

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg
<b>Herausgeber:</b>	Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles
<b>Band:</b>	67 (1978)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Mineralogisch-petrographische Untersuchung der neolithischen Töpferware vom Burgäschisee
<b>Autor:</b>	Nungässer, W. / Maggetti, M.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-308566">https://doi.org/10.5169/seals-308566</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Mineralogisch-petrographische Untersuchung der neolithischen Töpferware vom Burgäschisee

von  
W. NUNGÄSSER und M. MAGGETTI,  
Mineralogisch-Petrographisches Institut  
der Universität Freiburg/Schweiz

## 1. Einleitung

Von der Keramik der drei neolithischen Stationen Burgäschisee-Süd, Burgäschisee-SW und Burgäschisee-Nord wurden 60 Scherben mit mineralogisch-petrographischen, röntgenographischen und infrarotspektroskopischen Methoden untersucht. Die Mehrzahl der analysierten Scherben gehört ins Cortaillod (20 Scherben Feinkeramik, 30 Scherben Grobkeramik), 9 können ± gesichert zum Typ Munzingen gestellt werden, und eine Probe ist ein Webgewicht (Tab.1).

Die Untersuchung sollte folgende Fragen klären:

- 1) Ist die Cortaillod-Keramik lokaler Fertigung?
- 2) Unterscheidet sich die Munzinger Ware vom Cortaillod-Typ? Wenn ja, ist sie Importware?
- 3) Welche Technologie fand Anwendung? Wie wurde die Keramik hergestellt? (Probleme der Aufbereitung, des Brenn-Prozesses).

Das Schwergewicht der Untersuchung lag auf der Analyse der *Magerung* und dem Vergleich derselben mit den in Frage kommenden, anstehenden Rohmaterialien. Die röntgenographischen und infrarotspektroskopischen Untersuchungen dienten der Abklärung der technologischen Aspekte, hauptsächlich der Ermittlung der Brenn-Temperatur.

## 2. Methodik

*Dünnschliffe*: Von jedem Scherben wurde ein Dünnschliff hergestellt und dieser qualitativ sowie quantitativ ausgewertet.

*Modalanalysen*: Es wurden an 60 Dünnschliffen die Matrix- und die Magerungs-Flächenanteile mit dem Swift-Point-counter (auf Polarisationsmikroskop) integriert. Mittlere Rasterpunkt-Menge: 1636 (min.: 869, max.: 2492). Mittlere Scherbendünnschliff-Fläche: 200 mm<sup>2</sup>, mittlere integrierte Fläche: 164 mm<sup>2</sup>.

*Röntgenographie*: Die Scherben Nr. 2, 5, 13, 18, 19, 35, 38, 51, 58, 60, 61 wurden gemahlen und mit einem Siemens-Diffraktometer mittels orientierten Präparaten (normal, glykoliert, gebrannt bei 550°C/1 h) untersucht.

*IR-Spektroskopie*: Die vorgenannten, röntgenographisch untersuchten Proben wurden ebenfalls auf einem Perkin Elmer 457 analysiert (KBr-Pille, 150 mg KBr, 1,5 mg Probe).

*Probennahme*: Die Scherben wurden am 20.7.1977 im Beisein von Hrn. Dubuis durch Hrn. Prof. Maggetti im Historischen Museum in Bern in Empfang genommen.

### 3. Mineralogisch-petrographische Analyse der Scherben

Die untersuchten 60 Scherben lassen sich nach der mineralogischen Zusammensetzung der *Grundmasse* (Matrix) drei Typen zuordnen (Tab.2):

- 1) Scherben mit karbonatischer Matrix
- 2) Scherben mit karbonatisch-silikatischer Matrix
- 3) Scherben mit silikatischer Matrix

In allen Scherben ist die *Magerung* silikatischer Natur und besteht vorwiegend aus sauren Mineral- und Gesteinsfragmenten (Granite-Granodiorite).

#### *Scherbentyp 1*

Zu diesem Typ gehört ein einziger Scherben, die Nr. 18. Seine Matrix besteht aus karbonatischer Substanz von sehr feinem Korn. Sie enthält vereinzelt kleine Quarz- und Feldspatkörner und Glimmer-Leisten, die selten 0,1 mm erreichen. Die Magerung besteht aus Fragmenten von tektonisch schwach beeinflußtem Granit mit grünem Biotit (s. Scherbentyp 3e).

#### *Scherbentyp 2*

Auch zu diesem Typ gehört nur ein einziger Scherben (Nr. 5). Dessen Grundmasse enthält neben dem feinkörnigen Karbonat zahlreiche runde bis gestreckte karbonatische Klümpchen bis zu 0,24 mm Durchmesser. Dazu tritt aber eine silikatische Komponente (Tonminerale, Quarz-, Feldspat- und Glimmerbruchstücke), die gelegentlich bis 0,1 mm groß werden kann.

Die Verteilung im Scherben ist nicht gleichmäßig, es gibt schlierige, rein karbonatische Partien ebenso wie Anhäufungen von Quarzkörnern. Die Magerung baut sich hier aus Fragmenten eines tektonisch beeinflussten Granites mit braunem Glimmer auf (s. Typ 3 d).

#### *Scherbentyp 3*

Bei diesem Typ bilden feinschuppige "Tonminerale" die Grundmasse, die stets Quarzkörner zwischen 0,006 und 0,07 mm Größe enthält. Schmale Glimmerleisten und -schuppen von 0,01 bis 0,15 mm Größe sind eingestreut.

Die Scherben dieses Typs können nach der Art und Ausbildung der Magerung in 6 weitere Untertypen (3a–3f) gegliedert werden. Die Größe der Magerungs-Komponenten erreicht max. 8,6 mm (Nr. 62), und die Kornform ist vorwiegend kantig.

#### Scherbentyp 3a (ohne Magerung)

Zu diesem Typ gehört nur der Scherben Nr. 13, der keine Magerung aufweist. Die Matrix besteht aus "Tonmineralien" und verhältnismäßig wenigen, feinen Quarzkörnern.

#### Scherbentyp 3b (Magerung: Granodiorit bis Quarzdiorit)

Scherben-Nr.: 22, 50, 52

Als Einzelkörner treten in der Magerung Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas, Glimmer, Calcit, Apatit, Epidot und braune Hornblende auf; die Gesteinsfragmente bestehen aus derselben Mineralassoziation und sind so als Granodiorite bis Quarzdiorite zu bezeichnen (Abb.1).

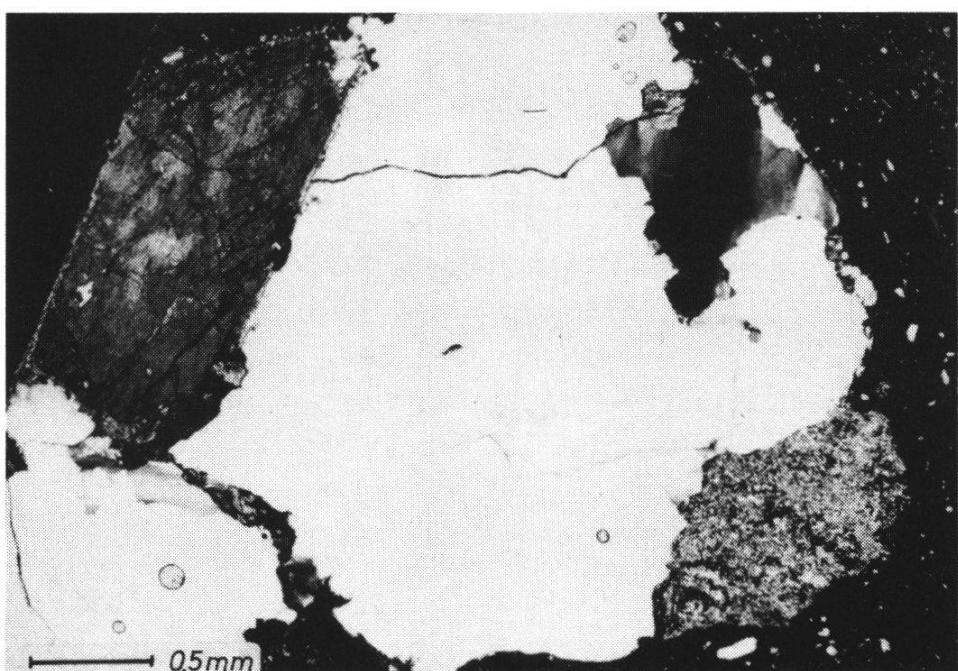


Abb. 1: Schliffbild eines Quarzdiorit-Fragmentes (Scherben Nr. 22, N+). Die Matrix erscheint schwarz mit kleinen, weißen Quarzen. Das rundliche Fragment enthält mehrheitlich undulös auslöschenden Quarz, serizitierten Plagioklas (rechts unten, grau) und Hornblende (links oben, mit zwei Scharen von Spaltrissen).

Der farblos-transparente Quarz besitzt wenig bis keine Einschlüsse und wirkt daher "frisch". Die Körner zeigen keine Eigengestalt; alle löschen undulös aus. Sie werden bis 3,5 mm groß. In Nr. 22 finden sich auch feine, unregelmäßig vieleckige, meist untereinander verzahnte Quarzkörner, die wir als Pflasterquarz bezeichnen. Die Feldspäte (Kalifeldspat und Plagioklas) sind stark zer-

setzt, d.h. in feinschuppige Schichtsilikate (Hellglimmer und Chlorit) umgewandelt. Als weiteres Umwandlungsprodukt kommen Epidot-Körnchen und -Aggregate im ehemaligen Feldspat vor. Der Kalifeldspat ist oft inselartig perthitisch ausgebildet. Die Biotite haben braune bis schwarze Eigenfarben und werden über 1 mm groß. Gelegentlich ist eines dieser Glimmerpakete streifenweise umgewandelt, was sich in einer Wechsellagerung von braunen und hellen Schichten bemerkbar macht.

Scherbentyp 3c (Magerung: Granit mit braunem Biotit)

Scherben-Nr.: 9, 30, 37, 41, 44, 48, 54, 62, 63

Die neun Scherben dieser Abart sind charakterisiert durch Fragmente eines Biotitgranites der primären Paragenese Quarz + Plagioklas + Kalifeldspat + brauner Biotit. Sekundärer Genese sind Chlorit und Epidot (Abb. 2).

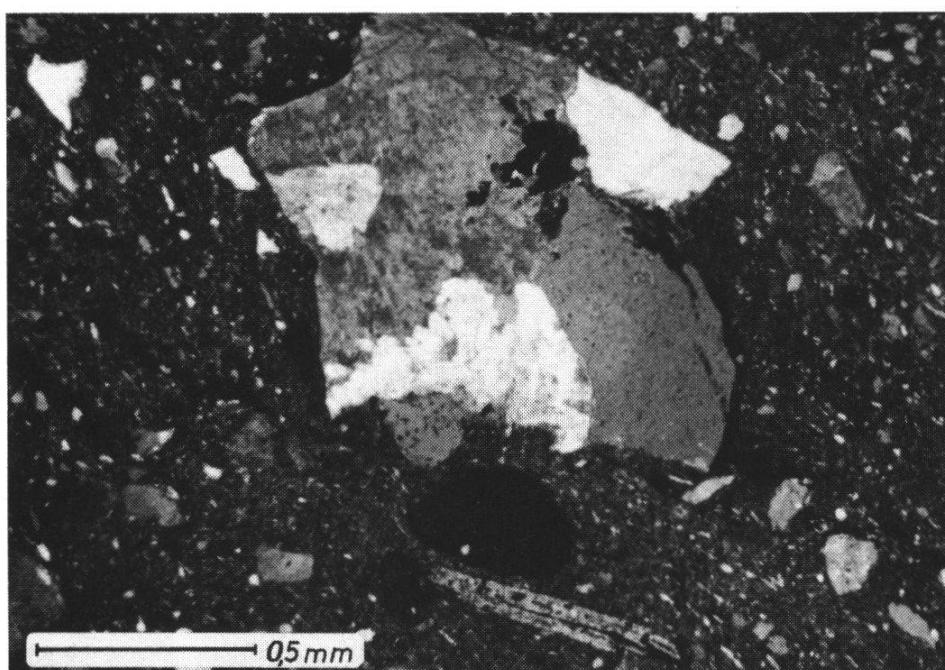


Abb. 2: Scherbentyp 3c, Magerung im Schliff, Nr. 30, N+. Neben Mineral-Bruchstücken (längliche Glimmer-Leiste unten, kantige Quarzkörper) ist ein Granit-Fragment zu sehen, das aus klarem Quarz (weiß und grau), perthitischem Kalifeldspat (grau-diffus fleckig) und dunklem Biotit (zwischen Kalifeldspat und Quarz) besteht.

Dieselben Mineralien können als Einzelkomponenten in der Magerung vorkommen. Der Quarz ist frisch und löscht undulös aus (Korngröße bis 3,1 mm). Sel tener, feiner Pflasterquarz füllt ehemalige Risse in den Gesteinsfragmenten aus. Der Kalifeldspat ist frisch und wird bis 4,2 mm groß. Weitere Kennzeichen sind Perthit und Mikroklin-Gitterung. Der Plagioklas ist hingegen meist serizitisiert und erreicht Korngrößen bis zu 2,8 mm.

Scherbentyp 3 d (Magerung: Granit mit braunem Biotit, tektonisch beeinflußt)  
Scherben-Nr.: 3–8, 11, 15, 16, 25, 26, 31–34, 36, 40, 43, 45, 46, 49, 51, 53,  
55, 57, 58

Dieser Varietät gehören die meisten untersuchten Scherben an. Mit Nr. 5 (Scherbentyp 2) sind es total 26 Scherben. Die gesteinsbildenden Mineralien der Magerungs-Fragmente sind denen vom Typ 3c gleich, doch lassen sich Spuren tektonischer Überprägung erkennen. Diese äußern sich im gehäuften Vorkommen von feinverzahntem Pflasterquarz in den Gesteins-Fragmenten (Abb.3).

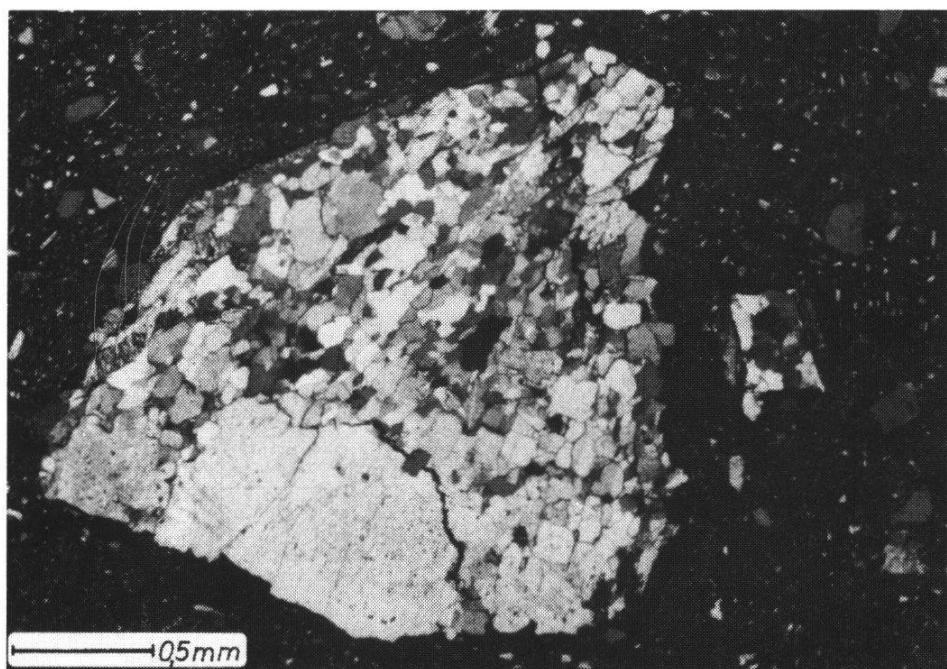


Abb. 3: Schliffbild der Magerung des Scherbentyps 3d (Nr. 40, N+). Die Matrix erscheint wieder schwarz, in ihr liegen viele graue, kleine Quarze. Das Granit-Fragment ist eckig und besteht aus einem Haufen von kleinkörnigem Pflasterquarz, einem größeren, perthitischen Kalifeldspat (unten) und dazwischen gelagerten Glimmern.

Während in den Scherben Nr. 6, 15, 40, 51 und 53 nur solcher Quarz auftritt, gibt es in den übrigen Schliffen zusätzlich noch intakte Quarzkörper. Sie werden bis 2,4 mm groß. Der braune Biotit tritt, im Vergleich zum Scherbentyp 3c, mengenmäßig sehr zurück und erreicht Größen bis 0,7 mm. Typisch ist das Vorkommen von Hellglimmer in Vergeellschaftung mit Pflasterquarz (Nr. 11, 15, 40, 51, 57). Stilpnomelan ist in 4 Schliffen zu beobachten (Nr. 11, 25, 48, 53). Als Einzelfälle sind zu nennen: Granat (Nr. 25), Titanit, Zirkon und Orthit (Nr. 55) sowie Hornblende (Nr. 40).

Scherbentyp 3e (Magerung: Granit mit grünem Biotit)  
Scherben-Nr.: 1, 14, 19, 21, 35, 60

Dieser Typ gleicht vollständig dem Scherbentyp 3c, mit der Ausnahme, daß neben dem braunen Glimmer ein olivfarbener bis gelbgrüner Biotit in kleinen Schuppen und Aggregaten auftritt (Abb.4). Neben diesen Granit-Bruchstücken liegt im Scherben Nr. 19 ein Gesteins-Fragment, das eher dem Typ 3 d zuzuordnen ist (Pflasterquarz mit eingeregelten Hellglimmer-Bändern und etwas braunem Biotit).

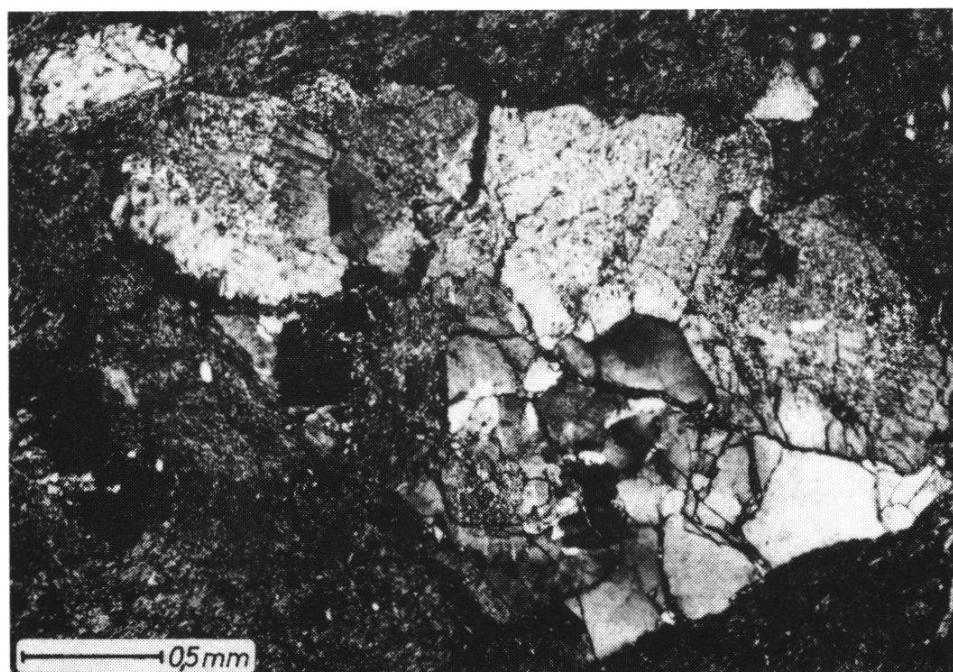


Abb. 4: Schliff Nr. 19, N+. Zu erkennen ist die extrem fette Matrix, in der das Granit-Fragment liegt; dieses besteht aus zerbrochenem, z.T. undulös auslöschendem Quarz und serizitisierter Plagioklas bzw. Kalifeldspat.

Scherbentyp 3f (Magerung: Granit mit grünem Biotit, tektonisch beeinflußt)

Scherben-Nr. : 2, 10, 12, 17, 20, 23, 24, 38, 39, 42, 47, 56, 59, 61

Diese Abart ähnelt dem Typ 3 d. Der Plagioklas wird bis 2,2 mm groß; er ist aber weniger serizitisiert (Abb.5). Als Nebenbestandteile sind Epidot, Stilpnomelan in kleinen, nadeligen Leisten und Büscheln (Nr. 10, 20, 38), Chlorit und Titanit zu nennen.

#### 4. Röntgenographische und infrarot-spektroskopische Untersuchungen

Mit Hilfe der röntgenographischen Untersuchungen können die Scherben-Mineralien besser erkannt und speziell die Komponenten der Matrix erfaßt werden. Typische Röntgendiagramme bringt die Abbildung 6: Man erkennt gut die Peaks von Quarz, Plagioklas, Kalifeldspat und Illit. Die Plagioklase sind als Albite bis Oligoklase (max. An<sub>14</sub>) anzusprechen (Methode von BAMBAUER et al., 1967). Das Karbonat der Scherben Nr. 5 und 18 besteht aus Calcit. Im 20-

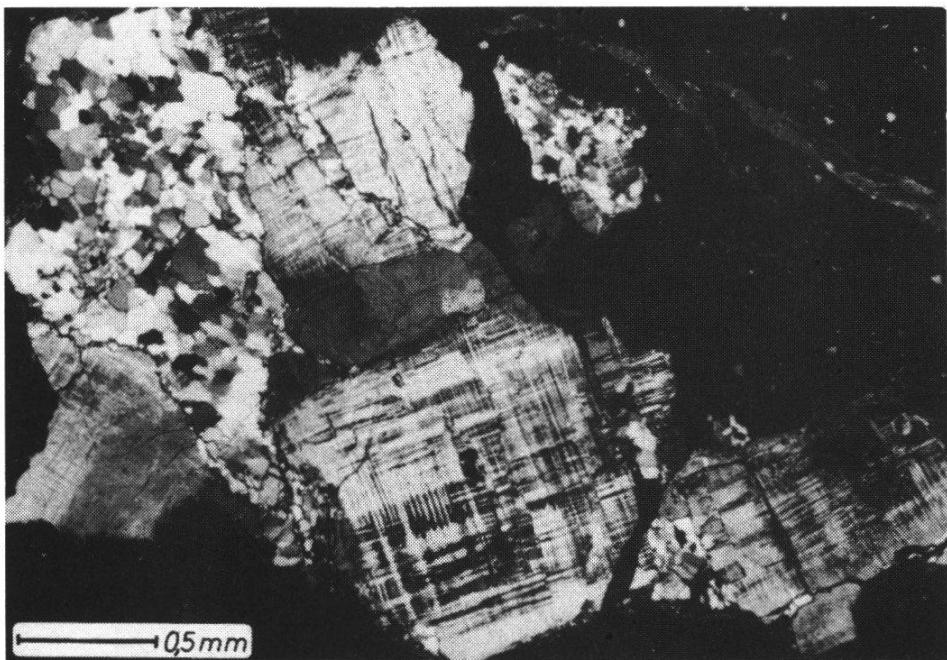


Abb. 5: Schliffbild des granitischen Magerungskornes Typ 3f (Nr. 39, N+). Das Fragment ist vieleckig zerbrochen und besteht aus Kalifeldspat mit Mikroklin-Gitterung neben viel Pflasterquarz.

Bereich von 5–10°, der die (001)-Linien der Tonmineralien enthalten sollte, sind im allgemeinen keine scharfen Peaks ausgebildet. Meist liegt ein sehr breiter Buckel vor (Abb. 6, Nr. 19), von dem sich bei einigen Scherben der 001-Peak des Illits bei ca 10,0 Å und des Chlorits bei ca 14 Å abhebt (Abb. 6, Nr. 51).

Der Scherben Nr. 13 stellt einen Spezialfall dar (Abb. 7). Diese Probe enthält keine Magerung; im Röntgendiagramm sind aber – wie in anderen Scherben – die Mineralien Plagioklas, Quarz, Illit und Chlorit nachzuweisen. Hingegen fehlt Kalifeldspat. In der glykolierten Probe verschiebt sich der Haupt-Peak von 14,25 Å auf 16,06 Å – ein Zeichen, daß hier ein quellbarer Mineral-Anteil vorliegt. Dieser Mixed-layer mit unregelmäßiger Wechsllagerung ist entweder ein Illit/Montmorillonit (mit 58 % expandierbaren Schichten, nach WEAVER, 1956) oder ein Chlorit/Montmorillonit.

Beim Brennen auf 550° C verschwindet der Peak, und es entsteht ein doppelgipfliger Peak bei 13,2 und 13,8 Å; der erstere ist als Mixed-layer Illit/Chlorit, der andere als der 001-Peak des Chlorites zu interpretieren.

Die IR-Aufnahmen wurden ausgeführt, um eventuell vorhandenen Kaolinit zu identifizieren. Dieses Mineral konnte aber in keinem untersuchten Scherben gefunden werden.

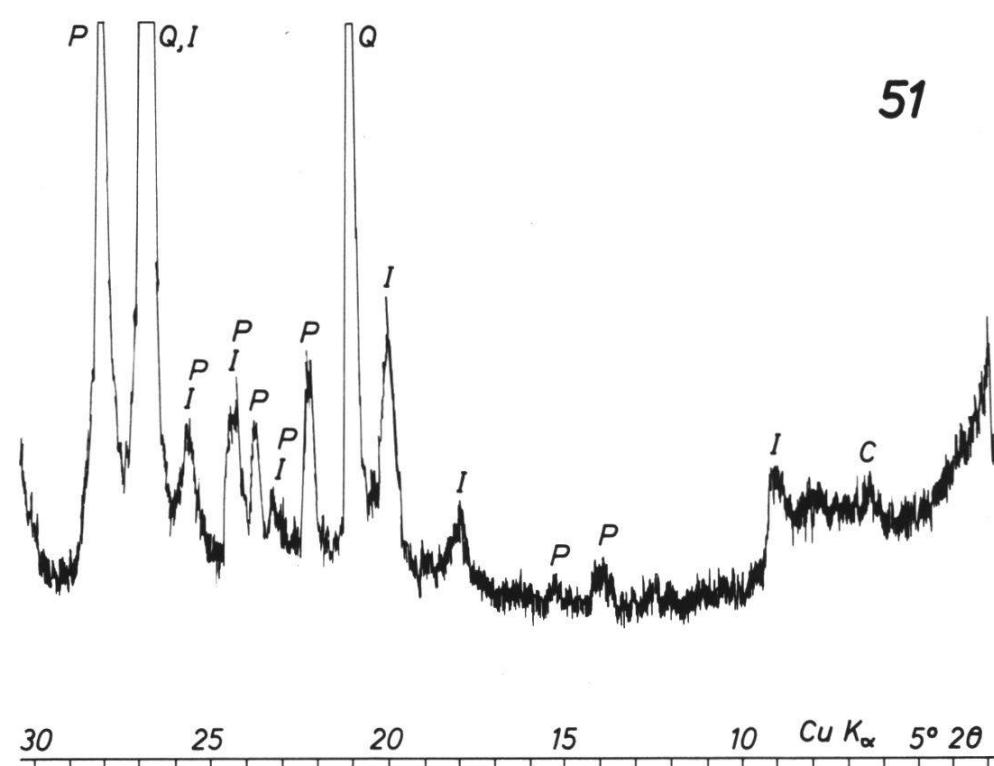
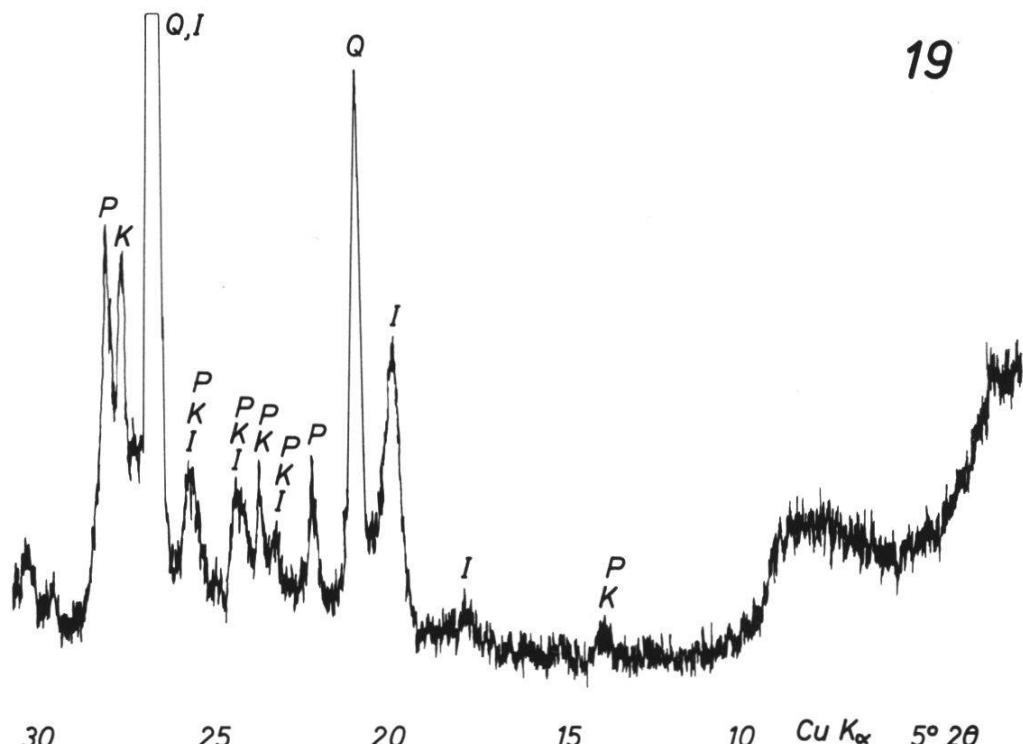


Abb. 6: Typische Röntgen-Diffraktogramme der Scherben; oben die Probe Nr. 19, unten die Nr. 51. Man erkennt gut die einzelnen Peaks von Chlorit (C), Illit (I), Kalifeldspat (K), Plagioklas (P) und Quarz (Q). Der breite Buckel zwischen 5–10° 2θ (Nr. 19) ist durch Illit bzw. schlecht geordneten Chlorit bedingt.

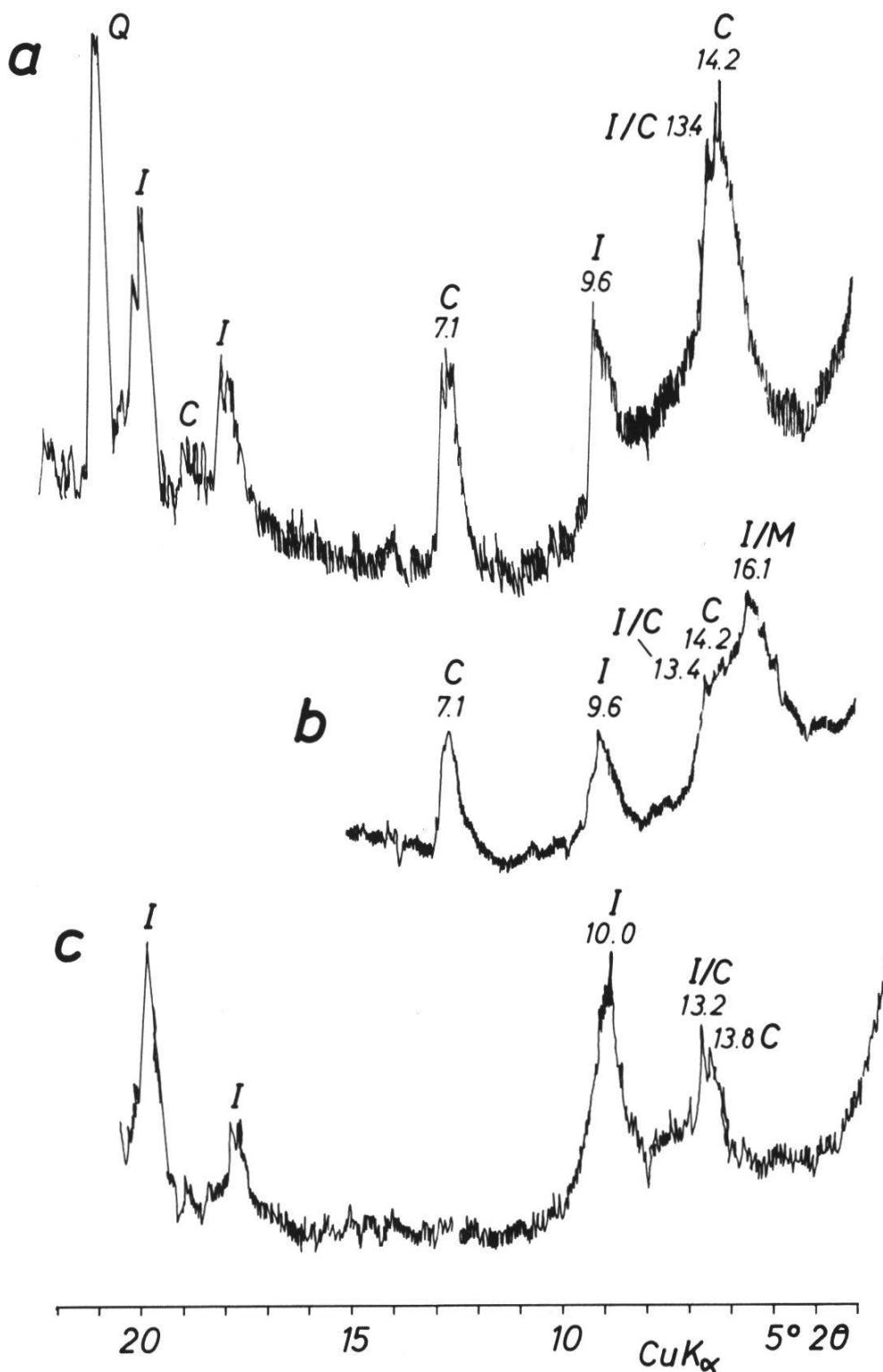


Abb. 7: Röntgendiffraktogramm des Scherbens Nr. 13. Orientierte Aufnahmen:

a = normal, b = glykolierte Probe

c = Probe bei  $550^{\circ}\text{C}/1\text{ h}$  gebrannt

Wichtige d-Werte in Å. Neben Chlorit (C), Illit (I) und Quarz (Q) sind zwei Wechsellegerungs-Mineralien zu erkennen, die als Mixed-Layer Illit/Chlorit (I/C) und Illit/Montmorillonit (I/M) gedeutet werden.

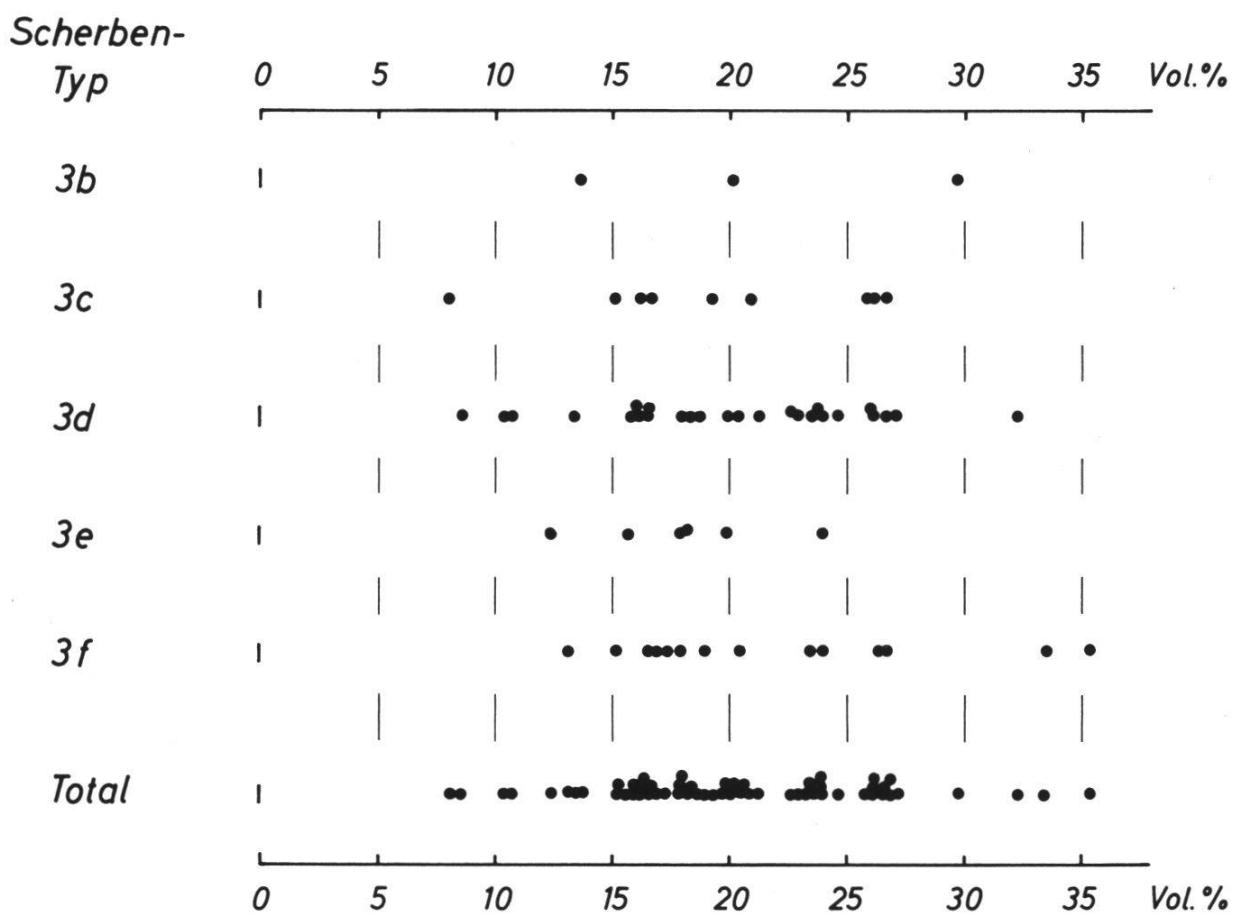


Abb. 8: Scherbentyp 3, Verteilung der Magerung (in Vol. %).

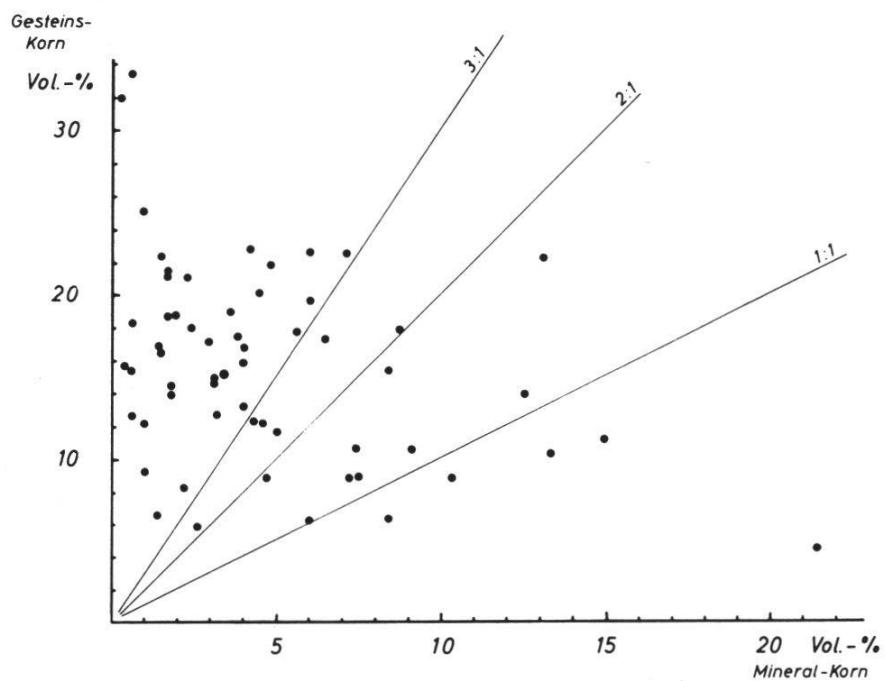


Abb. 9: Korrelation zwischen dem Anteil an Gesteins-Fragmenten und Mineral-Körnern in der Magerung der 60 untersuchten Scherben. Es ist klar zu erkennen, daß in den Scherben vorwiegend Gesteins-Fragmente anzutreffen sind.

## 5. Zur quantitativen Analyse der Magerung

Von den 60 untersuchten Scherben konnten mit Ausnahme der Nr. 13 (keine Magerung) die relativen Mengen von Matrix und Magerung bestimmt werden (Tab. 3).

Wie die Abb.8 zeigt, schwankt der Magerungsanteil zwischen 8–35 Vol. %, mit einer Häufung zwischen 15–27 Vol. %. Die Aufschlüsselung nach Scherben-typen zeigt keine Korrelation zwischen Magerungstyp und Magerungsgehalt. Hingegen lässt das Korrelationsdiagramm Mineralkorn/Gesteinskorn eindeutig das Vorwalten der Gesteins-Fragmente in der Magerung erkennen (Abb.9). Ca. 2/3 der Scherben liegen hierbei über dem Anreicherungs-Verhältnis von 3 : 1 für die Gesteins-Fragmente.

## 6. Gefüge-Analyse

In diesem Abschnitt soll speziell auf die Größenverhältnisse der Magerungskörper, ihre räumliche Verteilung (Gefüge-Arten) und die Risse eingegangen werden.

Eine Übersicht der größten *Durchmesser* der Magerungskörper geben die Tab.2 und die Abb.10. Der kleinste Korndurchmesser liegt bei 1,4 mm, der größte bei 8,6 mm. In der Abb.10 wurden die Scherben entsprechend dem größten Magerungskorn-Durchmesser kontinuierlich aneinandergereiht. Es wurde dann ver-

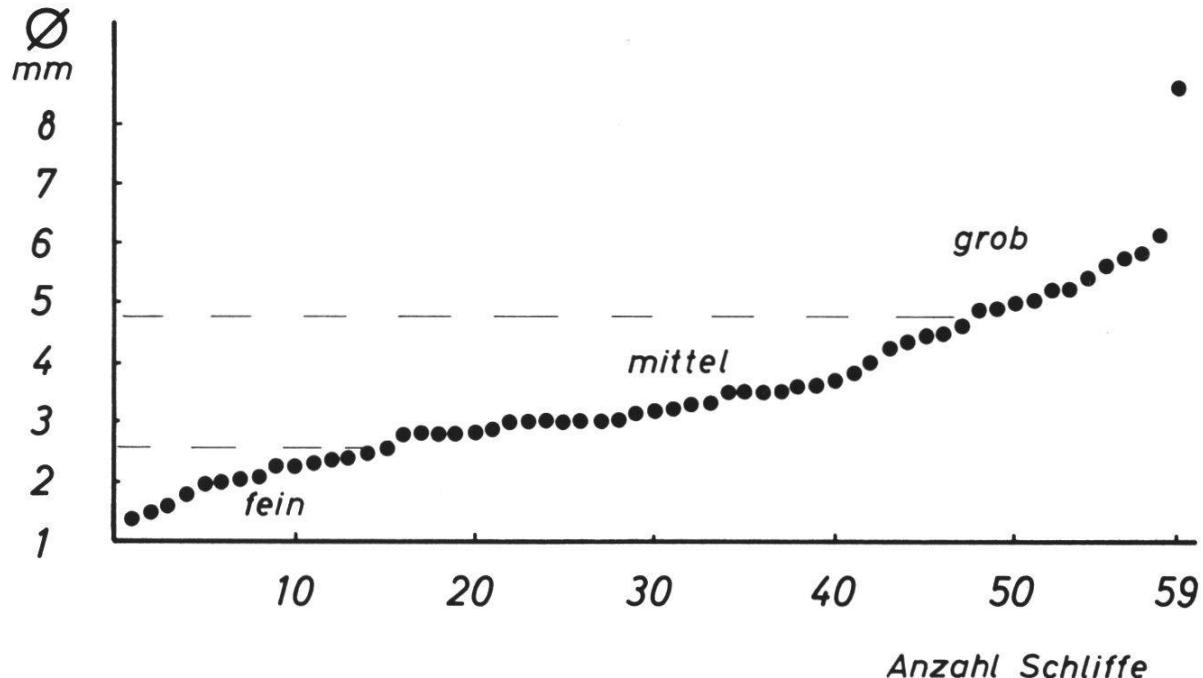


Abb. 10: Verteilung des größten Magerungskorn-Durchmessers auf die 60 untersuchten Scherben. Die Mehrzahl der Scherben gehört zur mittel- bis grobkörnigen Keramik.

sucht, die Scherben in fein-, mittel- und grobgemagerte zu unterteilen, wobei als Grenzwerte die zwei markantesten Sprünge der Kurve (bei 2,6 und 4,8 mm) genommen wurden. Gestützt auf diese (naturgemäß willkürliche) Unterteilung gehören 25,5 % der Scherben zur Feinkeramik und 74,5 % der Scherben zur Mittel-bis Grobkeramik.

Anhand des Dünnschliff-Bildes können die Scherben zwei *Gefüge-Typen* zugeordnet werden (Abb. 11). Der *hiatale* Gefügetyp I besitzt eine feine Grundmasse mit deutlich abgesetzten, großen Magerungskörnern. Ein kontinuierlicher Übergang zu kleinen Korndurchmessern fehlt (Ausnahme Schliff Nr. 44). Zu dieser Art gehören 22 % der Scherben. Die meisten Scherben aber (78 %) sind dem *serialen* Gefügetyp II zuzuordnen, der Magerungskörner jeglicher Größe enthält.

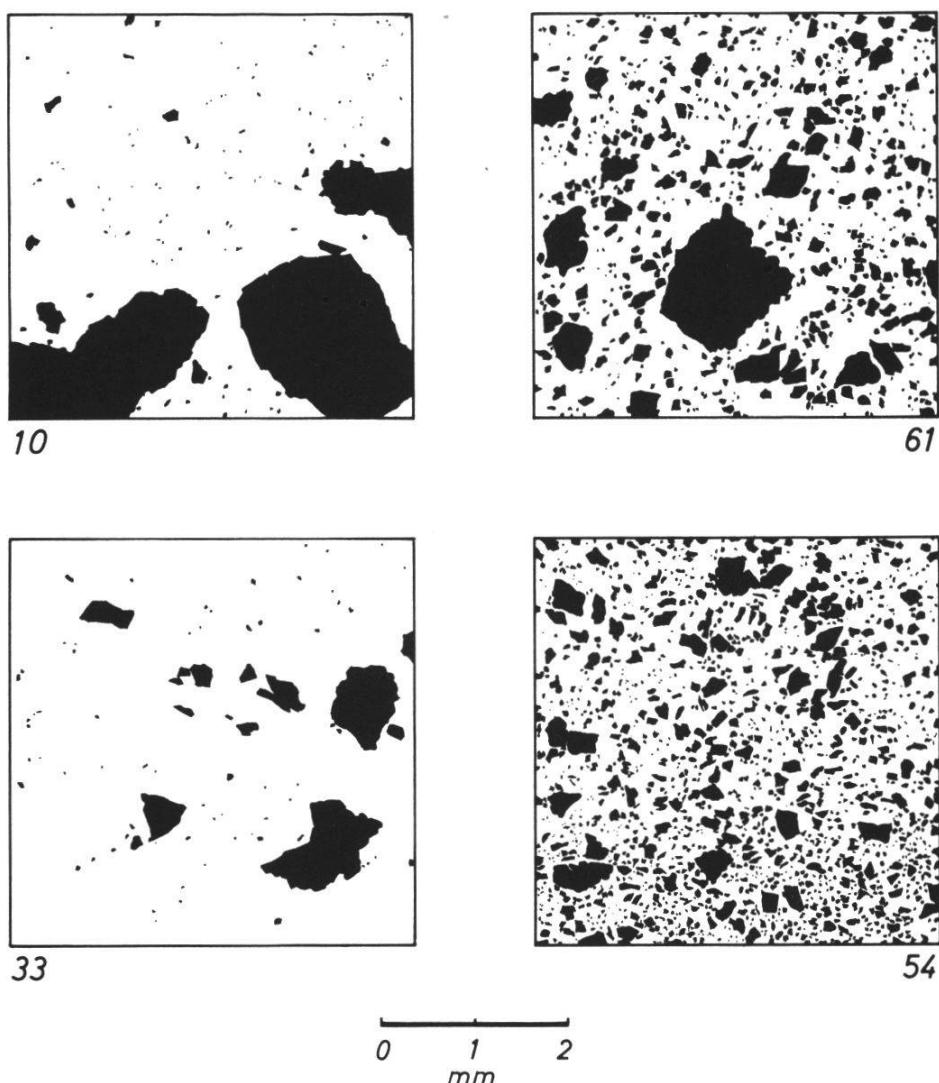


Abb. 11: Vergleich der zwei Gefüge-Typen. Links der *hiatale*, rechts der *serial* Typ. Die Nr. entsprechen den Scherben-Nummern. Abgebildet sind je zwei Scherben-Dünnschliff-Ausschnitte mit unterschiedlicher Magerung.

Die Verteilung der maximalen Korngrößen in den Gefügetypen I u. II ist in Abb. 12a gegeben. Mit einer Ausnahme liegen die maximalen Korngrößen für den Typ I zwischen 3–6,1 mm, streuen aber für den Typ II deutlich stärker (1,6–8,6 mm) mit einer Häufung um 3 mm. Eine Beziehung zwischen Magerungsgehalt und Gefügetyp lässt sich nicht beobachten (Abb. 12b).

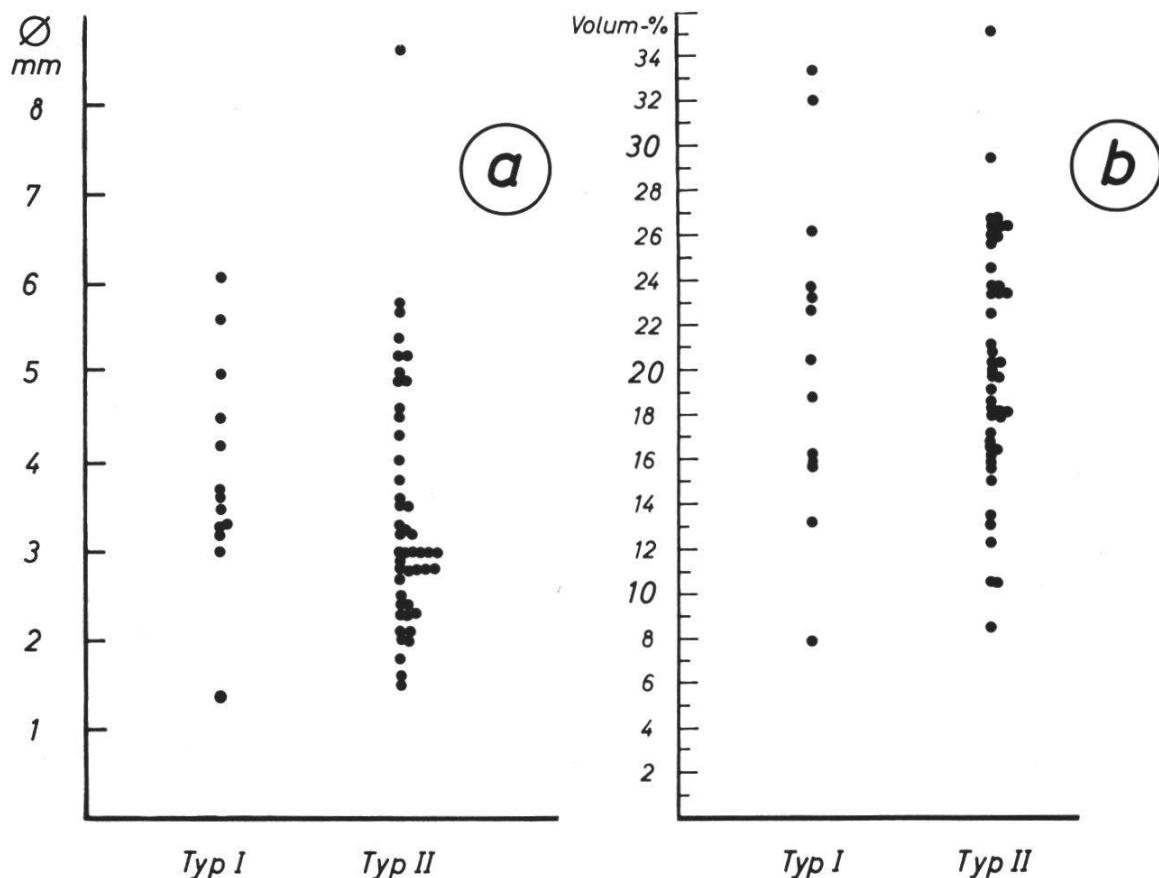


Abb. 12: a) Verteilung der Magerungs-Körner (max. Durchmesser) auf die zwei Gefügetypen.  
b) Verteilung der Magerung (Vol. %) auf die zwei Gefüge-Typen. Beide unterscheiden sich nicht wesentlich.

Die meisten Scherben (57 Stück) sind mit Rissen durchsetzt (Abb. 13); diese haben mittlere Weiten von 0,3–0,4 mm (max. 1 mm). Daneben können blasenartige Hohlräume in den gleichen Größenordnungen auftreten. In Rissen und Blasen beobachtet man schwarze bis schwarzbraune Substanzen, die die Hohlräume teilweise bis ganz ausfüllen. Sehr wahrscheinlich handelt es sich hierbei um nicht näher identifizierbares, organisches Material.

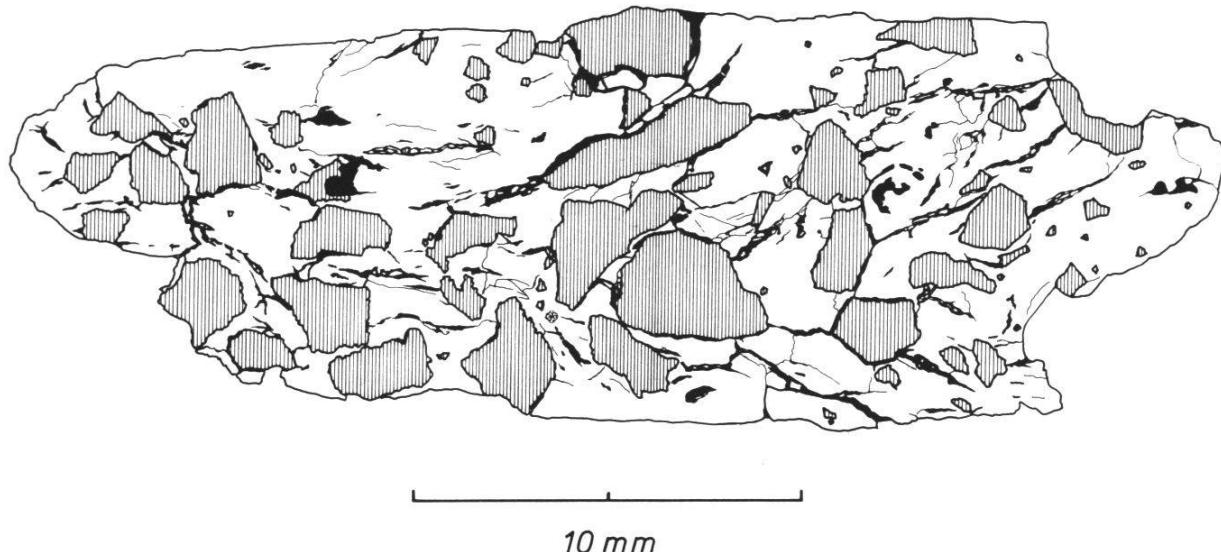


Abb. 13: Gesamtbild eines Schliffes (Scherben Nr. 20). Weiß = Matrix, schraffiert = Magerung, schwarz = Poren und Risse. Dieser Scherben ist zum Gefüge-Typ I zu stellen. Man erkennt die grobe Magerung (vorwiegend Gesteins-Bruchstücke) und die vielen Risse, die oft den Grenzen der Magerungskörper folgen.

## 7. Herkunfts-Probleme

Die untersuchte Keramik ist erstaunlich einheitlich zusammengesetzt. Für die Fertigung der meisten Gefäße wurde ein fetter, silikatischer Rohton verwendet und nur bei zweien ein karbonathaltiger Ton. Auch die Magerung ist sehr homogen; auffallend ist die Präsenz von groben Granit-Bruchstücken, die in ihrer Ausbildung dem Mont Blanc-Granit gleichen. Wie dieser, sind einzelne Fragmente frisch (Scherbentyp 3c, 3e), andere aber alpin-metamorph überprägt (grüner Biotit, Stilpnomelan, Pflasterquarz; Scherbentyp 3 d, 3f).

Als Liefergebiet der Magerung ist also der Alpenraum anzunehmen; hierzu paßt auch das Vorkommen von Granodiorit bis Quarzdiorit gut.

Diese charakteristischen Merkmale (fetter Ton, "alpine" Magerung, grobe Bruchstücke) weisen die Burgäschi-Keramik als homogene Gruppe aus; auch die beiden Proben mit karbonatischer Matrix fügen sich aufgrund der Magerung zwangslässig in dieses Schema ein. Es liegt infolgedessen der Schluß nahe, daß die Burgäschi-Keramik *einheitlicher Fertigung und am gleichen Ort hergestellt worden ist*. Auch die als mögliche Importe angesprochenen Munzingen-Scherben (speziell die Nr. 1) besitzen keine Merkmale, die sie als gruppenfremd kennzeichnen würden. Importe sind also auszuschließen. Ein einziger Scherben (Nr. 13) fällt durch das Fehlen jeglicher Magerung und das sonderbare Verhalten der Ton-Mineralien (s. Kapitel 3) aus dem Rahmen. Dies ist die einzige Probe, die wir als gruppenfremd bezeichnen und die eventuell von einer anderen Lokalität stammen könnte.

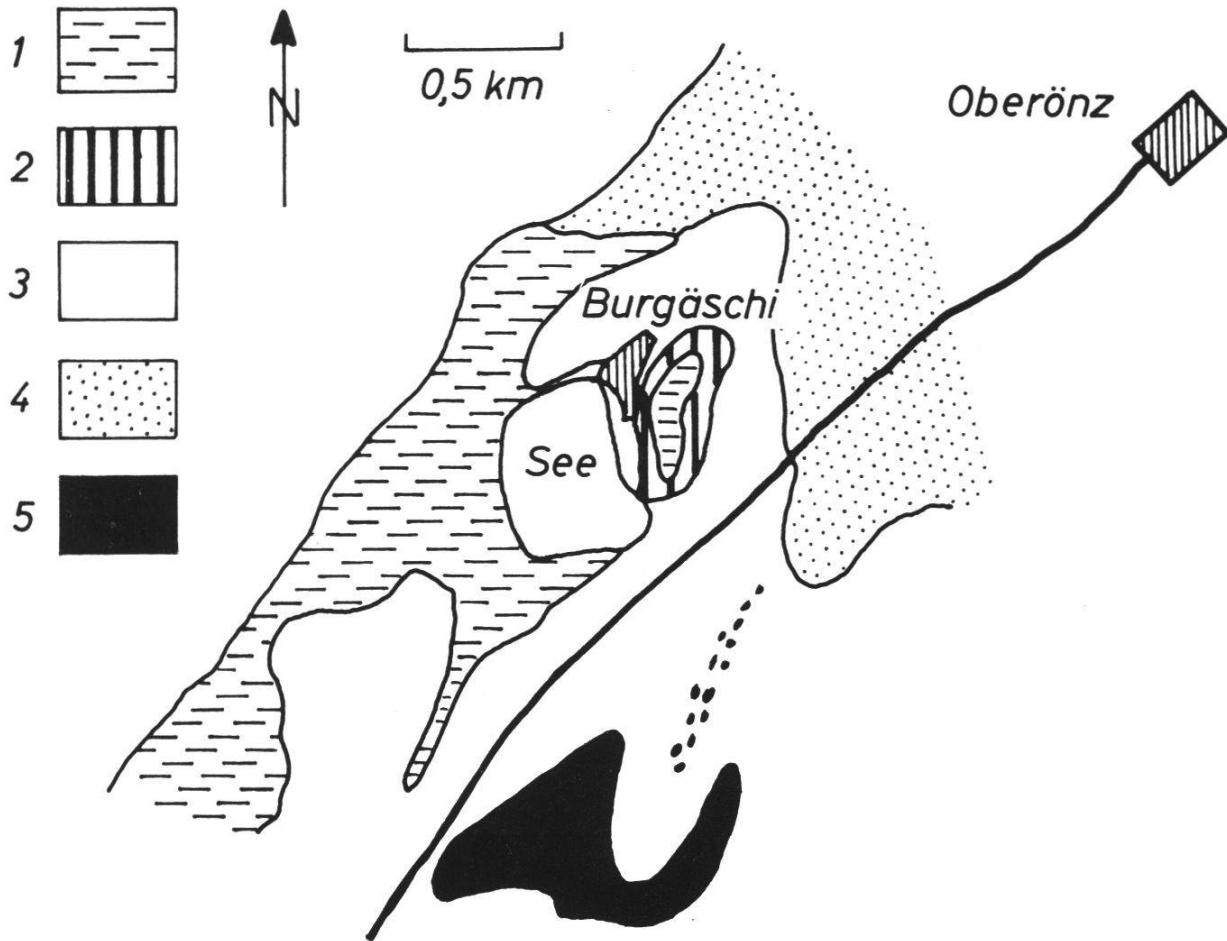


Abb. 14: Vereinfachte geologische Karte der Umgebung des Burgäschisees, nach LEDERMANN (1977).

1 = Torf	2 = Gehängelehm	3 = Grundmoräne
4 = Schotter	5 = Molasse	

Die geologische Karte (Abb. 14) zeigt die Lage der Siedlungen in der während der letzten Eiszeit vom Rhonegletscher überprägten Landschaft. In der näheren Umgebung dominieren lehmige Grundmoränen, Schotter und Torf (LEDERMANN, 1977, 1978). An geeignetem Rohmaterial für die Keramik-Herstellung fehlte es also nicht. Die neolithischen Töpfer werden ihren Rohton wohl aus den Lehmen der Grundmoräne bzw. aus dem Gehängelehm und die Magerungs-Bestandteile aus den naheliegenden Schottern bezogen haben. Die Schotter-Komponenten mußten aber zerschlagen werden, wie dies deren eckige bis zackige Umrisse zeigen (Abb. 2, 5, 11, 13). Als Magerung wurde bevorzugt granitisches Material verwendet, entweder weil es lokal angereichert war, oder weil die neolithischen Töpfer gezielt solches Material aus dem Schotter herausgelesen haben; denn Granit ist aufgrund seiner Mehrkomponenten-Struktur einfacher zu zerschlagen als beispielsweise ein zäher Quarzit. Für die Herstellung der karbonatischen Scherben wurde sehr wahrscheinlich ein mit Seekreide verunreinigter Schlamm aus dem Burgäschisee verwendet.

## 8. Technologische Aspekte

Die untersuchte, neolithische Keramik hat keinen hohen Fertigungsstand. Dies wird bezeugt durch die Verwendung sehr grober Magerung, worauf die vielen Risse zurückzuführen sind (Abb. 13). Diese röhren von den unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten der Magerung und der Matrix her, die während der thermischen Behandlung der Gefäße wirksam wurden.

Der Rohton ist sehr fett; ob dies auf ein absichtliches Abschlämmen eines mageren Tones zurückzuführen ist, oder ob schon ein ursprünglich fetter Ton verwendet wurde, kann nicht entschieden werden. Die Tatsache, daß aber die Magerung nur gerade soweit als nötig zerkleinert wurde, zeigt, daß sich die neolithischen Töpfer nicht mehr Mühe als notwendig machten, und daß demnach wohl ein ursprünglich fetter Ton gebraucht wurde.

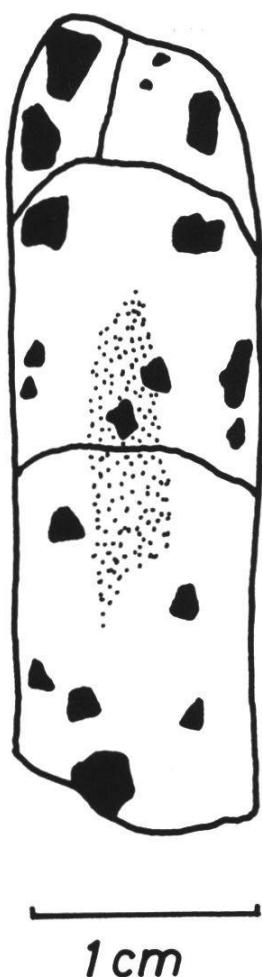


Abb. 15: Schematischer Querschnitt des Scherbens Nr. 33. Punktiert = Reduktions-Kern, schwarz = Magerungs-Bestandteile. Aufgrund des Verlaufes der zwei halbrunden Risse ist anzunehmen, daß dieses Gefäß aus drei übereinander liegenden Wülsten geformt wurde.

Diese Risse sind makroskopisch besser zu erkennen als im Dünnschliff.

Bei einem einzigen Scherben (Nr. 33, Abb. 15) kann auf die verwendete Technik der Gefäßformung zurückgeschlossen werden. Die Anordnung der Risse zeigt deutlich, daß dieses Gefäß mittels Wulsttechnik gebildet worden ist.

Der *Brenn-Prozeß* war reduzierend (graue bis schwarze Farben der Keramik); beim Abkühlen herrschten aber teilweise oxidierende Bedingungen, was zur Ausbildung von Reduktions-Kernen führte. Die *Brenn-Temperaturen* waren nicht sehr hoch. Sie können aus den Röntgendiffraktogrammen abgeschätzt werden. Der breite Buckel bei  $5-10^{\circ} 2\theta$  zeigt, daß im ursprünglichen Rohton ein Fe-reicher Chlorit vorlag. Die Brenn-Temperaturen haben nicht ausgereicht, um diesen Chlorit vollständig abzubauen. Aufgrund eigener Untersuchungen an Chlorithaltigen Rohstoffen können diese Brenn-Temperaturen auf max.  $500^{\circ}$  C ange-setzt werden (MAGGETTI, 1979). Einschränkend muß aber gesagt werden, daß dies nur dann gilt, wenn sich die Tonminerale während der Bodenlagerungs-Phase nicht rückgebildet haben. Bei den anzunehmenden, schwachen Bränden und der langen Bodenlagerungs-Zeit könnte das aber durchaus der Fall sein.

Schwer zu deuten ist die Präsenz von Montmorillonit im Scherben Nr. 13. Nach HOFMANN + KLEMEN (1950) und GAUGLITZ + SCHWIETE (1961) soll Montmorillonit, je nach Art der Kationen-Belegung, sein interkristallines Quellvermögen zwischen  $200-490^{\circ}$  C verlieren. Nach den Untersuchungen von GRIM + BRADLEY (1948) kann aber ein Ca- oder Na-Montmorillonit, auch wenn er auf  $600^{\circ}$  C erhitzt worden ist, im Laufe der Zeit sein interkristallines Wasser wieder aufnehmen (schon nach 268 Tagen Versuchsdauer war ein Teil des Zwischenschicht-Wassers wieder zurückgewonnen).

Brenn-Temperaturen unter  $400^{\circ}$  C sind auszuschließen, da eine solchermaßen erbrannte Keramik kaum gebrauchstüchtig sein kann. Der gut entwickelte Chlorit-Peak im Diffraktogramm zeigt aber, daß Temperaturen von  $450-500^{\circ}$  C nicht überschritten worden sind. Der Montmorillonit-Anteil des Scherbens Nr. 13 ist also z.T. auf diesen schwachen Brand zurückzuführen, z.T. aber auch auf die Wiedergewinnung der Quelfähigkeit bei der langen Bodenlagerung. Zum gleichen Schluß kamen COURTOIS (1973) und NOLL (1977).

Zusammenfassend ist anzunehmen, daß die Brenn-Temperaturen der neolithischen Ware von Burgäschi zwischen  $450-500^{\circ}$  C gelegen haben werden. Ein einziger Scherben (Nr. 37) zeigt Anzeichen von Überbrand; die Außenbereiche sind stark gesintert und voller Blasen, die Matrix ist von dunkler Farbe. Diese Erscheinung kann aber auch sekundärer Ursache sein (äußerliche Überhitzung im Feuer während des Gebrauches).

Die Bruchflächen der Scherben sind sehr oft mit einem grauschwarzen, extrem dünnen Belag überzogen. Dieser ist sicher sekundär während der Bodenlagerungs-Phase entstanden und besteht wohl aus organischem Material.

## 9. Danksagung

Wir danken Herrn Prof. Bandi (Bern) und der Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der Universität Bern für die großzügige finanzielle und materielle Unterstützung; Herrn Dubuis danken wir für die Hilfe bei der Probennahme und Herrn Prof. J. von Raumer (Freiburg) für die Bestimmung der Mont Blanc-Granit-Magerung.

## 10. Zusammenfassung

60 Scherben der drei neolithischen Stationen Burgäschi-Süd, -Südwest und -Nord wurden mineralogisch-petrographisch, röntgenographisch und infrarotspektroskopisch untersucht. Die Hersteller verwendeten einen fetten, silikatischen Ton mit sehr grober, eckiger Magerung (Gesteinsbruchstücke überwiegend granitischer Herkunft). Der Magerungsgehalt schwankt zwischen 15–27 Vol %. In der Matrix ist mit röntgenographischen Methoden Illit nachgewiesen worden. Ein einziger Scherben hat keine Magerung; im Diffraktogramm dieses Scherbens können Illit, Chlorit und ein quellbares Wechsellegerungs-Mineral erkannt werden. Zwei Scherben besitzen eine karbonathaltige Matrix.

Die Keramik-Funde sind – aufgrund der geologischen Situation um den Burgäschisee – als lokale Fertigung (mit einer möglichen Ausnahme) anzusehen.

Der Brand war reduzierend, mit häufiger oxidierender Abkühlungsphase; die Brenntemperaturen werden 450–500° C nicht überschritten haben. Rückbildungen der Tonminerale der Scherbenmatrix während der Bodenlagerungsphase sind anzunehmen.

## Résumé

60 tessons des trois stations néolithiques Burgäschi-Sud, -Sudouest et -Nord ont été examinées au microscope polarisant, rayons-X et par spectroscopie infrarouge. Une argile grasse, silicatée a été utilisée pour la fabrication de la poterie. Le dégraissant est grossier, anguleux et de nature granitique; le contenu varie de 15 à 27 %vol. La matrice contient de l'illite. Le dégraissant fait défaut dans un seul tesson; la matrice se compose ici d'illite, de chlorite et d'un mixed-layer gonflant. Deux tessons présentent une matrice carbonatée.

Les tessons étudiés sont – vue la situation géologique aux alentours du lac de Burgäschisee – de fabrication locale (avec une exception probable).

La cuisson a été faite sous conditions réductrices, avec refroidissement oxidant. Les températures de cuisson n'auraient pas dépassé les 450–500° C. Une reconstitution des minéraux argileux de la matrice, pendant l'enfouissement, est probable.

## Abstract

60 sherds of the 3 neolithic stations Burgäschi-South, -North and Southwest have been examined with petrographic method, by X-rays and infrared spectroscopy. The matrix of the sherds is a silicatic one and contains coarse and angular lean fragments of granitic composition. The temper content varies between 15–27 vol %. Illite was found in the matrix. One sherd has no lean and its matrix is composed of illite, chlorite and an expandable mixed-layer. Two sherds have a carbonatic matrix.

The sherds are mostly of local manufacture (with one possible exception); this is inferred from the surrounding geological situation.

The firing was made under reducing conditions, with an oxidizing cooling phase. The temperatures were probably around 450–500° C. The formation of clay minerals in the body of the sherds during the burial is probable.

## 11. Literatur

- BAMBAUER, H.U., CORLETT, M., EBERHARD, E., and VISVANATHAN, K.: Diagrams for the determination of plagioclases using X-ray powder methods. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 47, 333–349 (1967).
- COURTOIS, L.: Phénomènes de régénération après cuisson de certaines céramiques anciennes. C.R. Acad. Sc. Paris 276, 2931–2933 (1973).
- GAUGLITZ, R., und SCHWIETE, H.E.: Thermochemische Untersuchungen an Montmorillonit in Abhängigkeit von der Art, der Korngröße und der Kationenbelegung. Ber. Dt. Keram. Ges. 38, 43 (1961).
- GRIM, R.E., and BRADLEY, W.F.: Rehydration and dehydration of the clay minerals. Am. Min. 33, 50–59 (1948).
- HOFMANN, U., und ENDELL, J.: Die Abhängigkeit des Kationenaustausches und der Quellung bei Montmorillonit von der Vorerhitzung. Ver. Dt. Chem. Beih. 35, 10 (1939).
- , and KLEMEN, R.: Effect of heating on Li-Bentonite. Z. Anorg. Chem. 262, 95–99 (1950).
- LEDERMANN, H.: Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 000, Blatt 1127 Solothurn. Schweiz. Geol. Kommission 1977.
- : Erläuterungen zur geologischen Karte 1:25 000, Blatt 1127 Solothurn. Schweiz. Geol. Kommission 1978.
- MAGGETTI, M.: Mineralogisch-petrographische Untersuchung des Scherbenmaterials der urnenfelderzeitlichen Siedlung Elchinger Kreuz, Lkr. Neu-Ulm/Donau. Bayr. Prähist. Staatssammlung 19, 141–168 (1979).
- NOLL, W.: Hallstattzeitliche Keramik der Heuneburg an der oberen Donau. Archäologie und Naturwissenschaften 1, 1–19 (1977).
- WEAVER, C.: The distribution and identification of mixed-layer clays in sedimentary rocks. Am. Min. 41, 202–221 (1956).

Tab. 1 Liste der untersuchten Scherben

Schliff-	Fund-	Kultur/Typ	Station
Nr.	Nr.		
Ba 1		sicheres Munzingen, Import?	
2	74	fragliches Munzingen	<u>Burgäschis-</u> <u>Süd</u>
3	79	" "	
4	888	" "	
5	152	" "	
6	67	" "	
7	71	" "	
8	63	" "	
9	107	Cortaillod, Feinkeramik	
10	110	" "	
11	11	" "	
12	123	" "	
13	122	" "	
14	61	" "	
15	81	Cortaillod, Grobkeramik	
16	72	" "	
17	77	" "	
18	92	" "	
19	136	" "	
20	145	" "	
21	127	" "	
22	49	" "	
23	124	" "	
24	53	" "	
25	7 A/652 163	fragliches Munzingen	
26	23 U/2337	Cortaillod, Feinkeramik	
27	22 U/2274	" "	
28	m 32/i 771	" "	
29	30 W/1639	" "	
30	46356 e	Cortaillod, Grobkeramik	<u>Burgäschis-</u> <u>Südwest</u>
31	46358 o	" "	
32	46348 c	" "	
33	46358 c	" "	
34	46358	" " Randschale	
35	46358	" "	
36	46358	" "	
37	46392	" " Randschale überbrannt	
38	46320	" "	
39	46320 aac	" "	
40	46326	" "	
41	46348 f	Cortaillod, Feinkeramik	
42	46329 a	" "(bol caréné)	
43	33746	" "	
44	33316	" "	
45	33770	" "	
46	40721	" "	
47	46322	" "	
48	46323 g	" "	
49	46356 i	" "	
50	46303 y	" "	
51	56021	Cortaillod, Grobkeramik	<u>Burgäschis-</u> <u>Nord</u>
52	56027	" "	
53	56036	" "	
54	56019	Webgewicht	
55	56025	Cortaillod, Grobkeramik	
56	56034	" "	
57	56034	" "	
58	56030	" "	
59	56033	" "	
60	56033	" "	
61	23039	Cortaillod, Feinkeramik	
62	56033	" "	
63	56036	" "	

Tab. 2 Einteilung der untersuchten Scherben  
nach Scherben-Typ und max. Korngrösse der Magerung

Schliff- Nr.	S	c	h	e	r	b	e	n	-	T	y	p	Maximale Korngrösse	$\emptyset$ mm
	1	2	3a	3b	3c	3d	3e	3f						
1							x						3	
2						x							4,2	
3							x						3	
4							x						2,3	
5			x					(x)					4,3	
6						x							3,6	
7						x							2,7	
8					x								3,6	
9													5	
10					x					x			3,5	
11				x			x						4,6	
12										x			2,8	
13													-	
14									x				2	
15						x							6,1	
16					x								3,3	
17						x							4,5	
18	x										x		3,3	
19							x						3,5	
20					x					x			5,6	
21							x				x		5,4	
22									x				4,9	
23									x		x		4,9	
24									x				5	
25						x							3	
26						x							3,7	
30					x								1,8	
31						x							3	
32						x							3	
33						x							2,8	
34						x							3	
35							x						3,2	
36						x							3,2	
37					x								3,5	
38						x					x		2,4	
39							x				x		2,8	
40							x						2,9	
41						x							2	
42							x				x		2,1	
43								x					3,2	
44							x						1,4	
45							x						1,5	
46							x						2,5	
47						x					x		2,8	
48							x						2,3	
49					x			x					5,2	
50						x		x					2,1	
51					x			x					5,7	
52						x		x					3,5	
53						x		x					5,2	
54					x			x					2,3	
55						x							4	
56						x					x		2,8	
57						x							4,5	
58						x							5,8	
59							x				x		3,8	
60	.								x		x		2,4	
61					x						x		1,6	
62					x								8,6	
63													3	

Tab. 3 Modalanalysen (Vol. %)

Qu = Quarz

Kf = Kalifeldspat

Plag = Plagioklas

Gli = Glimmer (Biotit, Muskowit)

Akz = Akzessorien

Schliff-Nr.	Matrix	M a g e r u n g						Gesamt-Magerung
		Gesteins-Körner	Qu	Kf	Plag	Gli	Akz	
1	87,7	6,2	4,6	+	1,4	0,1	+	12,3
2	73,5	25,1	0,6	0,4	0,2	+	+	26,3
3	80,0	17,0	2,3	0,5	0,1	+	-	19,9
4	73,9	11,2	8,8	4,2	1,7	0,2	+	26,1
5	84,1	12,6	1,9	1,0	0,3	+	+	15,8
6	86,7	12,6	0,5	0,1	+	0,1	+	13,3
7	83,6	12,2	1,9	1,7	0,6	+	-	16,4
8	75,4	20,0	2,1	1,1	1,2	0,2	-	24,6
9	73,4	14,0	4,3	3,1	3,2	2,0	-	26,6
10	83,6	14,4	0,3	1,5	0,2	+	+	16,4
11	76,5	21,0	1,5	0,7	0,1	0,2	+	23,5
12	76,1	15,3	4,0	2,5	1,0	1,1	+	23,9
13	100,0	-	-	-	-	-	-	-
14	76,1	17,3	4,9	1,4	-	0,3	+	23,9
15	67,8	31,8	0,2	0,1	+	0,1	+	32,2
16	84,0	15,3	0,5	+	0,1	+	+	15,9
17	76,6	21,5	0,7	0,7	0,4	0,1	+	23,4
18	79,4	18,6	0,1	1,5	0,4	-	+	20,6
19	82,1	14,6	2,3	0,3	0,7	+	-	17,9
20	66,2	32,8	0,6	+	0,1	+	+	33,5
21	84,3	13,8	1,3	0,3	0,2	+	-	15,6
22	79,9	18,3	1,3	0,2	0,1	0,2	+	20,1
23	79,5	17,9	0,2	1,5	0,8	+	+	20,4
24	81,1	18,3	0,3	0,3	-	+	+	18,9
25	73,1	22,5	3,0	0,8	0,4	0,2	+	26,9
26	77,2	21,1	1,0	0,1	0,5	0,1	+	22,8
30	80,8	8,8	6,9	3,0	0,4	0,1	+	19,2
31	89,4	8,3	1,6	0,5	0,2	+	+	10,6
32	83,9	15,6	0,2	-	0,2	0,1	+	16,1
33	91,4	5,9	1,3	1,1	0,2	+	+	8,5
34	76,2	17,8	2,6	1,8	1,4	0,1	+	23,7
35	81,8	10,7	3,8	2,7	0,9	+	-	18,1
36	76,0	22,3	1,5	+	-	0,1	-	23,9
37	83,3	11,6	3,4	1,4	0,2	+	-	16,6
38	82,7	13,2	2,1	1,1	0,8	0,1	-	17,3
39	86,8	12,1	0,6	+	0,4	+	+	13,1
40	81,3	15,2	2,3	0,3	-	0,9	+	18,7
41	79,1	16,8	1,3	1,8	1,0	+	-	20,9
42	83,2	12,1	1,4	1,2	1,9	0,2	+	16,8
43	81,7	16,8	0,5	0,2	-	0,8	+	18,3
44	92,0	6,5	0,4	0,8	0,2	0,1	+	8,0
45	83,6	8,9	4,1	2,6	0,3	0,5	-	16,4
46	89,6	9,3	0,4	0,1	0,6	+	+	10,4
47	82,1	14,7	1,7	1,2	0,3	+	+	17,9
48	83,8	8,8	4,2	2,6	0,5	0,1	-	16,2
49	77,4	18,9	2,8	0,5	0,4	+	+	22,6
50	86,4	8,8	3,3	0,2	-	0,3	1,0	13,6
51	73,0	22,7	3,7	0,2	-	0,4	+	27,0
52	70,4	22,4	5,7	0,7	-	0,7	0,1	29,6
53	82,1	16,4	0,6	0,2	-	0,7	+	17,9
54	74,0	4,5	18,4	2,2	0,5	0,4	+	26,0
55	73,3	21,8	3,5	1,0	+	0,3	+	26,6
56	64,6	22,2	7,4	2,2	1,2	2,4	+	35,4
57	78,8	17,4	3,1	0,2	-	0,5	+	21,2
58	79,7	16,3	2,3	0,5	-	1,2	+	20,3
59	73,4	17,8	5,5	2,0	1,1	0,2	+	26,6
60	80,2	10,5	5,6	2,2	1,3	0,2	+	19,8
61	76,4	10,2	9,3	2,7	1,1	0,3	+	23,6
62	74,2	19,6	3,8	1,6	0,2	0,6	-	25,8
63	84,9	6,5	4,8	2,0	0,4	1,4	+	15,1