

Christian Siebels & Co. GmbH  
Wallster Postweg 6

26607 Aurich

Gutenbergstrasse 2  
30916 IsernhagenTelefon 0511 / 730 59-0  
Telefax 0511 / 730 59-26

Bahnstation Express / Fracht: 30167 Hannover

Durchwahl  
730 59-15unser Zeichen  
BaDatum  
9. April 1997

Betr.: Sandabbau Ardorf  
- Untersuchung von Schäden im Bereich der Ostböschung -

Befund-Nr. 1611/1/97

### 1. Vorgang

Die Firma Christian Siebels & Co. GmbH, Aurich, betreibt in der Gemarkung Ardorf eine Sandgewinnungsstätte (vgl. Übersichtsplan auf Anlage 1). Im November 1996 fand nach Wiederaufnahme des Sandabbaues im südlichen Teil der Grube ein Böschungsbruch im Bereich der Ostböschung statt. Dabei rutschten die anstehenden Sande auf einer Länge von ca. 160 m und einer Tiefe von ca. 30 m ab.

Wir wurden beauftragt, die Ursachen dieses Böschungsbruches zu bestimmen und Maßnahmen zur Sicherung der Böschung und des angrenzenden Geländes vorzuschlagen.

## 2. örtliche Situation

Die Sandgewinnung in der Grube Ardorf findet derzeit mittels Saugbaggern im Naßabbau statt. Die Wasserlinie wurde im Dezember 1996 bei NN+4,47 m eingemessen, d.i. ca. 2,2 - 2,6 m unter OK Gelände. Die Grubensohle liegt im Schadenbereich z.Zt. bei NN-7,5 m, das entspricht einer Tiefe von ca. 14 m unter Geländeoberkante. Laut Planfeststellungsbeschuß vom 3.6.1991 soll die Grubensohle im Endausbau bei NN-15,0 m liegen. Die Unterwasserböschungen sollen mit einer Neigung von  $n = 1 : 3$  ausgeführt werden, die Oberwasserböschungen werden nach Rekultivierung eine Neigung von  $n = 1 : 3$  bis  $n = 1 : 5$  aufweisen. Geringere Neigungen sind in den Flachwasser- und Wechselwasserzonen geplant.

Der Abbau wurde im November 1996 im südlichen Teil der Grube in Richtung Osten wieder aufgenommen. Der Böschungsbruch fand nach Einstellung der Arbeiten in der Nacht statt. Dabei rutschte die Böschung über die gesamte Abbaubreite in diesem Abschnitt und einer Tiefe von ca. 30 m auf einmal ab.

Zur Sicherung eines angrenzenden, parallel zur Südböschung verlaufenden Wirtschaftsweges wurde ein Teil des Abbruches mit leicht bindigem Abraum verfüllt.

*J. Luch-Hay: 14.2.95*

Am 3.12.1996 erfolgte ein Ortstermin mit Herrn Siebels, Vertretern des Landkreises Wittmund, Mitarbeitern des Vermessungsbüros Thomas und Splanskowski, Aurich, sowie dem bearbeitenden Diplomingenieur. Dabei wurde die Situation in Augenschein genommen sowie das weitere Vorgehen abgesprochen.

Zunächst sollte eine Vermessung des neu entstandenen Grubenumrisses und der Böschungen im Bereich der Abbruchkante sowie im Vergleich dazu in einem unberührten Böschungsabschnitt erfolgen.

Zur weiteren Beurteilung der Untergrundverhältnisse und um Hinweise auf mögliche Ursachen des Böschungsbruches zu erhalten, wurden außerdem Bodenaufschlüsse entlang der Ost- und Südböschung vereinbart.



### 3. Geologie und Morphologie

#### 3.1 Geologie

Auf der Grundlage der vorliegenden Bohrprofile, die anlässlich der Lagerstättenuntersuchung von der Firma Calsilab, Wölpinghausen, im Dezember 1988 erstellt wurden, stehen im Bereich des Abbaugeländes glazifluviatile Fein- und Mittelsand an, die lediglich von einer Mutterbodendeckschicht überlagert werden. Die Liegendgrenze der Sande wurde im Bereich der Ostböschung im Zuge der Bohrungen bei einer Aufschlußtiefe von 30 m nicht erreicht.

Am 11.12.1996 wurden von jeweils zwei Rammkernsondierungen bis 10 m bzw. 3 m unter OK Gelände abgeteuft. Die tiefen Aufschlüsse wurden entlang der Ostböschung zur Ermittlung der Untergrundverhältnisse im Bereich des Bruches niedergebracht. Die beiden flachen Aufschlüssen wurden südlich des angrenzenden Wirtschaftsweges zur Bestimmung einer möglichen Grundwasserströmung in Richtung auf die Sandgrube durchgeführt. Die Ansatzpunkte der Sondierbohrungen sind in dem Baugrunderkundungsplan auf Anlage 2 eingetragen. Die Ergebnisse der Aufschlüsse haben wir in Form von Bodenprofilen auf der Anlage 3 dargestellt.

Auf der Grundlage unserer Untersuchungen stehen im Bereich der derzeitigen Abbaufäche schwach mittelsandige, teils schwach schluffige bis schluffige Feinsande (Glazifluviatilsande) an. Im Bereich der Sondierung SB 1 wurde in 3,6 m Tiefe eine 5 cm dicke feinsandige, schwach tonige Schlufflage erbohrt (Beckenschluff). Die Sande sind auf der Grundlage des Bohrfortschrittes mitteldicht bis dicht gelagert, der Beckenschluff weist eine steife Konsistenz auf.

Der Grundwasserstand lag im Dezember 1988 bei ca. NN+5,2 m. Im Dezember 1996 wurde er bei ca. NN+4,6 m eingemessen. Es konnte nur eine sehr geringe Grundwasserströmung in Richtung auf die Sandgrube hin festgestellt werden.

Der Wasserspiegel in der Sandgrube wurde am 3.12.1996 bei NN+4,47 m eingemessen.

### 3.2 Morphologie

Das umliegende Gelände ist relativ eben und weist nur sehr geringe Höhenunterschiede auf. Es handelt sich dabei um Brachflächen und um landwirtschaftlich genutzte Acker- und Weideflächen.

Die Grubenböschungen wurden durch Tiefenlotung in vier Achsen ausgemessen und sind auf den Anlagen 4 - 7 in Form von Schnitten dargestellt. Die Lage der Achsen ist im Baugrunderkundungsplan auf Anlage 2 mit eingetragen. Auf der Grundlage der Messungen haben sich im Bereich des Böschungsbruches Unterwasserböschungen mit einer Neigung von ca.  $n = 1 : 3$  oder flacher eingestellt. Die ungestörte Böschung (Achse IV) weist eine durchschnittliche Neigung von  $n = 1 : 3,0$  bei einer maximalen Neigung unter Wasser von  $n = 1 : 1,5$  auf.

### 4. Bodenkennwerte

Die für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen bodenphysikalischen Kennwerte wurden nach der EAU 1990 und der DIN 1055, Teil 2 abgeschätzt und anhand der vorhandenen Böschungsneigungen überprüft.

Bei einheitlichen, nichtbindigen Böden und unbelasteten Böschungen kann die Scherfestigkeit (Reibungswinkel  $\varphi'$ ) aus der Böschungsneigung ( $\varphi''$ ) wie folgt abgeleitet werden:

$$\tan \varphi' = \eta * \tan \varphi''.$$

Das steilste Böschungstück wurde mit einer Neigung von  $n = 1 : 1,5$  vermessen. Ausgehend von dieser Neigung und einer Sicherheit  $\eta$  gegen Böschungsbruch von etwa 1,0 ergibt sich aus der obigen Gleichung ein Reibungswinkel für die mindestens mitteldicht gelagerten Sande von  $\varphi' = 32,5^\circ$ .

Im einzelnen werden für die erdstatischen Berechnungen folgende Kennwerte angesetzt:



Dr. Moll GmbH, Gutenbergstrasse 2, 30916 Isernhagen  
Telefon 0511 / 730 59-0, Telefax 0511 / 730 59-26

Untersuchungsbefund-Nr.: 1611/1/97 vom: 9. April 1997

Seite: 5

#### 4.1 Boden Nr. 1: Sand

Wichte  $\text{cal } \gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$  ;  $\text{cal } \gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$ Scherfestigkeit  $\text{cal } \phi' = 32,5^\circ$  ;  $\text{cal } c' = 0 \text{ kN/m}^2$ 

#### 4.2 Boden Nr. 2: Schluff

Wichte  $\text{cal } \gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$  ;  $\text{cal } \gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$ Scherfestigkeit  $\text{cal } \phi' = 22,5^\circ$  ;  $\text{cal } c' = 0 \text{ kN/m}^2$ 

### 5. Standsicherheitsnachweis

Die Böschungsbruchsicherheit, d.h. die Sicherheit gegen Abrutschen von Erdmassen im Böschungsbereich, ist im vorliegenden Fall von der Böschungshöhe, der Böschungsneigung, eventueller Belastungen der Böschung und den Untergrundverhältnissen abhängig. Sie wurde nach dem Lamellenverfahren gemäß DIN 4084 unter Ansatz von kreiszylindrischen Gleitfugen mit dem Programm BOKR berechnet.

Die Ermittlung der Standsicherheit wurde zunächst an dem Profil Achse IV mit den eingemessenen Böschungsneigungen durchgeführt. Anschließend wurde je ein Nachweis für die angestrebte Endböschung mit einer idealisierten Neigung  $n = 1 : 3,0$  und für eine steilere Böschung mit einer Neigung von  $n = 1 : 2,6$  getätigt. Desweiteren wurde ein um ca. 0,3 m gegenüber dem freien Wasserspiegel erhöhter Grundwasserspiegel berücksichtigt. Schließlich wurde die Böschungsneigung ermittelt, bei der die Standsicherheit 1,0 beträgt und die Gefahr eines Böschungsbruches besteht.

Die Ergebnisse der Gleitkreisberechnungen sind auf den Anlagen 8 - 12 zeichnerisch dargestellt. Bei Ansatz der in Abschnitt 4 angegebenen Bodenkennwerte errechnen sich folgende geringste Sicherheiten gegen Böschungsbruch:

Anlagen Nr.	Neigung der Sandböschung	Sicherheit $\eta'$
8	Profil IV	1,22
9	Profil IV	1,30
10	n = 1 : 3,0	1,40
11	n = 1 : 2,6	1,31
12	n = 1 : 1,8	1,00

## 6. Beurteilung der Standsicherheitsuntersuchungen

Nach DIN 4084 werden bei Böschungsbruchberechnungen je nach Lastfall Sicherheiten von  $\eta = 1,2$  bis  $\eta = 1,4$  gefordert. Wir empfehlen, für den endgültigen Zustand nach Rekultivierung von dem Lastfall 1 auszugehen und einen Sicherheitsfaktor  $\eta = 1,4$  anzusetzen. Im Abbauzustand kann der Sicherheitsfaktor auf  $\eta = 1,3$  (Lastfall 2) reduziert werden.

Wie die Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen zeigen, weist die bestehende Böschung, ausgehend von dem Profil IV, eine Standsicherheit gegen Böschungsbruch von  $\eta = 1,3$  auf (vgl. Anlage 9), so daß bei Ansatz des Lastfalles 2 eine ausreichende Sicherheit gegen Böschungsbruch besteht. Lediglich die relativ steile Oberwasserböschung ist bei einer Sicherheit  $\eta = 1,22$  als nicht ausreichend standsicher zu bezeichnen (vgl. Anlage 8).



Bei Ausbildung der Böschung wie im Planfeststellungsbeschluß vorgesehen mit einer Böschungsneigung von  $n = 1 : 3,0$  ist die Gesamtböschung im Lastfall 1 ausreichend standsicher (vgl. Anlage 10). Im Abbauzustand könnte die Neigung bis auf  $n = 1 : 2,6$  reduziert werden (vgl. Anlage 11). Wird die Böschung noch steiler angelegt, so verringert sich die Sicherheit gegen ein Abrutschen der Böschung weiter. Bei einer Neigung von  $n = 1 : 1,8$  wird die Böschung schließlich instabil, so daß bei geringfügigen Änderungen der äußeren Bedingungen, wie z.B. Erhöhung des Grundwasserstandes, Belastung der Böschungsschulter oder weiterer Abbau, ein Bruch eintreten kann (vgl. Anlage 12).

## 7. Schadensursache

Als Ursachen für Schäden an Grubenböschungen kommen allgemein zu steile Böschungsneigungen, Grundwasser- oder Schichtwasserzuflüsse, übermäßige Beanspruchungen der Böschung durch ständige Lasten oder Verkehrslasten im Bereich der Schulter sowie Gleitzonen im Untergrund in Betracht.

Auf der Grundlage der Berechnungen sind die Böschungen der Sandgrube Ardorf bei einer dem Planfeststellungsbeschluß entsprechenden Böschungsneigung ausreichend standsicher. Der Grundwasserzufluß war zum Zeitpunkt des Schadeneintrittes nur gering und lag unter dem in den obigen Berechnungen angesetzten Wert. Desweiteren war die Böschung unbelastet. Ausgesprochene Gleitzonen im Untergrund konnten im Zuge der Sondierungen ebenfalls nicht festgestellt werden. Lediglich in einer Sondierung (SB 1) wurde ein dünne Schlufflage erbohrt. Diese ist jedoch nicht flächig ausgebildet, so daß sie alleine keine Rutschungen oder Brüche in dem festgestellten Ausmaß verursachen kann.

Der Böschungsbruch im November 1996 ist somit auf die Ausbildung zu steiler Böschungen zurückzuführen. Während der Abbauarbeiten mit dem Saugbagger können Böschungsabschnitte, die in Teilbereichen steiler als vorgesehen waren, entstanden sein. In Verbindung mit einer Grundwasserströmung, die durch den Bodenaushub unter Wasser initiiert worden ist und die die feinkörnigen Sande umgelagert hat, ist die gesamte Böschung abgerutscht.

Dr. Moll GmbH, Gutenbergstrasse 2, 30916 Isernhagen  
Telefon 0511 / 730 59-0, Telefax 0511 / 730 59-26

Untersuchungsbefund-Nr.: 1611/1/97 vom: 9. April 1997

Seite: 8

DAR - Deutscher Akkreditierungsrat  
DAP-P-02.710-00-93-38

Durch das DAP (Deutsches Akkreditierungssystem  
Prüfwesen GmbH) akkreditiertes Prüflaboratorium  
für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

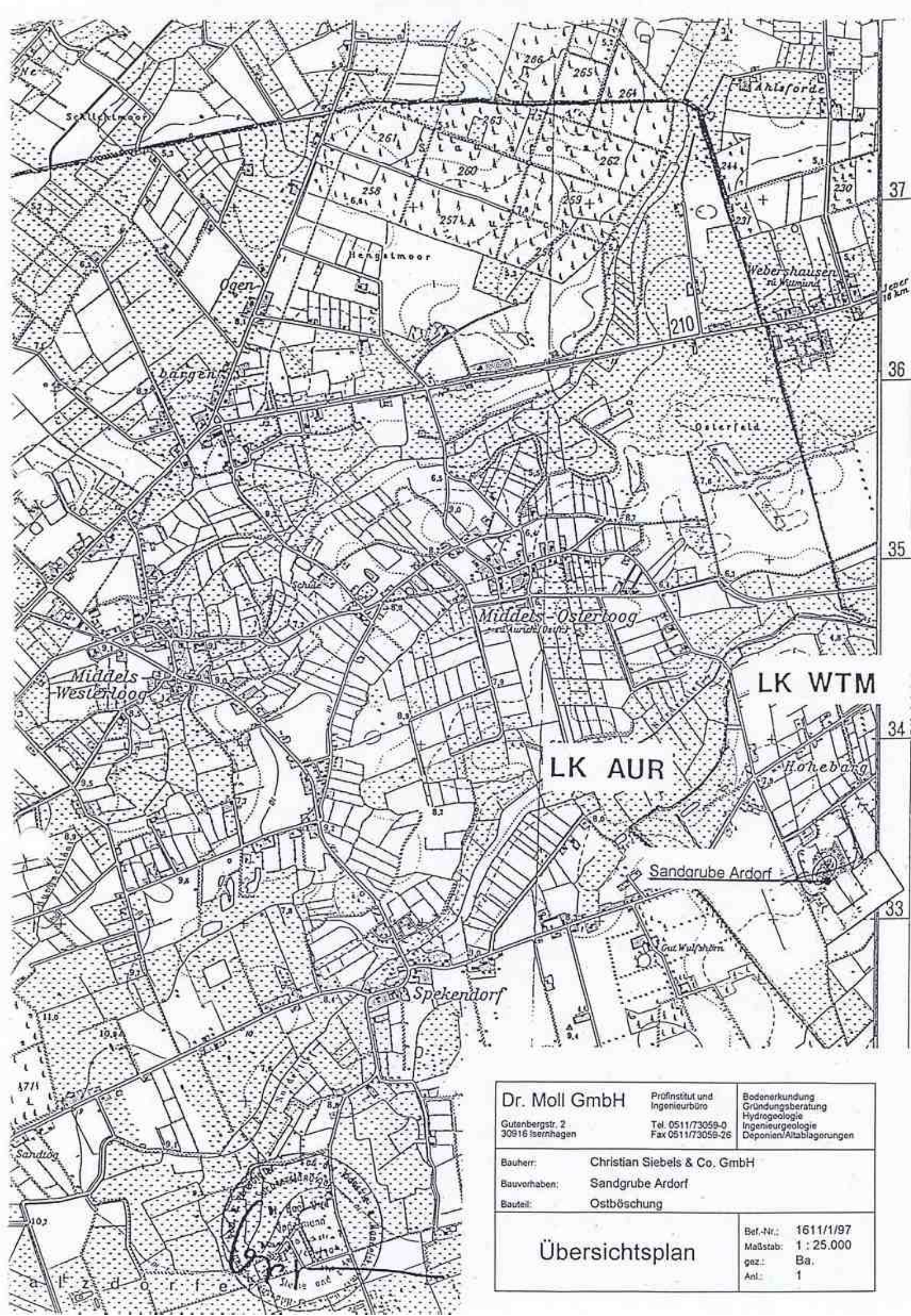
Während des Abbaues ist daher genau auf die Einhaltung der zulässigen Böschungsneigungen zu achten. Neigungen steiler als  $n = 1 : 2,6$  sollten an keiner Stelle der Böschung auftreten. Die Oberwasserböschungen entlang des Wirtschaftsweges sollten auf eine Neigung von  $n = 1 : 2,0$  abgeflacht werden, um kleinere Ausbrüche der Böschung zu vermeiden.

Dr. MOLL GmbH  
Prüfinstitut und Ingenieurbüro



mr. E:





**Dr. Moll GmbH**

Gutenbergstr. 2  
30916 Isernhagen

Prüfinstitut und  
Ingenieurbüro

Tel. 0511/73059-0  
Fax 0511/73059-26

Bodenerkundung  
Gründungsberatung  
Hydrogeologie  
Ingenieurgeologie  
Deponien/Altlasten

Bauherr:

Christian Siebels & Co. GmbH

Bauvorhaben:

Sandgrube Ardorf

Bauteil:

Ostböschung

**Übersichtsplan**

Bef.-Nr.: 1611/1/97  
Maßstab: 1 : 25.000  
gaz.: Ba.  
Anl.: 1