1,051) [5.19] (ohne Wasserstand)
25 m vor der Oberkante	32,5	0	18	10	0,999 (0,978) [5.20] (ohne Wasserstand)
Festgesteinsböschung mit	27,5	0	20	10	0,903 (0,799) [5.21] (ohne Wasserstand)
Befahrung	32,5	0	18	10	0,963 (0,963) [5.22] (mit Wasserstand)

- Die Standsicherheit wird erreicht, wenn die Schütthöhe der Halde 15 m nicht überschreitet, eine Einzelschüttung $\leq 35^\circ$ Böschungswinkel besitzt, die Generallneigung des Haldensystems $\leq 29,5^\circ$ durch Einrichten einer Zwischenberme von 6 m beträgt und der bindige Schüttstoff/Boden der Schichten 2 und 4 nur flächenhaft mit Schütthöhen von 2 m auf der Halde verteilt wird.

Das Einrichten der Innenkippe wurde durch Standsicherheitsberechnungen simuliert und brachte nachstehende Ergebnisse:

- Eine Schüttung des nichtbindigen Abraumes ist über die Böschungsschulter vom Festgestein ohne Probleme möglich, wenn eine strenge Verkipplungstechnologie ausgearbeitet wird. Der SLKW-Fahrer muß in sicherer Entfernung von mindestens 5 m zur Böschungsoberkante, die kenntlich

gemacht werden muß, das Material abkippen und später durch eine Planierraupe mit entsprechender Sicherung derselben über die Böschung geschoben werden. Bestenfalls sollte eine bautechnisch stabile Abkipprampe eingerichtet werden. Die Standsicherheit der sich einstellenden Innenkippe ist mit Schüttstoff 3 gewährleistet. Das Abkippen anderer Schüttstoffe mit schlechteren bodenmechanischen Kennwerten ist möglich, wenn sich am Kippenfuß keine Personen aufhalten oder Sachwerte durch Böschungsbewegungen gefährdet sind.

- Eine fortschreitende Schüttung, die in der gleichen Art und Weise wie auf der Halde erfolgen muß (7 m hinter Böschungsschulter Abkipfstelle des SLKW, Verbringen des Materials durch eine Planierraupe über die Böschung bei geeigneten Sicherungsmaßnahmen), ist nur bei ausschließlicher Verwendung des nichtbindigen Abraumes gerade noch standsicher. Erst bei einem Wasseranstieg im Tagebautiefsten geht die Standsicherheit unter den geforderten Bereich. Andere Schüttstoffe führen zu keinen der geforderten Standsicherheitskoeffizienten. Die Böschungsschulter würde weit über 12 m nach hinten aufreißen und zu einer abflachenden Böschungsbewegung führen. Eine Befahrung der Kippe ist in diesem Falle nicht möglich. Die Befahrbarkeit der Innenkippe ist durch geeignete Maßnahmen zu gewährleisten, wenn diese in den Tagebau weiter vorgeschüttet wird.
- Aus den Standsicherheitsberechnungen der Halde ist ableitbar, daß bei einer Höhe von 10 - 15 m die Innenkippe standsicherer wird und die gleichen Empfehlungen wie für das Betreiben der Halde übertragbar sind.

Auf diese Weise konnten alle denkbaren Varianten durchgerechnet und die erforderlichen Schlußfolgerungen herausgearbeitet werden. Die geometrischen Angaben für die Halde und Innenkippe sind ableitbar.

Die Standsicherheit der Halde und Innenkippe nimmt bei gleichen, angenommenen und sich einstellenden Neigungswinkel der Böschungen von 35° ab mit:

- steigender Höhe der Einzelschüttung
- abnehmender Kohäsion und geringer werdendem Reibungswinkel
- Annäherung des SLKW < 7 m an die Böschungsschulter
- zunehmenden Wassereinfluß auf die Innenkippe bzw. Aufweichung des Haldenuntergrundes.

Es wird darauf hingewiesen, daß später im Aufbereitungsprozeß anfallende, meist bindige Schüttstoffe wie das Material aus der Entstaubungsanlage nicht über die Böschung geschüttet werden darf. Sollten weitere Anfallstoffe verkippt werden, ist eine ergänzende Untersuchung angeraten.

4. Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Es wird aus den Standsicherheitsberechnungen abgeleitet, daß das Haldensystem mit folgenden geometrischen Randbedingungen und Schüttstoffen einzurichten und damit standsicher ist:

- Bevor die Halde geschüttet wird, ist der Oberboden nach DIN 18195 und ZTV LA-StB sachgemäß abzutragen und einer Wiederverwendung zuzuführen.
- Die Haldenschüttungen können 10 - 15 m bei einem Böschungswinkel der Einzelschüttung von 35° und einer 6 m breiten Zwischenberme erfolgen. Die Halde kann somit mindestens 20 bis 30 m Gesamthöhe und 29,5° Generalneigung erhalten.
- Es soll das ungünstige, bindige Abraummaterial der Schichten 2 und 4 möglichst schichtenweise und flächenhaft auf die Haldenoberfläche aufgebracht werden. Die Schütthöhen dürfen 2 m nicht überschreiten und sollten sandwichartig mit nichtbindigen Abraummassen überlagert werden. Eine generelle Schüttung fortschreitend auf die Haldenböschung ist zu vermeiden.
- Wenn durch größere Aufweichungen des bindigen Untergrundes randliche Böschungsbewegungen ausgelöst werden sollten, ist durch einen Sachverständigen für Böschungen eine ergänzende Untersuchung zu veranlassen, der weitere Maßnahmen ableiten wird.
- Ein Abkippen der SLKW mit Abraummassen oder anderen Korngrößengemisch sollte in einem Abstand der Hinterachse zur Böschungsschulter von 7 m erfolgen. Die abgekippten Massen sind mit Planiertraupen über die Böschungsschulter zu schieben, wobei die Grenzen der Halde durch geeignete Maßnahmen kenntlich gemacht werden müssen. Mit dieser Vorgehensweise sind keine Verdichtungsarbeiten erforderlich. Eine Verbesserung der Befahrbarkeit ist allerdings anzuraten. Das Abbremsen des SLKW sollte im Nahbereich der Böschungsschulter nicht ruckartig erfolgen.
- Muß ein Haldenkörper parallel zur Böschungsschulter ständig befahren werden, ist ein Mindestabstand von der Radspur zur Böschungsschulter bei 15 m Haldenhöhe von 6 m, bei 10 m von 4 m einzuhalten.

Die Innenkippe kann unter folgenden Bedingungen betrieben werden:

- Das Verbringen von Schüttstoffen über die Oberkante der Festgesteinsböschungen ist ohne Probleme möglich, wenn die Verkipptechnologie im oben beschriebenen Sinne oder nach den empfohlenen Varianten durchgesetzt wird (Kap. 3.2).
- Werden bindige Schüttstoffe verkippt, ist dies nur möglich, wenn sich am Böschungsfuß der Kippe keine Personen aufhalten oder Sachwerte gefährdet werden können. Böschungsbewegungen sind bei Höhen der Kippe > 20 m in diesem Falle jederzeit möglich. Aus diesem Grunde sollte das Verbringen von bindigen Schüttstoffen auf Innenkippen von 10 - 15 m Höhe und unter Einhaltung einer 6 m breiten Berme jeder Schüttung dieser Höhe im Tagebau von unten nach oben erfolgen, d.h. es sind die gleichen geometrischen Randbedingungen wie bei der Verhaldung anwendbar und einzuhalten. Auf diese Weise entstehen standsichere Innenkippen.

Für das Betreiben der Halden- und Kippensysteme sind weitere Hinweise zu geben:

- Das Oberflächenwasser auf den Schüttungen ist durch geeignete Maßnahmen wie Einrichten von Gefälle, Kleinwälle usw. abzuführen. Es sollte nicht unkontrolliert über die Böschungsschulter abfließen oder auf der Haldenoberfläche „gesammelt“ werden.
- In der Periode des Frostaufganges nach Dauerfrost oder nach intensiven, lang anhaltenden Niederschlägen ist wegen des ungünstigen Einbauwassergehaltes bzw. der geringen oder fehlenden Kohäsion möglichst kein Abraum zu verkippen.
- Die Halden sollten nicht auf dauerhaften Naßstellen oder Quellhorizonte aufgebaut werden.
- Das Verbringen von Hausmüll und anderen Abfällen auf der Kippen- oder Haldenoberfläche ist durch geeignete Absicherung für Betriebsfremde zu verhindern.

Sollten entgegen den Erwartungen wegen möglicher und nicht auszuschließender ungünstiger bodenmechanischer und hydrogeologischer Umstände Bewegungsanzeichen an den Böschungen, Halden- und Kippenkörpern beobachtet werden, ist eine Befahrung in diesem Bereich einzustellen und ggf. ein Sachverständiger zu informieren.

Die Untersuchungen wurden nach bestem Wissen und Gewissen auf der Grundlage des Standes der Technik auf dem Gebiet der Standsicherheitsberechnungen durchgeführt. Sollten sich dennoch durch nicht bekannt gewordene Umstände die Bedingungen ändern ist der Sachverständige zu benachrichtigen.



Dr. B. Müller

- anerkannter Sachverständiger für
Böschungen im Locker- und Festgestein -