

Ruth Löffler

Die Rohmaterialien des Töpfers

Zum Verständnis prähistorischer Töpferei sind Grundkenntnisse über Herstellungstechniken und Rohmaterialien Voraussetzung. Beide Bereiche, mit besonderer Berücksichtigung des Neolithikums, wurden in einer Magisterarbeit behandelt (1); hier soll nur auf einige Aspekte zu den Rohmaterialien Ton und Magerungsmittel eingegangen werden.

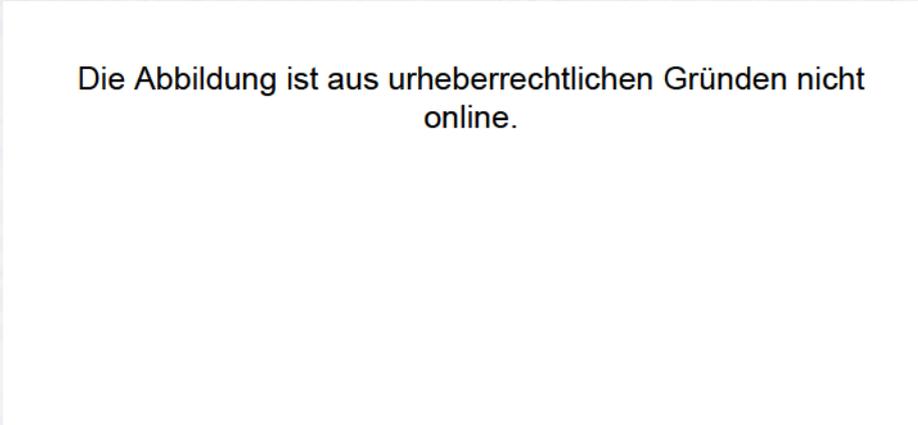
Ton

Tone sind *Verwitterungsprodukte*, deren Zusammensetzung je nach Ausgangsgestein, Bildungsvorgang, klimatischen Bedingungen und den Transport durch Wind oder Wasser variieren kann. Dies erklärt die außerordentlich große Unterschiedlichkeit der Tone.

Aus *geologischer Sicht* ist Ton "ein ... feinstkörniges Lockergestein mit Korndurchmessern unter 0,002 mm", das in erster Linie aus den Tonmineralien (kleiner 0,002 mm) als den Verwitterungsneubildungen besteht, ebenso aus Verwitterungsresten wie Quarz, Feldspat, Glimmer o.ä., auch können verschiedene Verunreinigungen, z.B. organischer Art enthalten sein (Hohl 1981, 661).

Wichtig für den *Töpfer* jedoch sind die besonderen Eigenschaften des Tones, nämlich seine *Bildsamkeit* oder *Plastizität* durch die Zugabe von Wasser und seine *Verfestigung* durch den Brand.

Die *Bildsamkeit* des Tones leitet sich aus der Blättchengestalt der Tonminerale ab. Diese Blättchen sind in Schichten aufgebaut und vermögen zwischen diesen Schichten ihres Kristallgitters Wasser anzulagern, gleichzeitig sind die Tonminerale von Wasserhüllen umgeben (Abb. 1). Dadurch können sie leicht gegeneinander verschoben werden, halten aber senkrecht zur Blättchenrichtung einen festen Zusammenhang, vergleichbar mit dem Verhalten zweier nasser Glasplatten.



Die Abbildung ist aus urheberrechtlichen Gründen nicht online.

Abb. 1 Die Quellung eines Tonminerals nach Wasserzugabe
(aus: Stern 1980, 20ff.)

Die *Plastizität* eines Tones hängt u.a. also ab von der Neigung der Tonminerale zur Wasseranlagerung an ihre Oberflächen, was je nach Art der Tonminerale unterschiedlich ist.

Außerdem ist hier auch noch das anteilmäßige Verhältnis von Tonmineralen zu unplastischen Gemengteilen, wie z.B. Sand, im Ton wichtig. Sind letztere in hohem Maße vertreten, handelt es sich um einen "mageren" Ton. Sehr plastische oder "fette" Tone, die also wenig unplastische Gemengteile enthalten und damit zu starker Wasseranlagerung neigen, müssen "gemagert" werden, da die Gefäße sonst beim Trocknen und Brennen durch Bildung von Rissen zerstört werden.

Eine weitere wichtige Eigenschaft des Tones ist seine *Verfestigung* beim Brand. Durch das Brennen der Tongefäße bei genügend hoher Temperatur bricht das Kristallgitter der Tonminerale zusammen, wodurch die *Bildsamkeit* des Tones unwiederbringlich zerstört wird.

Magerung

Der Begriff Magerung ist bei genauer Betrachtung der Literatur oft keineswegs eindeutig definiert, sein Gebrauch wird je nach wissenschaftlichem Hintergrund der untersuchenden Person unterschiedlich gehandhabt.

Von mineralogischer Seite wird keine Unterscheidung der im Ton vorhandenen unplastischen Bestandteile bezüglich ihrer Herkunft getroffen. Archäologen verstehen Magerung meist im Sinne künstlicher Zugabe. Dies kann bei interdisziplinären Arbeiten zu Verständigungsschwierigkeiten führen.

Bei Keramikanalysen, sei es makroskopisch oder in Dünnschliffen, stellt sich in manchen Fällen immer wieder die Frage, wie natürliche von künstlicher Magerung zu trennen ist. Bei Spreu, Tiermist, Schamotte o.ä. ist diese Frage leicht beantwortet, nicht aber bei Gesteinen oder auch bei Sand, beide kommen in vielen Tönen schon natürlich vor. Zur Unterscheidung können in günstigen Fällen Korngrößenverteilung und Kornform beitragen.

Als Magerungsmittel wurden in urgeschichtlicher Keramik die verschiedensten Materialien gefunden. Es kommen diverse Gesteinsfragmente, Sand, organische Stoffe wie Spreu, Tiermist, Rinde, Muscheln etc. und ebenso Schamotte in unterschiedlichen Magerungsmengen und Korngrößen vor.

Gründe für die Verwendung von Magerungsmitteln

Der Zusatz von Magerung zum Ton hat Auswirkungen auf verschiedene Prozesse der Keramikherstellung.

Er verbessert z.B. die *Bearbeitbarkeit* eines zu fetten Tones, indem die Plastizität herabgesetzt wird, d.h. der Ton nun weniger zäh und klebrig ist.

Während des *Aufbaus* eines Gefäßes gibt die Magerung Standfestigkeit im Sinne einer Gerüstfunktion.

Beim *Trocknen* der Gefäße läuft der Vorgang der Schwindung ab, ein Schrumpfungsprozeß bedingt durch den Verlust des Wassers. Da die äußeren Zonen eines Gefäßes schneller als die inneren trocknen, kann es zu Spannungen und damit zu Ribbildung kommen. Zugesezte Magerung "öffnet" das Gefüge des Scherbens, so daß Wasser schneller und gleichmäßiger aus dem Ton austreten kann und eine Ribbildung vermieden wird.

Während des *Brandes*, besonders im Falle wenig kontrollierter neolithischer Brände, müssen die Gefäße hohe Temperaturunterschiede auszugleichen in der Lage sein. Die Temperaturwechselbeständigkeit ist z.T. abhängig von der Porosität eines Scherbens, hierauf kann mit der Wahl des Magerungsmittels Einfluß genommen werden.

Nach dem Brand muß das fertige Gefäß, der jeweiligen Funktion folgend, spezielle Eigenschaften besitzen, die auch abhängig von der Art der Magerung sind.

Die Ausprägung der Zuschlagstoffe (Korngröße, Magerungsmenge) steht in engem Zusammenhang zur Wandstärke und somit zur Gefäßgröße. Mit steigender Größe der Gefäße müssen auch ihre Wandstärken, die Magerungsmenge und die Größe der Magerungspartikel steigen, damit die Gefäße nicht während des Aufbaus zusammenfallen. Auch sind bei größeren dickwandigeren Töpfen Spannungen während des Schwindungsvorganges stärker, was ebenfalls eine höhere Magerungsmenge und gröbere Partikel erfordert.

Im folgenden sollen zwei Arten des Magerungszuschlages vorgestellt werden: die pflanzliche Magerung und die Kalkmagerung.

Pflanzenmagerung

Verschiedene pflanzliche Materialien wie Stroh, Gras, Tiermist oder Dreschabfall können zu Magerungszwecken dienen. Diese Magerungsmittel werden beim Keramikbrand zerstört, so daß lediglich ihre Hohlräume erhalten bleiben.

Außer den schon genannten positiven Auswirkungen der Magerung allgemein, kann bei der pflanzlichen Zugabe auf weitere sich günstig auswirkende Eigenschaften hingewiesen werden. So verbessert sie z.B. nicht nur die Bearbeitbarkeit eines zu fetten Tones. Es kann auch die Plastizität eines zu mageren Tones durch den Zusatz von zerkleinertem Stroh, Gras o.ä. gesteigert werden, wie es sich auch bei eigenen Experimenten zeigte. Hierbei handelt es sich dann aber nicht um eine "Magerung" im eigentlichen Sinne.

Zu einer erhöhten Festigkeit der Gefäße während des Trocknens tragen organische Materialien bei, denn "The effect of the organic compounds is probably a gluing action produced on drying by the development of a cementing material between particles" (Grim 1962, 85).

Die Nuba-Töpfer in Afrika verwenden Gras als Magerungsmittel, da es "wie Nägel wirke und den Ton zusammenhalte" (Drost 1967, 36).

Die Zugabe pflanzlichen Materials erzeugt im Scherben große und zahlreiche Poren, was sich günstig auf die schon erwähnte Temperaturwechselbeständigkeit auswirkt. Denn große Poren im Scherben bringen Risse zum Stillstand, die durch rasche Temperaturwechsel während des Brandes entstehen können. Diese Gefäße sind deshalb auch während des Brandes sehr stabil, was sich auch bei eigenen Experimenten zeigte.

Diese erhöhte Porosität ist ebenfalls wichtig für die Gefäßfunktion. Wird ein Gefäß z.B. als Kochtopf benutzt, ist es häufigen Temperaturschocks ausgesetzt. Als ein anderes Beispiel können hier tönernerne Gußtiegel genannt werden. Ein mit grobem Gesteinsgrus gemagerter Tiegel der Pfynen Kultur wird zeitgleichen Exemplaren mit einer starken Magerung von Emmer-, Einkorn- und Gerstenspreu gegenübergestellt. Ersterer weist mehrere tiefe Hitzerrisse auf, während an letzteren kaum thermisch bedingte Risse festgestellt wurden (Schlichtherle u. Rottländer 1982, 59ff.).

In klimatisch warmen Regionen ist die Kühlung des Trinkwassers von Bedeutung. Bei porösen Gefäßen kann das Wasser durch die Gefäßwandung an die Außenfläche gelangen und dort verdunsten; auf diese Weise wird der Gefäßinhalt gekühlt. In Israel werden Gefäße mit Pflanzenmagerung noch heute zum Wasserkühlen benutzt. Dieser Vorgang der Diffusion des Wassers durch die Gefäßwand ist auch für Kochtöpfe wichtig, da sie sonst bei Gebrauch über dem Feuer platzen würden.

Ein weiterer Vorteil der pflanzlichen Magerung liegt in ihrem geringen Gewicht, was besonders für große Gefäße wichtig sein kann.

Durch die Vergänglichkeit dieser Art der Magerung während des Brandes kann pflanzengemagerte Keramik, auch wenn es sich um dickwandige Gefäße handelt, schnell durchgebrannt werden.

Ähnliche Eigenschaften wie die Pflanzenmagerung weist auch die Knochenzugabe auf.

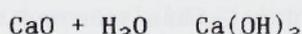
Kalkhaltige Materialien

Kalziumkarbonathaltige Magerungsmittel können in Form von Muscheln, Fossilien, Kalkstein, Kalkspat (= Kalzit) o.ä. im Scherben vorliegen. Durch die lange Bodenlagerung ist oft, besonders in sauren Böden, das ursprüngliche Magerungsmittel vergangen und es bleiben lediglich die entsprechenden Hohlräume in der Keramik zurück.

Den kalziumkarbonathaltigen Magerungsmitteln gemeinsam ist, daß sie *besondere Probleme* bereiten können. Beim Brennen von Kalziumkarbonat (CaCO_3) entweicht ab bestimmten Temperaturen Kohlendioxid (CO_2) und es entsteht Kalziumoxid (CaO), der sogenannte Brannt- oder Ätzkalk:



Da nun nach dem Brennen sich der Branntkalk hygroskopisch verhält, er Wasser aus der Luft aufnimmt, kommt es zur Entstehung von Kalziumhydroxid:



Dieses Kalziumhydroxid besitzt ein größeres Volumen als Branntkalk und Kalziumkarbonat, wodurch es durch den entstehenden Druck zu Zersprengung und völligen Zerbröselung der Keramik kommen kann. Über den Beginn dieses Vorganges liegen unterschiedliche Meinungen vor, in der Literatur finden sich Temperaturen im Bereich von 530° bis 900° C.

Diese Unterschiedlichkeit der Temperaturen liegt vielleicht in der verschiedenartigen Zusammensetzung der Tone begründet. Art und Zusammensetzung des Karbonates sind in diesem Zusammenhang ebenfalls wichtig.

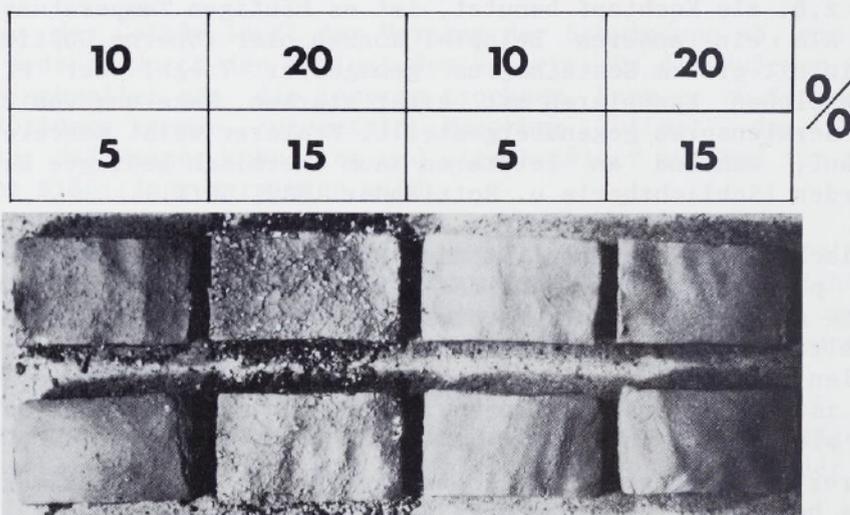


Abb. 2 Bei 700° C gebrannte Teststücke mit Muschelmagerung in unterschiedlichen Mengen und Korngrößen einen Tag nach dem Brand (ca. 1:2).

Eigene Experimente zeigen, daß Korngrößen und Magerungsmengen einen Einfluß auf den Grad der Zerstörung haben. Es wurden zweimal je vier Testbriquetten aus Westerwälder Ton mit ungebrannter Muschelmagerung in den Mengen 5, 10, 15, 20 Vol.% versetzt (Abb. 2 u. 3; die jeweils links liegenden vier Teststücke enthalten Muscheln in den Korngrößen von 0,5 bis 1,5 mm, bei den rechten vier Probestücken liegt die Partikelgröße unter 0,5 mm). Alle Stücke wurden gemeinsam in 50°C-Schritten im Laborofen gebrannt, beginnend bei 400° C. Sie unterlagen den gleichen oxidierenden Brennbedingungen. Ab 650° C zeigen sich bei den gröbergemagerten Stücken mit 15 und 20 % Magerung Risse, und es bröckeln einzelne Partikel vom Scherben ab. Für Gefäße wäre eine solche Ware nicht mehr brauchbar.

Abb. 2 zeigt die bei 700° C gebrannten Teststücke einen Tag nach der Entnahme aus dem Ofen. Die rechten, feingemagerten Proben weisen keine Veränderungen auf. Bei den links liegenden gröber gemagerten Stücken ist ein deutlicher Unterschied im Zerstörungsgrad je nach Magerungsmenge zu erkennen. Das 20 % enthaltende Probestück zeigt die stärkste Zerstörung, die mit abnehmender Menge geringer wird. Beim 5 %-Stück wird noch keine Schädigung sichtbar.

Einen Monat nach dem Brand (Abb. 3) ist eine deutliche Veränderung erkennbar. Die feingemagerten Stücke bleiben weiterhin unfragmentiert. Bei den gröber gemagerten hingegen ist der Zerstörungsprozeß fortgeschritten, ein deutliches Netz von Rissen überzieht alle Probestücke. Diese Risse liegen bei 20 % Magerung sehr dicht und sind z.T. recht tief, auch 15 % Magerung ruft sehr viele Risse hervor, die aber etwas weniger dicht liegen. Auch die Stücke mit 5 und 10 % Magerung tragen ein Rißnetz, allerdings ist dieses weniger dicht als bei den schon beschriebenen Stücken. 5 % Magerung erzeugte weniger Frakturen als 10 %. Auf jeden Fall wären alle grobgemagerten Versätze zur Gefäßherstellung unbrauchbar.

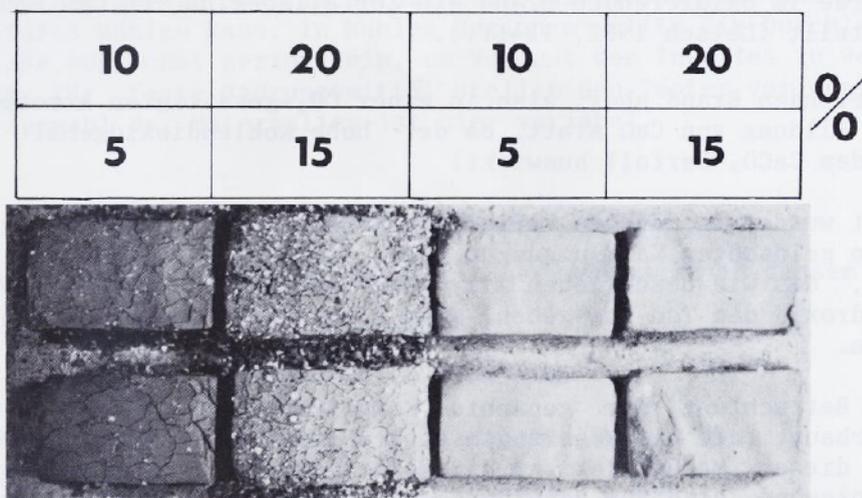


Abb. 3 Teststücke wie Abb. 2, einen Monat nach dem Brand.

Die feingemagerten Proben ($< 0,5$ mm) wurden weiter auf 750° C gebrannt. Einen Monat nach dem Brand zeigen auch sie starke Schädigung, wobei aber der Zusammenhang zur Magerungsmenge wie oben beschrieben weniger deutlich wird. Die Probe mit 5 %-Anteil hat allerdings die geringsten Schäden. Auch diese Stücke wären zur Gefäßherstellung nicht brauchbar.

In neolithischer Keramik wurden z.T. bedeutend gröbere Kalkpartikel als in den Versuchen verwendet gefunden. Beispielsweise messen sie in der Cortailod-Keramik aus Twann zwischen 1,6 und 4,4 mm (Nungässer u.a. 1985, 12). Es ist also vorauszusetzen, daß die damaligen Töpfer mit den aufgezeigten Problemen umzugehen wußten.

Denn es gibt *Gegenmaßnahmen*, die die negativen Folgen der Kalkmagerung aufheben. Von O.S. Rye vorgenommene Experimente ergaben, daß der Zusatz von Salz, z.B. in Form von Meerwasser, die Zerfallstemperatur von CaCO_3 heraufsetzt (Rye 1976, 127ff.).

Da aber auch im Inland Kalkmagerung erfolgreich benutzt wurde, z.B. in der Schussenrieder, Chamer und Cortailod-Keramik, entfällt die genannte Möglichkeit des Gebrauches von Meerwasser.

Eine andere Möglichkeit wäre die Zugabe von Absüden aus salzhaltigen Pflanzen oder der Asche solcher Pflanzen zum Ton. Zu denken wäre auch an einen Salzzusatz zum Ton in Form von Urin. Hierzu wurden bis jetzt keine Experimente unternommen.

Auch eine zusätzliche pflanzliche Magerung kalkhaltiger Scherben kann den CaCO_3 -Zerfall verhindern. Beim Verbrennen der pflanzlichen Magerung entsteht Kohlendioxid, das die Entwicklung von Branntkalk verhindert. Es entscheidet der Anteil des Kohlendioxides in der Brennatmosphäre, ob ein Zerfall stattfindet oder nicht. Deshalb kann die Brandführung einen bedeutenden Einfluß auf das Verhalten des Kalkes haben.

Bei der Untersuchung neolithischer und chalkolithischer Keramik aus Thesalien wurde im oxidierenden Brand ein Zerfallsbeginn von CaO schon ab 533° C festgestellt (Letsch 1982, 134ff.).

Im reduzierenden Brand aber, also in einer CO_2 -gesättigten Atmosphäre, findet keine Bildung von CaO statt, da der hohe Kohlendioxidgehalt sich hemmend auf den CaCO_3 -Zerfall auswirkt.

Vielleicht wurden in manchen Fällen die Probleme der Kalkmagerung durch die Zugabe von gelöschtem Kalk umgangen, d.h. der Kalk wurde gebrannt, es entstand CaO , das wie beschrieben mit Wasser zu $\text{Ca}(\text{OH})_2$ reagiert. Wird dieses Kalziumhydroxid dem Ton zugegeben, sind eventuell keine negativen Folgen zu befürchten.

Bei der Betrachtung der genannten Komplikationen stellt sich die Frage, warum überhaupt Kalk als Magerungsmittel verwendet wurde. Eine positive Eigenschaft dieses Materials ist seine Flußmittelwirkung, sie kann zu einer frühen Sinterung, also zur Festigung des Scherbens beitragen. Diese Flußmittelwirkung tritt zwischen 700 und 1.000° C auf, im Brenntemperaturbereich neolithischer Keramik (Letsch 1982, 49).

Ein Zusammenhang zwischen Kalkmagerung und Gefäßfunktion zeigt sich an ethnographischen Beispielen. So werden z.B. in Melanesien, Jordanien und Yucatan besonders Kochtöpfe mit Kalzit versetzt (Rye 1976, 118ff.). Der Grund liegt in der geringen thermischen Ausdehnung des Kalzites, wenn der be-

schriebene Prozeß der Branntkalkbildung nicht einsetzt. Eine geringe thermische Ausdehnung des Magerungsmittels trägt zu einer erhöhten Temperaturwechselbeständigkeit des Gefäßes bei. Letztere ist Voraussetzung für den Gebrauch als Kochtopf.

Werden in neolithischer Keramik kalkhaltige Magerungsmittel erkannt, setzt dies die Beherrschung der aufgezeigten Probleme durch den damaligen Töpfer voraus. Es kann sich um eine Kontrolle der Brenntemperatur, getroffene "Gegenmaßnahmen" oder eine spezielle Behandlung des Magerungsmaterials handeln.

Bei der Auseinandersetzung mit den verschiedensten Magerungsmitteln zeigte sich, daß für Bearbeitbarkeit des Rohtones, Stabilität während des Aufbauvorganges und Reduzierung der Schwindung - aus archäologischer Sicht - die Art des Magerungsmittels weniger wichtig zu sein scheint. Im Hinblick auf die Temperaturwechselbeständigkeit (TWB) eines Gefäßes und somit auch auf seine Funktion ist aber die Art des Magerungsmittels entscheidend. Die TWB hängt eng mit der Porosität eines Scherbens zusammen. Wie schon erwähnt, können große und zahlreiche Poren im Scherben durch starke Temperaturwechsel entstehende Risse zum Stillstand bringen und somit die Lebensdauer der Gefäße erhöhen. Eine hohe Porosität wird leicht durch die Zugabe organischer Materialien erreicht, die im Feuer vergehen.

Je nach gewünschter *Funktion* der Gefäße werden unterschiedliche Anforderungen an die Rohstoffe der Keramik gestellt. Die beiden wichtigsten Funktionen stellen Kochen und Aufbewahren von Nahrung dar.

Kochtöpfe müssen ständigen Temperaturwechseln beim Gebrauch an der Feuerstelle widerstehen können, also eine hohe TWB haben. Gleichzeitig dürfen sie aber nicht so porös sein, daß der Inhalt hinauslaufen kann.

Gefäße zum *Aufbewahren* von Flüssigkeiten müssen nach herrschendem Klima unterschiedliche Anforderungen erfüllen. In klimatisch warmen Gebieten sollten sie eine ausreichende Durchlässigkeit, also Porosität besitzen, damit das Wasser an die äußere Oberfläche dringen, dort verdunsten und so den Inhalt des Gefäßes kühlen kann. In kühlen Regionen sollte die Durchlässigkeit solcher Gefäße möglichst gering sein, um Verlust des Inhaltes zu vermeiden. Vorratsgefäße für feste Nahrungsmittel stellen den Töpfer vor weniger Probleme, die Auswahl der Materialien ist hier variabel.

Anmerkung

(1) Die Zusammenfassung der Magisterarbeit befindet sich in diesem Heft.

Ausgewählte Literatur

- D. Drost, 1967, Töpferei in Afrika. Technologie. Berlin 1967.
- R.E. Grim, 1962, Applied Clay Mineralogy. New York 1962.
- R. Hohl (Hrsg.), 1981, Die Entwicklungsgeschichte der Erde. Leipzig 1981.
- B. Hulthén, 1977, On Ceramic Technology During the Scanian Neolithic and Bronze Age. Theses and Papers in North-European Archaeology 6, 1977.
- J. Letsch, 1982, Neolithische und Chalkolithische Keramik Thessaliens: Material, Rohstoffe und Herstellungstechnik. Dissertation Köln 1982.
- R. Löffler, 1987, Magerungstechniken im Neolithikum unter besonderer Berücksichtigung des westlichen und südlichen Deutschland. Magisterarbeit Köln 1987.

-
- W. Nungässer u.a., 1985, Neolithische Keramik von Twann - Mineralogische und Petrographische Untersuchungen. Jb. d. Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte 68, 1985, 7-39.
- O.S. Rye, 1976, Keeping Your Temper Under Control: Materials and the Manufacture of Papuan Pottery. Archaeology and Physical Anthropology in Oceania 11, 1976, 106-137.
- O.S. Rye, 1981, Pottery Technology: Principles and Reconstruction. Washington 1981.
- H. Schlichtherle u. R. Rottländer, 1982, Gußtiegel der Pfyner Kultur in Südwestdeutschland. Fundberichte aus Baden-Württemberg 7, 1982, 59-71.
- H. Stern (Hrsg.), 1980, Grundlagen der Technologie der Keramik. Mainz 1980.

Ruth Löffler
Institut für Ur- und Frühgeschichte
Weyertal 125
5000 Köln 41