

# GEOTECHNIK – LANDSCHAFT – UMWELT GLU GMBH JENA

Anerkannte Prüfstelle für Böden und Bodengemische nach RAP Stra



INGENIEURGRUPPE PTM

## Stand sicherheitsnachweis nach DIN 4084

Sodawerke Staßfurt GmbH Co. KG  
Kalksteintagebau Förderstedt  
Stand sicherheit von Kippen und Halden

Bericht Nr. 09-086-SN

- BAUGRUND
- ERDBAULABORATORIUM
- BAUSTOFFPRÜFUNG
- HYDROGEOLOGIE
- ROHSTOFFGEOLOGIE
- DEPONIEWESEN
- ALTLASTEN
- LANDSCHAFTSPLANUNG
- UMWELTPLANUNG
- FACHPLANUNG
- BAULEITUNG
- BRANDSCHUTZ
- INDUSTRIEBAU

erstellt für:

**Baustoff-Service GmbH**  
**Junkersstraße 27**  
**06847 Dessau**

GLU GMBH JENA  
GESELLSCHAFT  
FÜR GEOTECHNIK,  
LANDSCHAFTS- UND  
UMWELTPLANUNG

saalbahnhofstr. 27  
07743 jena  
telefon: 03641/46 28 0  
fax: 03641/46 28 30  
e-mail: info-jena@glu.de  
internet: www.glu.de

geschäftsführung:  
dipl.-biol. dipl. BW o. müller  
dipl.-ing. günther märchen  
beratende ingenieure

st.-nr. fa jena 41 61/109/00795  
ust.-id.-nr.: de 1505 19 641  
hrb 0139 ag gera

volksbank saaletal eg  
konto-nr.: 341 577 101  
blz: 830 94454

deutsche bank jena  
konto-nr.: 390144 400  
blz.: 82070024

prüfstelle für böden und  
bodengemische nach rap-str  
ingenieurkammer  
thüringen nr. 2421-03-bi

Bearbeiter: Dipl.-Ing. E. Klahn

Jena, den 12.08.2009

Datei: N:\Projekte\2009\09-086 Stand sicherheitsnachweis Förderstedt\09-086sn.doc

Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit schriftlicher Genehmigung  
der GLU GmbH Jena zulässig

- ARNSBERG
- BAUTZEN
- DANZIG
- DORTMUND
- HAMBURG
- JENA
- OLDENBURG
- RIGA
- STADE
- TOSTEDT



## Inhalt

1.	Veranlassung und Unterlagen.....	3
2.	Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	3
2.1	Angaben zum Objekt und zu schützende Objekte im Vorfeld.....	3
2.2	Geologie und Grundwasserverhältnisse .....	4
3.	Bodenmechanische Kennwerte .....	5
3.1	Bodenmechanische Untersuchungen .....	5
3.2	Bodenmechanische Kennwerte .....	6
4.	Ergebnisse .....	9
4.1	Berechnungsmodell und Berechnungsverfahren .....	9
4.2	Berechnungsergebnisse und Bewertung .....	11
4.2.1	Allgemeines.....	11
4.2.2	Schnitt 1 Kippe Südwestböschung.....	11
4.2.3	Schnitt 2 Kippe Nordböschung.....	13
4.2.4	Schnitt 3 Tafelhalden .....	14
5.	Hinweise zur weiteren Planung und Bauausführung .....	15

## Anlagen

Anlage 1	-	Lageplan, M 1 : 2000
Anlage 2.1.1 – 2.1.5	-	Standsicherheitsberechnungen Kippe Südwestböschung
Anlage 2.2.1 – 2.2.6	-	Standsicherheitsberechnungen Kippe Nordböschung
Anlage 2.3.1 – 2.3.4	-	Standsicherheitsberechnungen Tafelhalden
Anlage 3.1 – 3.6	-	Ergebnisse bodenmechanische Laboruntersuchungen



## 1. Veranlassung und Unterlagen

Im Kalksteintagebau Förderstedt der Sodawerke Staßfurt GmbH Co. KG fallen jährlich bis zu 1 Million Tonnen nicht verwertbares Kalksteinunterkorn 0/16 bis 0/45 mm an und müssen in das Tagebaurestloch verkippt werden. Ebenso fallen im Zuge der weiteren Kalksteingewinnung und damit verbundenen Ausweitung des Tagebaus Abraummassen aus den Lockergesteinsdeckschichten an, welche ebenfalls im Tagebau abgekippt werden müssen.

Für diese Verkippsmaßnahmen ist die Baustoff-Service Dessau GmbH mit der Erarbeitung eines Sonderbetriebsplanes beauftragt worden.

Im Rahmen dieser Planungen sind auch die Standsicherheiten der Kippenböschungen und Halden im Bauzustand und im Endzustand zu bewerten.

Die GLU GmbH Jena wurde beauftragt, diese Standsicherheitsberechnungen auszuführen.

Im vorliegenden Standsicherheitsnachweis erfolgt der Nachweis der Böschungs- und Geländebruchsicherheit nach DIN 4084 für die Haldenböschung als Einzelböschung und Böschungssystem sowie für Bau- und Endzustände mit und ohne Einstau.

### Unterlagen:

- U 1 Gewinnungsriß, M 1 : 2000, Lücke & Stromer GbR Nienburg/Saale
- U 2 Planungsriß Hauptbetriebsplan 2007 – 2009, M 1 : 2000, BGGU Dr. Eiserbeck
- U 3 Geologischer Querschnitt 1, M 1 : 1000, Baustoff-Service Dessau GmbH
- U 4 Helmut Prinz „Abriß der Ingenieurgeologie“, 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Enke Verlag Stuttgart 1991
- U 5 DIN 4084 „Böschungs- und Geländebruchberechnungen“
- U 6 DIN 1054 „Zulässige Belastung des Baugrundes“
- U 7 DIN 1055 „Lastannahmen für Bauten“

## 2. Beschreibung des Untersuchungsgebietes

### 2.1 Angaben zum Objekt und zu schützende Objekte im Vorfeld

Der Kalksteintagebau liegt zwischen Förderstedt und Staßfurt östlich der L 72.

Der Tagebau wird in 4 Sohlen betrieben und besitzt eine max. Abbautiefe von ca. 80 m u. GOK.

Die Hauptabbaurichtung des Tagebaus ist nach U 2 in Richtung Südosten vorgesehen, aber auch im nördlichen Bereich des Tagebaus ist noch ein Nebenabbau geplant.

Die Verkipfung von Kalkstein-Unterhorn und Lockergesteinsabraum ist in folgenden 3 Bereichen vorgesehen:



### **1. Südwestliche Tagebauböschung – Schnitt 1:**

In diesem Bereich wird bereits von OK Gelände (ca. + 85 m NN) Kalkstein-Absiebung 0/16 bis 0/45 UK über die Tagebaukante bis auf die vorhandene 1. Sohle (ca. + 56 m NN) abgekipppt, weiterführende Verkippungsrichtung ist, dem Kalkstein-Abbau folgend, Südost bis Ost. Auf die bis GOK reichende 1. Kippscheibe ist eine weitere Verkippung von Kalkstein-Unterkorn oder Lockergesteins-Abraum in 2 Kippscheiben von je 7 m Höhe bis auf ein Niveau + 99,00 m NN langfristig geplant.

Die Überkippung der 1. Kippscheibe ist zeitlich versetzt (geschätzt mind. ½ Jahr) vorgesehen, so dass von einer ausreichenden Konsolidation der 1. Kippscheibe ausgegangen werden kann.

### **2. Nördliche Tagebauböschung – Schnitt 2:**

Hier ist nach einer Ausbeutung bis auf die 3. Sohle (ca. + 15 m NN) eine Verkippung von überwiegend Kalkstein-Unterkorn, aber auch untergeordnet von Lockergesteinsabraum bis auf das Niveau + 85 m NN (GOK) vorgesehen.

### **3. Tafelhalden – Schnitt 3:**

Nördlich der vorhandenen Tagesanlagen sollen zwischen Steinbruchkante und der Straße L 72 auf 2 Teilflächen Tafelhalden aus 2 Kippscheiben mit je 7 m Höhe angelegt werden, in welche vorrangig Lockergesteinsabraum verkipppt werden soll, aber optional auch Kalkstein-Unterkorn abgelagert werden kann.

Die o. g. Kippenbereiche entsprechen modellhaft jeweils einem Typ mit spezifischen Böschungsgeometrien. Die Berechnungen gelten sinngemäß für jede Kippe gleichen Typs innerhalb des Kalksteintagebaus Förderstedt.

Perspektivisch ist nach Auflassung des Tagebaus eine Flutung bis auf ca. 62,50 m NN vorgesehen und eine Freizeit-Nachnutzung nicht ausgeschlossen.

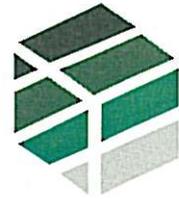
Zu schützende Objekte im Sinne von Gebäuden oder öffentlichen Straßen sind im engeren Umfeld des Tagebaues nicht vorhanden, lediglich im Bereich der Tafelhalden ist ausreichender Abstand zur L 72 und zur Tagebaukante einzuplanen.

## **2.2 Geologie und Grundwasserverhältnisse**

Im Bearbeitungsgebiet wird der Untergrund von Schichten des Unteren Muschelkalkes (mu 1 – 3) gebildet.

Die Schichten des Muschelkalkes fallen von SSW nach NNE ein, dementsprechend stehen am nordöstlichen Tagebaurand auch Schichten des Mittleren Muschelkalkes (mm1) an.

Aufliegend auf die Kalksteine ist im unverritzten Gelände eine Lockergesteinsbedeckung von 4 – 5 m aus Lößlehm über Geschiebemergeln vorhanden.



Im nördlichen Bereich des Tagebaurandes stehen unter der Lockergesteinsdecke auch mehrere Meter mächtige Auslaugungs-Residuate des Muschelkalkes (Kalkmergel) an, welche sich im Wesentlichen wie Lockergesteine verhalten.

Grund- oder Schichtenwasser ist in den Kalksteinen, gebunden an die Kluft- und Schichtflächen, vorhanden. Durch den Tagebaubetrieb ist dieser Wasserspiegel jedoch bis auf ein Niveau von ca. + 15 m ü. NN abgesenkt.

Bei einer späteren Auffassung des Tagebaus und Einstellung der Grundwasserhaltung wird nach hydrogeologischen Bewertungen der Grundwasserspiegel das Restloch bis auf ein Niveau von ca. + 62,50 m ü. NN fluten.

### 3. Bodenmechanische Kennwerte

#### 3.1 Bodenmechanische Untersuchungen

Im Rahmen eines Ortstermines wurden aus den zur Verkippung vorgesehenen Böden Mischproben entnommen, die Probenahmestellen sind im Lageplan eingetragen. Folgende Böden wurden beprobt:

Probe P 1	Kalkstein 0 - 45 UK	Kippe Südwestseite
Probe P 2	Geschiebemergel	Südecke Tagebaurand
Probe P 3	Lößlehm	Ostecke Tagebaurand
Probe P 4	Kalkstein 0 -16 UK	Tagebau Kippe Nordseite
Probe P 5	Muschelkalkresiduat (Kalkmergel)	Nordostseite Tagebaurand

An den gestörten Proben wurden folgende bodenmechanische Untersuchungen zur Ermittlung bodenmechanischer Kennwerte im Labor der GLU GmbH Jena ausgeführt:

Anzahl	Versuch	Anlage
5	Natürlicher Wassergehalt nach DIN 18 121	3.1
5	Korngrößenverteilung nach DIN 18 123	5.2
4	Zustandsgrenzen nach DIN 18 122 T 1	5.3
5	Bestimmung der Schüttdichte nach DIN 18 125	5.4
4	Proctorversuch nach DIN 18 127	5.5
3	Rahmenscherversuch nach DIN 18 137	5.6

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind als Anlage 3 beigefügt.

Scherversuche wurden an den überwiegend feinkörnigen und bindigen Lockergesteinsdeckschichten (Lößlehm, Geschiebemergel, Kalkmergel) ausgeführt, an den grob- bis



gemischtkörnigen Unterkornmischungen waren Scherversuche im vorhandenen Normal-schergerät nicht möglich.

Die Scherparameter dieser Kalkstein-Gemische wurden daher anhand von Literatur- und Erfahrungswerten, aber auch nach ihrer Korngrößenverteilung und aus Scherversuchen an Unterkornmischungen des Kalksteintagebaus Bernburg abgeleitet.

An allen Kornmischungen wurden die Schüttdichten ermittelt, diese stellen jedoch ein absolutes Mindest-Dichtemaß dar und werden sich durch Eigenauflast der Böden bei Schütthöhen > 10 m sofort erhöhen.

### 3.2 Bodenmechanische Kennwerte

Nach den Untersuchungen in Kap. 3.1 können die Lockergesteinsböden und die Unterkornmischungen wie folgt klassifiziert werden:

Parameter	Einheit	Lößlehm	Geschiebe- mergel	Kalkmergel	Kst 0/16 UK	Kst 0/45 UK
Wassergehalt	Masse-%	17,43	8,37	5,70	4,14	5,29
Fließgrenze	Masse-%	31,5	21,2	27,2	31,4	31,4
Ausrollgrenze	Masse-%	20,7	12,0	17,3	16,7	16,7
Plastizität	Masse-%	10,8	9,2	9,9	14,7	14,7
Konsistenz	-	1,30	1,02	2,10	1,24	1,00
Bodengruppe n. DIN 18 196	-	TL	ST*	TL	GT*	GT*
Proctordichte	g/cm <sup>3</sup>	1,709	2,053	1,900 <sup>1)</sup>	2,140	2,198
opt. Wassergehalt	Masse-%	17,1	8,7	9,0 <sup>1)</sup>	8,0	5,4
Schüttdichte	g/cm <sup>3</sup>	1,001	1,185	1,283	1,563	1,465
Verdichtungs- grad aus Schüttdichte	%	58,56	57,71	67,53	73,05	66,63
Luftporen- gehalt aus Schüttdichte	%	44,79	45,38	45,16	35,63	38,02

<sup>1)</sup> nach Erfahrungswerten festgelegt!

Die ermittelten Schüttdichten sind sehr gering und weisen sehr hohe Luftporengehalte auf.

Die Scherversuche wurden mit leichter Verdichtung ( $D_{pr} \sim 82 - 93 \%$ ) eingebaut und unter Wasser ca. 12 h konsolidiert. Nach der Konsolidierungsphase ergaben sich Verdichtungsgrade um 95 – 100 %, welche sich bei einem Einbau auf Halde durch Konsolidationsvorgänge auch in diesen Größenordnungen ergeben werden. Somit sind die realen Einbaubedingungen in den Scherversuchen weitestgehend nachempfunden worden.

Nach Empfehlung des Arbeitskreises Ufereinfassungen sollen Scherparameter aus Einzelversuchen wie folgt abgemindert werden:



$$\tan \varphi_k = \tan \varphi : 1,10$$

$$c_k = c : 1,30$$

Parameter	Einheit	Lößlehm	Geschiebe- mergel	Kalkmergel	Kst 0/16 UK	Kst 0/45 UK
Reibungswinkel aus Scherversuch	°	27,2	28,9	31,2	41,6*	41,6*
Konsistenz aus Scherversuch	kN/m <sup>2</sup>	31,0	23,3	23,1	3,40*	3,40*
Reibungswinkel, abgemindert	°	25,0	26,6	28,8	38,9	38,9
Konsistenz abgemindert	kN/m <sup>2</sup>	23,8	17,9	17,7	2,62	2,62

\*) aus Scherversuch Kalkstein-Unterkorn 0/4 mm Kalksteintagebau Bernburg

Da sowohl die Lockergesteinsdeckschichten als auch die Unterkornmische zueinander sehr einheitliche bodenmechanische Eigenschaften aufweisen, wurden als Rechenwerte für die Standsicherheitsberechnungen nachfolgende Kennwertkombinationen festgelegt. Dies erfolgte auch unter Berücksichtigung, dass ein getrennter Abbau und Verkipfung der Lockergesteinsdeckschichten technologisch nicht vollziehbar ist und somit bei der Verkipfung Lockergesteinsgemische mit gleichartigen Scherfestigkeiten entstehen.

Schicht	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion
	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Kennwerte für lockere Lagerung (Schüttphase)</b>			
Lößlehm	17	22,5	15
Geschiebemergel	18	25,0	10
Muschelkalkresiduat (Kalkmergel)	17	26,5	10
<b>Mittlere Rechenwerte</b>	<b>17,5</b>	<b>25,0</b>	<b>10</b>
Vorabsiebung 0/16 UK	17	37,0	0
Vorabsiebung 0/45 UK	17	37,0	0
<b>Mittlere Rechenwerte</b>	<b>17</b>	<b>37,0</b>	<b>0</b>



Schicht	Wichte	Reibungswinkel	Kohäsion
	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
<b>Kennwerte für konsolidierte Böden (Endzustand)</b>			
Lößlehm	19	25,0	20
Geschiebemergel	20	26,5	17
Muschelkalkresiduat (Kalkmergel)	20	28,0	17
<b>Mittlere Rechenwerte</b>	<b>19,5</b>	<b>26,5</b>	<b>17</b>
Vorabsiebung 0/16 UK	19	38,5	2,5
Vorabsiebung 0/45 UK	19	38,5	2,5
<b>Mittlere Rechenwerte</b>	<b>19</b>	<b>38,5</b>	<b>2,5</b>
<b>Kennwerte für konsolidierte Böden unter Wasser (Einstaubedingungen)</b>			
Lößlehm	9*	25,0	0
Geschiebemergel	10*	26,5	107
Muschelkalkresiduat (Kalkmergel)	10*	28,0	0
<b>Mittlere Rechenwerte</b>	<b>9,5*</b>	<b>25</b>	<b>0</b>
Vorabsiebung 0/16 UK	9*	37,0	0
Vorabsiebung 0/45 UK	9*	37,0	0
<b>Mittlere Rechenwerte</b>	<b>9*</b>	<b>37,0</b>	<b>0</b>

\*) Wichte unter Auftrieb, im Rechenprogramm automatisch berücksichtigt!

Die bodenmechanischen Berechnungskennwerte für die anderen Bodenschichten Kalkstein und Lockergesteinsdeckschichten im unverritzten Gebirge wurden nach Literatur- und Erfahrungswerten festgelegt, haben auf die Standsicherheitsuntersuchungen aber auch nur untergeordneten Einfluss.



## 4. Ergebnisse

### 4.1 Berechnungsmodell und Berechnungsverfahren

Für die Standsicherheitsberechnung wurden nach der Aufgabenstellung und U 1 und U 2, 3 Berechnungsschnitte (Schnitt 1 – 3) erarbeitet.

Da es sich bei den geplanten Kippen und Halden um Schüttungen aus Lockergesteinen handelt und tiefliegende Gleitflächen im gewachsenen Kalkstein in der Liegendsohle für die Standsicherheit nicht relevant sind, wurden die Berechnungen an kreiszylindrischen Gleitflächen ausgeführt und stellen somit für die Einzelböschung als auch das Böschungssystem die geringste, mögliche Standsicherheit dar.

Die Standsicherheitsberechnungen für Einzelböschungen und Böschungssysteme wurden für kreisförmige Gleitflächen mit dem Lamellenverfahren nach BISHOP durchgeführt.

Die Sicherheitsdefinition lautet:

$$\mu = S : R = (r \cdot \sum G_i \cdot \sin \vartheta_i + \sum M) : (r \cdot \sum T_i + \sum M_s) \leq 1,0$$

mit

$$T_i = [(G_i - (u_i + \Delta u_i) \cdot b_i) \cdot \tan \varphi_i + c_i \cdot b_i] : [\cos \vartheta_i + 1 : \eta \cdot \tan \varphi_i \cdot \sin \vartheta_i]$$

S	Summe aller Einwirkungen
R	Summe aller Widerstände
$G_i$	Eigenlast des Bodens in der Lamelle i einschließlich Auflasten
M	Momente der in $G_i$ nicht enthaltenen Lasten und Kräfte um den Gleitkreismittelpunkt
$T_i$	in der Lamelle i vorhandene widerstehende Tangentialkraft des Bodens in der Gleitfläche
$M_s$	Momente um den Gleitkreismittelpunkt aus Schnittkräften, die in $T_i$ nicht berücksichtigt sind
$\vartheta_i$	Tangentenwinkel am Gleitkreissegment der Lamelle i zur Waagerechten
r	Radius des Gleitkreises
$b_i$	Breite der Lamelle i
$\varphi_i$	Reibungswinkel in der Lamelle i, bei Baugrundsichtung gewichteter Mittelwert je Lamelle
$c_i$	Kohäsion in der Lamelle i der Schicht, welche der Gleitkreis in i schneidet
$u_i$	Porenwasserdruck in der Lamelle i
$\Delta u_i$	Porenwasserüberdruck in der Lamelle i infolge Konsolidierung des Bodens

Weitere Erläuterungen können der DIN 4084 entnommen werden.

Die Standsicherheitsberechnungen wurden nach der DIN 4084-neu nach dem Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054 ausgeführt, welche 2007 verbindlich eingeführt wurde.

Dabei werden die Einzelglieder der Einwirkungen und Widerstände mit Teilsicherheitsbeiwerten  $\gamma$  belegt, der Nachweis einer globalen Standsicherheit  $\eta$  entfällt.



Statt dessen wird der Grad der Ausnutzung  $\mu$  als Quotient der Einwirkungen durch die Widerstände angegeben.

Dieser Ausnutzungsgrad muss  $\mu \leq 1$  betragen, sollte aber gegen 1,0 gehen, um eine möglichst hohe Ausnutzung der Festigkeiten zu erreichen und Überdimensionierungen zu vermeiden.

Für den Standsicherheitsnachweis wurden an den Schnitten folgende Zustände und Lastfälle berechnet:

Zustand	Lastfall nach DIN 1054	Teilsicherheiten						Berechnung in Schnitt
		$\gamma(\varphi')$	$\gamma(c')$	$\gamma(c_u)$	$\gamma$ (Wichte)	$\gamma$ (ständ. Einw.)	$\gamma$ (veränd. Einw.)	
Bauzustand Einzelböschung	LF 2	1,15	1,15	1,15	1,00	1,00	1,20	1 - 3
Bauzustand Gesamtböschung	LF 2	1,15	1,15	1,15	1,00	1,00	1,20	1 - 3
Endzustand Gesamtböschung	LF 1	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,30	1 - 3
Endzustand Gesamtböschung voller Einstau	LF 1	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,30	1 - 2
Endzustand Gesamtböschung kritischer Einstau	LF 1	1,25	1,25	1,25	1,00	1,00	1,30	2

Die vorhandenen Kippenböschungen weisen Neigungen von ca. 36 ° auf, diese Neigungen stellen den natürlichen Schüttwinkel der Kippenböschungen dar und werden für alle Planungen angesetzt.

Der Transport der Kippmassen soll mit sehr schweren LKW erfolgen.

Als Verkehrslast wurde daher eine Ersatzflächenlast von 33,3 kN/m<sup>2</sup> (SLW 60, Ersatzfläche mit 3,0 m Breite und 6 m Länge) auf der jeweiligen Schütteebene an der Böschungsoberkante angesetzt.



## 4.2 Berechnungsergebnisse und Bewertung

### 4.2.1 Allgemeines

Die Berechnungen wurden über Iterationsverfahren solange mit verändernden Gleitkörper-Konfigurationen durchgeführt, bis eine Minimalsicherheit errechnet wurde.

Diese stellt somit die in der kritischen Gleitfuge vorhandene geringste rechnerische Standsicherheit dar.

Kippenböschungen aus Kalkstein-Absiebungen haben die Eigenart, oberflächliche, flache Rutschkörper, sogenannte "Hautrutschungen" auszubilden, welche nur wenige Dezimeter in die Böschungen reichen und die Böschungsstandsicherheit aber nicht beeinflussen. Daher wurden bei den Standsicherheitsberechnungen im Bauzustand flache Gleitkreise, welche die Böschungsfäche bis zum unteren oder oberen Böschungspunkt schneiden, als nicht relevant betrachtet, wenn sie Ausnutzungsgrade > 1,0 ergaben.

Des weiteren wurden die maximalen Ausnutzungsgrade oftmals an den Einzelböschungen ermittelt, die geringeren Ausnutzungsgrade für das Gesamtsystem sind dann in den Schnitten rot dargestellt.

### 4.2.2 Schnitt 1 Kippe Südwestböschung

Für die Kippe Südwestböschung wurden folgende Lastfälle mit folgenden Ausnutzungsgraden ermittelt:

Lastfall	Kippscheibe/OK	Material	Ausnutzungsgrad		Anl.
			Einzelböschung	Böschungssystem	
Bauzustand LF 2	Kippscheibe 1 + 85,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK Schüttphase	0,99	-	2.1.1
	Kippscheibe 1 + 85,00 Kippscheibe 2 + 3 + 99,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert Abraum, Schüttphase	0,92	0,87	2.1.2
	Kippscheibe 1 + 85,00 Kippscheibe 2 + 3 + 99,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK Schüttphase	0,94	0,85	2.1.3
Endzustand LF 1	Kippscheibe 1 + 85,00 Kippscheibe 2 + 3 + 99,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert ohne Einstau Abraum, konsolidiert, ohne Einstau	0,94	0,79	2.1.4
	Kippscheibe 1 + 85,00 Kippscheibe 2 + 3 + 99,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert Einstau + 62,50 Abraum, konsolidiert, Einstau + 62,50	0,95	0,81	2.1.5



Die Kippenböschung bis zur OK Gelände kann von oben mit Kalkstein-Absiebung geschüttet werden. Bei einem Ausnutzungsgrad von 0,99 ist die Standsicherheit für eine Böschung von  $\beta = 36^\circ$  gegeben.

Sollten Lockergesteinsmassen des Abraums hier verkippt werden, so sind diese mit einer mindestens 50 m breiten Vorschüttung aus Kalkstein-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK zu kapseln und zu sichern.

Unter der Voraussetzung, dass die Kippscheibe 1 konsolidiert ist, können zeitlich versetzt die Kippscheiben 2 und 3 mit je 7 m Höhe aufgebracht werden. Ein Mindest-Bermenabstand zur vorauseilenden Kippscheibe von 3 m ist einzuhalten.

Für die Kippscheiben 2 und 3 sind die Ergebnisse der Standsicherheitsberechnung für die Kalkstein-Absiebung und das Abraummaterial nicht signifikant unterschiedlich, so dass beide Materialien hier verkippt werden können.

Die unterste Kippscheibe 1 ist grundsätzlich aus Kst.-Absiebung 0 – 16 bis 0 – 45 UK zu schütten, da unter Einstaubedingungen die Kohäsion in den Abraum-Böden mit  $C = 0$  anzusetzen ist und bei den geringen Reibungswinkeln von  $25^\circ$  unter den natürlichen Schüttwinkeln keine ausreichende Standsicherheit errechnet werden kann.

Für den Endzustand (LF 1 nach DIN 4084) ist an Böschungsfuß der Kippscheibe 1 eine Anstützung über eine Vorschüttung bis auf + 70,00 m NN aus Kst.-Absiebung 0 – 16 bis 0 – 45 UK in einer Breite von 15 m erforderlich, die Böschungsneigung der Anschüttung ist unter  $\beta = 28^\circ$  auszuführen. Nur dann ergibt sich ein standsicheres Böschungssystem unter Einstaubedingungen + 62,50 m (s. Anlage 2.1.5).

Da im Bereich der Südwestböschung eine relativ flache Einstauzone (Wassertiefe ca. 6,50 m) vorhanden ist, ergibt sich hier kein kritischer WassereinstauhORIZONT bis zur Einstaukote 62,50 m NN.



#### 4.2.3 Schnitt 2 Kippe Nordböschung

Für die Kippe Nordböschung wurden folgende Lastfälle mit folgenden Ausnutzungsgraden ermittelt:

Lastfall	Kippscheibe/OK	Material	Ausnutzungsgrad		Anl.
			Einzelböschung	Böschungssystem	
Bauzustand LF 2	Kippscheibe 1 + 45,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK Schüttphase	0,99	-	2.2.1
	Kippscheibe 1 + 45,00 Kippscheibe 2 + 70,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK Schüttphase	0,94	0,94	2.2.2
	Kippscheibe 1 + 2 + 70,00 Kippscheibe 3 + 70,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert Abraum, Schüttphase	0,94	0,86	2.2.3
Endzustand LF 1	Kippscheibe 1 + 2  Kippscheibe 3	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert ohne Einstau Abraum, konsolidiert, ohne Einstau	0,88	0,86	2.2.4
	Kippscheibe 1 - 2  Kippscheibe 3	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert, Einstau + 62,50 Abraum, konsolidiert, Einstau + 62,50	0,99	0,87	2.2.5
	Kippscheibe 1 - 2  Kippscheibe 3	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert, krit. Einstau + 44,00 Abraum, konsolidiert, Einstau + 44,00	0,94	0,87	2.2.6

Die Kippenböschung in seiner Gesamthöhe von 70 m bis zur OK Gelände kann nicht von oben geschüttet werden, da sich bei solch hohen Kippenböschungen Ausnutzungsgrade von  $> 1,04$  ergeben und die Standsicherheit für eine Böschung von  $\beta = 36^\circ$  nicht mehr gegeben ist.

Einzelne Kippscheiben dürfen nicht höher als 30 m sein (dann im Bauzustand  $\mu = 0,99$ ). Deshalb wird vorgeschlagen, die Kippscheibe 1 von + 15,00 bis + 45,00 m NN, die Kippscheibe 2 bis + 70 m NN (wegen der Einstaubedingungen + 62,00 m NN nicht höher!) und eine Kippscheibe 3 bis + 85 m NN anzulegen.

In der Endstellung sind Bermen zwischen den Kippscheiben von mindestens 15 m Breite einzuhalten.

Auch hier gilt die Voraussetzung, dass die Kippscheibe nacheinander zeitlich versetzt aufgebracht werden und konsolidieren können.



Die Kippscheiben 1 und 2 sind grundsätzlich aus Kst.-Absiebung 0 – 16 bis 0 – 45 UK zu schütten, da unter Einstaubedingungen die Kohäsion in den Abraum-Böden mit  $C = 0$  anzusetzen ist und bei den geringen Reibungswinkeln von  $25^\circ$  unter den natürlichen Schüttwinkeln keine ausreichende Standsicherheit errechnet werden kann.

Sollen Lockergesteinsmassen des Abraums dennoch hier verkippt werden, so sind diese mit mindestens 50 m Vorschüttung aus Kst.-Absiebung 0 – 16 bis 0 – 45 UK zu kapseln und zu sichern.

Für den Endzustand (LF 1 nach DIN 4084) ist am Böschungsfuß der Kippscheibe 1 eine Anstützung über eine Vorschüttung bis auf + 25,00 m NN aus Kst.-Absiebung 0 – 16 bis 0 – 45 UK in einer Breite von mindestens 25 m erforderlich, die Böschungsneigung der Anschüttung ist unter  $\beta = 36^\circ$  auszuführen. Nur dann ergibt sich eine standsicheres Böschungssystem unter Einstaubedingungen + 62,50 m (s. Anlage 2.2.5).

Der kritische WassereinstauhORIZONT liegt bei + 44,00 m NN, ab dieser Einstauhöhe wurden die maximalen Ausnutzungsgrade von  $\mu = 0,87$  für das Böschungssystem ermittelt.

#### 4.2.4 Schnitt 3 Tafelhalden

Für die Tafelhalden aus 2 Kippscheiben von jeweils 7 m Höhe wurden folgende Lastfälle mit folgenden Ausnutzungsgraden ermittelt:

Lastfall	Kippscheibe/OK	Material	Ausnutzungsgrad		Anl.
			Einzelböschung	Böschungssystem	
Bauzustand LF 2	Kippscheibe 1 + 92,00 Kippscheibe 2 + 99,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK Schüttphase Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK Schüttphase	0,99	0,90	2.3.1
	Kippscheibe 1 + 92,00 Kippscheibe 2 + 99,00	Abraum, Schüttphase Abraum, Schüttphase	< 0,86	0,86	2.3.2
Endzustand LF 1	Kippscheibe 1 + 92,00 Kippscheibe 2 + 99,00	Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert ohne Einstau Kst.-Absiebung 0-16 bis 0-45 UK konsolidiert, ohne Einstau	0,96	0,87	2.3.3
	Kippscheibe 1 + 92,00 Kippscheibe 2 + 99,00	Abraum, konsolidiert, ohne Einstau Abraum, konsolidiert, ohne Einstau	< 0,90	0,90	2.3.4

Die geplanten Tafelhalden können in 2 Kippscheiben mit je 7 m Höhe angelegt werden, eine Verkipfung von Abraum als auch Kst.-Absiebung 0 – 16 bis 0 – 45 UK ist möglich. Die Haldenböschungen werden sich mit Böschungswinkeln  $\beta \sim 36^\circ$  einstellen.

Zwischen den Kippscheiben ist eine Berme von mindestens 5,00 m Breite einzuhalten.



Zur L 72, anderen Betriebszufahrten und zur Tagebaukante ist ein ausreichender Sicherheitsabstand von mindestens 10 m einzuhalten, ggf. ist ein Auslaufen des Haldenfußes über eine Vorschüttung aus Kalksteinschotter 40 – 100 mm als Fußdamm von ca. 1,50 m Höhe zu verhindern.

## 5. Hinweise zur weiteren Planung und Bauausführung

Mit der in den Berechnungen zugrunde gelegten Geometrie sind die Einzelböschungen und Böschungssysteme der geplanten Kippen und Halden entsprechend den Sicherheitsvorgaben der DIN 4084 und DIN 1054 standsicher, im kritischen Fall "Einzelböschung Bauzustand" wird eine Ausnutzung  $\mu = 0,99$  erreicht.

Im Sinne einer ökonomischen Bauweise werden Sicherheitsreserven demnach auch nicht verschenkt.

Änderungen der vorgeschlagenen Kippengeometrien sind möglich, solange die Grenzwerte der Neigungen und Höhen nicht überschritten und der Bermbreiten nicht unterschritten werden.

Nach den durchgeführten Laboruntersuchungen kann für die Kippmassen mit mittleren Schüttdichten von 1,70 – 1,75 t/m<sup>3</sup> gerechnet werden.

Die Kst.-Absiebung 0 – 16 bis 0 – 45 UK ist gegenüber Wellenschlag und Erosion nicht übermäßig anfällig. Vorhandene Kalkstein-Kippenböschungen im Tagebau weisen auch nach mehrjähriger Liegezeit keine größeren Erosionsrinnen auf.

Für den Zeitraum des Grundwasseranstieges bis auf + 62,50 m NN ist nicht mit übermäßigen Auskolkungen zu rechnen.

Böschungen im Abraum über dem Wasserspiegel sind über biologischen Verbau (Begrünung) vor Erosion zu sichern.

Für den Endeinstau sind Wellenschlagzonen bei Böschungen von 30 – 36 ° über Wasserbausteine zu sichern oder als Strandzonen mit sehr flachen Böschungsneigungen (ca. 1 : 10) anzulegen, um Auskolkungen zu vermeiden.

Für die Bauphase ist unbedingt zu beachten, dass Baufahrzeuge einen Mindestabstand von 3 m zur Böschungsoberkante (Fahrstraßen) einhalten müssen.

Ein Abkippen der Massen über die Böschungskante ist nicht zulässig, da hierbei ein Abrutschen der LKW mit der Böschungskrone möglich ist.

Die Massen sind mindestens 3 m hinter der Böschungskante abzukippen und mit Raupen oder Radladern über die Böschungskante zu schieben.

Dipl.-Ing. E. Klahn