

<b>Zeitschrift:</b>	Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte = Annuaire de la Société Suisse de Préhistoire et d'Archéologie = Annuario della Società Svizzera di Preistoria e d'Archeologia
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte
<b>Band:</b>	68 (1985)
<b>Artikel:</b>	Neolithische Keramik von Twann : mineralogische und petrographische Untersuchungen
<b>Autor:</b>	Nungässer, Wolfgang / Maggetti, Marino / Stöckli, Werner E.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-116761">https://doi.org/10.5169/seals-116761</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:** 14.01.2026

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

Wolfgang Nungässer, Marino Maggetti, Werner E. Stöckli

## Neolithische Keramik von Twann – Mineralogische und Petrographische Untersuchungen\*

### 1. Einleitung

#### 1.1. Problemstellung

Zwischen der Ortschaft Twann und dem Ufer des Bieler Sees konnte vom Sommer 1974 bis Frühjahr 1976 während der Bauarbeiten an einer Umgehungsstrasse eine neolithische Seeufersiedlung ausgegraben werden, deren Kulturschichten, erfasst auf einer Fläche von  $160 \times 15$  m, ein reiches Fundmaterial lieferten.

Die hier vorgelegten Untersuchungen sollten Auskunft geben über die mineralogisch-petrographische Zusammensetzung und das Gefüge der neolithischen Keramik von Twann, die Herkunft ihres Rohmaterials und den technologischen Stand der Herstellung.

Für unsere Untersuchungen stellte der Archäologische Dienst des Kantons Bern 80 Keramikproben aus den Fundschichten der Cortaillod-Kultur (ca. 3840-3530 v. Chr.) und weitere 20 Keramikproben aus den Fundschichten der Horgener Kultur (3410-3070 v. Chr.) zur Verfügung. Der überwiegende Teil dieser Scherben ist Töpfen oder Schalen zuzuordnen (Twann 10, 19).

Um die Frage des verwendeten Rohtones klären zu können, unternahmen wir eine Begehung der Umgebung von Twann, wo aber die eigentlichen Tonaufschlüsse u.a. wegen der Rebkulturen nicht mehr zugänglich sind. Für die karbonatischen Abarten haben wir darum Aufschlüsse in den gleichen geologischen Formationen des Hauterivien (Untere Kreide) nördlich von Le Landeron aufgesucht, um Mergelproben zu entnehmen. Ebenso entnahmen wir Lehmproben aus den Twanner Kulturschichten. Lehm ist vor allem für die Lehm-(Sand-,Kies-)Linsen, die wohl als Herdstellen oder Öfen gedient haben, verwendet worden. Gewisse Lehmstücke könnten aber durchaus ungemagerter Töpferton sein. Insgesamt wurden 12 Mergel, Lehmlinsen und Ofenpartien bearbeitet.

#### 1.2. Art der Untersuchungen

##### 1.2.1. Polarisationsmikroskopie

Von den 100 Scherben wurde je ein Dünnschliff angefertigt und *qualitativ* (Natur der Magerung und Matrix, Gefüge und Scherben) wie auch *quantitativ* (prozentualer Anteil der Magerung und Matrix) untersucht. Letzteres wurde durch Integration mit Hilfe eines Point Counters (Firma Swift, London; mittlere integrierte Fläche:  $256 \text{ mm}^2$ , mittlere Rasterpunktmenge: 2359, max. 3804 bis min. 915) an 31 Schliffen durchgeführt. Um das zeitraubende Verfahren abzukürzen, haben wir für die restlichen Schiffe das Schätz-Verfahren, basierend auf standardisierten Schätzbildern (Flügel 1978) angewandt. Zur Absicherung wurden beide Methoden an 31 Scherben vergleichend eingesetzt. Dabei ergaben sich Abweichungen bis maximal 10 Vol.-% (Abb. 1). Im Durchschnitt sind die Abweichungen aber viel geringer, so dass der Einsatz der Schätz-Methode gerechtfertigt erscheint; auch liefert die Integrationsmethode nur unter gewissen Bedingungen exakte Werte (Frangipane u. Schmid 1974).

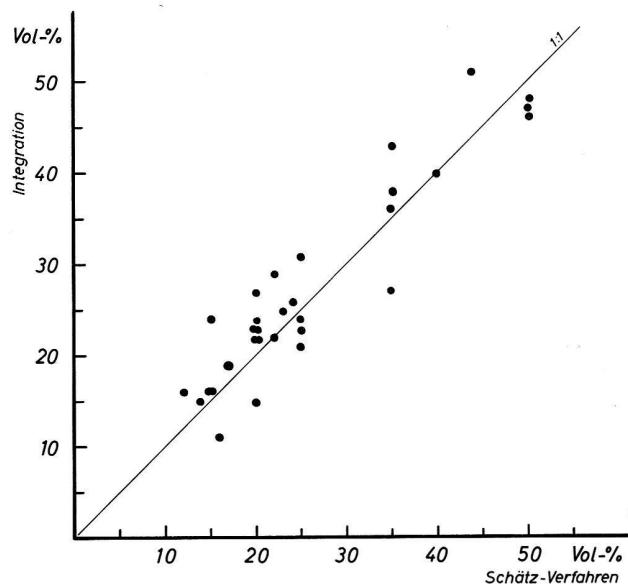


Abb. 1: Zur Methodik der Modalanalysen an Scherbendünnschliffen: der Magerungsanteil bei 31 Proben wurde sowohl mit Point Counter-Integration als auch nach dem Schätzverfahren mit standardisierten Schätzbildern bestimmt. Aus methodischen Gründen sind die Ergebnisse beider Verfahren als Näherungswerte anzusehen.

\* Gedruckt mit Unterstützung des Kantons Bern.

### 1.2.2. Röntgenographische Untersuchungen (Tab. 8)

Für Übersichtsaufnahmen auf einem Siemens-Diffraktometer ( $\text{Cu K}\alpha$ ) wurden 25 Scherben des Cortaillod, 6 Scherben des Horgen und 12 Tonproben gepulvert und die Reflexe im Winkelbereich von  $3\text{--}65^\circ 2\delta$ . registriert.

Die Auswahl der Proben erfolgte in der Absicht, von den mikroskopisch definierten Scherbentypen einen repräsentativen Querschnitt zu erfassen.

Calcitreiche Proben wurden teilweise nochmals nach erfolgter Dekarbonatisierung aufgenommen. Der Tonmineralgehalt ausgewählter Proben ist mit Texturpräparaten (normal, glykiert  $60^\circ\text{C}/24\text{ h}$  und gebrannt  $550^\circ\text{C}/1\text{ h}$ ) analysiert worden.

### 1.2.3. Infrarotspektroskopische Analysen

Folgende Proben wurden mit einem IR-Spektrometer Perkin Elmer 457 analysiert: Nr. 2, 12, 15, 19, 24, 28, 38, 51. KBr-Pillen, Verdünnung 1:100.

## 2. Zur Auswahl der Keramik- und Lehmproben (Tab. 1)

Da 60 Proben für die Analysenarbeit eine günstige Menge sind, haben wir zuerst einmal so viele Proben genommen. Damals war nur die Cortaillod-Keramik der Abschnitte 6 und 7 in Bearbeitung, weshalb wir uns vorerst auf Cortaillod-Proben beschränkt haben. Mit den ersten 36 Proben wollten wir die gewöhnliche Keramik von Twann, die nach oberflächlicher Betrachtung mit zerstossenem Granit oder anderem silikatischem Gestein gemagert ist, erfassen. Von den Ensembles 2-9 wählten wir je 4 Proben, um vielleicht auch etwas über die technologische Entwicklung innerhalb der Cortaillod-Zeit von Twann zu erfahren. Unter diesen 36 Proben waren zu gleichen Teilen nur die beiden Cortaillod-Hauptformen, der Topf und die Schale, vertreten. Um in der formalen Zuweisung einigermassen sicher zu gehen, haben wir als Topscherben nur solche mit auf der Innenseite anhaftenden Speiseresten bezeichnet und als Schalenscherben nur solche, deren Anschluss zum Rand bekannt und damit in der Formbestimmung einigermassen sicher war. Mit den übrigen 24 Proben wollten wir Spezialitäten von Twann erfassen: verzierte Gefässe, Sonderformen und spezielle Magerung. Die meisten Proben stammen von der Keramik mit Fossilmagerung, die uns auch formal aufgefallen ist. Wir haben möglichst wieder aus jedem Ensemble eine Probe mit Fossilmagerung entnommen. Die ersten Resultate dieser Analysen sind in Twann 10,42f. veröffentlicht. Nach

der mineralogischen Bestimmung von Magerung und Matrix schien sich ein Unterschied zwischen US und MS/OS abzuzeichnen, den wir anhand von 20 zusätzlichen US-Proben genauer überprüfen wollten. Diese 20 Proben sind ziemlich zufällig herausgegriffen worden, um die Nachuntersuchung möglichst objektiv zu gestalten. Bei diesen Scherben kann man nur teilweise vermuten, zu welchen Formen sie gehören.

Die Keramikproben aus den Horgener Schichten wurden von A. R. Furger ausgelesen. Er hat versucht, möglichst das gesamte Spektrum des Keramikmaterials zu erfassen.

## 3. Mineralogisch-petrographische Analyse der Scherben

### 3.1. Makroskopische Analyse

#### 3.1.1. Die Scherben des Cortaillod

Die insgesamt 80 Keramikfragmente der älteren Besiedlungsphasen von Twann sind bezüglich ihrer *Matrixfarbe* recht monoton: Die meisten Scherben zeigen Grau in verschiedenen Schattierungen bis nahezu Schwarz; oberflächennah treten graubraune bis braune, gelegentlich rötlich-braune bis rötliche Farben auf. Die als Speisereste identifizierbaren Partien sind schwarz (Taf. 2, 3). Die Wandstärke der Keramik, d.h. die *Dicke* der Scherben, variiert zwischen 4 mm (Nr. 64) und 16 mm (Nr. 4). Die *Oberfläche* der Scherben ist meistens glatt. Riefungsspuren vom Glättungsvorgang (Twann 10, Abb. 27) sind nicht selten. Bei grobgemagerten Scherben erscheinen Kuppen oder Kanten von Magerungskörnchen an der Oberfläche, die ihre Ebenmässigkeit dadurch einbüsst. Bei den Scherben Nr. 48-50 ist die Rauigkeit bzw. Unregelmässigkeit von Teilen der Oberfläche auffällig stark.

Die Körnigkeit der *Magerung* geht in den meisten Fällen der Wandstärke der Scherben parallel. Die Magerungskörper (bis ca. 8.5 mm) sind überwiegend von heller Farbe, in teils gerundeter, teils eckiger Form. Quarz und Fragmente granitartiger Gesteine sind erkennbar. Von dieser Gesteinsmagerung unterscheidet sich ohne weiteres eine Magerung, die aus Schalenresten von Mollusken und Fragmenten noch anderer ehemaliger Meeresbewohner besteht (Taf. 2,4,5). Auf Bruchflächen freiliegende Schalenreste und auch Negativabdrücke in der Matrix sind mit blossem Auge als fossile Reste von Molluskschalen zu erkennen. Der Fossilmagerung können Gesteinsfragmente beigemischt sein (Taf. 3,1.3); ebenso treten in einigen gesteinsgemagerten Scherben auch Fossilreste auf.

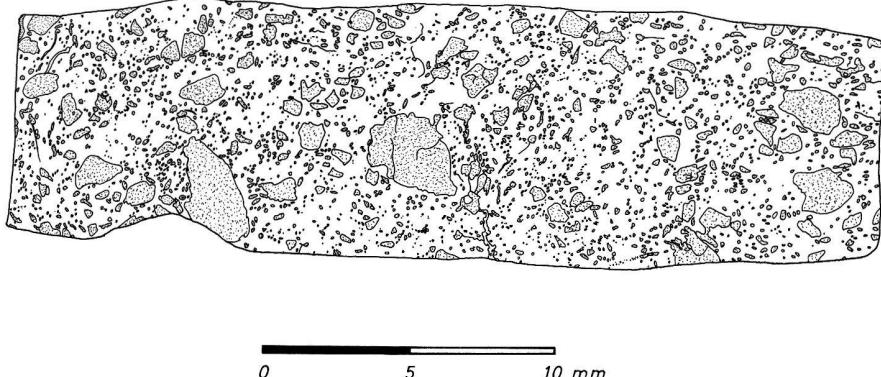


Abb. 2: Dünnschliffbild eines si/si-Scherbens. Wichtigster Scherben-Typ der Twanner Keramik. Zeichnung nach Tw 53. Matrix weiss, Granit-Magerung punktiert.

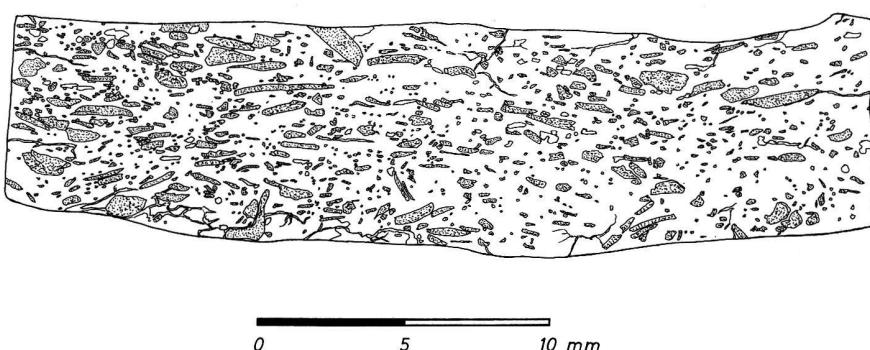


Abb. 3: Dünnschliffbild eines ka/ka-Scherbens. Kleine, aber charakteristische Gruppe der Twanner Keramik. Signaturen wie Abb. 2. Die Magerung aus karbonatischen Fossilien-Resten, meist Brachiopoden-Schalen, wird infolge ihrer planaren Ausbildung, beim Formen und Verstreichen des Tonens oft wandparallel eingeregelt (sog. Paralleltextur).

### 3.1.2. Die Scherben des Horgen

Die Keramik aus der jüngeren Besiedlungsstufe von Twann entspricht in den *Farben* der Matrix denjenigen des Cortaillod.

Die 20 untersuchten Proben zeigen aber grössere Unterschiede sowohl in der *Dicke* der Scherben, die von 3.5 mm (Nr. 97) bis ca. 22 mm (Nr. 108) variiert, als auch in der *Magerung*, die fast 10 mm Korngrösse erreichen kann und aus Fragmenten granitischer und verwandter Gesteine besteht. Fossilmagerung ist nur in einem Fall (Nr. 98) zu erkennen, zusammen mit etwas Gesteinsmagerung. Infolge der gröberen Magerung ist die *Oberfläche* der dickeren Scherben durch die hervortretenden Körner oft unebenmässig, im Kontrast zu anderen, gut geglätteten Stücken. Glättungsriefen sind ebenfalls zu beobachten (Twann 13,13).

### 3.2. Mikroskopische Analyse

Die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Untersuchungen sind in Tab. 2 zusammengefasst und in den Abb. 2-10 dargestellt.

In den 80 ausgewerteten Proben des Cortaillod befinden sich auch die von W. E. Stöckli erwähnten 24 Spezialitäten (verzierte Gefässe, Sonderformen und spezielle Magerung). Dies ist vertretbar, weil der silikatische Teil dieser Gruppe in Struktur und Zusammensetzung des Scherbens keine Besonderheiten gegenüber der silikatischen Hauptgruppe aufweist. Die Gruppe der karbonatischen Scherben mit Fossilmagerung ist eigenständig, jedoch statistisch unterrepräsentiert; wir haben deshalb für sie keine quantitativen Aussagen zu machen.

Zur Erläuterung sei bemerkt, dass ein Scherben im Dünnschliff zwei Hauptkomponenten erkennen

lässt: die *Matrix* (Grundmasse) als das ehemals plastische Medium Ton und die *Magerung*, die aus allen nicht-plastischen Bestandteilen besteht, die im Ton bereits enthalten waren oder absichtlich zugefügt wurden.

Die *Matrix* selbst konnten wir durch ihren Gehalt an feinsten, nicht-plastischen Bestandteilen (Silt und/oder Feinsand) charakterisieren, die aufgrund ihrer Kleinheit und homogenen Korngrösse als natürliche Bestandteile des ehemaligen Tones zu betrachten sind. Die Ergebnisse sind in den Tab. 3 und 5 dargestellt. Nimmt man zu dieser natürlichen, feinen Magerung die gröberen Körner der granitischen Geschiebe bzw. der Fossilreste aus den Hauerivien-mergeln, die sowohl natürliche wie künstliche Zugaben sein können, als Magerung dazu, so erhält man die in Tab. 2 aufgeführte *effektive Magerung*.

### 3.2.1. Die Matrix

Die Grundmasse der Twanner Keramik gibt sich im Dünnschliff zu erkennen als

- a) silikatischer Natur
- b) karbonatischer Natur
- c) silikatisch-karbonatischer Natur

Diese mineralogisch-chemische Gliederung ergibt sich aus der Verschiedenartigkeit der Rohton-vorkommen aufgrund der geologischen Situation um Twann (Abb. 13).

Wir klassieren insbesondere die silikatische Matrix durch den Gehalt an feinkörniger, natürlicher Ma-gerung (Quarz und Feldspat):

fett	0– 5 Vol.-%	Ø ca. 0,01 mm	= Silt
sandig	5–10 Vol.-%	Ø ca. 0,01 mm	= Silt
mager	10–15 Vol.-%	Ø ca. 0,15 mm	= Feinsand, mit Silt

Die lineare Untergliederung ergab sich ungewollt aus dem Beobachtungsbefund und erhebt keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit. Die karbonatischen Scherben haben grundsätzlich eine fette Matrix (Tab. 3).

In den Tab. 4 und 6 sind die Matrixtypen nach Altersstufen gegliedert. Fette Tone werden vor allem in den frühesten Stufen sowohl des Cortaillod als auch des Horgen verwendet. Erst später erscheinen vermehrt magere Tone.

Die *silikatische Matrix* ist reich an Schüppchen von Tonmineralien in Grössen von 0.002-0.025 mm. Sie sind durch ihre subparallele bis parallele Anordnung unter den gekreuzten Polarisationsfiltern des Mikroskopes zu erkennen. Durch Verkneten und Verstreichen des Rohtones erhielten sie diese «fluidal» texturartige Anordnung. Gelegentlich wird der

Eindruck der Einregelung verstärkt durch schmale Glimmerleisten von 0.05-0.1 mm. Dazu findet sich in unterschiedlicher Menge der erwähnte Silt bzw. in mageren Rohtonen ein Feinsand (0.01 bzw. 0.15 mm mittlere Grösse, Taf. 1,4.5.6). Die Farben der Matrix variieren im Schliff von hellem Braun bis zu schwarzbraun. Einige Proben (Nr. 15, 16, 20, 32 und 50) zeigen stellenweise rötliche Farben, meist in den äusseren Partien. Von den 100 untersuchten Scherben gehören 77 zur Gruppe mit silikatischer Matrix. Das Grundmaterial der Scherben mit *karbonatischer Matrix* besteht aus feinen Karbonatkörnchen, deren mittlerer Durchmesser ca. 0.005 mm beträgt. Sie bilden eine homogene Masse, in der nur gelegentlich und unbedeutend etwas Silt auftreten kann (Tab. 4 «fast fett»). Die braunen bis braungrauen Farben entsprechen weitgehend denen der silikatischen Matrix. Inhomogenitäten in Form kleiner Klümpchen fallen weniger auf als vereinzelte kleine, runde-Kügelchen von dunkelbraunem Bohnerz (Pisolith), die 2 mm erreichen können (Nr. 43, 45, 98; Taf. 3,2.3). Die rein karbonatische Matrix tritt bei 15 Proben auf: Nr. 7, 43-47, 55-61, 98, 101). In der *gemischten Matrix* sind Tonmineralien und feinkörnige Karbonatsubstanz in sechs Scherben (Nr. 4, 18, 70, 74, 79, 111) gemeinsam als Matrix zu beobachten. Die polarisationsoptischen Kennzeichen für beide Komponenten sind eindeutig; ihr prozentualer Anteil bleibt unbestimmt. Durch das Auftreten von Klümpchen aus Tonsubstanz oder auch Silt, karbonat- oder pisolithähnlichen Konkretionen erscheint diese Grundmasse inhomogen gegenüber den beiden vorgenannten Typen. Die grau-braunen bis dunkelbraunen Farben heben sich jedoch nicht von den übrigen Scherben ab (Taf. 3,2).

### 3.2.2. Typologie der Magerung

a) *Qualitativ*. Eine Übersicht über die Magerungsarten und die ihnen zugeordneten Scherben, verteilt auf die verschiedenen Fundschichten (Schichtpakete) gibt die Tab. 7 für beide Besiedlungsepochen. Wir benutzen für diese Darstellung eine Unterteilung «fein» und «grob» der silikatischen Magerung, die sich aus der Beobachtung der Magerungskörper auf den Scherbenbruchflächen und -anschnitten für Dünnschliffproben ergibt. Eine silikatische Mage- rung mit Korngrössen bis 2 mm wird hier als fein bezeichnet, alles darüberliegende Magerungskorn zu grob gerechnet. Der grösste, in den Dünnschliffen beobachtete Korndurchmesser war 9.7 mm. Die Kornform der Magerung ist nicht homogen. Die *Granitmagerung* ist bei 40 Cortaillod-Scherben (Nr. 2, 3, 5, 6, 8-10, 14-17, 19, 21, 23, 25-29, 33, 34, 39,

42, 49, 50, 52-54, 61-64, 66, 67, 69, 72, 73, 76-78) und bei 3 Proben des Horgen (Nr. 93, 94, 109) zu beobachten (Tab. 2). Die Magerungskörper bestehen aus den Mineralien Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas und Glimmer, oder sie sind Aggregate solcher Minerale, d.h. Gesteinsfragmente (Taf. 1,1.3). Der Quarz als typisch transparentes, unverwittertes Korn hat unregelmässigen Umriss, kann 5-6 mm gross werden und zeigt meistens undulöses Auslöschen. Schnüre und schmale Bänder aus zahlreichen kleinen Quarzkörnchen, also verheilte ehemalige Risse, kommen gelegentlich vor. Durch die Perithitadern, -lizen und -spindeln bis zur typischen Gitterstruktur des Mikroklin gibt sich der Kalifeldspat zu erkennen, mit Korngrössen bis ca. 5 mm. Die Begrenzung der Körper folgt z.T. Spaltrissen, so dass Rechteck- bis Parallelogrammformen häufig sind. Viele Körper erscheinen frisch, d.h. ohne die innere Umwandlung/Verwitterung zu feinschuppigem Serizit. Die typischen Albit-Zwillingslamellen der Plagioklaskörper sind meistens fein. Durch starke Serizitisierung werden sie in vielen Fällen schwer erkennbar. Form und Grösse dieser Feldspatkörper sind denen des Kalifeldspates recht ähnlich. Der Glimmer als vierter Hauptgemengteil granitischer Gesteine tritt nur in geringerer Häufigkeit und Grösse auf. Isolierte Körper (bzw. Pakete) dieses Schichtsilikates sind nur in den Proben Nr. 5, 19, 25, 27 als zufällige Magerungskörper zu finden, während in anderen dieses Mineral regelmässig erscheint (Nr. 23, 28, 44, 50, 52, 78). Die Farben sind grün, oliv oder braun, das Mineral demnach als Biotit anzusprechen. Die Korngrösse erreicht ca. 2.5 mm.

Zur *Metamorphitmagerung* gehören im Cortaillod 22 Scherben (Nr. 11-13, 20, 22, 24, 30-32, 35-38, 40, 41, 48, 51, 65, 68, 71, 79, 80), aus den Schichten des Horgen 14 Proben (Nr. 95-97, 99, 100, 102-108, 110-112). Die vier Hauptminerale der granitischen Magerung finden sich hier ebenfalls; jedoch lässt die Gesamtheit der beobachteten Abweichungen einen anderen Gesteinstyp erkennen.

Der Quarz kann in der beschriebenen, homogenen Form vorliegen, ist aber oft durch Agglomerate vieler, ineinander verzahnter, etwa gleich grosser Körper ersetzt, die als Pflasterquarze bis zu ca. 1 mm grobe, im allgemeinen aber viel feinere Mosaikstrukturen bilden. Mit wenigen Ausnahmen ist die Auslösung undulös. Der Kalifeldspat wird erkennbar durch eine feinkörnig bräunliche Trübung – wohl Beginn der Serizit-Bildung –, der sich bei gekreuzten Polfiltern das Perithit-Entmischungsphenomen überlagert. Gelegentlich sind ehemalige Rissbildungen durch feine Schnüre von Pflasterquarz verheilt. Zwillingssindividuen nach dem Karlsbadgesetz sind nicht selten, wie übrigens auch beim Kalifeldspat der Granitmagerung. Der Plagioklas, gelegentlich nach dem Karlsbadgesetz in grösseren Zwillingssindividuen, zeigt stets feine Albit-Zwillingslamellen, dazu gelegentlich quer dazu der Periklin-Lamellenbau. Seltener sind diese Körper frisch; sie können durch Serizit fast völlig maskiert sein. Die braunen bis schmutziggrünen Biotite kommen selten in den Cortaillod-Proben, häufiger in den grobkörnigen Gesteinsfragmenten der Horgener Magerung vor. Hellglimmer als Hauptbestandteil des Serizits bleibt stets klein. In den bemerkenswert feinen Pflasterquarzfragmenten und einigen Feldspäten von Nr. 51 tritt er aber in Gruppen, Bändern und Zöpfen auf-

fällig hervor. Zu diesen Standardmineralien gesellt sich als sekundäre Bildung öfter der Epidot, meist kleinkörnig in Grüppchen oder Schnüren im Feldspat verteilt. Das Vorkommen von Glaukophan und Titanit ist auf ein Gesteinskorn in der Probe 65 beschränkt; im Schliff Nr. 8 finden sich in einem ca. 6.8 mm grossen, gut gerundeten Korn Granat, Cummingtonit, Epidot und Klinozoisit(?), ebenfalls eine Ausnahme. Der Horgener Scherben Nr. 99 enthält Hornblende, Epidot und Stilpnomelan und ähnelt durch seinen Hellglimmergehalt in den feinen Pflasterquarzen dem Schliff Nr. 51.

Die grosse Mehrzahl dieser Magerungsfragmente gehört also zu Gesteinen des Gneiss-Typs (Taf. 1, 2; 2,2.3.).

Die *karbonatische Magerung* wurde an acht Scherben des Cortaillod-Materials beobachtet (Nr. 46, 47, 55-60; Taf. 2,4.5). Unter den Horgener Proben trat die rein karbonatische Magerung nicht auf (Tab. 7). Die meisten Proben enthalten diese Magerung in Form von schmalen, hellen Bruchstücken bis ca. 8 mm Länge, die sowohl auf den Scherbenbruchflächen wie auch im Dünnschliff, sei es aufgrund ihrer Modellierung oder ihrer Querschnittsstruktur, als Fossilien, nämlich als Reste von Molluskenschalen identifizierbar sind. Es handelt sich, wie bereits mitgeteilt (Maggetti u. Nungässer 1981), im wesentlichen um Reste der BrachiopodenGattung Rhynchonella (Nr. 46, 47, 55, 56, 59, 60). Jedoch konnte J. P. Berger (Geologisches Institut der Universität Freiburg) in einigen Schliffen auch Reste von Seeigelstacheln, Korallenbruchstücke, Bryozoen- und/oder Algenfragmente feststellen (z.B. Nr. 7, Taf. 3,1). Zwei Proben (Nr. 57, 58) fallen durch ihre Spat-Magerung auf: In Nr. 58 bestehen ca. 60% der Körper aus homogenen Calcitfragmenten bis ca. 1 mm Länge, die ihren Parallelogrammumriss der charakteristischen rhomboedrischen Spaltbarkeit dieses Minerals verdanken. Die übrigen Körper weisen vielfach geschwungene bis zickzackförmige Bänderung auf. Solche typisch organischen Karbonatstrukturen besitzt auch die Mehrzahl der Magerungskörper in Nr. 57. Wir dürfen mit J. P. Berger annehmen, dass es sich in beiden Proben teilweise um Reste von Echinodermenschalen handelt.

In einigen Scherben sind unübliche Komponenten zu beobachten. Bei den Nr. 28 und 62 handelt es sich um längliche Klümpchen (bis ca. 6.8 mm gross) eines fetten, silikatischen Tones, bei den Nr. 18 und 112 sind es wenige, kugelige Klümpchen einer silikatischen Tonmatrix mit Silt- oder Feinsandkomponente. Die Nr. 101 als Fragment eines Webgewichtes enthält karbonatische und silikatische Tonklümpchen (Grösse etwa 3.5 mm). Das sporadische Auftreten solcher Aggregate deuten wir als zufällige Beimengungen.

Bei dreizehn Scherben (Nr. 1, 4, 7, 18, 43-45, 70, 75, 79, 98, 101, 111) haben wir eine *gemischte Magerung* beobachtet (Tab. 2 und 7). In den Schliffen Nr. 1, 7,

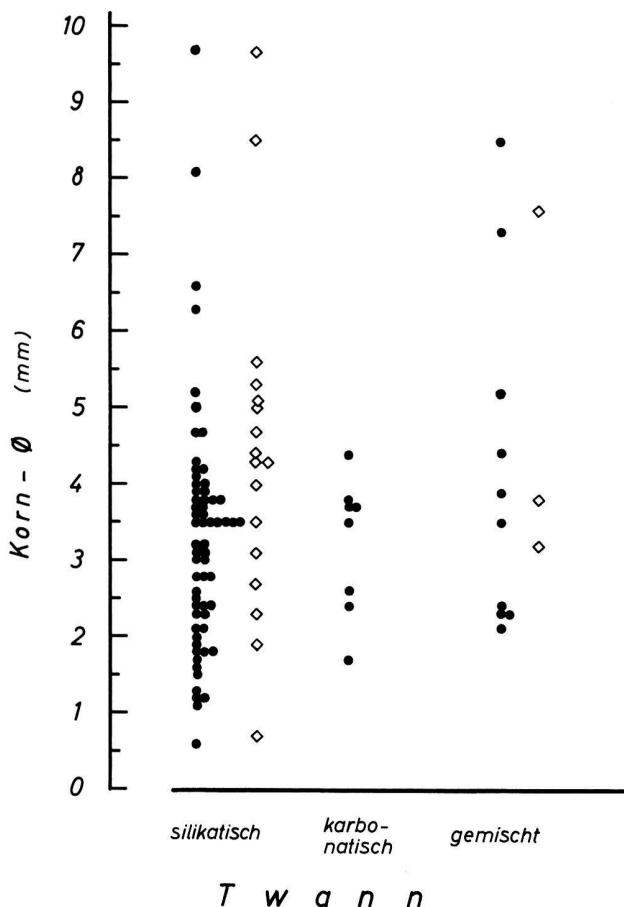


Abb. 4: Maximale Korngrösse der Magerung in Scherbendünnschliffen (● Cortaillod, ◇ Horgen). Häufigste Korngrössen der Silikat-Magerung: im Cortaillod 2–4 mm, im Horgen 4–5,5 mm.

18, 45, 70 ist es die beschriebene Silikatmagerung vom granitischen Typ, der auch Pflasterquarzkörner beigemengt sind (Nr. 7), sowie die Fossilmagerung, meist aus Rhynchonellenbruchstücken. Einen kompletten Querschnitt dieses Brachiopoden von ca. 8 mm Durchmesser enthält Nr. 7, zusammen mit Korallen-, Bryozoen- und anderen Fragmenten (Taf. 3,1). In diesem Scherben sind als künstliche Magerung ca. 6 Vol.-% metamorph-granitische Kornfragmente zugefügt, während der auffallend inhomogene Anteil an Fossilresten (45 Vol.-%) als natürlicher Gehalt des Rohtones anzusehen ist. Gleiches gilt, wenn auch bei viel geringerem Fossilanteil, für Nr. 4, 18, 75. Sekundärer Calcit ist in Nr. 1, 70, 79 zu beobachten: Feine Karbonathüllen um viele der Magerungskörper sowie karbonatgefüllte Risse und Poren bezeugen den Einfluss der langen Bodenlagerung. Im Horgener Scherben Nr. 98 gehören die Fossilreste und Pisolithkügelchen (–1.6 mm) einem karbonatischen Rohton an. Nur wenige, grobe Silikatkörper bilden die künstliche Magerung, wie auch im Horgener Webgewichtfrag-

ment Nr. 101, dessen karbonatische Matrix mit Silt/Feinsand angereichert ist und karbonatische Klümmpchen enthält. Gleiches Typ ist der Topfrest Nr. 111, die Matrix enthält wenig Silt, Pisolith und Kalkbröckchen, die Silikatmagerung ist grob (–7.6 mm). Zwei milieufremde Mergelklümppchen hinderten uns nicht, Nr. 62 als rein silikatisch aufzuführen.

b) Quantitativ. Die in den Dünnschliffen beobachtete maximale Korngrösse für Cortaillod und Horgen enthält Abb. 4. Die häufigsten Werte der silikatischen Cortaillod-Magerung liegen zwischen 2 und 4 mm, die Horgener Scherben haben eine gröbere mittlere Magerung (4–5.5 mm) dieses Typs. Für beide Kulturepochen streuen die Werte von 0.6 bzw. 0.7 bis 9.7 mm. Die erwähnte Einteilung in «fein» ( $\leq 2$  mm) und «grob» ( $> 2$  mm) betrifft diese silikatische Gruppe.

Für die silikatische Burgäschisee-Keramik (Nungässer u. Maggetti 1978) liegen die häufigsten maximalen Korngrössen mit 2.3–3.5 mm unter der entsprechenden Gruppe in Twann. Doch sind bis 6 mm fast alle Korngrössen wenigstens einmal vorhanden, während in Twann oberhalb 4.2 mm nur noch einzelne Scherben mit grösster Magerung bis zum Höchstwert 9.7 mm auftreten. Generell dürfen wir aber beide Gruppen als gleichwertig betrachten.

Die karbonatische bzw. Fossilmagerung der Cortaillod-Keramik bleibt dagegen in engen Grenzen (1.6–4.4 mm). Die geringe Härte des Calcits (H = 3 in der Mohs-Skala) und die sehr gute Spaltbarkeit von Calcitkristallen dürften hierbei eine Rolle spielen. Im Falle der gemischten Magerung wird die Korngrösse durch die silikatischen Gesteinsfragmente bestimmt. Sie streut hier zwischen 2 und 8.5 mm.

Die meisten untersuchten Proben wurden von Töpfen oder Schalen genommen. Die Abb. 5 enthält die maximalen Magerungskorngrössen dieser beiden Gruppen für die Cortaillod-Keramik, geordnet nach den Fundschichteinheiten (US, MS, OS). Im US (unteres Schichtpaket) wird die feinere Magerung (1.1–2.3 mm) für die Schalen verwendet, die Topfmagerung ist eindeutig gröber (2.4–9.7 mm). Doch zeigen die meisten Proben sowohl der Töpfe als auch der Schalen im MS (mittleres Schichtpaket) und in der jüngsten Schichteinheit, dem OS (oberes Schichtpaket), gleiche Magerungs-Korngrössen; stets aber bleibt die feinere Magerung den Schalen vorbehalten, während die gröbste Magerung, sowohl im MS wie im OS, bei Töpfen verwendet wurde.

Betrachten wir die Magerungsintensität (effektive Magerung «Total» in Tab. 2) gruppiert nach den drei beschriebenen Magerungsarten und quantifiziert in Vol.-%, so ergibt sich die Abb. 6: Von den 62 rein silikatisch gemagerten Scherben der Cortaillod-

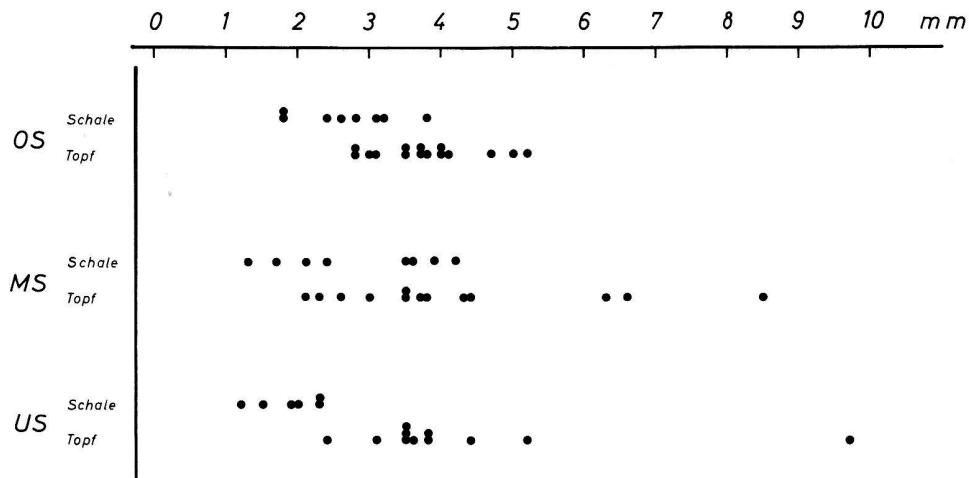


Abb. 5: Magerungskorngrößen bei Schalen und Töpfen (Cortaillod) in den Fundschichten (Messwerte aus Abb. 4). Die im US deutliche Trennung in feine Schalen- und grobe Topf-Magerung verwischt sich in den jüngeren Schichtpaketen etwas. Dennoch bleibt die feinere Magerung den Schalen vorbehalten, während sehr grobe Magerung nur bei Töpfen auftritt.

Keramik haben 33 (53.2%) Magerungsintensitäten zwischen 22 und 30 Vol.-%. Schwächer gemagert, nämlich mit 11-21 Vol.-%, sind 16 (25.8%) der Scherben und mit stärkerer Magerung als die Mittelgruppe, nämlich mit 31-50 Vol.-% sind 13 (21%) Scherben vertreten.

Die vergleichbaren Werte für die 58 Scherben vom Burgäschisee: Gesamtstreuung 8-35 Vol.-%. Die Hauptgruppe mit 46 (79.3%) Scherben liegt bei 15-27 Vol.-%, es liegen 8 (13.8%) Scherben darunter, höhere Werte haben 4 (6.9%). Am Burgäschisee wurde also generell weniger gemagert.

Bei den statistisch unterdotierten Horgener Scherben hebt sich dennoch ein Mittelfeld der silikatischen Magerungsintensität mit 11 Scherben ab, deren Magerung 20-30 Vol.-% beträgt. Nur ein Scherben ist stärker gemagert, fünf weitere dagegen sind schwächer gemagert als diese Gruppe. Die acht karbonatisch gemagerten Scherben gehören alle dem Cortaillod an. Ihre Magerung liegt bei 25-41 Vol.-%, ist also deutlich stärker als in der Cortaillod-Hauptgruppe.

Zur gemischten Magerung zählen 10 Scherben des Cortaillod, mit einer starken Streuung der Werte zwischen 11-51 Vol.-%. Die Horgener Keramik ist hier nur mit drei Scherben (18, 30 und 32 Vol.-%) vertreten. Gliedert man, analog zu Abb. 5, die Cortaillod-Keramik in Töpfe und Schalen, um sie bezüglich ihrer Magerung zu betrachten, so kommt man zu Abb. 7: Im US liegen die Magerungswerte für beide Gefäß-Typen beieinander (11-41 Vol.-%). Im MS sind Schalen (15-23 Vol.-%) eindeutig

schwächer gemagert als Töpfe (23-51 Vol.-%); im OS glaubt man die gleiche Relation zu erkennen: 16-43 Vol.-% für Schalen, 20-48 Vol.-% für Töpfe.

Fragt man sich, wie sich die Magerungsbeträge im Verlaufe der Besiedelung verhalten, so gibt Abb. 8 Auskunft: Im Cortaillod wird, verglichen mit den ältesten (US)-Proben, ein *Trend zu stärkerer Magerung* offenkundig.

Im Horgen erkennt man, zwar weniger deutlich infolge der geringen Probenzahl, die gleiche Tendenz. Im oberen Horgener Schichtpaket erreicht die Magerung aber nur 32 Vol.-%, während im jüngsten Cortaillod die stärkste Magerung 50 Vol.-% beträgt. Das Gefüge der untersuchten Scherben, d.h. die räumliche Anordnung der Magerungskörper in der Matrix, gehört überwiegend zum serialen Typ (Taf. 1,3; 2,3; 3,4-6); ab dem Silt/Feinsand sind alle Korngrößen bis zu einer oberen Grenze vertreten. Im Cortaillod gehören 63 Proben (78.8%) in diese Gruppe, im Horgen sind es deren 12 (60%).

Der hiatale Typ – relativ grobes Korn in feiner Matrix – tritt nur untergeordnet auf (Taf. 1,1.2; 2,2), analog zur etwa gleichaltrigen Keramik vom Burgäschisee (Nungässer u. Maggetti 1978).

### 3.3. Die Scherbengruppen

Die Keramik von Twann ist gekennzeichnet durch dreierlei Grundtypen des Matrixmaterials sowie drei Arten von Magerung. Die 100 untersuchten Scherben können deswegen wie folgt eingeteilt werden (in Klammern: die Horgener Proben):

Twann	Matrix	Magerung		
		silik.	carbon.	gemischt
		60(17)	-	1
		2	8	4(2)
	gemischt	1	-	4(1)

Zum Vergleich: Die Scherengruppe vom Burgäschisee (60 Scherben):

Burgäschisee	Matrix	Magerung		
		silik.	carbon.	gemischt
		58	-	-
		1	-	-
	gemischt	1	-	-

Man erkennt drei signifikante Kombinationen der Keramikgrundstoffe im Cortaillod (für die Horgen-Scherben bleibt die Probenzahl in dieser Darstellung ungenügend):

silikatische Matrix/silikatische Magerung = si/si,  
karbonatische Matrix/karbonatische Magerung = ka/ka,  
gemischte Matrix/gemischte Magerung = ge/ge.

Dies bedeutet, dass silikatischer Rohton und granitisches Gerölle bevorzugt benutzt wurden, weil sie reichlich zur Verfügung standen (s. Kap. 5.1.; Abb. 2). Ähnliches muss für die Gruppe ka/ka gelten; karbonatischer Mergelton und Fossilien wie Rhynchonella waren beide mühelos zugänglich (Abb. 3). Die Gruppe der gemischten Komponenten ge/ge ist klein und dazu noch recht inhomogen: Der i.a. dominierende Karbonatanteil der Matrix führt oft Siltkörnchen, Tonklümpchen, Kalkbröckchen, Fossilreste, Pisolithkörner, bildet schlierige Strukturen, wird beiderseits von Rissen dunkel verfärbt und kontrastiert durch diese Unreinheit und Inhomogenität mit den silikatisch fetten bis sandigen Matrixbildern der entsprechenden Dünnschliffe. Es handelt sich offenbar um Lehme, die der Verwitterung ausgesetzt waren und durch eingeschwemmte Fremdpartikel verunreinigt sind. Die Fragmente der Silikatmagerung sind hier auffällig und wirken milieufremd. Solche Scherben scheinen für die Bildung von Sekundärcalcit (s.o.) anfällig zu sein. Dagegen zeigt die vorgenannte Fossil- und Spatkeramik dieses Phänomen selten und dann nur schwach. Als echte ge/ge-Vertreter sehen wir die Nr. 7 und 45 an, die trotz autochthoner Fossilführung eine Silikatmagerung erhalten haben. Ein Spezialfall si/ge ist Nr. 75: In diesem normal silikatischen Scherben gibt es einige kleine Fossilbruchstücke und Karbonatklümpchen. Die übrigen Kombinationen bedürfen keiner speziellen Interpretation.

Bezeichnend ist dagegen das Fehlen der Kombination si/ka! Dadurch wird die Bedeutung der vorgenannten Hauptgruppen si/si und ka/ka noch hervorgehoben: *Rohmaterial zur Matrix und Magerung wurde entweder – und vor allem – aus silikatischen Vorkommen oder aus karbonatischen Aufschlüssen gewonnen*. Als Ausnahmen erscheinen die Scherben mit inhomogener Lehmmatrix.

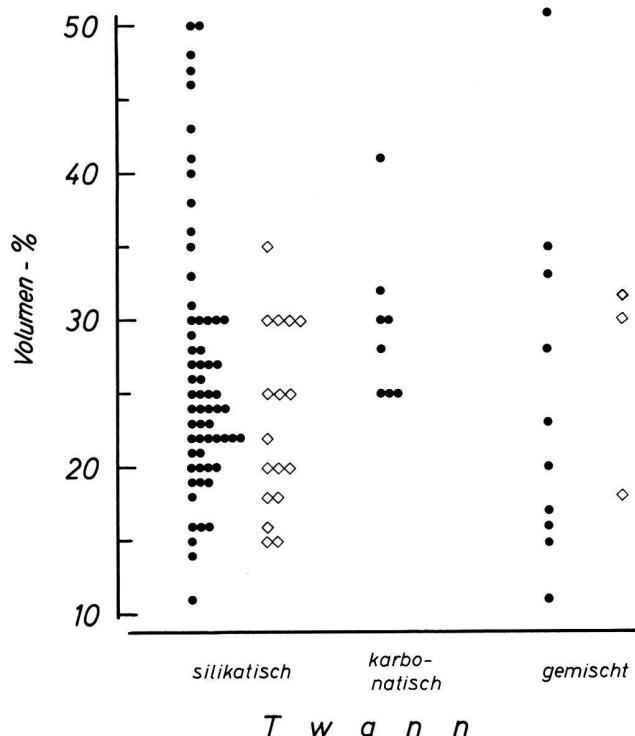


Abb. 6: Magerungsarten und Magerungsintensität im Scherben (● Cortaillod, ◇ Horgen). Am häufigsten wird mit 20–30 Vol-% gemagert, besonders deutlich bei der Silikat-Magerung beider Kulturepochen.

In der Sicht des Archäologen fällt die karbonatische Gruppe auf: Der prozentuale Anteil an der Gesamtkeramik ist gering; es gibt eindeutige Sonderformen darunter, und fossilgemagerte Stücke erscheinen sorgfältig geformt. Der Eindruck einer Sonderstellung dieser ka/ka-Gruppe wird jedoch dadurch gemildert, dass eben auch die üblichen Schalen und Töpfe in dieser Keramik hergestellt worden sind (Twann 10, 28).

#### 4. Röntgenographische und infrarotspektroskopische Untersuchungen

##### 4.1. Das Scherbenmaterial

Die röntgenographischen Analysen mittels Diffraktometrie (Tab. 8) lassen eine Unterteilung der Scherben, basierend auf dem Quarz/Calcit-Verhältnis, in folgende vier Gruppen zu:

- a) Scherben mit viel Quarz und sehr wenig Calcit  
Cortaillod: Nr. 2, 12, 15, 19, 21, 22, 24, 28, 38, 51, 62, 66, 68, 78  
Horgen: Nr. 96, 100, 108, 110-112

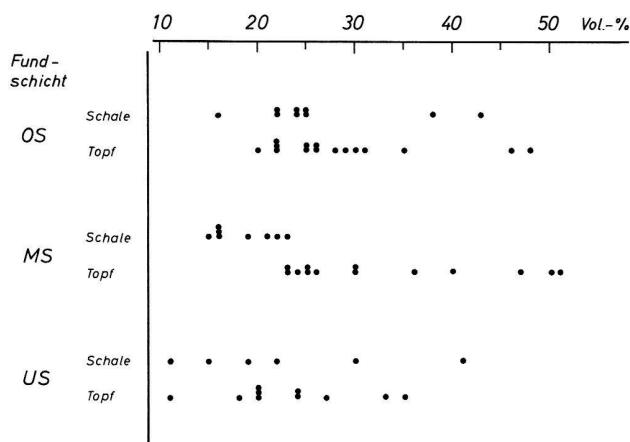


Abb. 7: Magerungs-Intensitäten bei Schalen und Töpfen (Cortaillod). Im ältesten und im jüngsten Schichtpaket besteht praktisch kein Unterschied, während im MS die Schalen eindeutig weniger gemagert werden als die Töpfe.

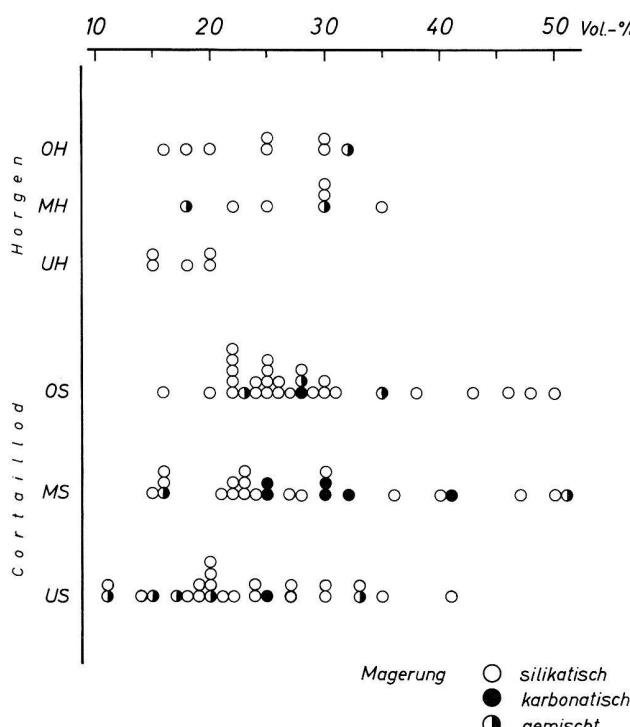


Abb. 8: Magerungs-Intensitäten im Verlaufe der Besiedelung: ein Trend zu stärkerer Magerung ist im Cortaillod offensichtlich, im Horgen ebenfalls erkennbar.

Diese Proben enthalten sehr viel Quarz, mässig Plagioklas und Kalifeldspat, immer Illit, oft Chlorit und Pyrit, seltener ein Mixed-Layer-Mineral und sehr selten Spinell und Amphibol. Calcit ist in geringen Mengen vorhanden (Abb. 10, Tw 2).

Die Höhe der Kalifeldspat-Interferenz bei  $d = 3.24 \text{ \AA}$  ist meistens geringer als diejenige der Plagioklas-Interferenz bei  $d = 3.18 \text{ \AA}$  – ein Zeichen, dass in den Scherben mehr Plagioklas als Kalifeldspat vorhanden ist. Vom Illit, der zur Modifikation 1M bzw. 1Md zu stellen ist, sind die Reflexe (001), (002), (020), (130) und (200) mehr oder weniger deutlich ausgeprägt, aber immer vorhanden. Nach den Intensitätsverhältnissen der beiden ersten Basisinterferenzen des Chlorites muss es sich in den meisten Fällen um einen Fe-Chlorit handeln. Es sei aber darauf hingewiesen, dass der Brand und die Bodenlagerung diese Verhältnisse verfälscht haben können und sie dann nicht mehr denjenigen der Ausgangsmineralien entsprechen. Beim Brennen auf  $550^\circ\text{C}$  verschwinden die Chloritreflexe, beim Nachbrand auf  $300^\circ\text{C}$  sind sie in einigen Scherben noch vorhanden, in anderen aber verschwunden. Der erhöhte Untergrund (Plateau) zwischen den (001)-Reflexen des Chlorites und Illites zeigt, dass hier ein Mixed-Layer-Tommineral vorliegt. Die Deutung der orientierten Aufnahmen ist nicht einfach durchzuführen. Im normalen Texturpräparat ist das erwähnte Plateau zwar gut zu erkennen, im glykolierten aber aufgelöst und zu undeutlichen Maxima zwischen  $5.6^\circ$   $2\theta$  verschoben (Abb. 10, Tw 2). Dieses Verhalten kann am besten dahingehend interpretiert werden, dass im Scherben nicht nur ein einziges, gut definiertes Mixed-Layer-Mineral vorliegt, sondern dass eine ganze Serie dieser Minerale mit wechselnden Anteilen von quellfähigen Schichten im Scherben vorhanden sind. Diese gehören zum grössten Teil der Gruppe der Illit/ Montmorillonit-Mixed-Layers. Der (110)-Peak des Quarzes zwischen  $36-37^\circ$   $2\theta$  ist in einigen Proben deutlich höher als der benachbarte (102)-Peak gleicher Intensität. Dies könnte durch die Koinzidenz mit einem schlecht ausgeprägten Mg-Fe-Spinell bedingt sein; doch sind die Verhältnisse nicht ganz eindeutig, da die Feldspäte und die Illite in diesem Bereich ebenfalls Interferenzen aufweisen. Nur muss man sich fragen, warum in anderen Proben mit demselben Gehalt an Feldspäten und Illiten dieser Quarzpeak nicht ebenfalls erhöht ist. Somit bleibt der Spinell-Nachweis mehr als fraglich.

In den Proben Nr. 62, 66 und 68 ist Calcit in erhöhten Gehalten anzutreffen und scheint hier durch sekundäre Prozesse in Rissen und Poren angereichert zu sein, wie dies durch das mikroskopische Bild bestätigt wird.

b) Scherben mit viel Quarz und mässig Calcit

### Cortaillod: Nr. 1, 17

Beide untersuchten Proben unterscheiden sich von der ersten Gruppe nur durch den erhöhten Calcitgehalt (Abb. 9, Tw 17; 10, Tw 17). Die mineralogische Zusammensetzung bleibt sich ähnlich. Das Plagioklas/Kalifeldspat-Verhältnis ist aber umgekehrt; doch reicht die geringe Probenmenge nicht aus, um diese Beobachtung als für eine Gruppe relevant zu erklären.

c) Scherben mit viel Quarz und viel Calcit

Cortaillod: Nr. 7, 18, 43, 44, 57

Diese Proben unterscheiden sich mineralogisch von den zwei ersten Mineralassoziationen durch einen reichen Gehalt an Quarz und Calcit, wechselnde Plagioklas/Kalifeldspat-Verhältnisse, sehr seltenen Chlorit und fast überall vorkommende Mixed-Layer (Abb. 9, Tw 7; 10, Tw 18).

Die genaue Natur desselben ist auch in orientierten und dekarbonatisierten Präparaten nicht zu ermessen, da sich keine definierten Peaks bzw. -Verschiebungen erkennen lassen.

#### d) Scherben mit wenig Quarz und viel Calcit

Cortaillod: Nr. 46, 47, 55, 60

In diesen Proben sind folgende Mineralien zu erkennen: dominierender Calcit, untergeordneter Quarz, Pyrit, Illit (Abb. 9, Tw 60). Chlorit fehlt in allen Proben! In dekarbonatisierten, orientierten Präparaten ist oft noch ein Mixed-Layer-Mineral schwer definierbarer Zusammensetzung (Illit/Chlorit?) nachzuweisen (Abb. 10, Tw 55).

Die *infrarot-spektroskopischen Analysen* wurden mit dem Ziele durchgeführt, eventuell vorhandenen Kaolinit in den Scherben nachzuweisen. Dass dies prinzipiell möglich ist, wurde bereits festgestellt (Maggetti 1979). In den untersuchten Stücken ist aber nie Kaolinit gefunden worden.

Wie sind nun diese vier röntgenographischen Scherbengruppen (a-d) zu interpretieren? Für diese Art der Analyse wird bekanntlich der gesamte Scherben gepulvert und man analysiert demnach Matrix und Magerung gemeinsam.

Somit können die vier röntgenographischen Gruppen den mikroskopisch gefundenen Gruppen wie folgt zugeordnet werden:

Röntgenographische Gruppe	Mikroskopische Gruppe	
	Matrix	Magerung
a	silik.	silik.
b	silik.	gemischt
c	carbon./gemischt	gemischt
d	carbon.	carbon.

#### 4.2. Der sogenannte Horgener Ofen

Diese vier Proben (Nr. 88-91) weisen, mit geringen Abweichungen, denselben Mineralbestand auf (Tab. 8): viel Quarz, viel Calcit, wenig Plagioklas, Kalifeldspat, Illit, Chlorit und Montmorillonit. Kalifeldspat ist immer in geringeren Mengen vorhanden als Plagioklas. In der Probe Nr. 88 fehlen Chlorit und Plagioklas.

#### 4.3. Die Rohtone

Nach der röntgenographischen Untersuchung sind die beprobten Tonarten – Hauterivien-Mergel und die Lehmlinsen aus den Siedlungshorizonten – auch mineralogisch völlig verschieden zusammengesetzt (Abb. 11-12, Tab. 8). Die *Mergelproben* Nr. 81-84 enthalten wenig Quarz, Illit, Montmorillonit, Hämatit, selten Chlorit, aber viel Calcit. Plagioklas und Kalifeldspat fehlen. Im Gegensatz dazu sind die *Lehmlinsen* Nr. 85-87 reich an Quarz, untergeordnet an Plagioklas, Kalifeldspat, Illit, Chlorit, Montmorillonit, Dolomit. Nur in einer Probe (Nr. 85) konnte

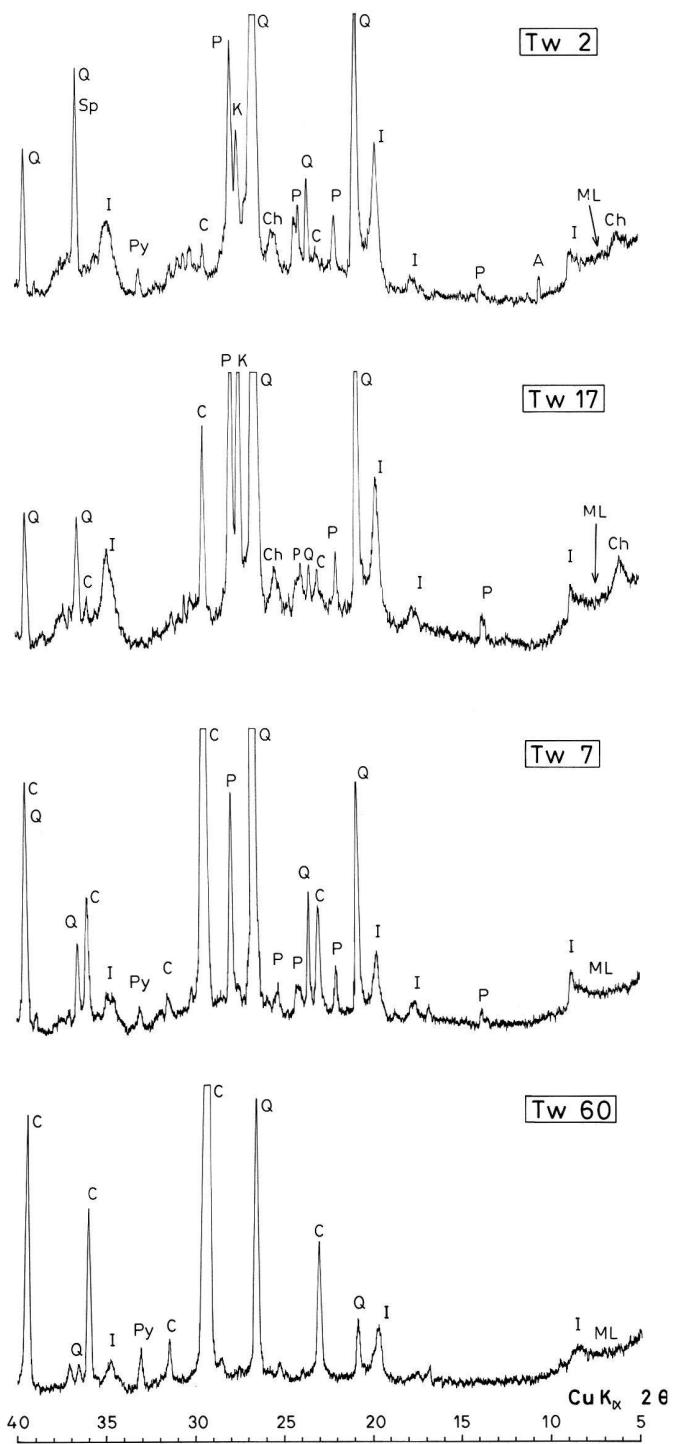


Abb. 9: Ausgewählte Röntgendiffraktogramme der vier Scherbengruppen von Twann. C = Calcit, CH = Chlorit, I = Illit, K = Kalifeldspat, ML = Mixed-layer, P = Plagioklas, Py = Pyrit, Q = Quarz, Sp = Spinel.

Gips nachgewiesen werden. Plagioklas ist immer in grösseren Mengen vorhanden als der Kalifeldspat. Die Lehmlinse Nr. 92 unterscheidet sich von den vorhergehenden durch die reiche Calcitführung und das Fehlen von Dolomit.

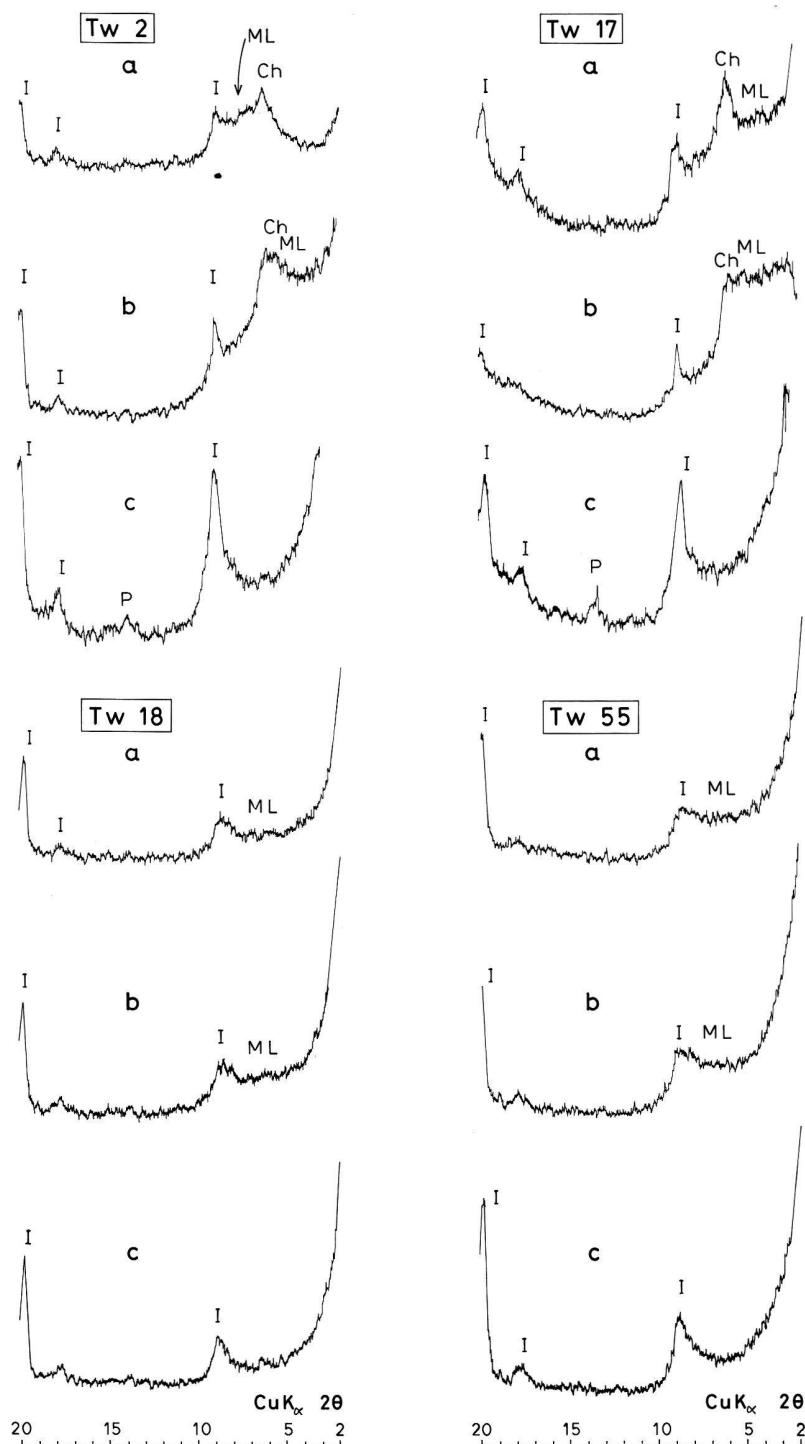


Abb. 10: Ausgewählte Texturpräparate der vier Scherbengruppen aus Twann, a = normales, lufttrockenes Präparat, b = glykoliertes Präparat ( $60^{\circ}\text{C}/24\text{h}$ ), c = gebranntes Präparat ( $550^{\circ}\text{C}/1\text{h}$ ). Ch = Chlorit, I = Illit, ML = Mixed-layer, P = Plagioklas.

#### 4.4. Vergleich der Rohtone mit den röntgenographischen Scherbengruppen

Die zwei Hauptrohstoffe (Mergel und Lehme) stimmen in ihrer röntgenographischen Zusammensetzung so gut mit den Scherbengruppen a) resp. d) überein, dass letztere wohl aus ersteren hergestellt

wurden. Abweichungen im Mineralbestand zwischen den Rohstoffen und den Scherben können zwangslos erklärt werden, sei es durch Brandreaktionen (z.B. Montmorillonitzersetzung, s. Kap. 5.4) sei es durch Mineralneubildungen während der Bodenlagerung (z.B. Pyritgehalt der Scherben, s. Kap. 6).

Die röntgenographische Scherbengruppe b) könnte einem mit wenig Calcit angereicherten Lehm zugeordnet werden, während für die Gruppe c) kein ungebranntes natürliches Analogon gefunden wurde. In Anlehnung an die mikroskopische Analyse ist wohl zu folgern, dass diese beiden mengenmäßig untergeordneten Scherbentypen am ehesten mit Hanglehmen in Verbindung gebracht werden können.

## 5. Zur Herstellung der Keramik

### 5.1. Die Herkunft der Rohtone

Die geologischen Verhältnisse bei Twann liefern grundlegende Informationen zum Phänomen der in Twann benutzten, verschiedenenartigen Keramikgrundstoffe (Abb. 13):

Das SW-NE verlaufende Nordufer des Bielersees wird von der südosteinfallenden Flanke eines langen Faltenzuges gebildet. Diese sog. Seeketten-Antiklinale besteht hier aus Kalken des höchsten Jura (Portlandien) und trägt stellenweise, so bei Ligerz und bei Twann, noch Teile der konkordanten Unterkreide-Bedeckung (Berriasien-Valanginien-Hauterivien). Der von Ligerz uferparallel verlaufende Hang biegt nördlich von Twann als Portlandkalkflanke etwas nach NNE aus, um einem Tälchen zwischen Twann und Gaicht Raum zu geben. Diese Vertiefung enthält als geologische Mulde (Chros-Synklinale) die genannten Schichten der Unterkreide eingefaltet, während seewärts folgend wiederum Portlandkalke einen Sekundärsattel, nämlich die Kapf-Antiklinale, bilden, deren Rücken zur Schlossflue hinaufzieht. Um das Südende dieser Struktur herum liegen die Unterkreideschichten und bilden seeseitig abtauchend das Ufer nach Nordosten.

Gerade am Südende dieser Spezialfaltung des Seekettenzuges bildete sich ein Schuttkegel, der über dem heutigen See-Niveau relativ schmal ist (150-200 m). Gewiss wurde er mit Erosionsmaterial der Chros-Synklinale, in besonderem Masse aber auch durch die Transportkraft des Twannbaches genährt. Dieser grub sich in der gleichnamigen Schlucht, quer zum Streichen des Sattels, seinen Weg zum See in die Portlandkalke und -dolomite (die solchermassen gut aufgeschlossen, als Twannbachformation in die Literatur eingingen) und mündet beim Südende der Ortschaft. Vom Schuttkegel hangaufwärts, etwa ab den Häusern des heutigen Twann und auf ca. 600 m Länge im Streichen, bedeckt eine würmzeitliche

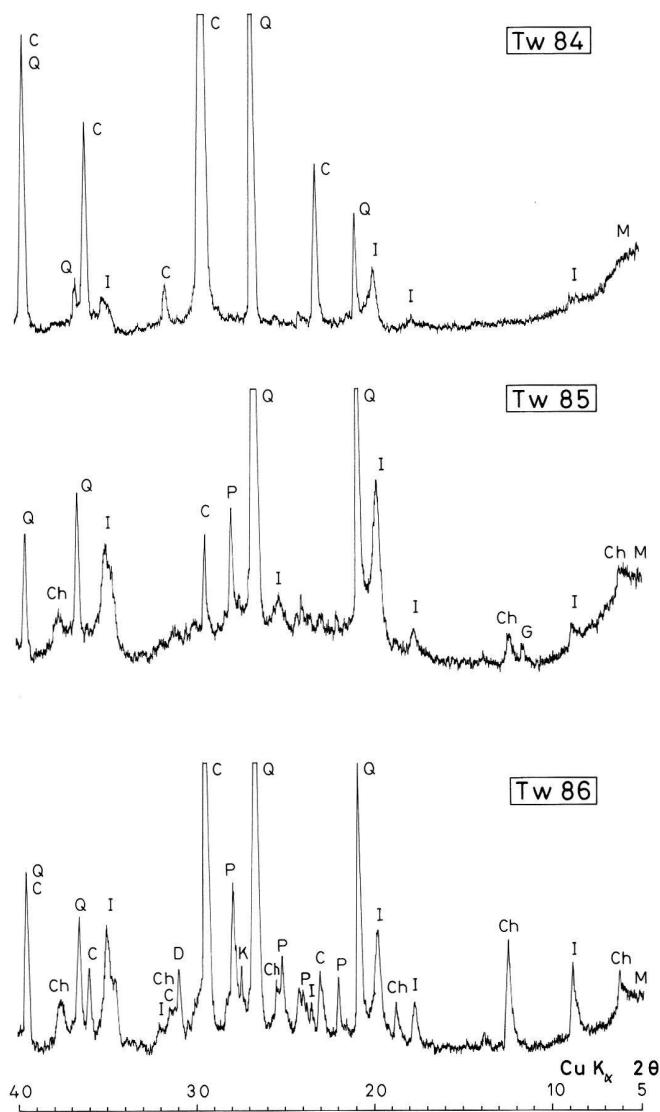


Abb. 11: Röntgendiffraktogramme der Rohtone aus der Umgebung und dem Cortaillod von Twann. TW 84 = Hauterivien-Mergel, Tw 85 und 86 = Lehmlinsen aus dem Cortaillod-Horizont. C = Calcit, Ch = Chlorit, D = Dolomit, G = Gips, I = Illit, M = Montmorillonit, P = Plagioklas, Q = Quarz.

*Grundmoräne* – Tone und Lehme mit Silt/Sand/Kies-Faktionen – die Kalke und Mergel der Unterkreide. Kleinere Vorkommen davon liegen auf dem nördlichen Schenkel der Chros-Mulde und auf dem Südende des Kapf-Sattels.

Am Ostausgang von Twann sind die höheren Schichten der Mergel und Knollenmergel des unteren Hauterivien, der jüngsten, hier aufgeschlossenen Unterkreide, zu beobachten; oberhalb der Uferstrasse, d.h. zum Liegenden, sind sie durch intensive Rebkultivierung, wie das gesamte übrige zugängliche Gelände um Twann, verschleiert. Tatsächlich sind die unteren, *dunkelgrauen Mergel* und die hangenden, *gelbbraunen Knollenmergel fossilreich* und führen u.a. Brachiopoden. Bei den von uns abgebil-

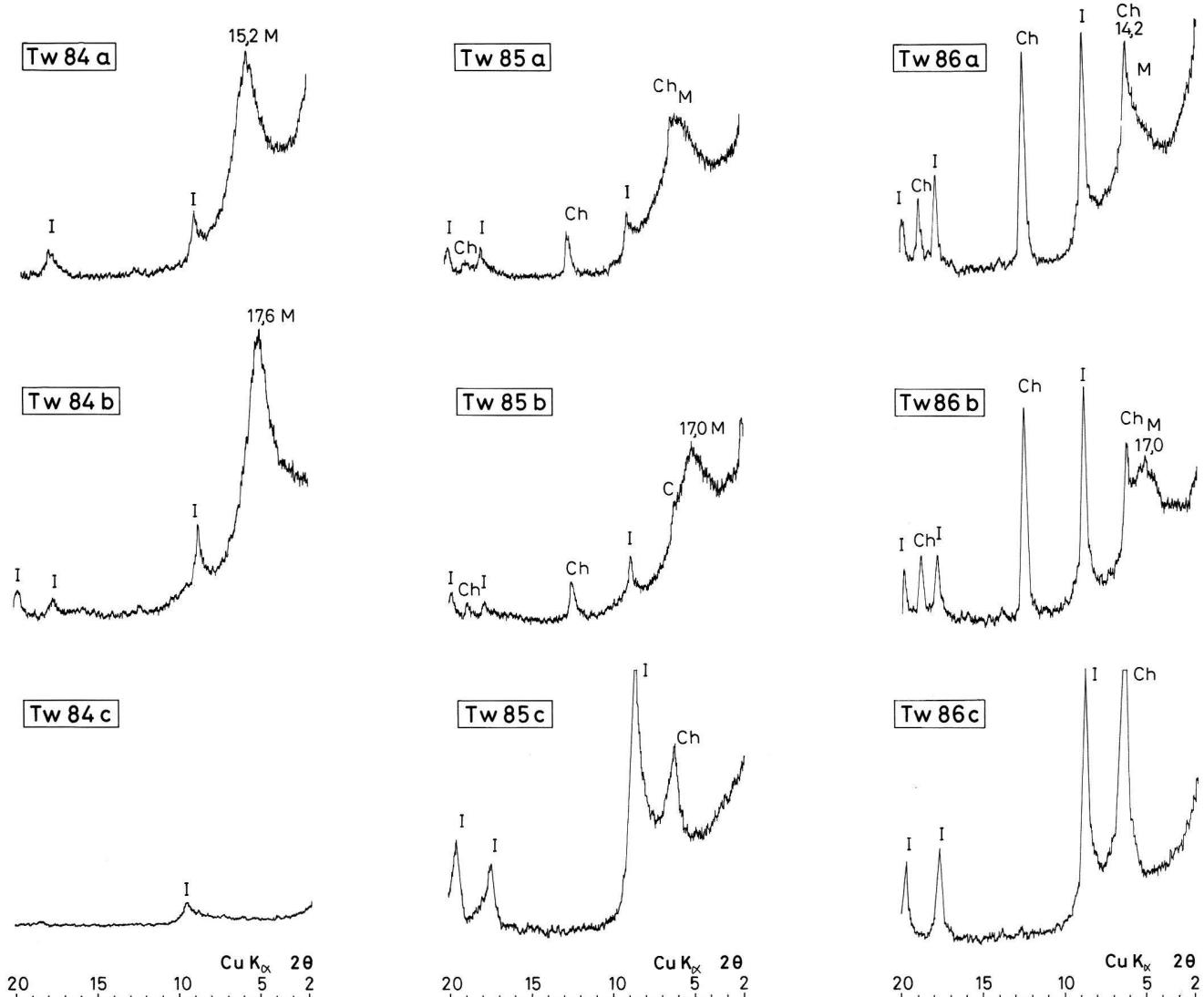


Abb. 12: Texturpräparate von drei Rohtonen. Erläuterungen wie in Abb. 11. Wichtige d-Werte in Ångström.

deten Exemplaren (Maggetti u. Nungässer 1981) dürfte es sich um Lamellaerhynchia Hauteriviensis BURRI handeln (Burri 1956).

Das silikatische Material, nämlich die Rohtone und die Geschiebe der Grundmoräne mit ihrem bedeutenden Anteil alpiner Kristallingesteine (Haefeli 1966) und die fossiliführenden Mergel des Hauterivien als karbonatisches Rohmaterial sind also in unmittelbarer Umgebung der neolithischen Siedlung von den Bewohnern gefunden und zur Herstellung ihrer Keramik verwendet worden.

## 5.2. Natürliche und künstliche Magerung

### 5.2.1. Die natürliche Magerung

Die silikatische Matrix der Twanner Keramik

enthält Silt und Feinsand, die uns zur Unterscheidung von drei Matrixtypen verhalfen (s. Kap. 3.2). Sowohl die Feinheit (0.01 bzw. 0.15 mm mittlere Korngrösse) als auch die Homogenität der beiden Kornfraktionen weist sie als synsedimentäre Bildungen innerhalb der Grundmoräne und damit als natürliche Magerung der Scherben von Twann aus. Es ist auch zu bezweifeln, dass die Siedler damals ein Bedürfnis oder gar technische Kenntnisse zur Isolierung solch feiner Kornfraktionen, als künstliche Magerung, gehabt hätten. Die Proben Nr. 38 (ovale Platte) und Nr. 63 (Schale) enthalten neben Silt (Tab. 3) überwiegend Fein- und Mittelsand ( $-0.6 \text{ mm}$ ) und ganz wenige, grössere Körner ( $-1.20 \text{ mm}$  bei Nr. 63). In beiden Dünnschliffen beobachtet man wenig Risse und Poren und diese bleiben meist recht fein.

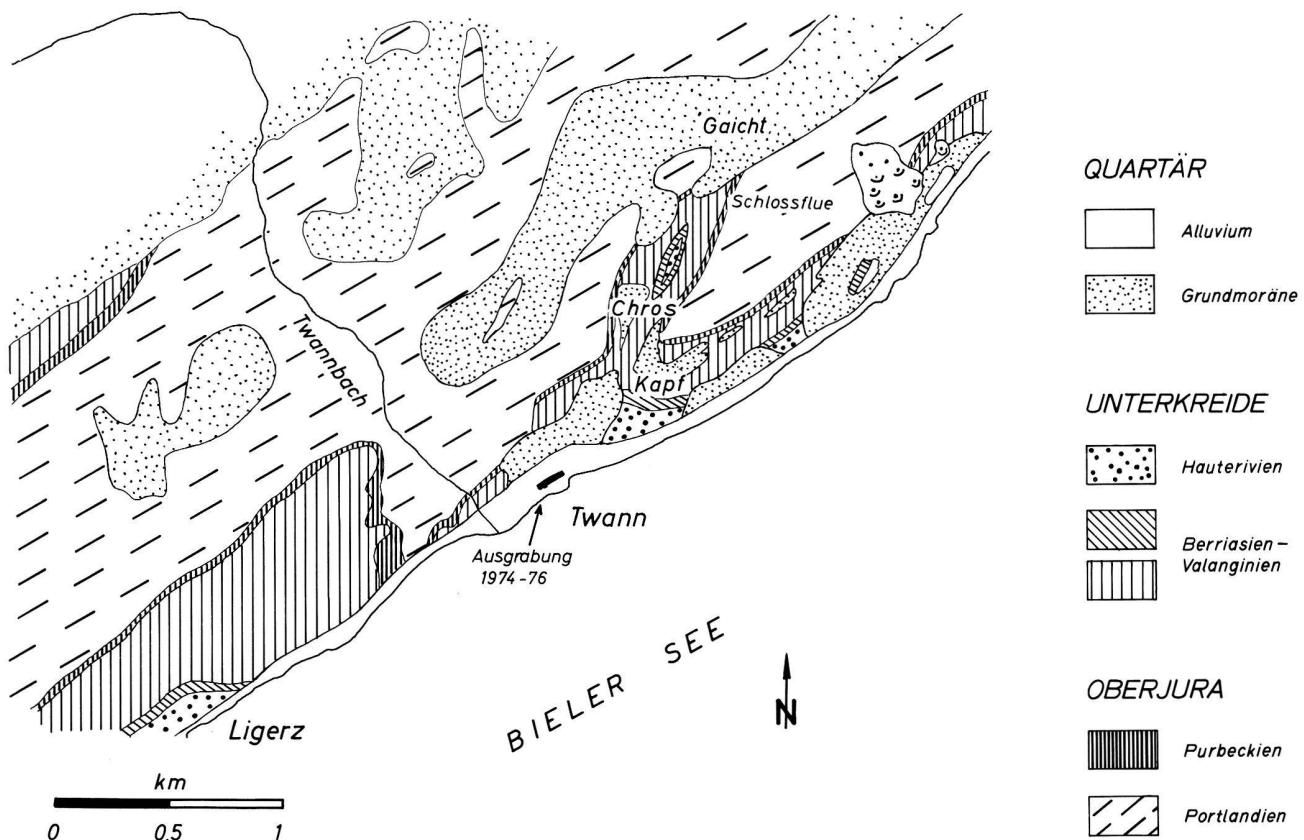


Abb. 13: Geologische Situation von Twann und Umgebung, vereinfachte Karte nach Geol. Atlas der Schweiz, 1:25 000, Blatt 1145 «Bieler See». Signaturen für Berriasien-Valanginien:

- Marnes d'Arzier, Calcaire roux
- Mergel- und Kalkzone, Marbre bâtarde

Das Rohmaterial der Keramik entstammt demjenigen Gelände um Twann, das, damals bis heute, kultiviert worden ist: dem Bereich der Grundmoräne und der Unterkreide-Mergel.

Die Analyse unserer Proben erlaubte uns den Schluss, dass zu den jüngeren Schichten hinauf die Tendenz besteht, Rohtone mit mehr Silt und/oder Feinsand zu verwenden (Tab. 3-6).

Betrachtet man die karbonatisch gemagerte Karbonatkeramik (ka/ka), so erweist es sich als schwierig, eine Unterscheidung zwischen matrixeigener Grobkomponente als natürlicher und beigefügter, künstlicher Magerung zu treffen. Bei Kenntnis der älteren, fossilführenden Hauterivemergel in der Umgebung von Twann wäre eine begründete Stellungnahme hierzu möglich; doch ist uns bei einer Begehung in dem intensiv bebauten Rebgebiet kein Aufschluss zu Gesicht gekommen. Dabei besteht, nach der Literatur, kein Zweifel am Fossil-Reichtum, haben doch die Twanner Aufschlüsse, unter anderen, reichlich Material zu ganzen Monographien geliefert (z.B. Baumberger 1903).

In den Dünnschliffen unserer ka/ka-Proben beobachten wir als Magerungskomponente fast ausschliesslich Reste von Molluskenschalen. Die

Bruchstücke zeigen, je nach der faserigen oder prismatischen Struktur der ehemaligen Schalen, faserigen Abriss bis scharfkantigen Bruch. Gerundete Ecken sind meist als Schalenränder erkennbar. Handelt es sich um Molluskenhartteile, die im bewegten Flachwasser zusammengeschwemmt, zerschlagen, aufgearbeitet wurden, also um Schill? Sowohl die frischen Bruchkonturen als auch das Sedimentationsmilieu der Unterkreidemergel sprechen dagegen.

Zwei Erklärungsmöglichkeiten bieten sich an: a) Die meist gut erhaltenen Rhynchonellen wurden zerstampft und der fetten Karbonatmatrix als künstliche Magerung zugefügt. b) Es wurde ein Mergelton mit darin eingebetteten, fossilen Brachiopoden verwendet. Hierbei konnten die Schalen durch Zerstampfen, Kneten und Walken zu Magerungsfragmenten zerbrochen werden. Diese Magerung müsste dann als eine natürliche bezeichnet werden.

Die Scherben dieser ka/ka-Keramik weisen im allgemeinen mehr Poren und auch Risse auf als die vorgenannten si/si-Scherben mit natürlicher Magerung. Die bereits erwähnten ge/ge-Proben Nr. 7 und 45 sind bezüglich ihres Fossil-Gehaltes ebenfalls als natürlich gemagert anzusehen.

### 5.2.2. Die künstliche Magerung

Alle nicht plastischen Bestandteile, die dem Rohton zugefügt werden, stellen die künstliche Magerung dar.

Diese Magerung wird von den Töpfern in Twann, wie auch anderen Orts, bevorzugt verwendet. Durch sie ist die karbonatische Hauptgruppe ka/ka charakterisiert, wenn man die soeben unter a) genannte Benutzung von fossilen Brachiopoden berücksichtigt. Besonders aber wurde künstliche Magerung in der wichtigsten Gruppe, den si/si-Scherben verwendet: 112 Proben (93.3%) sind mit Fragmenten alpiner Gesteine (ausschliesslich oder gemischt) gemagert. In einem Grundmoränenanschnitt bei Gaicht (1.6 km NE von Twann) fand Haefeli (1966) unter 250 Gerölle der Fraktion 4-16 cm, neben alpinen Sedimentgesteinen, folgende kristalline Arten: Gabbros, Smaragditgabbros, Amphibolite, Serpentine, Prasinite, Epidosite, Chloritglimmerschiefer, Chloritgneise, Quarzite und granitische Gesteine. In seiner Gesamt-Statistik (je 250 Gerölle bei Orvin, Lamboing und Gaicht) sind innerhalb der Gruppe aller alpinen Gesteine die granitischen Geschiebe mit nur 6% vertreten. Dieser Befund ist auffällig, haben doch die Siedler von Twann gerade diesen Ge steinstyp für ihre künstliche Magerung bevorzugt: wegen der leichten Zerlegbarkeit gegenüber anderen Gesteinen, wie wir annehmen (analoge Benutzung von Ophiolithen beschreiben Maggetti et al. 1982, bei bronzezeitlicher Keramik).

Gab es vor ca. 5700 Jahren mehr granitische Geschiebe bei Twann? Haefeli sieht die Ursache der geringen rezenten Häufigkeit in der Vergrusung, d.h. dem verwitterungsbedingten Zerfall der kleineren granitischen Individuen, während grössere, wie die erratischen Blöcke, heute noch sehr zahlreich erhalten sind.

Die in der Magerung beobachtete Kornform der Fragmente ist nicht homogen; grössere Körner können gewisse Rundungen aufweisen, doch die eckig-kantigen Formen sind häufiger. Bei kleineren Körnern überwiegt der scharfkantige Typ: Offenbar haben grössere Körner beim Zerstossen durch gegenseitiges Aneinanderreiben manche Bruchkante abgeschwächt, während kleinere Körner, in die Lücken zwischen grösseren Individuen rieselnd, ihre scharfkantige Form bewahren konnten. Die so entstehen-

den Fragmente aller Grössen erklären zwanglos das Überwiegen des serialen Gefügetyps (75%) gegenüber dem hiatalen Typ (s. Kap. 3.2.2.b).

### 5.3. Die Formgebung

Hinweise auf die Art der Verarbeitung des gemagerten Rohtones ergeben sich aus dem Studium unserer Proben nur wenige. Denkt man z.B. an Indizien zur Wulsttechnik, so sind Informationen nur von Dünnschliffen zu erwarten, deren Ebene nicht nur senkrecht zur Gefässwand, sondern auch  $\pm$  senkrecht zur Wulstachse liegt. Unsere Schlitze erfüllen diese Bedingung nur zufällig, wenn die Orientierung der Scherben (z.B. zur Gefässachse) unbekannt ist. In Nr. 11 (Taf. 3,4) läuft quer zum Scherbendurchmesser ein gekrümmter Riss, dem sich von der konvexen Seite wandparallele Risschen anschmiegen. Die Fluidaltextur der Tonminerale folgt diesem Verlauf; demnach handelt es sich um einen ungenügend verstrichenen Wulstrand. In Nr. 17 (Taf. 3,5) glaubt man sogar, zwei solcher Wulststrukturen anhand der Rissysteme zu erkennen; die Wulsthöhe (Scheitel-Scheitel) beträgt ca. 14 mm. In Nr. 65 (Taf. 3,6) ist durch den Dünnschliff der Wulst im Schrägschnitt getroffen, so dass er sich keulenförmig durch die Risse abbildet.

### 5.4. Der Brand

Viele Scherben sind im Bruch durchgehend grau bis schwarz gefärbt, doch gibt es auch solche, die nur auf den Aussenflächen oder im Aussen- wie auch im Innenbereich heller (beige, hellbraun bis rötlich) gefärbt sind (Twann 10, 27). Derartige, zonierte Farbanordnungen (dunkler Kern, helle Aussenbereiche) sind bei der reduzierend gebrannten Keramik normal, und man nennt diese dunklen Kerne auch Reduktionskerne. Das farbgebende *Schwarzpigment* ist nicht Pyrit, sondern eindeutig Kohlenstoff, denn bei kontrolliertem Nachbrennen in oxidierender Atmosphäre bei 300°C werden alle dunklen Scherben hellbeige. Somit sind diese Proben in einer reduzierenden Atmosphäre gebrannt worden, in der der Kohlenstoff beständig war. Inwieweit er sich aus dem Zersatz von schon im Ton befindlichem, organischem Material (Torf usw.) gebildet hat oder ob er sich erst beim Brand als Rauchpartikel in den Poren und der Oberfläche der Scherben festsetzte, kann nicht eruiert werden.

Die Bildung von Reduktionskernen ist auf verschiedene Weise – im Primär- oder Sekundärbrand – möglich. Entweder wurde zuerst reduzierend ge-

brannt und beim Abkühlen konnte Sauerstoff in die äusseren Bereiche der Keramik eindringen und den Kohlenstoff dort ausbrennen (Primärbrand); oder das Material wurde nach der Herstellung wieder höher temperierten, oxidierenden Bedingungen unterworfen, die ein oberflächennahes Ausbrennen des Kohlenstoffes ermöglichten. Dies kann beispielsweise durch den Gebrauch als Kochtopf oder durch einen Siedlungsbrand (Twann 10, 27f.) geschehen. Ein Herauslösen des Kohlenstoffes während der Bodenlagerung – durch Reaktion mit Luft und Wasser allein, ohne sekundären Brand (Twann 10, 28) – ist wohl unwahrscheinlich, da zum einen die Bedingungen reduzierend waren (Pyritneubildung) und zum anderen nur wenige Scherben eine gleichartig starke Reoxidation auf der Innen- wie auf der Aussenseite aufweisen; dies müsste man aber erwarten, da die Kräfte ja beidseitig einwirkten.

In welchen Temperaturbereichen wurde nun die Keramik erbrannt? In keinem der calcithaltigen Scherben haben wir Kalksilikatminerale angetroffen; laut Letsch (1982) und Noll (1982) sind somit Temperaturen von 850°C im reduzierenden Brand nicht überschritten worden. Dies passt auch gut mit dem Nachweis von primärem Calcit in den Scherben überein, dessen Zersetzung nach Letsch (1982) zwischen 800-850°C abgeschlossen ist. Dolomit wird im oxidierenden Brand bei ca. 50-100°C niedrigeren Temperaturen als der Calcit abgebaut (Peters u. Jenni 1973). Das Fehlen von Dolomit in den Scherben, verglichen mit dem Vorkommen von Dolomit in den potentiellen Rohstoffen, den Lehmen, könnte also mit maximalen Brenntemperaturen von ca. 750°C erklärt werden. Natürlich ist aber nicht auszuschliessen, dass die Rohstoffe keinen Dolomit enthielten, wie dies z.B. die Lehmprobe Nr. 92 demonstriert! Vorsicht ist also am Platz. Einen sichereren Hinweis auf die erreichten Maximaltemperaturen gibt der primäre Chlorit. Unsere in oxidierender Atmosphäre durchgeführten Nachbrände der silikatischen Rohtone (Lehme) zeigen, dass dieses Mineral zwischen 650-700°C verschwindet. Da nun im Reduktionsbrand das Tonmineral Illit bei ca. 100°C niedrigeren Temperaturen verschwindet als beim Oxidationsbrand (Letsch 1982, Noll 1982) ist anzunehmen, dass dies auch für das Tonmineral Chlorit gilt, womit eine obere Brenntemperatur von 550-600°C gegeben wäre.

Erstaunlicherweise verschwindet der Chlorit der Scherben, wenn diese oxidierend nachgebrannt werden, schon bei 550°C (Abb. 12). In einigen Proben ist er bei 300°C weg! Wir schliessen daraus, dass der in den Scherben vorhandene Chlorit nicht primärer Bildung, sondern ein sekundärer Chlorit ist,

der sich in der Bodenlagerungsphase retrograd aus den im Primärbrand zerstörten Tonmineralien gebildet hat. Dieser wäre aufgrund seiner schlechten Kristallstruktur und seiner Feinkörnigkeit weniger temperaturresistent als der primäre Chlorit der Rohtone.

Die untere Temperaturlimite ist nicht genau zu definieren. Der Montmorillonit der Rohtone ist bei 300°C weg, die Mixed-Layers der Scherben verschwinden zwischen 300-550°C. Eine untere Temperaturlimite von 400-500°C scheint aber durchaus plausibel zu sein (Nungässer u. Maggetti 1978, Van Diest 1981). Zudem deuten die Thermolumineszenzmessungen (Groegler, mündl. Mitteilung) darauf hin, dass Temperaturen von 500°C überschritten wurden.

Zusammenfassend werden sich die Brenntemperaturen wohl im Bereich von 400/500-550/600°C bewegen haben, wobei – gestützt auf das Verhalten des Chlorites der Rohtone – eher der obere Bereich von 550-600°C in Frage käme.

Für die teilweise gleichaltrige Keramik des Burgäschisees haben wir deutlich niedrigere Temperaturen angenommen (450-500°C, Nungässer u. Maggetti 1978). Die hier postulierten Temperaturen stimmen aber gut mit denjenigen der urnenfelderzeitlichen Keramiken des Elchinger Kreuzes (550-600°C, Maggetti 1979), der hallstattzeitlichen Keramiken von Châtillon-sur-Glâne und der Heuneburg (600-650°C, Maggetti u. Schwab 1982, Noll 1982) sowie der bronzezeitlichen Melauner Keramik (550-650°C, Maggetti et al. 1982) überein. Solche Temperaturen können im Herdfeuer durchaus erreicht werden.

Die vier Proben des sogenannten Horgener Ofens entsprechen in ihrer röntgenographischen Zusammensetzung dem Scherbentyp c) (Kap. 4). In den Scherben fehlt aber oft Chlorit. Ein weiterer wichtiger Unterschied ist durch die Präsenz verschiedenartiger quellfähiger Tonminerale gegeben; in den Scherben handelt es sich durchwegs um Mixed-Layer-Tonminerale, in den Proben des «Ofens» um einen hundertprozentigen Montmorillonit. Nun wurde in der ganzen röntgenographischen Analyse dieses Mineral nur in den Rohtonen und nie in den Scherben angetroffen, das Mixed-Layer-Mineral wiederum nur in den Scherben und nie in den Rohtonen! Man könnte demnach den Schluss ziehen, dass es sich bei diesen Stücken gar nicht um Fragmente eines Ofens handelt, sondern um ganz normale Lehmlinsen. Damit sei aber die erste Hypothese nicht ganz verworfen, denn sekundärer Montmorillonit ist sehr wohl in bei 600-650°C gebrannten Scherben nachzuweisen (Maggetti u. Schwab 1982),

und es ist ausserdem wohl möglich, dass wir zufälligerweise die äussersten, hitzeabgewandten Bereiche der Ofenkonstruktion beprobt haben.

### 5.5. Der Schlickbewurf

Unsere Beobachtungsmethodik hat hierzu leider keine Information geliefert.

## 6. Sekundäre Überprägung des Scherbenmaterials

Schwach gebrannte Scherben sind in der Bodenlagerungsphase instabil und reagieren mit den zirkulierenden Bodenlösungen. Dabei kommt es zu Auslaugungs- und Zementationsprozessen, zur Neu- und Umbildung sowie zum Abbau bestehender Minerale (Maggetti 1982). Mit dem mineralogischen Aspekt dieser Vorgänge befassten sich in letzter Zeit einige Autoren (Courtois 1973, Nungässer u. Maggetti 1978, Enriquez et al. 1979, Maggetti u. Schwab 1982, Zaun 1982). Eindeutig sekundärer Genese sind in unseren Proben die in den Poren anzutreffenden Calcit- und Pyritkörper, wobei Pyrit auf reduzierende Bedingungen hinweist, die in den mit organischem Abfall reich «gedüngten» und nach oben durch Seekreide gut abgedichteten Fundschichten sicher herrschten.

So kann diese Seekreide als karbonatisches Milieu auch für eine Reihe karbonatischer Scherben die Ursache des guten Erhaltungszustandes sein. Dies könnte zu dem in Kap. 3.3 erwähnten Eindruck einer Sonderstellung dieser Gruppe beigetragen haben. Wir müssen also den Herstellern dieser Karbonatkeramik keine «Sonderabsichten» unterstellen.

Von der Gruppe der Tonminerale gehören die beim Nachbrennen zwischen 300-550°C (also unterhalb der postulierten Brenn-Temperatur) verschwindenden Mixed-Layers und eventuell ein Grossteil der Chlorite (Kap. 4) auch zu diesen Neubildungen.

## 7. Herkunft der Keramik

Für den mineralogisch-petrographischen Bearbeiter der Proben von Twann steht ein Phänomen im Vordergrund: Die Keramik von Twann wurde während Jahrhunderten aus zwei mineralogisch-petrographisch verschiedenen Rohstoff-Bereichen gewonnen, und sie wurde bei Temperaturen von höchstens 600°C erbrannt.

Als Grundtypen nannten wir die si/si- und ka-

ka-Keramik und haben ihre Herkunft aus den silikatischen Tonen und Geschieben der Grundmoränenbedeckung bei Twann sowie aus den weichen, fossilreichen Unterkreide-Mergeln des Hauterivien aufgezeigt. Einige Mischformen kommen dazu, worunter das Rohmaterial der inhomogenen Matrix als Hanglehm zu deuten ist, der je nach den Aufschlussverhältnissen mehr silikatischen oder karbonatischen Charakter hat und mit eingeschwemmten Partikeln verschiedener Art durchsetzt sein kann.

Die Vielfalt des Rohmaterials aufgrund der geologischen Situation um Twann steht im Kontrast zur Situation am Burgäschisee, wo die Hersteller der etwa gleichaltrigen Keramik die weitverbreitete Grundmoräne, Schotter und Seekreide zur Verfügung hatten (Nungässer u. Maggetti 1978). Weshalb aber wurden im neolithischen Twann generationenlang fette und später vermehrt auch magere, silikatische Rohtone und Lehme, dazu anfangs schwächere, später stärkere Silikatmagerung einerseits, aber auch fette Mergeltone mit Fossilien darin, karbonatische Lehme mit Fossildetritus und noch Silikatmagerung dazu, nebeneinander verwendet?

Wieso kam man, bei den frappanten Qualitätsunterschieden der Scherben (Porosität/Rissbildung; geringe Feuerfestigkeit der Karbonatscherben z.B.) nicht zwangsläufig zur Suche nach dem optimalen Rohmaterial? Unsere Analysen lassen wohl einen Trend zu mageren Rohtonen und intensiverer Magerung, also bescheidene Schritte zur Verbesserung der Scherben, erkennen. Aber man blieb bei der Verwendung recht verschiedenwertiger Grundstoffe. Waren die Hersteller etwa gezwungen, bestimmtes Material zu verwenden?

Die Inhomogenität der Twanner Keramik schliesst nach unseren Beobachtungen mit Sicherheit die Existenz eines Produktionszentrums aus: Demnach sind die Hersteller in den einzelnen Wohngemeinschaften zu suchen, in denen der haus eigene Bedarf geformt, gebrannt und benutzt worden ist. Die vergleichsweise niedrigen Brenntemperaturen konnten im offenen Feuer ohne Mühe unterhalten werden. Die Frage nach dem Grund zur Verwendung des unterschiedlichen Rohmaterials ist ohne Schwierigkeit zu beantworten, wenn wir der neolithischen Siedlergemeinschaft von Twann geregelte Grundbesitzverhältnisse zugestehen: Das Rohmaterial der selbstgemachten Töpfe, Flaschen, Schalen, Becher, Löffel u.a. wurde dem familien- oder claneigenen (Acker-)Land entnommen. Unser Scherbengruppenschema (Kap. 3.3) in Verbindung mit der geologischen Situation (Abb. 13) liefert dazu Argumente: Die um Twann herum zum Anbau geeignete Ackerflur liegt auf der Grundmoräne oder

auf Unterkreide, speziell den Mergeln des Hauterivien; entsprechende Hanglehmbildungen sind bei der Neigung des Geländes zu erwarten.

Dem Überwiegen der Grundmoräne an nutzbarem Ackerland entspricht der hohe Anteil an Silikatkeramik; der flächenmäßig kleine Bereich der Hauterivienmergel zeigt sich analog in der bescheidenen Gruppe der rein karbonatischen Scherben.

Gewisse Zweifel an der lokalen Herstellung bestehen für die Scherben Nr. 51 und 99, aus dem mittleren Cortaillod und dem mittleren Horgen: Ein wesentlicher Teil der Silikatmagerung besteht aus feinkörnigem Quarzit, den wir als Pflasterquarzkörnchen beschrieben haben. Er enthält viel Hellglimmer, auch Stilpnomen, Hornblende und Epidot. Nun sind, wie wir sahen, Quarzite durchaus unter den glazialen Geschieben vertreten (Kap. 5.2.2), so dass lokale Fertigung nach diesem Befund anzunehmen ist.

Die meisten karbonathaltigen Scherben von Twann sind mit Fossilien gemagert. Die beiden Proben Nr. 57 und 58 hingegen haben aber eine deutlich abweichende karbonatische Magerung in Form von künstlich zerkleinerten Kalzitbruchstücken (Spatmagerung). Diese spezielle Natur der Nr. 57 wurde auch in Twann 20, 57 erkannt und eine mögliche Herkunft aus der Freigrafschaft Burgund postuliert. Die für Twann abweichende Magerung beider Stücke könnte wirklich auf einen Import hinweisen, doch müssten die Proben eher von der West-Seite der Saône-Ebene stammen, denn in der Freigrafschaft ist kein Granit anstehend noch als Lockermaterial vorhanden.

Der differenzierten, geologischen Situation bei Twann verdanken wir also folgende Untersuchungsergebnisse:

- 1) Das mineralogisch-chemisch verschiedene Rohmaterial der neolithischen Keramik von Twann entstammt verschiedenen Stellen der unmittelbaren Umgebung des Dorfes.
- 2) Die Inhomogenität dieser lokal gefertigten Keramik muss als Ergebnis einer dezentralisierten Herstellung angesehen werden.
- 3) Das Fehlen einer zentralen «Tongrube» und Produktionsstätte bedeutet, dass die Wohngemeinschaften/Familien der Siedler ihren Bedarf selber deckten.
- 4) Das Rohmaterial dazu wurde dem eigenen Ackerland entnommen, so dass der überwiegende Anteil der Grundmoräne gegenüber dem karbonatischen Bereich der Unterkreidemergel sich im Verhältnis der silikatischen Scherben zu den aus dem Karbonatmaterial hergestellten wiederfindet.

## 8. Archäologische Diskussion

Versuchen wir zuerst die durchschnittliche Ware zu definieren. Von blossem Auge hielten wir die silikatische Magerung im Cortaillod für die vorherrschende und im Horgen für die ausschliessliche Magerungsart der Twanner Keramik. Entsprechend haben wir die Proben der normalen Keramik ausgewählt. Es sind dies die Nr. 1-36, 61-80, 94-96, 100, 102-112 (total 71 Proben). Die Untersuchung dieser Proben hat aber gezeigt, dass sich unter der silikatischen Magerung noch in 26 Fällen karbonatische Anteile versteckten. Auch die allgemeine Meinung, im Horgen gäbe es keine Fossilmagerung, erwies sich als falsch, da die Probe Nr. 98, die wir immerhin zu den Spezialitäten gezählt haben, zu 20% (2/3 der Magerung) Fossilien enthielt (Tab. 2). Die normale Keramik von Twann, die nach unserer Schätzung 90-95% ausmacht (Twann 10, 28) ist folgendermassen charakterisiert (Tab. 9):

Die Matrix ist zum grössten Teil rein silikatisch (86%), nur in wenigen Fällen ist sie mit karbonatischem Anteil gemischt (10%) und selten (4%) tritt rein karbonatische Matrix auf. Für die Matrix wurde in der Hälfte der Fälle ein fetter Ton verwendet. Zur anderen Hälfte wurde ein zu 5-15% mit Silt und Feinsand verunreinigter Ton verwendet. Es scheint, dass keine besondere Sorgfalt bei der Auslese und Aufbereitung des Tons angewandt wurde, worauf auch schamottartige Komponenten in der Matrix der Proben Nr. 18, 28, 62, 112 hindeuten.

Die Magerung macht bei der durchschnittlichen Twanner Keramik etwa ein Viertel des Scherbenvolumens aus. Zum grössten Teil ist sie hauptsächlich silikatischer Natur (85%) und zum kleinen Teil ist sie silikatisch und karbonatisch gemischt (15%). Rein karbonatische Magerung kommt nicht vor, sie ist einer speziellen Keramik (mit Fossilmagerung) vorbehalten, die bis zu 5% in Twann ausmachen kann (Twann 10, 28). Die durchschnittliche Grösse des grössten Magerungskorens von 3.7 mm weist auf eine grobe Magerung hin. Die Magerungskörper sind meistens in jeglicher Grösse vorhanden (serials Gefüge), nur 28% der Scherben haben Körper von einheitlicherer Grösse (hiatales Gefüge). Das Überwiegen des serialen Gefüges und bei 37% der Scherben die Beimengung oder Verunreinigung durch karbonatische Magerungskörper zeigt an, dass auch bei der Magerung mit wenig Sorgfalt und System vorgegangen wurde.

Der beigefügte Magerungssand bestand bei 55% der Fälle hauptsächlich aus Granit, bei 42% hauptsächlich aus metamorphem Gestein und nur bei 3% aus Fossilien oder Kalkspaten. Granit und meta-

morphes Gestein schliessen sich fast hunderprozentig aus (Ausnahmen: Nr. 8, 23, 107), was doch auf bewusstere Auslese zurückzuführen sein könnte.

Mit 71 Scherben haben wir natürlich eine etwas kleine Menge, um noch Entwicklungstendenzen in den Materialeigenschaften eindeutig erkennen zu können, was gerade bei so wenig sorgfältig aufbereiteter Keramik wie der neolithischen von Twann ins Gewicht fällt. Trotzdem wollen wir es versuchen.

Am klarsten scheinen mir die Tendenzen beim Anteil der Scherben mit Granit- und mit metamorphen Magerungskörnern. Scherben, die hauptsächlich mit Granit gemagert sind, nehmen von US (73%) über MS (60%) und OS (56%) zum Horgen (8%) kontinuierlich ab. Und solche mit metamorpher Magerung nehmen fast genauso kontinuierlich zu: US 25%, MS 25%, OS 44%, MH und OH 92%. Bei andern Werten sind zwar erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Schichtpaketen vorhanden, aber klare Tendenzen sind nicht auszumachen. Man muss sich dabei immer vor Augen halten, dass wir mit Komplexgrössen von nur 12-24 Scherben arbeiten. Ich möchte hier aber doch auf einige Punkte etwas näher eingehen:

1. Die silikatische Matrix ist im US am schwächsten vertreten. Da die Zusatzproben des US (Nr. 61-80) aber viel undifferenzierter ausgelesen worden sind und die als Schalen bestimmbaren 17 Stück die höheren Werte von MS bis OH bestätigen, ist diesem Umstand kein Gewicht zuzumessen.
2. Die fette Matrix ist zwar im US am höchsten, aber mit 50% auch im OS noch recht gut vertreten. Umgekehrt kommt aber die magere Matrix in den Proben des US gar nicht vor, sie hält sich dann vom MS bis OH zwischen 16 und 19%.
3. Die Magerungsintensität nimmt von 23% im US auf 31% im OS zu, geht aber im Horgen auf 26% zurück. Die Unterschiede sind zu gering, als dass ich hier eine Tendenz herauslesen möchte.
4. Das grösste Magerungskorn bleibt im Cortaillod recht konstant (3.2-3.5 mm), wovon sich dann Horgen mit 5.5 mm eindeutig abhebt, wie wir es erwartet haben.
5. Die silikatische Magerung tritt wie die silikatische Matrix im US am wenigsten häufig auf, diesmal wird dies aber durch die Schalen und Töpfe bestätigt. Vielleicht ist daraus abzulesen, dass nach US die Magerung etwas sauberer ausgewählt worden ist.

Zu einigen Punkten haben sich A. R. Furger und ich in den archäologischen Publikationen der Keramik geäussert (Twann 1, 30; 10, 27f.; 13, 12f.):

Zu 2.: In Twann 1,30 und 10,27 habe ich im Zusammenhang mit der Glättung auf das Vorhanden-

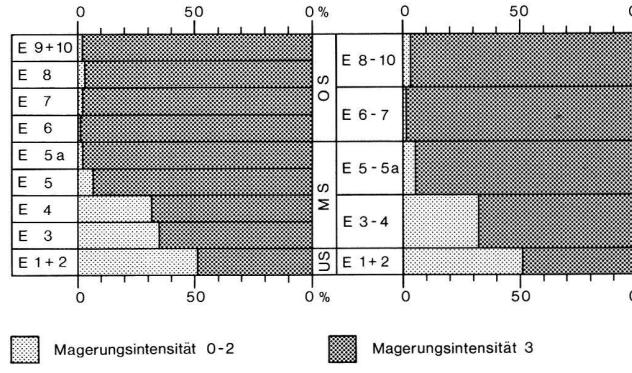


Abb. 14: Magerungsintensität der Cortaillod-Keramik von Twann. 0 keine Magerung sichtbar, 1 Magerung spärlich, 2 Magerung mässig, 3 Magerung stark.

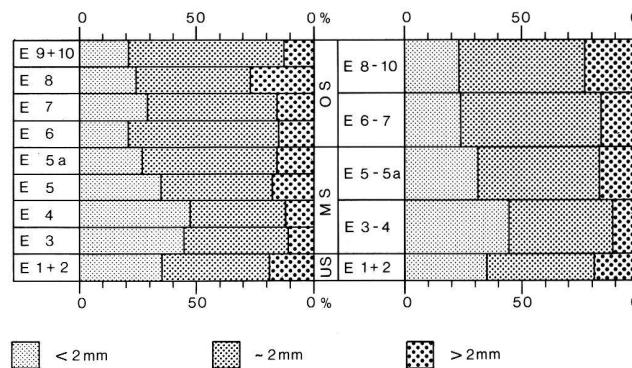


Abb. 15: Körngrösse der Magerung in der Cortaillod-Keramik von Twann. (Es ist der Hauptanteil der Magerungskörper und nicht das grösste Magerungskorn beurteilt worden.)

sein von sandigem Ton im OS hingewiesen. Der sandige Ton entspricht der mageren Matrix der mikroskopischen Untersuchung, bei der aber die magere Matrix schon ab Ensemble 3 aufgetreten ist. Ich glaube, dass diese Untersuchung von Auge recht gut durchgeführt werden könnte, wenn man entsprechende Referenzscherben zur Verfügung hätte.

Zu 3.: Die Magerungsintensität wurde von uns makroskopisch nach einem 4-Punkte-System bewertet (Twann 13,12f.). Die Aufnahme der Horgener Keramik ist schon publiziert (Twann 13,13, Abb. 4. Die Magerungsintensitäten 0-2 sind als «fetter Ton» zusammengefasst), jene der Cortaillod-Keramik der Abschnitte 6 und 7 ist auf Abb. 14 wiedergegeben. Die Zunahme der Magerungsintensität von US bis OS ist auch im 4-Punkte-System erkennbar, nur wirkt sie sich viel stärker aus, da dieses nicht linear ist wie die Volumenprozente der mikroskopischen Untersuchung. Im Horgen (MH und OH) bleibt aber nach der makroskopischen Beurteilung die Magerungsintensität etwa auf der Höhe des OS, während sie bei den Volumenprozenten abfällt. Dabei kann natürlich eine Rolle spielen, dass die Cortaillod- und die Horgener Keramik von verschiedenen Leuten bearbeitet wurde.

Zu 4.: Zur Korngrössenanalyse geben wir wieder die makroskopische Aufnahme der Cortaillod-Keramik (Abb. 15), während jene der Horgener Keramik schon publiziert ist (Twann 13,13, Abb. 4). Beim Cortaillod gibt es bei der makroskopischen wie mikroskopischen Analyse keine eindeutige Tendenz, während die Horgener Magerung (MH und OH) eindeutig gröber ist. Man beachte, dass die Schemata bei der Cortaillod- und der Horgener Keramik andere Grössengruppen zusammenfassen.

Neben Unterschieden in der Zeit können solche zwischen den beiden häufigsten Gefäßformen, den Schalen und den Töpfen, festgestellt werden. In allen drei Cortaillod-Schichtpaketen sind die Schalen weniger stark und feiner gemagert als die Töpfe. Daneben tritt das hiatale Gefüge bei den Töpfen häufiger auf als bei den Schalen, was aber wegen der allzu kleinen Zahlen auch zufällig sein kann. Sonst gibt es keine nur halbwegs eindeutigen Unterschiede zwischen den beiden Gefäßformen.

Von den 71 Scherben, die wir für die Charakterisierung der gewöhnlichen Keramik von Twann zur Verfügung haben, sind 22 auch röntgenographisch untersucht worden (Tab. 10). Alle zeichnen sich durch sehr viel Quarz und sehr wenig Illit aus. Calcit kommt nur in 5% der Scherben sehr viel vor, umgekehrt fehlt er aber auch nur in 13% der Scherben, was wieder auf recht unsorgfältige Aufbereitung des Tons schliessen lässt.

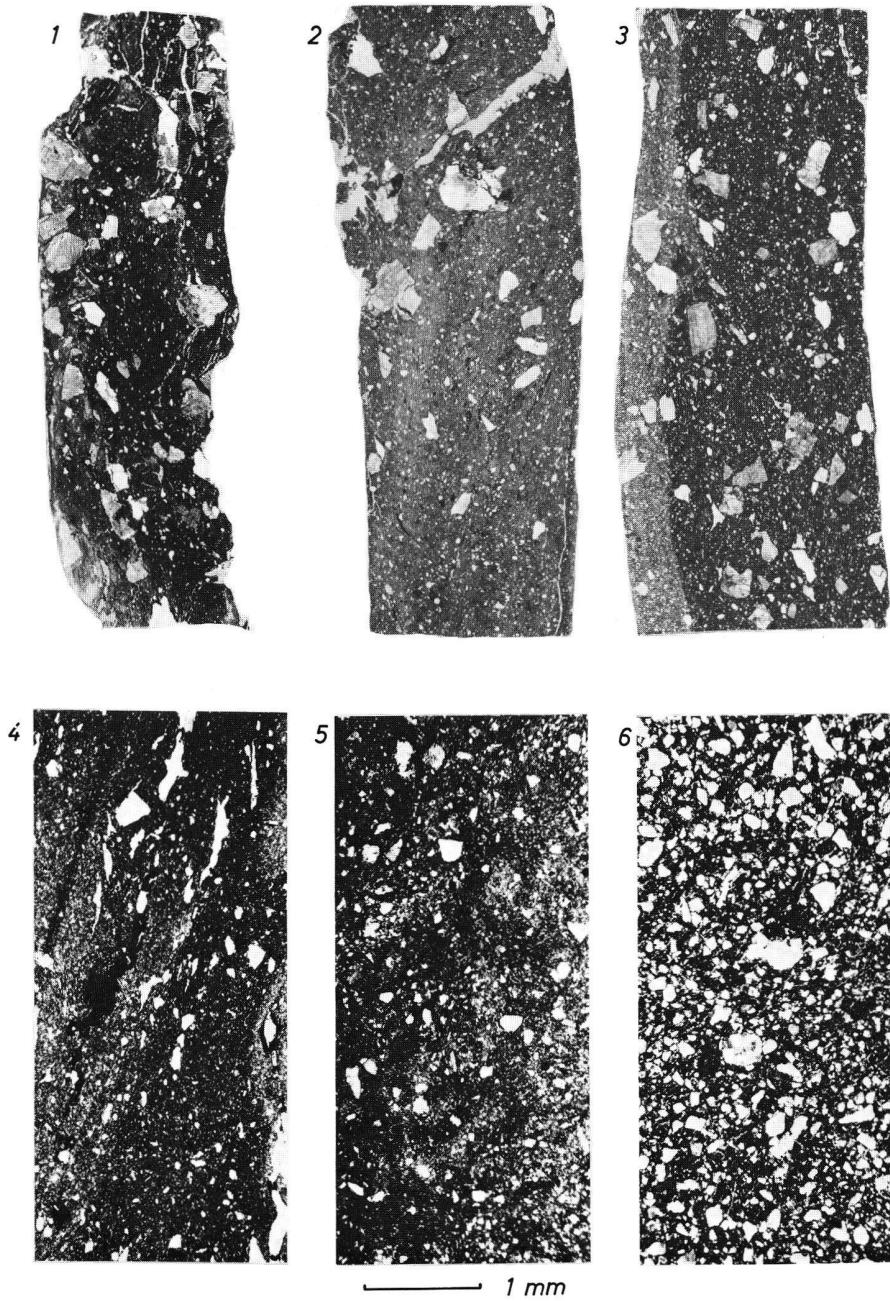
Vergleichen wir nun die gewöhnliche Keramik mit den Proben, die wir von spezielleren Stücken zur Analyse gegeben haben. Die drei Proben von Schlicktöpfen (Nr. 48-50) fügen sich in die Werte der durchschnittlichen Keramik von Twann ein, was gut damit zusammengeht, dass sich die Töpfe Nr. 49, 50 formal nicht von den gewöhnlichen Cortaillod-Töpfen unterscheiden; Nr. 48 unterscheidet sich materialmässig auch nicht, obwohl formal eine Anlehnung an Pfyn Trichtertöpfe sichtbar ist (Twann 10, 27). Die beiden Töpfe mit Kerbrand (Nr. 40-41) fallen durch überdurchschnittlich intensive und relativ grobe Magerung auf, beide haben hiatales Gefüge. Die beiden Töpfe scheinen recht sorgfältig gemacht zu sein. Ob das aber für alle Töpfe mit Kerbrand zutrifft, ist natürlich mit zwei Proben nicht zu sagen. Der mit Fingernageleindrücken verzierte Topf Nr. 39 fügt sich von der Form und vom Material her bruchlos in die Cortaillod-Keramik von Twann ein. Die Probe Nr. 53, die nicht in Mowilith getränkt war, zeigte keine besseren Beobachtungsmöglichkeiten als die übrigen Scherben, sie stammt von einem Topf und zeigte materialmässig durchschnittliche Eigenschaften. Bei der Probe Nr. 54 meinte ich eine Mischung von Granit- und Kalkma-

gerung festzustellen, was sich als falsch erwies; das Material fällt nicht aus dem Rahmen. Die besonders gute Glättung der Horgener Scherbe Nr. 99 findet keine Entsprechung in einer besonderen Materialzusammensetzung.

Von den Sonderformen im Cortaillod gehören die Nr. 37, 38, 42, 51, 52 nicht in den Umkreis der Fossilmagerung. Sie sind alle überdurchschnittlich fein gemagert, die grossen Schüsseln Nr. 51, 52 bewegen sich aber wenigstens im Rahmen der Cortaillod-Schalen. Alle fünf Gefässe weisen keine Verunreinigung durch Kalkmagerung auf und in den beiden röntgenographisch untersuchten Proben Nr. 38, 51 konnte keinerlei Calcit-Verunreinigung festgestellt werden, was bei der normalen Keramik nur in 3 von 22 Fällen festgestellt worden ist. Die angewandten Untersuchungen erlauben aber keine Aussage über fremde Herkunft der Gefässe (mögliche Ausnahme Nr. 51 mit ihrem Pflasterquarz, s. Kap. 7).

Von den Scherben des Unteren Horgens haben wir die Proben Nr. 94-96 bei der normalen Keramik berücksichtigt. Von diesen ist zu sagen, dass sie weniger stark und feiner gemagert sind als der Durchschnitt von ganz Twann. Die beiden Sonderformen des Unteren Horgens (Proben Nr. 93, 97) unterscheiden sich nicht von den drei Proben der normalen Keramik.

Die einzige Materialgruppe, die sich in Twann makroskopisch, mikroskopisch und röntgenographisch abhebt, ist die Keramik mit Fossilmagerung (Twann 10, 28 und 42f.). Mikroskopisch hat es sich aber gezeigt, dass die Vermischung mit silikatischer Magerung stärker war, als ich makroskopisch erkennen konnte. So waren 7 von 71 Proben, die wir als rein silikatisch gemagert angesehen hatten, auch mit Fossilien gemagert. Die Proben Nr. 43, 44, 46, 47, 55, 56, 59, 60 haben wir als Beispiele für reine Fossilmagerung zur Analyse gegeben. Allen ist die karbonatische Matrix gemeinsam. Probe Nr. 43 war aber neben den Fossilien noch mit 2% Granit, 44 mit 10% Granit, 55 mit 1% Granit gemagert. Die übrigen fünf hatten reine Fossilmagerung. Röntgenographisch sind die Proben Nr. 43, 44, 46, 47, 55, 60 untersucht worden. Alle enthielten sehr viel Calcit, Nr. 43, 44 hatten daneben auch sehr viel Quarz und etwas Plagioklas und Kalifeldspat, wie das bei der gewöhnlichen Keramik von Twann der Fall war, die anderen vier Proben hatten nur wenig Quarz, keinen Plagioklas und keinen Kalifeldspat, was für die Keramik mit reiner Fossilmagerung als typisch anzusehen ist. Die Fossilmagerung tritt oft bei Gefäßen mit Schulterabsatz und Knubben am Schulterabsatz auf; von solchen Formen haben wir die Proben Nr. 55 (Twann 10, Taf. 14,5) und Nr. 59 (Twann 10, Taf.



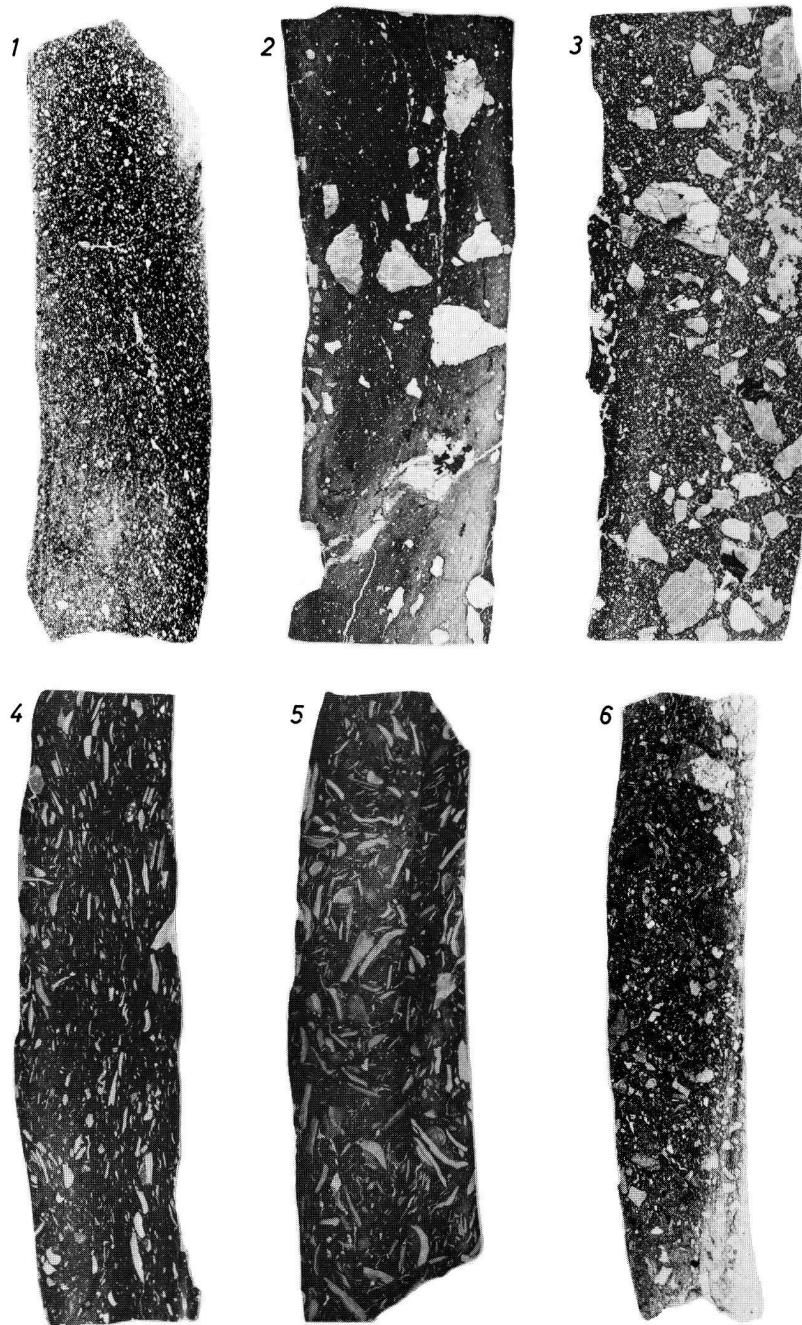
Tafel 1. Matrix-Typen (silikatisch) im Gesamtdünnenschliff.

- 1 (Tw 26) fett mit Granitmagerung (hiatal), Rissen und Poren. Länge 30 mm. (Inv. Nr. 244 US, Topf)
- 2 (Tw 20) sandig mit Gneissmagerung (hiatal), einige Risse und Poren. Länge 30,5 mm. (Inv. Nr. 930 MS 6, Topf)
- 3 (Tw 19) mager mit Granitmagerung (serial), wenig Risse und Poren. Oxidationssaum. Länge 30 mm. (Inv. Nr. 930 MS 14, Topf)

Matrix-Typen (silikatisch) unter dem Mikroskop.

- 4 (Tw 73) fett feinste erkennbare Teilchen: Tonminerale und etwas Silt. Wenige gröbere Quarzkörner  $\leq 0,3$  mm. Viele Poren und Risse, einer mit schwarzer Substanz (Russ?) gefüllt. (Inv. Nr. 244 US, Topf)
- 5 (Tw 10) sandig Siltgehalt höher als bei 4. Nur wenige Poren. (Inv. Nr. 703 MS 23 FNr. 426, Schale)
- 6 (Tw 27) mager hoher Silt- und Feinsandgehalt. Stärkste natürliche Magerung in Twann-Scherben. (Inv. Nr. 703 OS 12, Topf)

Gleicher Massstab für 4–6.



Tafel 2. Magerungs-Typen (silikatisch) im Gesamtdünnschliff.

Näürliche Magerung:

- 1 (Tw 38) Silt mit viel Feinsand ( $\leq 0,2$  mm) und auch Mittelsand ( $\leq 0,6$  mm). Wenig Risse und Poren. Einziger Silikatscherben ohne künstliche Magerung. (Inv. Nr. 904 OS 8 FNr. 1, ovale Platte)

Künstliche Magerung:

- 2 (Tw 12) Gneissmagerung ( $\leq 3,8$  mm, hiatal). Matrix sandig, Risse und Poren. (Inv. Nr. 844 MS 23, Topf)
- 3 (Tw 31) Gneissmagerung ( $\leq 5,2$  mm, serial), einige Körner mit Glimmer (Biotit, dunkel). Innenrand mit Speiserest (schwarz). Matrix mager. Größere Poren z. T. beim Dünnschleifen entstanden. (Inv. Nr. 875 OS 10, Topf)

Magerungs-Typen (karbonatisch) im Gesamtdünnschliff.

- 4 (Tw 56)

Fossilmagerung, deutlich wandparallel eingeregelt in Karbonatmatrix. Fossilfragmente mit frischen Bruchkanten verraten die künstliche Magerung. Feine Poren, auch Risse, z. T. mit dunkler Substanz (Russ?) gefüllt. In allen Schliffen dieses Typs ist die Matrix sehr feinkörnig. (Inv. Nr. 715 MS 15, Topf)

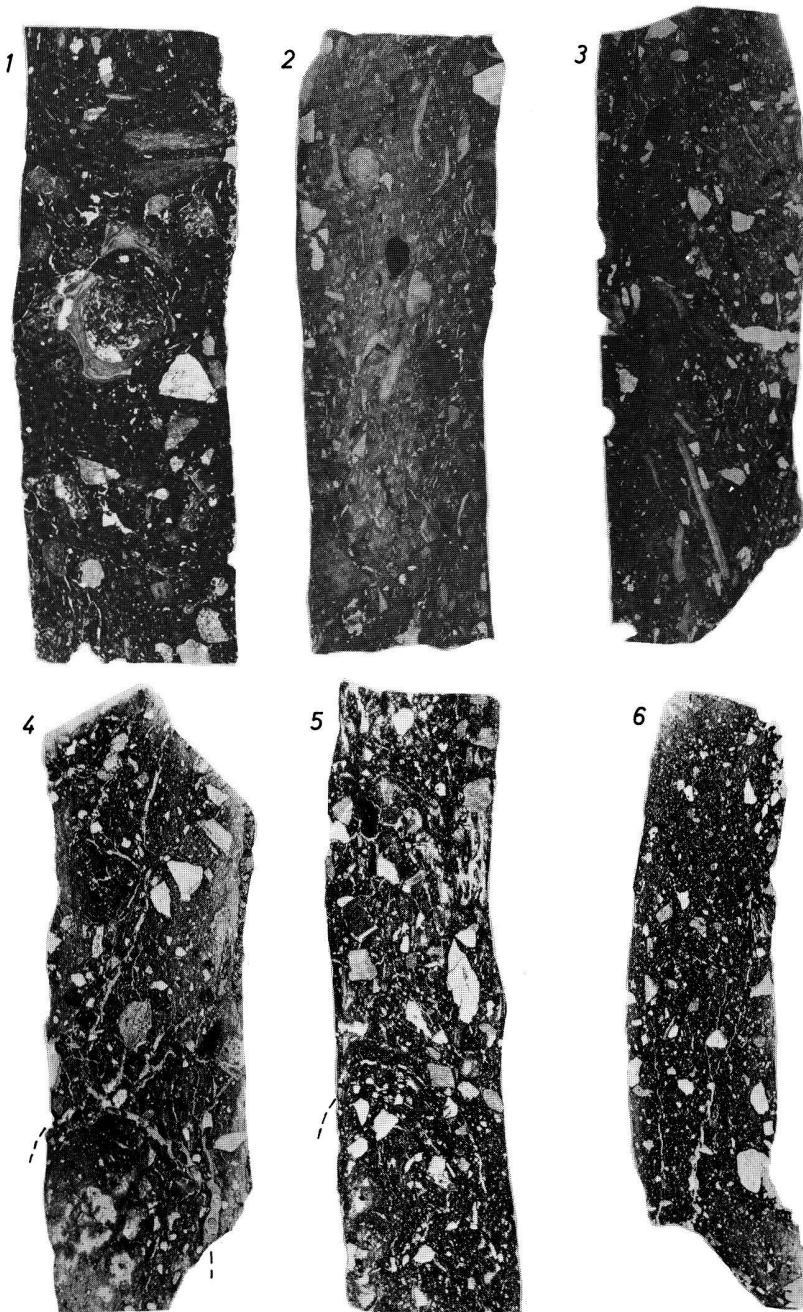
- 5 (Tw 47)

Fossilmagerung wie 4, aber nur oberflächennah eingeräumt eingeregelt Schalenbruchstücke. (Inv. Nr. 845 MS 14, Topf)

- 6 (Tw 58)

Spatmagerung, Spaltstücke von Calcitkristallen und Fossilfragmente in Karbonatmatrix. Die Calcite können aus ehemaligen Fossilhohlräumen (als sekundäre Bildungen) stammen. (Inv. Nr. 652 MS 21, Topf)

Gesamtlängen zwischen 30 und 31,5 mm.



Tafel 3. Magerungs-Typen (gemischt) im Gesamtdünnenschliff.

1 (Tw 7)

Inhomogene Fossillagerung: Schnitt durch Schale von Rhynchonella mit Sekundärkalcit im Innern (hell), und weitere Schalenreste, Fragmente von Bryozoen, Korallen und weitere, z. T. nicht definierbare organische Reste. Schwarzbraune Karbonatmatrix. Silikatmagerung: Gneissfragmente und grobkörniger Quarz. (Inv. Nr. 777 MS 23, Topf)

2 (Tw 43)

Fossilmagerung, zahlreiche kleine Fragmente von Molluskenschalen. Rundes Mergelklümpchen (2,2 mm). Drei opake Pisolithkörner (Limonit als Bohnerz). Silikatmagerung: einige Granitkörner. Matrix karbonatisch mit etwas Silt und Feinsand: wahrscheinlich ehemaliger Hanglehm. (Inv. Nr. 941 OS 11, Gefäß?)

3 (Tw 45)

Fossilmagerung, Pisolithkörner, Karbonatmatrix wie 2. Silikatmagerung stärker: Gneisskörper, ein Glimmerpaket (dunkel) beim grössten Pisolith. (Inv. Nr. 660 OS 10 B FNr. 321, Gefäß?)

Zur Formgebung: Anzeichen der Wulsttechnik.

4 (Tw 11)

Si/si – Scherben, serielle Gneissmagerung. Matrix sandig. Die nach oben konvexe Rissfolge trennt den ehemaligen unteren Wulst vom darüberliegenden. Im Kontaktbereich rechts wandparallele, sich dem unteren Wulst anschmiegender Risschen. Dunkel: mehrere Biotit- (Glimmer-) pakete. Dünnenschliffebene etwa senkrecht zur Wulstachse. (Inv. Nr. 716 MS 15, Topf)

5 (Tw 17)

Si/si – Scherben, serielle Granitmagerung. Matrix sandig. Unterer Wulst wie in 4, im oberen Teil, doch weniger deutlich, gleichsinnig gekrümmter Riss. Dünnenschliffebene etwa senkrecht zur Wulstachse. (Inv. Nr. 869 MS 7, Schale)

6 (Tw 65)

Si/si – Scherben, serielle Gneissmagerung. Matrix sandig. Zwei von unten aufsteigende Risse divergieren zuerst nach aussen, um sich dann zur Schliffmitte im Bogen zusammenzuschliessen: ein keulenförmiger Schrägschnitt durch einen Wulst. (Inv. Nr. 171 US, Gefäß?)

Gesamtlänge zwischen 30 und 31,5 mm.

5,11) zur Analyse gegeben. Während sich Probe Nr. 59 als rein erwies, hatte die Probe Nr. 55 1% Granitmagerung, die aber röntgenographisch nicht erfasst worden ist.

Die Probe Nr. 45 erwies sich als mit metamorphem Gestein gemagert, statt mit Granit; der Anteil der Fossilmagerung war aber grösser als derjenige mit metamorphem Gestein. Dann erwies sich die Probe Nr. 98 aus dem Mittleren Horgen überraschenderweise als zur Keramik mit Fossilmagerung gehörig, sie hatte karbonatische Matrix und war zu 20% mit Fossilien und nur zu 10% mit Granit gemagert. Seltener, aber verwandt mit der Fossilienkeramik ist die Gruppe mit Spatmagerung, zu der wir die Proben Nr. 57, 58 gerechnet haben. Beide hatten karbonatische Matrix, Probe Nr. 57 aber war mit 2% und Probe Nr. 58 mit 1% Granit gemagert. Der karbonatische Anteil der Magerung bestand neben Kalkspat noch aus Fossilien (Tab. 2). In Twann 20, 57 habe ich wegen der Kalkspatmagerung vermutet, dass das Gefäß Twann 10, Taf. 5,10 (Probe Nr. 57) in der Freigrafschaft Burgund hergestellt worden sein könnte; mit dem Nachweis von Granit in der Magerung kommt aber eher eine noch westlichere Provenienz (Saônetal) in Frage.

Drei Lehmproben aus den Twanner Siedlungen sind ausgelesen und röntgenographisch untersucht worden (Proben Nr. 85-87), es sind Lehmbrocken, die wohl nicht zu Lehmlinsen (Herdstellen) gehört haben. Sie könnten zur Keramikherstellung bestimmt gewesen sein. Alle drei waren sicher noch nicht gemagert. Die Anteile von Quarz, Plagioklas, Kalifeldspat, Illit und Chlorit entsprechen etwa den üblichen Verhältnissen in der Twanner Keramik. Auch dass wenig Calcit festzustellen war, wird kaum erstaunen. Das Vorkommen von Montmorillonit und Dolomit hebt die Proben von der Twanner Keramik ab. Da Montmorillonit schon bei 300°C verschwindet, ist das Fehlen von Montmorillonit in der gebrannten Keramik leicht zu erklären. Warum aber in den Proben Nr. 86, 87 Dolomit vorhanden ist, der sonst in keiner Probe nachgewiesen werden konnte, weiss ich nicht. Abgesehen vom Dolomit kann es sich also bei den Proben Nr. 85-87 um ungemagerten Keramikton handeln. Man sollte diese drei Proben noch brennen und dann im Dünnschliff auf die natürliche Magerung untersuchen.

Als Vergleich zu Twann können wir lediglich die Untersuchungen von neolithischer Keramik vom Burgäschisee anführen. Vergleichbar ist nur die Magerungsintensität, die mit 20% unter dem Twanner Durchschnitt (26%) liegt, und das grösste Magerungskorn, das mit 3.5 mm im Durchschnitt der Cortaillod-Keramik von Twann (3.4 mm) liegt. Bei

der Magerungsintensität haben wir in Twann von US nach OS eine Steigerung von 23% über 26% zu 31% festgestellt, was vielleicht durch Burgäschis-SW (mit 17%), das wohl in der Hauptsache älter ist als Burgäschis-Süd (mit 22%), unterstützt würde. Der Hauptunterschied zwischen Twann und den Stationen am Burgäschisee liegt in der karbonatischen Keramik, die am Burgäschisee nicht rein nachgewiesen ist, auch karbonatische Beimengungen sind hier viel seltener; dies ist wohl auf die Unterschiede der verfügbaren Lehme zurückzuführen.

Ist bei der Formgebung und Oberflächenbehandlung eine abnehmende Sorgfalt vom Unteren Schichtpaket des Cortaillod zum Oberen Horgen feststellbar, so bleibt die Tonaufbereitung während allen in Twann vertretenen Perioden ziemlich gleich unsorgfältig. Nach unserer Vorstellung ist nur eine technologische Optimierungstendenz festzustellen: Die technologisch ungünstige fette Matrix ist im US am stärksten vertreten und tritt nachher weniger häufig auf, während die magere Matrix, die technologisch am günstigsten ist, im US noch ganz fehlt und später einen Anteil zwischen 15 und 20% hat. Ob die neolithischen Bewohner von Twann diese technologische Optimierungstendenz bewusst eingeleitet haben, kann meines Erachtens bezweifelt werden. Eher scheint mir, dass es nach US, als man die Keramik nicht mehr so sorgfältig glätten wollte, gleichgültig war, ob man einen fetten oder mageren Ton verwendete.

Technologisch scheint es auch ungünstig zu sein, karbonatischen Ton zu verwenden, denn die Calcitkomponente wird bei höheren Temperaturen in gebrannten Kalk überführt, der an der Luft quillt (gelöschter Kalk) und die Gefässwand sprengen kann. In Twann, wo man nur Brenntemperaturen von max. 550-600°C erreichte, spürte man aber diese technologische Grenze nicht, und es war gerade die karbonatische (fossilgemagerte) Keramik, die speziell im MS sehr sorgfältig geformt wurde und auch in Ton und Magerung am reinsten auftritt. Mir scheint es möglich, dass diese Gefäße durch die gezielte Verteilung der zerstossenen Fossilien besondere Festigkeit erhielten.

Die generell unsorgfältige Tonaufbereitung führt zu stark inhomogenem Material (Matrix und Magerung), so dass auch allfällige Importstücke nicht identifizierbar sind. In Zukunft wäre es interessant, mit Untersuchungen an Material aus späteren Epochen den Weg nachzuzeichnen, der zu einer technologisch klar typisierten Keramik führt, bei der sich die Materialgruppen so scharf voneinander abheben, dass Importe mit Sicherheit erkannt werden können.

Probenummer	Inv. Nr.	Ensemble	Bemerkungen	Probenummer	Inv. Nr.	Ensemble	Bemerkungen
1	860 US 32	2	RS, Schale	55	775 MS 15	5	Kalkmaterial
2	705 US 35 FNr. 600	2	RS, Schale				2 WS, Topf mit Schulterknubben und Fossilmagerung. Abb.
3	722 US	1–2	WS, Topf				Twann 10, Taf. 14, 5
4	706 US 35	2	WS, Topf				WS, Topf mit Schulterknubben und Fossilmagerung. Abb.
5	745 MS 25	3	RS, Schale	56	715 MS 15	4	Twann 10, Taf. 6, 9
6	855 MS 25	3	3 RS, Schale. Abb. Twann 10, Taf. 4, 19				2 WS, Topf (?) mit Schulterabsatz. Spatmagerung. Abb.
7	777 MS 23	3	WS, Topf	57	788 MS 13 FNr. 23	3	Twann 10, Taf. 5, 10
8	656 MS 18	3	2 WS, Topf				WS, Topf mit Schulterabsatz und Spatmagerung. Abb.
9	845 MS 25	4	2 WS, Schale				Twann 10, Taf. 5, 13
10	703 MS 23 FNr. 426	4	RS, Schale	58	652 MS 21	3	WS, Topf mit Schulterabsatz und Fossilmagerung. Abb.
11	716 MS 15	3	WS, Topf				Twann 10, Taf. 5, 11
12	844 MS 23	4	2 WS, Topf				WS, Fossilmagerung
13	724 MS 6au	5	RS, Schale	59	656 MS 15	3	WS
14	781 MS 20	5	RS, Schale				WS
15	787 MS 6a	5	WS, Topf				WS
16	782 MS 19	5	WS, Topf	60	759 US 27	2	WS
17	869 MS 7	5a	RS, Schale	61	150 US		WS
18	921 MS 13	5a	RS, Schale	62	151 US		WS
19	933 MS 14	5a	WS, Topf	63	152 US		WS, Schale
20	930 MS 6	5a	WS, Topf	64	170 US		WS
21	715 OS 6	6	RS, Schale	65	171 US		WS
22	689 OS 16 FNr. 285	6	RS, Schale	66	189 US		WS, Topf
23	861 OS 12	6	WS, Topf	67	206 US		WS, Schale
24	689 OS 16	6	WS, Topf	68	210 US		WS, Schale
25	704 OS 13 FNr. 231	7	BS, Schale. Abb. Twann 10, Taf. 25, 12	69	223 US		WS
26	778 OS 5	7	RS, Schale	70	228 US		WS, Topf
27	703 OS 12	7	WS, Topf	71	229 US		WS, Schale
28	690 OS 14	7	WS, Topf	72	244 US		WS, Topf
29	942 OS 13 FNr. 138	8	RS, Schale	73	265 US		WS, Topf
30	699 OS 4	8	RS, Schale	74	267 US		WS, Schale ?
31	875 OS 10	7	WS, Topf	75	268 US		WS, Topf
32	861 OS 8	8	3 WS, Topf	76	283 US		WS, Topf ?
33	825 OS 2	9	RS, Schale	77	300 US		WS, Topf
34	781 OS O FNr. 8	9	RS, Schale (unkonserviert)	78	302 US		WS, Topf
35	858 OS 3	9	WS, Topf	79	304 US		WS, Topf
36	927 OS 1	9	WS, Topf	80	361 US		WS, Topf
37	464 OS	OS	RS, Knickschüssel mit Knubben. Abb. Twann 20, Taf. 55, 4	81			Gelber Mergelton, Hauerivien, Ostausgang von Twann, auf der Kantonsstrasse, kleiner Aufschluss in Weinrebmauer. Darüber gelber Kalk. LK 1145, 578 950/216 100
38	904 OS 8 FNr. 1	6	2 WS, ovale Platte. Abb. Twann 10, Taf. 23, 3				Oberflächlicher Lehm aus einem Weinberg der Hauerivien-Mergelzone östlich von Twann. LK 1145, 578 950/216 200
39	715 OS 4	7	WS, Topf mit Fingernagelindrücken verziert. Abb. Twann 10, Taf. 25, 17	82			Gelber Mergel, Aufschluss nördlich von La Scie, nördlich von Le Landeron. LK 1145, 571 400/212 300
40	958 MS 7	5	WS, Topf mit Kerbrand. Abb. Twann 10, Taf. 12, 4				Blaugrauer Mergel, Aufschluss nördlich von La Scie, nördlich von Le Landeron. LK 1145, 571 400/212 300
41	751 MS 19	5	WS, Topf mit Kerbrand, Abb. Twann 10, Taf. 12, 1	83			Abschnitt 6, Quadratmeter R/ 637, Abstich MS 20. Aus Fumier 19, stammt sicher nicht von einer Herdstelle
42	733 MS 20	5	RS und WS, Napf mit Einstichreihen verziert. Abb. Twann 10, Taf. 14, 3				Abschnitt 6, Quadratmeter R/ 640, Abstich OS 7. Aus der Lehmlinse 53, die aber ausnahmsweise fast nur aus Lehm besteht und nicht unbedingt eine Herdstelle gewesen sein muss
43	941 OS 11	8	WS, Fossilmagerung	84			Abschnitt 8, Quadratmeter O/ 662, Abstich MS 5. Vom Rand einer Lehmlinse, muss nicht unbedingt zur Herdstelle gehören
44	939 OS 14	8	WS, Fossilmagerung				
45	660 OS 10B FNr. 321	6	3 WS, Fossil- und Granitmagerung				
46	812 OS 10	6	WS, Fossilmagerung	85			
47	845 MS 14	5a	WS, Topf mit Fossilmagerung. Abb. Twann 10, Taf. 15, 7				
48	828 MS 14	5a	WS, Topf mit Schlicküberzug. Abb. Twann 10, Taf. 15, 1	86			
49	670 OS 1	8	WS, Topf mit Schlicküberzug. Abb. Twann 10, Taf. 26, 1				
50	694 OS 4a	7	WS, Topf mit Schlicküberzug. Abb. Twann 10, Taf. 24, 1				
51	1815 OS IV. 1817 MS V 5a		WS, Schüssel mit Kannellüren verziert. Abb. Twann 20, Taf. 20, 9	87			
52	672-702 OS 10	8	2 WS, Schüssel, Abb. Twann 10, Taf. 28, 20				
53	844 OS 6	8	WS, Topf (unkonserviert)				
54	938 MS 6	5a	WS, Topf mit Granit- und				

Probenummer	Inv. Nr.	Ensemble	Bemerkungen	Probenummer	Inv. Nr.	Ensemble	Bemerkungen
88			Abschnitt 11, Quadratmeter K/ 686, Abstich H 2. Von einem Ofen, Oberkante	102	2048 H 4 FNr. 82	MH	tes. Abb. Twann 13, Taf. 6, 136 Kochtopf von typischer Form und Tonstruktur. Abb. Twann 13, Taf. 4, 71
89			Abschnitt 11, Quadratmeter L/ 686, Abstich H 2. Von einem Ofen, rötlich verbrannt, Ofenwand?	103	2080 H 4 FNr. 98	MH	Kochtopf, «teigige» Oberfläche, Normalform. Abb. Twann 13, 4, 75
90			Abschnitt 11, Quadratmeter L/ 687, Abstich H 2. Von einem Ofen, «gelblich»	104	1726–1727 H 3	MH	Kochtopf, poröser Ton (verbrannt?). Abb. Twann 13, Taf. 4, 70
91			Abschnitt 11, Quadratmeter L/ 678, Abstich H 2. Von einem Ofen, «grünlich»	105	2115 H O	OH	Gewöhnlicher Kochtopf, Oberfläche stellenweise abgesplittet. Abb. Twann 13, Taf. 8, 162
92			Abschnitt 10, Quadratmeter J/ 676, Abstich H 2 UK. Von einer Lehmlinse, Basislehm eines Ofens?	106	2290 H O	OH	Topf, einfacher Steilrand, sehr grobe Magerung, rauhe Oberfläche. Abb. Twann 13, Taf. 7, 151
93	1756 H 4	UH	(Seltener) Rundboden, extrem dünn und fein. Abb. Twann 13, Taf. 2, 38	107	2014 I	OH	WS des Horgener Gefäßes mit den grössten Magerungsbrocken. Abb. Twann 13, Taf. 10, 234
94	1884 H 4	UH	Bauchiger Topf, dichter Ton, typische Farbe für UH. Abb. Twann 13, Taf. 1, 8	108	2030–2046 H 1 FNr. 27 OH		Bruchstück einer grossen Keramikansammlung in einer Hauscke, miserable Erhaltung, Form nicht rekonstruierbar, Vorratsgefäß(?)
95	1876 H 4	UH	Topf, typische Struktur für UH-Keramik. Abb. Twann 13, Taf. 1, 17				WS, feinste Keramik im Oberen Horgen, relativ wenig Magerung
96	1880 H 4	UH	Topf, Oberfläche hell, verwittert (?). Abb. Twann 13, Taf. 1, 6	109	2088 H 1	OH	2 WS, typisch innen grob, Oberfläche geglättet
97	2120 H 4	UH	Napf mit Knubben, Sonderform, dünnwandig, fein. Abb. Twann 13, Taf. 1, 7	110	2118 H 1	OH	RS von Kochtopf mit einfacherem Steilrand, relativ gute Tonqualität innerhalb OH.
98	1979 H 3	MH	Unkonserviert, relativ fein und glatt innerhalb MH-Keramik	111	2224 H 1 FNr. 51	OH	Abb. Twann 13, Taf. 7, 145
99	2080 H 4	MH	WS, Gefäßform unbekannt, bestgeglättetes Stück aus Horgener Zusammenhang	112	2267–2268 H 4	OH	Von typischem Horgener Kochtopf mit umlaufender Randrille, starke Magerung, leicht deformiert. Abb. Twann 13, Taf. 7, 143
100	2048 H 3 FNr. 71	MH	Topf, typisches Beispiel für Grobkeramik im MH. Abb. Twann 13, Taf. 6, 111				
101	2039 H 3 FNr. 41	MH	Fragment eines Web(?)gewich-				

Tab. 1: Archäologische Angaben zu den untersuchten Scherben der neolithischen Keramik von Twann (Cortaillod, Lehmproben, Horgen).

Tab. 2: Quantitative Ergebnisse der mineralogisch-petrographischen Untersuchungen, insbesondere der Modalanalyse, Erläuterungen:  
Nr.: Proben-Nummer

Schichtpakete im Cortaillod:

US unteres Schichtpaket  
 MS mittleres Schichtpaket (oben bzw. unten)  
 OS oberes Schichtpaket (oben bzw. unten)

Schichtpakete im Horgen:

UH unteres Horgen  
 MH mittleres Horgen  
 OH oberes Horgen  
 Gefüge serial = s: alle Korngrößen  $\leq$  größtes Magerungskorn (Kolonne 4)  
 Gefüge hialal = h: gröbere Magerungskörner, ohne Übergang zu Feinsand/Silt  
 silik. = s: silikatische Tonmatrix bzw. Magerung  
 silikat. karb. = sk: silikatisch-karbonatische Tonmatrix bzw. Magerung  
 Poren: Poren und Risse  
 metamorph: granitisch-metamorphe Magerung  
 sonstiges Karbonat: Kalkbröckchen, Mergelklümpchen, Fossildetritus  
 Spat: Calcit- (und Aragonit-) Fragmente, z. T. Fossil-Schalenreste  
 Calcit-Imprägnierung: Sekundär-Calcit, feinkörnig, in der Bodenlagerungs-Phase gebildet  
 + : Magerungselemente in geringer Menge

Nr.	Schicht- paket	Gefüge	Größtes Magerungs- korn (mm)	Matrix Typ	Magerungs- Typ	Modalanalyse Vol. %							Calcit- Imprägnierung		
						Poren Matrix		effektive Magerung							
						Total	silikatisch Granit	metamorph	Fossilien	sonstiges Karbonat	Spat				
<b>Teil A: Cortaillod</b>															
1	US	serial	2,3	silik.	silik. Karb.	3	82	15	-	12	+	3	+	-	+
2	US	s	1,9	s	s	7	71	22	22	-	-	-	-	-	-
3	US	hiatal	4,7	s	s	11	62	27	27	-	-	-	-	-	-
4	US	h	4,4	sk	sk	10	79	11	8	-	+	3	+	-	+
5	MSu	h	3,6	s	s	14	65	21	21	-	-	-	-	-	-
6	MSu	s	1,3	s	s	5	79	16	16	-	-	-	-	-	-
7	MSu	s	8,5	k	sk	3	46	51	-	6	45	-	-	-	-
8	MSu	s	3,5	s	s	1	59	40	40	+	-	-	-	-	-
9	MSu	s	3,9	s	s	11	74	15	15	-	-	-	-	-	-
10	MSu	s	1,7	s	s	4	80	16	16	-	-	-	-	-	-
11	MSu	s	2,3	s	s	4	72	24	-	24	-	-	-	-	-
12	MSu	h	3,8	s	s	5	72	23	-	23	-	-	-	-	-
13	MSo	s	3,5	s	s	9	72	19	-	19	-	-	-	-	-
14	MSo	s	2,4	s	s	3	75	22	22	-	-	-	-	-	-
15	MSo	s	6,6	s	s	3	61	36	36	-	-	-	-	-	-
16	MSo	s	2,1	s	s	4	73	23	23	-	-	-	-	-	-
17	MSo	s	4,2	s	s	3	74	23	22	-	+	1	+	-	-
18	MSo	s	2,1	sk	sk	1	83	16	10	-	+	6	+	-	+
19	MSo	s	3,0	s	s	1	52	47	47	-	-	-	-	-	-
20	MSo	h	3,5	s	s	1	72	27	-	27	-	-	-	-	-
21	OSu	s	1,8	s	s	4	72	24	24	-	-	-	-	-	-
22	OSu	s	3,2	s	s	3	73	24	-	24	-	-	-	-	-
23	OSu	s	3,7	s	s	3	68	29	29	+	-	-	-	-	-
24	OSu	h	4,0	s	s	3	66	31	-	31	-	-	-	-	-
25	OSu	s	1,8	s	s	2	55	43	43	-	-	-	-	-	-
26	OSu	h	3,8	s	s	3	72	25	25	-	-	-	-	-	-
27	OSu	h	4,7	s	s	3	49	48	48	-	-	-	-	-	-
28	OSu	s	2,8	s	s	2	72	26	25	-	-	1	-	-	-
29	OSu	s	3,1	s	s	1	77	22	22	-	-	-	-	-	-
30	OSu	s	2,8	s	s	2	60	38	-	38	-	-	-	-	-
31	OSu	s	5,2	s	s	4	50	46	-	46	-	-	-	-	-
32	OSu	s	3,5	s	s	1	49	50	-	50	-	-	-	-	-
33	OSo	s	2,4	s	s	2	73	25	25	-	-	-	-	-	-
34	OSo	s	2,6	s	s	3	75	22	22	-	-	-	-	-	-
35	OSo	s	2,8	s	s	4	74	22	-	22	-	-	-	-	-
36	OSo	s	3,1	s	s	3	72	25	-	25	-	-	-	-	-
37	OS	s	1,8	s	s	2	71	27	-	25	-	-	-	-	2
38	OSu	s	0,6	s	s	2	68	30	-	30	-	-	-	-	-
39	OSu	s	3,8	s	s	3	77	20	20	-	-	-	-	-	-
40	MSo	h	4,3	s	s	2	48	50	-	50	-	-	-	-	-

Nr.	Schicht- paket	Gefüge	Größtes Magerungs- korn (mm)	Matrix Typ	Magerungs- Typ	Modalanalyse Vol. %						Calcit- Imprägnie	
						Poren Matrix		effektive Magerung					
						Total		silikatisch	karbonatisch				
								Granit	Metamorph	Fossilien	Spat		
										Karbonat			
41	MSo	h	6,3	s	s	3	67	30	-	30	-	-	
42	MSo	s	2,3	s	s	4	68	28	28	-	-	-	
43	OSo	s	3,9	k	sk	3	62	35	2	-	33	-	
44	OSo	s	2,3	k	sk	2	70	28	10	-	18	-	
45	OSu	s	7,3	k	sk	3	74	23	-	8	15	-	
46	OSu	s	3,8	k	k	4	68	28	-	-	28	-	
47	MSo	s	3,7	k	k	3	67	30	-	-	30	-	
48	OSu	s	3,5	s	s	4	74	22	-	22	-	-	
49	OSo	s	5,0	s	s	5	67	28	28	-	-	-	
50	OSu	h	3,7	s	s	3	71	26	26	-	-	-	
51	OSu?	h	2,4	s	s	2	76	22	-	22	-	-	
52	OSo	s	3,0	s	s	3	81	16	16	-	-	-	
53	OSo	s	4,0	s	s	3	67	30	30	-	-	-	
54	OSu	s	4,1	s	s	2	73	25	25	-	-	-	
55	MSo	s	2,4	k	k	3	67	30	1	-	29	-	
56	MSu	s	2,6	k	k	4	71	25	-	-	25	-	
57	MSu	s	1,7	k	k	6	62	32	2	-	20	-	
58	MSu	s	3,5	k	k	5	54	41	1	-	16	-	
59	MSu	s	4,4	k	k	3	72	25	-	-	25	-	
60	US	s	3,7	k	k	4	71	25	-	-	25	-	
61	US	h	8,1	k	s	4	82	14	12	-	-	+	
62	US	h	4,2	s	s	2	78	20	10	-	-	10	
63	US	s	1,2	s	s	1	69	30	30	-	-	-	
64	US	s	1,5	s	s	1	72	27	22	-	-	+	
65	US	s	2,1	s	s	4	66	30	+	30	-	-	
66	US	h	3,5	s	s	3	73	24	22	-	-	+	
67	US	s	2,2	s	s	1	58	41	40	-	-	1	
68	US	s	2,5	s	s	3	78	19	-	18	-	1	
69	US	s	1,2	s	s	2	65	33	30	-	-	+	
70	US	s	3,5	sk	sk	5	62	33	25	-	8	+	
71	US	s	1,6	s	s	3	86	11	-	10	1	-	
72	US	s	3,8	s	s	4	61	35	35	-	+	-	
73	US	s	3,9	s	s	5	71	24	20	-	+	4	
74	US	s	2,0	sk	s	1	80	19	15	-	4	-	
75	US	s	2,4	s	sk	3	80	17	12	-	5	-	
76	US	s	3,5	s	s	2	77	21	18	-	3	-	
77	US	s	3,6	s	s	8	72	20	20	-	+	-	
78	US	s	3,2	s	s	6	76	18	18	-	-	-	
79	US	h	5,2	sk	sk	2	78	20	-	15	5	+	
80	US	h	9,7	s	s	3	77	20	-	20	-	-	
 <b>Teil B: Horgen</b>													
93	UH	s	3,5	s	s	3	77	20	20	-	-	-	
94	UH	s	0,75	s	s	5	77	18	18	-	-	-	
95	UH	s	2,0	s	s	4	81	15	-	15	-	-	
96	UH	s	4,0	s	s	6	74	20	-	20	-	-	
97	UH	h	2,3	s	s	2	83	15	-	15	-	-	
98	MH	s	3,8	k	sk	3	67	30	10	-	20	-	
99	MH	s	4,4	s	s	4	66	30	-	30	-	-	
100	MH	h	5,0	s	s	6	59	35	-	35	-	-	
101	MH	s	3,2	k	sk	3	79	18	-	10	8	+	
102	MH	s	4,7	s	s	8	70	22	-	22	-	-	
103	MH	s	4,3	s	s	6	64	30	-	30	-	-	
104	MH	h	4,3	s	s	4	71	25	-	25	-	-	
105	OH	h	3,1	s	s	4	78	18	-	18	-	-	
106	OH	h	2,7	s	s	3	77	20	-	20	+	-	
107	OH	h	8,5	s	s	8	62	30	+	30	-	-	
108	OH	s	5,3	s	s	10	60	30	-	30	-	-	
109	OH	h	9,7	s	s	5	70	25	25	-	+	-	
110	OH	s	5,1	s	s	4	71	25	-	25	+	-	
111	OH	h	7,6	sk	sk	4	64	32	-	25	7	-	
112	OH	s	5,6	s	s	5	79	16	-	15	1	-	

Cortaillod (silikatische Matrix)							
fett		sandig		mager			
Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
1	3-5	2	5- 8	8	10-12	93	3-5
5	1	3	5- 6	15	10-15	94	2-3
21	2-4	6	7-10	19	15	95	1-2
23	3	9	5- 6	25	15	96	1-2
26	2-4	10	5-10	27	10-12	97	2-3
28	3-5	11	5- 8	31	10	98	1
33	3-5	12	8	38	10	100	3
34	2-4	13	10	41	10-12	102	2-3
35	3-5	14	8-10	51	10-12	103	3-5
36	2-4	16	6- 8			106	5
37	2-3	17	5- 7			108	5
39	3-5	20	8-10			112	5
49	2-5	22	5- 7				
53	3-4	24	5- 7				
62	1	29	3- 7				
66	1-2	30	8-10				
68	1-2	32	5- 8				
69	5	40	10				
70	3-5	42	8-10				
71	1-3	48	8-10				
72	3-5	50	5- 8				
73	5	52	10				
74	3-5	54	10				
75	3-5	63	8-10				
76	2-5	65	5- 7				
78	1-3	67	8-10				
		77	8-10				
		80	10				

## Cortaillod (karbonatische Matrix)

fett				fast fett			
Nr.	%	Nr.	%				
7	1			4	2-3		
18	1			43	1-3		
46	1			44	1-2		
47	1			45	1-2		
55	1			57	1-2		
56	1			58	1-2		
59	1			64	1-2		
60	1						
61	1						
79	1						

Tab. 3: Matrix-Typen im Cortaillod, unterschieden anhand ihres Gehaltes an natürlicher Magerung (Silt/Feinsand) im Rohton. Die karbonatische Matrix enthält sehr wenig Silt.

Nr.	%	fett		sandig		mager	
		Nr.	%	Nr.	%	Nr.	%
93	3-5			99	8		
94	2-3			101	8-10	104	12-15
95	1-2			105	5- 8		
96	1-2			107	5- 7		
97	2-3			109	5- 7		
98	1			110	6- 8		
100	3			111	5- 7		
102	2-3						
103	3-5						
106	5						
108	5						
112	5						

Tab. 5: Matrix-Typen im Horgen, analog Tab. 3; es überwiegen die fetten Rohtone.

Stufe	fett	sandig	mager
OH	106,108, 112	105,107,109, 110,111	-
MH	98,100, 102,103	99,101	104
UH	93,94,95, 96,97	-	-

Tab. 6: Die Horgen-Matrixtypen von Tab. 5 in den Fundschichten, analog Tab. 4; eine Tendenz zu mehr «sandigen» Rohtonen in der jüngsten Besiedelungs-Phase ist unverkennbar.

Stufe	fett silik.	fett karb.	fast fett karb.	sandig	mager
OSo	33, 34,35,36, 49,53	-	43,44	52	-
OSu	21,23,26, 28,39	46	45	22,24,29, 30,32,48, 50,54	25,27,31, 38,51
MSo	-	18,47,55	-	13,14,16,17, 20,40,42	15,19,41
MSu	5	7,56,59	57,58	6,9,10,11,12	8
US	1,62,66, 68,69,70, 71,72,73, 74,75,76, 78	60,61,79	4,64	2,3,63,65, 67,77,80	-

Tab. 4: Aufgliederung der Cortaillod-Matrixtypen von Tab. 3 nach den Fundschichten. Im OS wird neben fettem Ton auch der silt- und feinsandhaltige Ton verwendet.

<u>Cortaillod</u>				sehr viel	viel	wenig	sehr wenig	nichts
Schicht-	silikatisch	karbonatisch	gemischt	Quarz	100			
paket	fein	grob		Plagioklas		50	45	5
OS o	-	29,30,31, 32,33,34, 35,36,49, 52,53	-	43,44	Kalifeldspat	32	41	23 4
OS u	21,25,37, 38	22,23,24, 26,27,28, 39,48,50, 51,54	46	45	Illit			100
MS o	-	13,14,15, 16,17,19, 20,40,41, 42	47,55	18	Chlorit			64 36
MS u	6,10	5,8,9,11, 12	56,57,58, 59	7	Mixed-layer			45 55
US	2,63,64, 69,71	3,61,62, 65,66,67, 68,72,73, 76,77,78, 80	60	1,4,70, 74,75,79	Montmorillonit			100
					Hämatit			100
					Spinell			23 77
					Kalzit	5	9	23 50
					Dolomit			13 100
					Pyrit			82 18

Tab. 9: Mineralspektrum (in %) nach röntgenographischen Untersuchungen, gemäss Kap. 4 (25 Proben Cortaillod, 6 Proben Horgen).

<u>Horgen</u>				
Schicht-	silikatisch	karbonatisch	gemischt	
paket	fein	grob		
OH	-	105,106,107, 108,109,110, 112	-	111
MH	-	99,100,102, 103,104	-	98,101
UH	93,95	94,96,97	-	-

Tab. 7: Verteilung der Magerungsart in den Schichten des Cortaillod (oben) und des Horgen (unten). Die Silikat-Magerung wurde in fein ( $\leq 2$  mm) und grob ( $> 2$  mm) unterteilt. In beiden Kulturepochen wird «grobe» Silikat-Magerung bevorzugt verwendet. Falls die karbonatischen Cortaillod-Proben repräsentativ vertreten sind, kann man im Verlauf der Besiedelung eine Abkehr von der karbonatischen zur silikatischen Magerung hin annehmen.

		US (24)			MS (16)			OS (16)			MH/OH(12)	Twann(71)
		g	S(6)	T(11)	g	S(8)	T(8)	g	S(8)	T(8)	g	g
Matrix	silikatisch (%)	71	100	82	88	87	87	100	100	100	92	86
	silikatisch-karbonatisch (%)	21	-	18	6	13	-	-	-	-	8	10
	karbonatisch (%)	8	-	-	6	-	13	-	-	-	-	4
Magerung	Volumen (%)	23	21	23	26	19	34	31	28	35	26	26
	(Standardabweichung)	7,5	9,5	6,7	10,9	3,0	10,5	9,8	7,5	10,7	5,6	9,3
Art der Magerung	silikatisch (%)	66	66	64	81	75	87	100	100	100	92	85
	silikatisch-karbonatisch (karbonatisch $\geq 2\%$ )	33	33	36	19	25	13	-	-	-	8	15
	karbonatisch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gefüge	serial (%)	71	83	55	81	87	75	81	87	75	42	72
	hiatal (%)	29	17	45	19	13	25	19	13	25	58	28
	größtes Magerungskorn (mm)	3,4	2,5	4,4	3,5	2,8	4,2	3,2	2,7	3,7	5,5	3,7
	(Standardabweichung)(mm)	2,0	0,8	1,8	1,8	1,0	2,1	0,9	0,6	0,8	2,0	1,9
am stärksten vertretene Magerung:	Granit (%)	73	42	82	69	87	50	56	75	38	8	55
	Metamorphe Gesteine (%)	25	50	18	25	13	38	44	25	62	92	42
	Fossilien (%)	-	-	-	6	-	12	-	-	-	-	2
	Kalkspate (%)	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Matrix	fett (%)	63	67	64	19	25	13	50	50	50	42	48
	fast fett (%)	8	-	9	-	-	-	-	-	-	-	3
	sandig (%)	29	33	27	62	75	50	31	37	25	42	38
	mager (%)	-	-	-	19	-	37	19	13	25	16	11

Tab. 10: Gruppierung der Ergebnisse gemäss Kap. 8, Archäologische Diskussion.

Probe	Quarz	Plagio- klas	Kali- feldspat	Illit	Chlorit	Mixed- layer	Mont- morillonit	Hämatit	Spinell	Kalzit	Dolomit	Pyrit
1	++++	++	++	+					++		+	
2	++++	++	++	+	+	+			+	+		+ *)
7	++++	++		+		+			++++			+
12	++++	++		+					+			+
15	++++	+++	++	+					+	+		+
17	++++	++	++	+	+	+			++			+
18	++++	+++	+++	+		+			+++			+
19	++++	+++	++	+	+				++			+
21	++++	+++	++	+	+				+			+
22	++++	+++	+++	+	+				+			
24	++++	+	+++	+	+				+			+
28	++++	+++	+	+	+				+	+		+
38	++++	++		+	+	+						
43	++++	++		+	+				++++			+
44	++++	++	++	+	+				++++			+
46	++			+					++++			+
47	++			+					++++			+
51	++++	+++	+	+	+							
55	++				+				++++			
57	++++		+	+		+			+++			+
60	++			+					+++			+
62	++++	++	+	+	+				++			+
66	++++	++	++	+					+++			+
68	++++	++	+	+		+			++			+
78	++++	+++	+++	+	+	+						
81	++				+			++	+			
82	++				+				+			++++
83	++				+			+++	+			++++
84	++				+			+++				++++
85	++++	++			+			+				(Gips)
86	++++	++	+	+	+			+		++		+
87	++++	++	+	+	+			+		++		+
88	++++			+				+				++++
89	++++	++	+	+	+			+				++++
90	++++	++	+	+	+			+				++++
91	++++	++	+	+	+			+				++++
92	++++	++	+	+	+			+				++++
96	++++	++	++	+	+	+				+		
100	++++	+++	+++	+	+							+
108	++++	+++	+++	+	+	+				+		
110	++++	+++	+++	+	+	+			+	+		+
111	++++	++	+	+						+		+
112	++++	+++	++	+	+	+			+			+

\*) (Amphibol)

Tab. 8: Röntgenographische Analyse einiger Proben von Twann. Die Mengenanteile sind anhand der Höhe der Hauptinterferenzen im Diffraktogramm des betreffenden Minerals geschätzt: + = sehr wenig; ++ = wenig; +++ = viel; ++++ = sehr viel.

## Zusammenfassung

Aus den Grabungsfunden der neolithischen Ufersiedlung Twann/Bielersee-CH (1974-76) wurden 100 Keramikproben mit mineralogisch-petrographischen und röntgenographischen Methoden untersucht. 80 Proben gehören dem Cortaillod (3840-3530 v. Chr.) und 20 Proben der jüngeren Besiedlungsphase, dem Horgen (3410-3070 v. Chr.) an.

Die Keramik gliedert sich in drei Haupttypen:

- Scherben mit silikatischer Matrix und silikatischer Magerung (si/si)
- Scherben mit karbonatischer Matrix und karbonatischer Magerung (ka/ka)
- Scherben mit gemischter Matrix und gemischter Magerung (ge/ge)

Für die si/si-Keramik wurden fette bis magere silikatische Tone einer glazialen Grundmoräne als Matrix verwendet und als Magerung deren zerkleinerte Geschiebe, besonders Granite und Gneise. Die Korngrösse dieser Magerung liegt im Mittel bei 3-4 mm Durchmesser.

Zur Herstellung der ka/ka-Keramik standen fette, z.T. fossilreiche Mergeltone des Hauterivien (Untere Kreide) bei Twann zur Verfügung. Als Magerung wurden überwiegend fossile Molluskenschalenreste (mittlerer Durchmesser 3.5 mm) verwendet, die meist von dem häufigen, im Mergelton auftretenden Brachiopoden *Rhynchonella* stammen.

Die Proben der ge/ge-Scherben zeigen eine inhomogene, mit Verunreinigungen durchsetzte Matrix wechselnd silikatischen und karbonatischen Charakters, die als ehemaliger Hanglehm zu deuten ist. Die Magerung kann dementsprechend aus eingeschwemmten, kleinen Fossilfragmenten, Sandkörnchen u.ä. bestehen, denen auch Silikatmagerung des vorgenannten Typs beigefügt wurde.

Diese drei Hauptgruppen werden durch röntgenographische Analysen bestätigt, durch die besonders der Anteil von Mixed-Layer-Tonmineralien in den Matrixkomponenten deutlich wird. Die Ergebnisse, zusammen mit Brennversuchen und den Beobachten in anderen Stationen, zeigen, dass die Twanner Keramik unter reduzierenden Bedingungen bei ca. 400-600°C gebrannt worden ist. Das Fehlen einer Tendenz zur materialkonformen Optimierung der Keramik ist durch die jahrhundertelange Verwendung mineralogisch-chemisch verschiedener Grundstofftypen erwiesen. Die Keramik wurde ausschliesslich von den Bewohnern selbst hergestellt. Die Inhomogenität der Ausgangsstoffe wird begründet in der Gewohnheit oder Notwendigkeit der Siedlerfamilien, ihren Materialbedarf dem eigenen Grund und Boden zu entnehmen.

## Resumé

Une centaine d'échantillons de céramique mise au jour par des fouilles aux alentours du site lacustre néolithique de Douanne/Lac de Bienne-CH (1974-76) ont été examinés au moyen de méthodes minéralogiques-pétrographiques et roentgenographiques. 80 de ces tessons étaient datés de l'époque Cortaillod (3840-3530 B.C.) et 20 de l'époque Horgen (3410-3070 B.C.).

La céramique se classe en trois types principaux:

- tessons à matrice silicatée et dégraissant silicaté (si/si),
- tessons à matrice carbonatée et dégraissant carbonaté (ka/ka),
- tessons à matrice mixte et dégraissant mixte (ge/ge)

La matrice des tessons du groupe de céramique si/si est issue d'argiles silicatées grasses à maigres, extraites d'une moraine de fond glaciaire dont les galets granitiques ou gneissiques broyés ont été ajoutés comme dégraissant. La grandeur moyenne des grains est de 3 à 4 mm. Pour la céramique du type ka/ka, des argiles marneuses parfois riches en fossiles de l'Hauterivien (Crétacé inférieur) étaient disponibles près de Douanne. Des débris de coquillages (diamètre moyen env. 3.5 mm) provenant surtout du brachiopode *Rhynchonella*, qui se trouve fréquemment dans les argiles marneuses, ont été utilisés comme dégraissant. Les échantillons ge/ge présentent une matrice inhomogène enrichie en impuretés silicatées ou carbonatées, à interpréter comme ancien limon de pente. Par conséquent, le dégraissant peut être composé de petits fragments de fossiles, de grains de sable etc., emmenés par l'eau de pluie; souvent, le dégraissant silicaté mentionné ci-dessus a été ajouté.

L'existence de trois groupes principaux est confirmée par des analyses aux rayons-X. Celles-ci ont démontré la part importante des minéraux argileux du type mixed layer (interstratifié) de la matrice. Ces résultats, des essais de cuisson et les observations provenant d'autres sites indiquent pour la céramique de Douanne une température de cuisson de 400-600 °C en milieu réducteur. L'utilisation de matériaux de base à caractères chimiques différents pendant plusieurs siècles nous prouve l'absence d'une tendance à perfectionner cette céramique. Elle a été fabriqué entièrement par les colons. L'inhomogénéité des matières de base s'explique par l'habitude ou la nécessité des familles à se procurer les matériaux sur leurs propres champs.

## Summary

From the neolithic pottery from Twann (Lake of Biel, Switzerland) 100 sherds were analyzed using optical microscopy and X-ray diffraction techniques. 80 specimens belong to the Cortaillod-horizon (3840-3530 B.C.) and 20 to the younger horizon of Horgen (3410-3070 B.C.).

The ware can be divided into three main groups:

- sherds with silicate matrix as well as silicate temper (si/si)
- sherds with carbonatic matrix as well as carbonatic temper (ka/ka)
- sherds with mixed matrix (carbonatic and silicate) and mixed temper (ge/ge)

For the first group a glacial clay was used adding crushed morainic pebbles, such as granites and gneisses. The mean diameter of these are 3-4 mm. The second group was manufactured using a local calcareous fossil-rich marl which belongs geologically to the Hauerivien (Upper Cretaceous). Crushed fossil mollusque fragments were added, which derive probably from the Brachiopode Rhynchonella, which is found as a wide-spread inclusion in the marl. The third pottery group shows an inhomogeneous distribution of calcitic and silicatic elements in the matrix and belong probably to a locally found hill clay. The temper is the same as in groups 1 and 2.

The results of the X-ray diffraction analysis confirm these microscopic features. The sherds contain characteristic mixed-layers in the clay fraction which have been formed during burial. Deduced firing temperatures of the ceramic material are in the range of 400-600 °C. The ceramic was manufactured by the inhabitants of these neolithic villages during a long period of several hundred years, using almost the same three locally available raw materials and without a change of the technique. The inhomogeneous nature of the raw materials is possibly given by the fact that the potters used clays from their own ground.

### Übersetzung: Verf.

Kap. 1, 3-7:

W. Nungässer und M. Maggetti

Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität  
CH-1700 Freiburg

Kap. 2, 8:

W. E. Stöckli

Archäologischer Dienst des Kantons Bern

Ausgrabung Twann

Münstergasse 68

3011 Bern

### Bibliographie

- Baumberger, E. (1903). Fauna der Unteren Kreide im westschweizerischen Jura. Abh. schweiz. paläont. Ges. 30.
- Burri, F. R. (1956). Die Rhynchonelliden der unteren Kreide (Valanginien-Barrémien) im westschweizerischen Jura. Eclogae geol. Helv. 49, (2), 599-702.
- Courtois, L. (1973). Phénomènes de régénération après cuisson de certaines céramiques anciennes. C. R. Acad. Sc. Paris, 276, D, 2931-2933
- Drack, W. (Ed.) (1969). UFAS, Bd. II: Die jüngere Steinzeit. SGUF, Basel.
- Enriques, C. R., Danon, J., Da, C. M. C. u. Beltrao, M. (1979). Differential thermal analysis of some amazonian archaeological pottery. Archaeometry 21 (2), 183-186.
- Flügel, E. (1978). Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. Berlin.
- Frangipane, M. u. Schmid, R. (1974). Point Counting and its Errors, a review. Schweiz. Mineralog. Petrogr. Mitt. 54/1, 19-31.
- Füchtbauer, H. u. Müller, G. (1970). Sedimente und Sedimentgesteine (Sediment-Petrologie, Teil II). Stuttgart.
- Häfeli, Ch. (1966). Die Jura-Kreide-Grenzschichten im Bielerseegebiet (Kt. Bern). Eclogae geol. Helv. 59 (2), 565-695.
- Heimann, R. B., Maggetti, M. u. Einfalt, H. C. (1980). Zum Verhalten des Eisens beim Brennen eines kalkhaltigen, illitischen Tones unter reduzierenden Bedingungen. Ber. Dt. Keram. Ges. 57, 6-8, 145-152.
- Letsch, J. u. Noll, W. (1978). Material und Herstellung antiker C-Schwarz Keramik. Teil I und II. Ber. Dt. Keram. Ges. 3, 163-168; 5, 259-261.
- Letsch, J. (1982). Material und Herstellungstechnik der neolithischen und chalkolithischen Keramiken Mittelgriechenlands. Diss. Univ. Köln.
- Maggetti, M. (1979). Mineralogisch-petrographische Untersuchungen des Scherbenmaterials der urnenfelderzeitlichen Siedlung Elchinger Kreuz, Ldkr. Neu-Ulm/Donau. Aus: E. Pressmar, Elchinger Kreuz, Ldkr. Neu-Ulm, Siedlungsgrabung mit urnenfelderzeitlichem Töpfereofen. Kataloge der Prähistorischen Staatssammlung München, Nr. 19, 141-168.
- (1982). Phase Analysis and its Significance for Technology and Origin. Archaeological Ceramics, Smithsonian Institution Press, 121-133.
- Maggetti, M. u. Nungässer, W. (1981). Zur Herkunft der Fossilien in den Fundschichten und den keramischen Scherben der Cortaillod-Kultur von Twann. Aus: W. E. Stöckli, Die Cortaillod-Keramik der Abschnitte 6 und 7, 42-43. Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann, 10. Bern.
- Maggetti, M. u. Schwab, H. (1982). Iron age fine pottery from Châtelion-s-Gläne and the Heuneburg. Archaeometry, 24, 1, 21-36.
- Maggetti, M., Waeber, M. M., Stauffer, L. u. Marro, Ch. (1982). Herkunft und Technik bronze- und eisenzeitlicher Laugen-Melauner Keramik aus dem Alpenraum. Aus: L. Stauffer, Die Siedlungsreste von Scuol-Munt Baselgia. Antiqua 9. Basel 1983.
- Noll, W. (1977). Hallstattzeitliche Keramik der Heuneburg an der oberen Donau. Archäologie und Naturwissenschaften, 1, 1-19.
- (1982). Mineralogie und Technik der Keramiken Altkretas. N. Jb. Miner. Abh. 143, 2, 150-199.
- Nungässer, W. u. Maggetti, M. (1978). Mineralogisch-petrographische Untersuchung der neolithischen Töpferware vom Burgäschisee. Bull. Soc. Frib. Sc. Nat., Vol. 67 Fasc. 2, 152-173.
- Peters, Tj. u. Jenni, J. P. (1973). Mineralogische Untersuchungen über das Brennverhalten von Ziegeltonen. Beitr. Geologie Schweiz, Geotechn. Serie, Lfg. 50, 59 p.
- Twann 1 : Furger, A. R., Orcel, A., Stöckli, W. E. u. Suter, P. J., Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann. Vorbericht. Bern 1977.
- Twann 10 : Stöckli, W. E. (mit einem Beitrag von M. Maggetti u. W. Nungässer), Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann. Die Cortaillod-Keramik der Abschnitte 6 und 7. Bern 1981.
- Twann 20 : Stöckli, W. E., Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann. Die Keramik der Cortaillod-Schichten. Bern 1981.
- Zaun, P. E. (1982). Einflüsse der Bodenlagerung auf antike Keramik. Mineral-Neu- und -Rückbildung als mögliche Grundlagen für neue Datierungshilfen. Ein Beitrag zur archäometrischen Forschung. N. Jb. Miner. MH. 3, 97-105.