

Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte	Band	Seite	Hildesheim 1986
NNU	55	145—189	Verlag August Lax

Archäometrie früh- und hochmittelalterlicher Keramik des Gräberfeldes Schortens, Ldkr. Friesland

Von

Martin Okrusch, Regina Wilke-Schiegries und Hartmut Rötting

Mit 26 Abbildungen und 5 Tabellen

Zusammenfassung:

Durch die mikroskopische Untersuchung von 119 keramischen Scherben des Gräberfeldes Schortens konnten zwei Gruppen mit unterschiedlicher mineralischer Magerung nachgewiesen werden. Der Magerungstyp I, der in allen archäologischen Hauptgruppen vorhanden ist und mengenmäßig stark dominiert, ist durch einen hohen Gehalt an Gesteinsbruchstücken, und zwar überwiegend von Granit, gekennzeichnet. Wir nehmen an, daß diese Granitgrusmagerung schon ursprünglich im Rohton vorhanden war und nicht erst künstlich zugesetzt wurde. Wahrscheinlich liegt dieser Keramik ein Geschiebeblehm zugrunde, der — wie die chemischen Analysen zeigen — sehr calciumarm, vermutlich durch Verwitterung stark entkalkt war. Als Haupttonmineral ist Illit zu vermuten. Der deutlich seltener auftretende Magerungstyp II geht wahrscheinlich auf einen ebenfalls calciumarmen illitischen Rohton zurück, der offenbar so fett war, daß ihm Quarzsand als künstliche Magerung zugesetzt werden mußte. Die chemischen Analysen machen es unwahrscheinlich, daß der Lauenburger Ton als Rohstoff für diese Keramikgruppe diene.

Die meisten, aber nicht alle quarzsandgemagerten Gefäße gehören zur archäologischen Hauptgruppe VIII, der sog. Muschelgruskeramik. Allerdings konnten mikroskopisch keinerlei Muschelschalen oder auch nur Kalkreste nachgewiesen werden. Das könnte an den schlechten Erhaltungsbedingungen im wasserdurchlässigen Sandboden des Gräberfeldes Schortens liegen. In beiden Magerungsgruppen fanden sich häufig Reste von pflanzlicher Magerung. Diese und möglicherweise Speisereste erklären den hohen Anteil an Kohlenstoff, der in vielen Scherben analytisch nachweisbar ist. Auch die z. T. hohen Phosphorgehalte könnten auf organische Beimengungen im Rohton zurückgehen, doch läßt sich eine sekundäre Einwanderung während der Bodenlagerung in der Nähe verwesender Leichen nicht ausschließen.

Die hohen H₂O-Gehalte der Schortens-Keramik sind ein Hinweis auf relativ geringe Brenntemperaturen, bei denen die Tonminerale noch nicht vollständig entwässern konnten. In die gleiche Richtung weist die Tatsache, daß in einem Teil der Scherben röntgenographisch noch Illit nachgewiesen werden konnte, der allerdings schon eine relativ schlechte Kristallinität aufweist. Bei Nachbrennversuchen an zwei Scherben traten ab 600°C die ersten Veränderungen im Mineralbestand der Matrix, nämlich eine Zunahme von Albit, auf. Man muß daher annehmen, daß die Brenntemperaturen nicht höher als 600°C gelegen haben. Hierfür spricht auch die noch hohe Doppelbrechung von Muscovit in der Magerung. Die Bestimmung der Gesamtporosität und der offenen Porosität erbrachten Werte, die für Irdenwaren relativ schlechter Qualität charakteristisch sind. Ein zeitlicher Entwicklungsgang konnte nicht festgestellt werden.

Zur Bedeutung des Gräberfeldes

Auf elf bebauten Flurstücken an der Plaggestraße 32–42 in Schortens, Ldkr. Friesland, konnten in den Jahren 1973 bis 1975 mehrere große, zusammenhängende Flächen und einige kleinere Bereiche in Streulage, insgesamt 60%, eines nahezu 6500 m² umfassenden früh- bis hochmittelalterlichen Gräberfeldes ausgegraben und 670 Brand- und Körperbestattungen des 4./5. bis 12. Jahrhunderts sowie drei Pferdegräber und mehrere Gruben mit Pferdeknochen untersucht werden (RÖTTING 1975). Wenn auch weitere 40 Gräber heranzuziehen sind, die seit der Entdeckung des Gräberfeldes im Jahre 1938 geborgen wurden, dürften dennoch auf den nicht mehr untersuchbaren Restflächen nach der allgemein angetroffenen Belegungsdichte annähernd 350 bis 400 Bestattungen nicht erfaßt worden sein.

Die archäologisch-historische Bedeutung des Bestattungsortes liegt vor allem im erstmaligen Nachweis einer lückenlosen Belegungs- und Besiedlungs-Kontinuität eines Gräberfeldes und des örtlichen Siedlungsraumes, ferner in der Mischung von Grabformen der heidnisch-sächsischen wie heidnisch-friesischen mit der frühchristlichen Bestattungssitte und ihren Übergangserscheinungen sowie schließlich in der Vielzahl an beigabenreichen Bestattungen, die chronologische wie technologische, wirtschaftliche und soziale Rückschlüsse ermöglichen.

Die 710 Gräber verteilen sich auf 291 Brandbestattungen in der Grabform der Urnenbestattung, Brandschüttung, Brandgrube und des Knochenlagers und auf 419 Körperbestattungen, darunter 70 vorwiegend Süd-Nord (oder Nord-Süd) orientierte Grabanlagen, die im Gegensatz zu den 310 West-Ost-Gräbern (Beigabenlosigkeit zu rund 66%) bis auf wenige Einzelfälle mit Beigaben und Trachtzubehör reich ausgestattet waren.

Die Keramik

Unter den zahlreichen Grabbeigaben des Gräberfeldes Schortens nimmt die Keramik nach Menge und Erhaltungszustand den ersten Rang ein. Ein Teil der gefundenen Gefäße läßt sich als Importware identifizieren, doch stammen die meisten offenbar aus heimischer Produktion. Unsere Untersuchungen sollen dazu beitragen, das Bild dieser bodenständigen Töpferei, die über einen Zeitraum von acht Jahrhunderten nachweisbar ist, zu verdeutlichen. Dabei interessieren uns insbesondere folgende Fragen:

1. Welcher Ton oder welche Tone wurden von den mittelalterlichen Töpfern verarbeitet? Fand eine künstliche Magerung statt? Wurden in gewissen Zeiträumen unterschiedliche Rohstoffe verwendet?
2. Wie ist die technische Qualität der Schortens-Keramik zu beurteilen? Läßt sich eine technologische Entwicklung, etwa im Sinne einer Qualitätsverbesserung nachweisen?
3. Zeigt die Schortens-Keramik technologische, mineralogische oder chemische Besonderheiten, die eine Abgrenzung von keramischen Erzeugnissen anderer Produktionsstätten ermöglichen?

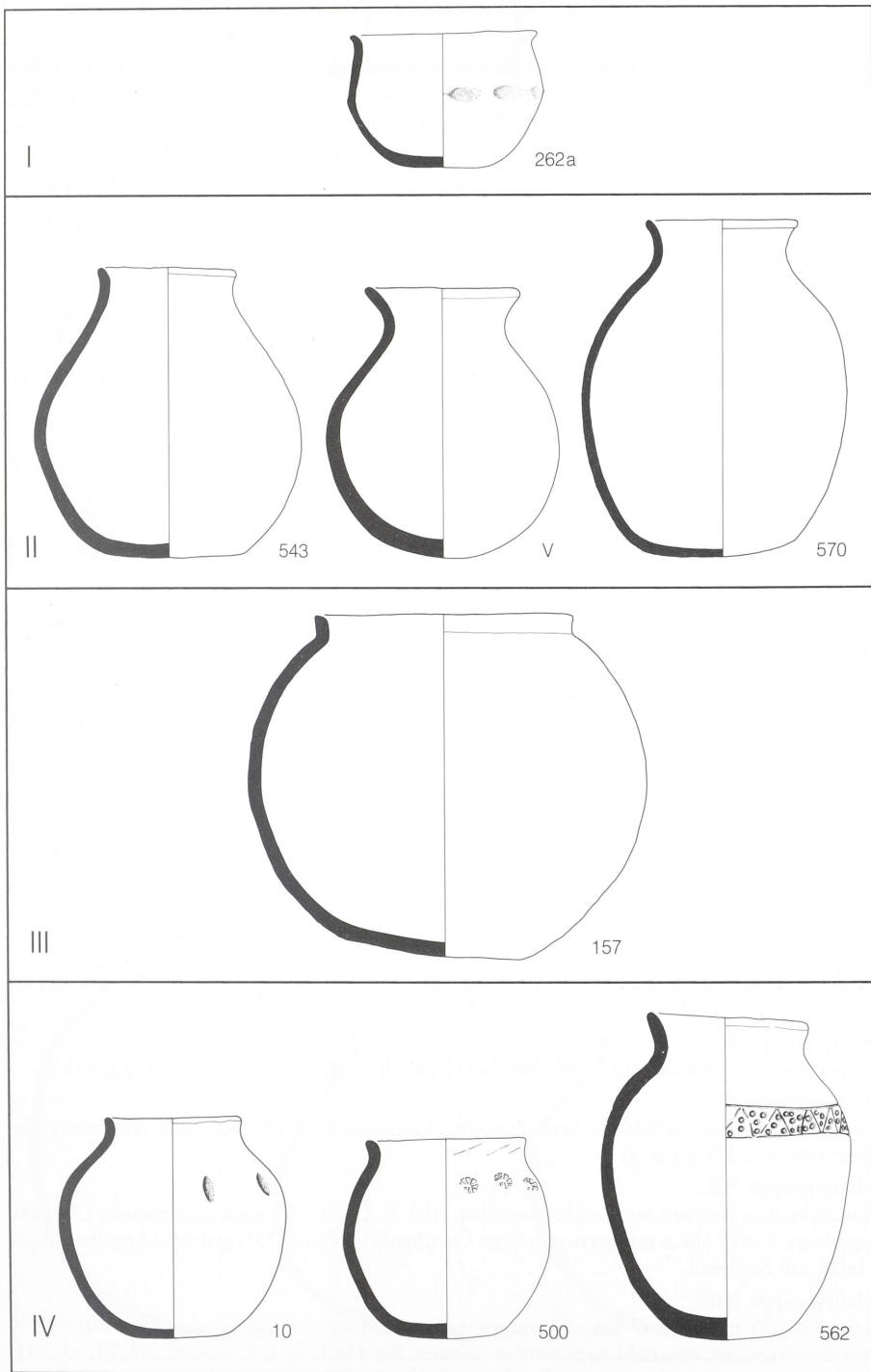


Abb. 1

Schortens, Ldkr. Friesland.

Keramik des früh- bis hochmittelalterlichen Gräberfeldes an der Plaggestraße. Nach Typen gegliederte Hauptgruppen I–IV (ausgewählte Grabgefäße mit Grabnummer).

M. 1:5.

Es wurden insgesamt 119 Keramikproben mineralogisch untersucht, die von Gefäßen aus 116 Gräbern stammen und einschließlich der Streuscherbenfunde rd. 250 Gefäße repräsentieren. Der überwiegende Teil der Proben wurde aus dem Randbereich von intakten oder restaurierten Gefäßen herausgeschnitten; nur wenige stellen isolierte Scherben dar. Der größte Teil der bearbeiteten Keramik konnte nach Haupttypen (*Abb. 1—3*) gruppiert und altersmäßig grob und vorläufig eingestuft werden. Folgende Hauptgruppen können unterschieden werden:

Hauptgruppe I:

Schalen und Buckelurnen (4./5. Jahrhundert). Gefäße 262 a (*Abb. 1*), 262 b, 406, 444, 463, 625.

Hauptgruppe II:

Gefäße mit stark einziehendem Oberteil (6./7. Jahrhundert). Gefäße V (*Abb. 1*), 34, 176, 243, 375, 400, 404, 504, 543 (*Abb. 1*), 569, 570 (*Abb. 1*), 571.

Hauptgruppe III:

Kugelbauchige Gefäße mit kurzem Steilrand und Standboden (7./8. Jahrhundert). Gefäße 8, 157 (*Abb. 1*), 413 b.

Hauptgruppe IV:

Gefäße mit Stempel- und/oder Mandelkernverzierung (7. bis 9. Jahrhundert). Gefäße XII, 10 (*Abb. 1*), 22, 117, 138, 347, 374, 500 (*Abb. 1*), 529, 534, 552, 562 (*Abb. 1*), 609.

Hauptgruppe V:

Becher (zeitlich noch nicht eingestuft). Gefäße 123, 226, 243, 496 (*Abb. 2*), 497, 552, 580 (*Abb. 2*), 610, 611.

Hauptgruppe VI:

Eitöpfe mit Varianten (8./9. Jahrhundert). Gefäße 25, 36, 37, 54, 104 (?), 107, 203, 223, 366, 508 (*Abb. 2*), 541, 544, 567, 572, 577, 581, 584, 590.

Hauptgruppe VII:

Kugelbauchige Gefäße mit Standboden und schräg ausgestelltem Lippenrand, mit Varianten (8./9. Jahrhundert). Gefäße 24, 211, 392, 568 b (*Abb. 2*), 582, 585, 591.

Hauptgruppe VIII:

Muschelgruskeramik (Ende 8. bis 9. Jahrhundert). Gefäße 7, 210, 225, 239, 510, 513, 587 (*Abb. 2*), 589, 612 b (*Abb. 2*), 641 (*Abb. 2*), 800.

Hauptgruppe IX:

Kugeltöpfe (10./13. ? Jahrhundert). Gefäße 52, 108, 150 (*Abb. 2*), 201, 211, 250, 251 (*Abb. 2*), 284, 288, 600 (*Abb. 2*).

Hauptgruppe X:

Importkeramik (um 700 bis 9. Jahrhundert) (*Abb. 3*). Gefäße 322, 323, 325, 413 a, 633.

Hauptgruppe XI:

Schultertöpfe, d. h. Gefäße mit hochliegendem Umbruch (zeitlich noch nicht eingestuft). Gefäße 178, 365, 577 (*Abb. 3*).

Hauptgruppe XII:

Sonderformen (zeitlich noch nicht eingestuft; *Abb. 3*). Gefäß 563: stark einziehendes Oberteil, engobiert. Gefäß 568 a: mit gegenständigen Ösenhenkeln. Gefäß 391: gedrückt kugelbauchiges Gefäß mit Steilrand.

Hauptgruppe XIII:

Scherben, die nicht sicher einer Hauptgruppe zuzuordnen sind, wobei aber HG VIII und X mit Bestimmtheit ausgeschlossen werden können. Gefäße 1, 2, 3, 4, 5, 6, 61, 62, 71, 93, 461, 573, 645, 665, 7753.

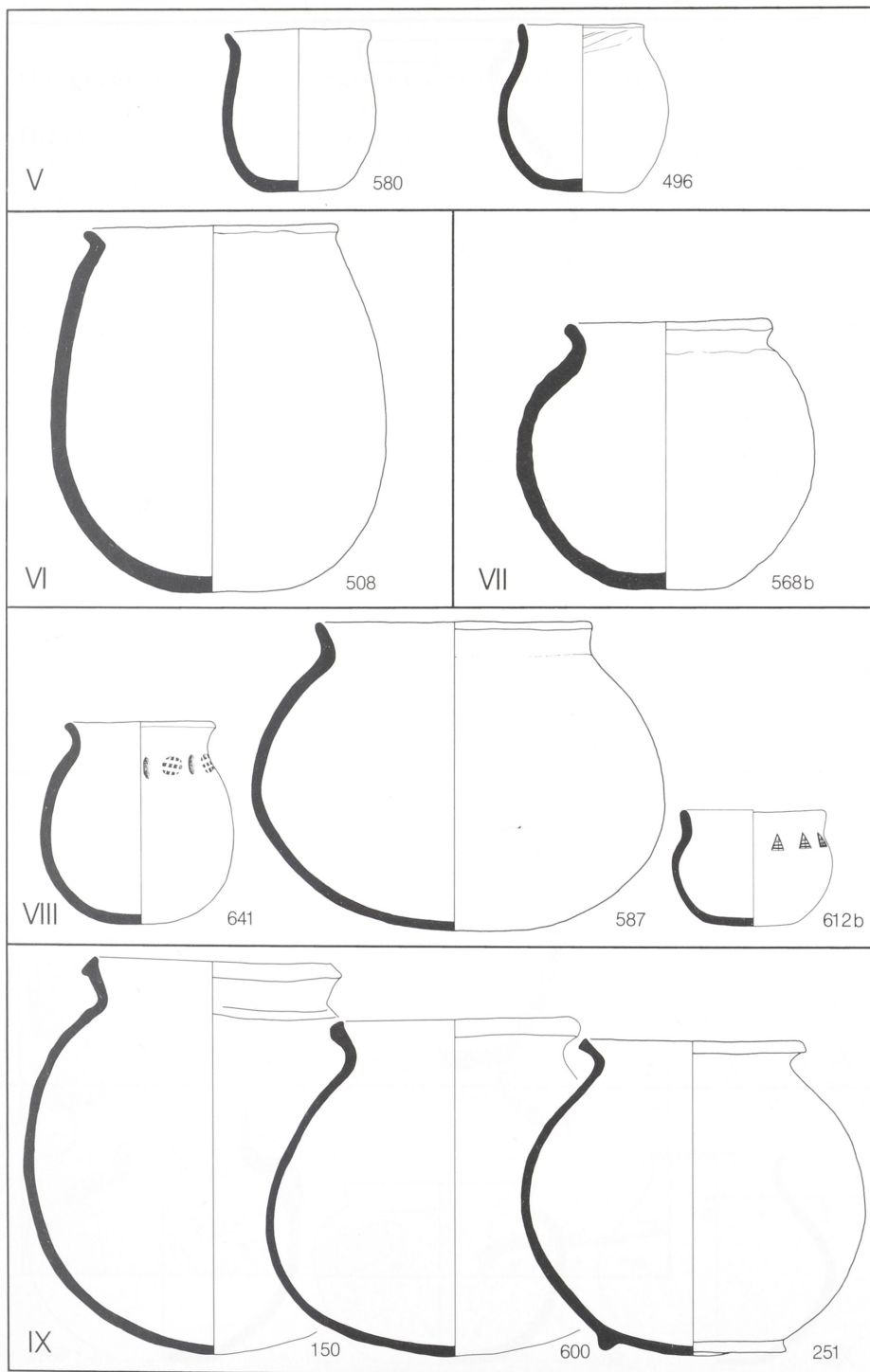


Abb. 2

Schortens, Ldkr. Friesland.

Keramik des früh- bis hochmittelalterlichen Gräberfeldes an der Plaggestraße. Nach Typen gegliederte Hauptgruppen V–IX (ausgewählte Grabgefäße mit Grabnummer).

M. 1:5.

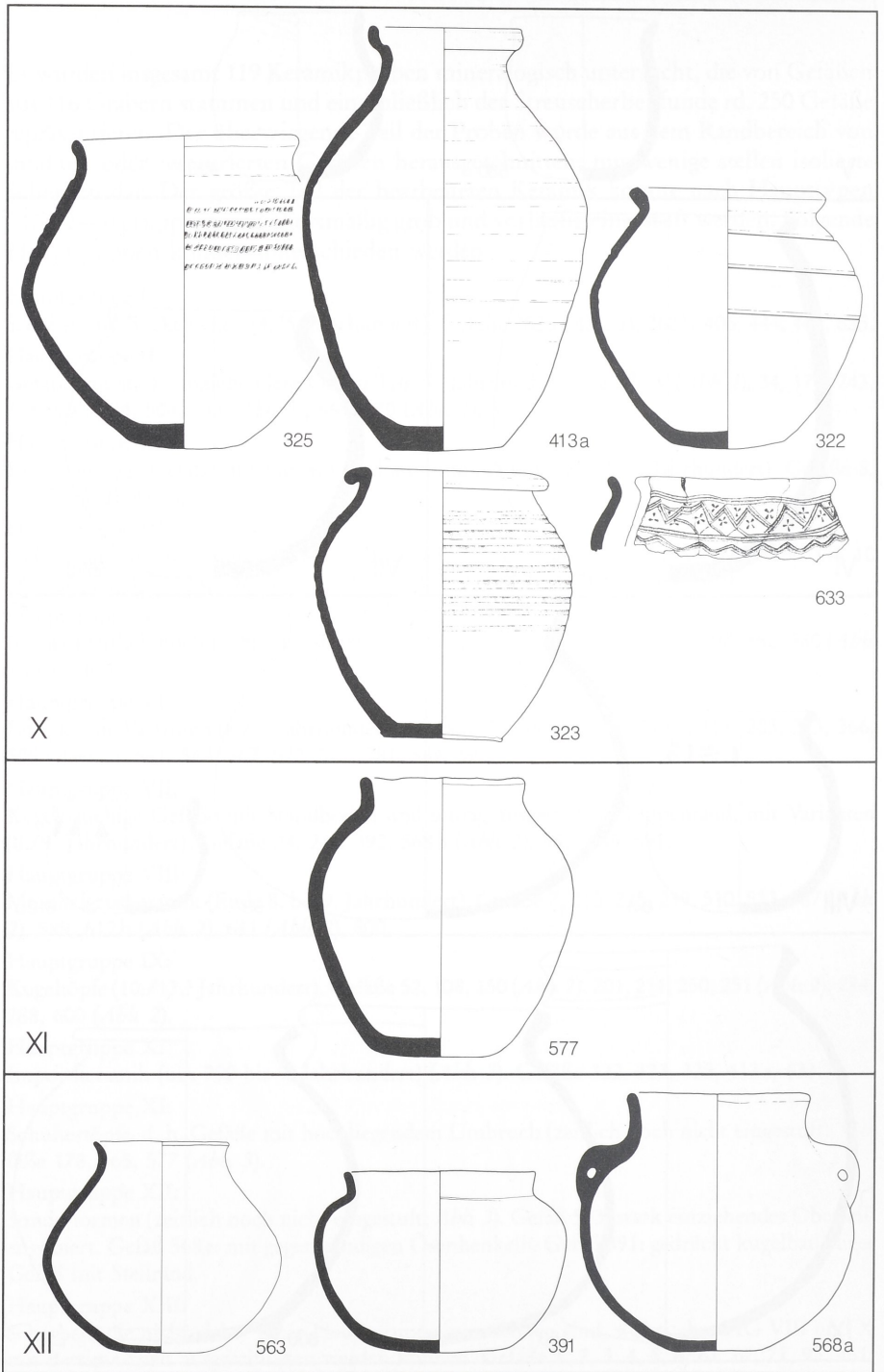


Abb. 3

Schortens, Ldkr. Friesland.

Keramik des früh- bis hochmittelalterlichen Gräberfeldes an der Plaggestraße. Nach Typen gegliederte Hauptgruppen X—XII (ausgewählte Grabgefäße mit Grabnummer).

M. 1:5.

Geographische und geologische Position des Gräberfeldes Schortens

Der Ort Schortens liegt etwa 12 km westlich von Wilhelmshaven und etwa 6 km süd-südöstlich von Jever (Blatt 2413 Jever der Karte 1:25 000, Rechtswert 34 307, Hochwert 59 337), und zwar am Süd-Ost-Rand der Geest gegen die östliche Marschumrahmung des Jadebusens (Abb. 4). Die Marsch wird im wesentlichen aus marinen Schlickern des Holozäns gebildet, die teilweise von Flachmoortorfen unterlagert werden. Die Geest besteht in der näheren Umgebung von Schortens aus Sanden und Kiesen des Saale-Glazials, speziell des Drenthe-Stadiums. In der Umgebung treten auch Geschiebelehne des Drenthe-Stadiums auf, die meist von Sand überlagert werden und weithin von holozänen Hochmooren bedeckt sind. Unterlagert werden die drenthezeitlichen Sedimente von der Beckenablagerung des Lauenburger Tons, die aus dem Ende des Elsterglazials stammt (HOLLSTEIN 1951; SINDOWSKI 1969).

Der Lauenburger Ton bietet eine der wesentlichen Gewinnungsmöglichkeiten von Töpfereiton im Raum Schortens. Meist in verwitterter, d. h. in entkalkter Form wurde und wird er z. T. noch heute im Raum Varel-Bockhorn und Jever-Ardorf zur Klinker-

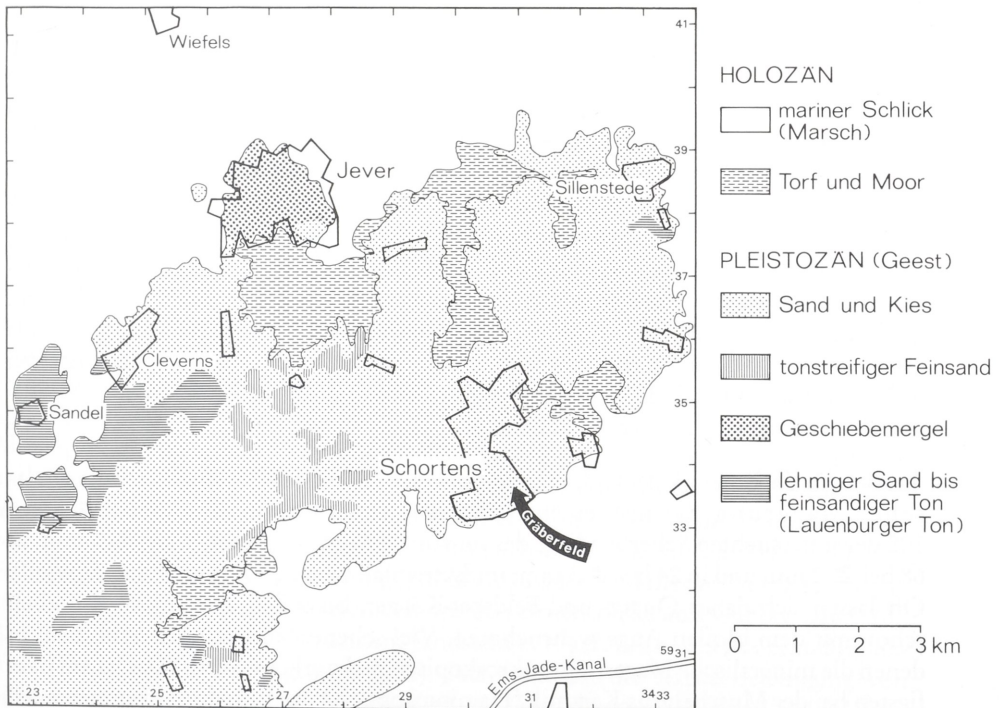


Abb. 4

Geologische Kartenskizze der Umgebung von Schortens. Nach SCHUCHT 1898/99 und DECHEND 1957.

herstellung abgebaut (z. B. DIENEMANN und BURRE 1928; WILDVANG 1938; SINDOWSKI 1969; ECKHARDT et al. 1980; STEIN et al. 1981). Darüberhinaus kommen am ehesten die pleistozänen Geschiebelehme, vielleicht auch der holozäne Schlick als Rohmaterial für die Keramikherstellung in Frage.

Makroskopische Merkmale

Nicht alle der untersuchten Gefäße sind gut erhalten; viele lassen Verwitterungsspuren erkennen, sanden ab, sind bröckelig oder aufgetrieben. Die Wandstärke der Gefäße variiert zwischen 3 und 12 mm, jeweils an der dünnsten Stelle gemessen. Ein klarer Zusammenhang mit der Gruppierung nach formübergreifenden Merkmalen oder nach dem Alter ist nicht erkennbar. Schon die in das 4./5. Jahrhundert eingestuften Schalen und Buckelurnen (Hauptgruppe I) sind teilweise recht dünnwandig; umgekehrt treten bei den viel jüngeren Kugeltöpfen (Hauptgruppe IX) auch dickwandige Gefäße auf. Bei fast zwei Dritteln der untersuchten Gefäße sind die Oberflächen innen und/oder außen mehr oder weniger gut geglättet. Diese Glättungsspuren lassen sich auch noch bei schlecht erhaltenen Gefäßen erkennen.

Fast alle Scherben der Schortens-Keramik zeigen im Kern eine dunkelgraue bis tief-schwarze Farbe, die nach der GSA Rock Color Chart (GODDARD et al. 1963) mit N3, N2 oder N1, nur in Ausnahmefällen mit 10YR2/2, 10YR5/4 oder 5YR5/6 zu kennzeichnen sind. Demgegenüber sind die inneren und/oder äußeren oberflächennahen Bereiche gelblich- bis rötlichbraun oxidiert, nicht selten mit fleckiger Farbverteilung. Die entsprechenden Kennziffern sind 10YR5/4 bis 3/4, 10YR4/2 bis 3/2, 5YR6/4, 5YR4/4 und 10R4/6. Wie die chemischen Analysen (s. u.; *Tabelle 3*) zeigen, sind diese Farbunterschiede durch reichliche Anwesenheit von Kohlenstoff als Reduktionsmittel bedingt. Dieser wurde in der Nähe der Scherbenoberfläche ausgebrannt, vielleicht erst bei Luftzutritt während der Abkühlung des Gefäßes (vgl. MAGGETTI 1979). Zweistündiges Nachbrennen von Schortens-Keramik unter Luftzutritt bei 800°C führte dazu, daß die Scherben im Kern eine gelbliche bis rosa, in der Oberflächenebene eine ziegelrote Farbe annahmen.

Typisch für die Keramik des Gräberfeldes Schortens ist ein hoher Anteil an mineralischer Magerung, die meist einen merklichen Anteil an größerem Korn enthält. In 108 der untersuchten Scherben liegt der maximale Korndurchmesser bei ≥ 1 mm, in 68 bei ≥ 2 mm und in 24 bei ≥ 3 mm; im Extremfall werden 5 mm erreicht (*Tabelle 1*). Oft lassen sich daher Quarz- und Feldspat-Körner, bisweilen auch Biotit-Blättchen schon mit dem bloßen Auge wahrnehmen. Viel seltener sind dagegen Scherben, in denen die mineralische Magerung makroskopisch nicht erkennbar ist. Das ist am häufigsten bei der Muschelgrus-Keramik (Hauptgruppe IX) der Fall; doch kommen auch hier größer gemagerte Scherben vor. Etwa zwei Drittel der untersuchten Keramik, und zwar aus allen archäologischen Gruppen, enthält eckige bis linsenförmige Altkörner (s. u.), die bis 3 mm groß werden. Organische Magerung, hauptsächlich verkohltes Pflanzenhäcksel oder Holzreste, tritt in etwa 30 Scherben auf.

Fast alle untersuchten Scherben zeigen schon makroskopisch grobe offene Poren und Risse, langgestreckte, oft flammenförmige Hohlräume, die bis mehrere Millimeter lang werden und häufig subparallel zur Gefäßwandung angeordnet sind. Sie bilden damit eine Textur ab, die dem Gefäß bei der Formung aufgeprägt wurde.

Mikroskopie der Magerung

Mineralische Magerung

Alle untersuchten Scherben enthalten Bruchstücke von Einzelmineralen und von Gesteinen, die entweder in der Rohmasse schon ursprünglich als „natürlicher Magerung“ vorhanden waren oder ihr als künstliche Magerung zugesetzt wurden, um das Schwindens des plastischen Tons beim Brand herabzusetzen und die Bildung von Schwundrisen möglichst zu vermeiden. Auf Grund ihrer mineralischen Magerung läßt sich die bodenständige Schortens-Keramik in zwei große Gruppen einteilen, die allerdings in ihrem Mengenanteil sehr ungleichwertig sind.

Magerungstyp I: Granitgrus

Bei der Keramik des Gräberfeldes Schortens ist Granitgrus als Magerung weitaus am häufigsten; sie fehlt in keiner der archäologischen Hauptgruppen und kann geradezu als typisch für Schortens angesehen werden. Wie Tabelle 1 erkennen läßt, enthalten etwa 100 der untersuchten Scherben Gesteinsbruchstücke, die als Granit, Granodiorit, Granitgneis, Pegmatit oder Aplit anzusprechen sind. Es handelt sich um Verwachsungen aus Quarz, Kalifeldspat (meist Mikroklin oder Mikroklin-Mikroperthit) und Plagioklas in wechselnden Kombinationen und Mengenverhältnissen (*Abb. 5, 6, 7*); nicht selten beobachtet man myrmekitische oder schriftgranitische Gefüge (*Abb. 8*). Auch als Einzelkörner sind Quarz und Feldspäte die weitaus wichtigsten Magerungskomponenten. Es folgt Biotit, der in merklicher Menge vorkommen kann, und zwar als Einzelmineral und — in mehr als der Hälfte der untersuchten Scherben — als Bestandteil granitischer Bruchstücke (*Abb. 5, 7*). Oft sind auch Muscovit (*Abb. 7*) und Epidot beteiligt, allerdings meist in untergeordneter Menge; gelegentlich bilden sie als sekundäres Abbauprodukt die „Fülle“ in größeren Plagioklaskörnern. Nicht ganz die Hälfte der untersuchten Scherben führt braune oder grüne Hornblenden, z. T. in beachtlicher Menge. Allein oder zusammen mit Biotit bildet sie in 22 Scherben den Gemengteil von granitischen bis dioritischen Gesteinsbruchstücken (*Abb. 9*). Neben Quarz-Feldspat-Verwachsungen treten häufig grobkörnige oder feinkörnige Quarz-Aggregate auf, z. T. auch Quarzite. Nur vereinzelt wurden Bruchstücke von Gabbro (*Abb. 10*), Basalt (*Abb. 11, 12*), sauren Vulkaniten, Sandstein u. a. gefunden und nur einmal Kalkstein (Scherbe 271, Hauptgruppe XIII). Interessant ist die starke Beteiligung von Sillimanit-Cordierit-Gneis in den Scherben 392 (Hauptgruppe VII) und 544 (Hauptgruppe VI) (vgl. *Abb. 13, 14, 15*); sie paßt gut in das Bild einer Keramik, die überwiegend mit Kristallin-Material gemagert ist. Einige Scherben führen Granat (*Abb. 16*), Scherbe 104 enthält ein Disthenkorn. Als Akzessorien sind Zirkon und Apatit recht verbreitet, sie wurde in Tabelle 1 nicht gesondert aufgelistet; Turmalin ist dagegen sel-

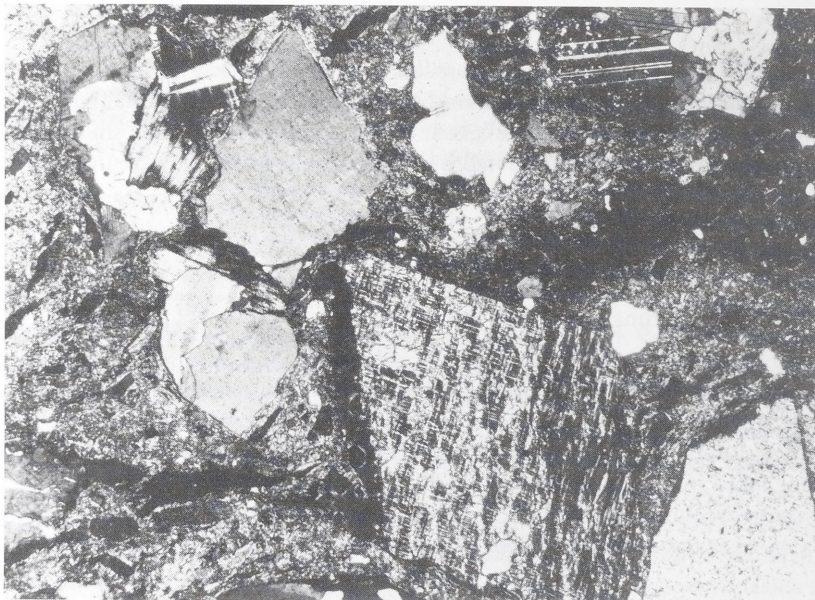


Abb. 5

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 24, Keramik der Hauptgruppe VII mit typischer Granitgrus-Magerung. Die eckigen bis kantengerundeten Gesteinsbruchstücke bestehen aus Quarz (weiß bis hellgrau), Mikroklin (mit charakteristischer Gitterung), Plagioklas (mit charakteristischer Zwillingsstreifung) und etwas Biotit. Rechts oben im Bild und am rechten Bildrand flammenförmige Poren (schwarz). Vergrößerung 31 x, gekreuzte Polarisatoren.

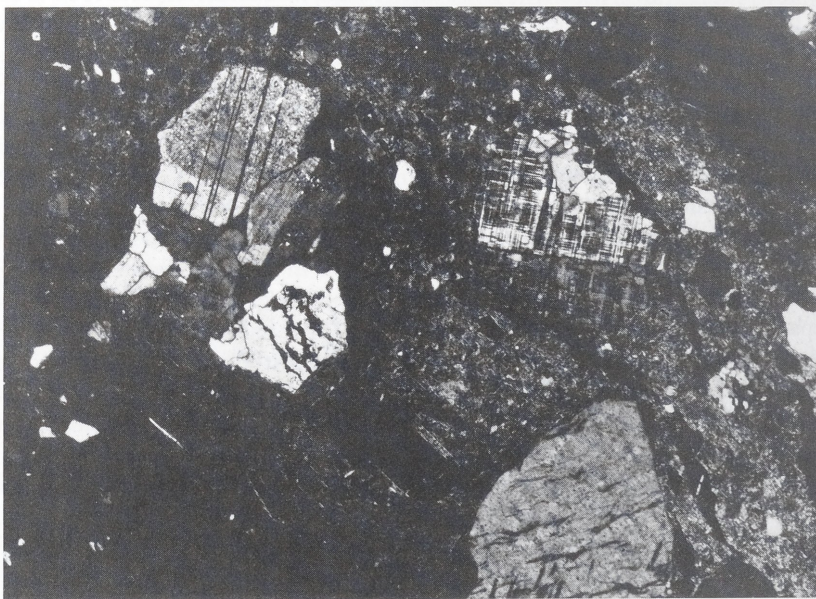


Abb. 6

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 24, Hauptgruppe VII. Granitbruchstücke aus Quarz, Plagioklas und Mikroklin. Vergrößerung 31 x, gekreuzte Polarisatoren.

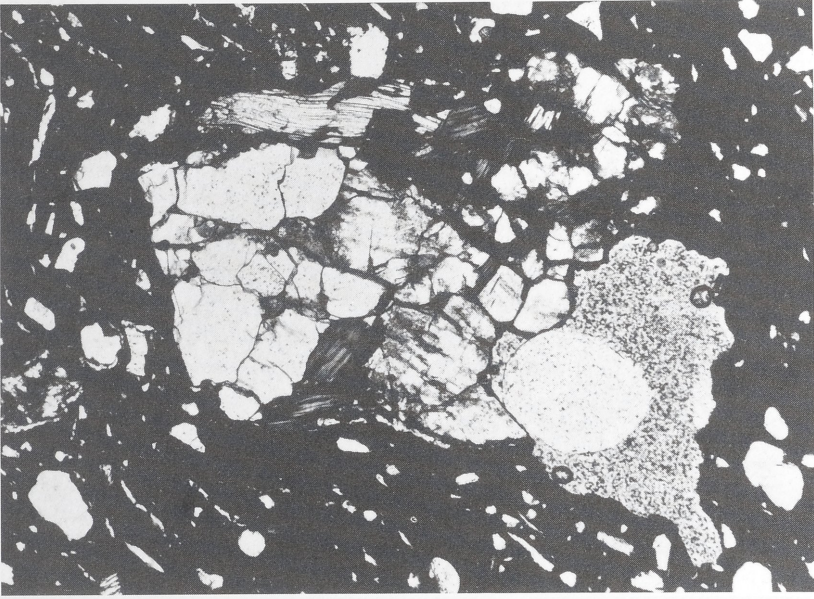


Abb. 7

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
 Probe 497, Keramik der Hauptgruppe V. Größeres Bruchstück von Granit. Neben Quarz (weiß)
 und Plagioklas (weiß, stellenweise durch sekundäre Umwandlung getrübt) tritt hier reichlich
 Biotit (dunkelgrau) und Muscovit (hellgrau, mit verbogenen Spaltrissen) auf.
 Vergrößerung 43 x, 1 Polarisator.

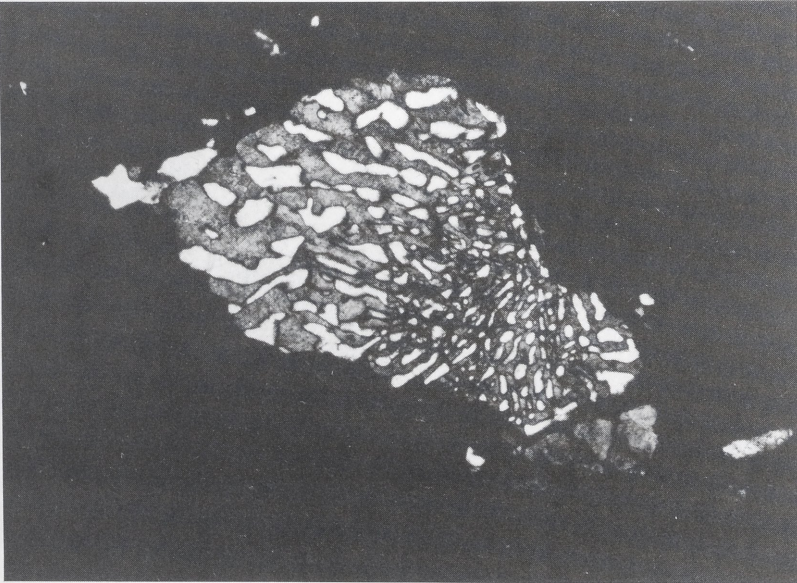


Abb. 8

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
 Probe 572, Keramik der Hauptgruppe VI. Schriftgranitische Verwachsung aus Quarz (weiß)
 und Kalifeldspat (mittelgrau). Vergrößerung 70 x, gekreuzte Polarisatoren.

tener. Pyroxene treten fast ausschließlich als Bestandteil von Gabbro- oder Basalt-Bruchstücken auf.

Kennzeichnend für den vorliegenden Magerungstyp I ist die große Variationsbreite in der Korngröße, die ohne Hiatus von Matrix-Dimensionen (Grenze bei 0,02 mm) auf Maximalwerte von einigen Millimetern ansteigt (*Tabelle 1*). Auch die Kornformen sind recht variabel. Die groben Gesteinsbruchstücke besitzen eckige, gebuchtete oder kantengerundete Umrisse; manche Körner, besonders kleinere Quarzkörner sind vollrund.

Korngrößenverteilung, Kornformen und die Besonderheiten im Mineralbestand der Grobkomponenten — vor allem der hohe Biotit-Anteil — lassen sich am ehesten verstehen, wenn man annimmt, daß der Granitgrus bereits als natürliche Magerung in der Rohmasse vorhanden war, ähnlich wie das OKRUSCH et al. (1973) für die prähistorische Keramik des Tibesti wahrscheinlich machen konnten. Als Rohmaterial für die Keramik-Produktion im Raum Schortens bietet sich dann zwanglos der dreithezeitliche Geschiebelehm an, der besonders im heutigen Ortsgebiet von Jever ver-

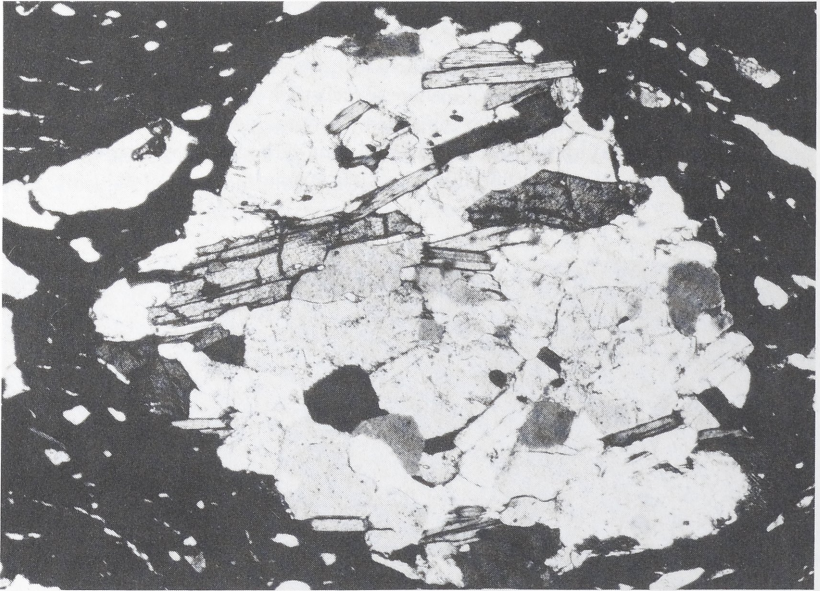


Abb. 9

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 567, Keramik der Hauptgruppe VI. Größeres Bruchstück von Hornblendegranit. Neben Quarz (weiß bis mittelgrau, klar) sowie Kalifeldspat und Plagioklas (weiß bis mittelgrau, teilweise durch Zersetzung getrübt) treten Biotit (scheitförmig, mit zarten Spaltrissen) und Hornblende (mittel- bis dunkelgrau, mit kräftigen Spaltrissen und teilweise mit charakteristischen rautenförmigen Kristallumrissen) deutlich hervor. Vergrößerung 34 x, halbgekreuzte Polarisatoren.

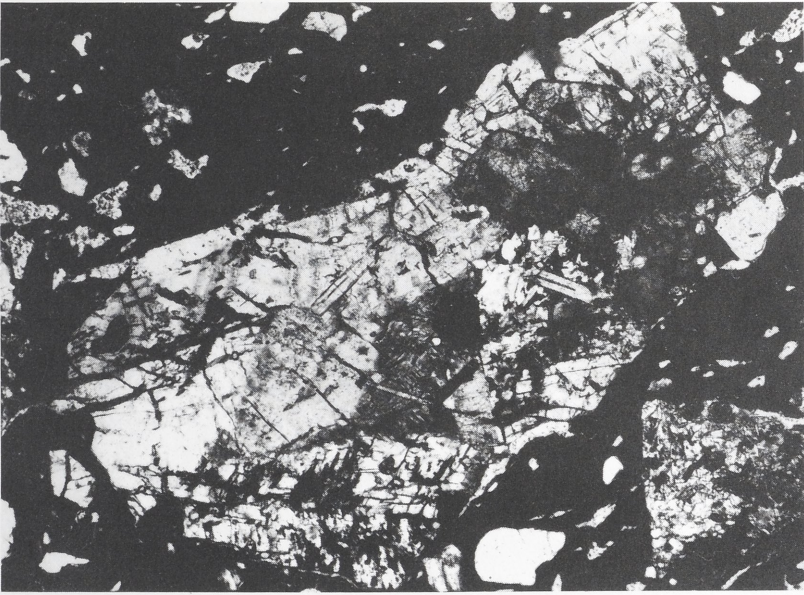


Abb. 10

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
 Probe 271, Keramik der Hauptgruppe XIII. Neben anderen Gesteinsbruchstücken ein größeres
 Korn von Monzogabbro. Hauptmineral ist Plagioklas (hellgrau, durch Zersetzung getrübt);
 daneben tritt Alkalifeldspat auf, der mit Plagioklas z. T. feinkörnige, graphophyrische Verwach-
 sungen bildet (Bildmitte). Rechts oben zwei Pyroxenkörner (dunkelgrau). Auffallend sind
 ferner langgestreckte Prismen von Apatit mit dunkler „Seele“. Vergrößerung 40 x, gekreuzte
 Polarisatoren.

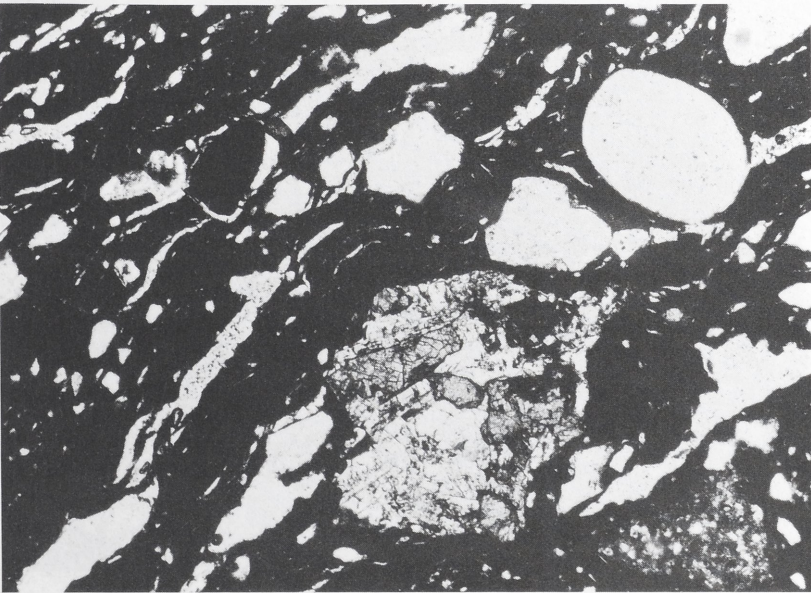


Abb. 11

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
 Probe 36, Keramik der Hauptgruppe VI. Bruchstück von Basalt (Mitte) bestehend aus Plagioklas
 (weiß, durch sekundäre Umwandlung stellenweise getrübt) und Augit (mittelgrau mit typischen
 Spaltrissen). Daneben treten Magerungskörner von Quarz (weiß) auf. Zu beachten sind weiter
 zahlreiche langgestreckte, flammenartige Poren (weiß, z. T. durch Schleifpulver verunreinigt).

Vergrößerung 42 x, 1 Polarisator.

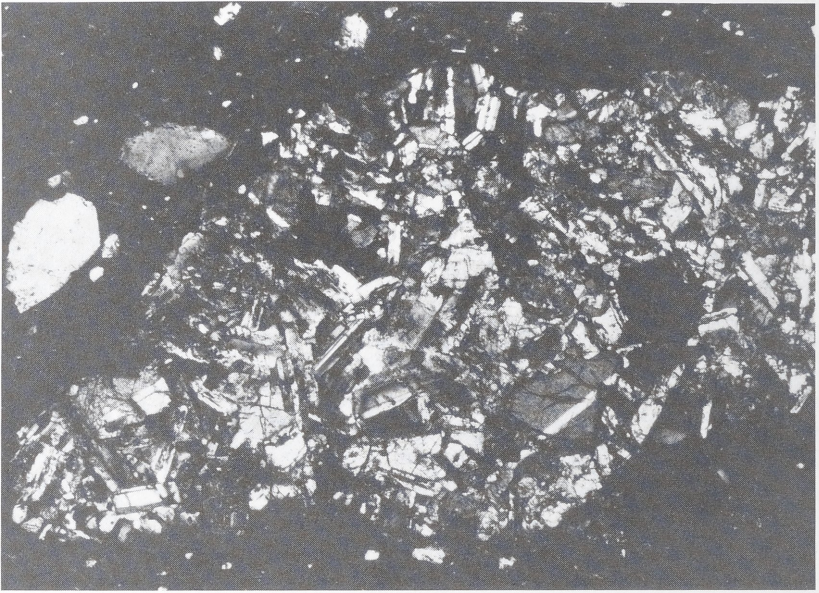


Abb. 12

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 36, Hauptgruppe VI. Großes Bruchstück von Basalt mit zahlreichen leistenförmigen Plagioklasen, die bei gekreuzten Polarisatoren (im Gegensatz zu Abb. 11) die charakteristische Zwillingstreifung erkennen lassen. Der z. T. ebenfalls verzwilligte Augit ist hier weniger auffallend. Vergrößerung 42 x, gekreuzte Polarisatoren.

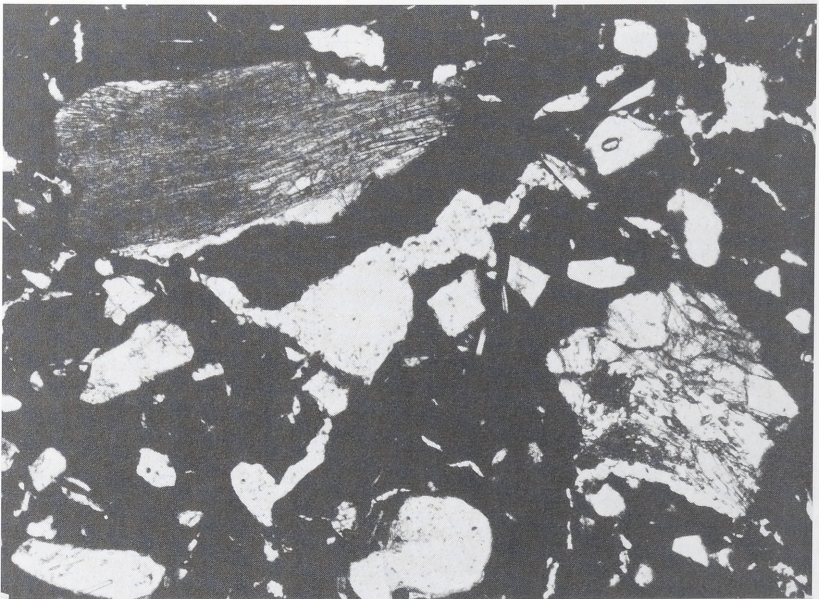


Abb. 13

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 392, Keramik der Hauptgruppe VII. Mehrere eckige bis kantengerundete Bruchstücke von Sillimanit-Gneis. Der nadelförmige Sillimanit bildet im linken oberen Bruchstück zopffartige Aggregate, während er links unten und rechts isolierte Einschlüsse im Quarz bildet. Vergrößerung 70 x, 1 Polarisator.

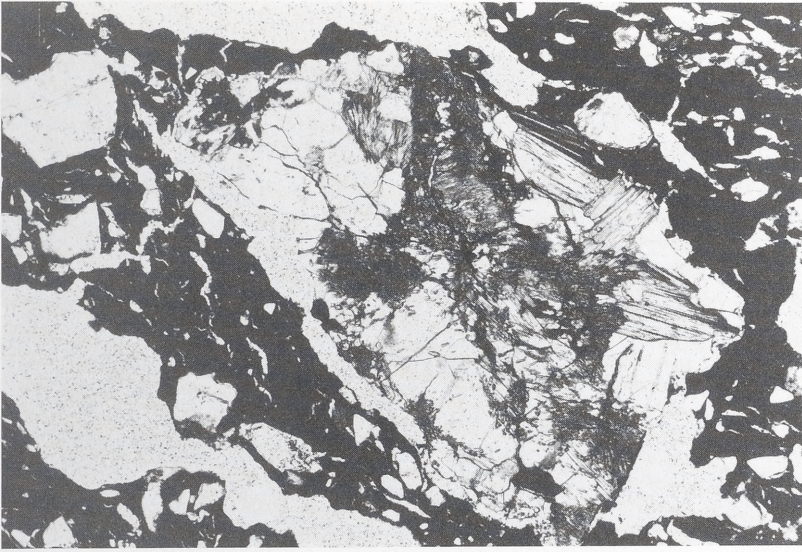


Abb. 14

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 392, Hauptgruppe VII. Größeres Bruchstück von Sillimanit-Cordierit-Gneis. Sillimanit bildet feinfilzige Aggregate; Cordierit ist sekundär weitgehend zersetzt (z. B. an der linken oberen Ecke des Gneiskorns). Neben Quarz (weiß) tritt viel Biotit (hellgrau mit typischen Spaltrissen, rechte Seite des Gneiskorns) auf. Vergrößerung 31 x, 1 Polarisator.

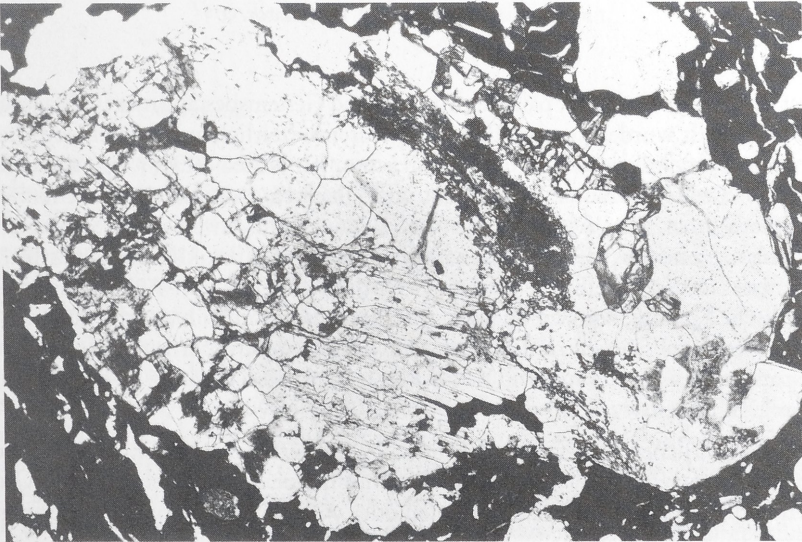


Abb. 15

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 544, Keramik der Hauptgruppe VI. Großes, gerundetes Korn von Sillimanit-Cordierit-Gneis. Hauptminerale sind Quarz (weiß) und Kalifeldspat (weiß, partienweise durch sekundäre Zersetzung getrübt). Der feinnadelige Sillimanit bildet vor allem im mittleren, oberen Teil des Gneiskorns ein filziges Aggregat. Cordierit ist in der Nähe des rechten, oberen Kornrandes gut erkennbar (tönnchenförmige Körner mit charakteristischer Zersetzung). In der Mitte, unten und am linken oberen Kornrand fallen große Muscovite mit zahlreichen Quarz-Einschlüssen auf (weiß mit deutlichen Spaltrissen). Vergrößerung 31 x, 1 Polarisator.

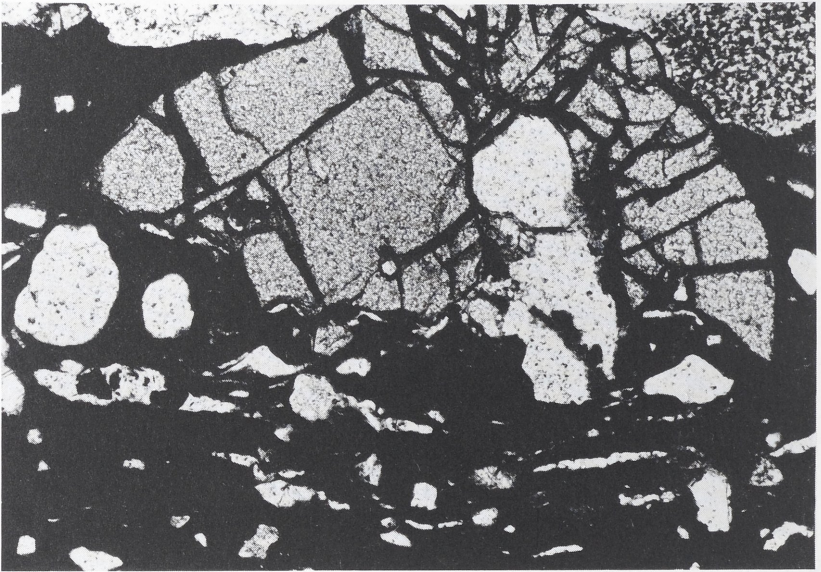


Abb. 16

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 226, Keramik der Hauptgruppe V. Bruchstück eines runden Granatkorns (mittelgrau mit zahlreichen Rissen) im Randbereich des keramischen Scherbens (oben). Der Granat enthält Einschlüsse von Quarz (weiß). In der Matrix des Scherbens langgestreckte Poren (weiß). Vergrößerung 70 x, 1 Polarisator.

breitet ist (Abb. 4). In der Tat paßt der Mineral- und Gesteinsbestand, der im Magerungstyp I festgestellt wurde, gut zum Bestand der drenthezeitlichen Leitgeschiebe, die aus dem mittel- und südschwedischen Raum stammen (KORN 1927; vgl. auch HESE-MANN 1975). Neben sauren Vulkaniten und Diabasen dominieren hier Granite aus dem Raum Stockholm-Ålands-Inseln und aus dem südschwedischen Småland. Die Smålands-Granite führen überwiegend Mikroklin bzw. Mikroklin-Mikroperthit, teilweise neben Albit; in einigen Varietäten tritt Hornblende auf. Auch einige mittelschwedische Granite, wie der Uppsala- und der Sala-Granit führen Hornblende. Die Granite der Ålands-Inseln schließlich zeichnen sich durch schriftgranitische Quarz-Feldspat-Verwachsungen aus, wie sie als Magerungsmaterial häufig in der Schortens-Keramik gefunden wurden.

Bei einer künstlichen Magerung mit Sand sollte man erheblich besser gerundete Kornformen, ein ausgeprägtes Korngrößen-Maximum, einen wesentlich höheren Quarz-Anteil und ein weitgehendes Zurücktreten oder völliges Fehlen von verwitterungsanfälligem Biotit erwarten.

Erwägen könnte man eine künstliche Magerung des Rohtons mit einem Grus aus zer Schlagenen Geschieben. Bei einem solchen — recht mühsamen — Verfahren müßten alle Magerungskörner eckig bis splittrig ausgebildet sein, was nicht der Fall ist.

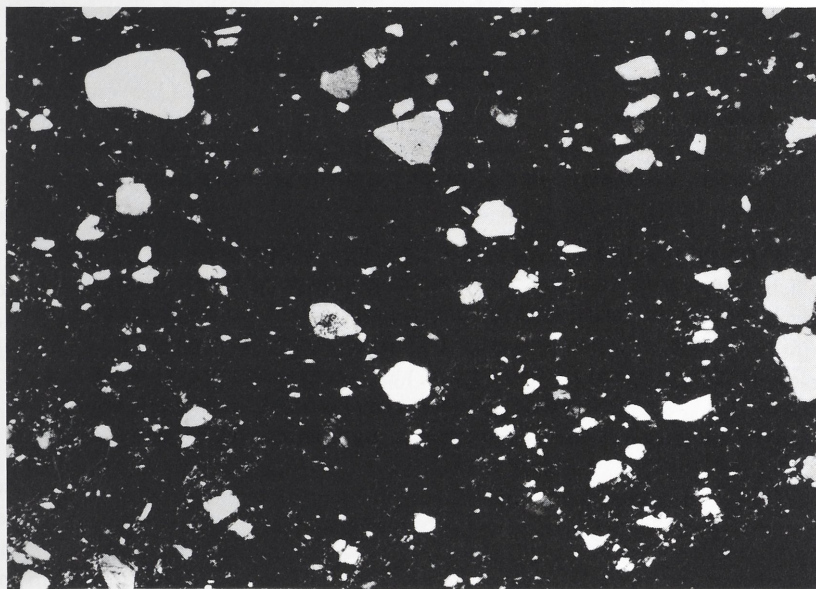


Abb. 17

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 513, Keramik der Hauptgruppe VIII. Quarzsand-Magerung. Neben den rundlichen Quarzkörnern (meist hellgrau) sind langgestreckte Poren (fast schwarz) erkennbar. Vergrößerung 31 x, gekreuzte Polarisatoren.

Magerungstyp II: Quarzsand

Dieser Magerungstyp wurde bei 14 oder 15 Gefäßen gefunden, von denen neun zur Muschelgrus-Keramik (Hauptgruppe VIII), die übrigen zu Gefäßen der Hauptgruppen IV, VI, VII, IX und XIII gehören (*Tabelle 1*). Im Unterschied zur Granitgrus-Magerung sind bei der Quarzsand-Magerung die einzelnen Körner meist gut gerundet (*Abb. 17*). Der maximale Korn-Durchmesser liegt stets < 2 , in mehr als der Hälfte der Scherben < 1 mm (*Tabelle 1*). Unter den Magerungskomponenten herrscht Quarz weitaus vor; Feldspäte treten demgegenüber mengenmäßig zurück, fehlen aber selten ganz. Mit Ausnahme der Scherbe 510, deren Einstufung nicht ganz sicher ist, wurde in der Keramik mit Quarzsand-Magerung kein Biotit gefunden, wohl aber gelegentlich Muscovit, Hornblende, Epidot und Akzessorien. Quarzaggregate sind relativ häufig, Quarz-Feldspat-Verwachsungen dagegen selten; andere Gesteinsbruchstücke fehlen ganz. Es spricht vieles dafür, daß für die Keramik vom Magerungstyp II ein — zu — fetter Ton verwendet wurde, der in seinen Schwindungseigenschaften durch künstliche Magerung mit Quarzsand verbessert wurde. Während die Verwendung von Geschiebelehm für die gesamte Belegungsperiode des Schortenser Gräberfeldes zu vermuten ist, scheint sich der mit Quarzsand zu magernde Ton im 8./9. Jahrhundert einer besonderen Beliebtheit erfreut zu haben.

Mineralische Magerung in der Import-Keramik (Hauptgruppe X)

Die Magerung des dunkelbraun (10YR2/2) gefärbten, an der inneren und äußeren Oberfläche gelblichbraun (10YR5/4) oxidierten Importgefäßes (325) entspricht weitgehend dem Magerungstyp II. Hierfür sprechen der hohe Rundungsrand, die geringe Korngröße ($\leq 0,6$ mm) und der hohe Anteil von Quarz und Quarzaggregaten in der Magerung. Quarzsand-Magerung wurde auch in anderen keramischen Produktionsstätten häufig angewandt und ist nicht für ein bestimmtes Vorkommen charakteristisch.

Das hell olivgraue (5Y6/1) Importgefäß 323 ist bei überwiegend guter Kornrundung gröber gemagert, und zwar vornehmlich mit Quarz und Quarzaggregaten. Daneben kommen durch Zersetzung getrübe Feldspatkörner vor, wohl überwiegend Kalifeldspat. Auch hier ist die Magerung wenig charakteristisch, doch zeigt der Scherben gewisse Ähnlichkeiten mit einer Vergleichsprobe von Pingsdorf, die uns freundlicherweise von J. FRECHEN zur Verfügung gestellt wurde.

Deutlicher drückt sich die rheinische Provenienz in der Magerung des fränkischen Knickwandgefäßes 322 aus, das innen mittelbraun (10YR4/2) gefärbt, an der Oberfläche rötlichbraun (5YR5/6) oxidiert ist. Als Gesteinsbruchstücke sind Tonschiefer (*Abb. 17*) und Grauwacke vorhanden, wie sie im Rheinischen Schiefergebirge in großer Verbreitung vorkommen. Als Minerale treten neben vorherrschendem Quarz und Alkalifeldspat vereinzelt Plagioklas, braune Hornblende (*Abb. 20*), Titanaugit (*Abb. 20*), Xenotim und Turmalin auf; von ihnen kann besonders der Titanaugit als Hinweis auf die jungen Vulkanite des Rheinischen Schildes, z. B. der Eifel, gewertet werden. Auf Grund des Vergleichs mit dem von J. FRECHEN zur Verfügung gestellten Material kommt eine Herkunft des Gefäßes 322 aus dem Raum Mayen durchaus in Frage (FRECHEN 1958; 1962).

Das blaßgelb (10YR8/2) bis hellgrau (N7) gefärbte, orange (10YR7/4) geflammte Importgefäß 413a ist ziemlich grob gemagert, und zwar — ähnlich wie bei 323 — überwiegend mit Quarz und Quarzaggregaten, die gut gerundet sind. Daneben treten aber auch Feldspäte und andere Gesteinsbruchstücke auf, darunter auch Tonschiefer und Grauwacken, die eine rheinische Provenienz, vielleicht Pingsdorf vermuten lassen (FRECHEN 1958; 1962).

Das Gefäß 633 gehört zur granitgrusgemagerten Keramik (Magerungstyp I) und läßt sich auf Grund der Magerungs-Komponenten nicht von der gewöhnlichen Schortens-Keramik unterscheiden.

Alttonkörner

In mehr als der Hälfte der untersuchten Scherben von Schortens-Keramik, und zwar aus allen archäologischen Hauptgruppen, wurden eckige bis linsenförmige Körnchen gefunden, die ohne erkennbare Regelung in die Matrix eingelagert sind. Ihre Größe variiert zwischen 0,3 und 3 mm; sie zeigen oft eine dunklere Färbung als die Matrix und enthalten bisweilen selbst mineralische Magerung. Von der Matrix sind die Alttonkörner häufig durch randparallele Risse abgetrennt; oft besitzen sie eine ausgeprägte Teilbarkeit (*Abb. 20*).

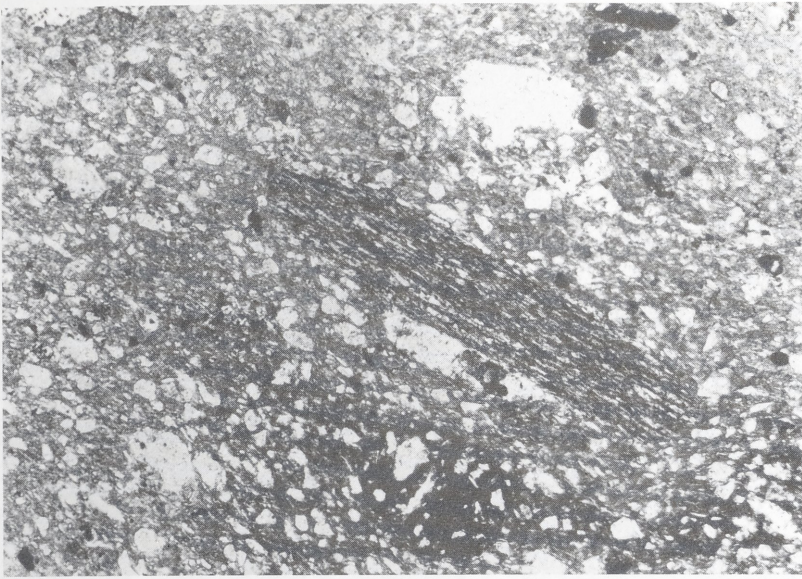


Abb. 18

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
 Probe 322, Import-Keramik (Hauptgruppe X). Tonschieferfragment als Magerung.
 Vergrößerung 70 x, 1 Polarisator.

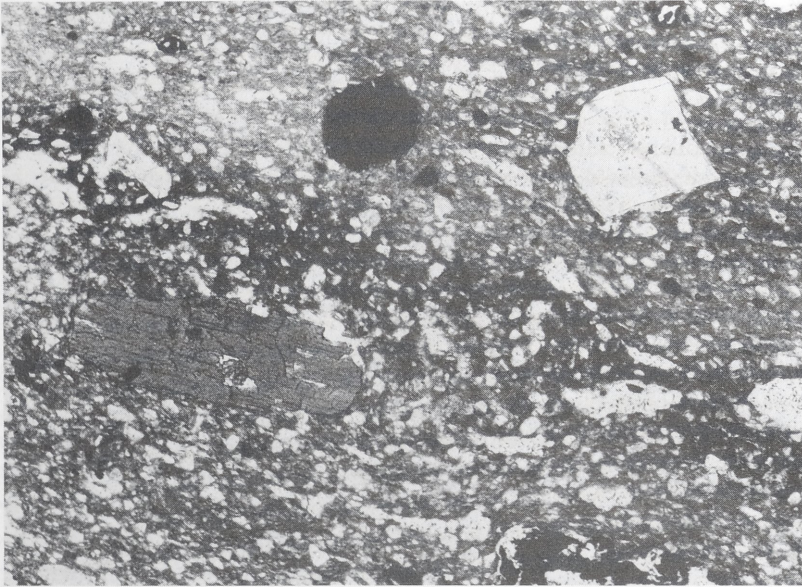


Abb. 19

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
 Probe 322, Import-Keramik (Hauptgruppe X). Braune Hornblende mit Einschluß von Titanau-
 git (links), Feldspat (oben rechts). Vergrößerung 50 x, 1 Polarisator.

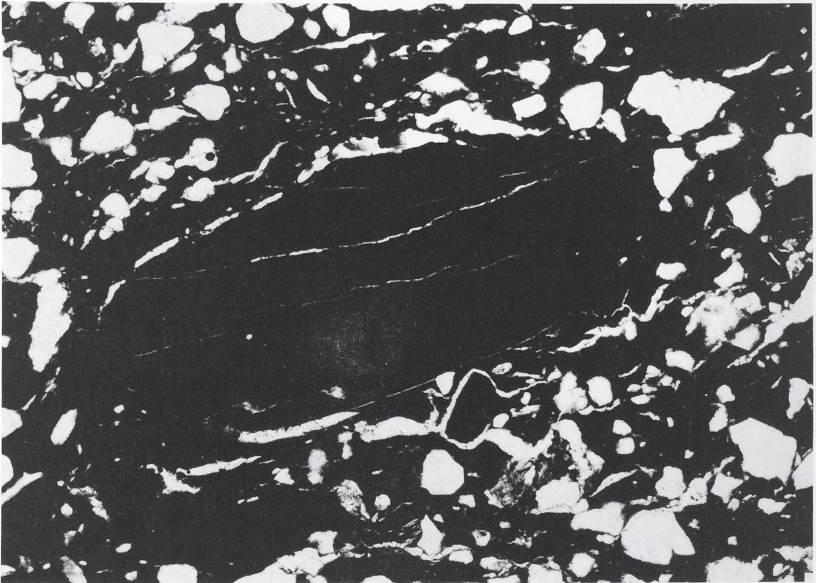


Abb. 20

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
 Probe 543, Keramik der Hauptgruppe II. Alttonkorn, von charakteristischen Schwindungsris-
 sen umgeben, daneben unterschiedliche Gesteins- und Mineralbruchstücke.
 Vergrößerung 37 x, 1 Polarisator.

In Anlehnung an MAGGETTI (1979) hatten wir die Alttonkörner — wie wir sie neu-
 tral nennen wollen — zunächst als Schamotte gedeutet, d. h. als bereits gebrannten
 Ton, etwa zerschlagene oder zerstampfte Töpferware, die der ungebrannten Rohmasse
 als Magerungsmaterial beigegeben wurde. Nach NOLL (1982 a, b), der ähnliche „Ton-
 gerölle“ aus der minoischen Keramik Kretas beschreibt, sprechen jedoch gegen eine
 solche Deutung folgende Argumente:

1. Schamottekörner sollten scharfkantige Umrisse zeigen. Die Alttonkörner sind
 aber häufig gerundet.
2. Die weitverbreiteten Risse um die Alttonkörner belegen, daß diese beim Brand
 noch geschrumpft sind, was bei Schamotte nicht der Fall sein sollte.
3. NOLL (1982b) konnte *„beim Studium der Arbeitsweise heutiger Primitivtöpfer nie-
 mals eine künstliche Magerung mit Schamotte beobachten . . . Sie würde eine mechanische
 Zerkleinerung der gebrannten Ware und Aussieben oder Schlämmen erforderlich machen.
 Das alles ist viel zu umständlich.“*

NOLL (1982b) vermutet, daß es sich um getrockneten Ton handeln könnte, der ent-
 weder von den Wänden der Anmachbehälter stammt oder aber von luftgetrocknenen Ge-
 fäßen, die auf der Töpferscheibe mißlungen waren und die wieder in die Schlammge-

fäße zurückgeworfen wurden. Eine solche Arbeitsweise wurde von ihm auch heute noch auf Kreta beobachtet.

Organische Bestandteile

In einer Reihe von Scherben lassen sich unter dem Mikroskop netzartige verkohlte Pflanzenstrukturen nachweisen; es handelt sich wahrscheinlich um Holzstückchen, die (zufällig) in die Rohmasse eingeknetet wurden (*Abb. 21*). Ein unverkohelter Holzrest wurde in der Scherbe 641 (Hauptgruppe VIII) gefunden. Auch verkohlte Pflanzenhäcksels lassen sich gelegentlich in der Schortens-Keramik nachweisen.

Als Besonderheit enthält Scherbe 589 (Hauptgruppe VIII) eine Diatomee der Art *Triceratium favus* (*Abb. 22*), die seit dem Oligozän nachgewiesen ist und ausschließlich marin lebt (Bestimmung T. REINECKE). Dieser Fund könnte auf die Verwendung von Marschenton als Rohmasse hindeuten, wie das STEUER (1974, 110) für Haithabu annimmt. Bei stärkster mikroskopischer Vergrößerung lassen sich in der Matrix der keramischen Scherben zahlreiche andere organische Strukturen erkennen, wenn auch nicht näher identifizieren (WILKE 1979, *Abb. 16*).

Ein besonderes und bereits viel diskutiertes Problem stellt die sog. Muschelgrus-Keramik (Hauptgruppe VIII) dar, die „an der gesamten Nordseeküste von der Rheinmündung bis hinauf zu den Nordfriesischen Inseln verbreitet“ ist (STEUER 1974, 109 ff.). Trotz größter Aufmerksamkeit ist es uns nicht gelungen, Muschelschalen oder auch nur Kalkreste in den keramischen Scherben von Schortens, die in diese Gruppe eingeordnet werden, nachzuweisen. Das könnte an den schlechten Erhaltungsbedingungen im Gräberfeld Schortens liegen. Bei Lagerung im wasserdurchlässigen Sandboden — wie das hier der Fall ist — werden die durch den Brennvorgang bereits angegriffenen Muschelschalen durch kohlenensäurehaltiges Wasser leicht aufgelöst, und es bleiben lediglich Hohlräume zurück (STEUER 1974, 110 f.). Ein Kalkstein-Fragment wurde lediglich in Scherbe 271 gefunden, die granitgrus-gemagert ist und archäologisch zur Hauptgruppe XIII gehört.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß in einer von drei als Muschelgrus-Keramik bezeichneten Vergleichsproben von Cleverns, Stadt Jever (Scherbe L) in der Tat Bruchstücke von Organismen-Kalkschalen reichlich auftreten, während die beiden anderen mit Quarzsand gemagert sind. Kalkschalen-Fragmente fanden sich ebenfalls in einer Muschelgrus-Scherbe vom Braunschweiger Kohlmarkt (79:11/665).

Röntgen-Untersuchungen der Matrix und Nachbrennversuche

Um Anhaltspunkte über den Mineralbestand der Matrix, die mikroskopisch schlecht oder gar nicht auflösbar ist, zu erhalten, wurden 24 Scherben mit dem Röntgen-Pulverdiffraktometer untersucht. Im Gegensatz zu den groben Magerungskomponenten, die den Brand praktisch unbeschadet überstanden haben, wird die ehemalige Tonsubstanz der Rohmasse durch den Brennvorgang weitgehend verändert: primäre Mineralphasen werden ganz oder teilweise zerstört, andere dagegen neugebil-

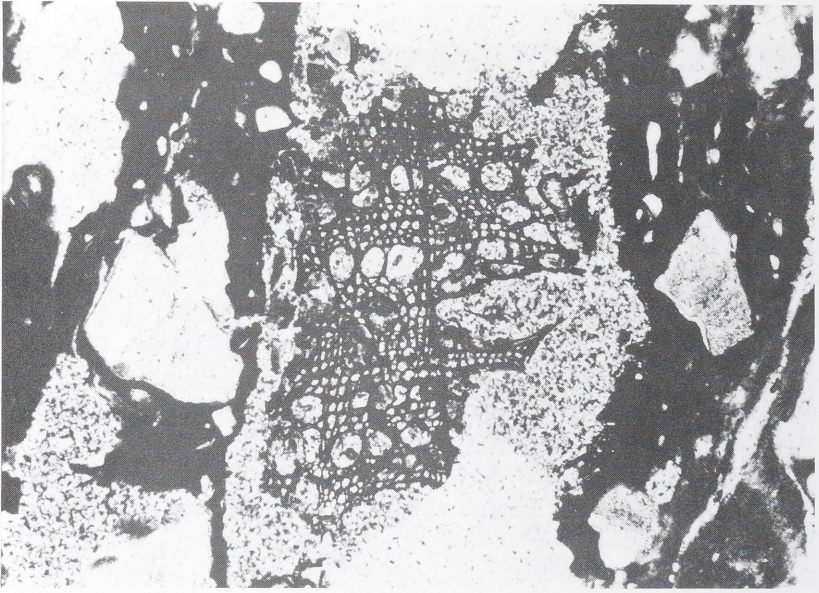


Abb. 21

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
Probe 529, Keramik der Hauptgruppe IV. Verkohlter Pflanzenrest, vermutlich Holz.
Vergrößerung 70 x, 1 Polarisator.

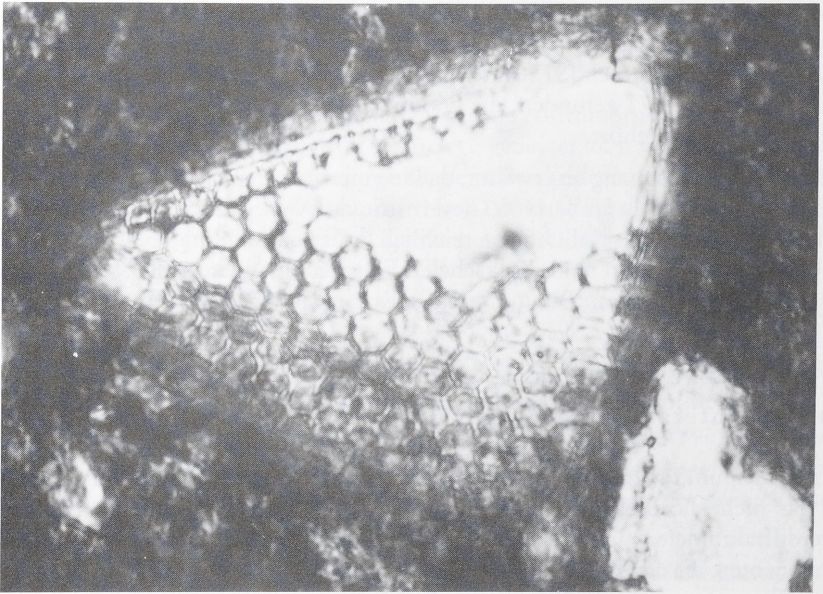


Abb. 22

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
Probe 589, Keramik der Hauptgruppe VIII. Diatomee Triceratum favus.
Vergrößerung 1000 x, 1 Polarisator.

det. Der Mineralbestand der Matrix kann somit Hinweise auf die Brenntemperaturen geben, besonders dann, wenn man die Untersuchungen durch Nachbrennversuche ergänzt.

In allen untersuchten Proben bildet Quarz den Hauptanteil; daneben sind in den meisten Fällen Kalifeldspat und Plagioklas bzw. Albit, gelegentlich auch Biotit röntgenographisch nachweisbar. Von den häufigen Tonmineralen wurde Kaolinit in keinem der untersuchten Scherben gefunden.

Nach den chemischen Analysen (s. u.) ist zu erwarten, daß er ursprünglich in der Rohmasse vorhanden war; er dürfte beim Brand unter Wasserabspaltung in den stark fehlgeordneten und somit röntgenographisch nicht nachweisbaren Metakaolinit übergegangen sein, ein Vorgang, der bei etwa 500°C beginnt und bei etwa 600°C weitgehend abgeschlossen ist (GRIM 1968; SALMANG u. SCHOLZE 1983, 215 ff.). Somit wäre eine untere Grenze für die erzielten Brenntemperaturen gegeben. Im Gegensatz zu Kaolinit konnte Illit in 22 von 27 röntgenographisch untersuchten Scherben nachgewiesen werden, was bedeutet, daß Brenntemperaturen von etwa 850°C in diesen Scherben nicht überschritten wurden (GRIM 1968; SALMANG und SCHOLZE 1983, 223 ff.).

In 8 Scherben wurde die Illit-Kristallinität in der Kornfraktion $< 2 \mu\text{m}$ gegen Quarz als innerer Standard ermittelt. Hierfür wurde in Anlehnung an KUBLER (1967) die Halbwertsbreite des 10 \AA -Reflexes (001) gemessen und auf die Halbwertsbreite des Reflexes ($10\bar{1}1$) von Quarz bezogen (WEBER 1972). Die so ermittelte relative Halbwertsbreite

$$\text{Hb}_{\text{rel}} = \frac{\text{Hb (001) Illit (mm)}}{\text{Hb (10\bar{1}1) Quarz (mm)}} \times 100$$

streut für die Illite der Schortens-Keramik zwischen 150 und 260, liegt also generell ≥ 130 ; d. h. es handelt sich um relativ schlecht kristallisierte Illite (*Tabelle 1–IV, –VI, –VIII, –IX, –X*).

Da beim Brennvorgang die Illit-Struktur in zunehmendem Maße zerstört wird, könnten die Proben 210 (Hauptgruppe VIII) und 251 (Hauptgruppe IX), die die schlechteste Kristallinität aufweisen, relativ höhere Brenntemperaturen erlebt haben.

Diese Annahme findet eine Stütze in den Ergebnissen von Nachbrennversuchen, die an den Scherben 25 (Hauptgruppe VI) und 589 (Hauptgruppe VIII) durchgeführt wurden, und zwar jeweils 5 Stunden bei 600, 700, 900 und 1000°C in oxidierender Atmosphäre. Menge und Kristallinität des Illits nehmen beim Nachbrennen kontinuierlich ab. Bei 700°C erhöht sich die relative Halbwertsbreite in Probe 25 von 150 auf 300, in Probe 589 sogar von 190 auf 450. Bei 900°C ist Illit in Probe 589 ganz, in Probe 25 fast ganz verschwunden. Das steht in Einklang mit Ergebnissen von Brennversuchen, die PETERS und JÄNNI (1973), KÜPFER und MAGGETTI (1978) und LETSCH (1981) an — allerdings kalkreicheren — illitischen Tönen durchführten. Wie KÜPFER und MAGGETTI (1978) registrieren auch wir eine Abnahme von Kalifeldspat ab 700°C und eine Zunahme von Albit, der sich aus Na-haltigem Illit bilden dürfte, ab 600°C. Als weitere Neubildungen lassen sich ab 900°C Hämatit und ab 1100°C Mullit nachweisen. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse muß man annehmen, daß zumindest bei den beiden nachgebrannten Gefäßen die Brenntemperaturen nicht über 600°C ge-

legen haben, da die Nachbrennversuche bei dieser Temperatur die ersten Veränderungen im Phasenbestand der Matrix erbrachten. Für relativ niedrige Brenntemperaturen spricht auch die Tatsache, daß Muscovit in der Magerung — von wenigen Ausnahmen abgesehen — noch seine ursprüngliche hohe Doppelbrechung mit maximalen Interferenzfarben von blau bis grün 2. Ordnung erhalten hat. Nach BÜSCH (1976) zeigt Muscovit, der bei $750 \pm 50^\circ\text{C}$ gebrannt wurde, nur noch das Gelb 1. Ordnung, bei $850 \pm 50^\circ\text{C}$ gebrannter Muscovit sogar nur noch das Grau 1. Ordnung.

Unter dem Raster-Elektronen-Mikroskop lassen die bei 600 und 700°C nachgebrannten Scherben in ihrem Gefüge noch keine eindeutige Veränderung erkennen. Erst bei 900°C kann man eine beginnende Versinterung ahnen. Bei 1100°C sind beide Scherben völlig versintert: Es hat sich eine Schmelzphase in größerem Umfang gebildet (Abb. 23, 24).

Porositäts-Untersuchungen

Porositätsdaten geben Hinweise auf die technologische Qualität des keramischen Scherbens. Diese ist umso besser, je geringer die Gesamtporosität und der relative Anteil an offenen, mit Wasser füllbaren Poren sind. Nach einem in der keramischen Praxis schon lange gebräuchlichen Verfahren (vgl. STRUNK-LICHTENBERG 1976) lassen sich diese Porositätsdaten durch experimentelle Bestimmung der prozentualen Wasseraufnahme W des keramischen Scherbens, seiner Rohdichte R und seiner Dichte D ermitteln. (Für die Methodik vgl. DIN 51056, 1959; DIN 51065, 1964; PRE-Empfehlungen, 1976).

Die prozentuale Wasseraufnahme W ist die Differenz zwischen dem Gewicht des wassergesättigten Scherbens G_W und seinem Trockengewicht G_T bezogen auf das Trockengewicht

$$W = \frac{G_W - G_T}{G_T} \cdot 100 \text{ (Gew.\%)}$$

Die Rohdichte R , auch als Raumgewicht bezeichnet, ist der Quotient aus dem Gewicht des Scherbens und dem Gesamtvolumen von keramischer Masse und Porenraum; sie wird mit der Auftriebsmethode bestimmt und in g/cm^3 angegeben. Die mit dem Pyknometer bestimmte Dichte D ist der Quotient aus dem Gewicht des Scherbens und dem Volumen der keramischen Masse ohne Porenraum; sie wird ebenfalls in g/cm^3 angegeben.

Die Gesamtporosität P_t eines keramischen Scherbens ergibt sich aus den gemessenen Werten für die Rohdichte und die Dichte eines Scherbens nach der Formel

$$P_t = \frac{D - R}{D} \cdot 100 \text{ (Vol.\%)}$$

Wie aus *Tabelle 2* hervorgeht, wurden für die Schortens-Keramik Gesamtporositäten zwischen 30 und 44 Vol.% mit einem Mittelwert von 40 Vol.% gefunden. Für die beiden Magerungstypen I und II ergaben sich keine Unterschiede; ebenso fällt keine der archäologischen Hauptgruppen auffällig heraus. Hohe Gesamtporositäten wie die für

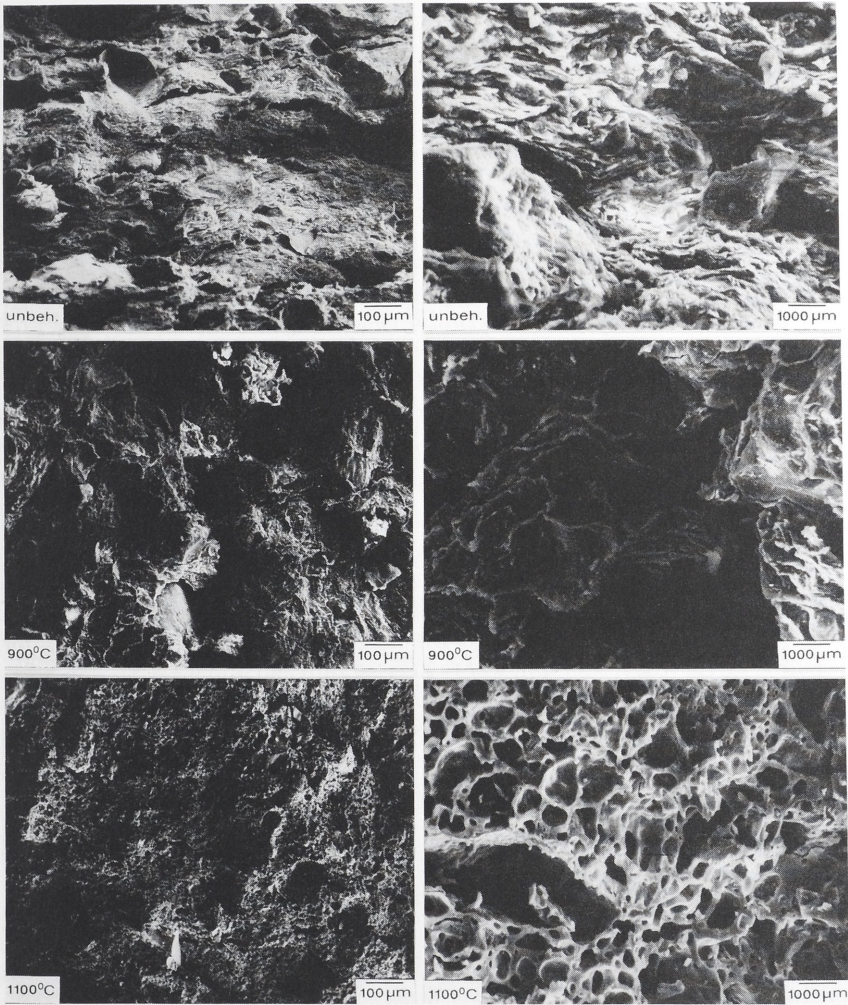


Abb. 23

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
 Probe 25, Keramik der Hauptgruppe VI. Raster-elektronen-mikroskopische Aufnahme des
 ungebrannten und des bei 900°C und 1100°C oxidierend nachgebrannten Scherbens.
 Vergrößerung links und rechts jeweils verschieden.

Schortens gefundenen sind typisch für Irdenware, d. h. für Keramik von geringer Qualität (z. B. BECKMANN et al. 1971; STRUNK-LICHTENBERG et al. 1973; HANGST und STRUNK-LICHTENBERG 1984; BURMESTER et al. 1984/85). Bei höherwertiger Keramik wird die Gesamtporosität durch sorgfältige Verdichtung der Rohmasse vor dem Brand durch Mauken, Walken, Kneten und Formen sowie durch vorsichtige Brandfüh-

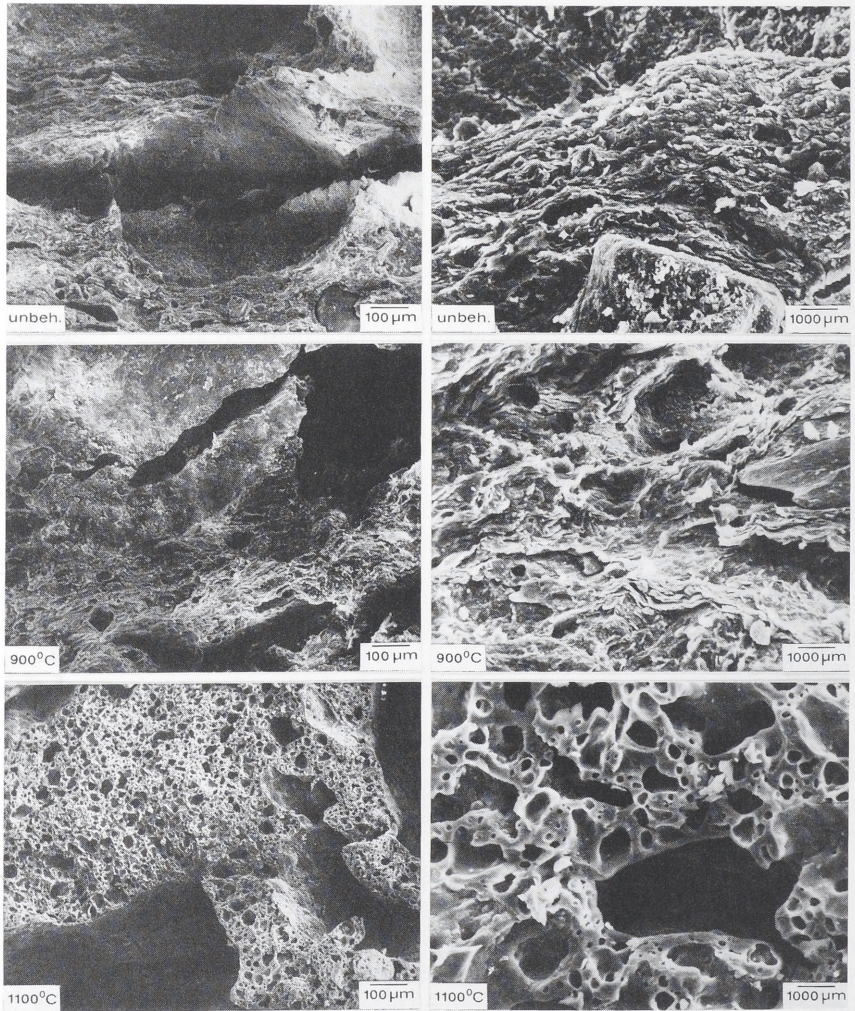


Abb. 24

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- bis hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Probe 589, Hauptgruppe VIII. Raster-elektronen-mikroskopische Aufnahme des ungebrannten und des bei 900°C und 1100°C oxidierend nachgebrannten Scherbens.

Vergrößerung links und rechts jeweils verschieden.

rung merklich herabgesetzt; so beträgt für das Siegburger Steinzeug aus dem 15. Jahrhundert die Gesamtporosität nur noch durchschnittlich 9 Vol.-% (BECKMANN et al. 1971). In diesem Sinne besitzt das rheinische Importgefäß 323 mit einer Gesamtporosität von 28 Vol.-% eine etwas bessere Qualität als die in Schortens hergestellte Ware.

Die prozentuale Wasseraufnahme W ist ein Maß für die offene Porosität P_a des keramischen Scherbens, d. h. für den Anteil der mit Wasser füllbaren Poren. Zur Umrechnung von Gew.% in Vol.% müssen die gefundenen Werte mit der jeweiligen Rohdichte multipliziert werden

$$P_a = W \cdot R \text{ (Vol.\%)}$$

Wie bei typischer Irdenware zu erwarten (z. B. HENNICKE und ROSSMANITH 1982 und die o. g. Arbeiten), variiert die offene Porosität bei der Schortens-Keramik zwischen 22 und 39 Vol.% mit einem Mittelwert bei 30 Vol.% (Tabelle 2). Auch hier ergaben sich zwischen den Magerungsgruppen I und II sowie zwischen den archäologischen Hauptgruppen keine signifikanten Unterschiede. Im allgemeinen liegt die offene Porosität deutlich unter der Gesamtporosität, d. h. es ist ein gewisser Anteil an geschlossenen Poren vorhanden. Bei manchen Scherben wurden aber auch für P_a fast gleich hohe oder sogar etwas höhere Werte als für P_t gefunden; doch liegen die Diskrepanzen innerhalb der Bestimmungsfehler.

Brennt man die Scherben bei 800°C oxidierend nach, so erhöht sich in den meisten Fällen die prozentuale Wasseraufnahme und damit die offene Porosität, z. T. sogar merklich. Eine Erklärung für diesen Befund liefern die relativ hohen Kohlenstoffgehalte, die in der Schortens-Keramik analytisch gefunden wurde (s. u.; Tabelle 3). Vermutlich war ein Teil der Poren ursprünglich mit organischen Substanzen, z. B. pflanzlicher Magerung oder Speiseresten verstopft. Diese wurden beim Nachbrennen herausgebrannt. Beim rheinischen Importgefäß 413 a wurde eine relativ geringe offene Porosität festgestellt, was als Indiz für eine etwas bessere Qualität gewertet werden kann. Beim Importgefäß 323 liegt die offene Porosität in der Streubreite der Schortens-Keramik.

Chemische Zusammensetzung

Durch die mikroskopische Untersuchung der Magerung konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß der überwiegende Teil der Keramik aus dem Gräberfeld Schortens aus Geschiebelehm hergestellt wurde, der seine — überwiegend granitischen — Grobkomponenten bereits primär als natürliche Magerung enthielt (Magerungstyp I). Darüberhinaus wurde besonders im 8./9. Jahrhundert ein Ton verarbeitet, der offenbar so fett war, daß ihm künstliche Magerung in Form von Quarzsand zugesetzt werden mußte, um ein Schwinden beim Brand zu vermeiden (Magerungstyp II). Die chemischen Analysen, die wir an 20 Scherben vom Magerungstyp I, an 8 Scherben vom Magerungstyp II und zum Vergleich an Scherben der Exportgefäße 323 und 413 a durchführten, hatten zum Ziel, die beiden keramischen Gruppen genauer zu charakterisieren, mögliche Unterschiede, aber auch Gemeinsamkeiten im Vergleich zu mittelalterlicher Keramik anderer Provenienzen herauszuarbeiten und zusätzliche Anhaltspunkte für die verwendeten Rohstoffe zu gewinnen.

Wir sind uns darüber im klaren, daß die Aussagekraft der chemischen Analysen durch die Tatsache eingeschränkt wird, daß von den — oft recht grob gemagerten — Scherben jeweils nur 5—10 g Substanz als Stammprobe zur Verfügung stand, eine Probemenge,

die allerdings auch von anderen Bearbeitern als ausreichend für die chemische Analyse von Keramik angesehen wird.

Die analysenfein gemahlene Scherben wurden bei 105°C getrocknet und — jeweils mit Doppelbestimmungen — nach folgenden Verfahren chemisch analysiert:

SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Gesamtisen als Fe₂O₃, MnO, CaO, K₂O, P₂O₅: röntgenfluoreszenzspektrometrisch unter Verwendung des PHILIPS-Gerätes PW 1130/30 an Li₂B₄O₇-Schmelztabletten mit La₂O₃ als heavy absorber; die Messungen erfolgten jeweils gegen internationale Referenzgesteine zur Standardisierung; auf die z. T. recht hohen Glühverluste wurde rechnerisch korrigiert.

Na₂O und MgO: atomabsorptions-spektrometrisch mit einem BECKMAN-Gerät Modell 1248 an 1:10 bzw. 1:100 verdünnten salzsauren Lösungen, gewonnen aus HF-HClO₄-Aufschlüssen; die Messungen erfolgten gegen definierte Eichlösungen und internationale Referenzgesteine. H₂O⁺: gravimetrisch nach der Methode von PENFIELD unter Verwendung von PbO als Flußmittel.

C: volumetrisch als CO₂ mit einer STRÖHLEIN-Apparatur.

Ein erstes überraschendes Ergebnis der chemischen Analysen, die in *Tabelle 3* zusammengestellt sind, ist die Tatsache, daß sich die granitgrusgemagerten Scherben (I) in ihrer chemischen Zusammensetzung von den quarzsandgemagerten Scherben (II) nicht systematisch unterscheiden. Dieser Befund kommt bereits deutlich im Variationsdiagramm der Hauptkomponenten SiO₂ und Al₂O₃ (*Abb. 25*) zum Ausdruck: Von den 20 Analysenpunkten der Magerungsgruppe I streuen 17 oder 18 in einem relativ engen Bereich; nur die beiden Kugeltöpfe 108 und 251 (Hauptgruppe IX) fallen auf Grund ihrer höheren SiO₂/Al₂O₃-Verhältnisse deutlich heraus. Von den 8 Analysenpunkten des Magerungstyps II liegen 6 im Streufeld des Magerungstyps I; lediglich die beiden Muschelgrusgefäße 612b und 587₁ (Hauptgruppe VIII) sind zu deutlich niedrigeren SiO₂- und höheren Al₂O₃-Werten verschoben; das Gefäß 587₁ hat darüberhinaus noch einen auffallend hohen MgO-Wert von 8.1 Gew.%, was auf einen hohen Chlorit-Gehalt im verwendeten Ton zurückgehen dürfte. Mittelt man die Analysenwerte der Magerungstypen I und II jeweils unter Vernachlässigung der extrem zusammengesetzten Gefäße, so ergibt sich innerhalb der Standardabweichungen kein signifikanter Unterschied. Nimmt man die extrem zusammengesetzten Scherben bei der Mittelwertbildung hinzu, so werden die Unterschiede naturgemäß bei SiO₂, Al₂O₃ und MgO, außerdem bei H₂O⁺ und C deutlicher, sind aber unter Berücksichtigung der Standardabweichungen auch jetzt nicht signifikant (*Tabelle 4*). Signifikante Unterschiede (d. h. sich nicht überschneidende Standardabweichungen) findet man lediglich, wenn man die mittleren Gehalte an SiO₂, Al₂O₃, MgO und H₂O⁺ der beiden Hauptgruppen VIII (Muschelgruskeramik) und IX (Kugeltöpfe) miteinander vergleicht, wobei allerdings die statistische Basis mit 5 bzw. 4 Analysen nicht sehr groß ist.

Ein gemeinsames Kennzeichen der Schortens-Keramik sind die hohen, wenn auch variablen Gehalte an H₂O, C und P₂O₅. In keinem der untersuchten Scherben liegt der Anteil an gebundenem Wasser unter 3 Gew.%; bei den Muschelgrusscherben (Hauptgruppe VIII) variiert er zwischen 7,5 und 11,8 Gew.%. Diese Werte sind Ausdruck einer unvollständigen Entwässerung der Tonminerale beim Brand infolge niedriger Brenntemperaturen. Höher gebrannte Keramik zeigt deutlich geringere H₂O-

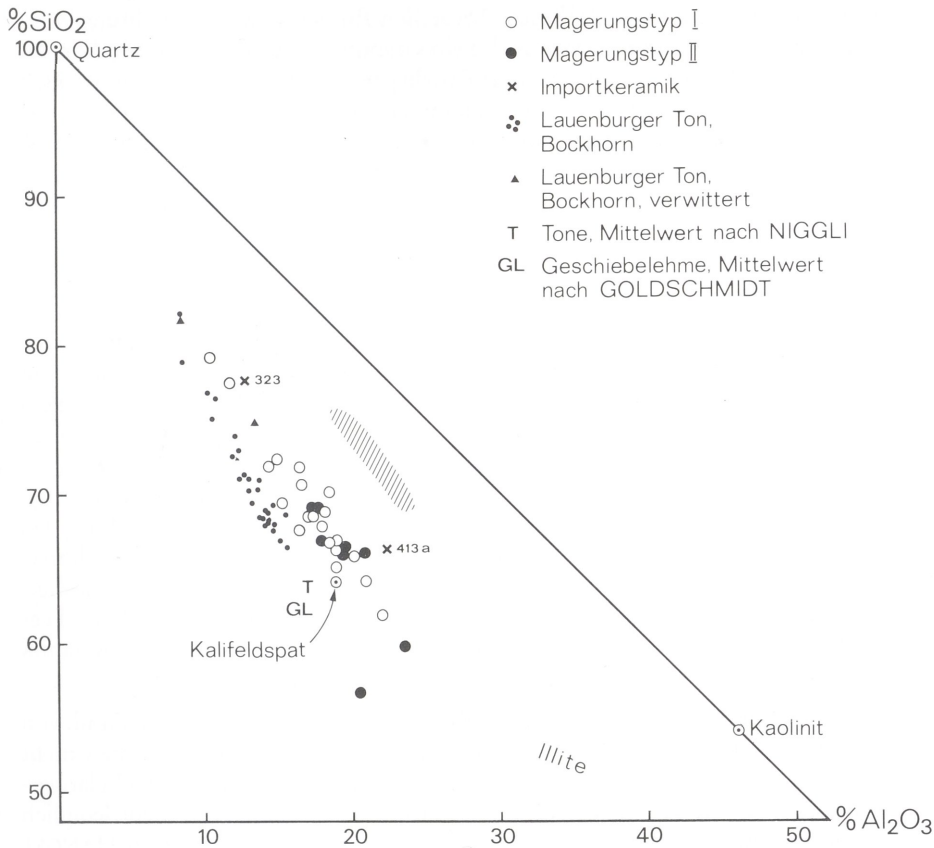


Abb. 25

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- und hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße. Variationsdiagramm Al_2O_3 gegen SiO_2 in Gew.% auf H_2O - und C-freier Basis. Schraffiertes Feld: Gelbtonige Irdenware des 12. und 13. Jahrhunderts auf dem südniedersächsischen Raum (ORKUSCH und WILKE-SCHIEGRIES 1985). Lauenburger Ton nach Stein et al. (1981).

Gehalte. So wurden in der gelbtonigen Irdenware des 12./13. Jahrhunderts aus dem südniedersächsischen Raum nur ca. 1 Gew.% H_2O gefunden; das Fehlen von Illit und die gelegentliche Neubildung von Mullit läßt vermuten, daß beim Brand dieser hochwertigen Keramik Temperaturen um 900°C erreicht wurden (ORKUSCH und WILKE-SCHIEGRIES 1985). Von den beiden Importgefäßen, die von uns chemisch analysiert wurden, zeigt 413 a ebenfalls einen recht hohen H_2O -Gehalt von 5,5 Gew.%, während er im Gefäß 323 mit 0,7 Gew.% auffallend niedrig liegt.

Überraschend für uns waren die hohen Gehalte an Kohlenstoff in der Schortens-Keramik, die zwischen 1,1 und 7,8 Gew.% variieren, während sie in den beiden Im-

portgefäßen nur bei 0,3 Gew.-% liegen. Da in den Proben mikroskopisch und röntgenographisch kein Karbonat, aber auch kein Graphit nachgewiesen werden konnte, kann Kohlenstoff nur in amorpher Form vorliegen. Auf Grund der Farbverteilung in den Scherben muß man annehmen, daß er nicht durch Rauchung während des Brennprozesses von außen zugeführt wurde, wie das z. B. bei der neolithischen C-Schwarz-Keramik im griechischen Raum praktiziert wurde (LETSCH und NOLL 1978). Vielmehr müssen wir annehmen, daß der Kohlenstoff z. T. aus dem primären Humusgehalt des Tons, z. T. aus pflanzlicher Magerung, vielleicht sogar aus Speiseresten stammt.

Auffallend hoch sind bei einem Teil der Scherben die Phosphorgehalte, die zwischen 0,15 und 1,7 Gew.-% P_2O_5 variieren und somit teilweise höher als in normalen Tonen liegen (vgl. WEDEPOHL 1968, Tabelle 8—3). Der Phosphor könnte aus einem hohen Anteil an organischer Substanz in der Rohmasse stammen; allerdings ist kein Zusammenhang zwischen den Gehalten an C und P_2O_5 erkennbar (Tabelle 3). Es kann nicht ausgeschlossen werden, daß Phosphor erst während der Bodenlagerung in die keramischen Scherben eingewandert ist, insbesondere wenn man berücksichtigt, daß die Gefäße in der Nähe verwesender Leichen gestanden haben (DUMA 1968; vgl. auch KÜPFER und MAGGETTI 1978; SCHNEIDER 1976). Auffallend hohe Phosphorgehalte wurden auch sonst schon in alter Keramik des norddeutschen Raumes nachgewiesen, so in Keramik der römischen Kaiserzeit von Hatzum/Boomborg, Kreis Leer bis 5,42 Gew.-% P_2O_5 (HENNICKE und ROSMANITH 1982) und in Lübecker Keramik des 13. Jahrhunderts bis 1,67 Gew.-% P_2O_5 (HANGST et al. 1984).

In Tabelle 5 ist ein Vergleich der Schortens-Keramik mit mittelalterlicher Keramik von anderen Fundstellen im norddeutschen Raum durchgeführt. Hierbei werden nicht nur die Absolutgehalte in Gew.-% miteinander verglichen, sondern auch die Relativgehalte bezogen auf Al_2O_3 . (Die Multiplikation mit dem Faktor 1000 dient lediglich dazu, die berechneten Werte ganzzahlig zu machen). Das von KÖSTER (in HANGST et al. 1984) vorgeschlagene Verfahren hat den Vorteil, daß Variationen in den Analysendaten eliminiert werden, die lediglich auf einem unterschiedlichen Anteil an Quarzmagerung beruhen. Darüber hinaus werden auch die verschiedenen hohen Gehalte an leichtflüchtigen Komponenten wie H_2O , CO_2 und C (meist nur als Glühverlust angegeben) rechnerisch ausgeschieden, die unterschiedliche Brenntemperaturen und/oder Brenndauer widerspiegeln.

Die auffallendsten chemischen Unterschiede zur Schortens-Keramik zeigt die gelbtonige Irdenware des 12. bis 13. Jahrhunderts aus Braunschweig, Goslar und Duingen bei Alfeld (OKRUSCH und WILKE-SCHIEGRIES 1985): Sie weist absolut und relativ erheblich geringere Gehalte an $Fe_2O_3^t$, MgO , CaO , Na_2O , K_2O und P_2O_5 auf. Zu mehr als 90 Gew.-% besteht diese Keramik aus $SiO_2 + Al_2O_3$; das Rohmaterial war offenbar ein Ton, der neben Illit (dokumentiert durch den K_2O -Gehalt) reichlich Kaolinit enthielt und der künstlich mit Quarz gemagert wurde. Im Gegensatz dazu müssen die in Schortens verwendeten Tone erheblich reicher an Illit gewesen sein; die höheren Gehalte an $Fe_2O_3^t$ und MgO lassen sich teils auf Biotit und/oder Hornblende in der Granitgrusmagerung, teils aber auch auf Chlorit und/oder Montmorillonit im Tonanteil zurückführen. Die Unterschiede zwischen den beiden Keramik-Gruppen kom-

men in *Abb. 25* anschaulich zum Ausdruck. Das Fehlen von Illit und das gelegentliche Auftreten von Mullit in der gelbtonigen Irdenware lassen den Schluß zu, daß bei ihrer Herstellung Brenntemperaturen um 900°C erreicht wurden, d. h. erheblich höher als bei der Schortens-Keramik. Dieser Tatbestand kommt auch darin zum Ausdruck, daß bei der gelbtonigen Irdenware im Mittel nur Glühverluste um 1 Gew.% gefunden wurden, während bei der Schortens-Keramik hohe H₂O- und C-Gehalte nachgewiesen wurden, die im Mittel bei 9 Gew.% liegen.

Im Vergleich zur Lübecker Irdenware des 13. Jahrhunderts (HANGST et al. 1984) und der blaugrauen Irdenware des 13. bis 16. Jahrhunderts (HENNICKE und HUISMANN 1985) springt vor allem der deutlich niedrigere CaO-Gehalt der Schortens-Keramik ins Auge, ein Merkmal, das ohne Ausnahme für beide Magerungstypen und für alle archäologischen Hauptgruppen, aber auch für die beiden Importscherben gilt. Nur eine der chemisch analysierten Keramikproben enthält mehr als 1 Gew.% CaO (*Tabelle 3*).

Dieser Befund verdient Beachtung, wenn man nach einem möglichen keramischen Rohstoff für die Irdenwaren des Gräberfeldes Schortens sucht: Es kommen nur calciumkarbonatarme Tone oder Lehme in Frage.

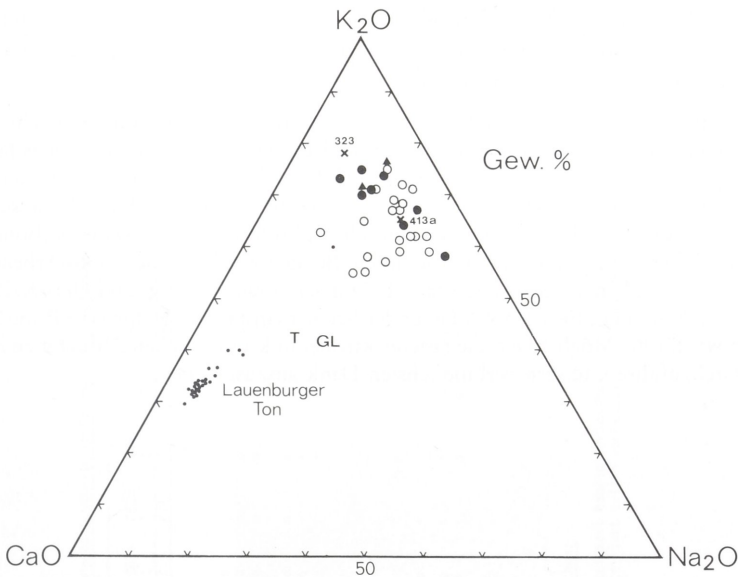


Abb. 26

Schortens, Ldkr. Friesland — Früh- und hochmittelalterliches Gräberfeld Plaggestraße.
Konzentrationsdreieck K₂O—Na₂O—CaO. Signaturen wie in *Abb. 25*.

Für die granitgrusgemagerte Keramik (Magerungstyp I) konnten die mikroskopischen Untersuchungen Geschiebelehme als Rohmaterial wahrscheinlich machen; sie stehen — wie *Abb. 4* erkennen läßt — im Ortsgebiet von Jever in einem wenig ausgedehnten Vorkommen an. Chemische Daten dieses Materials liegen leider nicht vor; die intensive Überbauung verhindert eine Probenahme für eine Vergleichsanalyse. Auch sonst sind uns chemische Analysen von norddeutschen Geschiebelehmen nicht bekannt geworden. Legt man das in der petrographischen Literatur immer wieder zitierte Mittel von GOLDSCHMIDT (1933) zugrunde, so sind Geschiebelehme im Schnitt wesentlich CaO-reicher als die Schortens-Keramik (*Abb. 26*). Als Rohmaterial für die Keramik der Magerungsgruppe I kämen daher nur Geschiebelehme in Frage, die durch Verwitterung stark entkalkt waren.

Die gleiche Überlegung gilt, wenn man den Lauenburger Ton als mögliches Rohmaterial für die quarzsandgemagerte Keramik (Magerungstyp II) in Betracht zieht. Die umfangreichen mineralogischen und chemischen Untersuchungen von ECKHARDT et al. (1980) und STEIN et al. (1981) an Lauenburger Ton aus zehn Bohrungen im Gebiet von Bockhorn/Oldenburg (also nur etwa 15 km SSE Schortens) erbrachten durchgehend CaO-Gehalte von 3—5 Gew.%, die auf entsprechend hohe Anteile an Calcit (\pm Dolomit) im Mineralbestand zurückgehen. Lediglich zwei oberflächennahe, stark verwitterte Tonproben ergaben < 1 Gew.% CaO. Das Variationsdiagramm Al_2O_3/SiO_2 macht zusätzlich deutlich, daß der Lauenburger Ton kaum als Rohmaterial für die quarzsandgemagerte Keramik (Magerungstyp II) in Frage kommt, da er im allgemeinen ein zu hohes SiO_2/Al_2O_3 -Verhältnis hat; das gilt gerade für die verwitterten Proben. Ein Zusatz von künstlicher Quarz-Magerung zum Lauenburger Ton würde diese Diskrepanz natürlich noch verstärken.

Danksagung: Frau Dr. G. STRUNK-LICHTENBERG (Bonn) sind wir für zahlreiche methodische Ratschläge und Diskussionen im Zusammenhang mit den Porositätsuntersuchungen zu großem Dank verpflichtet. Herrn Professor Dr. E. SEIDEL und Herrn O. EWALD (Braunschweig) danken wir für methodische Hinweise bei der Analytik, Herrn Professor Dr. W. NOLL (Köln) für hilfreiche Diskussionen und Herrn Professor Dr. J. FRECHEN (Bonn) für die großzügige Überlassung von Vergleichsschliffen. Bei den Zeichen- und Photo-Arbeiten unterstützten uns in dankenswerter Weise Frau M. TRIEBEL (Braunschweig) und Herr K.-P. KELBER (Würzburg). Herrn Dr. FELDMANN, Leiter der Versuchsanstalt der Stahlwerke Peine-Salzgitter möchten wir für die Möglichkeit, die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen in seinem Labor durchzuführen, unsern verbindlichsten Dank auszusprechen.

Tabelle I-I. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppe I

Probe	262a	262b	406	444	463	625
Magerungstyp	I	I	I	I	I	I
Max. Korn-Ø (mm)	2.1	2.7	1.1	2.4	1.6	1.9

Minerale

Quarz	0	0	0	0	0	0
Kalifeldspat	0	0	0	0	0	0
Plagioklas	0	0	0	0	0	0
Muscovit	0	0	0	0	0	0
Biotit	0	0	0	0	0	0
Hornblende	0	0	0	0	0	0
Epidot	0	0	0	0	0	0

Gesteine

Granit	+	0	+	+	+	+
Hbl.-Granit/	0	+				
Diorit	0	0	0	0	0	0
Qz.-Fsp.-Verw.	+	0	0	0	0	0
Qz.-Aggregate	+	0	0	0	0	0
Altkon				+		

Erläuterung der Zeichen:

- ° Mineral- oder Gesteinsart häufig vorhanden
- + Mineral- oder Gesteinsart selten vorhanden
- + Altkon vorhanden

Tabelle I-II. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppe II

Probe	V	34	176	243	375	400	404	504	543	569	570	571
Magerungstyp	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Max. Korn-Ø (mm)	1.7	2.1	1.3	4.0	3.0	2.2	2.8	4.2	1.6	2.9	1.3	2.7

Minerale

Quarz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalifeldspat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plagioklas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscovit	0	+	0	0	+	0	0	0	0	0	0	+
Biotit	0	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0	+
Hornblende	+		0	0	0	+	+	0	0	0	0	0
Pyroxen			0	+	+	+	+	0	0	+	+	+
Epidot			+									
Granat												
Titanit		+			+			+				

Gesteine

Granit	0	0	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0
Hbl.-Granit/	+											
Diorit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qz.-Fsp.-Verw.	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0
Qz.-Aggregate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Altkon		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Illit röntg.												
nein												

Tabelle 1-V. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppe V

Probe	123	226	243	496	497	552	580	610	611
Magerungstyp	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Max. Korn- ϕ (mm)	1.6	3.7	1.4	1.9	2.2	2.0	2.8	3.0	1.1

Minerale

Quarz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalifeldspat	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plagioklas	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscovit	+	+	0	0	+	0	0	0	0
Biotit	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Hornblende	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Epidot	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Granat	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Titanit	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turmalin				+	+				

Gesteine

Granit	+	+	+	0	0	0	0	0	0
Hbl.-Granit/	+			0	0				
Diorit				0	0	0	0	0	+
Qz.-Fsp.-Verw.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qz.-Aggregate	0	0	0	0	0	+	+	+	+

Alttön

Illit röntg.

	+			+	+	+	+	Ja	Ja
--	---	--	--	---	---	---	---	----	----

Tabelle 1-VI. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppe VI

Probe	25	36	37	54	104	107	203	223	366	508	541	544	567	572	577	581	584	590	
Magerungstyp	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	II	I	I	I	I	I	I	I	I
Max. Korn- ϕ (mm)	3.1	3.9	2.7	2.9	2.9	1.7	2.7	3.3	2.5	3.3	0.4	3.8	2.6	2.9	3.0	2.8	3.8	3.0	

Minerale

Quarz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalifeldspat	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plagioklas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0
Muscovit	0	+	0	+	0	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	+	+	+
Biotit	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hornblende	+	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyroxen	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	+	+	+	+	0
Epidot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Granat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cordierit											0								
Sillimanit											0								
Disthen											+								
Titanit											+								

Gesteine

Granit	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Hbl.-Granit/											+								
Diorit											0								
Qz.-Fsp.-Verw.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qz.-Aggregate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Bas. Vulkanite											0								
Saure Vulkanite											0								
Epidotreiche G.											+								
Sill.-Cord.-Gneis											+								0

Alttön

Illit röntg. Ja

	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
--	---	--	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

rel. Halbwertsbreite

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabelle I-VII. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppe VII

Probe	24	211	392	568b	585	591
Magerungstyp	I	II	I	I	I	I
Max. Korn-Ø (mm)	2.8	1.3	2.5	5.0	3.1	4.3
<u>Minerale</u>						
Quarz	0	0	0	0	0	0
Kalifeldspat	0	+	0	0	0	0
Plagioklas	0	+	0	0	0	0
Muscovit	+	0	+	+	0	0
Biotit	0	0	0	0	0	+
Hornblende	+	0	+	+	0	0
Epidot	+	+	0	0	0	0
Cordierit	0	0	0	0	0	0
Sillimanit	0	0	0	0	0	0
<u>Gesteine</u>						
Granit	0	0	0	+	0	+
Hbl.-Granit/	+	0	0	0	0	0
Diorit	0	0	0	0	0	0
Qz.-Fsp.-Verw.	+	+	+	+	+	+
Qz.-Aggregate	+	+	+	+	+	+
Saure Vulkanite	0	0	0	0	0	0
Sill.-Cord.-Gneis	0	0	0	0	0	0
Altiton	+	+	+	+	+	+
Illit röntg.						nein

Tabelle I-VIII. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppe VIII

Probe	7	210	225	239	510	513	587	587.2	589	612b	641	800
Magerungstyp	II	I	II	II	I/II	I	II	I	II	II	II	II
Max. Korn-Ø (mm)	1.1	2.2	1.9	1.2	1.5	0.5	0.7	5.0	1.8	0.6	0.6	0.8
<u>Minerale</u>												
Quarz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalifeldspat	0	0	+	+	0	0	+	0	0	0	0	+
Plagioklas	0	0	+	+	+	0	+	0	0	+	0	+
Muscovit	+	0	+	+	+	+	+	0	+	+	0	+
Biotit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hornblende	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Epidot	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<u>Gesteine</u>												
Granit	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Qz.-Fsp.-Verw.	0	0	+	0	+	+	0	0	0	0	0	+
Qz.-Aggregate	0	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+
Altiton	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Illit röntg.		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
rel Halbwertsbreite		259							190			

Tabelle 1-IX. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppe IX

Probe	52	108	150	201	250	251	284	288	600
Magerungstyp	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Max. Korn- ϕ (mm)	3.3	4.8	1.9	1.2	1.5	1.7	2.2	1.4	

Minerale

Quarz	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalifeldspat	0	0	+	0	+	0	0	0	0
Plagioklas	0	+	0	0	0	0	0	0	0
Muscovit	+	+	0	+	+	+	+	+	+
Biotit	+	+	+	+	0	0	0	+	+
Hornblende	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pyroxen	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Epidot	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Turmalin									

Gesteine

Granit	+	0	+	+	0	+	0	+	0
Hbl.-Granit/									+
Diorit									0
Qz.-Fsp. Verw.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qz.-Aggregate									

Allton

Illit röntg. rel. Halbwertsbreite	+		+	+	+	+	+	+	ja
		nein			ja				253

Tabelle 1-X. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppe X

Probe	322	323	325	413a	633
Magerungstyp	-	-	II	-	I
Max. Korn- ϕ (mm)	1.4	1.7	0.6	2.9	2.7

Minerale

Quarz	0	0	0	0	0
Kalifeldspat	0	0	+	0	0
Plagioklas	+	?	+	?	0
Muscovit				+	
Biotit	?				0
Hornblende	+				
Pyroxen	+				
Epidot					+
Titanit			+		
Turmalin	+				
Xenotim	+				

Gesteine

Granit				+	0
Qz.-Fsp.-Verw.				+	0
Qz.-Aggregate		0	0	+	0
Saure Vulkanite		?		+	
Sandsteine/Grauwacke/Tonschiefer	0			+	

Allton

Illit röntg. rel. Halbwertsbreite	?			?	
	nein		ja		169

Tabelle 1-XI, 1-XII. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppen XI und XII

Hauptgruppe	XI	XI	XI	XII	XII
Probe	178	365	577	391	563
Magerungstyp	1	1	1	1	1
Max. Korn-Ø (mm)	2.3	1.9	3.0	1.4	1.4

Tabelle 1-XIII. Magerungsbestandteile in Keramik der Hauptgruppe XIII

Probe	1	2	3	4	5	6	61	62	71	93	461	573	645	665	7753
Magerungstyp	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Max. Korn-Ø (mm)	1.1	1.5	1.7	3.8	2.7	2.5	2.6	3.1	2.2	2.2	1.9	2.8	0.6	2.8	2.0

Minerale

Quarz
Kalifeldspat
Plagioklas
Muscovit
Biotit
Hornblende
Pyroxen
Epidot

Quarz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kalifeldspat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plagioklas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Muscovit	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
Biotit	0	?	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Hornblende	0	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
Pyroxen	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Epidot	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Gesteine

Granit
Hbl.-Granit/
Diorit
Qz.-Fsp.-Verw.
Qz.-Aggregate
Saure Vulkanite
Sandstein
Andere

Granit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
Hbl.-Granit/ Diorit	+	+	0	0	0	0	+	+	0	+	0	0	0	0	0
Qz.-Fsp.-Verw.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qz.-Aggregate	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Saure Vulkanite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sandstein	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andere	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Altton

Altton	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Illit röntg.

Illit röntg.							ja		nein		ja	ja	ja	ja	ja
--------------	--	--	--	--	--	--	----	--	------	--	----	----	----	----	----

Tabelle 2. Porositätsdaten

Probe	Magerungs- typ	Arch. Haupt- typ	Wasseraufnahme W (+ 0.3 Gew-%)		Roh- dichte R (+ 0.02 g/cm ³)	Dichte D (+ 0.02 g/cm ³)	Gesamt- porosität (+ 1 Vol.-%)		Offene Porosität P _a (+ 1 Vol.-%)	
			unbe- handelt	bei 800°C geglüht			P _t (+ 1 Vol.-%)	unbe- handelt	bei 800°C geglüht	
262a	I	I	18.6	22.5	1.53	2.69	43	29	34	
262b	I	I	22.1	23.7	1.58			35	37	
406	I	I	18.2	15.3	1.76	2.59	32	32	27	
571	I	II	13.3	16.9	1.87	2.86	35	25	32	
413b	I	III	14.0	13.2	2.07			29	27	
22	I	IV	15.0	15.1	1.59	2.85	44	24	24	
562	I	IV	(9.9)	16.0	1.56	2.64	46	(15)	25	
487	I	V	18.6	21.5	1.53	2.69	43	29	33	
25	I	VI	16.7	18.9	1.47	2.61	44	25	28	
104	I	VI	12.2	15.4	1.84	2.64	30	22	28	
366	I	VI	20.6	20.8	1.72			35	36	
544	I	VI	16.1	20.6	1.47	2.63	44	24	30	
586b	I	VII	19.9	21.0	1.81			36	38	
251	I	IX	15.6	21.5	1.99			31	43	
178	I	XI	19.9	21.5	1.53	2.63	42	30	33	
563	I	XII	20.4	23.5	1.58	2.57	39	32	37	
5	I	XIII	21.1	22.0	1.56	2.68	42	33	34	
62	I	XIII	20.1	24.5	1.75			35	43	
Mittel I			17.8	19.7	1.68	2.67	40	30	33	
Standardabweichung			+3.0	+3.5	+0.18	+0.09	+5	+5	+6	
541	II	VI	13.9	19.8	1.70	2.56	42	24	34	
211	II	VII	18.5	18.7	1.91			35	36	
7	II	VIII			1.47	2.61	44			
510	I/II	VIII	15.8	18.5	1.69	2.89	42	27	31	
641	II	VIII	23.4	23.8	1.65	2.65	38	39	39	
645	II	XIII	22.2		1.60	2.53	37	36		
Mittel II			18.8	20.2	1.67	2.65	41	32	35	
Standardabweichung			+4.1	+2.5	+0.14	+0.14	+3	+6	+3	
323	X		14.6	16.0	1.96	2.72	28	29	31	
413a	X		10.7	12.9	1.56			17	20	

Tabelle 3. Chemische Analysen

Probe	262a	262b	34	571	8	413b	22	117	347	562
Arch. Haupttyp	I	I	II	II	III	III	IV	IV	IV	IV
Magerungstyp	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
Gew.-%										
SiO ₂	55.3	65.1	62.1	65.6	58.6	64.5	63.4	66.5	63.4	69.0
TiO ₂	0.72	0.75	0.80	0.59	0.95	0.67	0.89	0.94	0.80	0.69
Al ₂ O ₃	18.1	16.2	17.7	16.5	17.9	17.0	16.7	15.2	15.5	14.2
Fe ₂ O ₃ ^t	5.20	6.00	5.10	4.48	4.90	3.96	5.99	4.91	6.34	5.44
MnO	0.01	0.04	0.03	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.03	0.02
MgO	2.16	2.18	1.20	1.33	1.60	1.60	1.15	0.59	1.56	0.92
CaO	0.44	0.96	0.50	0.88	0.29	0.46	0.42	0.45	1.14	0.24
Na ₂ O	1.39	1.03	1.20	1.76	0.93	1.10	0.58	1.04	1.29	0.89
K ₂ O	2.60	2.46	3.50	3.82	3.10	2.51	2.45	2.33	3.39	2.82
P ₂ O ₅	0.30	0.19	0.40	0.71	0.60	0.15	0.55	0.52	0.35	1.19
H ₂ O+	8.1	3.7	6.2	3.25	8.8	6.7	6.2	4.55	4.55	4.2
C	5.7	1.45	1.1	1.05	2.2	1.5	2.6	2.45	2.35	1.1
Summe	100.02	100.06	99.83	99.99	99.90	100.16	100.94	99.49	100.70	100.71

^tGesamteisen als Fe₂O₃

Tabelle 3. Chemische Analysen (Fortsetzung)

Probe	XII	497	104	541	211	210	587	589	612b	641
Arch. Haupttyp	IV	V	VI	VI	VII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII
Magerungstyp	II	I	I	II	II	I	II	II	II	II
Gew.-%										
SiO ₂	64.8	60.2	66.0	63.2	58.7	58.7	49.1	59.9	48.2	58.3
TiO ₂	0.57	0.85	0.77	0.72	0.69	0.87	0.94	0.93	0.81	0.81
Al ₂ O ₃	16.6	13.3	15.5	16.3	15.9	16.9	17.7	17.4	19.1	17.1
Fe ₂ O _{3t}	4.95	6.20	4.99	5.20	4.96	7.05	5.60	6.10	6.00	5.70
MnO	0.02	0.03	0.01	0.04	0.02	0.13	0.03	0.06	0.06	0.04
MgO	1.33	1.70	1.07	1.50	2.83	1.80	8.10	1.90	2.20	2.03
CaO	0.62	0.34	0.46	0.44	0.37	0.93	0.46	0.31	0.58	0.26
Na ₂ O	0.85	0.87	0.93	1.00	1.36	0.42	0.46	0.58	0.55	1.25
K ₂ O	3.68	2.60	3.10	2.60	3.44	2.31	2.70	2.50	2.60	2.10
P ₂ O ₅	0.34	0.69	0.51	0.49	0.18	0.79	1.70	0.95	0.39	0.19
H ₂ O+	4.35	6.9	4.6	7.2	7.1	7.25	10.2	7.5	11.8	8.35
C	1.55	6.0	1.65	1.8	4.4	3.0	3.9	1.8	7.8	3.9
Summe	99.66	99.68	99.59	100.49	99.95	100.15	100.89	99.93	100.09	100.03

Tabelle 3. Chemische Analysen (Fortsetzung)

Probe	108	201	251	600	178	5	62	645	413a	323
Arch. Haupttyp	IX	IX	IX	IX	XI	XIII	XIII	XIII	X	X
Magerungstyp	I	I	I	I	I	I	I	II	I	
Gew.-%										
SiO ₂	74.2	59.8	72.6	66.7	61.0	62.0	56.0	59.7	62.5	77.7
TiO ₂	0.68	0.76	0.76	0.79	0.72	0.79	0.89	1.04	1.08	0.81
Al ₂ O ₃	9.6	15.8	11.0	13.3	17.1	17.8	20.0	18.8	21.1	12.7
Fe ₂ O _{3t}	4.40	6.40	5.13	6.77	5.30	6.20	6.18	5.48	4.41	3.86
MnO	0.04	0.04	0.02	0.06	0.04	0.04	0.02	0.07	0.14	0.17
MgO	1.20	0.98	0.63	0.84	1.70	1.60	2.15	1.20	1.17	1.33
CaO	0.81	0.67	0.27	0.41	0.35	0.55	0.94	0.60	0.38	0.48
Na ₂ O	0.71	0.70	1.00	0.85	0.76	1.34	1.37	0.34	0.82	0.26
K ₂ O	1.90	2.58	2.05	2.63	3.30	3.10	3.04	2.60	2.23	2.63
P ₂ O ₅	0.21	0.33	0.48	0.27	1.10	0.21	0.22	0.70	0.39	0.01
H ₂ O+	4.0	6.7	4.1	5.4	7.2	4.1	7.1	7.25	5.5	0.7
C	1.9	4.6	1.5	2.5	1.5	2.5	2.1	2.4	0.30	0.25
Summe	99.65	99.36	99.54	100.52	100.07	100.23	100.01	100.18	100.02	100.90

Tabelle 4. Chemische Zusammensetzung der Schortens-Keramik:

Mittelwerte und Standardabweichungen verschiedener Gruppen

Gruppe	Schortens insgesamt	Magerungs- typ I	Magerungs- typ II
Probenzahl	28	20	8
Gew.-%			
SiO ₂	61.9 ± 5.8	63.5 ± 5.0	57.7 ± 6.0
TiO ₂	0.79 ± 0.11	0.78 ± 0.09	0.81 ± 0.15
Al ₂ O ₃	16.2 ± 2.3	15.8 ± 2.5	17.4 ± 1.1
Fe ₂ O ₃ t	5.53 ± 0.74	5.55 ± 0.84	5.48 ± 0.44
MnO	0.04 ± 0.04	0.03 ± 0.03	0.04 ± 0.02
MgO	1.75 ± 1.35	1.40 ± 0.38	2.64 ± 2.27
CaO	0.43 ± 0.24	0.58 ± 0.27	0.46 ± 0.14
Na ₂ O	0.95 ± 0.34	1.01 ± 0.32	0.80 ± 0.38
K ₂ O	2.78 ± 0.50	2.78 ± 0.50	2.78 ± 0.52
P ₂ O ₅	0.53 ± 0.36	0.49 ± 0.29	0.62 ± 0.51
H ₂ O+	6.35 ± 2.1	5.7 ± 1.6	8.0 ± 2.2
C	2.75 ± 1.65	2.45 ± 1.4	3.45 ± 2.1
Summe	100.11	100.07	100.18

Gruppe	Magerungs- typ I*	Magerungs- typ II**	Haupt- gruppe IX	Haupt- gruppe VIII
Probenzahl	18	6	4	5
Gew.-%				
SiO ₂	62.4 ± 3.8	60.8 ± 2.6	68.3 ± 6.5	54.8 ± 5.7
TiO ₂	0.79 ± 0.10	0.79 ± 0.17	0.75 ± 0.05	0.87 ± 0.06
Al ₂ O ₃	16.4 ± 1.7	17.0 ± 1.0	12.4 ± 2.7	17.7 ± 0.9
Fe ₂ O ₃ t	5.63 ± 0.83	5.40 ± 0.45	5.68 ± 1.10	6.09 ± 0.57
MnO	0.03 ± 0.03	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.04
MgO	1.45 ± 0.47	1.80 ± 0.60	0.91 ± 0.24	3.21 ± 2.74
CaO	0.58 ± 0.27	0.43 ± 0.15	0.54 ± 0.24	0.51 ± 0.27
Na ₂ O	1.03 ± 0.32	0.90 ± 0.39	0.82 ± 0.14	0.65 ± 0.34
K ₂ O	2.87 ± 0.44	2.82 ± 0.61	2.29 ± 0.27	2.04 ± 0.77
P ₂ O ₅	0.50 ± 0.30	0.48 ± 0.30	0.32 ± 0.12	0.80 ± 0.59
H ₂ O+	5.85 ± 1.6	6.95 ± 1.35	5.05 ± 1.25	9.0 ± 1.95
C	2.5 ± 1.5	2.65 ± 1.2	2.65 ± 1.4	4.1 ± 2.25
	100.03	100.06	99.75	99.78

*ohne Probe 108 und 251; **ohne Probe 587₁ und 612b.

Tabelle 5. Chemischer Vergleich von alter Keramik unterschiedlicher Provenienz in Norddeutschland (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Keramik	Schortens 4.-10.Jh.	Gelbtonige Irdenware 12.-13.Jh.	Lübecker Irdenware 13. Jh.	Blaugraue Irdenware 13.-16.Jh.
Probenzahl	28	9	22(7 ^H +15 ^K)	7
Absolutgehalte (Gew.-%)				
SiO ₂	61.9 ± 5.8	71.1 ± 2.6	72.3 ± 1.9 ^H	68.3 ± 2.0
TiO ₂	0.79 ± 0.11	1.17 ± 0.15	0.71 ± 0.10	1.00 ± 0.095
Al ₂ O ₃	16.2 ± 2.3	21.2 ± 2.15	13.2 ± 0.75	18.8 ± 1.3
Fe ₂ O ₃ t	5.53 ± 0.74	2.29 ± 0.48	5.37 ± 0.26	6.1 ± 0.5
MnO	0.04 ± 0.04	0.02	0.05 ± 0.02	n.b.
MgO	1.75 ± 1.35	0.79 ± 0.17	0.83 ± 0.07 ^K	1.20 ± 0.18
CaO	0.54 ± 0.24	0.29 ± 0.14	1.37 ± 0.56	1.14 ± 0.50
Na ₂ O	0.95 ± 0.34	0.29 ± 0.06	1.24 ± 0.19	0.26 ± 0.06
K ₂ O	2.78 ± 0.50	1.55 ± 0.21	3.77 ± 0.57	3.2 ± 0.8
P ₂ O ₅	0.53 ± 0.36	0.09 ± 0.03	0.39 ± 0.35	n.b.
H ₂ O+/GV	6.35 ± 2.1	1.06 ± 0.24	n.b.	n.b.
C	2.75 ± 1.65	n.b.	n.b.	n.b.
Relativgehalte bez. auf Al ₂ O ₃ × 1000				
Fe ₂ O ₃ t	350 ± 45	108 ± 21	407 ± 24	363 ± 35
TiO ₂	50 ± 9	60 ± 10	54 ± 8	60 ± 6
MnO	2.2 ± 1.5	1	4 ± 1.5	-
MgO	107 ± 75	37 ± 6	63 ± 5 ^K	71 ± 10
CaO	34 ± 17	14 ± 8	104 ± 45	68 ± 27
Na ₂ O	60 ± 22	14 ± 3	94 ± 12	15 ± 3
K ₂ O	173 ± 31	73 ± 8	286 ± 44	190 ± 44
P ₂ O ₅	33 ± 22	4.5 ± 1.8	30 ± 28	-

Gelbtonige Irdenware nach OKRUSCH und WILKE-SCHIEGRIES (1985), Lübecker Irdenware nach HANGST et al. (1984): 7 Analysen von HANGST (H) 15 Analysen von KÖSTER (K). SiO₂ wurde nur von HANGST bestimmt. Bezüglich MgO ergaben sich zwischen den Werten von HANGST und KÖSTER merkliche Diskrepanzen. HANGST fand 1.43 ± 0.15 Gew.-% MgO, Relativgehalt bezogen auf Al₂O₃ 102 ± 7. Blaugraue Irdenware nach HENNICKE und HUISMANN (1985).

LITERATUR:

- BECKMANN, B., STRUNK-LICHTENBERG, G. und HEIDE, H. (1971): *Die frühe Siegburger Keramik und ihre Entwicklung zum Steinzeug. Naturwissenschaftliche Analysen zur Geschichte der mittelalterlichen Keramik.* — *Keram. Z.* 23, 656—659.
- BURMESTER, A., STRUNK-LICHTENBERG, G. und GABRIEL, B. (1984/85): *Irdenware aus der Zentralsahara (Tibesti): Absicherung einer stilistischen Chronologie durch Porositäts- und Dichtemessungen.* — *Acta Praehist. et Archaeol.* 16/17, 15—22.
- BÜSCH, W. (1976): *Möglichkeiten und Grenzen der Untersuchung von antiker Gefäßkeramik (Terra Sigillata) mit dem Polarisationsmikroskop.* — *Informationsblätter zu Nachbarwissenschaften der Ur- und Frühgeschichte (INW)*, 7, 2.1—2.15.
- DECHEND, W. (1957): *Geologisch-bodenkundliche Übersichtskarte der niedersächsischen Marschen und Moore 1:25 000. Blatt 2413 Jever.* — Amt für Bodenforschung, Hannover.
- DIENEMANN, W. und BURRE, O. (1928): *Die nutzbaren Gesteine Deutschlands und ihre Lagerstätten. I. Band. Kaolin, Ton, Sand, Kies, Wiesenkalk, Kieselgur.* — Stuttgart, Enke, 418 S.
- DIN 51056 (1959): *Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe. Bestimmung des offenen Porenraumes.*
- DIN 51065 (1964): *Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe. Bestimmung der Rohdichte an Formlingen und Bruchstücken.*
- DUMA, G. (1968): *Methode zum Feststellen der Bestimmung von urzeitlichen Gefäßen.* — *Acta Archaeol. Acad. Sci. Hungaricae* 20, 359—372.
- ECKHARDT, F.J., RÖSCH, H. und STEIN, V. (1980): *Investigations of clay deposits of economic interest in Lower Saxony.* — *Geol. Jahrb.* D39, 85—97.
- FRECHEN, J. (1958): *Petrographische Untersuchung der Keramik.* — In BÖHNER, K.: *Die fränkischen Altertümer des Trierer Landes*, S. 63—68.
- FRECHEN, J. (1962): *Mineralogisch-petrographisches Untersuchungsergebnis.* — In: STAMM, O.: *Spätromische und frühmittelalterliche Keramik der Altstadt Frankfurt am Main.* — *Schriften des Frankfurter Museums für Vor- und Frühgeschichte, Frankfurt am Main*, 1, 158—163.
- GODDARD, E. N., TRASK, P. D., DE FORD, R. K., ROVE, O. N., SINGEWALD, J. T. und OVERBECK, R. M. (1963): *Rock-color chart.* — *Geol. Soc. America, New York.*
- GOLDSCHMIDT, V. M. (1933): *Grundlagen der quantitativen Geochemie.* — *Fortschr. Miner. Krist. Petr.* 17, 112—156.
- GRIM, R. E. (1968): *Clay mineralogy.* — McGraw-Hill, New York.
- HANGST, K., STRUNK-LICHTENBERG, G., KÖSTER, H. M., MEYER, D. und ERDMANN, W. (1984): *Die Töpferei des 13. Jahrhunderts am Koberg zu Lübeck — Untersuchung von Rohstoff, Scherben und Glasur.* — *Lübecker Schr. zur Archäol. und Kulturgesch. (LSAK)* 8, 169—183.
- HENNICKE, H. W. und ROSSMANITH, M. (1982): *Keramographische Untersuchungen an Scherben aus Hatzum/Boomborg.* — In LÖBERT, H. W., *Die Keramik der Römischen Kaiserzeit von Hatzum/Boomborg (Kr. Leer). Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet* 14, 97—102.
- HENNICKE, H. W. und HUISMANN, I. (1985): *Keramische Untersuchungen an grautoniger Irdenware des 13.—16. Jahrhunderts.* — In H. RÖTTING, *Stadtarchäologie in Braunschweig, Forschungen der Denkmalpflege in Niedersachsen* 3, 257—263.
- HESEMANN, J. (1975): *Kristalline Geschiebe der nordischen Vereisungen.* — *Geol. Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.*

- HOLLSTEIN, W. (1951): In BENTZ, A. (Hrsg.), *Geologische Übersichtskarte von Nordwestdeutschland, 1:300.000*. — Amt für Bodenforschung, Hannover.
- KORN, J. (1927): *Die wichtigsten Leitgeschiebe der nordischen kristallinen Gesteine im norddeutschen Flachland*. — Preuß. Geol. Landesanst. Berlin.
- KUBLER, B. (1967): *La cristallinité de l'illite et les zones tout à fait supérieure du métamorphisme*. — In: *Etages tectoniques, colloque à Neuchâtel*, 105—122.
- KÜPFER, T. und MAGGETTI, M. (1978): *Die Terra Sigillata von La Péniche (Vidy/Lausanne)*. — Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 58, 189—212.
- LETSCH, J. (1982): *Neolithische und chalkolithische Keramik Thessaliens: Material, Rohstoffe und Herstellungstechnik*. — Diss. Univ. Köln.
- LETSCH, J. und NOLL, W. (1978): *Material und Herstellung antiker C-Schwarz-Keramik, Teil 1*. — Ber. Dt. Keram. Ges. 55, 163—168.
- MAGGETTI, M. (1979): *Mineralogisch-petrographische Untersuchungen des Scherbenmaterials der urnenfelderzeitlichen Siedlung Elchinger Kreuz, Ldkr. Neu-Ulm/Donau*. — Kataloge Prähist. Staatssamml. München 19, 141—168.
- NOLL, W. (1982a): *Mineralogie und Technik der Keramiken Altkeretas*. — N. Jahrb. Miner. Abhandl. 143, 150—199.
- NOLL, W. (1982b): Briefliche Mitteilung.
- OKRUSCH, M., STRUNK-LICHTENBERG, G. und GABRIEL, B. (1973): *Vorgeschichtliche Keramik aus dem Tibesti (Sahara). I. Das Rohmaterial*. — Ber. Dt. Keram. Ges. 50, 261—272.
- OKRUSCH, M. und WILKE-SCHIEGRIES, R. (1985): *Mineralogische Untersuchungen an gelbtoniger Irdenware des 12. bis 13. Jahrhunderts in Braunschweig und Goslar*. — In H. RÖTTING, *Stadtarchäologie in Braunschweig, Forschungen der Denkmalpflege in Niedersachsen* 3, 249—255.
- PETERS, T. J. und JENNI, J.-P. (1973): *Mineralogische Untersuchungen über das Brennverhalten von Ziegeleitonem*. — Beitr. zur Geologie der Schweiz, Geotechn. Serie 50, 1—59.
- PRE-EMPFEHLUNG 1966 (Überarbeitung 1976): *Bestimmung der Rohdichte, der offenen Porosität und der Gesamtporosität an dichten geformten feuerfesten Erzeugnissen*. — PRE/R9 78, S. 1.
- RÖTTING, H. (1975): *Größere Fundbergungen und Ausgrabungen in Schortens, Kreis Friesland*. — Nachr. Marschenrat zur Förder. Forsch. Küstengebiet Nordsee 12, 20—23.
- SALMANG, H. und SCHOLZE, H. (1983): *Keramik Teil 1. Allgemeine Grundlagen und wichtige Eigenschaften*. — 6. Aufl., Berlin — Heidelberg — New York, Springer.
- SCHNEIDER, G. (1976): *Anwendung der Röntgenfluoreszenzanalyse und statistischer Methoden bei der Untersuchung von Terra Sigillata*. — Informationsblätter zu Nachbarwissenschaften der Ur- und Frühgeschichte (INW), 7, 3.1.3.14.
- SCHUCHT, F. (1898/99): *Geologisch-agronomische Karte 1:25 000 Gradabteilungsblatt 142, Blatt 1017 Jever. Erläuterungen zur geologisch-agronomischen Karte „Blatt Jever“ Herzogtum Oldenburg*. — Oldenburg, R. Sußmann.
- SINDOWSKI, K.-H. (1969): *Geologische Entwicklung von Ostfriesland*. — In OHLING, J.: *Ostfriesland im Schutze des Deiches*, Bd. 1, 1—48, Pewsum (Ost-Friesland).
- STEIN, V., ECKHARDT, F.-J., HILKER, E., IRRLITZ, W., KOSSMAHL, W., MATTIAT, B., PILITZ, G., RASCHKA, H. und RÖSCH, H. (1981): *Die ziegeleitechnischen Eigenschaften niedersächsischer Tone und Tonsteine*. — Geol. Jahrb. D45, 3—53.
- STEUER, H. (1974): *Die Südsiedlung von Haithabu. Studien zur frühmittelalterlichen Keramik im Nordseeküstenbereich und in Schleswig-Holstein*. — Neumünster, Wachholtz.

- STRUNK-LICHTENBERG, G. (1971): In BECKMANN et al., 1971.
- STRUNK-LICHTENBERG, G. (1975): *Die Beschaffenheit des Scherbens*. — In BECKMANN, B.: Der Scherbenhügel in der Siegburger Aulgasse. Bd. 1. Rhein. Ausgrab. 16, 345—349, Bonn.
- STRUNK-LICHTENBERG, G. (1976): *Eine klassische Methode der Porositätsbestimmung an Keramik*. — Informationsblätter zu Nachbarwissenschaften der Ur- und Frühgeschichte (INW) 7, 3.1—3.9.
- STRUNK-LICHTENBERG, G., GABRIEL, B. und OKRUSCH, M. (1973): *Vorgeschichtliche Keramik aus dem Tibesti (Sahara). II. Technologischer Entwicklungsstand*. — Ber. Dt. Keram. Ges. 50, 294—299.
- WEBER, K. (1972): *Notes on the determination of illite crystallinity*. — N. Jahrb. Mineral. Mh. 1972, 267—276.
- WEDEPOHL, K. H., Hrsg. (1969): *Handbook of Geochemistry, Vol. 1*. — Berlin — Heidelberg — New York, Springer.
- WILDVANG, D. (1938): *Die Geologie Ostfriesland*. — Abh. Preuß. Geol. Landesanst. 181, Berlin.
- WILKE, R. (1979): *Archäometrie frühmittelalterlicher Keramik der Grabung Schortens, Friesland*. — Unpubl. Dipl. Arb. Mineral.-Petrogr. Inst. TU Braunschweig.

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Martin Okrusch
 Mineralogisches Institut der Universität Würzburg
 Am Hubland
 8700 Würzburg

Hartmut Rötting M. A.
 Niedersächsisches Landesverwaltungsamt
 — Institut für Denkmalpflege —
 Außenstelle für den Reg.-Bez. Braunschweig
 Wilhelmstr. 62/69
 3300 Braunschweig

Dipl. Min. Regina Wilke-Schiegries
 Mineralogisches Institut der
 Technischen Universität Braunschweig
 Gaußstraße 28/29
 3300 Braunschweig
 derzeitige Adresse:
 Dorfstraße 5
 3152 Ilsede