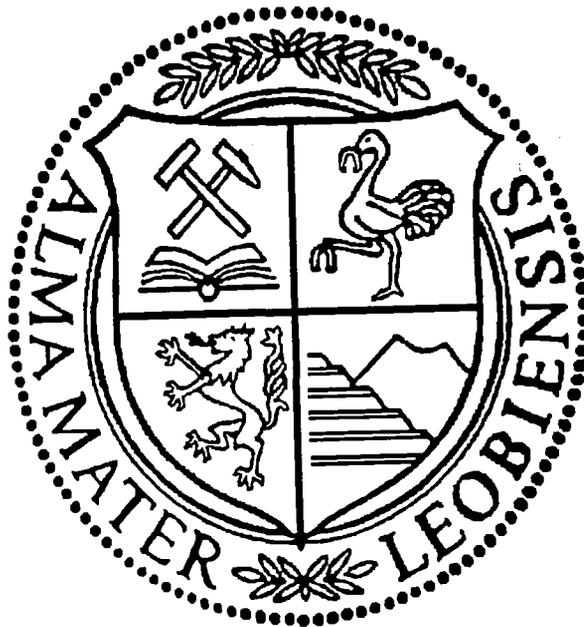




Vall-Projekt  
98/107

**Einfluß organischer Sedimentkomponenten auf die  
Blähfähigkeit von Tonen**

Nadja MÜLLER, Gerd RANTITSCH & Fritz EBNER



MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN  
Institut für Geowissenschaften  
Abteilung für Geologie und Lagerstättenlehre  
Geologie@unileoben.ac.at  
Juli 2000

## Einfluß organischer Sedimentkomponenten auf die Blähfähigkeit von Tonen

Nadja MÜLLER, Gerd RANTITSCH & Fritz EBNER

Zusammenfassung.....	1
1. Einleitung, Problemstellung.....	2
2. Einflüsse auf das Blähverhalten von Geomaterialien.....	3
3. Geologischer Rahmen der untersuchten Lagerstätten.....	6
4. Untersuchungsmethodik.....	12
5. Ergebnisse der Probenuntersuchung.....	14
6. Tontypen der untersuchten Lagerstätten.....	20
7. Statistische Datenauswertung.....	21
8. Blähfähigkeit der Rohstoffe.....	27
9. Diskussion der Analyseergebnisse und Datenauswertung in Hinblick auf das Blähverhalten der Rohstoffe.....	34
10. Schlussfolgerungen.....	37
11. Literaturverzeichnis.....	38
Anhang.....	40

### **Zusammenfassung**

Im südöstlichen Steirischen Neogenbecken treten bereichsweise Feinklastika auf, die von der Fa. LECA/Fehring zur Blähtonproduktherstellung verwendet werden. Die Lagerstätten Burgfeld, Mataschen und Klöch wurden hinsichtlich Mineralbestand, Korngrößenverteilung, Geochemie, Gehalt an organischen Stoffen und Blähverhalten untersucht. Durch eine statistische Auswertung der Daten (statistische Tests, Korrelations-, Faktoren- und Diskriminanzanalyse) wurden die für die Blähfähigkeit wesentlichen Parameter erkannt.

Die Rohstoffe der drei Lagerstätten wurden aufgrund ihrer faziellen Ausbildung in zwei Typen eingeteilt. „Tontyp HS“ (hoher-Schwefelgehalt) ist ein an Organstoffen reicher Brackwasser- bzw. mariner Ton mit einem Schwefelgehalt  $> 0.05\%$  und einem TOC (= Total Organic Carbon)-Gehalt  $> 0.47\%$ . „Tontyp NS“ (niedriger-Schwefelgehalt) inkludiert Tonminerale reiche Feinklastika (äolisch abgelagerte Lößlehme; vulkanische, feinkörnige Sedimente) mit einem Schwefelgehalt  $< 0.05\%$  und einem TOC-Gehalt  $< 0.47\%$ .

Diese Einteilung bewertet in einem ersten Ansatz das Blähvermögen des Rohstoffs: "HS-Tone" können als Primärrohstoffe bezeichnet werden, die sich auch allein für die Produktion eignen (z.B. von Mataschen und Burgfeld). "NS-Tone" sind Sekundärrohstoffe, die nur in Verbindung mit Primärrohstoffen zur Blähtonproduktherstellung geeignet sind (z.B. von Klöch). Sekundärrohstoffe eignen sich jedoch zum „Strecken“ von Primärrohstoffen.

Die Schwefelgehalte sind nur Indikatoren für gutes Blähverhalten, die das Blähvermögen an sich nicht beeinflussen. Der Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) und ein ausreichendes Angebot von Schmelzviskositätsbeeinflussern (Erdalkalien, Tonerde) sind die

ausschlaggebenden Faktoren für das Blähverhalten. Ansonsten unterscheiden sich die Feinklastika nicht gravierend in ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung.

Die Materialanalytik ermöglicht eine Einteilung in Primär- und Sekundärrohstoffe. Die statistische Verarbeitung der Datensätze gestattet Prognosen zur Blähfähigkeit. Als wirksamstes Instrument erwies sich dabei die Diskriminanzanalyse. Weiters sind Tests auf Mittelwertunterschiede überzeugende Prüfer der Güte einer Prognose. Korrelations- und Faktorenanalysen dienen einer ersten Einschätzung der Rohstoffe. Um eine schnelle, überblicksmäßige Blähprognose zu treffen, bieten sich aus den Datensätzen ermittelte Grenzwerte an.

## **1. Einleitung, Problemstellung**

Die Blähfähigkeit toniger Geomaterialien unter Temperatureinwirkung ist bekannt. Sie findet zur Herstellung von Blähton-Produkten Anwendung. Da trotz zahlreicher Untersuchungen das Zusammenspiel der für die Blähfähigkeit verantwortlichen Faktoren unbekannt ist, wird die Blähfähigkeit eines Sedimentes nur empirisch durch Blähversuche ermittelt.

Alle bisherigen Lösungsansätze zur Beurteilung der Blähfähigkeit eines Sedimentes gingen von der Korngrößenverteilung, dem Pauschalchemismus und der mineralogischen Zusammensetzung aus. Organische Sedimentkomponenten, die einen entscheidenden Einfluß auf die komplexen Abläufe beim Blähen eines Materials haben, wurden bisher in keiner Weise berücksichtigt. Ebenso wenig wurden statistische multivariate Instrumente zur Analyse der komplexen Blähvorgänge und zur Prognostizierung des Blähverhaltens eingesetzt.

Am Beispiel von Rohstoffen, die derzeit im LECA Werk Fehring zum Einsatz kommen, wurde der Einfluss organischer Komponenten geprüft. Dazu wurde Probenmaterial aus folgenden drei Lagerstätten untersucht:

- Pannon-Sedimente der Lagerstätte Mataschen
- Maar-Sedimente der Lagerstätte Burgfeld
- Hangend Sedimente der Basaltlagerstätte Klöch.

Die für die Studien notwendigen Blähversuche wurden im LECA Werk Fehring, die anorganisch/chemische Haupt- und Spurenelementanalytik von der Fa. Actlab Toronto/Canada und die übrigen Untersuchungen am Institut für Geowissenschaften der Montanuniversität Leoben durchgeführt. Die im Rahmen des VALL-Projektes begonnenen Untersuchungen wurden im Rahmen einer Diplomarbeit an der MU Leoben weitergeführt (MÜLLER, 2000). Diese beinhaltet zusätzlich Untersuchungen weiterer Lagerstätten (Brunnsee N Mureck, Kiesgrube Königsdorf), behandelt das Problem des Maukens und mathematische Modelle zur Prognose der Blähfähigkeit

Das Projekt konnte nur durch die intensive Zusammenarbeit mit der Fa. LECA Fehring realisiert werden. Besonderer Dank gebührt hier vor allem Mag. H. POLIC und Mag. R. STANGL.

## 2. Einflüsse auf das Blähverhalten von Geomaterialien

Erfahrungen aus der Blähtonherstellung der Fa. LECA und Abb. 1 (nach KROMER & POSCHINGMANN, 1977) zeigen, daß rohstoffspezifische Eigenschaften und die thermischen Verfahrenstechnik das Blähvermögen eines Rohstoffes entscheidend beeinflussen.

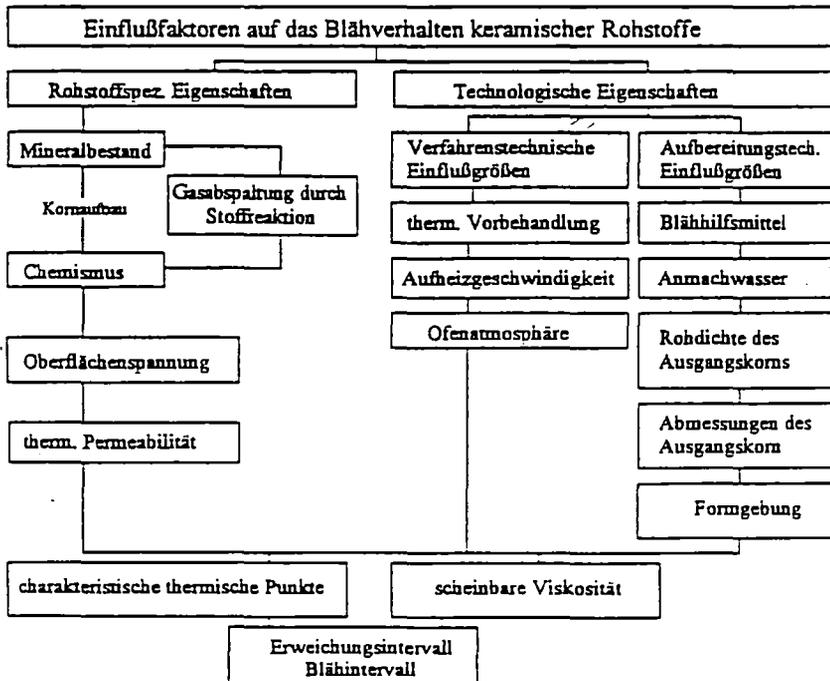


Abb. 1: Überblick der Einflussfaktoren auf das Blähverhalten eines Geomaterials (nach KROMER & POSCHINGMANN, 1977).

Generell werden für die Herstellung von Blähprodukten frühsinternde Tone, Lehme, Tonschiefer und Schiefertone verwendet, die sich bei hoher Aufheizgeschwindigkeit im Temperaturbereich von 1100-1250°C aufblähen. Der Rohstoff muß dabei zwei Grundbedingungen erfüllen:

1. Beim Erhitzen Bildung einer pyroplastischen und dichten Sinterhaut bzw. Schmelzhülle.
2. Freisetzung von Gasen um die viskose Kugel aufzublähen.

Dazu sind Flußmittel wie Eisenoxide, Alkalien/Erdalkalien und Gas produzierende Komponenten notwendig, die entweder im Rohstoff selbst vorhanden sind oder im Laufe des Prozessablaufes zugegeben werden.

Dabei muß die pyroplastische Viskosität innerhalb eines ausreichend großen Temperaturbereiches stabil sein, damit leichte Temperaturüberschreitungen beim Blähprozeß keine Viskositätsminderung verursachen. Ebenso muß das Rohmaterial eine ausreichend hohe Festigkeit aufweisen, um das Aufplatzen des Körpers durch entweichendes Restwasser bei 400°C zu verhindern (BERTOLDI et al., 1983).

Der Blähwert selbst ist durch die Kornrohddichte des Blähtongranulates definiert. Je geringer die Kornrohddichte ist, desto größer ist der Blähwert (LEISMANN, 1997):

$$\text{Blähwert} = \frac{\text{Blähvolumen}}{\text{Ausgangsvolumen}}$$

Ein hoher Blähwert bedeutet, daß das Volumen einer Probe bei gleichbleibender Masse nach dem Brand zugenommen hat. Das sagt jedoch nichts über die Festigkeit des Blähtonproduktes aus. Es kann daher nicht immer ein hoher Blähwert angestrebt werden.

Reichen die mineralogischen bzw. chemischen Voraussetzungen eines Rohstoffes nicht für ein zufriedenstellendes Blähverhalten aus, so kann durch verschiedene Zusätze das Blähverhalten positiv zu beeinflusst werden. Als Gas-bildende Hilfsmittel werden z.B. Sulfitablauge, Teppichschnitzel, Dieselöl, Bitumen, Schweröl, Kohle, Koks, Eisenoxide und -hydroxide und als Festigkeit erhöhende Zusätze von Dolomit, Gips, Kieselgur, Silica etc. eingesetzt.

Zur Prognostizierung des Blähvermögens ist es daher erforderlich, rohstoffspezifische Eigenschaften wie Chemismus, Mineralbestand, Korngröße und organischen Anteil zu erfassen. Durch diese Faktoren, diese u.a. wesentlich von der sedimentären Fazies gesteuert werden, werden auch die für den Blähprozeß wesentlichen Voraussetzungen definiert.

#### ***Mineralogische Zusammensetzung***

Gute Blähfähigkeit ist an einen hohen Gehalt (> 40 %, LEISMANN, 1997) an Schichtsilikaten (Illit, Serizit, quellfähige Minerale wie Montmorillonit und deren Mixed Layer-Minerale) gebunden. Chlorit, Vermiculit und Sepiolit sind vor allem wegen der im Kristallgitter gebundenen Alkalien, Erdalkalien und Eisenoxide als Viskositätsbeeinflusser erwünscht.

Der Kaolinitanteil sollte gering sein, da Kaolinit kaum Alkalien enthält und somit die Bildung einer Glasphase bei niedrigen Temperaturen hemmt. Bei kaolinitischen Tonen muß mindestens ein Quarzgehalt von 45% vorhanden sein, um den viskositätserhöhenden Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt zu regulieren. Derartig hohe Quarzgehalte setzen aber die Blähfähigkeit stark herab (ROSENBERGER, 1969).

Die Alkalien der Feldspäte spielen, da sie im Kristallgitter zu stark gebunden sind, eine nur untergeordnete Rolle. Die Karbonatgehalte, vor allem Calcit, sollen so gering wie möglich sein, da somit im Temperaturbereich von 1100°C eine starke Herabsetzung der Schmelzviskosität erfolgt, die zu einem Aufplatzen der Blasen führt. Als Grenzwert wird ein Gehalt von 5 Gew.% Calcit angesehen. Höhere Dolomitanteile erlauben aufgrund des vermehrten Mg-Angebotes einen maximalen Karbonatanteil von 12%. Der Quarzanteil soll unter 40% liegen (SCHMIDT, 1970; BERTOLDI et al., 1983).

Als Schmelzphasenbildner fungieren Tonminerale wie Illit und Serizit sowie eisenreicher Chlorit und Feldspat. Der Anteil dieser darf jedoch nicht zu hoch sein, damit der Blähbereich nicht zu nahe am Schmelzpunkt liegt. Ebenso beeinflusst der in Tonen vorhandene röntgenamorphe Anteil positiv die Blähfähigkeit.

### Chemismus des Rohstoffes

Die in Tab. 1 angeführten Phasenanteile wirken sich laut NEUMANN-VENEVERE (1971), HOFFMANN (1971), SCHMIDT (1974) und BERTOLDI et.al. (1983) bei „natürlichen“ Tonen günstig auf das Blähverhalten aus:

Phase	Massen%
$Al_2O_3$	12-25
$SiO_2$	50-78
Flußmittel	8-25
$C_{org.}$	0.6-5
$FeS_2$	viel (aber feinkörnig)
$Fe_2O_3$	5-10 (oder höher)
geringer Säuregehalt	pH > 6
CaO	< 5

Tab. 1: Blähfördernde Phasenanteile [NEUMANN-VENEVERE (1971), HOFFMANN (1971), SCHMIDT (1974) und BERTOLDI et.al. (1983)].

Mithilfe der Oxidverhältnisse (Tab. 2) wurde versucht, das Blähverhalten abzuschätzen (DENNERT, 1971; HOFFMANN, 1971; ROSENBERGER, 1969). Diese Verhältnisse lassen sich durch eine gezielte Zugabe von Zuschlagstoffen verändern. Zum Beispiel kann die Zugabe von  $Al_2O_3$  bzw.  $SiO_2$  zu einer Erhöhung der Schmelzviskosität führen. Dies verschlechtert zwar den Blähwert, erhöht aber die Druckfestigkeit. Das Gegenteil bewirkt ein  $Fe_2O_3$ -Zusatz (NEUMANN-VEVEVERE, 1971). Der Fe(III)-Gehalt soll größer als der Fe(II)-Gehalt sein, da dieser während dem Brand durch Reduktion Blähgas liefert (SCHMIDT, 1970). Das Gesamteisen als  $Fe_2O_3$  soll wenigstens 2-6 Gew. % betragen, höhere Anteile sind erwünscht (BERTOLDI et al., 1983).

Oxide	Verhältnisse
$Al_2O_3/SiO_2$	0.125-0.5
$Fe_2O_3/(Al_2O_3+SiO_2)$	0.04-0.12
$(CaO+Na_2O)/(Al_2O_3+SiO_2)$	0.04-0.13
$(Na_2O+K_2O)/(Al_2O_3+SiO_2)$	0.02-0.06
$C/Fe_2O_3(ges)$	0.04-0.2

Tab. 2: Blähfördernde Oxidverhältnisse (DENNERT, 1971; HOFFMANN, 1971; ROSENBERGER, 1969).

### Organische Substanzen

Organische Substanzen spielen eine entscheidende, den Blähprozeß beeinflussende Rolle, solange ihr Anteil nicht zu hoch ist. Sie sind essentiell für die Entwicklung der Blähgase ( $CO_2$ , CO). Zusätzlich erzeugt CO ein reduzierendes Milieu, das Voraussetzung für weitere Gas-absplattende Reaktionen ist. Viele Kohlenstoffträger brennen jedoch schon bei geringeren Temperaturen völlig aus (Holz, Sulfitablauge bei  $500^\circ C$ , Braunkohlestaub <  $700^\circ C$ ; HOFFMANN, 1971). Steinkohle zeigt bis über  $1000^\circ C$  noch exotherme Reaktionen, ebenso Kiefernölpech, das die Fa. LECA als Blähhilfsmittel verwendet.

### **Korngröße**

Eine relativ hohe Plastizität und ein hoher Feinkornanteil des Rohstoffes (mind. 35% < 2µm) sollen das Blähverhalten günstig beeinflussen (SCHMIDT, 1974). Abb. 2 zeigt das Klassifikationsdiagramm von ROSENBERGER (1969) mit Abgrenzung der Bläh-Eignungsbereiche.

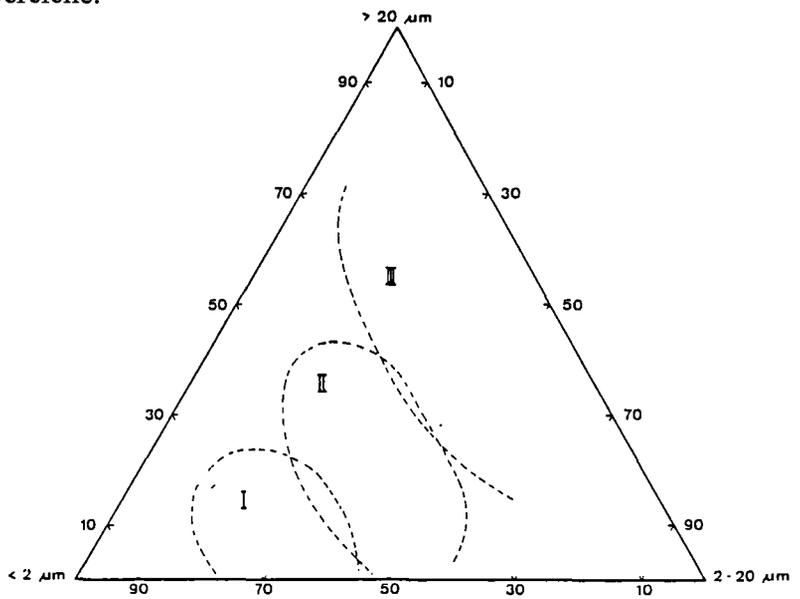


Abb. 2: Körnungsdreieck mit den Feldern für vom Kornaufbau her „I-sehr gut“, „II-ausreichend bis gut“ und „III-sehr bedingt geeignete bis ungeeignete“ Blähtone nach ROSENBERGER (1969).

### **Technologische Voraussetzungen**

Die Materialaufbereitung (z.B. Haldenlagerung, „Mauken“) zählt zu den entscheidendsten technologischen Voraussetzungen, die das Blähverhalten entscheidend beeinflussen. Weiters stellen Aufheizgeschwindigkeit, Maximaltemperatur und Ofenatmosphäre beim Blähprozeß einen entscheidenden Einfluß dar. Der Sinter- und Schmelzpunkt sollen nah beieinander liegen und aus wirtschaftlichen Gründen 1200°C nicht wesentlich überschreiten.

## **3. Geologischer Rahmen der untersuchten Lagerstätten**

Derzeit baut die Fa. LECA in der Südoststeiermark jüngst miozäne bis pliozäne Feinklastika folgender Lagerstätten ab:

- \* Burgfeld, S Fehring
- \* Hangendsedimente der Basaltlagerstätte Klöch
- \* Mataschenfeld, SW Fehring

Die Einbindung dieser in den Rahmen des Steirischen Beckens zeigt Abb. 3. Wesentlich für die Ausbildung der abgebauten Sedimente ist das Sedimentationsgeschehen, der basaltische

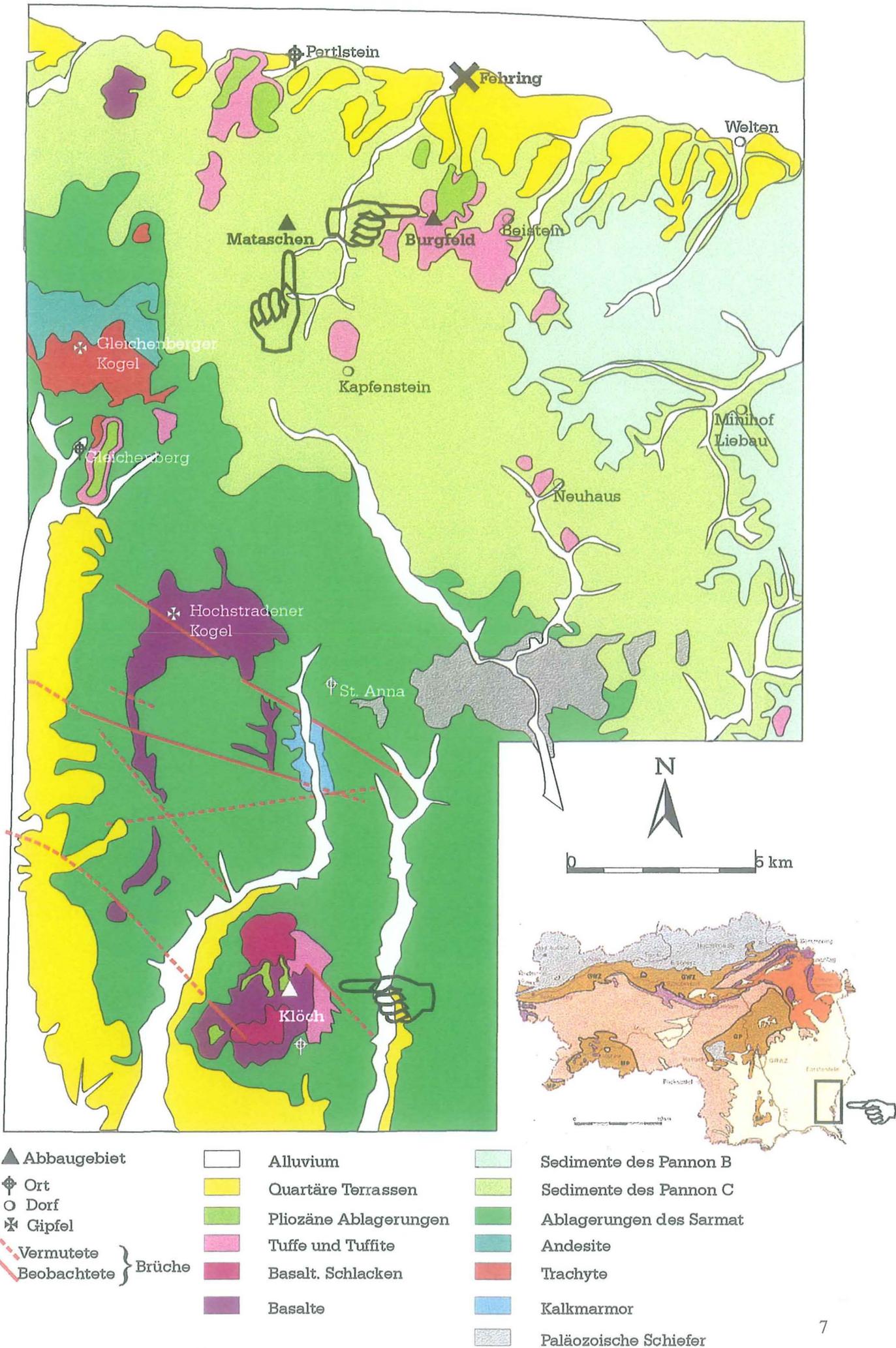


Abb. 3: Geologischer Rahmen der Lagerstätten nach WINKLER (1926).

Vulkanismus und die Landformung vom Pannon bis ins Plio-/Pleistozän (WINKLER HERMADEN, 1957; EBNER & SACHSENHOFER, 1991; FRITZ, 1994).

Das Pannon besitzt im Raum Fehring eine große Flächenausbreitung. Der im Sarmat beginnende Aussüßungstrend setzt sich im Pannon kontinuierlich fort. Lithologisch dominieren über einer Lücke im Pannon A Sande und Tonmergel (Pannon B), zyklisch aufgebaute fluviatil/limnische Abfolgen mit Kiesen, Sanden und Tonen (Pannon C) und Wechselfolgen von Sanden, Ton und Kieslagen (Pannon D, E). Die Schichtfolge ist in Tab. 3 zusammenfassend dargestellt. Phänomenologisch bringt der basaltisch/basanitische Vulkanismus drei große Lavaextrusionen (darunter der Klöcher Schildvulkan) und 30 bis 40 Tuffschlote mit der Bildung von Maaren hervor. Die Basalte werden z.T. von plio-/pleistozänen Terrassensystemen gekappt.

Alter in Ma	Serie	Stufen der Zentralen Parathetys	Unterstufe	Gesteinsabfolgen	Lagerstätte	
1,8	<b>Pliozän</b>	Roman		Basalte, Tuffite Seesedimente	Klöch (Balogh et al., 1994)	
3,8		Daz		Basalte, Basalttuffite, Tuffite Seesedimente	Burgfeld (Pöschl, 1991)	
5,2	<b>Miozän</b>	Pont				
7,1		Pannon	C	D+E	Kohle von Hennersdorf Schichten von Loiperdsdorf und Unterlamm	Mataschen (Lobitzer et al., 1988)
					Fossilarme Hangendschotter Karnerbergerschotter 2. limnische Zwischenserie Kirchbergerschotter 1. limnische Zwischenserie und Kohle von Ilz Kapfensteinerschotter	Mataschen (Vinzenz, 1988)
				B	Fossilarme Tone höheres Schichtpaket tieferes Schichtpaket	Mataschen (Vinzenz, 1994)
				A		
11,6		Sarmat		Schotter, Sandsteine und Tonmergel		
12,8	Baden					
16,5	Karpat		Andesite und Trachyte			
17,2	Ottmang					

Tab. 3: Stratigraphische Abfolge im Steirischen Becken, Raum Fehring/Klöch (nach EBNER & SACHSENHOFER, 1991).

## Burgfeld

Die Lagerstätte Burgfeld, ca. 2 km S Fehring, beinhaltet siltig-tonige Sedimente eines pliozänen Maarkraters, die in Wechsellagerung mit Basaltuffen und Tuffitsandsteinen auftreten (PÖSCHL, 1991). Ringförmig umgeben wird das Maar von einem Wall aus Basaltuffen (-tuffiten).

Die im Burgfeld erschlossene Schichtfolge von ca. 80 m Mächtigkeit beginnt mit pannonischen Feinsanden mit variierendem Ton- und Siltgehalt. Diese werden im unteren Abbaubereich von zum Teil karbonatisch verkitteten Basaltuffen überdeckt. Darauf folgen Ablagerungen von vulkanischen Asche- und Schlammströmen (Lahare) und zuletzt Sedimente eines ruhigeren Ablagerungsmilieus [lokal begrenzte Seen und Überschwemmungsebenen (VINZENZ, 1988)].

Das im Detail beprobte Profil ist im Anhang (Beil. 1) dargestellt. Die Wellenrippel am Top der Sandlagen (im Abschnitt B1-3 und B2-2) deuten auf eine Veränderung des Strömungsregims hin. Die tuffitischen Sandsteine im Abschnitt B3-2 und B3-3 werden durch PÖSCHL (1991) und VINZENZ (1994) als subaquatische Lahare interpretiert. Sie stammen wahrscheinlich von abgelagerten Tuffiten bzw. Tephra am Kraterrand, die vom steilen Kraterrand in den See abglitten.

In Analogie zu bestehenden Faziesmodellen (WRIGHT et al., 1980) dürfte die Lamination der cm-dicken, tonig/siltigen Schichten mit mm-dicken feinsandigen Lagen saisonal bedingt sein. Von den steilen Kraterrändern rutschten zusätzlich unverfestigte Pyroklastika und prävulkanischen Sedimente in den See. Im Sommer kommt es zur Erwärmung, was zu einem verstärkten Ausfall von Karbonat führt. Der vorhandene organische Kohlenstoff wird auf den Eintrag von Blättern, Schilf und Holzresten zurückgeführt. In Abb. 4 werden die Karbonat-, TOC- und S-Gehalte der Lagerstätte Burgfeld dargestellt.

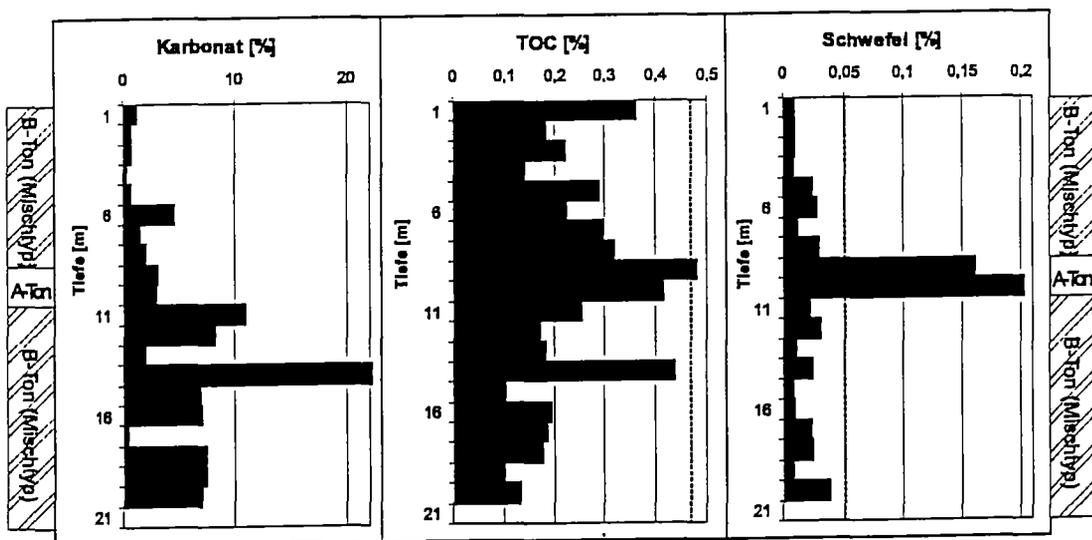


Abb. 4: Darstellung des gesamten Burgfeldprofils mit Karbonat-, TOC- und S-Gehalt. Die strichlierten Linien stellen die Grenzwerte für HS- und NS-Tone dar (0,47% TOC und 0,05% S).

## Mataschen

Die Lagerstätte Mataschen befindet sich etwa 6 km SW Fehring. Sie zeigt Ablagerungen des Pannons, die in vier Einheiten unterteilt werden (VINZENZ, 1994):

1. Hangendschichten (bräunlich-graue, fein-bis mittelkörnige Sande),
2. Oberbank (graue bis mittelgraue, sandige Tone),
3. Unterbank (feinkörnige, einheitliche, häufig graublaue Tonmergel, die gegen das Liegende inkohlten Detritus und damit verbunden eine leicht bräunliche Färbung aufweisen),
4. Liegendschichten (psammitische Serie mit einem Feinkieshorizont und stark siltigen Tonen).

Ein Profil durch die Lagerstätte läßt die zunehmende Verbrackung des Ablagerungsraumes von der Unterbank mit den graublauen, fossilreichen Tonmergeln bis zu den Hangendschichten mit feinkörnigen Sanden verfolgen. In der Unterbank treten Congerien-Melanopsidenassoziationen und Ostracoden auf, die charakteristisch für die Aussüßung eines ehemals marinen Raumes sind (VINZENZ, 1988). Die Oberbank weist keine Fossilien mehr auf, nur inkohlte Pflanzenhäcksel. Sie wird zunehmend sandiger.

Das Alter der Lagerstätte ist umstritten, VINZENZ (1988) ordnete sie erst dem Pannon C und dann (VINZENZ, 1994) dem Pannon B zu. Stratigraphische Untersuchungen von LOBITZER et. al. (1988) weisen die Ablagerungen aufgrund der Lamellibranchiaten- und Ostracodenfauna dem Pannon D/E zu.

### Fossilführung (vgl. LECA-Infomappe):

- \* Foraminifera (*Ammonia beccarii*, *Gyrodinia soldanii*, *Melonis pompilioides*, *Elphidium listeri*, *Creatocancris haueri*)
- \* Schwammnadeln
- \* Gastropoda (*Melanopsis bouei*)
- \* Bivalvia (*Congeria neumayri*, *Limnocardium* sp.)
- \* Ostracoda (*Pontoniella unguiculus*, *Cyprideis heterostigma obsea*, *Cyprideis heterostigma heterostigma*, *Cytheromorpha lacunosa*, etc.)
- \* Echinodermata
- \* Pisces: Zähne, div. Knochen, Schuppen, Otolithen
- \* Reptilia: Testudinata: *Clemmysopsis turnauensis*
- \* Algae: Chlorophyta: *Botryococcus braunii*
- \* Pollen und Sporen (Pteridophyten: *Osmunda*, *Pteris*; Gymnospermen: *Glyptostrobus europaeus*, *Taxodium distichum*; Angiospermen)
- \* Monokotylen: *Phragmites*
- \* Dikotyledonen: *Juglans*, *Cinnamomum*, *Myrica*, *Salix*.

Das im Detail beprobte Profil ist im Anhang (Beil. 2) dargestellt.

Es handelt sich in Mataschen um einen offenen Seensystem, das sich in einem aussüßenden Meeresbereich gebildet hatte. Starke jahreszeitlich kontrollierte Bioproduktivität erzeugte die Lamination des Sediments. Das brackische Ablagerungsmilieu im Liegenden mit allmählicher Aussüßung gegen das Hangende läßt sich auch an den Karbonat-, S- und TOC-Gehalten nachvollziehen (Abb.5).

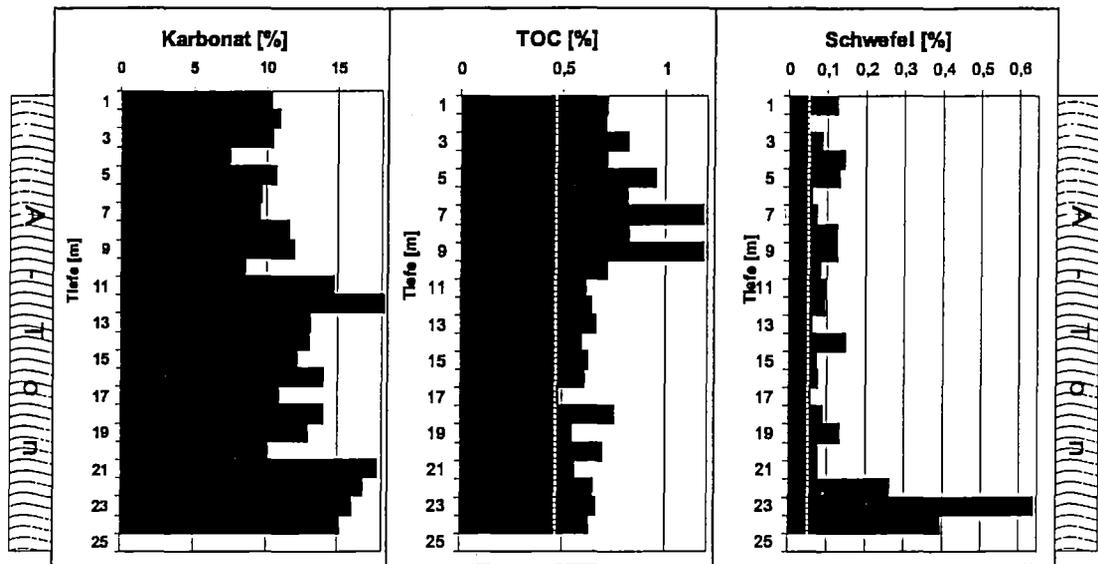


Abb. 5: Karbonat-, TOC- und S-Gehalte im Profil der Lagerstätte Mataschen. Die strichlierten Linien stellen die Grenzwerte (0.47% TOC und 0.05% Schwefel dar).

## Klöch

Die Lagerstätte Klöch liegt ca. 2 km N Klöch. Die von der Fa. LECA abgebauten, etwa 15 m mächtigen, rötlich-gelb gefärbten, tonig-siltigen Sedimente lagern beginnend mit einer „Verwitterungsschwarte“ auf Basalten des Klöcher Kraterkessels. Bei dem im Pliozän herrschenden subtropischen Klima wurden die Basalte unter einer Denudationsfläche örtlich bis zu 15 m tief in Roterden („Basaltwackentone“ mit Basalteisensteinen) umgewandelt. Darüber lagern glimmerreiche Aulehne eines ausgeprägten Terrassenflursystems (Winkler-Hermaden, 1955).

Den nördlichen Teil des unterlagernden Vulkanmassivs bildet der Kindsbergkogel, ein Aufschüttungskegel aus Schlacken und Tuffen. Im S erstreckt sich der Kesselkrater des Seindls, der mit Nephelinbasaniten sowie Schlacken- und Tuffhorizonten gefüllt ist. Die Basalte von Klöch sind als Säulenbasalte, auch Sonnenbrenner (typisch für Nephelinbasanite), massige Partien und bankige Typen ausgeformt, deren K/Ar-Alter mit  $2,6 \pm 1,2$  Ma datiert wurde (BALOGH et al., 1994).

Das im Detail beprobte Profil ist im Anhang dargestellt (Beil. 3).

Über Basalttuffen im Liegenden befindet sich an der Basis der „Verwitterungsschwarte“ roter Ton in Wechsellagerung mit gelblichem Ton. Diese Wechsellagerung kann aufgrund der Lamination als Anfangsstadium eines Sees im Überschwemmungsbereich eines mäandrierenden Flusssystemes angesehen werden. Die feinklastischen Ablagerungen sprechen für einen derartigen flachen See in einer Senke über dem Vulkanmassiv. Der See schnürt sich bald vom Flußsystem ab, da in den oberen Bereichen (von K3 bis K12) keine Lamination mehr erkennbar ist. Er wird hauptsächlich von meteorischen Wässern gespeist, die in der über

Basalten gebildeten Wanne nicht abfließen können. Das fast völlige Fehlen von organischem Kohlenstoff ist vermutlich im Zusammenhang mit fehlender Bioproduktivität zu sehen.

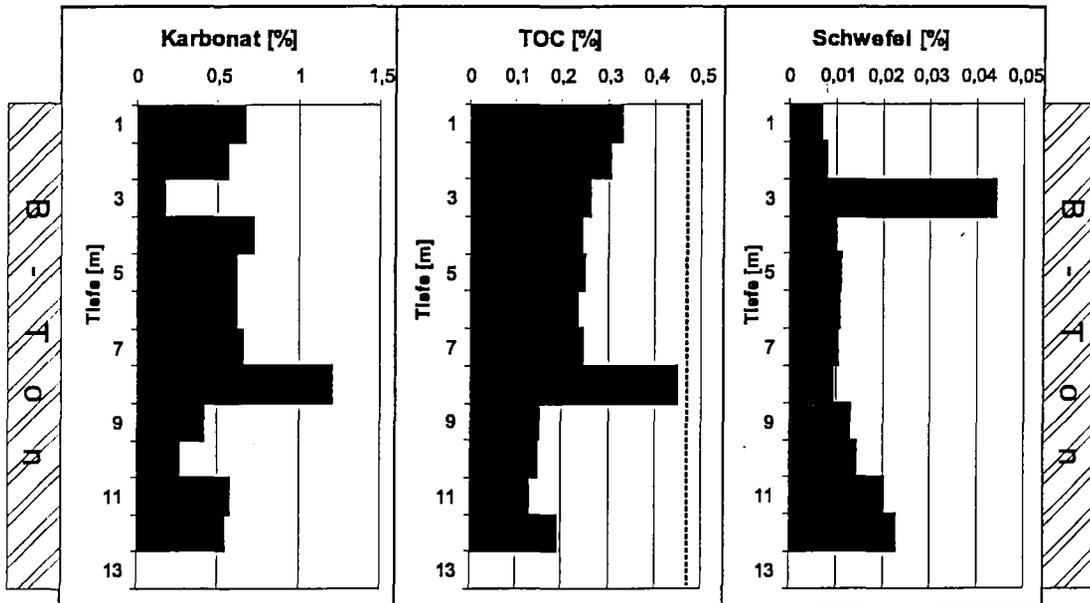


Abb. 6: Darstellung des gesamten Klöchprofils mit Karbonat-, TOC- und S-Gehalten. Die strichlierte Linie stellt den Grenzwert für HS- und NS-Tone (0,47% TOC und 0,05% ) dar.

#### 4. Untersuchungsmethodik

##### *Probennahme*

Die Probennahme erfolgte in vertikalen Profilschnitten (vgl. Beil. 1-3) durch die Lagerstätte mit repräsentativer Beprobung jedes Profilmeters. Insgesamt wurden 56 Proben (D-Proben) zu je 2 kg entnommen. 24 Proben stammen aus der Lagerstätte Mataschen (Bezeichnung M 1- 1 = oberster Probenmeter der obersten Etage bis M 5-4 = unterster Probenmeter der untersten Etage). 20 Proben wurden der Lagerstätte Burgfeld mit der Bezeichnung B 1-1 (unterster Probenmeter der untersten Etage) bis B 4-6 (oberster Probenmeter der obersten Etage) entnommen. 12 Proben sind aus Klöch (K1 = unterster Probenmeter bis K12 = oberster Probenmeter). In der Lagerstätte Mataschen wurde Probenmaterial aus der Oberbank als Mataschen (Mat.) und Material aus der Unterbank als Mataschen Tiefgang (Mat.Tfg.) bezeichnet. Die Proben der Lagerstätte Burgfeld wurden mit Bgfd. und die der „Verwitterungsschwarte“ von Klöch mit Klöch bezeichnet.

##### *Probenaufbereitung*

Alle Proben wurden mit einer Handmühle im Labor der Fa. LECA homogenisiert und in 2 Hälften geteilt. Eine Hälfte wurde von der Fa. LECA für Blähversuche, die andere Hälfte für unsere Laboruntersuchungen verwendet.

### ***Korngrößenanalyse***

Kornklassen über 63µm wurden durch Nasssieben, die Fraktionen unter 63µm durch Fotosedimentometer Lumosed, Zentrifuge, Kapillarpyknometer und Laser-Partikel-Sizer ermittelt. Da bei einzelnen Methoden in der quantitativen Bestimmung der Fraktionen < 63 µm Unterschiede auftreten, wurde eine Eichung mit der Kapillarpyknometermethode durchgeführt.

### ***Kohlenstoff-Schwefel-Analysen***

Nach der LECO-Methode lassen sich sowohl karbonatisch als auch organisch gebundener Kohlenstoff- und Schwefel-Gehalt eines Gesteins messen. Mit dem TOC-Gehalt (=Total Organic Carbon) sind erste Aussagen über das Kohlenwasserstoff-Potential eines Sedimentes zu treffen. Der Schwefel-Gehalt kann in Kombination mit dem TOC-Gehalt Auskunft über die primären Ablagerungsbedingungen geben.

### ***Rock-Eval-Pyrolyse***

Die Rock-Eval-Pyrolyse ist eine Methode zur raschen Bestimmung des Kohlenwasserstoffpotentials, der thermischen Reife, sowie des Typs des organischen Materials in einem Sedimentgestein. Die Untersuchung der Proben erfolgte nach der Methode von ESPITALIE et al. (1977).

### ***Röntgendiffraktometrie (RDA)***

Die qualitative Bestimmung des *Gesamtmineralbestandes* erfolgte mit dem Röntgendiffraktometer. Jede Probe wurde davor bei 50°C mehrere Tage getrocknet und danach mit einer Achatmühle analysenfein (8-20 µm) gemahlen. Die Abschätzung der quantitativen Verhältnisse erfolgte durch Vergleich der Peakhöhen der Hauptreflexionen.

Die *Tonmineralogie* wurde an Proben kleiner 2 µm, die durch die Atterberg Methode gewonnen wurden, röntgenographisch ermittelt. Dazu wurden Präparate mit einer kontrollierten Belegdichte von 1 mg/cm<sup>2</sup> hergestellt. Diese Präparate wurden zunächst im luftgetrockneten Zustand analysiert. Anschließend wurden die Präparate in ein Glykolbad gelegt und nach 24 Stunden nochmals analysiert. Die Identifizierung der Tonminerale und Smektitanteile in den Mixed-Layer-Mineralen erfolgte nach der Methode von MOORE & REYNOLDS (1989).

### ***Anorganische Geochemie***

Haupt- und Spurenelementanalysen wurden von der Fa. Actlab Inc. (Toronto, Canada) durchgeführt.

### ***Quantifizierung des Modal-Mineralbestandes***

Die Quantifizierung des Modalbestandes der Mineralphasen erfolgte durch die Kombination der Röntgendiffraktometrie und chemischer Analytik nach dem Verfahren von PAKTUNC (1998).

### Blähversuche

Zur qualitativ/quantitativen Erfassung der Bläheigenschaften wurden z.T. unter Zugabe von Bläh-Hilfsmitteln im Werklabor der Fa. LECA Fehring Blähversuche bei 1180°C bzw. 1200°C von durchgeführt. Die Auswertung der KRD des Blähtongranulates erfolgte durch Volumsbestimmung mittels Eichsand in einem 100 ml Meßzylinder bei konstanter Schlagzahl von 20 Schlägen und Gewichtsbestimmung mittels Laborwaage in g/cm<sup>3</sup>.

### Statistische Datenverarbeitung

Zur Bestimmung der Einflüsse auf das Blähverhalten der Rohstoffe wurden die Analysenergebnisse statistisch ausgewertet. Als Werkzeuge dazu dienten univariate (Korrelationsanalyse, Mittelwertvergleiche durch parametrische und nichtparametrische Tests) und multivariate (Faktorenanalyse, Regressionsanalyse, Verteilungsanalyse mittels Boxplot-Diagramme und Diskriminanzanalyse) Verfahren.

## 5. Ergebnisse der Probenuntersuchung

Folgend werden die Mittelwerte der Analysenergebnisse angegeben. Im Normfall ist es nicht sinnvoll, Mittelwerte verschiedener Gesteine zu nennen. Im vorliegenden Fall ist eine Mittelung jedoch angebracht, da das wirtschaftlich genutzte Material über weite Teile der Lagerstätte gemischt gewonnen wird. Probennahme und Untersuchungen waren strikte auf die Gewinnungs- und Produktionsverhältnisse und nicht auf die geologischen Gegebenheiten ausgerichtet.

### Korngrößenanalytik

Die Anteile an den Kornklassen jeder Probe wurden auf 100% normiert. Die Mittlere Korngrößenverteilung wurde für jede Lagerstätte separat dargestellt (Abb. 7). Die Proben des Mataschen Tiefganges weisen neben den Klöchproben den höchsten Ton-Gehalt auf. Der geringste Sand-Anteil tritt in den Mat.Tfg.-Proben auf. Klöch-Proben zeichnen sich durch den geringsten Silt-Anteil auf. Die prozentuellen Anteile an den 3 Kornklassen jeder Probe sind in Tab.A/1 (im Anhang) aufgelistet.

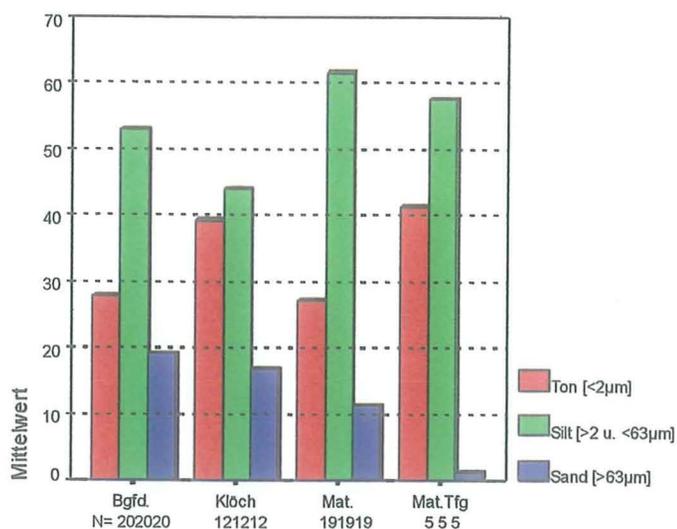


Abb. 7: Mittlere Korngrößenverteilung getrennt nach Lagerstätten (= X-Achse). Die Mittelwerte sind in % auf der Y-Achse aufgetragen; N = Anzahl der Proben.

### Mineralbestand

Folgende Mineralphasen wurden festgestellt:

Quarz, Alkalifeldspat, Plagioklas, Karbonat, Calcit, Dolomit, Illit/Muskovit, Kaolinit, Chlorit, Paragonit, Pyrit. Ihre quantitative Verteilung zeigt Abb. 8 und Tab. A2.

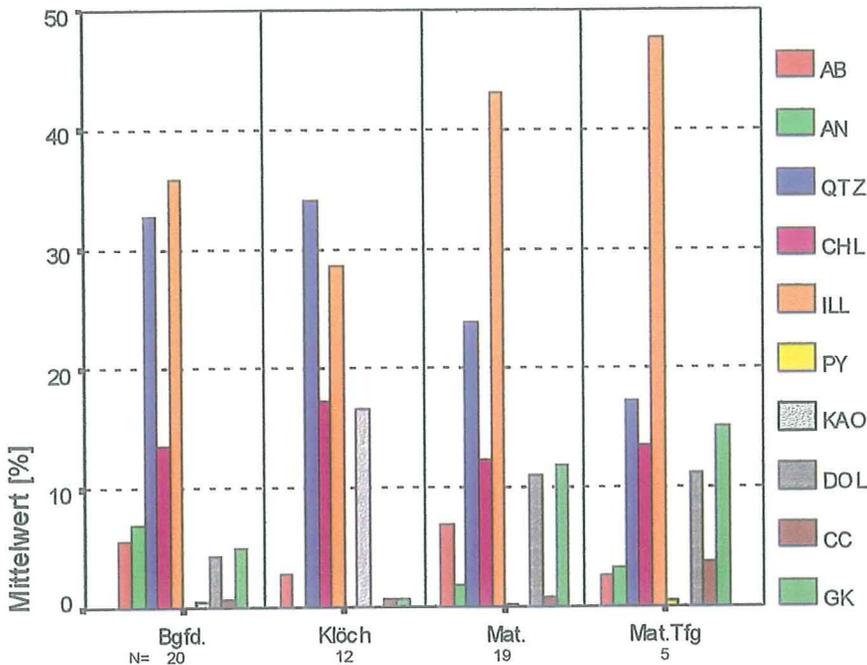


Abb. 8: Mittlerer Mineralbestand getrennt nach Lagerstätten (= X-Achse). Die Mittelwerte sind in % auf der Y-Achse aufgetragen; N = Anzahl der Proben.

Abkürzungen: AB Alkalifeldspat, AN Plagioklas, GK Karbonat, CC Calcit, DOL Dolomit, ILL Illit/Muskovit, KAO Kaolinit, CHL Chlorit, PARA Paragonit, PY Pyrit.

Vorwiegend ist in jeder Lagerstätte Illit/Muskovit enthalten, nur in Klöch tritt Quarz an die erste Stelle. Proben von Klöch enthalten am wenigsten Illit /Muskovit. Den dritthöchsten Anteil bildet Chlorit (Ausnahme Klöch). Hier ist Kaolinit (18 %) der dritthöchste Anteil. Kaolinit fehlt in Mataschen.

Bei den Karbonaten tritt in Klöch nur Calcit in Erscheinung, im Burgfeld ist hauptsächlich Dolomit vertreten. In Mataschen bildet Dolomit ebenfalls den Hauptanteil der Karbonate. Der höchste Karbonatgehalt wurde in Mataschen festgestellt.

Plagioklas ist nur wenig vertreten; der Alkalifeldspat tritt bei allen Proben, bis auf die Burgfeld-Proben, etwas stärker auf.

### Tonmineralogie

Da festgestellt wurde, dass die Tonmineralogie ± gleich bleibt, wurde sie nur an folgenden Proben bestimmt: B1-2, B2-2, B3-3, B3-7, B4-3, M 1-3, M2-3, M3-3, M4-3, M5-2, K3, K6, K10.

Diskreter Smektit tritt - mit Ausnahme der Klöchprobe K6, sie zeigt als einzige Probe keinen Illit - in allen Proben auf. Der Smektit-Anteil variiert von 0 - 40%; in Mataschen tritt der

höchste Anteil an Mixed-Layer-Mineralen auf. Die Tonmineralphasen der untersuchten Proben sind in Tab.4 angeführt.

Probe	Abbau	5	6-8	10	15	Sm	I/Sm	Chl	Ill
		[°]	[°]	[°]	[°]	%S	%S		
B1-2	Bgfd.	17,67	11,63			100	+	-	++
B2-2	Bgfd.	16,83	12,03	8,5		90-100	+	>10	+
B3-3	Bgfd.	17,33	12,63	8,75		80	+	20	+
B3-7	Bgfd.	17,33	12,1	8,5	5,64	90-100	++	>10	+
B4-3	Bgfd.	17,67	11,86	8,63		90	++	10	+
Mat 1-3	Mat.	17,67	12,81	+		100	+	-	+
Mat 2-3	Mat.	16,99	11,63	8,88		60	+	40	++
Mat 3-3	Mat.	17,67	13,1	8,63		90	-	10	++
Mat 4-3	Mat.	16,99		8,67	5,58	80	+	20	++
Mat 5-2	Mat.Tfg	17,16	12,71	8,72	5,57	80	+	20	++
K 3	Klöch	17,67		+		100	-	-	+
K 6	Klöch	+					-	-	-
K 10	Klöch	17,67	12,19	+		100	-	-	+

++	stark angereichert
+	angereichert
-	abgereichert
0	nicht vorhanden

Spalte 3-6: Winkelpositionen der Minerale

5	Smektit
6-8	Illit-Smektit-Mixed-Layer
10	Illit
15	Smektit (2.Basispeak)

Sm	Smektit
I/Sm	Illit-Smektit-Mixed-Layer
%S	Smektitanteil in %

Tab. 4: Tonmineralbestand der untersuchten Proben.

### Geochemie

Bei den Hauptelementen dominiert in allen Probengruppen der SiO<sub>2</sub>-Gehalt, der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt zwischen 17 und 18%. Die größten Gehalte an flüchtigen Stoffen (LOI) wurden im Mataschen Tiefgang festgestellt. Der Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Anteil ist in Klöch vergleichsweise am höchsten (10%, sonst 7 – 8 %), der CaO-Anteil jedoch am geringsten. K<sub>2</sub>O tritt am meisten in Mataschen auf. TiO<sub>2</sub> verzeichnet den höchsten Anteil in Klöch. Die Hauptelementverteilung jeder Probe ist aus Abb. 9 und Tab.A3 ersichtlich.

Bei den Spurenelementen (Abb. 10, Tab. A4) zeigen Proben aus Klöch den geringsten Ba- und Sr-Gehalt, jedoch den höchsten Zr- und V-Gehalt. Der Gehalt an analysierten Spurenelementen (Ba, Zr, V, Sr, Y, Sc, Be) jeder Probe ist aus Abb. 10 und Tab. A4 ersichtlich.

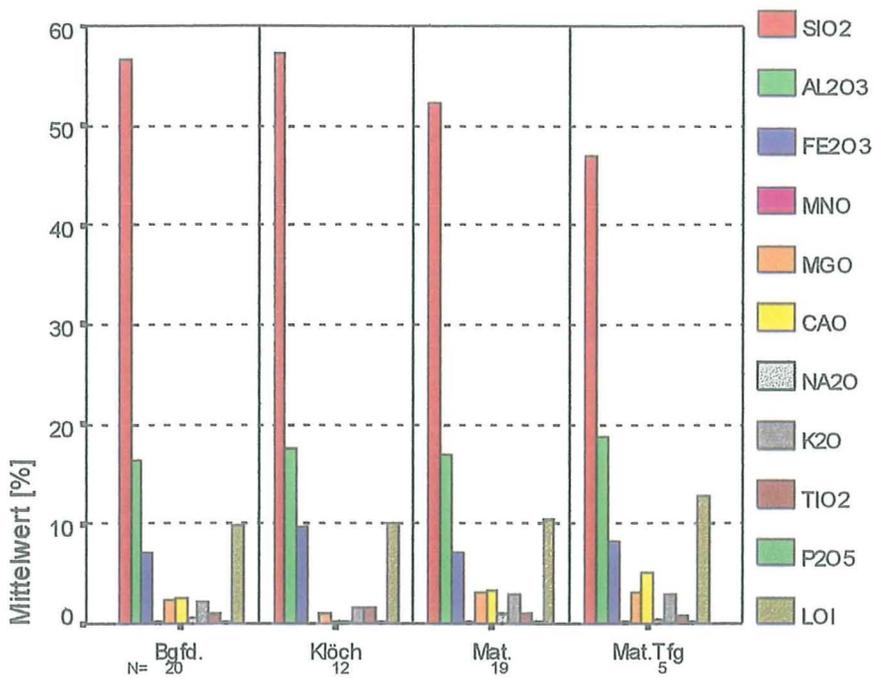


Abb. 9: Hauptelementgehalte getrennt nach Lagerstätten (= X-Achse). Die Mittelwerte sind in % auf der Y-Achse aufgetragen; N = Anzahl der Proben.

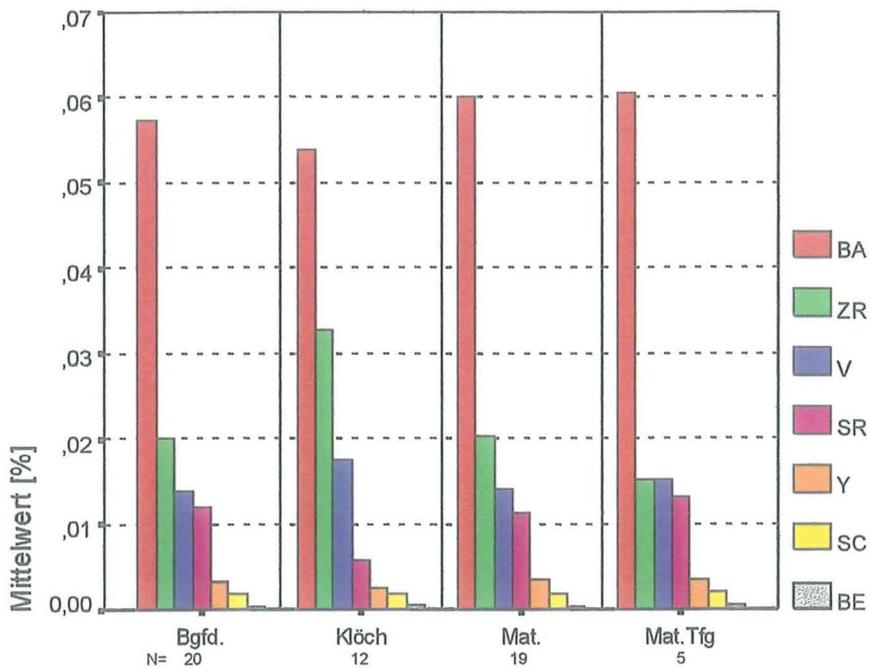


Abb. 10: Spurenelementgehalte getrennt nach Lagerstätten (= X-Achse). Die Mittelwerte sind in % auf der Y-Achse aufgetragen; N = Anzahl der Proben.)

### ***Kohlenstoff-Karbonat und Kohlenstoff-Schwefel-Gehalte***

Die Ergebnisse der Kohlenstoff-Schwefel(LECO-)Analyse sind in den Karbonat/TOC- (Abb. 11) und S/TOC- (Abb. 12) Diagrammen nach RICKEN (1993) und Tab. A5 dargestellt.

#### Karbonat/TOC-Beziehung:

Mit dem Diagramm in Abb.11 lässt sich der Depositionstyp (karbonatisch, siliziklastisch oder organisch kontrolliert) ableiten:

- Eine negative Korrelation des Karbonatgehalts mit dem TOC-Gehalt wird durch Änderungen in der Karbonatsedimentation hervorgerufen. In diesem Fall schneidet die Korrelationsgerade die Karbonatachse bei 100%.
- Wenn der klastische Anteil die variable Fraktion darstellt, ist die Korrelation Karbonat/TOC-Gehalt positiv. Hier schneidet die Korrelationsgerade die Karbonatachse bei 0%.

Je steiler die Gerade ist, desto größer war die ursprüngliche Sedimentationsrate.

Im Mataschen Tiefgang und einem Teil des Burgfeldes (B1-1 bis B3-3 und B4-6, = unterer Abbaubereich der Etagen 1 bis 3a) ist eine karbonatische Verdünnung feststellbar (vgl. Abb. 11). Der obere Burgfeldbereich (obere Hälfte der 3b. bis 4. Etage) wurde siliziklastisch verdünnt, ebenso die Lagerstätte Klöch.

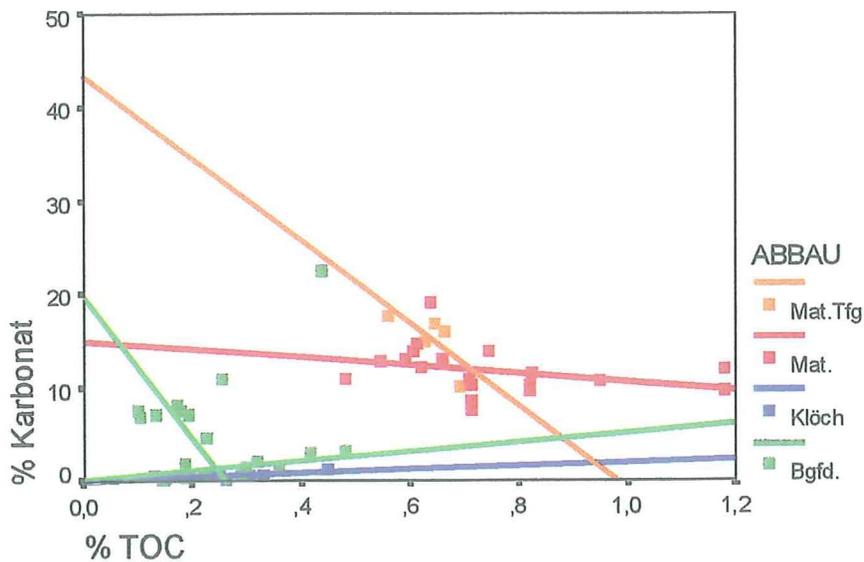


Abb.11: Karbonat/TOC-Diagramm der untersuchten Proben.

#### Schwefel/TOC-Gehalt-Beziehung:

Aus den Positionen der einzelnen Proben im S/TOC- Diagramm (Abb. 12) ist auf die primären Ablagerungsbedingungen zu schließen. Nur wenige Proben entstammen dem normal marinen Bereich [3 von 5 Mataschen-Tiefgang (M5-2 bis M5-4) und die Burgfeldprobe B3-4. Die restlichen Mataschen Tiefgang Proben M4-5 und M5-1, die Proben aus Mataschen M1-1, M1-4, M1-5, M2-4, M2-5, M3-4 und M4-4, von Burgfeld B3-5 und Klöch liegen im

Süßwasserbereich. Die höchsten TOC- und Schwefel-Gehalte treten in Mataschen auf. Die Daten der C/S-(Leco) Analyse sind vollständig in Tab.A5 angeführt.

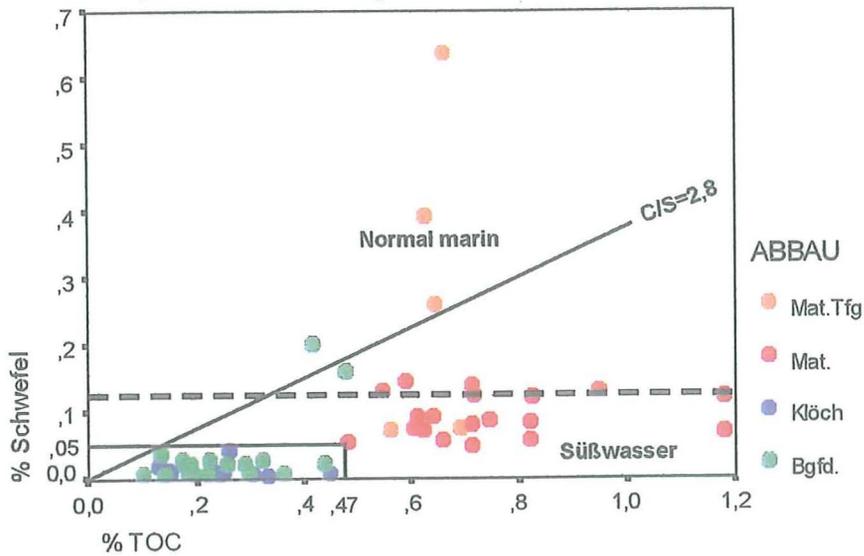


Abb. 12: S/TOC-Diagramm der untersuchten Proben.

### Rock-Eval-Pyrolyse

Alle untersuchten Proben liegen entlang des Kerogenentwicklungspfad III (= Abstammung von höheren Landpflanzen). Die Proben aus dem Mataschen Tiefgang M5-2 bis M5-4 plotten etwas näher zum Kerogentyp II-Pfad, werden jedoch noch dem Typ III zugeordnet. Ein Ausreißer vom Burgfeld weist Werte knapp bei 1400 mg CO<sub>2</sub>/g TOC und 140 mg KW/g TOC auf (nicht in Abb. 13 dargestellt). Die Wasserstoffindizes der untersuchten Proben sind zu gering, um weiter verarbeitet zu werden. Das Ergebnis der Rock-Eval-Pyrolyse ist vollständig in Tab.A5 angeführt.

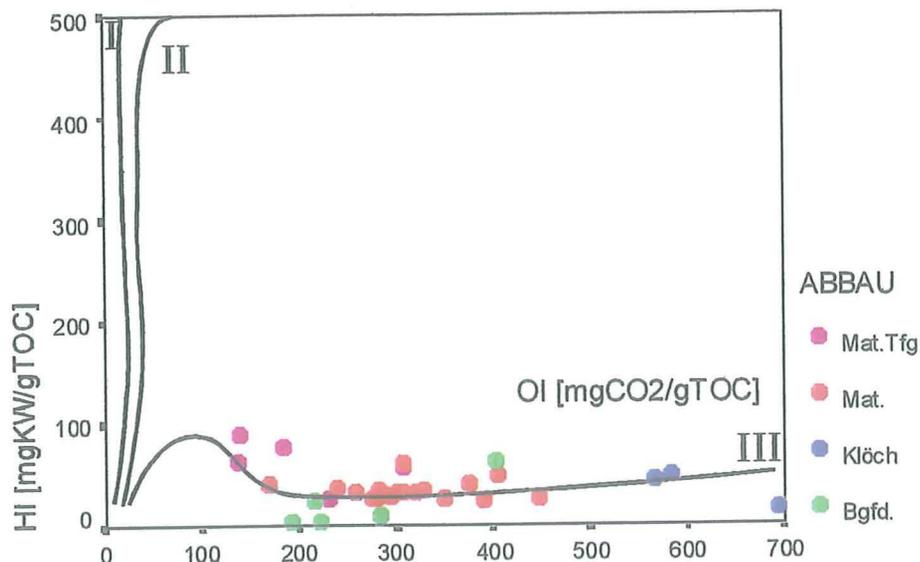


Abb. 13: Kerogentyp-Bestimmung der untersuchten Proben.

### ***Blähversuche***

Das Ergebnis der Blähversuche ist in Form von KRD in g/cm<sup>3</sup> nach dem Brand bei Brenntemperaturen von 1180°C und 1200°C sowie den 3 verschiedenen Kiefernölpechzusätzen 0.3% 0.5% und 0.7% in Tab. A6 aufgelistet.

## **6. Tontypen der untersuchten Lagerstätten**

Die Bezeichnung „Ton“ im sedimentologischen Sinn einer Korngrößenbezeichnung ist für die untersuchten Rostoffe falsch, da hohe Silt- und Sand-Anteile auftreten. Da bei der industriellen Blähproduktherstellung für die verwendeten Rohstoffe traditionell jedoch der Begriff „Ton“ (Blähton) verwendet wird, wird am Begriff „Ton“ als Rohstoffbezeichnung beibehalten. Aufgrund des TOC-, Karbonat- und S-Gehaltes ist eine Unterteilung der analysierten Feinklastika in 2 „Tonkategorien“ möglich:

### HS-Tone:

„Tone“ mit einem (hohen) Schwefelgehalt > 0.05% und einem TOC-Gehalt > 0.47%.

### NS-Tone:

„Tone“ mit einem (niedrigen) Schwefelgehalt < 0.05% und einem TOC-Gehalt < 0.47%.

Die als „HS-Tone“ bezeichneten Proben plotten in Abb. 12 sowohl im normal-marinen Bereich als auch im Grenzbereich Süßwasser/marin (= hoher TOC- und relativ geringer S-Gehalt) des aussüßenden Brackwasser Bereiches. Dabei handelt es sich um sämtliche Mataschen- und die zwei Burgfeldproben (B3-4 und B3-5).

Die Mataschen Tiefgangproben M5-2 bis M5-4 wurden im normal-marinen Raum abgelagert. Nach VINZENZ (1994) werden diese der „Unterbank“ zugeordnet, die bei zunehmender Verbrackung abgelagert wurde. Die übrigen Mataschen Tiefgang M4-5 und M5-1 und Mataschenproben M1-1, M1-4, M1-5, M2-4, M2-5, M3-4 und M4-4 befinden sich nahe der Korrelationsgeraden für marine Sedimentationstypen. Die restlichen Mataschenproben plotten nahe der Grenze Süßwasser/mariner Bereich. Diese Proben werden nach VINZENZ (1994) der „Oberbank“ zugehörig betrachtet (vgl. Abb. 12).

B3-4 gehört zum normal-marinen Ablagerungstyp, B3-5 plottet nahe der Korrelationsgeraden für marine Sedimentationstypen (vgl. Abb. 12). Im Profil des Burgfeldes ist die Faziesänderung in dem Abschnitt von B3-4 bis B3-5 ebenfalls nachvollziehbar. In diesem Bereich weisen die Proben ein dem Mataschen Tiefgang ähnliches Aussehen auf (blaugrauer, dichter Ton).

Im Karbonat/TOC-Gehalt-Diagramm (Abb. 11) ist dies ebenfalls erkennbar. Die Mataschen Tiefgang-Proben weisen eine karbonatisch kontrollierte Deposition auf; die Ablagerung der anderen Mataschenproben wurde wesentlich weniger karbonatisch verdünnt. Bei den Proben vom Burgfeld lassen sich 2 Populationen feststellen: eine siliziklastisch und eine karbonatisch kontrollierte.

Die „NS-Tone“ liegen in Abb. 12 im Süßwasserbereich (= niedrige TOC- und S-Gehalte). Dazu zählen die Proben von Klösch und einige von Burgfeld. Im Karbonat/TOC- Diagramm (Abb. 11) stellen diese Proben einen siliziklastisch kontrollierten Depositionstyp dar.

Im Burgfeld läßt sich ein Teil der Proben nicht eindeutig klassifizieren. Die Proben B1-1 bis B3-3 und B4-6 gehören zwar zur karbonatisch kontrollierten Deposition, weisen aber keinen S-Gehalt über 0.05% und keinen TOC-Gehalt über 0.47% auf. Sie stellen einen Mischtyp dar.

## 7. Statistische Datenauswertung

Mit Hilfe statistischer Verfahren wurde versucht, die Rohstoffparameter (Variablen) herauszuarbeiten, die einen entscheidenden Einfluß auf das Blähverhalten ausüben. Dazu wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

1. Die Variablen (=Analysergebnisse, Tab. 5) werden mittels *Kolmogorov-Smirnov-Test* auf ihre Normalverteilung untersucht.
2. Mittels *Korrelationsanalyse* wird festgestellt, welche Variablen mit positivem oder negativem Blähvermögen zusammenhängen.
3. Die *Faktoren(=Hauptkomponenten)analyse* untersucht, welche Hauptkomponente das Blähverhalten vorhersagt.
4. Die gebrannten Proben werden aufgrund ihres Blähvermögens in 2 oder mehrere Gruppen aufgeteilt. Dazu wird aufgrund der vorhergehenden Schritte ein *Grenzwert* bestimmt, der die Daten signifikant trennt.
5. Bei Normalverteilung, läßt sich ein *parametrischer Mittelwertvergleich (T-Test)* zur Überprüfung signifikanter Unterschiede verwenden. Ist keine Normalverteilung vorhanden, wird ein *nichtparametrischer Test (U-Test)* angewandt.
6. Bei signifikanten Unterschieden der Variablenausprägung, läßt sich die in Punkt 4 getroffene Gruppeneinteilung zu weiteren Analysen verwenden. Wenn nicht, muß eine neue Gruppeneinteilung bestimmt werden.
7. Mit der *Diskriminanzanalyse* wird untersucht, ob sich die derart aufgeteilten Proben anhand der Variablen wieder den selben Gruppen zuordnen lassen. Wenn nicht, muß ein neuer Grenzwert bestimmt werden, um die Daten neu aufzuteilen.
8. Aus den aus vorangegangenen Schritten gewonnenen Erkenntnissen wird der *Einfluß der Variablen (Rohstoffparameter) auf das Blähvermögen* evaluiert.

Zur statistischen Datenauswertung wurden die Ergebnisse der C/S-Analyse, der geochemischen Haupt- und Spurenelementanalyse, der Korngrößenanalyse, der Blähversuche und der Modalbestand der Mineralphasen herangezogen. Die Rock-Eval-Analyse und die Tonmineralogie sind für die statistische Datenauswertung nicht verwertbar, da einige Proben aufgrund eines TOC-Gehalts < 0.3% für die Pyrolyse nicht in Betracht kamen und nicht alle

Proben auf Tonminerale untersucht wurden und somit keine vollständige Datenreihen vorhanden sind.

Variable	shortcut	Variable	shortcut
Chlorit	chl	Zirkon	zr
Pyrit	py	Beryllium	be
Kaolinit	kao	Vanadium	v
Calcit	cc	Schwefel	s
Dolomit	dol	Corg.	toc
Gesamtkarbonat	gk	Alkalifeldspat	ab
KRD bei 0.3% KP und 1180°C	KRD0.3/1180	Plagioklas	an
KRD bei 0.3% KP und 1200°C	KRD0.3/1200	Quarz	qtz
KRD bei 0.5% KP und 1180°C	KRD0.5/1180	Illit bzw. Muskovit	ill
KRD bei 0.5% KP und 1200°C	KRD0.5/1200	Scandium	sc
KRD bei 0.7% KP und 1180°C	KRD0.7/1180	Barium	ba
KRD bei 0.7% KP und 1200°C	KRD0.7/1200	Strontium	sr
1/KRD bei 0.3% KP und 1200°C	KRDrevers	Yttrium	y
SiO <sub>2</sub>	SIO2	K <sub>2</sub> O	K2O
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AL2O3	TiO <sub>2</sub>	TIO2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FE2O3	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P2O5
MnO	MNO	C	C
MgO	MGO	CO <sub>2</sub>	CO2
CaO	CAO	Ton	Ton
Na <sub>2</sub> O	NA2O	Silt	Silt
Summe K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O, CaO, MgO, FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Flußm	Sand	Sand
O(=kein Kaolinit)/ 1(=Kaolinit enthalten)	Kao enthalten	Verhältnis Ton zu Silt	Ton/Silt
		Verhältnis Sand/ Ton und Silt	Sand/ Ton+Silt

Tab. 5: Verwendete Variablen (Rohstoffparameter) und ihre Kurzbezeichnungen (shortcut); KRD = Kornrohdichte).

### ***Kolmogorov-Smirnov-Test auf Verteilungsform***

Die Proben, die keine Normalverteilung aufweisen, sind in Tab. A7 markiert. Über die Hälfte der Variablen weist eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung auf.

### ***Korrelationsanalyse***

In Abb. 14 sind die Zusammenhänge von den Ausgangsvariablen mit den verschiedenen Blähverfahren ersichtlich. Komponenten mit stark negativem Korrelationskoeffizienten weisen einen Zusammenhang mit positivem Blähverhalten (= geringe KRD) auf, die mit positivem Koeffizienten korrelieren negativ (= hohe Kornrohdichte). Für die erhobenen Daten wird der Rangkorrelationskoeffizient nach SPEARMAN (BÜHL & ZÖFEL, 1966) verwendet, da die Variablen nicht normalverteilt sind und diese Methode unempfindlich gegenüber Ausreißern ist.

	AB	AN	QTZ	CHL	ILL	PY	KAO	DOL	CC	FLURM	GK	SiO2	AL2O3
KRD0,3/1180	-0,045	-0,252	0,560	-0,025	-0,781	-0,367	0,477	-0,254	0,093	-0,411	-0,224	0,518	-0,470
KRD0,3/1200	-0,156	-0,220	0,701	0,157	-0,888	-0,537	0,615	-0,476	0,058	-0,583	-0,441	0,629	-0,407
KRD0,5/1180	0,032	-0,438	0,421	-0,056	-0,662	-0,213	0,493	-0,161	0,117	-0,326	-0,134	0,421	-0,427
KRD0,5/1200	-0,005	-0,407	0,532	0,017	-0,750	-0,293	0,582	-0,278	0,081	-0,440	-0,252	0,508	-0,461
KRD0,7/1180	0,003	-0,474	0,404	-0,018	-0,645	-0,196	0,535	-0,184	0,127	-0,344	-0,150	0,403	-0,370
KRD0,7/1200	-0,030	-0,442	0,508	0,039	-0,737	-0,281	0,593	-0,280	0,076	-0,438	-0,253	0,485	-0,398
KRD revers	0,156	0,220	-0,701	-0,157	0,888	0,537	-0,615	0,476	-0,058	0,583	0,441	-0,629	0,407

	FE2O3	MNO	MGO	CAO	NA2O	K2O	TiO2	F2O5	LOI	Barium	Zirkon	Strontium	Yttrium
KRD0,3/1180	-0,040	-0,320	-0,505	-0,295	-0,062	-0,556	0,391	-0,168	-0,331	-0,572	0,596	-0,488	-0,419
KRD0,3/1200	0,074	-0,418	-0,703	-0,448	-0,212	-0,746	0,589	-0,107	-0,383	-0,593	0,664	-0,521	-0,583
KRD0,5/1180	-0,017	-0,294	-0,375	-0,307	0,029	-0,406	0,317	-0,304	-0,324	-0,482	0,620	-0,589	-0,380
KRD0,5/1200	0,009	-0,375	-0,488	-0,377	-0,037	-0,540	0,423	-0,245	-0,392	-0,529	0,658	-0,628	-0,469
KRD0,7/1180	0,017	-0,339	-0,378	-0,335	-0,003	-0,405	0,331	-0,340	-0,308	-0,443	0,635	-0,640	-0,408
KRD0,7/1200	0,045	-0,384	-0,487	-0,403	-0,059	-0,521	0,430	-0,280	-0,358	-0,513	0,672	-0,652	-0,488
KRD revers	-0,074	0,418	0,703	0,448	0,212	0,746	-0,589	0,107	0,383	0,593	-0,664	0,521	0,583

	Scandium	Beryllium	Vanadium	FeO	S	C	TOC	CO2	Ton	Silt	Sand	Sand/(Ton+Silt)	TON/SILT
KRD0,3/1180	-0,586	-0,303	-0,102	-0,040	-0,391	-0,177	-0,199	-0,177	-0,252	-0,333	0,646	0,647	-0,117
KRD0,3/1200	-0,550	-0,319	-0,011	0,074	-0,568	-0,396	-0,405	-0,396	-0,187	-0,509	0,765	0,764	0,010
KRD0,5/1180	-0,520	-0,203	-0,050	-0,017	-0,225	-0,082	0,079	-0,082	-0,242	-0,256	0,553	0,551	-0,133
KRD0,5/1200	-0,579	-0,286	-0,069	0,009	-0,314	-0,200	-0,032	-0,200	-0,259	-0,346	0,642	0,639	-0,118
KRD0,7/1180	-0,479	-0,163	-0,007	0,017	-0,210	-0,096	0,093	-0,096	-0,209	-0,278	0,534	0,532	-0,098
KRD0,7/1200	-0,510	-0,258	-0,026	0,045	-0,305	-0,201	-0,010	-0,201	-0,242	-0,357	0,636	0,634	-0,093
KRD revers	0,550	0,319	0,011	-0,074	0,568	0,396	0,405	0,396	0,187	0,509	-0,765	-0,764	-0,010

Abb. 14: Korrelation zwischen den Ausgangsvariablen und der KRD (Kornrohdichte).

Aus Abb. 14 resultiert eine hohe Korrelation der Ausgangsvariablen mit der KRD bei 0.3% Kiefernölpechzusatz (KÖP) und Brenntemperatur von 1200°C. Bei geringem KÖP-Zusatz zeigt der TOC-Gehalt noch die meiste Relevanz, während der Einfluss des organischen Kohlenstoffs bei höheren KÖP-Zusätzen zunehmend verloren geht und somit laut LEISMANN (1997) ein wichtiger Einflussfaktor ignoriert wird. KRD bei der höheren Temperatur von 1200°C weisen bei jedem KÖP-Zusatz eine bessere Korrelation mit den Analyseergebnissen auf.

Positive Zusammenhänge lassen sich zwischen Illit bzw. Muskovit, K<sub>2</sub>O, MgO, S, Sr und der Blähfähigkeit erkennen. Zr, Sand, Sand/Ton+Silt, TiO<sub>2</sub> und Kaolinit wirken sich hingegen negativ aus.

### Faktorenanalyse

Das Ergebnis der Faktorenanalyse ist in Tab. A8 dargestellt. Die Komponenten der D-Serie lassen sich folgendermaßen beschreiben:

1. Komponente ("Kaolinitkomponente") erklärt 40 % der Gesamtvarianz. Sie beeinflusst das Blähverhalten neutral bis negativ.

- Sie enthält Chlorit, Kaolinit, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bzw. FeO, TiO<sub>2</sub> und Zr,
- ist in der Tonfraktion inkludiert.
- Feldspat (Plagioklas) fehlt, Abreicherung von MgO, Na<sub>2</sub>O und Sr.

2. Komponente ("Illitkomponente") erklärt 23 % der Gesamtvarianz und stellt den stark blähenden Anteil.

- Sie enthält Illit bzw. Muskovit mit den Hauptelementen K<sub>2</sub>O und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- sowie Ba und Sc,

- ist in der Siltfraktion enthalten.
- Die Existenz von Sand und Quarz bzw. SiO<sub>2</sub> ist fast zur Gänze auszuschließen.

3. Komponente („Kohlenstoffkomponente“) erklärt 10 % der Gesamtvarianz. Sie hat keinen besonders großen Einfluß auf das Blähverhalten.

- Sie enthält den organischen und anorganischen Kohlenstoff mit S (Dolomit, Calcit, Gesamtkarbonat, TOC-Gehalt, S, C, CaO, CO<sub>2</sub>, MgO, Pyrit) sowie die Flußmittel und den Glühverlust (LOI).
- Zr ist abgereichert.

Zu beobachten ist, daß C und S immer gemeinsam mit den Flußmitteln auftreten. In der Kaolinitkomponente fällt Kaolinit und Chlorit zusammen mit TiO<sub>2</sub> und Zr in die Tonkategorie. Diese Komponente zeichnet sich durch einen klaren Mangel aus Plagioklas und Sr aus. Quarz bzw. SiO<sub>2</sub> tritt gemeinsam mit Sand und schlechter Blähfähigkeit auf. TiO<sub>2</sub> und Zr hängen ebenfalls mit schlechter Blähfähigkeit zusammen.

### Nichtparametrischer Mittelwertvergleich (U-Test) (Abb. 15)

Da die Überprüfung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test ergab, dass die Variablen nicht normalverteilt sind, wurde ein nichtparametrischer Mittelwertvergleich durchgeführt. Mit dem U-Test werden signifikante Unterschiede der Variablen getestet (Abb. 15). Als optimaler Grenzwert hat sich die Trennung in positives und negatives Blähverhalten bei einer KRD von 0.35 g/cm<sup>3</sup> ergeben. Dieses Ergebnis zeigt eine befriedigende Anzahl von signifikanten Unterscheidungsmerkmalen, womit eine weitere Verwendung des Grenzwertes von 0.35 /cm<sup>3</sup> KRD sinnvoll erscheint.

Als nicht signifikant erwiesen sich die Feldspäte, Chlorit, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, FeO, V, Silt und das Verhältnis Ton/Silt. Die Variablen „Kao enthalten“, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Glühverlust (LOI), Ba und Sc sorgen für signifikante Unterschiede.

	AS	AN	QTZ	CHL	ILL	FY	KAO	Kao enthalten	DOL	CC	FLU&M	OK	SiO2
Mann-Whitney-U	279	292	77	318	32	131	208	208	190	283		150	178
Wilcoxon-W	415	1112	213	1138	852	951	344	344	1010	1103		970	998
Z	-0.74	-0.82	-4.41	-0.07	-5.22	-3.59	-2.67	-2.71	-2.37	-0.71		-3.08	-2.81
Signifikanz (2-seitig)	0.48	0.60	0.00	0.94	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.48		0.00	0.01

	Al2O3	Fe2O3	MNO	MGO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	LOI	Ba	Zr	Sr
Mann-Whitney-U	153	278	174.5	122	195	298.5	106.5	135.5	287	159		162.5	89
Wilcoxon-W	973	1098	994.6	942	1016	432.6	928.6	271.6	423	979		982.6	225
Z	-3.03	-0.80	-2.68	-3.68	-2.27	-0.43	-3.87	-3.35	-0.80	-2.92		-2.86	-4.19
Signifikanz (2-seitig)	0.00	0.42	0.01	0.00	0.02	0.67	0.00	0.00	0.55	0.00		0.00	0.00

	Sc	V	FeO	S	C	CO2	TOC	Ton	Silt	Sand	Sand/(Ton+Silt)	Ton/Silt
Mann-Whitney-U	148.5	219	278	121	185	185	172	139	216	30.5		31
Wilcoxon-W	986.6	1039	1098	941	1005	1005	992	959	1035	186.5		167
Z	-3.20	-1.83	-0.80	-3.81	-2.46	-2.46	-2.68	-3.28	-1.90	-6.26		-5.24
Signifikanz (2-seitig)	0.00	0.07	0.42	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.08	0.00		0.00

Abb. 15: U-Test der untersuchten Proben. Die mit einem Punkt markierten Zellen der Tabellen zeigen die Variablen, bei denen ein signifikanter Unterschied zwischen nichtblähenden und blähenden Proben nachgewiesen werden kann.

### Diskriminanzanalyse

Anhand des zuvor erwähnten Grenzwertes wurden die Proben mit einer KRD > 0.35g/cm<sup>3</sup> der Gruppe 2 (= nicht blähend) zugeteilt, alle Proben mit KRD < 0.35g/cm<sup>3</sup> der Gruppe 1 (= blähend). Die Zugehörigkeit der Proben in die blähende oder nicht blähende Kategorie konnte zu 100 % bestätigt werden.

### Klassifizierungsergebnisse der D-Serie

		Vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit		Gesamt
		1	2	
Anzahl	1	16	0	16
	2	0	40	40
%	1	100	0	100
	2	0	100	100

100,0% der ursprünglich gruppierten Fälle wurden korrekt klassifiziert.

### Funktionen bei den Gruppenzentroiden der D-Serie

Gruppe	Funktion 1
1	-2,890
2	1,156

### Kanonische Diskriminanzfunktionskoeffizienten der D-Serie

	Funktion 1
Ton [<2µm]	-0,081
ILL	0,304
PY	-10,111
GK	-0,496
NA2O	12,424
K2O	-4,001
BA	-42,890
SR	-55,319
S	2,186
TOC	-3,656
KAO	0,415
Kao enthalten	0,594
QTZ	0,628
FE2O3	4,982
ZR	-187,395
Sand [>63µm]	-0,027
CHL	-3,432
DOL	-0,226
FLUßM	1,153
SIO2	-0,547
AL2O3	0,406
MNO	23,496
TIO2	-4,058
P2O5	-3,832
Y	-589,705
SC	6402,017
BE	-5687,984
V	-148,557
(Konstant)	-5,661

Abb. 16: Diskriminanzanalyse der untersuchten Proben.

Der Median der Diskriminanzfunktionen der Gruppe 1 und 2 wird in Abb. 16 bei der „Funktion bei den Gruppenzentroiden“ ausgewiesen. Will man wissen, ob eine Probe in die Gruppe blähend oder nicht blähend fällt, setzt man die Analysenwerte der jeweiligen

Rohstoffkomponente ein, multipliziert sie mit dem dazugehörigen „Kanonischen Diskriminanzfunktionskoeffizienten“ und addiert die erhaltenen Werte. Der Summe wird die Konstante in der letzten Zeile der aufgelisteten Koeffizienten hinzugefügt. Darauf wird der berechnete Wert mit den Funktionswert der Gruppenzentroiden der Gruppe 1 und 2 verglichen. Die Eigenwerte der Funktion, welche die Güte der Diskriminanzfunktion überprüfen, kennzeichnen mit 3.46 das Ergebnis als „gute“ Funktion.

In die Berechnungen wurden Alkalifeldspat, Calcit, MgO, CaO, FeO, C, CO<sub>2</sub> und Silt aufgrund ihrer Varianz innerhalb der Gruppen nicht aufgenommen. So entfielen Plagioklas, LOI und das Verhältnis Sand/(Ton+Silt) sowie Ton/Silt. Zum größten Teil handelt es sich hierbei um redundante Variablen, wie CO<sub>2</sub>, C, Calcit, MgO, LOI und CaO, die schon im Gesamtkarbonat, Dolomit und TOC-Gehalt enthalten sind. FeO ist schon durch Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ausgedrückt, ebenso wie die Verhältnisse Sand /Ton+Silt und Ton/Silt sowie die Siltfraktion schon durch die Kornklassen Sand und Ton vertreten sind. Die einzigen nicht redundanten Daten sind die Feldspäte.

Es wurden unter anderem Diskriminanzanalysen mit weniger Variablen erstellt. Diese Berechnungen brachten jedoch nur Klassifizierungsergebnisse von 70-90%. Um zu einem 100% Ergebnis zu gelangen, werden die zuvor beschriebenen Analysendaten benötigt.

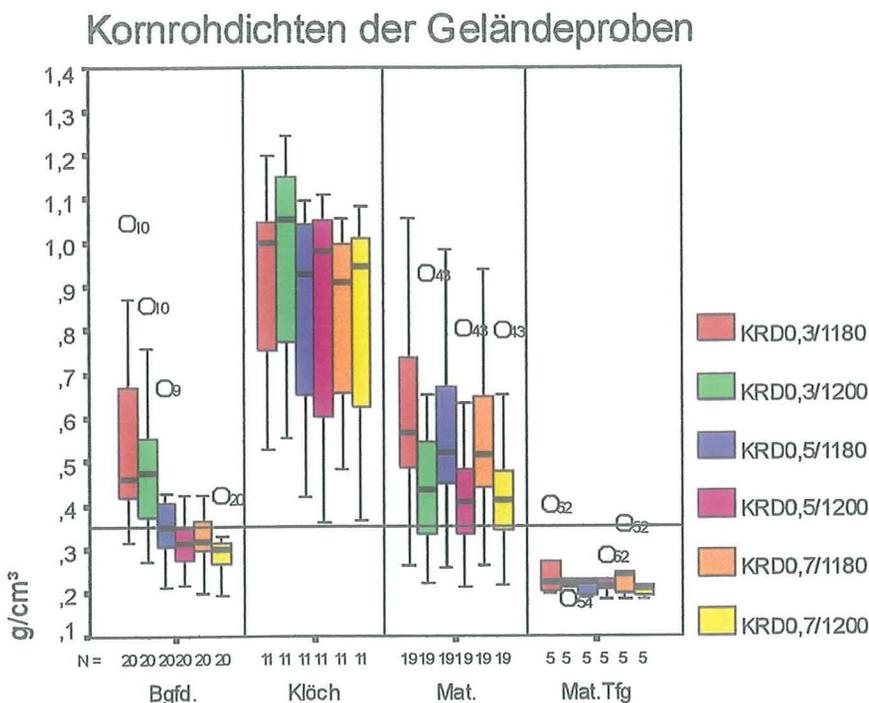


Abb. 17: Vergleich der Blähfähigkeit bei unterschiedlichen Brenntemperaturen. Die Boxen werden vom 25. und 75. Perzentil der Verteilung der KRD begrenzt und die innere Linie repräsentiert den Median. Die T's markieren den kleinsten und größten Wert, sofern sie keine Ausreißer oder Extremwerte sind. Ausreißer sind durch kleine Kreise mit Fallnummern und Extremwerte durch Sternchen mit Fallnummern gekennzeichnet. Die waagrechte Bezugslinie im Diagramm gibt den Grenzwert 0.35 g/cm<sup>3</sup> wider. Die Proben oberhalb dieses Grenzwertes werden als nicht blähend eingestuft, die darunter als blähend. N gibt die Anzahl der Proben an.

## 8. Blähfähigkeit der Rohstoffe

Die Blähversuche ergaben die in Abb.17 gezeigte Verteilung der KRD, die ein Maß für die Blähfähigkeit der Proben darstellt (je kleiner die KRD, desto besser ist das Blähvermögen).

Höhere Brenntemperaturen (1200°C) führen bei allen Kieferölpechzusätzen zu niedrigeren KRD (=besseres Blähergebnis). Ebenso verbessert ein höherer Zuschlag von Kiefernölpech (KÖP) die Blähfähigkeit.

Die höchsten KRD sind in Klösch zu finden, während die niedrigsten KRD die Proben aus dem Mataschen Tiefgang aufweisen (vgl. Abb. 17). Keine der Klöschproben erreicht eine KRD < 0.35g/cm<sup>3</sup>.

Bei den Blähversuchen traten unter anderem bei verschiedenen Proben Explosionen auf, das heißt, die Außenhaut der Blähtongranulate ist aufgerissen. Dies betraf einige Proben des Mataschen Tiefganges vor allem bei verstärkter Zugabe von Kiefernölpech.

### *Korngrößen*

Die Korrelationen zeigen deutlich, dass ein erhöhter Sandanteil mit negativem Blähverhalten korreliert. Die Streuung der Siltfraktion lässt erkennen, dass erhöhte Silt-Gehalte das Blähverhalten fördern. Die Ton-Verteilung ist in zwei Populationen aufgespalten. Eine korreliert mit positivem Blähverhalten, die zweite (Klöschproben) negativ. Ein Eintrag der Daten in das ROSENBERGER-Diagramm (Abb. 2) zeigt, dass das Klösch Material aufgrund des höchsten Tongehaltes das beste Blähverhalten zeigen müsste. Dies ist jedoch nicht der Fall. Somit kann das ROSENBERGER -Diagramm ohne Berücksichtigung anderer Faktoren nicht zur Blähprognose verwendet werden.

Zur Prognose des Blähvermögens wurde für alle Lagerstätten die in Tab. 6 angegebenen Korn-Klassenbereiche abgeleitet.

Abbau	%Ton	%Silt	%Sand
alle	ca.30-50	ca.50-65	ca.0-10
Bgfd.	34-37	53-61	4-9
Mat.	27-43	56-60	1-10
Mat.Tfg	45-49	50-65	0-3

Tab. 6: Kornklassenverteilung für blähendes Material in den untersuchten Lagerstätten.

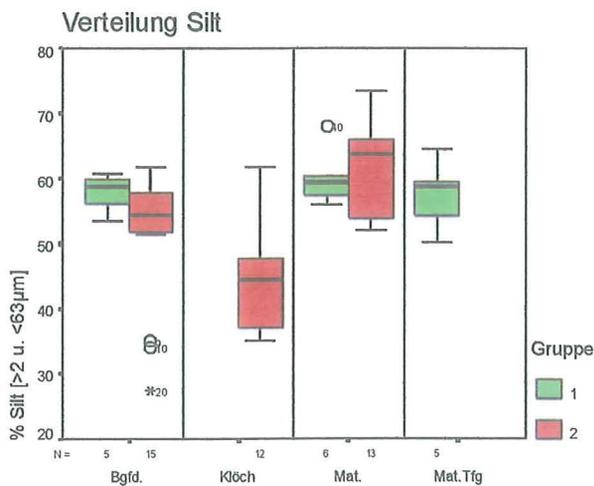
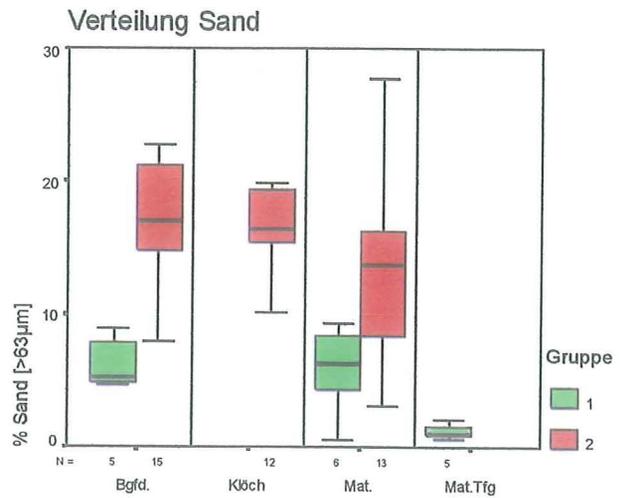
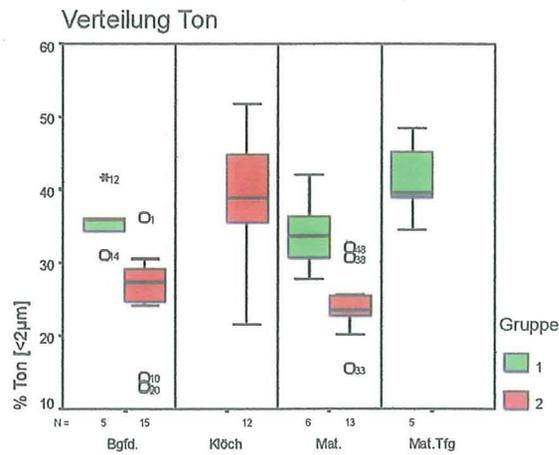


Abb. 18 : Korngrößenverteilung der untersuchten Proben aufgeteilt in Gruppe 1 (= blähend) und Gruppe 2 (= nicht blähend). Gruppe 1 stellt die blähenden Proben mit einer KRD  $< 0.35 \text{ g/cm}^3$  und Gruppe 2 die nicht blähenden Proben mit KRD  $> 0.35 \text{ g/cm}^3$  dar. Als Bezugskomrohddichte wird die KRD bei  $1200^\circ\text{C}$  Brenntemperatur und 0,3 % Kiefernölpechzusatz gewählt.

### Mineralbestand

Mit dem U- Test wurden folgende signifikant diversifizierende Minerale bestimmt: Quarz, Illit/Muskovit, Pyrit, Kaolinit und Karbonat.

Hohe Quarzgehalte korrelieren stark mit hoher KRD (schlechtes Blähvermögen). Ebenso wirkt sich generell ein hoher Kaolinitgehalt schlecht auf die Blähfähigkeit aus. Allerdings bleiben einige Klöchproben vom Kaolinitgehalt unbeeinflusst.

Der Illit-/Muskovit- und Karbonatgehalt (Ausnahme einige Burgfeldproben) beeinflusst das Blähverhalten positiv. Das Blähvermögen der Mataschenproben bleibt von Karbonat unbeeinflusst. Die Verteilung der Quarz-, Illit-/Muskovit-, Kaolinit- und Karbonatgehalte ist in Abb. 20 dargestellt.

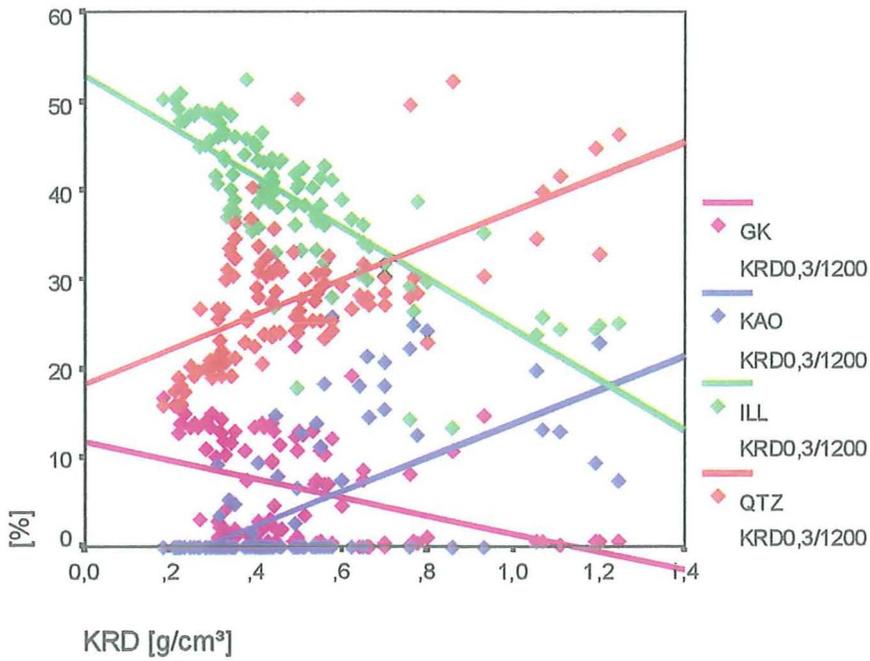
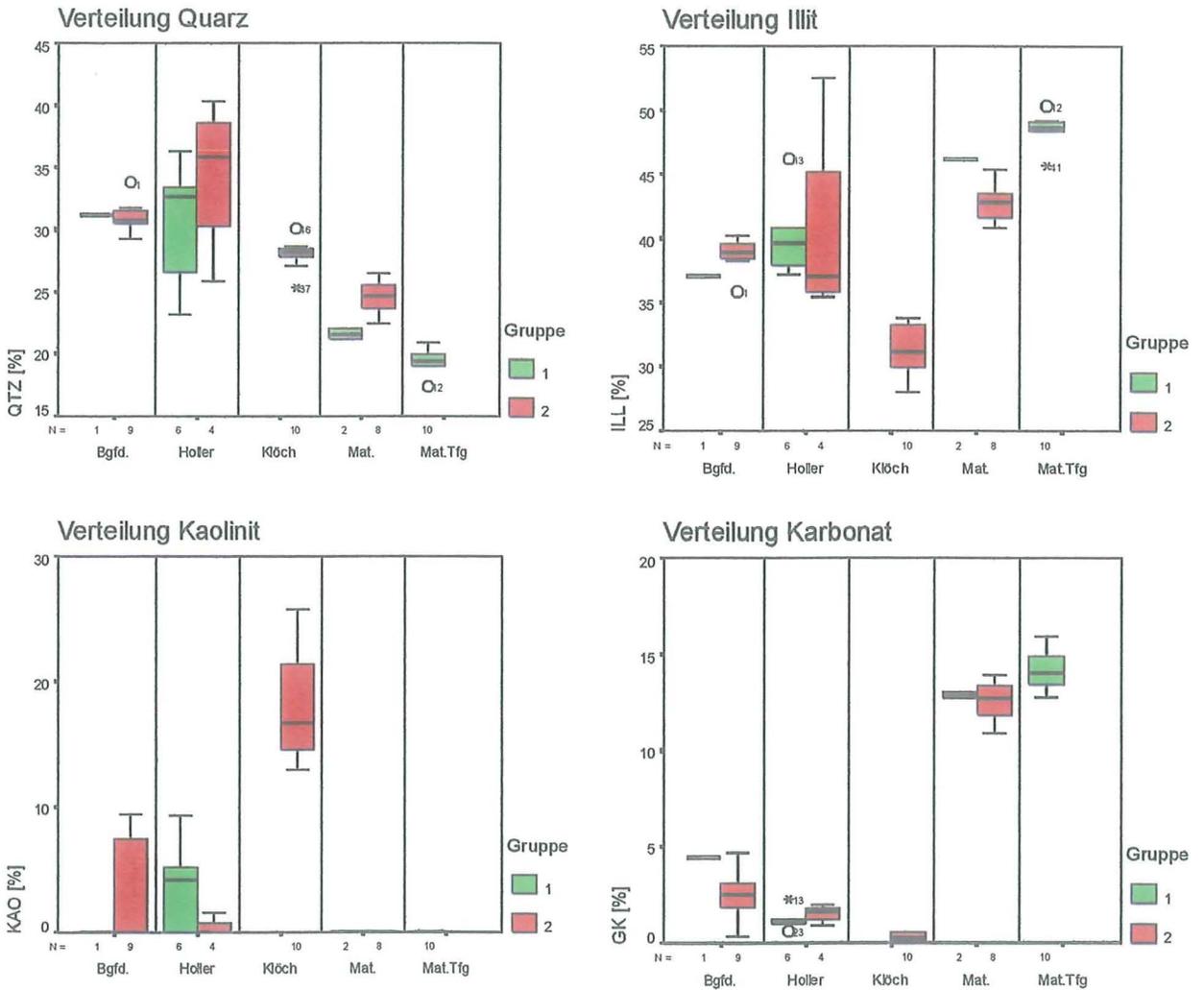


Abb. 19: Regression der Mineralphasen zur Kornrohichte (KRD).



Aus den Untersuchungen leiten sich für die untersuchten Lagerstätten die in Tab. 7 Mineralgehaltsbereiche für blähende Proben ab.

Abbau	%Qtz	%Ill	%Kao	%GK
alle	ca.15-30	ca.40-50	kein	ca. 0-20
Bgfd.	26-31	42-46	kein	1-3.5
Mat.	18-22	45-52	kein	11-14.5
Mat.Tfg	16-18	48-51	kein	15-17.5

Tab. 7: Mineralgehaltbereiche für blähende Proben in den untersuchten Lagerstätten.

### Geochemie

#### Hauptelemente

Mit dem U- Test wurden folgende signifikant diversifizierende Hauptelemente bestimmt:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  und  $\text{TiO}_2$ .  $\text{SiO}_2$  ist im Quarzanteil enthalten und wird hier daher nicht behandelt.

Generell ( Ausnahme einige Burgfeldproben) ist ein negativer Zusammenhang von  $\text{TiO}_2$  mit dem Blähvermögen zu erkennen.  $\text{CaO}$  beeinflusst Burgfeldproben negativ, lässt aber Mataschenroben unbeeinflusst.  $\text{K}_2\text{O}$  wirkt, abgesehen von Mataschen Tiefgang Proben, stark positiv auf das Blähvermögen. Das selbe Phänomen tritt bei  $\text{MgO}$  auf. Prinzipiell korreliert  $\text{MgO}$  mit guten Blähwerten (Ausnahme Mataschen Tiefgang Proben).

$\text{MnO}$  wurde zwar als signifikant diversifizierend klassifiziert, es lässt sich jedoch keine Korrelation mit der Blähfähigkeit feststellen.  $\text{MnO}$  wird daher nicht zu weiterer Datenverarbeitung verwendet.

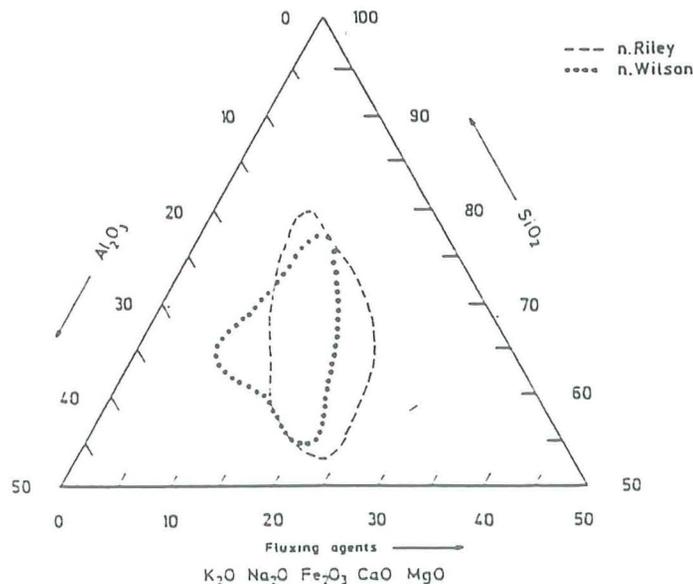


Abb. 21: Mehrstoffdiagramm nach RILEY (1951) bzw. WILSON (1953) mit eingetragenen Bereich für günstiges Blähen (innerhalb der strichlierten Linie nach RILEY und innerhalb der punktierten Linie nach WILSON); Flußmittel:  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{FeO}$  und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

In das Mehrstoffdiagramm nach RILEY (1951) bzw. WILSON (1953) eingetragen, würden sämtliche Proben in die umgrenzten Bereiche (Abb. 21) hineinfallen. Es müsste sich daher um gut blähende Tone handeln. Das Feld gibt allerdings nur Auskunft über günstige Viskositäten, nicht aber über die Gasentwicklung. Nach diesem Diagramm weisen bis auf einige Mataschen Tiefgang-Proben mit zu niedrigen Viskositäten, alle Proben gute Viskositäten auf. Da die Aussage über die Blähfähigkeit jedoch beschränkt ist, kann dieses Diagramm nicht zur Blähprognose herangezogen werden.

In Abb. 22 wird die Verteilung der Hauptelemente MgO, CaO, K<sub>2</sub>O und TiO<sub>2</sub> aufgeteilt in Gruppe 1 (=blähend) und 2 (=nicht blähend) gezeigt.

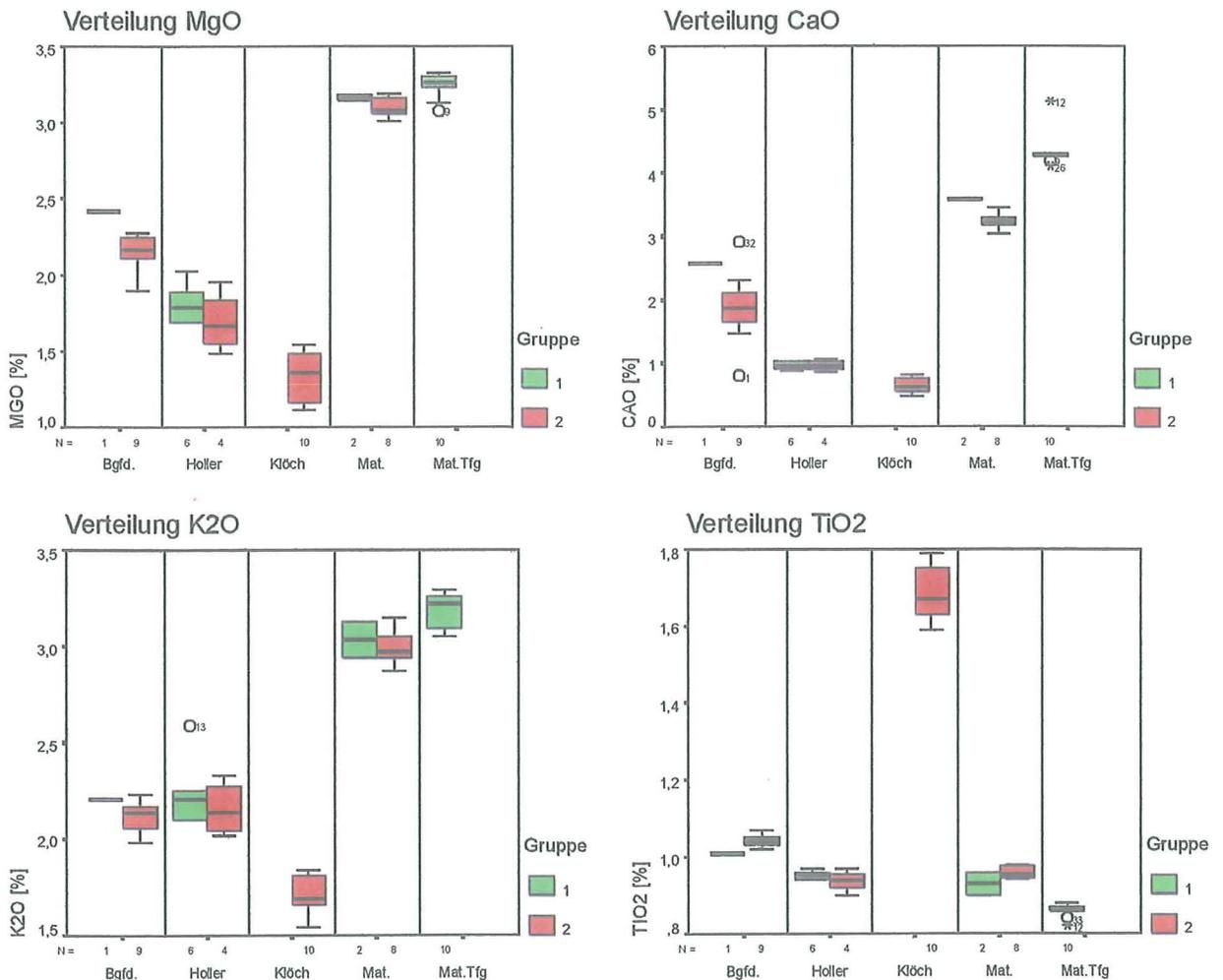


Abb. 22: Verteilung signifikanter Hauptelemente in den untersuchten Proben, getrennt in Gruppe 1 (= blähend) und 2 (= nicht blähend).

Aus den in Abb. 22 abzulesenen Grenzwerten leiten sich für die Gelände-proben folgende Hauptelementanteile ab, in denen die Proben blähen (Tab. 8).

Abbau	%MgO	%CaO	%K <sub>2</sub> O	%TiO <sub>2</sub>
alle	ca.2.5-3.5	ca.1.5-6	ca.2.5-3.5	ca. 0.8-1.1
Bgfd.	2.4-2.8	1.4-1.8	2.6-2.8	1.05-1.1
Mat.	3-3.4	2.7-4.2	2.8-3.4	0.82-0.96
Mat.Tfg	3.1-3.4	4.5-5.8	2.9-3.2	0.8-0.9

Tab. 8: Hauptelementkonzentrationen für blähende Proben in den untersuchten Lagerstätten.

### *Spurenelemente und Kohlenstoff-Schwefel-Gehalte*

Zwei signifikant unterscheidende Spurenelemente wurden mit dem U-Test bestimmt: Zr und Sr. Ebenso wurden der S- und TOC-Gehalt als signifikant diversifizierend ausgewiesen.

Zr korreliert mit negativem Blähverhalten. Nur bei den Burgfeld-Proben ist ein positiver Trend zu verzeichnen. Sr zeigt generell einen positiven Zusammenhang, nur in den Mataschen- und Burgfeld-Proben bleibt das Blähvermögen von Sr unbeeinflusst. Hohe S-Gehalte hängen mit gutem Blähverhalten zusammen, dennoch blähen einige Proben von Klöch und Mataschen unabhängig vom S-Gehalt.

Der TOC-Gehalt weist keine eindeutige Korrelation auf. Nur in Klöch beeinflusst der TOC-Gehalt das Blähvermögen negativ, alle anderen korrelieren positiv (insbesondere die Proben aus dem Mataschen Tiefgang).

Die Verteilung von Zr, Sr, S und TOC-Gehalt der Geländeproben wird in Abb. 23 in Gruppe 1 (= blähend) und 2 (= nichtblähend) aufgeteilt.

Von den in Abb. 23 abzulesenden Grenzwerten leiten sich für die einzelnen Lagerstätten die in Tab. 9 dargestellten Bereiche ab, in denen die Proben blähen.

Abbau	%Zirkon	%Strontium	%Schwefel	%TOC
alle	ca.0.01-0.02	ca.0.01-0.015	ca.0-0.65	ca. 0.2-1.2
Bgfd.	0.02-0.021	0.0112-0.014	0.01-0.2	0.19-0.49
Mat.	0.013-0.02	0.0106-0.0122	0.07-0.14	0.5-1.18
Mat.Tfg	0.013-0.018	0.0117-0.0147	0.09-0.65	0.62-0.7

Tab. 9: Spurenelementkonzentrationen und C/S-Gehalte der blähenden Proben in den untersuchten Lagerstätten.

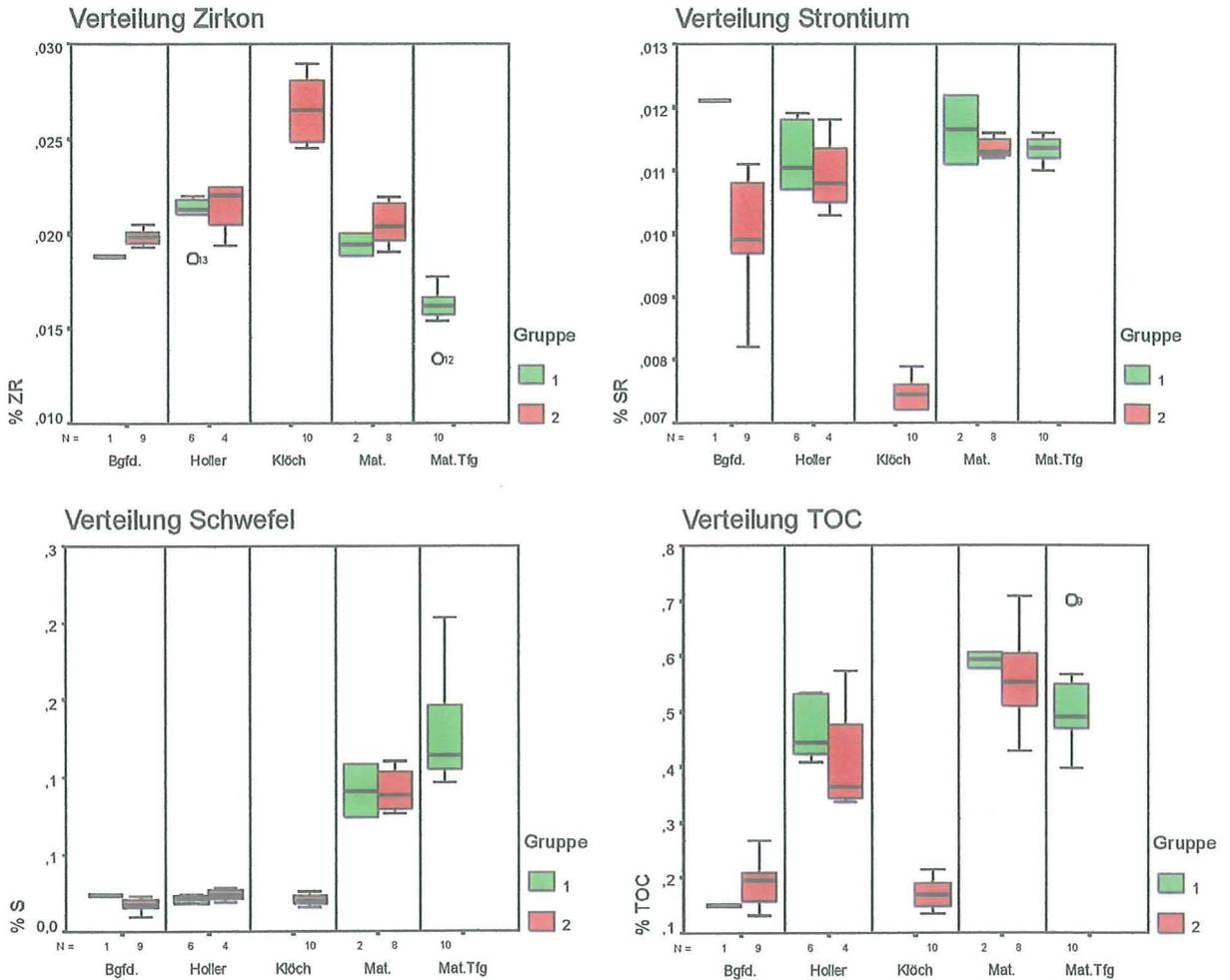


Abb. 23: Verteilung von Zr, Sr, S und TOC in den untersuchten Proben, getrennt in Gruppe 1 (= blähend) und 2 (= nicht blähend).

### Zusammenfassung der Blähparameter

Der Zusammenhang zwischen einzelnen Rohstoffparametern und der Blähfähigkeit wird in Tab. 10 zusammengefasst. Zusätzlich wird ein Überblick einzelner Parameter mit ihrem Einfluß auf das Blähvermögen innerhalb der Proben vom Burgfeld (Tab. A9), Mataschen (Tab. A10), Mataschen Tiefgang (Tab. A11) gegeben. Die Proben von Klöch werden nicht angeführt, da keine einzige Probe eine KRD < 0.35 g/cm<sup>3</sup> aufwies.

Die Untersuchungen zeigten dass Geländeproben der untersuchten Lagerstätten zu 100 % mit Hilfe der Diskriminanzfunktion und der Diskriminanzfunktion nach HS- bzw. NS Tonen klassifiziert werden konnten. Mit einer Trefferquote von 96,5 % können auch Grenzwertbestimmungen (Tab. A12) zur Bewertung der Bläheigenschaft herangezogen werden.

Grenzwertbestimmungen (Tab. A11) zur Bewertung der Bläheigenschaft herangezogen werden.

Parameter	signifikant	Gelände	Halde	Gesamt
Blähfähigkeit	KRD0.3/1200	0.2-1.25g/cm <sup>3</sup>	0.2-0.77g/cm <sup>3</sup>	0.2-1.01g/cm <sup>3</sup>
Kornklasse	%Ton	stark positiv >35	positiv >20	stark positiv >27.5
	(%Silt)	<i>schwach positiv zw.53-63</i>	<i>schwach positiv zw.60-72</i>	<i>schwach positiv zw.56-68</i>
	%Sand	stark negativ >7	stark negativ >11	stark negativ >9
Minerale	%Quarz	stark negativ >24	negativ >28	stark negativ >26
	%Illit	stark positiv >45	positiv >42	stark positiv >43
	%Kaolinit	stark negativ >0	negativ >2	negativ >1
	%Karbonat	positiv >15	schwach positiv >10	positiv >12
Hauptelemente	%MgO	stark positiv >2.7	positiv >2.4	stark positiv >2.5
	%CaO	positiv >3.6	positiv >2.6	positiv >3.1
	%K <sub>2</sub> O	stark positiv > 2.7	positiv >2.5	stark positiv > 2.6
	%TiO <sub>2</sub>	negativ >0.93	negativ >0.93	negativ >0.93
Spurenelemente	%Zirkon	stark negativ >0.019	stark negativ >0.02	stark negativ >0.02
	%Strontium	schwach positiv >0.0117	positiv >0.0109	schwach positiv >0.0113
CS-Gehalte	%Schwefel	positiv >0.05	positiv >0.06	positiv >0.06
	%TOC	positiv >0.48	positiv >0.39	positiv >0.43

stark positiv > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen stark positiv auf das Blähvermögen  
 positiv > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen positiv auf das Blähvermögen  
 stark negativ > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen stark negativ auf das Blähvermögen  
 negativ > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen negativ auf das Blähvermögen  
 neutral.....die jeweiligen Variable hat keinen Einfluß auf das Blähvermögen

Tab. 10: Gesamtüberblick über die das Blähverhalten kontrollierenden Faktoren. Die Spalte „Parameter“ weist das Blähvermögen kontrollierende Faktoren aus, unter „signifikant“ sind die Variablen angeführt, die im Mittelwertvergleich als statistisch signifikant berechnet wurden. Die Werte in der Spalte „Gelände“ wurden aus den Grenzwerten der Proben vom Burgfeld, Mataschen und Mataschen Tiefgang gemittelt.

## 9. Diskussion der Analyseergebnisse und Datenauswertung in Hinblick auf das Blähverhalten der Rohstoffe

Ein Problem bei der statistischen Datenverarbeitung stellt der geschlossene Datensatz dar. Die Mineralphasen, die Haupt- und Spurenelemente, sowie die Kornklassen wurden innerhalb ihrer Gruppe auf 100% normiert. Das heißt, dass sie innerhalb der Gruppe voneinander abhängig sind. Es wurde versucht, diese Abhängigkeit durch Verhältnisbildungen unter den einzelnen Variableneiner Datengruppe zu eliminieren.

Die *Ton-Kornfraktion* wirkt sich prinzipiell positiv auf das Blähvermögen aus, da darin Tonminerale enthalten sind und sich die Körner auch leichter aufschmelzen lassen. Illit liefert

das wichtigste Flussmittel  $K_2O$ , das die Viskosität der Schmelze in der Glasphase der Blähtonerzeugung senkt und somit das Aufblähen der Granalie durch Gase garantiert (SCHMIDT, 1973). Sand wirkt sich in allen Fällen negativ aus, da die Oberfläche der Körner zu groß ist, um im Zuge des raschen Aufheizens vollständig aufgeschmolzen zu werden.

Die *Blähversuche* zeigen, daß sich höhere Temperaturen bei jedem Kiefernölpechzusatz positiv auf die Blähfähigkeit auswirken. Eine Verlängerung des Blähintervalls, d.h. eine hohe Endtemperatur von  $1200^\circ C$ , wirkt sich auf die verwendeten Tone positiv aus, da die vorhandenen Mineralphasen wahrscheinlich länger zum Aufschmelzen brauchen.

**Plagioklas** und Alkalifeldspat weisen keinen Einfluß auf das Blähverhalten auf. Alkalifeldspat ist jedoch signifikant für die Unterteilung in HS- und NS-Tone. Eventuell ist dies auch auf den Umstand zurückzuführen, daß Alkalifeldspat Lieferant für blähfördernde Tonminerale im Zuge von Verwitterungsprozessen ist.

*Kaolinit* wirkt sich negativ aus, da keine Alkalien in sein Kristallgitter eingebaut werden und die Schmelze aufgrund seiner hohen  $Al_2O_3$ -Anteile zäher wird (ROSENBERGER, 1969). Wenn Umwandlungsprozesse stattgefunden haben, die von Glimmer (Muskovit) zu Illit führten, so haben die selben Verwitterungsvorgänge auch den Plagioklas angegriffen, der sich vor allem unter Einfluß von  $CO_2$ -hältigen Wässern in Kaolinit umwandelt. Die vermehrte Existenz von Illit kann daher auch Hand in Hand mit Kaolinit gehen, der durch den erhöhten Illit-Gehalt ausgeglichen wird und sich nicht mehr negativ auf das Blähvermögen auswirkt.

Ein *Quarzgehalt*  $> 35\%$  wirkt sich negativ aus, da die Auflösungsgeschwindigkeit des Quarzes in der Schmelzphase mit zunehmender Oberfläche (=Aufblähen der Granalie) stark ansteigt und das Blähvermögen somit negativ beeinflusst (ROSENBERGER, 1965).

*Pyrit* bzw. *S* wirkt sich anscheinend positiv aus, kann jedoch keinen direkten Einfluß auf das Blähverhalten haben (marginal eventuell als Flußmittel). Pyrit bzw. *S* kann nur als Faziesanzeiger und Indiz für eine Anreicherung an organischem Kohlenstoff gewertet werden.

Das in den untersuchten Proben enthaltene Karbonat kann generell als blähfördernd angesehen werden (vgl. Mataschen und Mataschen Tiefgang). Ein höherer Anteil von Dolomit ( $MgO$ ) erlaubt aufgrund der durch ihn bedingten Viskositätssteigerung einen entsprechend erhöhten Calcitgehalt (BERTOLDI et al., 1983). Im untersuchten Material kann somit Karbonat bis zu  $15\%$  auftreten, ohne das Blähvermögen zu beeinträchtigen.

Bei den Burgfeldproben wirken sich erhöhte Karbonatgehalte negativ auf das Blähverhalten und im Gegensatz zu anderen Proben Zr und  $TiO_2$  positiv aus. Das weist vielleicht daraufhin, daß die Phasen der siliziklastischen Deposition (Zr und  $TiO_2$  sind Anzeiger dafür) und der karbonatisch kontrollierten Ablagerung (Karbonat ist Anzeiger dafür) unterschiedlich auf das Blähverhalten Einfluß haben. Karbonat tritt vor allem im Übergang von der zweiten bis dritten Etage des Abbaus (Probe B2-3 und B3-3) mit den Ablagerungen der subaquatischen Lahare auf. Das heißt, daß hier eventuell kein Ascheregen stattgefunden hat, der unter anderem Tephra ablagert, die in Tonminerale umgewandelt werden kann. Hier scheint der erhöhte Karbonatgehalt nicht unmittelbar mit dem negativen Blähvermögen in Zusammenhang zu stehen, sondern mit der Untersättigung des Materials an Flußmitteln wie  $K_2O$ ,  $MgO$  und  $Na_2O$ , für die der erhöhte Karbonatgehalt in diesem Fall als Anzeiger gilt.

Wenn Zirkon und  $\text{TiO}_2$  (= Schwerminerale) vorhanden sind, kann dies durch einen Vulkanausbruch mit Ascheregen erklärt werden. Dies führt wiederum zu tonmineralischen Umwandlungsprodukten, die sich positiv auf das Blähverhalten auswirken.

Daraus wird gefolgert: wenn Material mit schlechtem Blähvermögen hohe  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalte oder Kaolinitanteile aufweist, ist dies auf die erhöhte Viskosität der Schmelze in der Glasphase zurückzuführen. Das ist durch Zusatz von reinem  $\text{K}_2$ ,  $\text{Na}_2$ , (Ca, Mg)- oder  $\text{CaCO}_3$  zu unterbinden, die in der Glasindustrie die nötigen Viskositätsreduktoren,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  und  $\text{CaO}$ , liefern. Nach einer mündlichen Mitteilung von Univ. Prof. Mayer (Institut für Gesteinshüttenkunde) ist die Verwendung von gelöschtem Kalk (reines  $\text{CaCO}_3$ ) zu empfehlen, da  $\text{CaO}$  am unteren Bereich der Viskositätsreduktion operiert. Die Granalie kann dann in der Glasphase eine dickere Außenhaut bilden und die Blähgase somit besser zurückhalten.

In den sogenannten NS-Tonen tritt sehr wenig Karbonat auf und wenn, dann meistens in Form von Calcit.

$\text{TiO}_2$  und Zr beeinflussen in jedem untersuchten Rohstoff das Blähverhalten negativ (bis auf die zuvor diskutierten Burgfeldproben). Sie werden als Anzeiger für Schwerminerale gewertet, die mit detritärem Eintrag in Zusammenhang stehen, die wiederum die Blähfähigkeit beeinträchtigen.

Mataschen Tiefgang Proben haben im Vergleich zu den anderen Proben einen sehr hohen C- und  $\text{MgO}$ -Anteil. In diesem Fall führen die zu hohen Gehalte zu schlechtem Blähvermögen, da  $\text{K}_2\text{O}$  und  $\text{MgO}$  zu stark die Viskosität der Schmelze senken und die Granalie in der Blähphase zu flüssig wird. In allen anderen Proben wirken sich diese viskositätssenkenden Hauptelemente positiv auf das Blähvermögen aus.

Sr erweist sich vor allem in den Klöchproben abgereichert, was wiederum mit schlechterem Blähvermögen zusammenhängt. Sr beeinflusst das Blähvermögen nicht direkt, es scheint jedoch ein Anzeiger für Karbonat zu sein, in dem es in das Kristallgitter eingebaut werden kann. In manchen Probengruppen scheint Sr ein besseres Indiz für das Blähverhalten darzustellen als Karbonat selbst.

Ba kann ebenfalls als Anzeiger für Karbonat und als organischer Produktivitätsfaktor gewertet werden. Ba erwies sich nach der Korrelationsanalyse mit dem Blähvermögen zusammenhängend. Im Mataschen Tiefgang ist der Ba-Gehalt am größten, wo auch die höchsten TOC/S-Gehalte verzeichnet werden.

Hohe TOC-Gehalte wirken sich bei fast allen Proben als blähfördernd aus, da der organische Kohlenstoff für Blähgase sorgt. Nur in den Klöchproben weist ein hoher TOC-Gehalt einen ungünstigen Zusammenhang mit Blähvermögen auf. Das hängt vermutlich mit einer Lage von inkohlttem Pflanzenhäcksel zusammen, der immer gemeinsam mit Basaltkiesen auftritt. Grobklastika verschlechtern den Blähwert. Stammt der TOC-Gehalt zum größten Teil von Pflanzenhäcksel und nicht von Kerogentyp II, so wirkt sich das ebenfalls negativ auf das Blähvermögen aus.

Die Einteilung der untersuchten Rohstoffe in HS-Tone (Feinklastika mit einem S-Gehalt  $> 0.05\%$  und einem TOC-Gehalt  $> 0.47\%$ ) und NS-Tone (Feinklastika mit S-Gehalt  $< 0.05\%$  und TOC-Gehalt  $< 0.47\%$ ) läßt folgende Gruppierung zu: die HS-Tone zählen zu den Primärrohstoffen, die mit mehr oder weniger chemischen Zusätzen (z.B. Kiefernölpech) blähen, und die NS-Tone zu den Sekundärrohstoffen, die selbst mit chemischen Zusätzen nie eine KRД unter  $0.35\text{g/cm}^3$  aufweisen, vermischt mit Primärrohstoffen aber gute Ergebnisse erzielen.

## 10. Schlussfolgerungen

Die als Blähton-Rohstoffe verwendeten, im oststeirischen Becken abgelagerten neogenen bis quartären Feinklastika der Lagerstätten Burgfeld, Mataschen und Klöch können hinsichtlich ihrer Bläheignung zwei Gruppen zugeordnet werden:

- HS-Tone (Feinklastika mit einem S-Gehalt  $> 0.05\%$  und einem TOC-Gehalt  $> 0.47\%$ )
- NS-Tone (Feinklastika mit S-Gehalt  $< 0.05\%$  und TOC-Gehalt  $< 0.47\%$ )

HS-Tone zählen zu den **Primärrohstoffen (Blährohstoffen)**, die mit mehr oder weniger chemischen Zusätzen (z.B. Kiefernölpech) blähen. NS-Tone sind **Sekundärrohstoffen (Blähzusätze)**, die beim Bläprozeß selbst mit chemischen Zusätzen nie eine KRД unter  $0.35\text{g/cm}^3$  erzielen. Vermischt mit Primärrohstoffen erzielen sie aber gute Ergebnisse. Sie können zum „Strecken“ von Primär-(Bläh)rohstoffen verwendet werden.

Der Abgrenzung des Blähens oder Nichtblähens liegt in dem Grenzwert von  $0.35\text{g/cm}^3$  zugrunde. Bei einer KRД unter diesem Wert bläht ein Ton, liegt das Blähergebnis darüber, ist der Ton als nicht blähend zu bezeichnen.

Aufgrund geochemischer Parameter sind die als Blähtonrohstoffe und -zusätze abgebauten Feinklastika zwei Faziestypen zuzuordnen:

- Brackwasser- und marine Tone mit einem S-Gehalt über  $0.05\%$  und einem TOC-Gehalt über  $0.47\%$  (HS-Tone).
- Äolisch abgelagerte Lößlehme und vulkanische Feinklastika mit einem S-Gehalt  $< 0.05\%$  und TOC-Gehalt  $< 0.47\%$  (NS-Tone).

HS-Tone unter die das Material von Mataschen (die Grube Mataschen wurde aufgrund der Geochemie in 2 Probestypen unterteilt: Mataschen und Mataschen Tiefgang, wobei Mataschen Tiefgang das blähfähigere Material darstellt) und teilweise auch von Burgfeld einzureihen ist, sind Blährohstoffe. Die Feinklastika von Klöch sind NS-Tonen zugeordnet, die als Blähzusatz anzusehen sind. Material von Burgfeld, das aufgrund der Geochemie zwar NS-Tonen zuzuordnen ist, aber Bläheigenschaften von HS-Tonen aufweisen, stellt einen Mischtyp dar.

All Aussagen basieren auf einer umfangreichen statistischen Datenanalyse. Von allen mathematischen Verfahren hat sich die Diskriminanzanalyse als kraftvollstes Werkzeug

bewiesen. Mit ihr war es möglich, die Blähfähigkeit der einzelnen Proben zu prognostizieren. Weiters erwiesen sich die Tests auf Mittelwertunterschiede als überzeugende Prüfer der Güte einer Prognose. Korrelations- und Faktorenanalysen dienten zur ersten Einschätzung der vorhandenen Rohstoffe. Um eine schnelle, überblicksmäßige Blähprognose zu treffen, bieten sich die Grenzwertbestimmungen nach den Grenzwertbereichen der Analysenergebnisse an.

Weiters konnte gezeigt werden, daß es anhand der Analysenergebnisse möglich ist, blähfähige und weniger blähfähige Rohstoffe voneinander zu unterscheiden. Als wichtigste Analyse hat sich die C/S-Analyse und die Quantifizierung des Modal -Mineralbestandes mit den ermittelten Hauptelementen herausgestellt. Die quantitative Ermittlung der Korngrößen erwies sich ebenfalls als unumgänglich, da die Kornklasse Sand einen essentiellen Blähhemmer darstellt. Ohne Blähversuche wäre die Überprüfung der getroffenen Blähfähigkeitsvorhersagen nicht möglich gewesen.

## 11. Literaturverzeichnis

- BALOGH K., EBNER F. & RAVASZ C. (1994): K/Ar-Alter tertärer Vulkanite der südöstlichen Steiermark und des südlichen Burgenlandes.- Jubiläumsschrift 20 Jahre Geol. Zusammenarbeit Österreich-Ungarn, Wien. Teil 2: 55ff.
- BERTOLDI G., EBNER F., HÖLLER H., KOLMER H. (1983): Blähtonvorkommen von Gnas und Fehring-geologische, sedimentpetrographische und technologische Untersuchungen.- Arch. f. Lagerst. forsch. Geol. B.-A. Band 3: 13ff. Wien.
- BÜHL A. & ZÖFEL P. (1996): SPSS für Windows Version 6.1 – Praxisorientierte Einführung in die moderne Datenanalyse.- 702 S, Addison-Wesley Longman Verlag, Bonn 1996.
- DENNERT H.V. (1971): Das Zs-Verfahren zur Herstellung geblähter Leichtzuschlagstoffe.- Ziegelindustrie. Heft 6: 257ff.
- EBNER F. & SACHSENHOFER R. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. - Mitt. Abt. Geol. und Paläont. Landesmuseum Joanneum, Graz., 49, 96 S., Graz.
- ESPITALIE J., MADEC M., TISSOT B., MENNING J.J., LEPLAT P. (1977): Source Rock characterization method for petroleum exploration.- Proceedings of the 9 th Annual Offshore Technology Conference 3: 439ff.
- FLÜGEL H.W. & NEUBAUER F. (1984): Steiermark-Erläuterungen zur geologischen Karte der Steiermark 1:200.000.- 127 S., Geol. B.-A., Wien.
- FRITZ I. (1994): Notes on the Plio-/Peistocene volcanism of the Styrian Basin.- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österreich, 41:87ff., Wien.
- HOFFMANN H. (1971): Einfluß der organischen Substanz auf das Blähvermögen von Tongesteinen.- Ziegelindustrie. Heft 6:262.
- KROMER H. & POSCHINGMANN W. (1977): Blähton.- Handbuch d. Keramik. Gruppe IIM: S.2. Verlag Schmid GmbH.
- LECA-Exkursionsmappe (2000): Leca, keramisches Schüttungsmaterial für neue Anwendungen .- Leca Fehring, 2000.
- LEISMANN A. (1997): Verwertung der industriellen Reststoffe Steinkohlenbergematerial und Rotschlamm zur Herstellung von Blähtongranulat.- 221 S., Dissertation RWTH, Shaker Verlag, Aachen.

- LOBITZER H., KODINA L.A., SOLT G., SCHWAIGHOFER B. & SURENIAN R. (1988): Fazies, Geochemie und Stratigraphie ausgewählter Vorkommen österreichischer organisch reicher Gesteine - Ein Zwischenbericht.- Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 15:85ff., Innsbruck.
- MOORE D. & REYNOLDS R.C.JR. (1989): X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals.- Oxford University Press, Oxford.
- MÜLLER, N. (2000): Der Einfluß von Fazies, Geochemie und Mineralogie auf das Blähvermögen neogener Feinklastika des Steirischen Beckens (Österreich).- Unveröff. Dipl. Arbeit. 126 S., MU, Leoben.
- NEUMANN-VENEVERE P. (1971): Natürliche sowie gesteuerte Blähfähigkeit von Blähton zur Erzeugung von Leichtzuschlägen.- Keram. Ztg. Nr.8:461.
- PAKTUNC A. (1998): Modan: an interactive computer program for estimating mineral quantities based on bulk composition.- Computers & Geosciences 24:425-431, Amsterdam.
- PÖSCHL I. (1991): A Model for the Despositional Evolution of the Volcaniclastic Succession of a Pliocene Maar Volcano in the Styrian Basin (Austria).- Jb. Geol. B.-A., 134: 809-843, Wien.
- RICKEN W. (1993): Sedimentation as a three-component system.- Organic Carbon, Carbonate, Noncarbonate. Lecture Notes in Earth Sciences 51:211. Springer Verlag, Berlin.
- RILEY CH. (1951): Relation of Chemical Properties to the Bloating of Clays.- Journ.of Am.Ceram.Soc. Heft 34, Nr.4 :123-128.
- Rosenberger H. (1969): Chemische und mineralogische Zusammensetzung sowie Korngrößenaufbau von Blähtonen- Ihr Blähvermögen bei der Porensinterherstellung.- Angew.Geol.. Nr.5: 241-248.
- SCHMIDT H. (1970): Herstellung und Verwendung von Blähtongranulaten im Spiegel der Literatur. -Ziegelindustrie. Heft 21/22: 463ff.
- SCHMIDT H. (1973): Rohstoff-Untersuchungsverfahren in der Grobkeramik (Teil XVIII).- Sprechsaal 106: 589ff.
- SCHMIDT H. (1974): Zum Stand der Blähtonentwicklung.- Keramik Ztg. Heft 4:198.
- VINZENZ M. (1988): Prospektion auf expandierende Tone im Raum Fehring.- Unveröffentl. Bericht Forschungsges.Joanneum, 156 S., Leoben.
- VINZENZ M. (1994): Erläuterung zur geologisch-lagerstättenkundlichen Beschreibung der Abbaufelder Pranger I und Mataschenfeld III.- Unveröffentl. Bericht: S. 9.-Bad Ischl.
- WINKLER A. (1926): Gleichenberg.-Geologische Spezialkarte der Republik Österreich 5256, Zone 18, Kolonne 14, Geol. B.-A., Wien.
- WINKLER-HERMADEN A. (1955): Ergebnisse und Problem der quartären Entwicklungsgeschichte am östlichen Aplensaum ausserhalb der Vereisungsgebiete.- Abh. Öster. Akad. Wissensch., Bd. 110, Wien.
- WINKLER-HERMADEN A. (1957): Geologische Kräftespiel und Landformung.- 714 S., Springer, Wien.
- WRIGHT R.F., MATTER A., SCHWEINGRUBER M., SIEGENTHALER U. (1980) Sedimentation in lake Biel, an eutrophic, hard-water lake in northwestern Switzerland.- Schweiz Z. Hydrol. 42: S101ff.

## ANLAGEN

### Anlagentabellen

Tab. A1: Korngrößenanteile der untersuchten Proben.....	41
Tab. A2: Mineralbestand der untersuchten Proben.....	42
Tab. A3: Hauptelementbestand der untersuchten Proben.....	43
Tab. A4: Spurenelementbestand der untersuchten Proben.....	44
Tab. A5: C/S-Analysen und Rock-Eval-Pyrolysen der untersuchten Proben.....	45
Tab. A6: Kornrohdsichten (KRD) der untersuchten Proben mit 0,3, 0,5 und 0,7 % Zusatz an Kiefernölpech bei 1180 und 1200cC Brenntemperatur.....	46
Tab. A7: Test auf Normalverteilung in den untersuchten Proben.....	47
Tab. A8: Faktorenanalyse der Analysendaten. ....	48
Tab. A9: Für die Blähfähigkeit wichtige Rohstoffparameter in der Lagerstätte Burgfeld.....	49
Tab. A10: Für die Blähfähigkeit wichtige Rohstoffparameter in der Lagerstätte Mataschen.....	50
Tab. A11: Für die Blähfähigkeit wichtige Rohstoffparameter in der Lagerstätte Mataschen Tiefgang. ....	51
Tab. A12: Für die Bewertung der Blähfähigkeit wichtige Grenzwerte.....	52

### Profilbeilagen

Beilage 1: Säulenprofil der Lagerstätte Burgfeld.....	53
Beilage 2: Säulenprofil der Lagerstätte Mataschen.....	59
Beilage 3: Säulenprofil der Lagerstätte Klöch.....	64

Probe	Abbau	Ton [<2µm]	Silt [>2 u. <63µm]	Sand [>63µm]	Sand/(Ton+Silt)	Ton/Silt
		%	%	%	%	%
B1-1	Bgfd.	36,14	55,86	8,00	0,09	0,65
B1-2	Bgfd.	29,50	55,00	15,50	0,18	0,54
B1-3	Bgfd.	25,72	57,28	17,00	0,20	0,45
B1-4	Bgfd.	27,80	61,80	10,40	0,12	0,45
B2-1	Bgfd.	28,83	51,47	19,70	0,25	0,56
B2-2	Bgfd.	28,48	52,72	18,80	0,23	0,54
B2-3	Bgfd.	27,38	54,32	18,30	0,22	0,50
B3-1	Bgfd.	25,07	58,83	16,10	0,19	0,43
B3-2	Bgfd.	13,08	35,02	51,90	1,08	0,37
B3-3	Bgfd.	14,33	34,07	51,60	1,07	0,42
B3-4	Bgfd.	34,25	60,85	4,90	0,05	0,56
B3-5	Bgfd.	41,70	53,60	4,70	0,05	0,78
B3-6	Bgfd.	35,94	56,16	7,90	0,09	0,64
B3-7	Bgfd.	31,08	60,02	8,90	0,10	0,52
B4-6	Bgfd.	25,06	52,14	22,80	0,30	0,48
B4-5	Bgfd.	30,60	54,50	14,90	0,17	0,56
B4-4	Bgfd.	30,52	58,38	11,10	0,13	0,52
B4-3	Bgfd.	24,13	61,17	14,70	0,17	0,39
B4-2	Bgfd.	36,03	58,77	5,20	0,05	0,61
B4-1	Bgfd.	12,93	27,47	59,60	1,48	0,47
K 1	Klöch	21,51	61,69	16,80	0,20	0,35
K 2	Klöch	39,95	40,45	19,60	0,24	0,99
K 3	Klöch	37,81	46,49	15,70	0,19	0,81
K 4	Klöch	36,03	48,87	15,10	0,18	0,74
K 5	Klöch	44,85	35,75	19,40	0,21	1,25
K 6	Klöch	51,79	38,11	10,10	0,11	1,36
K 7	Klöch	44,94	35,16	19,90	0,25	1,28
K9	Klöch	35,03	50,57	14,40	0,17	0,69
K 8	Klöch	39,99	44,21	15,80	0,19	0,90
K10	Klöch	35,84	44,86	19,30	0,24	0,80
K 11	Klöch	35,13	46,07	18,80	0,23	0,76
K 12	Klöch	47,97	36,13	15,90	0,19	1,33
Mat 1-1	Mat.	15,45	68,35	16,20	0,19	0,23
Mat 1-2	Mat.	25,50	63,70	10,80	0,12	0,40
Mat 1-3	Mat.	31,20	60,40	8,40	0,09	0,52
Mat 1-4	Mat.	23,60	64,40	12,00	0,14	0,37
Mat 1-5	Mat.	20,91	71,79	7,30	0,08	0,29
Mat 2-1	Mat.	30,67	53,83	15,50	0,18	0,57
Mat 2-2	Mat.	22,82	53,28	23,90	0,31	0,43
Mat 2-3	Mat.	27,69	68,01	4,30	0,04	0,41
Mat 2-4	Mat.	30,67	60,03	9,30	0,10	0,51
Mat 2-5	Mat.	24,27	54,03	21,70	0,28	0,45
Mat 3-1	Mat.	20,20	52,10	27,70	0,38	0,39
Mat 3-2	Mat.	24,29	62,01	13,70	0,16	0,39
Mat 3-3	Mat.	25,65	65,95	8,40	0,09	0,39
Mat 3-4	Mat.	23,57	73,33	3,10	0,03	0,32
Mat 3-5	Mat.	22,71	62,69	14,60	0,17	0,36
Mat 4-1	Mat.	31,99	63,91	4,10	0,04	0,50
Mat 4-2	Mat.	36,09	58,91	5,00	0,05	0,61
Mat 4-3	Mat.	42,12	57,38	0,50	0,01	0,73
Mat 4-4	Mat.	36,34	56,06	7,60	0,08	0,65
Mat 4-5	Mat.Tfg	34,47	64,53	1,00	0,01	0,53
Mat 5-1	Mat.Tfg	39,57	59,53	0,90	0,01	0,66
Mat 5-2	Mat.Tfg	45,11	54,29	0,60	0,01	0,83
Mat 5-3	Mat.Tfg	48,38	50,12	1,50	0,02	0,97
Mat 5-4	Mat.Tfg	39,02	58,88	2,10	0,02	0,66

Tab. A1: Korngrößenanteile der untersuchten Proben.

Probe	Abbau	ab	an	qtz	chl	ill	py	kao	dol	cc	GK	Summe
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
B1-1	Bgfd.	5,1	9,0	27,6	13,8	37,3	0,1	0,0	7,1	0,0	7,1	100,0
B1-2	Bgfd.	4,1	7,9	30,8	13,0	36,6	0,0	0,0	7,5	0,0	7,5	100,0
B1-3	Bgfd.	5,0	10,8	27,6	12,8	36,3	0,0	0,0	7,5	0,0	7,5	100,0
B1-4	Bgfd.	5,9	4,1	29,0	15,6	44,9	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5	100,0
B2-1	Bgfd.	4,8	10,0	32,6	12,8	32,7	0,0	0,0	5,5	1,6	7,1	100,0
B2-2	Bgfd.	5,5	8,9	29,5	12,9	36,2	0,0	0,0	5,4	1,6	7,0	100,0
B2-3	Bgfd.	5,7	0,0	24,2	8,7	36,1	0,0	2,7	18,6	3,8	22,4	100,0
B3-1	Bgfd.	4,4	5,4	30,9	13,9	43,4	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	100,0
B3-2	Bgfd.	2,7	15,0	49,7	10,0	14,3	0,1	0,0	8,2	0,0	8,2	100,0
B3-3	Bgfd.	2,8	11,7	52,3	9,0	13,4	0,0	0,0	6,3	4,6	10,9	100,0
B3-4	Bgfd.	6,8	4,4	25,5	13,9	46,1	0,4	0,0	2,9	0,0	2,9	100,0
B3-5	Bgfd.	7,0	4,3	26,6	13,8	44,9	0,3	0,0	3,1	0,0	3,1	100,0
B3-6	Bgfd.	6,0	3,7	30,1	14,6	43,4	0,1	0,0	2,0	0,0	2,0	100,0
B3-7	Bgfd.	6,7	4,3	30,5	15,1	42,0	0,0	0,0	1,5	0,0	1,5	100,0
B4-6	Bgfd.	6,4	12,1	35,8	14,1	27,0	0,1	0,0	4,5	0,0	4,5	100,0
B4-5	Bgfd.	7,4	5,6	33,2	14,9	38,4	0,0	0,0	0,6	0,0	0,6	100,0
B4-4	Bgfd.	6,8	5,2	27,9	16,4	43,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	100,0
B4-3	Bgfd.	7,5	4,3	32,7	14,9	39,9	0,0	0,0	0,7	0,0	0,7	100,0
B4-2	Bgfd.	5,1	7,0	26,6	16,6	43,9	0,0	0,0	0,7	0,0	0,7	100,0
B4-1	Bgfd.	5,2	5,1	50,3	13,8	17,8	0,0	6,6	1,2	0,0	1,2	100,0
K 1	Klöch	2,7	0,0	28,4	16,9	38,9	0,0	12,6	0,0	0,5	0,5	100,0
K 2	Klöch	2,8	0,7	29,2	17,1	38,4	0,0	11,3	0,0	0,6	0,6	100,0
K 3	Klöch	2,3	0,0	30,9	16,2	32,0	0,0	18,4	0,0	0,3	0,3	100,0
K 4	Klöch	2,3	0,0	27,2	19,0	30,2	0,0	20,8	0,0	0,4	0,4	100,0
K 5	Klöch	1,6	0,0	22,8	20,4	29,7	0,0	24,2	0,0	1,2	1,2	100,0
K 6	Klöch	2,7	0,0	30,1	15,1	26,4	0,0	25,0	0,0	0,7	0,7	100,0
K 7	Klöch	5,3	0,0	46,3	15,3	25,0	0,0	7,4	0,0	0,6	0,6	100,0
K9	Klöch	2,1	0,0	34,6	18,8	23,9	0,0	19,9	0,0	0,7	0,7	100,0
K 8	Klöch	2,9	0,0	39,9	17,5	25,8	0,0	13,2	0,0	0,6	0,6	100,0
K10	Klöch	2,7	0,0	41,7	17,9	24,5	0,1	13,0	0,0	0,2	0,2	100,0
K 11	Klöch	4,3	0,0	44,8	16,4	24,4	0,0	9,6	0,0	0,6	0,6	100,0
K 12	Klöch	1,7	0,0	32,9	16,8	24,9	0,0	23,0	0,0	0,7	0,7	100,0
Mat 1-1	Mat.	8,2	2,6	23,4	12,6	42,7	0,2	0,0	10,3	0,0	10,3	100,0
Mat 1-2	Mat.	7,6	3,7	24,1	13,1	40,5	0,1	0,0	10,9	0,0	10,9	100,0
Mat 1-3	Mat.	6,2	2,4	20,8	13,6	46,4	0,2	0,0	10,4	0,0	10,4	100,0
Mat 1-4	Mat.	7,9	0,0	25,3	13,0	46,0	0,3	0,0	7,5	0,0	7,5	100,0
Mat 1-5	Mat.	6,5	1,9	22,9	13,6	44,2	0,2	0,0	10,7	0,0	10,7	100,0
Mat 2-1	Mat.	8,0	0,0	27,4	11,7	43,2	0,1	0,0	9,7	0,0	9,7	100,0
Mat 2-2	Mat.	8,6	0,6	27,5	11,9	41,7	0,1	0,0	9,6	0,0	9,6	100,0
Mat 2-3	Mat.	6,7	0,0	19,3	13,8	48,5	0,2	0,0	11,2	0,4	11,6	100,0
Mat 2-4	Mat.	7,2	0,0	21,8	12,0	46,8	0,2	0,0	12,0	0,0	12,0	100,0
Mat 2-5	Mat.	8,6	5,0	31,8	11,6	34,2	0,2	0,0	8,5	0,0	8,5	100,0
Mat 3-1	Mat.	9,4	0,0	30,3	10,2	35,2	0,2	0,0	13,8	0,9	14,7	100,0
Mat 3-2	Mat.	8,2	0,0	26,7	8,9	36,9	0,2	0,0	17,7	1,5	19,2	100,0
Mat 3-3	Mat.	8,1	1,3	25,5	11,4	40,5	0,1	0,0	10,7	2,4	13,1	100,0
Mat 3-4	Mat.	5,6	3,3	24,0	12,9	41,0	0,3	0,0	10,4	2,6	12,9	100,0
Mat 3-5	Mat.	7,4	3,3	24,2	11,6	41,2	0,1	0,0	12,1	0,0	12,1	100,0
Mat 4-1	Mat.	5,9	0,6	20,6	12,4	46,6	0,1	0,0	11,5	2,4	13,9	100,0
Mat 4-2	Mat.	4,0	5,8	20,0	13,9	45,3	0,1	0,0	10,3	0,7	10,9	100,0
Mat 4-3	Mat.	2,8	1,3	18,2	12,5	51,1	0,2	0,0	12,1	1,8	13,9	100,0
Mat 4-4	Mat.	4,3	1,0	20,3	13,6	47,6	0,2	0,0	9,8	3,1	12,9	100,0
Mat 4-5	Mat.Tfg	3,2	9,6	21,2	14,0	41,8	0,1	0,0	10,1	0,0	10,1	100,0
Mat 5-1	Mat.Tfg	3,2	0,0	15,8	12,7	50,6	0,1	0,0	14,5	3,1	17,6	100,0
Mat 5-2	Mat.Tfg	2,4	0,3	15,8	14,0	50,3	0,5	0,0	10,8	5,9	16,7	100,0
Mat 5-3	Mat.Tfg	2,2	3,7	16,1	13,2	47,8	1,1	0,0	10,4	5,5	15,9	100,0
Mat 5-4	Mat.Tfg	2,4	3,3	17,3	13,5	47,8	0,7	0,0	10,2	4,8	15,0	100,0

Tab. A2: Mineralbestand der untersuchten Proben.

Probe	Abbau	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	LOI	FeO	C	CO2
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
B1-1	Bgfd.	53,09	17,22	7,30	0,12	2,74	3,33	0,57	2,17	1,00	0,21	10,89	3,28	0,67	2,44
B1-2	Bgfd.	55,17	16,51	7,13	0,11	2,45	3,31	0,57	2,48	1,00	0,21	10,78	3,21	0,71	2,59
B1-3	Bgfd.	53,07	17,32	6,81	0,13	2,63	3,76	0,59	2,20	1,01	0,20	10,87	3,06	0,70	2,58
B1-4	Bgfd.	55,87	17,94	7,72	0,10	2,12	0,87	0,53	2,19	1,03	0,19	10,09	3,47	0,04	0,16
B2-1	Bgfd.	56,17	16,18	6,97	0,11	2,22	3,99	0,60	2,09	1,02	0,22	10,32	3,14	0,71	2,58
B2-2	Bgfd.	55,82	17,24	7,11	0,12	2,12	3,64	0,62	2,13	1,00	0,22	10,44	3,20	0,69	2,53
B2-3	Bgfd.	52,06	15,98	6,59	0,13	1,89	3,80	0,68	2,26	0,93	0,19	15,29	2,97	2,20	8,06
B3-1	Bgfd.	57,74	17,81	7,34	0,11	2,05	1,70	0,58	2,80	1,02	0,24	9,19	3,30	0,19	0,69
B3-2	Bgfd.	62,61	11,38	5,65	0,08	2,26	4,77	0,43	1,24	0,94	0,23	9,13	2,54	0,78	2,84
B3-3	Bgfd.	64,01	10,05	5,01	0,08	2,14	6,12	0,40	1,09	0,83	0,19	9,80	2,25	1,13	4,14
B3-4	Bgfd.	55,68	18,89	7,33	0,07	2,70	1,75	0,77	2,74	1,08	0,16	9,77	3,30	0,27	1,00
B3-5	Bgfd.	56,10	18,50	7,21	0,08	2,75	1,75	0,77	2,62	1,09	0,20	9,56	3,24	0,29	1,08
B3-6	Bgfd.	55,40	17,04	7,16	0,10	2,41	1,39	0,69	2,57	1,06	0,16	8,95	3,22	0,19	0,69
B3-7	Bgfd.	56,88	17,36	7,38	0,10	2,44	1,30	0,69	2,28	1,08	0,15	9,13	3,32	0,14	0,51
B4-6	Bgfd.	54,95	15,66	7,25	0,12	3,06	3,70	0,84	2,00	1,13	0,46	8,92	3,26	0,43	1,57
B4-5	Bgfd.	58,67	16,82	7,53	0,12	2,19	1,46	0,87	2,42	1,25	0,36	7,90	3,39	0,06	0,21
B4-4	Bgfd.	55,47	18,08	7,96	0,13	2,52	1,34	0,77	2,60	1,10	0,34	9,23	3,58	0,03	0,10
B4-3	Bgfd.	58,42	16,87	7,49	0,13	2,27	1,27	0,87	2,50	1,16	0,25	8,54	3,37	0,07	0,25
B4-2	Bgfd.	51,32	17,52	7,84	0,13	2,38	1,74	0,64	2,70	1,06	0,49	10,57	3,53	0,07	0,24
B4-1	Bgfd.	65,77	12,53	6,99	0,11	2,12	1,35	0,55	1,00	1,16	0,45	8,30	3,15	0,11	0,40
K 1	Klöch	56,23	19,46	9,54	0,06	1,09	0,34	0,28	2,19	1,53	0,10	9,75	4,29	0,07	0,24
K 2	Klöch	55,91	18,92	9,20	0,06	1,49	0,44	0,29	2,14	1,34	0,08	10,84	4,14	0,07	0,25
K 3	Klöch	55,51	18,73	8,51	0,04	1,45	0,38	0,24	1,75	1,41	0,08	10,98	3,83	0,03	0,12
K 4	Klöch	52,00	19,09	10,00	0,04	1,37	0,43	0,24	1,62	1,45	0,14	12,29	4,50	0,05	0,18
K 5	Klöch	48,51	19,91	11,04	0,05	0,98	0,24	0,16	1,57	1,69	0,13	13,41	4,97	0,14	0,53
K 6	Klöch	55,08	19,36	8,58	0,06	0,64	0,17	0,28	1,45	1,66	0,12	10,94	3,86	0,08	0,29
K 7	Klöch	65,03	13,71	8,93	0,26	0,70	0,24	0,57	1,42	1,48	0,14	7,23	4,02	0,07	0,27
K9	Klöch	56,51	17,40	10,88	0,05	0,57	0,19	0,23	1,32	1,54	0,21	9,94	4,90	0,09	0,32
K 8	Klöch	61,02	15,94	10,37	0,15	0,60	0,17	0,32	1,46	1,57	0,19	8,90	4,67	0,07	0,27
K10	Klöch	60,94	15,26	10,54	0,08	0,56	0,13	0,28	1,37	1,56	0,15	8,31	4,74	0,02	0,07
K 11	Klöch	63,00	14,06	9,46	0,17	0,68	0,16	0,46	1,36	1,50	0,16	7,78	4,26	0,07	0,25
K 12	Klöch	57,07	18,75	9,90	0,04	0,60	0,13	0,18	1,40	1,64	0,20	10,54	4,45	0,08	0,29
Mat 1-1	Mat.	52,28	17,35	7,15	0,11	3,15	3,13	1,08	3,06	1,02	0,20	9,93	3,22	0,97	3,56
Mat 1-2	Mat.	52,22	17,09	7,38	0,11	3,22	3,45	1,02	2,97	0,98	0,18	10,33	3,32	1,03	3,76
Mat 1-3	Mat.	50,42	18,13	7,60	0,14	3,22	3,05	0,83	3,17	0,94	0,15	11,24	3,42	0,98	3,59
Mat 1-4	Mat.	55,02	17,70	7,21	0,10	3,03	1,86	0,97	2,97	0,97	0,15	8,95	3,24	0,71	2,60
Mat 1-5	Mat.	51,40	17,38	7,73	0,13	3,20	3,04	0,88	3,11	0,96	0,20	10,58	3,48	1,01	3,70
Mat 2-1	Mat.	55,36	16,64	6,51	0,11	2,99	2,38	1,02	2,98	0,96	0,15	9,59	2,93	0,91	3,34
Mat 2-2	Mat.	56,06	16,72	6,75	0,11	2,97	2,52	1,10	2,89	1,00	0,16	8,78	3,04	0,90	3,31
Mat 2-3	Mat.	46,37	16,98	7,41	0,12	3,00	2,70	0,78	2,92	0,91	0,16	10,73	3,33	1,10	4,03
Mat 2-4	Mat.	50,52	17,34	6,73	0,13	3,11	2,71	0,81	2,77	0,95	0,14	10,77	3,03	1,13	4,14
Mat 2-5	Mat.	56,75	15,50	6,34	0,12	2,94	3,18	1,10	2,48	1,00	0,24	9,20	2,85	0,81	2,95
Mat 3-1	Mat.	57,98	15,10	6,49	0,11	2,90	3,19	1,18	2,45	0,98	0,17	8,88	2,92	1,40	5,14
Mat 3-2	Mat.	55,31	15,56	6,10	0,12	3,05	3,91	1,06	2,62	0,95	0,15	9,84	2,74	1,84	6,74
Mat 3-3	Mat.	52,72	16,19	6,41	0,12	3,17	4,14	1,05	2,88	0,92	0,17	10,71	2,88	1,29	4,72
Mat 3-4	Mat.	50,42	16,55	7,34	0,13	3,28	4,56	0,79	2,95	0,90	0,22	10,96	3,30	1,27	4,67
Mat 3-5	Mat.	52,68	17,13	6,78	0,11	3,08	3,60	1,00	3,01	0,95	0,16	9,73	3,05	1,14	4,17
Mat 4-1	Mat.	50,71	17,92	7,09	0,13	3,35	4,09	0,79	3,17	0,90	0,17	10,69	3,19	1,36	4,99
Mat 4-2	Mat.	48,77	18,40	7,56	0,13	3,28	4,00	0,62	3,15	0,89	0,19	11,52	3,40	1,04	3,82
Mat 4-3	Mat.	47,69	18,50	6,99	0,16	3,38	4,04	0,44	3,32	0,82	0,11	13,20	3,15	1,35	4,94
Mat 4-4	Mat.	49,28	17,91	7,81	0,14	3,12	4,12	0,58	3,08	0,87	0,39	11,99	3,51	1,28	4,70
Mat 4-5	Mat.Tfg	48,77	18,31	7,59	0,13	3,35	4,44	0,58	3,12	0,87	0,15	11,70	3,42	0,96	3,50
Mat 5-1	Mat.Tfg	47,78	19,16	7,73	0,15	3,36	4,42	0,39	3,11	0,85	0,14	12,30	3,48	1,72	6,31
Mat 5-2	Mat.Tfg	46,17	18,71	8,53	0,16	3,23	5,39	0,29	2,99	0,80	0,38	13,12	3,84	1,70	6,24
Mat 5-3	Mat.Tfg	44,76	18,27	8,78	0,17	3,10	5,79	0,28	2,84	0,80	0,21	13,88	3,95	1,62	5,94
Mat 5-4	Mat.Tfg	47,41	18,82	8,52	0,15	3,17	5,42	0,35	3,04	0,89	0,19	12,76	3,83	1,52	5,57

Tab. A3: Hauptelementbestand der untersuchten Proben.

Probe	Abbau	Ba %	Zr%	Sr%	Y	Sc	Be	V
		%	%	%	%	%	%	%
B1-1	Bgfd.	0,0571	0,0180	0,0146	0,0032	0,0018	0,0003	0,0142
B1-2	Bgfd.	0,0545	0,0196	0,0138	0,0032	0,0018	0,0003	0,0136
B1-3	Bgfd.	0,0586	0,0194	0,0141	0,0035	0,0018	0,0003	0,0138
B1-4	Bgfd.	0,0595	0,0204	0,0087	0,0035	0,0019	0,0003	0,0147
B2-1	Bgfd.	0,0572	0,0204	0,0119	0,0033	0,0017	0,0003	0,0137
B2-2	Bgfd.	0,0571	0,0199	0,0107	0,0034	0,0018	0,0003	0,0138
B2-3	Bgfd.	0,0493	0,0194	0,0090	0,0033	0,0017	0,0003	0,0130
B3-1	Bgfd.	0,0580	0,0211	0,0096	0,0036	0,0019	0,0003	0,0139
B3-2	Bgfd.	0,0418	0,0159	0,0118	0,0024	0,0013	0,0002	0,0106
B3-3	Bgfd.	0,0371	0,0180	0,0107	0,0020	0,0012	0,0002	0,0087
B3-4	Bgfd.	0,0632	0,0204	0,0140	0,0034	0,0019	0,0003	0,0149
B3-5	Bgfd.	0,0615	0,0213	0,0133	0,0033	0,0019	0,0003	0,0146
B3-6	Bgfd.	0,0594	0,0214	0,0112	0,0034	0,0017	0,0003	0,0140
B3-7	Bgfd.	0,0598	0,0213	0,0114	0,0034	0,0018	0,0003	0,0144
B4-6	Bgfd.	0,0582	0,0218	0,0153	0,0030	0,0016	0,0003	0,0136
B4-5	Bgfd.	0,0661	0,0244	0,0123	0,0032	0,0018	0,0003	0,0145
B4-4	Bgfd.	0,0689	0,0207	0,0124	0,0032	0,0019	0,0004	0,0164
B4-3	Bgfd.	0,0628	0,0223	0,0123	0,0030	0,0018	0,0003	0,0149
B4-2	Bgfd.	0,0629	0,0174	0,0122	0,0039	0,0019	0,0003	0,0170
B4-1	Bgfd.	0,0554	0,0175	0,0097	0,0028	0,0014	0,0002	0,0099
K 1	Klöch	0,0846	0,0286	0,0065	0,0022	0,0022	0,0003	0,0173
K 2	Klöch	0,0666	0,0246	0,0066	0,0021	0,0020	0,0004	0,0164
K 3	Klöch	0,0581	0,0244	0,0059	0,0020	0,0021	0,0003	0,0147
K 4	Klöch	0,0568	0,0228	0,0057	0,0020	0,0021	0,0004	0,0159
K 5	Klöch	0,0584	0,0235	0,0050	0,0019	0,0022	0,0004	0,0176
K 6	Klöch	0,0637	0,0318	0,0058	0,0025	0,0018	0,0003	0,0181
K 7	Klöch	0,0464	0,0468	0,0068	0,0033	0,0014	0,0004	0,0168
K9	Klöch	0,0422	0,0318	0,0053	0,0023	0,0017	0,0004	0,0203
K 8	Klöch	0,0460	0,0399	0,0058	0,0028	0,0017	0,0004	0,0200
K10	Klöch	0,0405	0,0396	0,0054	0,0027	0,0016	0,0003	0,0184
K 11	Klöch	0,0418	0,0441	0,0060	0,0033	0,0015	0,0003	0,0166
K 12	Klöch	0,0405	0,0332	0,0051	0,0022	0,0017	0,0003	0,0184
Mat 1-1	Mat.	0,0619	0,0240	0,0121	0,0036	0,0019	0,0003	0,0146
Mat 1-2	Mat.	0,0609	0,0219	0,0119	0,0035	0,0018	0,0003	0,0137
Mat 1-3	Mat.	0,0634	0,0202	0,0112	0,0036	0,0020	0,0004	0,0149
Mat 1-4	Mat.	0,0621	0,0207	0,0108	0,0034	0,0019	0,0003	0,0146
Mat 1-5	Mat.	0,0614	0,0217	0,0110	0,0037	0,0019	0,0003	0,0144
Mat 2-1	Mat.	0,0590	0,0204	0,0110	0,0033	0,0018	0,0003	0,0140
Mat 2-2	Mat.	0,0596	0,0219	0,0115	0,0033	0,0018	0,0003	0,0136
Mat 2-3	Mat.	0,0604	0,0185	0,0106	0,0033	0,0018	0,0003	0,0142
Mat 2-4	Mat.	0,0607	0,0190	0,0107	0,0034	0,0019	0,0004	0,0150
Mat 2-5	Mat.	0,0547	0,0219	0,0116	0,0032	0,0017	0,0003	0,0122
Mat 3-1	Mat.	0,0539	0,0215	0,0116	0,0030	0,0016	0,0003	0,0121
Mat 3-2	Mat.	0,0559	0,0230	0,0118	0,0032	0,0017	0,0003	0,0126
Mat 3-3	Mat.	0,0524	0,0217	0,0111	0,0034	0,0017	0,0003	0,0129
Mat 3-4	Mat.	0,0594	0,0200	0,0115	0,0034	0,0018	0,0004	0,0139
Mat 3-5	Mat.	0,0612	0,0204	0,0112	0,0034	0,0018	0,0003	0,0138
Mat 4-1	Mat.	0,0647	0,0198	0,0115	0,0035	0,0019	0,0004	0,0144
Mat 4-2	Mat.	0,0650	0,0180	0,0121	0,0036	0,0020	0,0004	0,0152
Mat 4-3	Mat.	0,0628	0,0133	0,0112	0,0032	0,0020	0,0004	0,0150
Mat 4-4	Mat.	0,0604	0,0162	0,0114	0,0032	0,0019	0,0004	0,0150
Mat 4-5	Mat.Tfg	0,0631	0,0178	0,0116	0,0034	0,0019	0,0004	0,0147
Mat 5-1	Mat.Tfg	0,0634	0,0152	0,0119	0,0034	0,0020	0,0004	0,0156
Mat 5-2	Mat.Tfg	0,0592	0,0134	0,0126	0,0034	0,0020	0,0004	0,0153
Mat 5-3	Mat.Tfg	0,0562	0,0135	0,0144	0,0034	0,0020	0,0004	0,0151
Mat 5-4	Mat.Tfg	0,0612	0,0163	0,0146	0,0037	0,0020	0,0004	0,0150

Tab. A4: Spurenelementbestand der untersuchten Proben.

Probe	Abbau	S	TOC	Calcit	Dolomit	GK	S1	S2	S3	HI	OI
		%	%	%	%	%	mg KW/g Gestein	mg KW/g Gestein	mg CO2/g Gestein	mg KW/g Gestein	mg CO2/g Gestein
B1-1	Bgfd.	0,039	0,134	0,00	7,07	7,07					
B1-2	Bgfd.	0,008	0,100	0,00	7,51	7,51					
B1-3	Bgfd.	0,025	0,179	0,00	7,48	7,48					
B1-4	Bgfd.	0,024	0,188	0,00	0,46	0,46					
B2-1	Bgfd.	0,010	0,194	1,64	5,47	7,11					
B2-2	Bgfd.	0,009	0,103	1,57	5,39	6,97					
B2-3	Bgfd.	0,025	0,437	3,81	18,63	22,44	2,22	0,61	6,06	138,44	1385,58
B3-1	Bgfd.	0,011	0,185	0,00	1,98	1,98					
B3-2	Bgfd.	0,031	0,173	0,00	8,22	8,22					
B3-3	Bgfd.	0,022	0,256	4,59	6,30	10,89					
B3-4	Bgfd.	0,203	0,414	0,00	2,89	2,89	0,01	0,02	0,79	4,83	190,82
B3-5	Bgfd.	0,160	0,479	0,00	3,13	3,13	0,11	0,12	1,03	25,05	215,03
B3-6	Bgfd.	0,029	0,320	0,00	2,00	2,00	0,07	0,01	0,71	3,13	221,88
B3-7	Bgfd.	0,012	0,297	0,00	1,47	1,47	0,08	0,03	0,84	10,10	282,83
B4-6	Bgfd.	0,028	0,226	0,00	4,55	4,55					
B4-5	Bgfd.	0,024	0,289	0,00	0,62	0,62					
B4-4	Bgfd.	0,009	0,142	0,00	0,29	0,29					
B4-3	Bgfd.	0,010	0,222	0,00	0,72	0,72					
B4-2	Bgfd.	0,010	0,183	0,00	0,70	0,70					
B4-1	Bgfd.	0,010	0,360	0,00	1,17	1,17	0,15	0,23	1,45	62,50	402,78
K 1	Klöch	0,023	0,189	0,54	0,00	0,54					
K 2	Klöch	0,020	0,130	0,57	0,00	0,57					
K 3	Klöch	0,014	0,148	0,26	0,00	0,26					
K 4	Klöch	0,013	0,150	0,41	0,00	0,41					
K 5	Klöch	0,009	0,449	1,20	0,00	1,20	0,27	0,22	2,62	49,00	582,41
K 6	Klöch	0,011	0,247	0,66	0,00	0,66					
K 7	Klöch	0,011	0,234	0,61	0,00	0,61					
K 9	Klöch	0,010	0,241	0,72	0,00	0,72					
K 8	Klöch	0,011	0,250	0,61	0,00	0,61					
K 10	Klöch	0,044	0,261	0,17	0,00	0,17					
K 11	Klöch	0,008	0,303	0,56	0,00	0,56	0,08	0,05	2,10	16,50	693,07
K 12	Klöch	0,007	0,331	0,66	0,00	0,66	0,11	0,15	1,87	45,32	564,95
Mat 1-1	Mat.	0,126	0,714	0,00	10,31	10,31	0,09	0,20	2,10	28,01	293,42
Mat 1-2	Mat.	0,051	0,711	0,00	10,89	10,89	0,09	0,22	2,04	30,94	286,92
Mat 1-3	Mat.	0,084	0,819	0,00	10,40	10,40	0,08	0,30	1,96	36,02	238,71
Mat 1-4	Mat.	0,142	0,712	0,00	7,52	7,52	0,08	0,20	1,99	27,39	278,79
Mat 1-5	Mat.	0,133	0,948	0,00	10,72	10,72	0,09	0,30	2,44	31,65	256,86
Mat 2-1	Mat.	0,060	0,819	0,00	9,68	9,68	0,08	0,27	2,46	32,97	300,37
Mat 2-2	Mat.	0,071	1,179	0,00	9,59	9,59	0,11	0,48	1,97	40,29	167,09
Mat 2-3	Mat.	0,124	0,825	0,44	11,15	11,59	0,10	0,28	2,31	33,94	280,00
Mat 2-4	Mat.	0,124	1,179	0,00	11,98	11,98	0,11	0,48	1,97	40,29	167,09
Mat 2-5	Mat.	0,083	0,713	0,00	8,54	8,54	0,07	0,19	1,95	26,65	273,49
Mat 3-1	Mat.	0,095	0,612	0,91	13,78	14,69	0,07	0,16	2,13	26,14	348,04
Mat 3-2	Mat.	0,094	0,639	1,47	17,73	19,20	0,07	0,15	2,49	23,47	389,67
Mat 3-3	Mat.	0,060	0,658	2,44	10,66	13,11	0,11	0,22	2,01	33,43	305,47
Mat 3-4	Mat.	0,146	0,590	2,59	10,35	12,94	0,09	0,16	2,64	27,12	447,46
Mat 3-5	Mat.	0,072	0,621	0,00	12,08	12,08	0,09	0,20	1,98	32,21	318,84
Mat 4-1	Mat.	0,076	0,605	2,37	11,53	13,91	0,12	0,25	2,27	41,32	374,38
Mat 4-2	Mat.	0,056	0,481	0,66	10,26	10,92	0,09	0,24	1,95	49,90	404,37
Mat 4-3	Mat.	0,088	0,745	1,78	12,12	13,90	0,18	0,46	2,29	61,74	306,71
Mat 4-4	Mat.	0,133	0,545	3,15	9,76	12,91	0,10	0,19	1,78	34,86	326,61
Mat 4-5	Mat.Tfg	0,076	0,692	0,00	10,14	10,14	0,17	0,39	2,12	56,36	305,64
Mat 5-1	Mat.Tfg	0,075	0,560	3,13	14,45	17,58	0,09	0,15	1,29	26,79	230,36
Mat 5-2	Mat.Tfg	0,261	0,645	5,90	10,81	16,71	0,14	0,50	1,18	76,74	182,95
Mat 5-3	Mat.Tfg	0,638	0,661	5,48	10,44	15,92	0,15	0,42	0,90	62,78	135,40
Mat 5-4	Mat.Tfg	0,393	0,627	4,79	10,23	15,02	0,22	0,57	0,87	90,11	138,76

Tab. A5: C/S-Analysen und Rock-Eval-Pyrolysen der untersuchten Proben.

Probe	Abbau	KRD0,3/1180	KRD0,3/1200	KRD0,5/1180	KRD0,5/1200	KRD0,7/1180	KRD0,7/1200
		g/cm <sup>3</sup>					
B1-1	Bgfd.	0,603	0,535	0,330	0,293	0,291	0,268
B1-2	Bgfd.	0,695	0,543	0,395	0,332	0,337	0,305
B1-3	Bgfd.	0,734	0,648	0,405	0,337	0,308	0,300
B1-4	Bgfd.	0,441	0,402	0,323	0,319	0,322	0,300
B2-1	Bgfd.	0,671	0,570	0,429	0,346	0,378	0,310
B2-2	Bgfd.	0,669	0,561	0,408	0,350	0,355	0,310
B2-3	Bgfd.	0,576	0,492	0,417	0,344	0,380	0,329
B3-1	Bgfd.	0,531	0,461	0,348	0,298	0,337	0,301
B3-2	Bgfd.	0,869	0,760	0,671	0,610	0,658	0,583
B3-3	Bgfd.	1,045	0,859	0,820	0,662	0,766	0,685
B3-4	Bgfd.	0,376	0,307	0,294	0,254	0,288	0,250
B3-5	Bgfd.	0,313	0,269	0,266	0,245	0,300	0,257
B3-6	Bgfd.	0,400	0,329	0,307	0,275	0,316	0,263
B3-7	Bgfd.	0,440	0,345	0,352	0,306	0,303	0,277
B4-6	Bgfd.	0,454	0,439	0,350	0,339	0,354	0,324
B4-5	Bgfd.	0,454	0,485	0,323	0,307	0,300	0,297
B4-4	Bgfd.	0,363	0,403	0,265	0,250	0,247	0,220
B4-3	Bgfd.	0,450	0,425	0,308	0,273	0,294	0,278
B4-2	Bgfd.	0,315	0,322	0,212	0,217	0,200	0,194
B4-1	Bgfd.	0,470	0,495	0,406	0,423	0,421	0,422
K 1	Klöch	0,760	0,776	0,603	0,505	0,563	0,497
K 2	Klöch	0,570	0,551	0,418	0,362	0,500	0,363
K 3	Klöch	0,526	0,557	0,456	0,408	0,481	0,435
K 4	Klöch	0,591	0,700	0,412		0,453	0,437
K 5	Klöch	0,750	0,800	0,700	0,700	0,753	0,753
K 6	Klöch	0,960	0,766	0,929	0,987	1,055	1,012
K 7	Klöch	1,200	1,245	1,096	1,108	1,008	1,058
K9	Klöch	1,000	1,054	0,945	0,909	0,982	0,915
K 8	Klöch	1,020	1,070	1,065	1,050	0,908	0,946
K10	Klöch	1,154	1,110	1,038	1,052	0,966	1,011
K 11	Klöch	1,076	1,191	1,048	1,064	1,008	1,082
K 12	Klöch	1,018	1,200	0,922	0,981	0,820	0,950
Mat 1-1	Mat.	0,723	0,558	0,640	0,435	0,580	0,445
Mat 1-2	Mat.	0,731	0,495	0,651	0,447	0,584	0,444
Mat 1-3	Mat.	0,552	0,326	0,445	0,317	0,436	0,331
Mat 1-4	Mat.	0,500	0,376	0,452	0,360	0,452	0,356
Mat 1-5	Mat.	0,535	0,374	0,497	0,370	0,495	0,368
Mat 2-1	Mat.	0,565	0,437	0,552	0,407	0,513	0,410
Mat 2-2	Mat.	0,512	0,436	0,520	0,433	0,528	0,425
Mat 2-3	Mat.	0,473	0,341	0,453	0,351	0,444	0,358
Mat 2-4	Mat.	0,379	0,322	0,385	0,312	0,403	0,300
Mat 2-5	Mat.	0,821	0,650	0,787	0,632	0,723	0,650
Mat 3-1	Mat.	1,054	0,930	0,983	0,806	0,940	0,800
Mat 3-2	Mat.	0,872	0,621	0,835	0,584	0,785	0,578
Mat 3-3	Mat.	0,740	0,530	0,690	0,514	0,675	0,509
Mat 3-4	Mat.	0,662	0,443	0,630	0,445	0,620	0,420
Mat 3-5	Mat.	0,810	0,577	0,700	0,530	0,726	0,556
Mat 4-1	Mat.	0,584	0,414	0,506	0,386	0,497	0,350
Mat 4-2	Mat.	0,382	0,284	0,353	0,269	0,356	0,265
Mat 4-3	Mat.	0,260	0,223	0,256	0,214	0,263	0,217
Mat 4-4	Mat.	0,377	0,312	0,344	0,288	0,335	0,285
Mat 4-5	Mat.Tfg	0,400	0,306	0,392	0,285	0,355	0,285
Mat 5-1	Mat.Tfg	0,270	0,212	0,232	0,206	0,242	0,211
Mat 5-2	Mat.Tfg	0,203	0,183	0,189	0,184	0,187	0,186
Mat 5-3	Mat.Tfg	0,200	0,224	0,192	0,215	0,200	0,193
Mat 5-4	Mat.Tfg	0,225	0,230	0,223	0,228	0,240	0,215

Tab. A6: Kornrohdichten (KRD) der untersuchten Proben mit 0,3, 0,5 und 0,7 % Zusatz an Kiefernölpech bei 1180 und 1200°C Brenntemperatur.

Tab. A7: Test auf Normalverteilung in den untersuchten Proben.

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

		AB	AN	QTZ	CHL	ILL	PY	KAO	DOL	CC	FLU&M	GK	SIO2	AL2O3
N		56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Parameter der Normalverteilung	Mittelwert	5,16	3,38	28,62	13,93	37,86	0,12	3,71	6,27	0,96	19,22	7,23	54,43	17,05
	Standardabw.	2,18	3,83	8,47	2,46	9,32	0,19	7,34	5,31	1,52	2,23	6,08	4,80	1,92
Extremste Differenzen	Absolut	0,13	0,19	0,14	0,13	0,13	0,26	0,44	0,16	0,28	0,13	0,18	0,11	0,14
	Positiv	0,13	0,17	0,14	0,13	0,08	0,24	0,44	0,16	0,28	0,13	0,18	0,09	0,09
	Negativ	-0,08	-0,19	-0,06	-0,07	-0,13	-0,26	-0,31	-0,15	-0,26	-0,06	-0,12	-0,11	-0,14
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,00	1,42	1,07	0,95	0,96	1,97	3,32	1,23	2,07	0,98	1,35	0,86	1,04
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,27	0,04	0,20	0,32	0,32	0,00	0,00	0,10	0,00	0,29	0,05	0,45	0,23

		FE2O3	MNO	MGO	CAO	NA2O	K2O	TIO2	P2O5	LOI	BA	ZR	SR	Y
N		56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Parameter der Normalverteilung	Mittelwert	7,74	0,11	2,39	2,58	0,63	2,40	1,10	0,20	10,36	0,06	0,02	0,01	0,00
	Standardabw.	1,28	0,04	0,90	1,70	0,28	0,65	0,25	0,09	1,61	0,01	0,01	0,00	0,00
Extremste Differenzen	Absolut	0,18	0,16	0,16	0,11	0,09	0,11	0,21	0,23	0,13	0,17	0,24	0,22	0,28
	Positiv	0,18	0,15	0,14	0,11	0,09	0,10	0,21	0,23	0,13	0,13	0,24	0,12	0,12
	Negativ	-0,08	-0,16	-0,16	-0,11	-0,08	-0,11	-0,12	-0,13	-0,06	-0,17	-0,11	-0,22	-0,28
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,36	1,23	1,21	0,82	0,65	0,83	1,59	1,70	1,01	1,24	1,80	1,68	2,07
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,05	0,10	0,11	0,51	0,79	0,49	0,01	0,01	0,26	0,09	0,00	0,01	0,00

		SC	BE	V	FEO	S	C	CO2	TOC	Ton	Silt	Sand	Sand/(Ton+Silt)	Ton/Silt
N		56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56
Parameter der Normalverteilung	Mittelwert	0,00	0,00	0,01	3,48	0,07	0,70	2,58	0,45	31,28	54,38	14,34	0,20	0,61
	Standardabw.	0,00	0,00	0,00	0,58	0,10	0,59	2,17	0,27	9,03	10,06	11,73	0,26	0,26
Extremste Differenzen	Absolut	0,17	0,35	0,15	0,18	0,26	0,18	0,18	0,15	0,07	0,12	0,19	0,30	0,16
	Positiv	0,11	0,35	0,15	0,18	0,20	0,18	0,18	0,15	0,07	0,07	0,19	0,30	0,16
	Negativ	-0,17	-0,25	-0,15	-0,08	-0,26	-0,12	-0,12	-0,10	-0,06	-0,12	-0,12	-0,23	-0,11
Kolmogorov-Smirnov-Z		1,31	2,66	1,13	1,36	1,96	1,36	1,36	1,11	0,53	0,93	1,44	2,26	1,21
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		0,06	0,00	0,15	0,05	0,00	0,05	0,05	0,17	0,95	0,35	0,03	0,00	0,11

Rotierte Komponentenmatrix					
D-Serie	Komponente				
	1	2	3	4	5
AB	-0,81	0,13	-0,19	0,16	0,36
AN	-0,30	-0,25	-0,04	-0,76	-0,11
QTZ	0,02	-0,88	-0,43	-0,12	-0,01
CHL	0,74	0,20	-0,56	0,02	-0,06
ILL	-0,22	0,88	0,24	-0,03	0,23
PY	0,12	0,27	0,63	-0,18	0,30
KAO	0,71	-0,19	-0,29	0,40	-0,39
DOL	-0,53	0,16	0,77	0,21	0,08
CC	0,28	-0,05	0,83	-0,11	0,03
FLUBM	-0,06	0,54	0,70	-0,11	0,23
GK	-0,39	0,13	0,88	0,15	0,08
SIO2	-0,08	-0,77	-0,55	-0,01	0,06
AL2O3	0,35	0,88	-0,04	0,12	-0,16
FE2O3	0,87	0,11	-0,26	0,25	0,01
MNO	-0,08	-0,01	0,33	-0,11	0,80
MGO	-0,64	0,46	0,49	-0,25	0,16
CAO	-0,40	0,04	0,82	-0,32	0,05
NA2O	-0,86	0,14	-0,06	0,16	0,34
K2O	-0,43	0,76	0,35	0,01	0,25
TIO2	0,63	-0,25	-0,60	0,34	-0,14
P2O5	-0,06	-0,10	-0,06	-0,67	0,22
LOI	0,29	0,41	0,70	0,00	-0,35
BA	-0,20	0,80	-0,14	-0,13	-0,13
ZR	0,42	-0,41	-0,50	0,50	0,33
SR	-0,55	0,28	0,34	-0,57	0,27
Y	-0,44	0,41	0,18	-0,18	0,65
SC	0,25	0,89	0,03	0,09	-0,24
BE	0,50	0,52	0,27	0,19	0,25
V	0,75	0,30	-0,32	0,32	0,18
FEO	0,87	0,11	-0,26	0,25	0,01
S	0,14	0,29	0,65	-0,17	0,29
C	-0,36	0,12	0,90	0,14	0,08
CO2	-0,36	0,12	0,90	0,14	0,08
TOC	-0,38	0,31	0,46	0,39	0,23
Ton	0,81	0,30	0,09	0,06	0,17
Silt	-0,49	0,71	0,09	0,11	0,23
Sand	-0,20	-0,83	-0,15	-0,14	-0,33
Sand/(Ton+Silt)	-0,20	-0,79	-0,05	-0,26	-0,32
TON/SILT	0,85	-0,10	-0,03	0,12	0,03
KRD revers	0,00	0,63	0,48	-0,40	0,18
KRD0,3/1200	0,34	-0,70	-0,31	0,44	0,03
Varianz (%)	40	23	10	6	5

 Höchste Faktorladung der Variable

Tab. A8: Faktorenanalyse der Analysendaten.

## BURGFELD

Parameter	signifikant	Gelände
Blähfähigkeit	KRD0.3/1200	mittel (0.26-0.75g/cm <sup>3</sup> )
Kornklasse	%Ton	wirkt positiv mit Gehalt >35
	(%Silt)	( <i>schwach positiv zw.55-65</i> )
	%Sand	stark negativ >9
Mineral	%Quarz	stark negativ >30
	%Illit	stark positiv >42
	%Kaolinit	stark negativ >0
	%Karbonat	stark negativ >4
Hauptelemente	%MgO	schwach positiv >2.4
	%CaO	stark negativ >1.8
	%K <sub>2</sub> O	stark positiv > 2.6
	%TiO <sub>2</sub>	schwach positiv zw. 1-1.1
Spurenelemente	%Zirkon	schwach positiv zw. 0.02-0.021
	%Strontium	neutral
CS-Gehalte	%Schwefel	positiv >0.01
	%TOC	positiv >0.2

stark positiv > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen stark positiv auf das Blähvermögen

positiv > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen positiv auf das Blähvermögen

stark negativ > ....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen stark negativ auf das Blähvermögen

negativ > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen negativ auf das Blähvermögen

neutral.....die jeweiligen Variable hat keinen Einfluß auf das Blähvermögen

Tab. A9: Für die Blähfähigkeit wichtige Rohstoffparameter in der Lagerstätte Burgfeld. Die Spalte „Parameter“ weist das Blähvermögen kontrollierende Faktoren aus, unter „signifikant“ sind die Variablen angeführt, die im Mittelwertvergleich als statistisch signifikant berechnet wurden.

## MATASCHEN

Parameter	signifikant	Gelände
Blähfähigkeit	KRD0.3/1200	mittel/ 0.22-0.66g/cm <sup>3</sup>
Kornklasse	%Ton	stark positiv >27
	(%Silt)	<i>schwach positiv zw.55-60</i>
	%Sand	stark negativ >10
Mineral	%Quarz	stark negativ >22
	%Illit	stark positiv >45
	%Kaolinit	<i>nicht aufgetreten</i>
	%Karbonat	neutral
Hauptelemente	%MgO	positiv >3
	%CaO	schwach positiv >2.7
	%K <sub>2</sub> O	positiv > 2.8
	%TiO <sub>2</sub>	negativ >0.96
Spurenelemente	%Zirkon	negativ >0.02
	%Strontium	neutral
CS-Gehalte	%Schwefel	neutral
	%TOC	schwach positiv >0.62

stark positiv > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen stark positiv auf das Blähvermögen

positiv > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen positiv auf das Blähvermögen

stark negativ > ....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen stark negativ auf das Blähvermögen

negativ > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen negativ auf das Blähvermögen

neutral.....die jeweiligen Variable hat keinen Einfluß auf das Blähvermögen

Tab. A10: Für die Blähfähigkeit wichtige Rohstoffparameter in der Lagerstätte Mataschen. Die Spalte „Parameter“ weist das Blähvermögen kontrollierende Faktoren aus, unter „signifikant“ sind die Variablen angeführt, die im Mittelwertvergleich als statistisch signifikant berechnet wurden.

## MATASCHEN TIEFGANG

Parameter	signifikant	Gelände
Blähfähigkeit	KRD0.3/1200	sehr gut / 0.2-0.24g/cm <sup>3</sup>
Kornklasse	%Ton	stark positiv mit Gehalt >45
	(%Silt)	positiv zw.50-65
	%Sand	stark negativ >3
Mineral	%Quarz	stark negativ >18
	%Illit	stark positiv >48
	%Kaolinit	nicht aufgetreten
	%Karbonat	stark positiv >15
Hauptelemente	%MgO	negativ >3.4
	%CaO	stark positiv >4.5
	%K <sub>2</sub> O	negativ > 3.2
	%TiO <sub>2</sub>	negativ >0.9
Spurenelemente	%Zirkon	stark negativ >0.018
	%Strontium	stark positiv >0.0117
CS-Gehalte	%Schwefel	stark positiv >0.09
	%TOC	stark positiv >0.62

stark positiv > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen stark positiv auf das Blähvermögen

positiv > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen positiv auf das Blähvermögen

stark negativ > ....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen stark negativ auf das Blähvermögen

negativ > .....oberhalb des Wertes wirkt die Konzentration der Variablen negativ auf das Blähvermögen

neutral.....die jeweiligen Variable hat keinen Einfluß auf das Blähvermögen

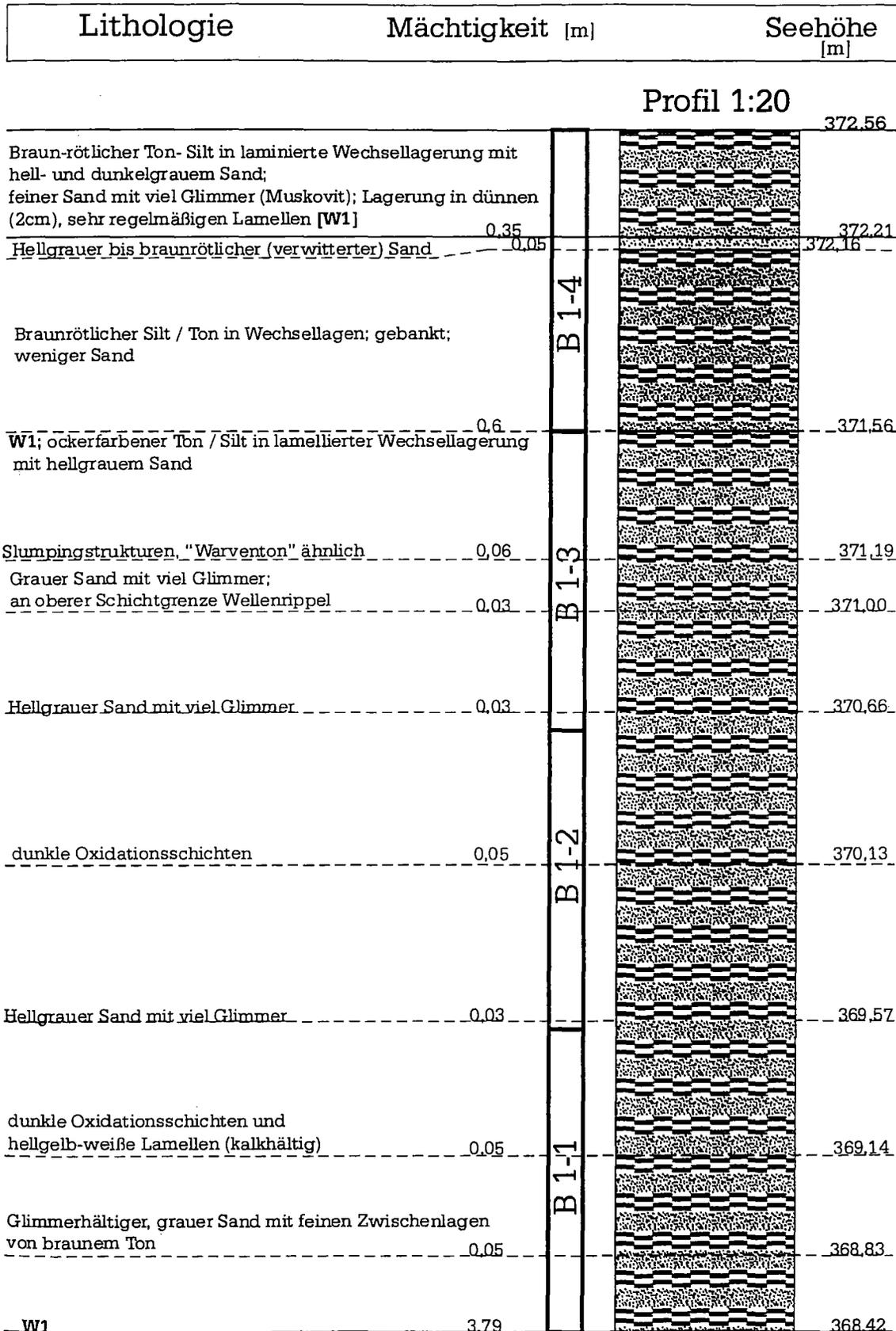
Tab. A11: Für die Blähfähigkeit wichtige Rohstoffparameter in der Lagerstätte Mataschen Tiefgang. Die Spalte „Parameter“ weist das Blähvermögen kontrollierende Faktoren aus, unter „signifikant“ sind die Variablen angeführt, die im Mittelwertvergleich als statistisch signifikant berechnet wurden.

Probe	Abbau	qtz %	ill %	kao %	MgO %	K2O %	TOC %	Ton %	Silt %	Sand %
B1-1	Bgfd.	27,6	37,3	0,0	2,74	2,17	0,134	36,1	55,9	8,0
B1-2	Bgfd.	30,8	36,6	0,0	2,45	2,48	0,100	29,5	55,0	15,5
B1-3	Bgfd.	27,6	36,3	0,0	2,63	2,20	0,179	25,7	57,3	17,0
B1-4	Bgfd.	29,0	44,9	0,0	2,12	2,19	0,188	27,8	61,8	10,4
B2-1	Bgfd.	32,6	32,7	0,0	2,22	2,09	0,194	28,8	51,5	19,7
B2-2	Bgfd.	29,5	36,2	0,0	2,12	2,13	0,103	28,5	52,7	18,8
B2-3	Bgfd.	24,2	36,1	2,7	1,89	2,26	0,437	27,4	54,3	18,3
B3-1	Bgfd.	30,9	43,4	0,0	2,05	2,80	0,185	25,1	58,8	16,1
B3-2	Bgfd.	49,7	14,3	0,0	2,26	1,24	0,173	13,1	35,0	51,9
B3-3	Bgfd.	52,3	13,4	0,0	2,14	1,09	0,256	14,3	34,1	51,6
B3-4	Bgfd.	25,5	46,1	0,0	2,70	2,74	0,414	34,3	60,9	4,9
B3-5	Bgfd.	26,6	44,9	0,0	2,75	2,62	0,479	41,7	53,6	4,7
B3-6	Bgfd.	30,1	43,4	0,0	2,41	2,57	0,320	35,9	56,2	7,9
B3-7	Bgfd.	30,5	42,0	0,0	2,44	2,28	0,297	31,1	60,0	8,9
B4-6	Bgfd.	35,8	27,0	0,0	3,06	2,00	0,226	25,1	52,1	22,8
B4-5	Bgfd.	33,2	38,4	0,0	2,19	2,42	0,289	30,6	54,5	14,9
B4-4	Bgfd.	27,9	43,5	0,0	2,52	2,60	0,142	30,5	58,4	11,1
B4-3	Bgfd.	32,7	39,9	0,0	2,27	2,50	0,222	24,1	61,2	14,7
B4-2	Bgfd.	26,6	43,9	0,0	2,38	2,70	0,183	36,0	58,8	5,2
B4-1	Bgfd.	50,3	17,8	6,6	2,12	1,00	0,360	12,9	27,5	59,6
K 1	Klöch	28,4	38,9	12,6	1,09	2,19	0,189	21,5	61,7	16,8
K 2	Klöch	29,2	38,4	11,3	1,49	2,14	0,130	40,0	40,5	19,6
K 3	Klöch	30,9	32,0	18,4	1,45	1,75	0,148	37,8	46,5	15,7
K 4	Klöch	27,2	30,2	20,8	1,37	1,62	0,150	36,0	48,9	15,1
K 5	Klöch	22,8	29,7	24,2	0,98	1,57	0,449	44,9	35,8	19,4
K 6	Klöch	30,1	26,4	25,0	0,64	1,45	0,247	51,8	38,1	10,1
K 7	Klöch	46,3	25,0	7,4	0,70	1,42	0,234	44,9	35,2	19,9
K 9	Klöch	34,6	23,9	19,9	0,57	1,32	0,241	35,0	50,6	14,4
K 8	Klöch	39,9	25,8	13,2	0,60	1,46	0,250	40,0	44,2	15,8
K10	Klöch	41,7	24,5	13,0	0,56	1,37	0,261	35,8	44,9	19,3
K 11	Klöch	44,8	24,4	9,6	0,68	1,36	0,303	35,1	46,1	18,8
K 12	Klöch	32,9	24,9	23,0	0,60	1,40	0,331	48,0	36,1	15,9
Mat 1-1	Mat.	23,4	42,7	0,0	3,15	3,06	0,714	15,5	68,4	16,2
Mat 1-2	Mat.	24,1	40,5	0,0	3,22	2,97	0,711	25,5	63,7	10,8
Mat 1-3	Mat.	20,8	46,4	0,0	3,22	3,17	0,819	31,2	60,4	8,4
Mat 1-4	Mat.	25,3	46,0	0,0	3,03	2,97	0,712	23,6	64,4	12,0
Mat 1-5	Mat.	22,9	44,2	0,0	3,20	3,11	0,948	20,9	71,8	7,3
Mat 2-1	Mat.	27,4	43,2	0,0	2,99	2,98	0,819	30,7	53,8	15,5
Mat 2-2	Mat.	27,5	41,7	0,0	2,97	2,89	1,179	22,8	53,3	23,9
Mat 2-3	Mat.	19,3	48,5	0,0	3,00	2,92	0,825	27,7	68,0	4,3
Mat 2-4	Mat.	21,8	46,8	0,0	3,11	2,77	1,179	30,7	60,0	9,3
Mat 2-5	Mat.	31,8	34,2	0,0	2,94	2,48	0,713	24,3	54,0	21,7
Mat 3-1	Mat.	30,3	35,2	0,0	2,90	2,45	0,612	20,2	52,1	27,7
Mat 3-2	Mat.	26,7	36,9	0,0	3,05	2,62	0,639	24,3	62,0	13,7
Mat 3-3	Mat.	25,5	40,5	0,0	3,17	2,88	0,658	25,7	66,0	8,4
Mat 3-4	Mat.	24,0	41,0	0,0	3,28	2,95	0,590	23,6	73,3	3,1
Mat 3-5	Mat.	24,2	41,2	0,0	3,08	3,01	0,621	22,7	62,7	14,6
Mat 4-1	Mat.	20,6	46,6	0,0	3,35	3,17	0,605	32,0	63,9	4,1
Mat 4-2	Mat.	20,0	45,3	0,0	3,28	3,15	0,481	36,1	58,9	5,0
Mat 4-3	Mat.	18,2	51,1	0,0	3,38	3,32	0,745	42,1	57,4	0,5
Mat 4-4	Mat.	20,3	47,6	0,0	3,12	3,08	0,545	36,3	56,1	7,6
Mat 4-5	Mat.Tfg	21,2	41,8	0,0	3,35	3,12	0,692	34,5	64,5	1,0
Mat 5-1	Mat.Tfg	15,8	50,6	0,0	3,36	3,11	0,560	39,6	59,5	0,9
Mat 5-2	Mat.Tfg	15,8	50,3	0,0	3,23	2,99	0,645	45,1	54,3	0,6
Mat 5-3	Mat.Tfg	16,1	47,8	0,0	3,10	2,84	0,661	48,4	50,1	1,5
Mat 5-4	Mat.Tfg	17,3	47,8	0,0	3,17	3,04	0,627	39,0	58,9	2,1

Tab. A12: Für die Beurteilung der Blähfähigkeit wichtige Grenzwertbestimmungen.

# Säulenprofil Burgfeld 1

Etage 1; Probennummern B 1-1 bis 1-4



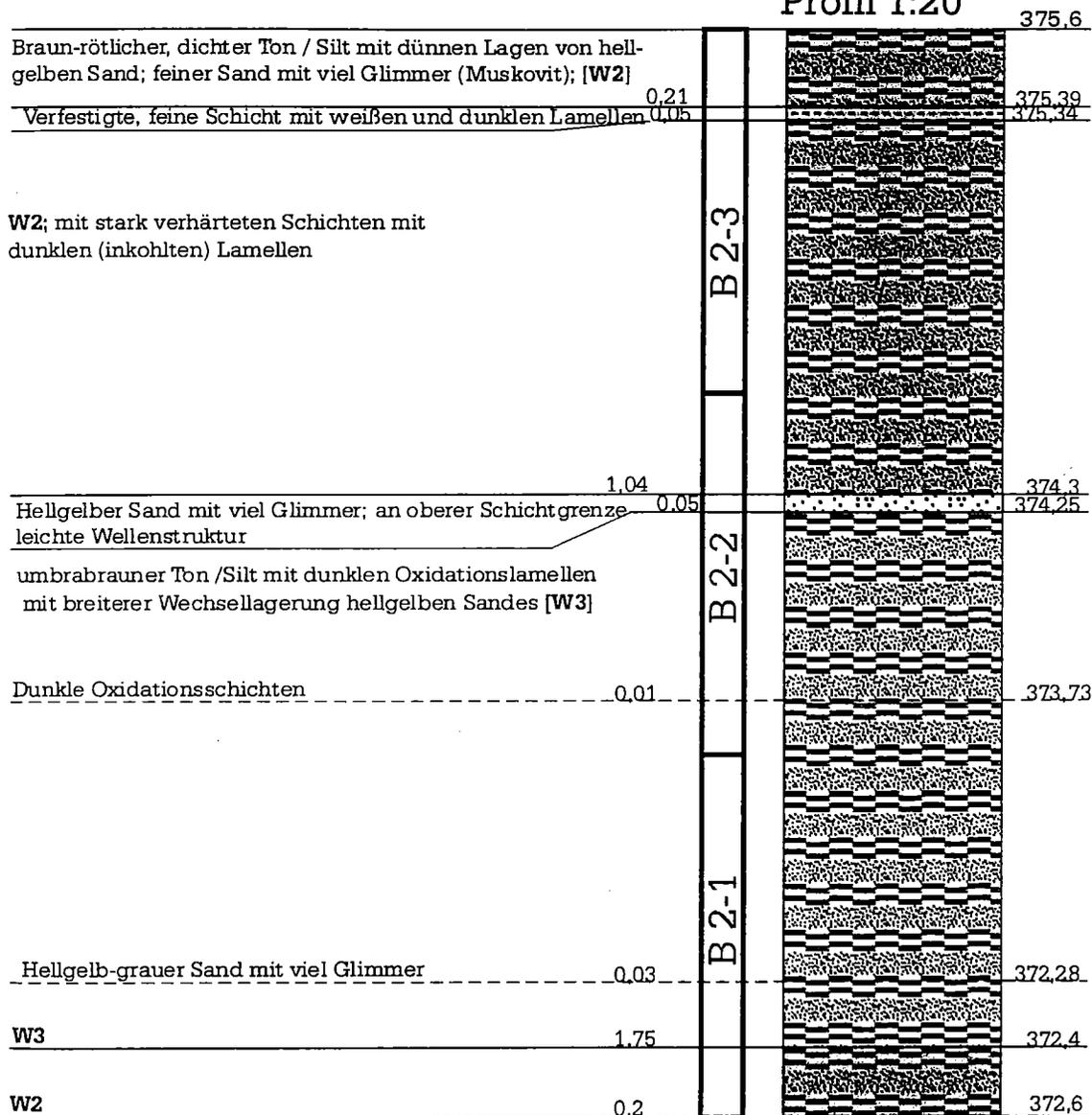
Beilage 1: Säulenprofil Burgfeld

# Säulenprofil Burgfeld 2

Etage 2; Probennummern B 2-1 bis 2-3

Lithologie	Mächtigkeit [m]	Seehöhe [m]
------------	-----------------	-------------

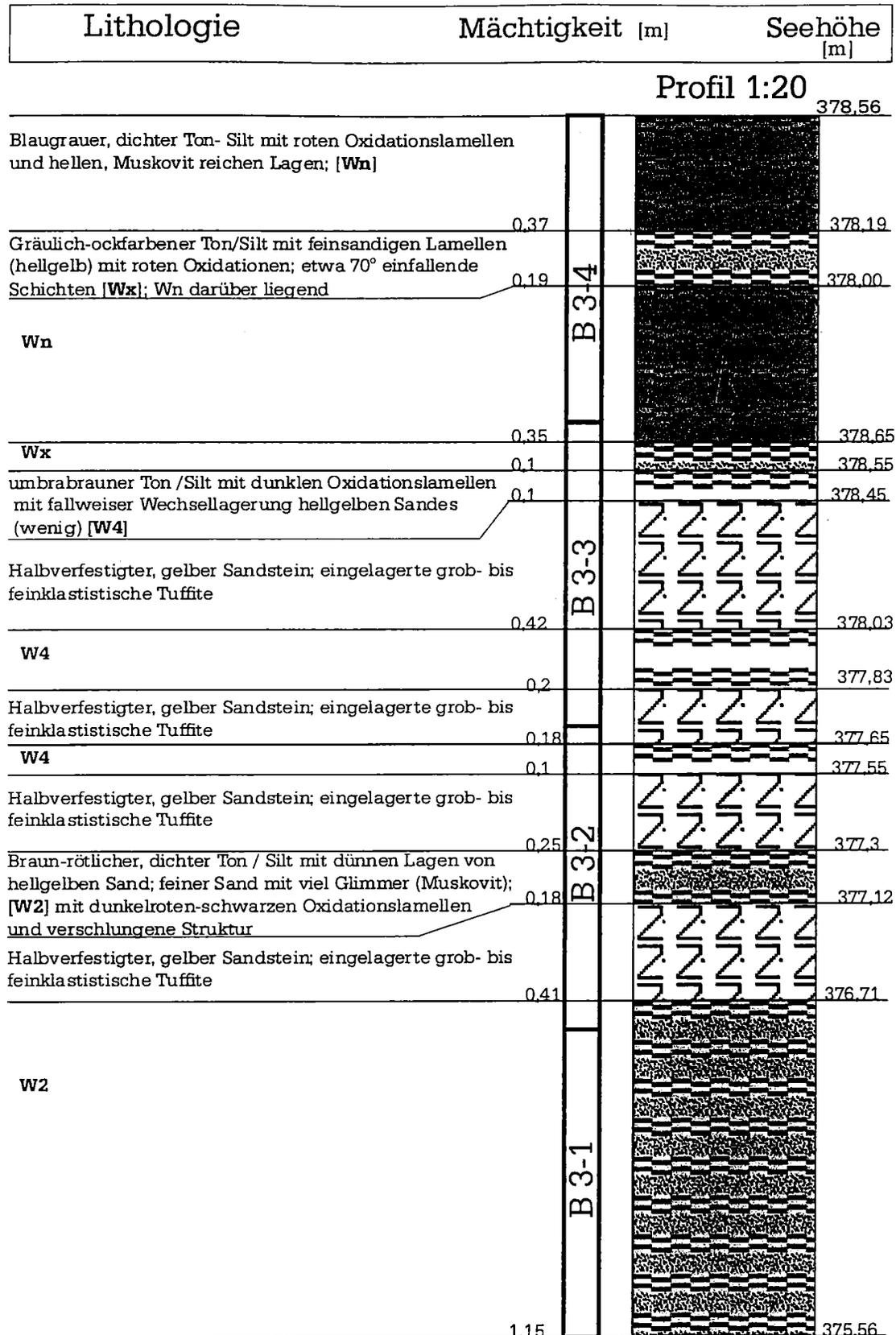
Profil 1:20



Beilage 1: Säulenprofil Burgfeld

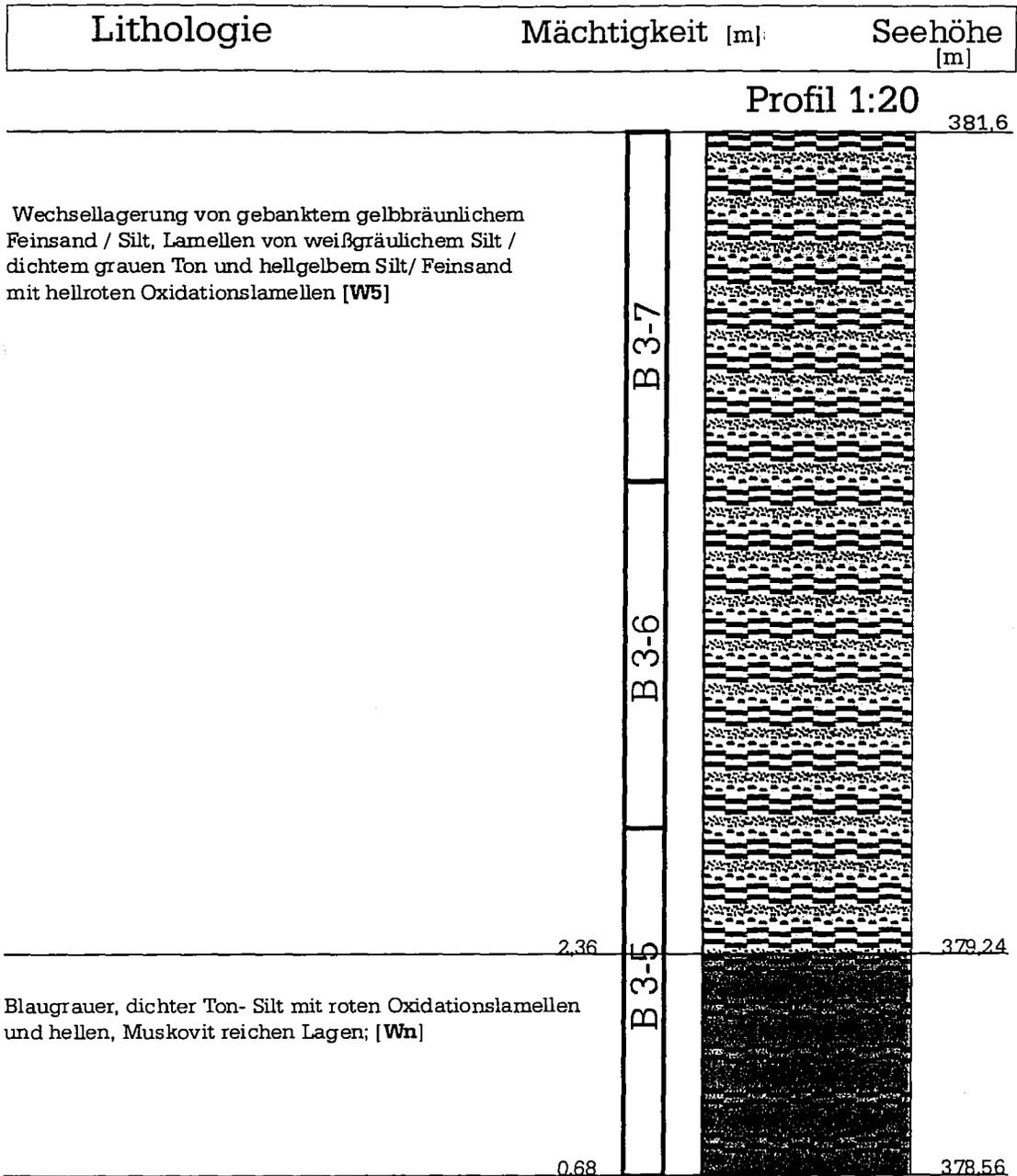
# Säulenprofil Burgfeld 3a

## Etage 3; Probennummern B 3-1 bis 3-4



# Säulenprofil Burgfeld 3b

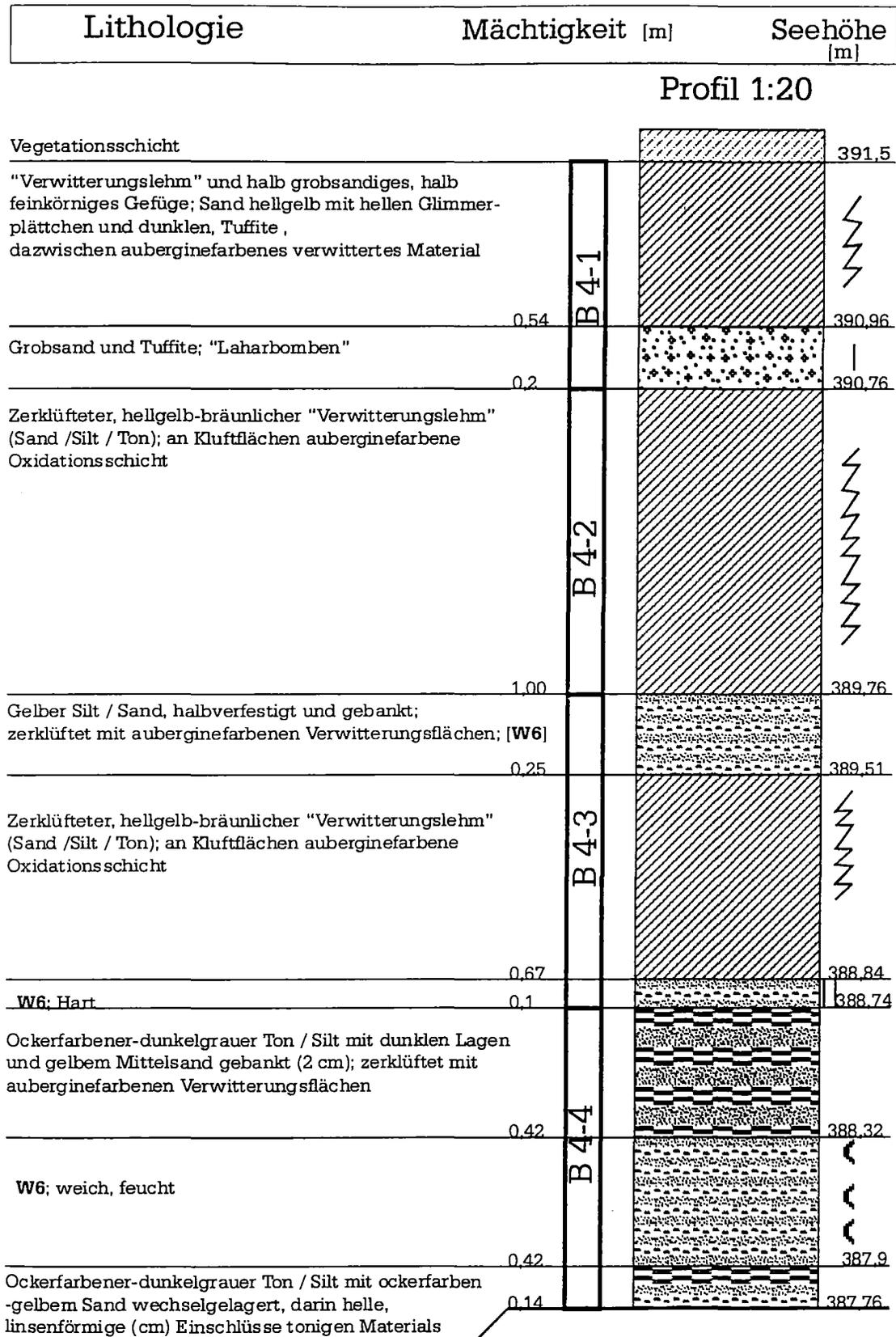
Etage 3; Probennummern B 3-4 bis 3-7



Beilage 1: Säulenprofil Burgfeld

# Säulenprofil Burgfeld 4a

Etage 4; Probennummern B 4-1 bis 4-4



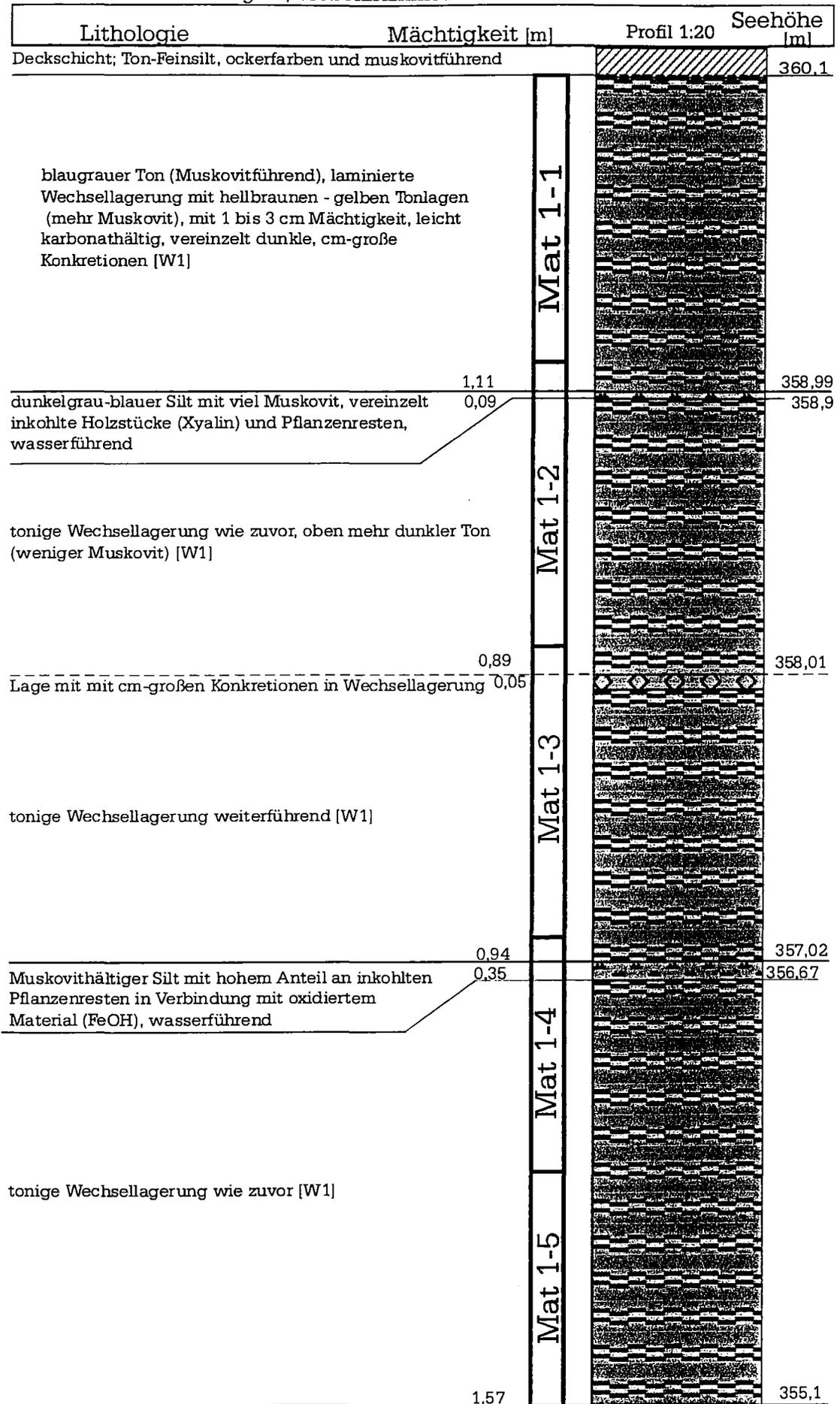
Beilage 1: Säulenprofil Burgfeld

# Säulenprofil Burgfeld 4b

## Etage 4; Probennummern B 4-5 bis 4-6

Lithologie	Mächtigkeit [m]		Seehöhe [m]
<b>Profil 1:20</b>			
Gelber Silt / Sand, halbverfestigt und gebankt; zunehmend stärker zerklüftet mit auberginefarbenen Verwitterungsflächen; vermutlich durch meteorische Wässer; feucht	0.28		387.76
Gelber Sand (weniger siltig) und Tbn, halbverfestigt und gebankt; stellenweise schwarze Tuffe und hellrote Oxidationslamellen; zunehmend stärker zerklüftet mit auberginefarbenen Verwitterungsflächen; vermutlich durch meteorische Wässer; feucht; mit harten Konkretionen; [W8]	0.39	B 4-5	387.48
Feinkies und Sand; ockerfarben-graues, feuchtes Material mit Tuffite (schwarz-gelb-rot-weiß); mit verfärbten Kluftflächen	0.33		387.09
Feinkies und Sand; ockerfarben-graues, feuchtes Material mit Tuffite (rosa) - konzentriert, nicht verteilt; mit gelben, verfestigten Sandlinsen und harten Konkretionen mit verfärbten Kluftflächen	0.5	B 4-6	386.76
<b>W8</b>	0.16		386.26
Feinkies und Sand; ockerfarben-graues, feuchtes Material mit Tuffite (rosa) - konzentriert, nicht verteilt; mit gelben, verfestigten Sandlinsen und harten Konkretionen mit verfärbten Kluftflächen	0.34		386.10
			385.76

**Säulenprofil Mataschen 1**  
 Etage 1; Probennummern Mat 1-1 bis 1-5



Beilage 2: Säulenprofil Mataschen

Etage 2; Probennummern Mat 2-1 bis 2-5

Lithologie	Mächtigkeit [m]	Profil 1:20	Seehöhe [m]
			356,07
blaugrauer Ton (Muskovitführend), laminierte Wechsellagerung mit hellbraunen - gelben Tonlagen (mehr Muskovit) mit 1 bis 3 cm Mächtigkeit, leicht karbonathaltig	0,36	Mat 2-1	355,71
dunkelgrau-blauer Silt mit viel Muskovit, wasserführend	0,25		355,46
tonige Wechsellagerung wie zuvor, oben mehr dunkler Ton (weniger Muskovit)	0,44		355,02
dunkelgrau-blauer Silt mit viel Muskovit, vereinzelt inkohlte Holzstücke (Xyalin) und Pflanzenresten, wasserführend	0,25		354,77
		Mat 2-2	
		Mat 2-3	
tonige Wechsellagerung wie zuvor		Mat 2-4	
	2,7		352,07
Muskovithaltiger Silt mit hohem Anteil an inkohlten Pflanzenresten in Lagen	0,5	Mat 2-5	351,57
tonige Wechsellagerung wie zuvor			
Beilage 2: Säulenprofil Mataschen	0,5		351,07

# Säulenprofil Mataschen 3

Etage 3; Probennummern Mat 3-1 bis 3-5

Lithologie	Mächtigkeit [m]	Profil 1:20	Seehöhe [m]
			351,2
blaugrauer Ton (Muskovitführend), gebankte Wechsellagerung mit hellbraunen - gelben Tonlagen (mehr Muskovit) mit 2 bis 5 cm Mächtigkeit, leicht karbonathaltig	0,32	Mat 3-1	350,88
hellbrauner - gelber Silt mit Muskovit und dünnen Lagen von inkohlten Pflanzenresten, wasserführend	0,15		350,73
tonige Wechsellagerung wie zuvor, aber mehr blaugrauer, dichter Ton (weniger Muskovit)	0,15		350,58
hellgelber-brauner, feinsandiger Silt mit viel Muskovit	0,1		350,48
tonige Wechsellagerung wie zuvor		Mat 3-2	
	0,66		349,48
hellgelber-brauner, feinsandiger Silt mit viel Muskovit	0,06		349,76
tonige Wechsellagerung wie zuvor, mit cm große Konkretionen			
	0,36		349,4
hellgelber-brauner, feinsandiger Silt mit Lamellen von dunklem organ. Material	0,1		349,3
Blaugrauer, dichter Ton wechselt sich mit hellgelben ab, dazwischen feine, fast reinweiße Lamellen mit viel Muskovit		Mat 3-3	
	0,83		348,47
Helle Tonlage mit rötlich-braunen Oxidationmaterial	0,05		348,42
Tonige Wechsellagerung in Blaugrau- Hellgelb- Weißgelb- Rötlichbraun- Dunkelgrau		Mat 3-4	
	1,1		347,32
Blaugrauer Silt mit Muskovit, wasserführend	0,16	Mat 3-5	347,16
Tonige Wechsellagerung mit weniger Muskovit als zuvor; dichter, blaugrauer Ton mit feinen weißen Lammellen (extrem Muskovit reich)			
	0,96		346,2

Beilage 2: Säulenprofil Mataschen

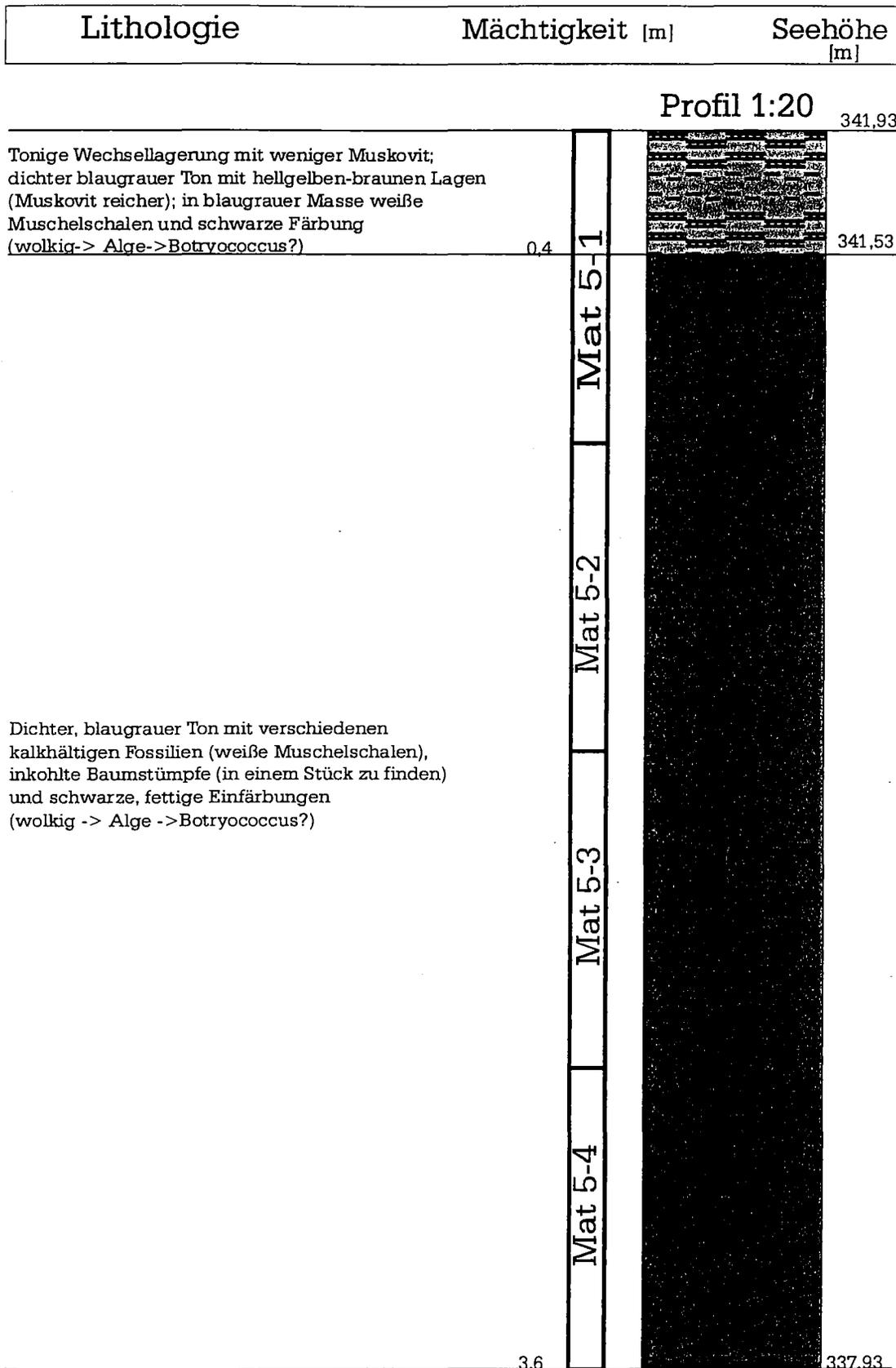
# Säulenprofil Mataschen 4

Etage 4; Probennummern Mat 4-1 bis 4-5

Lithologie	Mächtigkeit [m]	Profil 1:20	Seehöhe [m]
			346,4
Tonige Wechsellagerung mit weniger Muskovit; dichter, blaugrauer Ton mit feinen weißen Lammellen (extrem Muskovit reich)	1,2	Mat 4-1	345,2
Wechsellagerung; hellgelb-braun, siltiger Ton in Lagen in blaugrauem, dichten Ton		Mat 4-2	
mit cm-großen Konkretionen	1,03	Mat 4-3	344,17
tonige Wechsellagerung wie zuvor, mit rötlichen Oxidationslamellen		Mat 4-4	
	1,13		343,04
hellgelber-brauner, siltiger Ton mit viel Muskovit	0,07	Mat 4-4	342,97
tonige Wechsellagerung wie zuvor, vermehrt Lagen mit inkohlten Pflanzenresten	0,29	Mat 4-5	342,68
hellgelber-brauner, siltiger Ton mit viel Muskovit	0,1		342,58
tonige Wechsellagerung wie zuvor mit fließendem Übergang zu blaugrauem, dichten Ton mit Fossilien (weiße Muschelschalen) und braunen, unverfestigten Konkretionen mit schwarzen wolkigen Einfärbungen		Mat 4-5	
Beilage 2: Säulenprofil Mataschen			
	1,18		341,4

# Säulenprofil Mataschen 5

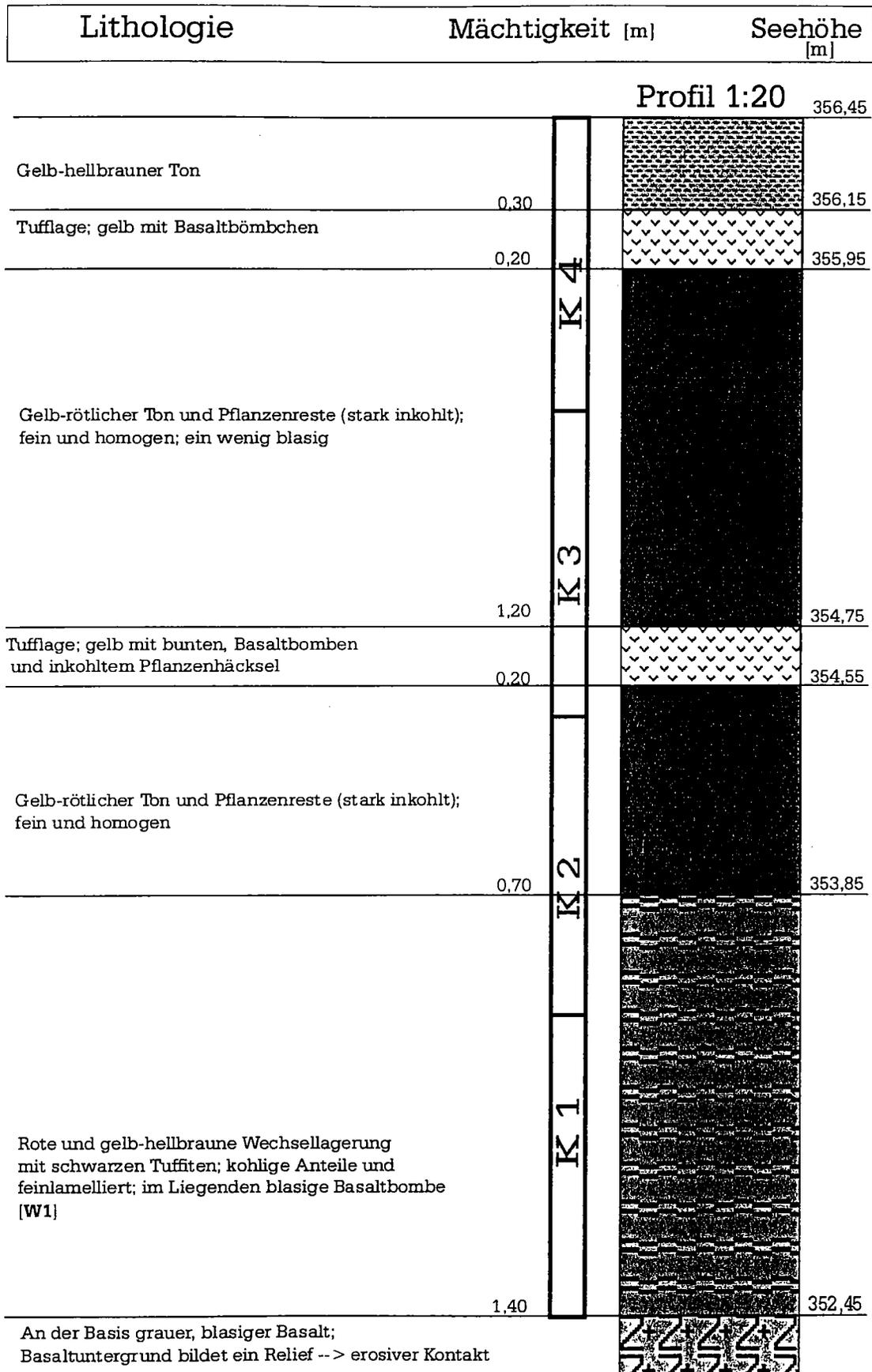
Etage 5; Probennummern Mat 5-1 bis 5-4



Beilage 2: Säulenprofil Mataschen

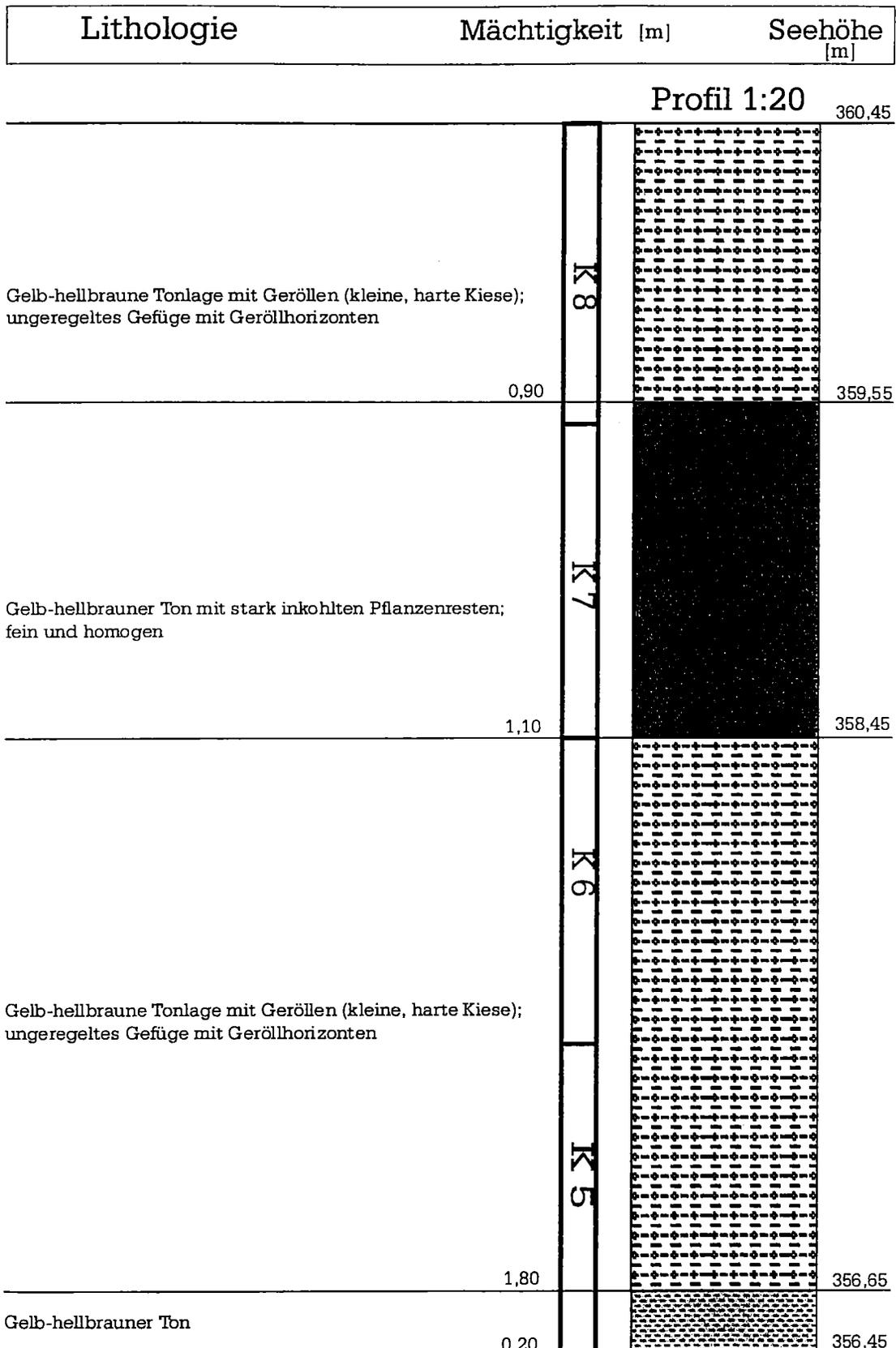
# Säulenprofil Klösch 1

Probennummern K 1 bis K 4



# Säulenprofil Klöch 2

Probennummern K 5 bis K 8



Beilage 3: Säulenprofil Klöch

Vall-Projekt  
98/107

**Einfluß organischer Sedimentkomponenten auf die Blähfähigkeit  
von Tonen**  
(Zusammenfassung)

Nadja MÜLLER, Gerd RANTITSCH & Fritz EBNER

Im südöstlichen Steirischen Neogenbecken treten bereichsweise Feinklastika auf, die von der Fa. LECA/Fehring zur Blähtonproduktherstellung verwendet werden. Die Lagerstätten Burgfeld, Mataschen und Klöch wurden hinsichtlich Mineralbestand, Korngrößenverteilung, Geochemie, Gehalt an organischen Stoffen und Blähverhalten untersucht. Durch eine statistische Auswertung der Daten (statistische Tests, Korrelations-, Faktoren- und Diskriminanzanalyse) wurden die für die Blähfähigkeit wesentlichen Parameter erkannt.

Die Rohstoffe der drei Lagerstätten wurden aufgrund ihrer faziellen Ausbildung in zwei Typen eingeteilt. „Tontyp HS“ (hoher-Schwefelgehalt) ist ein an Organstoffen reicher Brackwasser- bzw. mariner Ton mit einem Schwefelgehalt  $> 0.05\%$  und einem TOC (= Total Organic Carbon)-Gehalt  $> 0.47\%$ . „Tontyp NS“ (niedriger-Schwefelgehalt) inkludiert Tonmineralreiche Feinklastika (äolisch abgelagerte Lößlehme; vulkanische, feinkörnige Sedimente) mit einem Schwefelgehalt  $< 0.05\%$  und einem TOC-Gehalt  $< 0.47\%$ .

Diese Einteilung bewertet in einem ersten Ansatz das Blähvermögen des Rohstoffs: "HS-Tone" können als Primärrohstoffe bezeichnet werden, die sich auch allein für die Produktion eignen (z.B. von Mataschen und Burgfeld). "NS-Tone" sind Sekundärrohstoffe, die nur in Verbindung mit Primärrohstoffen zur Blähtonproduktherstellung geeignet sind (z.B. von Klöch). Sekundärrohstoffe eignen sich jedoch zum „Strecken“ von Primärrohstoffen.

Die Schwefelgehalte sind nur Indikatoren für gutes Blähverhalten, die das Blähvermögen an sich nicht beeinflussen. Der Anteil an organischem Kohlenstoff (TOC) und ein ausreichendes Angebot von Schmelzviskositätsbeeinflussern (Erdalkalien, Tonerde) sind die ausschlaggebenden Faktoren für das Blähverhalten. Ansonsten unterscheiden sich die Feinklastika nicht gravierend in ihrer chemischen und mineralogischen Zusammensetzung.

Die Materialanalytik ermöglicht eine Einteilung in Primär- und Sekundärrohstoffe. Die statistische Verarbeitung der Datensätze gestattet Prognosen zur Blähfähigkeit. Als wirksamstes Instrument erwies sich dabei die Diskriminanzanalyse. Weiters sind Tests auf Mittelwertunterschiede überzeugende Prüfer der Güte einer Prognose. Korrelations- und Faktorenanalysen dienen einer ersten Einschätzung der Rohstoffe. Um eine schnelle, überblicksmäßige Blähprognose zu treffen, bieten sich aus den Datensätzen ermittelte Grenzwerte an.