

Die Aktualität verlorener Erfahrungen

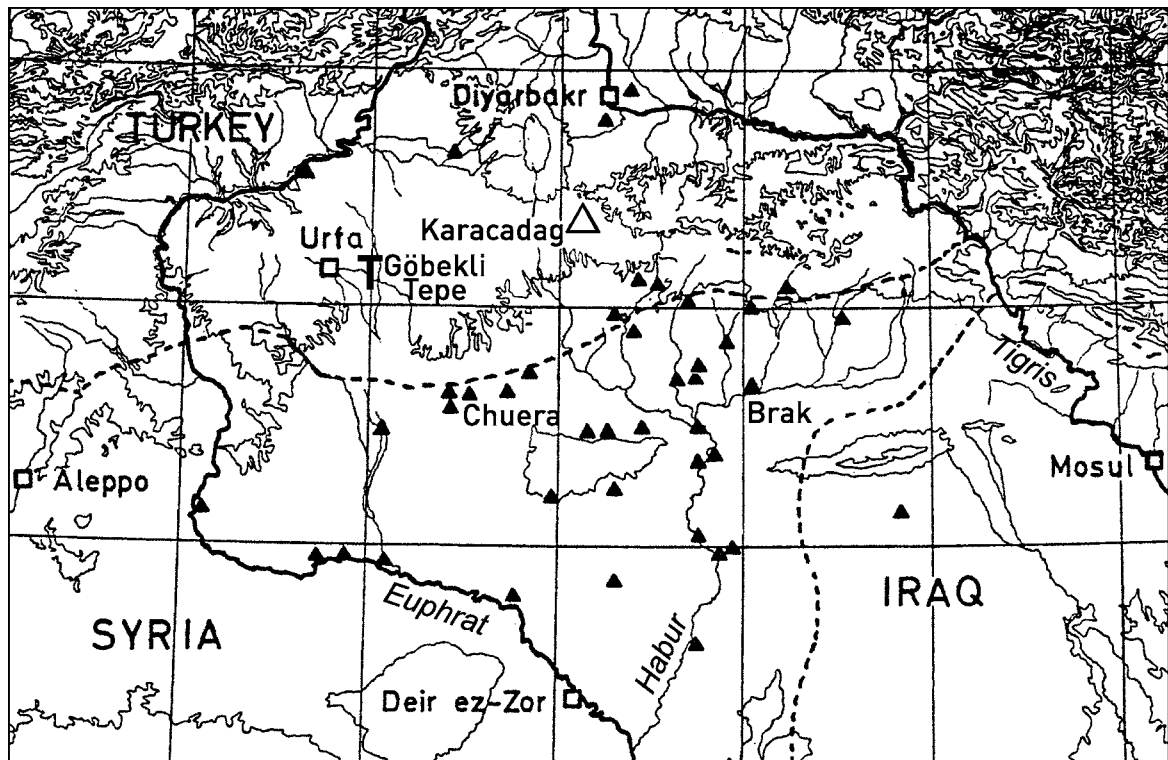
Teil 1: Eine metallische Keramik

ABBILDUNG

Fundorte des nord-mesopotamischen Steinzeugs aus dem 4./3. Jahrtausend v. Chr. im Grenzland zwischen Syrien und der Türkei (Grenzverlauf als gestrichelte Linie).

Die Hauptfundorte der metallischen Ware sind Tell Chuera (Gruppe A) und Tell Brak (Gruppe B).

Auf türkischem Boden befindet sich im süd-östlichen Ausläufer des Taurus-Gebirges der 1919 m hohe Vulkan Karacadag. Urfa gilt als die "Geburtsgrotte" Abrahams. 2 km östlich von Urfa liegt die vor 11.000 Jahren errichtete älteste Tempelanlage der Menschheit mit T-förmigen steinernen Totempfählen, die von dem Berliner Archäologen Klaus Schmidt ausgegraben wird. Die Gegend ist das Ursprungsgebiet des Ackerbaus.



Man kann es als Evolution der Keramik bezeichnen, wenn sie in ihrer Entwicklung Herstellungsmethoden aufgab, die unter veränderten Existenzbedingungen ihre Bedeutung verloren. Auf solche Methoden stießen Archäologen bei Grabungen in Nordsyrien. Was sie zu Tage förderten, lässt auf einen hohen Erfahrungsschatz der Töpfer schon im 4./3. Jahrtausend v. Chr. im Vorderen Orient schließen. Deren Arbeiten wurden bisher nur wegen ihres Aussehens bewundert. Erst die archäometrischen Forschungen der letzten Zeit konnten ihren

technologischen Erfindungsreichtum nachweisen. Von besonderem Interesse ist eine Keramik, die im aufkommenden Metallzeitalter durch ihre Härte den Metallen ebenbürtig war. Heute kann eine Keramik, die auf technische und künstlerische Besonderheiten und auf Erlebnisse abzielt, von diesen verlorenen Erfahrungen profitieren.

Anders als in Ostasien, wo die Natur in den nördlicheren Breitengraden mit entsprechenden Tonvorkommen und Wäldern die Keramik begünstigte, waren die Töpfer im Vorderen Orient auf

die vorherrschenden kalkhaltigen Tone und auf niedrige Brenntemperaturen angewiesen. Ihre Tone wären schon bei 1200°C zu Klumpen zusammengesmolzen, und sie hätten sie auch nicht so hoch brennen können, weil sie nicht wie die Chinesen über solche Brennstoffe verfügten.

Eine Keramik von großer Härte

Bei Grabungen in Nordsyrien, die vom Deutschen Archäologischen Institut betrieben werden, wurden Tonscherben und Gefäße einer metal-

lischen Ware aufgefunden, die an der Freien Universität Berlin unter Gerwulf Schneider archäometrisch untersucht wurden. Sie wiesen ungewöhnliche Eigenschaften auf, die für Sachkundige eine Sensation darstellen. In der Zeit, als die Metalle aufkamen, brachten die Töpfer eine Keramik hervor, die dicht war und es an Härte mit dem Kupfer aufnehmen konnte. Man hat auch Werkzeuge daraus hergestellt. Diese Keramik, die bei 1000-1100°C gebrannt wurde, entsprach in Dichte und Härte dem hochgebrannten Steinzeug, das erst einige tausend Jahre später (am Ende der Shang-Dynastie, 1500 bis 1000 v.Chr.) in China aufkam.

Das Steinzeug, wie wir es kennen, erfordert einen Ton mit einem großen Sinterintervall. Dazu muss er möglichst kalkfrei sein, weil der Kalk die Spanne zwischen Sintern und Schmelzen verringert. Da die Tone infolge der einheitlichen Geologie der arabischen Platte zwischen dem Taurus und dem Arabischen Golf kalkreich (mit 6-8% CaO) bis sehr kalkreich (über etwa 30% CaO) sind, ließe sich daraus keine steinzeugartige Keramik herstellen. Im Scheitelpunkt des fruchtbaren Halbmondes, im heutigen Grenzgebiet zwischen der Türkei und Syrien (Bild 1) gibt es jedoch einige junge Vulkane, die durch ihre Vulkanasche die Bodenverhältnisse veränderten. Anders als später in China oder Europa haben die frühgeschichtlichen Töpfer daraus bei einer niedrigen Brenntemperatur eine dichte und klingende harte Keramik hergestellt, in der das Eisen das hauptsächliche Flussmittel bildete, womit gewissermaßen das Eisenzeitalter vorweggenommen wurde.

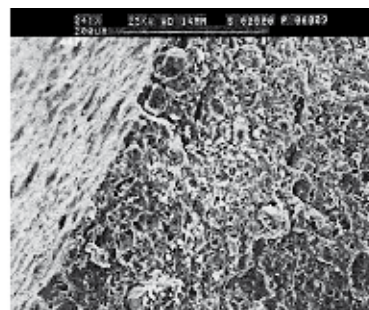
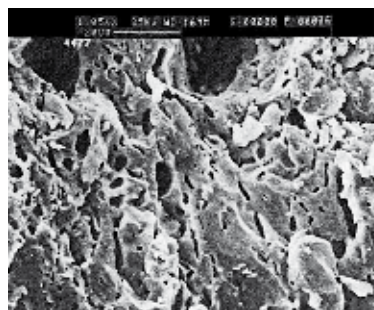
Bei dieser Keramik, die die Archäologen als Metallic Ware bezeichnen, können zwei Gruppen unterschieden werden. Der Scherben besaß in einer Gruppe A mit dem Hauptfundort Tell Chuera (im Durchschnitt aus 54 Proben)

5,21% Fe₂O₃
1,59% CaO (+ 0,88 MgO)
sowie 2,29% K₂O (+ 0,08 Na₂O)

in der Gruppe B mit dem Hauptfundort Tell Brak (im Durchschnitt aus 95 Proben)

6,84% Fe₂O₃
1,67% CaO (+1,16 MgO)
sowie 4,01% K₂O und
0,11% Na₂O

In einigen Proben der Gruppe B stieg der Kaliumoxidgehalt deutlich über 5% und bildet das wichtigste Unterscheidungsmerkmal gegenüber der kaliumärmeren Gruppe A. Beide Gruppen enthielten große Mengen an Spurenelementen wie Vanadin, Chrom, Nickel, Zirkonium und anderen, wie sie in Vulkanaschen vorkommen. Die Rohstoffe sind also lokal; sie blieben über Jahrtausende dieselben. Dieser Ausnahmezustand im Rohstoffaufkommen des Vorderen Orients mag dazu geführt haben, dass diese Keramik auf ein so kleines Gebiet beschränkt war, dass sie keine größere Bedeutung gewann.



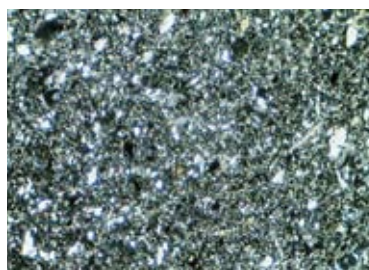
ABBILDUNGEN

Elektronenoptische Aufnahmen eines Scherbens der Gruppe A der metallischen Keramik. Das linke Bild von hoher Auflösung mit angeschmolzenen Quarz- und Feldspatkörnern sowie Mullit und Hercynit bei 1050°C. Das rechte Bild der selben Probe zeigt bei geringerer Auflösung eine Schneidkante, die (links im Bild) eine Sinterhaut aufweist.

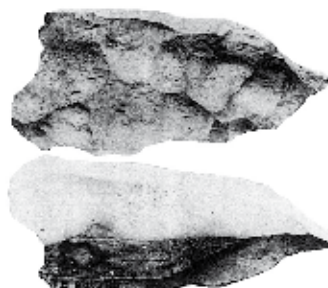
Beide Gruppen lassen sich nach der chemischen Analyse (d.h. nach den Hauptbestandteilen) in Versätzen aus unseren Rohstoffen darstellen:

Gruppe A -
57,42 weißes Tonmehl 1501
von Goerg & Schneider
22,04 Quarzmehl
14,32 Alkalifritte M1233
6,22 Eisenoxid rot

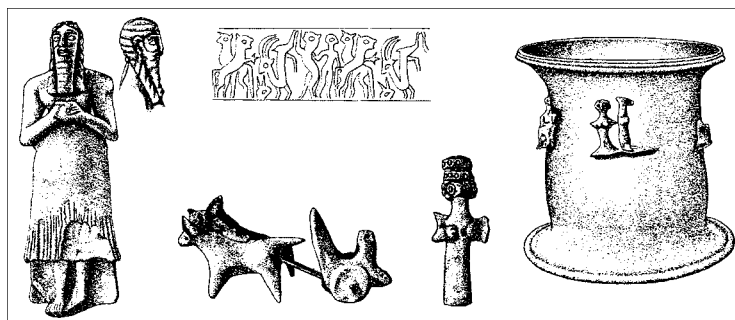
Gruppe B -
47,26 rotes Tonmehl 311
von Goerg & Schneider
31,50 Lavalit oder Basalt
4,06 Quarzmehl
15,20 Kalkspat
1,98 Eisenoxid rot



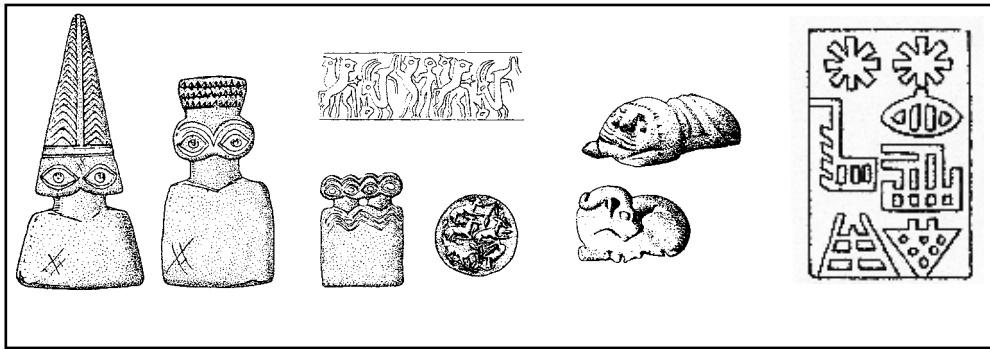
Dünnschliff eines Scherbens der metallischen Ware aus Tall Bi'a im Polarisationsmikroskop. Unzersetzte Einschlüsse von Quarz und Feldspat (weiß und grau) sowie Erzminerale und Glimmer (schwarz). Die Höhe des Bildes entspricht 1mm. Aufn. G.Schneider.



Stich- und Schneidwerkzeuge aus der metallischen Keramik von Tell Brak, Länge 9,6cm



In Tell Chuera fand man im Nebenraum eines Tempels einige Alabasterstatuen, das Tonmodell eines Wagens, weibliche Tonfiguren und -gefäße sowie Rollsiegel, 70 Silberschmuckstücke und Gegenstände aus Bronze aus dem 3.Jt. v.Chr. (nach Moortgat)



ABBILDUNGEN

Typische Augenfiguren aus dem "Augentempel" in Tell Brack aus der Djemdet Nasr-Zeit (4./3.Jt.v.Chr.). Es wurden mehrere Hundert derartiger Votivgaben aus Alabaster mit Augenrillen gefunden, die mit schwarzer oder grüner Farbe ausgefüllt sind; außerdem Tierfiguren, Rollsiegel und interessante runde Stempelsiegel. Neben dem Tempel wurde aus der Akkad-Zeit (3.Jt.) ein Palast ausgegraben, der aus getrockneten Lehmziegeln errichtet war, die mit dem Siegel des Erbauers „Naramsin“ (rechts im Bild) gestempelt waren (n.M.Mallowan).

LITERATUR

Gernulf Schneider: A technological study of North-Mesopotamian Stone Ware. *World Archaeology*, Vol.21 No.1, S.30-50.
 Gernulf Schneider: Rohstoffe und Brenntechnik von Keramik in Nordmesopotamien. *Internationale Tagung Berlin 1991: Handwerk und Technologie im Alten Orient*. Mainz: Verlag Philipp von Zabern, 1991.
 Gernulf Schneider und M. Daszkiewicz: Scherben, nichts als Scherben? *Alter Orient* Nr.3, Juni 2002, S.8-15

Ernest M. Levin und Howard F. McMurdie: *Diagrams for Ceramists*. 3 Bde. Columbus, Ohio, 1964, 1969, 1975.
 Zimmermann: Chinesisches und Böttger-Steinzeug. *Keramische Monatshefte* 1904, S.85

hat 10% Flussmittel, 22% Tonerde (Al_2O_3) und 68% Kieselsäure (SiO_2), das Böttgersche Steinzeug 15% Flussmittel, 21% Tonerde und 64% Kieselsäure. Das gegenseitige Verhältnis der Oxide in der Flussmittelgruppe muss also verschieden sein, um diese Unterschiede in den Brenntemperaturen zu begründen. In der Tat überwiegt in der metallischen Ware das Eisen-II-oxid. Außerdem müssen die Mengenverhältnisse der übrigen Bestandteile in der von Natur gegebenen vulkanischen Masse so günstig liegen, dass wir es mit niedrigst schmelzenden Mischungen (Eutektika) zu tun haben. Das lässt sich an Hand der silikatischen Mehrstoffsysteme, die von der Amerikanischen Keramischen Gesellschaft in drei umfangreichen Bänden veröffentlicht wurden, verfolgen. Man findet darin, dass das eisenhaltige Dreistoffsystem aus den drei schwer-schmelzbaren Komponenten FeO (1380°C), SiO_2 (1713°C) und Al_2O_3 (2050°C), das die Grundlage bildet, bei 48% FeO, 40% SiO_2 und 12% Al_2O_3 ein Eutektikum bei 1083°C aufweist, was bereits auf eine heftige Flussmittelwirkung des Eisens hinweist.

Gesetzmäßig werden die eutektischen Temperaturen noch gesenkt durch Hinzutreten geringer Mengen neuer Oxide. Im vorliegenden Fall ist es Kalk (CaO), der die Temperatur bereits auf 1070°C absenkt, aber den größten Effekt haben die Alkalien. Da liegt die niedrigste eutektische Temperatur im System $\text{FeO-Na}_2\text{O-SiO}_2$ sogar bei 667°C , mit K_2O bei 767°C . Die Scherbenanalysen weisen aber auch noch etwa 0,1% Phosphor (P_2O_5) und mehrere hundert Millionstel Prozente zahlreicher Spurenelemente auf, wie sie in vulkanischen Aschen vorkommen. Unter ihnen das Vanadin (V_2O_5), das mit dem Eisen-II-oxid bei einem bestimmten (eutektischen) Mengenverhältnis sogar schon bei 625°C schmilzt. Das heißt, dass das Eisen unter reduzierenden Bedingungen in Gegenwart geringer Mengen von Alkalien und anderer Spuren in einem komplizierten Vielstoffsystem die Zusammensetzung erreicht, die in der Analyse festgestellt wurde. Dabei müssen die Alkalien und Erdalkalien aus Feldspäten stammen, um Tonerde und Kieselsäure zu erhöhen. Die besonders starke Wirkung des Natriums hat eini-

Beginn der Ausgrabung der Tempelanlage von Göbekli Tepe aus dem 9. Jt.v.Chr.



ge Archäologen zu der Vermutung veranlassen anzunehmen, die Masse sei mit Salzwasser angemacht worden.

Über die Brennbedingungen wird vermutet, dass die schon sehr früh in Mesopotamien bekannten Zweikammeröfen verwendet wurden. Vielleicht wurde mit Stroh und Öl gebrannt, wie es heute noch im Irak traditionell ist. Jedenfalls fand das Brennen unter reduzierenden Bedingungen statt.

Nur im reduzierenden Feuer bildet sich das sehr harte Eisen-Aluminium-Spinell Hercynit ($\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$). Es ist aber nicht gesagt, dass die Härte des Scherbens darauf zurückzuführen ist; denn auch unter oxidierenden Bedingungen im Elektroofen wurde in Reproduktionsversuchen ein dichter und harter Scherben, allerdings erst bei 1100°C , gewonnen. Unter reduzierenden Bedingungen setzt die Flussmittelwirkung des Eisens früher ein als im oxidierenden Brand.

Die Brenntemperatur lässt sich nach dem Mineralbestand des Scherbens bestimmen, weil sich bis 1000°C Glimmer und Feldspat nicht verändern und oberhalb von etwa 850°C sich das Calcium-Magnesium-Silikat Diopsid und die Calcium-Aluminium-Silikate Anorthit oder bei viel Kalk Gehlenit bilden. Aus kaolinitischen Tonmineralen bildet sich schon bei 950°C Mullit. Sein Anteil steigt mit der Temperatur. Je höher die Temperatur, desto mehr ist auch von den Quarz- und Feldspatmineralen geschmolzen. Im Dünnschliff zeigt die metallische Ware unter dem Mikroskop eine feine Körnung. Die weiß oder grau erscheinenden Einschlüsse bestehen aus Quarz und zum Teil aus Feldspat. Daneben sind schwarze Körner von Erzmineralen und Glimmer enthalten. Die Reste von nicht zersetztem Feldspat und Glimmer zeigen eine Brenntemperatur von nicht wesentlich über 1000°C an.

Die metallische Ware erinnert in ihrem Aussehen an das chinesische Yising-Steinzeug, an das Jaspisporzellan von Böttcher sowie an das sogenannte Mulattenporzellan des 19. Jahrhunderts.

Von diesem ist bekannt, dass es aus

- 1 Gwt. bayerischem Basalt
- + 2 Gwt. Kaolin
- + 0,3-0,5 Gwt. rotem Ton

hergestellt wurde. Alle diese europäischen Steinzeuge wurde bei der hohen Temperatur des Hartporzellans gebrannt.

Die Aktualität verlorener Erfahrungen

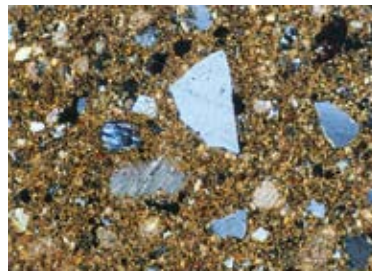
Teil 2: Flammfeste Massen

Gustav Weiß

Eine zweite von den Ausgräbern in Nordsyrien gefundene Keramik diente zur Herstellung von Kochtöpfen und war extrem temperaturwechselbeständig. Sie wird als Cooking pot ware, also als Kochtopfware, bezeichnet und kann für Feuerschalen genommen werden, in denen auf Balkonen oder in Gärten Feuer angemacht wird.

Die Rekonstruktion dieser Keramikgattung fußt ebenfalls auf den archäometrischen Messungen der Scherbenfunde. Dabei spielt nicht allein die chemische Zusammensetzung eine Rolle, sondern man muss auch auf das Zusammenspiel der vom Ton gebildeten Scherbenanteile (der „Matrix“) mit dem Zuschlagstoff achten. Die Wärmeausdehnung der Matrix muss etwa gleich groß sein wie die des zugesetzten Kalkspats (Calcit), um die Temperaturwechselbeständigkeit günstig zu beeinflussen. Das erreicht man aber nur dann, wenn die Calcitkristalle im Brand nicht durch Abgabe ihres Kohlendioxids zerfallen. Dazu darf sich die Keramik im oxidierenden Brand nicht längere Zeit oberhalb 700°C befinden. In reduzierender Atmosphäre kann die Temperatur höher sein. Andererseits muss die Brenntemperatur so hoch sein, dass der Hauptanteil der Tonminerale mit anderen Scherbenbestandteilen reagieren kann, damit eine gegen Wasser beständige feste Keramik entstehen kann. Das ist in Abhängigkeit von der Brenndauer zwischen 500 und 600°C der Fall. Diese Kochtopfware kann ohne Ofenkonstruktion auch im offenen Feldbrand gebrannt werden oder sogar durch das erste kräftige Erhitzen des gut getrockneten Topfes auf dem Herd.

Der durchschnittlichen chemischen Analyse dieser Keramik entspricht ein Versatz aus 100 Gewichtsteilen rotem Tonmehl + 40 Gwt. Kalkspat von grober Sandkörnung (entsprechend 71% Ton und 29% Kalkspat). Bei der Reproduktion kann man jedoch den Kalkspatzusatz nach der Bildsamkeit



Dünnschliff einer im Labor bei 700°C im Elektroofen gebrannten Probe der Keramik mit extrem hoher Temperaturwechselbeständigkeit, hergestellt aus tonigen Ablagerungen des unteren Habur-Flusses bei Tall Shaikh Hamad. Grobe Calcit-Magerung in einer Matrix aus quarzhaltigem mergeligem Ton. Würde die Masse über 700°C gebrannt, zerfielen der Calcit (CaCO₃) in gebrannten Kalk (CaO) und Kohlendioxid (CO₂) und die Temperaturwechselbeständigkeit ginge verloren. Die Höhe des Bildes entspricht 1mm.

Aufn. G.Schneider.

bemessen, denn die untersuchten Proben hatten einen weiten Spielraum von 20 bis 54% CaO (1 CaO ist in 1,8 CaCO₃ = Kalkspat enthalten). Der angegebene Versatz aus 71% rotem Tonmehl + 29% grobem Kalkspat entspricht einem CaO-Gehalt von 22,7% in der chemischen Analyse. Die Bildsamkeit lässt sich durch Bentonit verbessern.

Erstaunlicherweise gibt es in dem serbischen Dorf Zlakusa bei Uzice (200 km südlich von Belgrad) einen Bauerntöpfer, der noch eine solche Keramik herstellt. Es heißt, dass dieses Verfahren in diesem Ort schon 300 Jahre lang üblich sei. Auch bei den Indios wird heute noch eine solche Kochtopfware durch Zusatz von grobem

Kalkstein hergestellt. Da kommt niemand auf die Idee, es abzuwiegen.

Bei uns gibt es im Fachhandel als flammfest bezeichnete Massen, die für diese Zwecke entwickelt wurden:

Die Masse Nr.2 sg 0-5 von Witgert. Diese Feuerkeramik darf nur bei 800 bis 850°C gebrannt werden.

Die Creaton-Massen 592 und 596 von Goerg & Schneider mit einem niedrigen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Je niedriger die Brenntemperatur, desto geringer die Wärmeausdehnung.

Die Masse „Ceraflam 4010“ von WBB Fuchs, die zwar bis 1300°C brauchbar ist, aber nicht über 1050°C gebrannt werden soll. Es wird empfohlen, das Feuer in der fertigen Keramik auf einer Sandschüttung zu entfachen.

Einfach nur durch Schamottierung ist die Flammfestigkeit nicht zu erreichen, schon gar nicht durch feine Schamotte. Grobe hingegen verhindert, dass sich Risse ausbreiten. In diesem Sinne wirken auch die groben Kalkkörner zusätzlich. Schädlich hingegen wäre eine Magerung mit grobem Quarz, weil er sich bei jedem Erhitzen bei 500-600°C ausdehnt und beim Abkühlen wieder zusammenzieht und den Scherben zermüht. Auch 5% Magnesit, einer Masse zugesetzt, hat eine andere Wirkung: Der Magnesit beginnt erst über 1000°C Cordierit zu bilden, der eine sehr niedrige thermische Ausdehnung besitzt. Man verwendet ihn für Brennplatten.

Was waren das für Menschen im 3.Jahrtausend v.Chr. in Mesopotamien? Ihre Lebenssituation, ihr Sozialverhalten und ihr Glaube

Die untersuchten frühgeschichtlichen Tonscherben der Kochtopfware stammen aus Nordsyrien und der angrenzenden Türkei aus dem 3.

Jahrtausend v.Chr., der frühdynastischen Zeit. Diese Region, die vom Euphrat und einem Netz von Nebenflüssen bewässert wird, war kul-

turell von den großen Städten im Süden beeinflusst. Hier im Norden waren die Dörfer von umherziehenden Nomaden bedroht. Die wenigen Städte waren durch Handel groß geworden. Das Gebiet war durch seine überragende Töpfertradition bekannt. Schon in der ersten Hälfte des 5. Jahrtausend beherrschte die Keramik von Tell Halaf, das mitten in dieser Region liegt, die steinkupferzeitliche Kultur in ganz Mesopotamien. Aber nach 4500 bis 3600 v. Chr., kam die Stilrichtung der Töpferkunst aus dem Süden, aus Uruk bei der Stadt Ur, der Heimat Abrahams. Danach war die Töpferscheibe überall verbreitet.

Kennzeichen der kulturellen Höhe im Vergleich zur gleichzeitigen Megalithgräber- und Glockenbecherkultur in Westeuropa waren die bautechnisch den ägyptischen Pyramiden entsprechenden Hochtempel, Zikkurati, (zu denen auch der babylonische Turm gehörte) in heiligen Bezirken, die insgesamt eine architektonische Gestaltung erfuhren. Jeder Tempel war auf einen Gott fixiert. Daneben waren die prächtigen Paläste ebenfalls architektonische Meisterleistungen.

Das dritte vorchristliche Jahrtausend ist angefüllt von interessanten Einblicken in das Leben, die neben archäologischen Denkmälern bereits durch Schriftquellen erhellt werden. Nicht nur, dass diese Jahrtausende der neolithischen Revolution mit Besitz, Betrug beim Handel, Nachbarstreitigkeiten und Krieg folgten, die Töpferscheibe und die Massenproduktion, schließlich im 3. Jahrtausend die Keilschrift aufbrachten, sie folgten auch einer Bewusstseinsrevolution. Das Erleben des persönlichen Ich in seiner Konfrontierung mit der umgebenden Natur war wacher geworden. Die Abhängigkeit vom Naturgeschehen war dem Wunsch gewichen, mehr Unabhängigkeit zu erlangen, was durch die geistige Bewältigung des Nichtwissbaren als Glaube zum Ausdruck kam. Schon in den vorgeschichtlichen primitiven Gruppen hatten (nach Walter Nippold: „Individuum und Gesellschaft“, Braunschweig 1960) die kulturschaffenden Menschen ein klar ausgeprägtes Individualitätsbewusstsein. Das Phänomen der Persönlichkeit brachte das Bedürfnis auf, die unerklärliche Macht, die die kosmischen und die irdischen Gesetze des Entstehens und Vergehens vorschrieb, zu vermenschlichen. Das Bewusstsein der Abhängigkeit des Menschen von dieser die sichtbare Welt übersteigenden unerklärlichen Macht und die unterordnende Hinwendung auf sie in

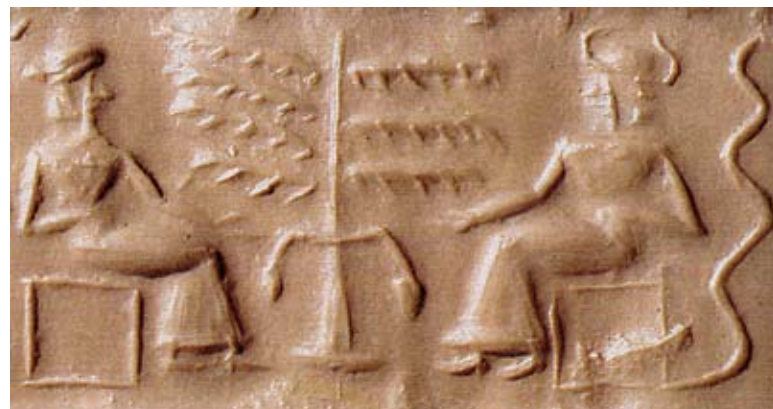


4 cm hohes Specksteinplättchen aus dem Bergheiligtum Göbekli Tepe mit eingeritztem Baum und Schlange.

allen Situationen des Lebens von der Geburt bis zum Tod war von Anbeginn an der Wesenskern der Religionen. In ihrer gesellschaftlichen Funktion schrieb die Religion das Sozialverhalten des Einzelnen vor, das von der Gottheit, nunmehr als Person vorgestellt, belohnt oder bestraft wurde. Neben den großen Göttern standen kleinere, die um Fürbitte bei den höheren gebeten wurden.

Hand in Hand mit der Vermenschlichung fühlte sich der Mensch auf die Gottheit hingebend, sowohl seinem Ursprung als auch seiner Bestimmung nach. Das galt zuerst nur für die Könige, später für weitere Bevölkerungsschichten. Das wirkte sich auf der einen Seite im Glauben an ein Weiterleben nach dem Tode aus, auf der anderen Seite führte es zur

unten -
Abdruck eines 4000 Jahre alten Rollsiegels mit Heroenpaar, hinter der Frau windet sich eine Schlange (British Museum London).



Vergöttlichung von Königen und anderen Menschen.

In diesem religionsgeschichtlichen Entwicklungsprozess, der tausend Jahre vor Abraham und tausendfünfhundert Jahre vor Moses die geistige Situation beherrschte, finden wir vieles, was uns bekannt vorkommt. In Keilschrifttafeln sind uns Legenden, d.h. diesseitige Geschichten überliefert, und Mythen, die sich auf das Jenseits beziehen, erhalten, die sich in der Bibel wiederfinden.

Schon 8500 v. Chr. waren menschliche Figuren aus Ton in großer Zahl aufgetaucht, die vielleicht mit der Legende im Zusammenhang standen, dass der Mensch aus Ton geformt wurde. Und die aus Knochen geschnitzten Venusfiguren könnten zu der Legende geführt haben, dass die Frau aus der Rippe Adams geschaffen wurde. Im Sumerischen heißt „ti“ sowohl Rippe als auch Leben. Auch Baum und Schlange können schon früher eine mythische Bedeutung gehabt haben. Sie sind in ein steinzeitliches Specksteinplättchen eingeritzt, das in dem Bergheiligtum Göbekli Tepe gefunden wurde, und ein engelartiges Flügelwesen ist auf einem der Rollsiegel zu sehen, die im 4. Jahrtausend aufkamen.

Auf einem anderen Rollsiegel sind ein Mann und eine Frau neben einem



Abdruck eines 3500 Jahre alten Rollsiegels mit Flügelwesen.

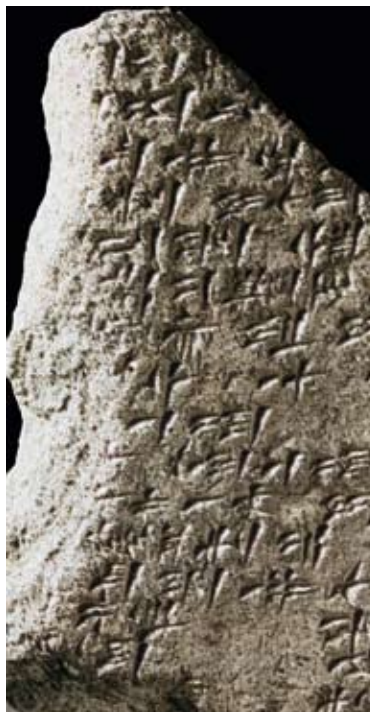
siebenzweigigen Lebensbaum dargestellt. Hinter der Frau windet sich eine Schlange.

Im 3. Jahrtausend schrieben Schreiber die Götter- und Heldensagen nieder, die Sänger in den Tempeln und bei Hofe in frühdynastischer Zeit zu Harfe, Leier und Holzflöte vortrugen (Hermann Müller-Karpe: Handbuch der Vorgeschichte Bd. III. München: C.H.Beck 1974). Und ein gelehrter Schreiber soll am Hofe König Salomos 950 v.Chr. das kulturelle Gedächtnis der Menschheit niedergeschrieben haben.

Die Menschheit, die erschaffen worden war, um den Göttern die Mühe des Grabens von Flüssen und Kanälen abzunehmen, hatte sich so vermehrt, dass sie den Schlaf des obersten Gottes Enlil störte. Er wollte deshalb eine Flut über sie schicken. Der niedrige Gott Enki gab dem Helden der Flutgeschichte einen heimlichen Wink, ein Schiff zu bauen. Nach der Flut einigten sich die Götter über die Bedingungen, unter denen ein Weiterleben der Menschheit geduldet werden könne, insbesondere, dass „unter den Menschen fruchtbare ebenso wie unfruchtbare Frauen“ sich befinden sollen, desgleichen „ein Dämon, um das Neugeborene vom Schoß der Mutter wegzuholen“.

Die Keilschrifttexte stammen aus der Zeit um 2900 v.Chr. Sie enthalten auch sozialetische Auffassungen, die später, um 1225 v.Chr., von Moses in seinen Gesetzen auftauchten, als seine Gesellschaft aus dem Ruder lief und ums goldene Kalb tanzte. Nach dem Gesetz des Sonnengottes Enlil, der alles sah und überwachte, galt es als Sünde, Schwache zu unterdrücken, Gefangene nicht frei zu lassen, Unlauteres zu sagen, Gerechte zu verfolgen, sich der Frau eines Anderen unehrbär zu nähern, Unzucht, Ehebruch, mit Bösem sich zu befassen, Hochmut und Betrug. Für den Sündigen wurde die Strafe Gottes, für den Gerechten ein langes, glückliches Leben als göttlicher Lohn erwartet. Für das Jenseits bestand der Glaube an ein Totengericht.

Wie von Moses berichtet wird, wurde auch Sargon, der König von Akkad, der hier im 3. Jahrtausend herrschte, als Baby von seiner Mutter in einem mit Pech abgedichteten Binsenkorb im Euphrat ausgesetzt, Ein Wasserschöpfer fand ihn, und nachdem der König bei Enlil in Ungnade gefallen war, wurde er schließlich König. Als großer Eroberer, der „in vierunddreißig Feldzügen siegreich war“, galt er als Weltbeherrscher.



Keilschrifttafel aus dem Ende des 2. Jahrtausends v.Chr. mit dem sumerischen Sagenstoff um König Gilgamesch von Uruk, der im 3. Jahrtausend v.Chr. lebte.

So wie Jahwe Moses beauftragte, das Volk Israel in das gelobte Land zu führen, so wurden auch die Könige der Stadtstaaten von ihren Göttern zu Feldzügen beauftragt. Um 1290 begründete der König Lugalzagesi aus der südmesopotamischen Stadt Umma seine Beutezüge mit der Aufforderung des Gottes Enlil, dass alle Länder vom unteren Meer (Persischen Golf) entlang des Tigris und des Euphrat bis zum oberen Meer (Mittelmeer) „zu ihm gehen“ sollten.

Das bedeutendste Werk der babylonischen Literatur war das nach 2000 v.Chr. in Keilschrift auf Tontafeln verfasste Gilgamesch-Epos, ein Sagenstoff um den König Gilgamesch, den Herrscher der Stadt Uruk, der um 2600 v.Chr. lebte und göttlich verehrt wurde. In diesem Epos gibt es folgende Geschichte, die bezeichnend ist für die Jenseitsvorstellungen und die religiöse Welt, in der die Menschen im dritten Jahrtausend lebten:

Die sumerische Göttin von Uruk, Innana (in Babylon „Ishtar“), besaß einen Baum, aus dem sie sich einen Stuhl und ein Bett machen lassen wollte. Doch der Baum konnte nicht gefällt werden, da böse Dämonen von ihm Besitz ergriffen hatten. Gilgamesch kam der Göttin zu Hilfe, vertrieb die

Dämonen, fällte den Baum und erhielt zum Dank dafür aus seinen Wurzeln einen zaubermächtigen Stab angefertigt, der ihm aber hinunter „in die Erde, in die Unterwelt“ fiel. Gilgameschs Diener Enkidu erbot sich, ihn seinem Herrn wiederzubringen. Gilgamesch gab ihm Ratschläge für die Reise in die Unterwelt: „Ein reines Gewand darfst du nicht anziehen, sonst erkennen sie (die Toten), dass du ein Fremder bist. Du darfst dich mit gutem Öl aus der Büchse nicht salben, sonst scharen sie sich zu dir, wenn sie es riechen. Du darfst das Wurfholz nicht auf die Erde werfen, sonst umringen dich die, die vom Wurfholz erschlagen wurden. Du darfst in die Hand einen Stock nicht nehmen, sonst erzittern vor dir die Geister. Schuhe darfst du nicht an die Füße tun; Lärm in der Unterwelt darfst du nicht machen. Dein Weib, das du liebst, darfst du nicht küssen; dein Weib, dem du gram bist, darfst du nicht schlagen . . . sonst wird dich der Aufschrei der Erde packen.“ Enkidu befolgte alle diese Ratschläge nicht und wurde deswegen „von der Erde festgehalten“. Da er die Unterwelt nicht mehr verlassen konnte, trauerte Gilgamesch, und er rief Enlil, den Gott des Landes, Sin, den Gott des Mondes, und Ea, den Gott des Wassers, um Hilfe an. Die beiden ersteren schwiegen. Ea jedoch ließ ein Loch in der Erde entstehen, „damit Enkidus Totengeist der Erde wie ein Wind entfliehen kann, dass er seinem Bruder die Ordnung der Erde künde. Da umarmten sie einander und setzten sich zusammen.“ Enkidu berichtete dem Freund von dieser Ordnung der Erde, über die die Lebenden weinen müssten: „meinen Leib, den du frohen Herzens berührtest, frisst Ungeziefer wie ein altes Gewand; meinen Leib entstellt die Verwesung, erfüllt der Staub“. Dann erzählte Enkidu, dass er alle ihm bekannten Verstorbenen in der Unterwelt gesehen habe, wobei einer „wie ein schönes Gottes-Emblem voll Güte erschienen sei, ein anderer Geist, „dessen Leichnam in die Steppe geworfen wurde“, sei „ruhelos in der Erde“

Schon um die Zeit, als Gilgamesch in Uruk herrschte, verstanden es die Töpfer dieser Gegend, aus dem kalkhaltigen Ton, wie er überall im Vorderen Orient vorkommt, durch Zusatz von grob gemahlenem Kalkstein Kochtöpfe herzustellen, die man sogar ungebrannt aufs offene Feuer stellen konnte. Diese Erfindung ist in der Folgezeit ebenso verloren gegangen wie die Erfindung der extrem harten Keramik, die sich im aufkommenden Metallzeitalter nicht durchsetzen

Die Aktualität verlorener Erfahrungen

Teil 3: Glasuren mit wasserlöslichen Substanzen und was daraus geworden ist

Gustav Weiß und Rolf Wihr

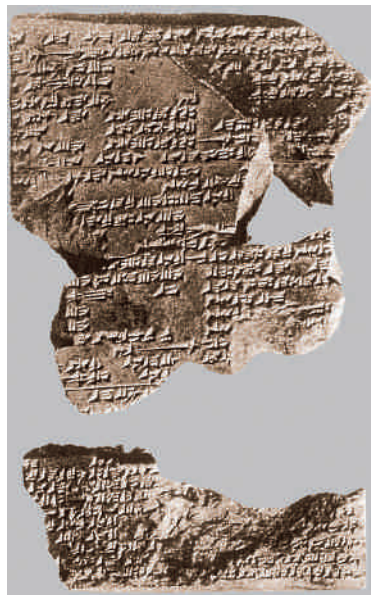
Die folgende Arbeit begann mit der Deutung eines Keilschrift-Rezepts durch Rolf Wihr, die er eigentlich nur als praktisches Verfahren mitteilen wollte. Das Rezept verwies aber auf eine Spur, die zu einer neuen Erkenntnis über den Ursprung der Glasuren führte.

Ausgelöst wurde das Thema, um das es hier geht, durch einen Besuch von Rolf Wihr im Pergamonmuseum in Berlin, in dessen Folge er in dem Buch von A. Leo Oppenheim „Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia“ die Übersetzung eines Glasrezeptes aus der Keilschrift-Bibliothek Assurbanipals in Ninive fand. Es bestand aus:

10 Teilen Immanaku-Stein,
15 Teilen Agaplant-Asche und
1 $\frac{2}{3}$ Teilen weißer Pflanze

Rolf Wihr deutete es als ein Rezept für Glasuren, das aus 10 Teilen = 40% Glasbildner (vermutlich Quarz) und 15 Teilen = 60% einer zunächst noch unbestimmten Flussmittel enthaltenden Pflanzenasche bestand. Die „weiße Pflanze“ ließ ihn aufhorchen. Er fand bei Oppenheim (S.75), dass der Saft der „weißen Pflanze“, des sogenannten Poplar-Baumes, in der antiken Heilpraxis des Vorderen Orients verwendet wurde. Die Nennung in einem Glasrezept war selbst für Oppenheim, einen der bedeutendsten Glasforscher, unerklärlich. Für Rolf Wihr aber stand es fest, dass es sich hier nur um das Rezept einer Glasur handeln konnte. Und er brachte die Verwendung des Pflanzengummis mit der Wasserlöslichkeit der Alkalien in der Pflanzenasche insofern in Verbindung, als dass dadurch das Absaugen der Alkalien durch den Scherben verhindert werden sollte. Diese Ansicht allein hätte schon genügt, den heutigen Töpfern den praktischen Hinweis zu geben, dass man auf eine Fritte verzichten könne, indem man eine Glasur aus wasserlöslichen Sub-

stanzen statt mit Wasser mit einem in Wasser gelösten Pflanzengummi anmacht. Und er unternahm zahlreiche Versuche, bei denen er feststellte, dass sich zwar Gummi arabicum, nicht aber Tragant dazu eigne.



Keilschrift-Tafel mit dem Glasrezept aus Ninive, in dem eine weiße Asche vorkommt.
Nach Oppenheim.

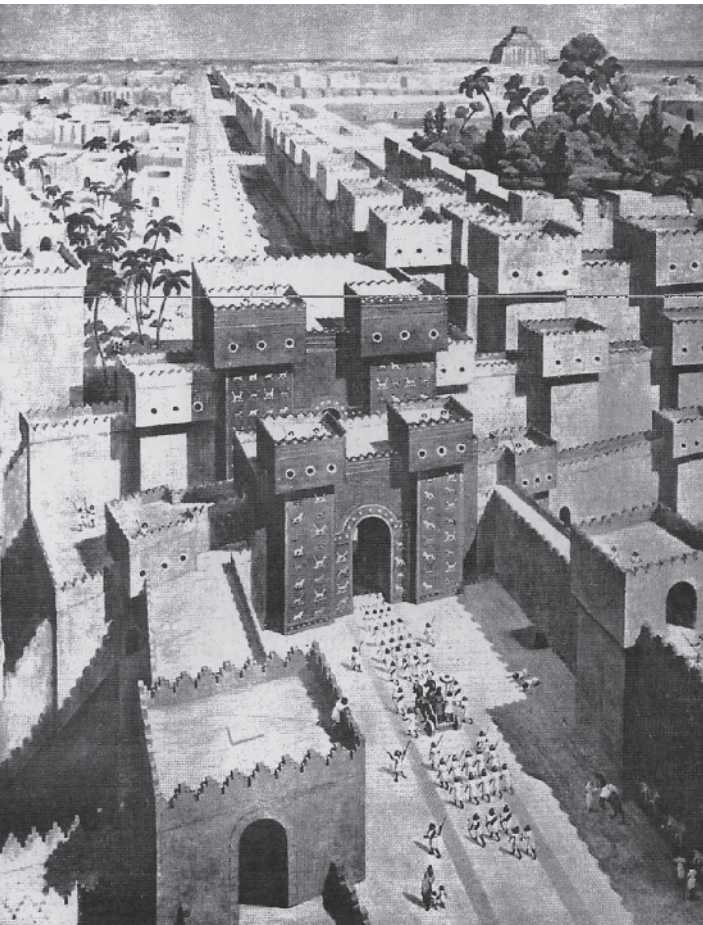
Historisch stellt sich aber die ganze Sache anders dar, nicht als Absicht, das Fritten zu vermeiden. Rolf Wihrs Annahme, dass es sich um eine Glasur handeln könnte, hatte weitreichende Erkenntnisse zur Folge, was damit anfang, dass dieses Rezept mit den kurz darauf in Bagdad für das Ishtar Tor und andere Bauten hergestellten Glasuren in Verbindung gebracht wurde. Das hat wohl bisher niemand getan, weil die fünf Rezepte in Ninive und weitere in Babylon und Bogazköj als Glasrezepturen galten, was sie auch tatsächlich alle waren. Damals, 600 Jahre bevor das freiformbare Glas in Syrien erfunden wurde, unterschied sich die Glasur nicht viel vom Glas. Die

Glasur war eine Variante der Glastechnik und hatte nichts mit Töpferei zu tun. Das Glas auf die Keramik aufzubringen, war eine neue Idee und eine neue technische Erfindung.

Die Versatzbestandteile des Keilschrift-Rezepts

In dem Kapitel „The chemical interpretation of textes“ in Oppenheims Buch stellte Robert H.Brill bereits eine Reihe von Vermutungen an, um welche Rohstoffe es sich handeln könnte. Er analysierte fünfzehn Pflanzenaschen und zwanzig mesopotamische Gläser. Auch deutete er den zweistufigen Herstellungsprozess des Glases nach den Keilschrifttexten als einen Sinterprozess bei einer niedrigen Temperatur, bei der ein Äscher *) entsteht, die in der zweiten Stufe zu Pulver verrieben in einem Hafen bei einer höheren Temperatur geschmolzen wurde. Und er hat auch die Gläser geschmolzen und festgestellt, dass sie bei 1050 bis 1100°C schmolzen und bei 700 bis 1000°C verarbeitet werden konnten. Somit bliebe, was die Gläser betrifft, nicht mehr viel zu fragen. Trotzdem fragt man sich, ob das Zweistufensystem lediglich dazu dienen sollte, die Gläser im zweiten Gang zu färben. Man darf nicht übersehen, dass das Gemisch in der ersten Stufe Energie aufnimmt, die – je schneller es abgekühlt oder gar abgeschreckt wird, desto mehr – festgehalten wird und dass diese Energie in der zweiten Stufe dazu beiträgt, dass man dann weniger Energie zum Schmelzen braucht. Eine weitere Temperatursenkung ergibt der Zusatz der Färbemittel in der zweiten Stufe. Kupfer, Kobalt, Mangan und Eisen sind Flussmittel. Die Färbemittel sind oft auch mit Blei verunreinigt. Der Äscher aus der ersten Stufe könnte genauso gut als Pulver auf die Tonziegel geklebt worden sein, wie er im Schmelzhafen zum Schmelzen gebracht wurde. Nach dieser Annahme braucht man nicht

*) Das Äschern besteht im Versintern von zwei Versatzkomponenten in einer Pfanne an der Luft unter ständigem Umrühren, wobei die Verschlackung gesteigert wird, also nicht wie bei einer Fritte bis zur Verglasung.



Rekonstruktion von Babylon mit dem Ishtar-Tor. Das kleinere, vordere Tor befindet sich im Berliner Pergamon-Museum. Rechts hinten im Bild die hängenden Gärten und dahinter am Horizont der Turm zu Babel. Nach Seton Lloyd: *Building in Brick and Stone* in Charles Singer et al. (Hrsg.): *"A History of Technology"*, Bd. 1., 3. Aufl. Oxford: Clarendon 1956.

nach einem besonderen Glasurenrezept Ausschau zu halten und kann die Glasanalysen von Brill für weitere Untersuchungen heranziehen. Dabei stellte es sich heraus, dass das Zukú-Glas der Keilschrift-Tafel ziemlich genau den angenommenen babylonischen Glasuren entspricht, wenn man geeignete Rohstoffe im Verhältnis 40 : 60 zusammenbringt.

Für die Versatzkomponente mit der glasbildenden Eigenschaft nennt Brill eine Textstelle in der Keilschrift, die in der Übersetzung das Material als „like river silt with pebbles“, also wie Treibsand mit Kieselsteinen charakterisiert. Der Sand an der Mündung des Flusses Belus in Syrien (heutiger Flussname Na`amat) war voller Muschelschalen, die diesen Eindruck erweckt haben könnten. Er war viele Jahrhunderte hindurch bestens bekannt. R.Campbell Thompson (*„A Dictionary of Assyrian Chemistry and Geology“*, Oxford 1936) nahm an, dass bereits die Sumerer einige Jahrtausende vor Christi Geburt diesen Flusssand verwendet haben könnten.

Mit dem Computer-Glasurenprogramm lässt sich leicht feststellen, dass ein Versatz mit Muscheln eine im Vergleich zum Zukú-Glas viel zu kalkreiche und somit matte Glasur ergeben

würde. Es ist demnach zu vermuten, dass nur der reine Sand ohne Muscheln genommen wurde.

In der Pflanze der Keilschrift-Rezeptur vermutete Oppenheim eine *Salicornia*, worin er Thompson (*„On the Chemistry of the Ancient Assyrians“*, Merton College, Oxford, o.J.) folgte. Es musste auch eine Natrium-Pflanze sein, denn die fertigen Glasuren weisen kein oder nur sehr geringe Mengen an Kalium auf. Auf Salzböden gedeihende Halophyten haben in ihrem Zellsaft Natrium und Chlor aus dem Boden angereichert. Für die Keilschrift-Rezeptur kämen mehrere in Betracht: von den Gänsefußgewächsen vor allem das *Haloxylon salicornicum* von der Jezazi-Wüste im Irak sowie die Tamariske *Tamarix meyeri* vom Ufer des Belus-Flusses.

R.H.Brill hat auch diese und weitere *Salicornia*-Arten analysiert und die Ergebnisse 1999 veröffentlicht. Nun muss man bei den Pflanzen bedenken, dass ihre Aschenbestandteile als Oxide an der Glasbildung teilnehmen, während sie in der Pflanze als Chloride und Sulfate vorkommen. Chlor und Schwefel würden aber die Glasur „krätzig“ machen, also durch Glasgalle verderben, und müssen vor der Glasurschmelze ausgetrieben werden. Das *Haloxylon* hat 38% solcher flüchtigen Bestandteile, die Tamariske 43%, so dass von den 60 Teilen Asche in der Rezeptur nur 38 beziehungsweise 34 Teile an der Glasbildung teilnehmen und als solche auch in der chemischen Analyse der fertigen Glasur enthalten sind. Eine Überprüfung mit dem Computer-Programm zeigt, dass die *Haloxylon*-Asche eine Glasur 40:60 mit einem zu niedrigen Kieselsäuregehalt ergeben würde, als dass sie im Vergleich zum Zukú-Glas in Frage käme. Die Wahrscheinlichkeit spricht also mehr für die Tamariske vom Belus-Fluss.

Stefan Fitz, der die Farben der Glasuren des Pergamonmuseums untersuchte, zeigte unter anderem, wie die Löwenmähen zwar in den Umrissen aneinander passten, dass aber die Glasuren der Mähen in der Emissionsspektalanalyse deutliche Unterschiede in den Begleitstoffen aufweisen. Das deutet auf Rohstoffe mit unterschiedlichen Verunreinigungen, also auf verschiedene Lagerstätten hin. Die Analysen der fertigen Glasuren erbrachten unter anderem die bemerkenswerte Erkenntnis, dass als Trübungsmittel nicht, wie lange Zeit angenommen, Zinn, sondern Antimon verwendet wurde. Die Antimonerze sind aber selten rein. Mit Blei verun-

reinigt, ergeben sie, da das Bleiantimonat gelb (Neapelgelb) färbt, opake Gelbglasuren. Dieses Bleiantimonat mit Kupfer und wenig Kobalt ergab grün-opake Glasuren. Aus bleifreiem Antimonerz erhielt man das weiß-opak färbende Calciumantimonat. Dieses ergab mit Kupfer und Kobalt Hellblau- bis Türkis-Opak. Dass die Brenntemperatur für bestimmte Farben reduzierend sein musste, beweisen das Grün durch Eisen und das Rot durch Kupfer, bei dem (nach Brill) noch Blei und in Spuren Zinn und Antimon zugegen waren.

Der Verarbeitungsprozess

Was nun die Verarbeitung der Rohstoffmischung betrifft, weisen verschiedene Indizien darauf hin, dass einmal ausgetüftelte Verfahren sich über viele Jahrhunderte erhalten haben und sich über ein weites Einflussgebiet ausbreiteten. In dem 1301 n.Chr. im iranischen Kaschan erschienenen Steinbuch von Abulqâsim (in der Übersetzung von Ritter, Ruska, Sarre und Winderlich) ist zu lesen, dass Glasurversätze aus einem Teil Zuckerstein (Quarz) und anderthalb Teilen Asche von Tebriz oder Bagdad, die als Pottasche bezeichnet wird, (also im Verhältnis 40 : 60) 8 Stunden lang in einer Metallpfanne bei ständigem Umrühren mit einem Eisenlöffel geröstet und danach, wie es heißt, in einer Grube mit Wasser abgeschreckt wurden – ein Verfahren, das man Äschern nennt. Die richtige Temperatur zeigt sich durch Verschlacken des Pulvers an. Sie liegt bei 840°C. Die Brennatmosphäre war bei solchen Feuerungen stets abwechselnd beim Auflegen der Scheite sauerstoffarm (= reduzierend), beim KlARBrennen sauerstoffreich (= oxidierend), was für den Zerfall der Schwefelverbindungen von Bedeutung ist. Der auf einem länglichen Reibstein pulverisierte Äscher wurde „applied with gum“. So beschreibt A. Houtum-Schindler eine Töpferei in Qamsar in *„Eastern Persia Irak“*, London 1897, Seite 115 f. In Qamsar erfolgte also der Auftrag des Äscher-Pulvers mit Hilfe eines Pflanzengummis.

Abseits von dieser glastechnischen Glasurenbereitung hatte sich aus dem Feinschlamm-Auftrag – wie bei der Terra Sigillata – die keramische Technik der wasserhaltigen Glasurschlämme entwickelt. Mit dem Aufhören der Sandkerngläser und dem Aufkommen des frei formbaren Glases im letzten vorchristlichen Jahrhundert löste sich die Glasur vom Glas und folgte ihrer keramischen Feinschlamm-Tradition.

Das Glas mit dem Ton zusammenzuführen war wieder eine neue Idee und eine neue technische Erfindung. Die Phönizier, die mit der Erfindung der Glasmacherpfeife in Verbindung gebracht werden, betrieben in Spanien einen Bleibergbau, und Blei fand in den Glasurschlämmen Verwendung. Die Bleiglasuren fielen auf Tongrund nicht so haarrissig aus wie die alkalischen Glasuren. Das Bleioxid verleiht der Glasur nur ein Drittel der Wärmeausdehnung der mit Natriumoxid versetzten Alkaliglasur. Bleiglasuren waren bis in die Mitte unseres 20. Jahrhunderts die Norm. Die übermächtigen Terra-Sigillata-Manufakturen waren aber an der Glasur nicht interessiert. Sie konnte in Rom nicht Fuß fassen, aber in Byzanz. Dann folgte ein Anstoß aus China. Eine weiße Glasur sollte dem Porzellan ähneln. Dazu besannen sich die Töpfer in Bagdad unter den Kalifen im 9. Jahrhundert der alten Technik des Äscherns, diesmal von Zinn und Blei, wie später im Steinbuch beschrieben, im Verhältnis 2 : 1. Dieser Äscher wurde als Pigment in den Glasurschlamm gegeben – ein Verfahren, das sich auch bei uns bis ins 20. Jahrhundert bei Fayenceglasuren erhalten hat.

In Europa folgte auf die Fayence des Manufakturzeitalters das Steingut des Industriezeitalters. Für dieses waren Blei-Borsäure-Glasuren typisch, die wiederum zur Hauptsache aus Fritte bestanden. Die Fritte war jetzt komplizierter zusammengesetzt und kein verschlackter „Äscher“ mehr; sie war bis zum Dünnschmelzen geschmolzen, dann in Wasser abgeschreckt. Zu 90% Fritte wurden 10% Kaolin oder weißbrennender „Glasurton“ am Schluss des Mahlganges in der Kugelmühle als „Mühlensatz“ hinzugegeben, um das Pulver im Wasser in Schwebe zu halten und es auf dem Tongrund haften zu lassen. Das war eine völlig andere Technik als in frühgeschichtlicher Zeit. Aber die komplizierten Erfahrungen, die zu den Verfahren führten, haben sich seit der Frühgeschichte bis heute fortgesetzt und sind ein Teil der Tradition.

Erkenntnisse bei der Nachbildung dieser frühen Glasuren

Zur Rekonstruktion der Glasuren des Ishtar-Tores und der Prozessionsstraße muss man das Zweistufenverfahren anwenden, wenn man die Temperaturen ermitteln will. Da die Rekonstruktion heutzutage nur mit reinen Rohstoffen möglich ist, die kein Chlor und keinen Schwefel enthalten, müssen auf 40 Teile Belus-

Sand jetzt statt 60 nur noch 34 Teile Tamariskenasche gerechnet werden. Das ergibt einen Versatz aus

32,61 Soda, kalziniert
4,66 Pottasche
9,93 Kreide
5,37 Magnesit, kaustisch
4,63 Kaolin
0,56 Eisenoxid
42,24 Quarz.

Diese Mischung wurde in den vorliegenden Versuchen bei 840°C mit 30 min Haltezeit im Elektroofen versacht, ein Teil langsam erkalten gelassen und ein Teil abgeschreckt, zerkleinert, jeweils mit 2% Kupferoxid und 0,1% Kobaltoxid versetzt, mit 4,6% Gummi arabicum (alles dem Original entsprechend) auf einen rohen gelbbrennenden Ton mit 30% Kalk (CaCO₃ entspr. 9% CaO in Angleichung an die vorderasiatischen Tone) aufgetragen und im Gradientenofen gebrannt.

Es ist bemerkenswert, dass es im Keilschrifttext im Zusammenhang mit dem Zukú-Glas heißt, zur Gewinnung des Kupferoxids müsse man reines Kupfermetall schmelzen. Das bedeutet theoretisch 1083°C, praktisch etwas mehr. Die Kupferschmelze könnte eine Orientierungsmarke für den Brand gewesen sein, so wie man früher von Silberschmelze sprach, wenn man die Temperatur der Töpferglasur bei 960°C meinte. Nach diesem Prinzip hat Seger seine Schmelzkegel geschaffen.

Im Gradientenofen zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Abkühlung des Äschers und der Dauer der Temperatureinwirkung. Es ergaben sich folgende Glattbrandtemperaturen der Glasur aus im Wasser abgeschrecktem Äscher: a) ohne Haltezeit 1100°C, b) nach 30 min Haltezeit 1070°C, c) nach 1 h Haltezeit 1030°C. Das heißt, im Gradientenofen schmolz die Glasur schon drei Felder früher; und diese Felder entsprachen 1030°C auf dem Thermolement. Es wurde keine höhere Temperatur zugeführt, aber mehr Energie. So wie der stete Tropfen den Stein höhlt. Dies dürfte auch den praktischen Tatsachen entsprechen, wenn man berücksichtigt, dass die mit Calciumantimonat getrübten weißen Glasuren nach den Untersuchungen von Stefan Fitz das Diantimonat enthalten, das nur bis 1050°C beständig ist. Für das Schmelzen des Gemenges zu Glas im Hafen muss die Viskosität der Schmelze geringer, also die Temperatur höher sein. Deshalb könnte man die Temperatur der Kupferschmelze, also etwa 1080°C, annehmen. Das auch deshalb, weil in den



Gläsern das bei höherer Temperatur beständige Calciumpyroantimonat vorkommt. Die Zeiten dürften noch länger gewesen sein, denn in einem glattgebrannten Glasbruchstück, das Eva Marie Schulz wieder erhitzte, war so viel Energie enthalten, dass es bereits bei 630 bzw. 650°C schmolz. Das ist aber nicht die Herstellungstemperatur. Die Haltezeiten entsprechen beim Holzbrand unter anderem deshalb den praktischen Gegebenheiten, weil es trotz weiteren Feuern nur schwer möglich ist, zu höheren Temperaturen zu kommen, zumal wenn die Öfen nicht gut isoliert sind.

In den letzten Jahrzehnten haben sich viele Forscher mit der Aufklärung dieser ersten Glasuren in Mesopotamien befasst. Sie gelangten zum Teil zu widersprüchlichen Ergebnissen, die sich nunmehr durch keramische Erfahrungen aufklären.

Unabhängig davon hat Rolf Wihr durch seine eingangs erwähnten Arbeiten gezeigt, dass man Glasuren mit wasserlöslichen Flussmitteln durch Zusatz entsprechender Leime (vor allem Gummi arabicum) nicht zu fritten braucht, sondern roh auftragen und dabei sehr schöne Ergebnisse erzielen kann. Auf diese Weise lässt sich auch das steinharte Absetzen von alkalischen ägyptischblauen Glasuren verhindern, das das Arbeiten mit solchen Glasuren als Glasurschlacker erschwert. Diese Methode bietet sich auch an, wenn eine glattgebrannte Glasur überglasiert werden soll.

Im handwerklich-künstlerischen Bereich bietet das Verfahren zweifellos nicht zu übersehende Vorteile und Reize, auch weil man neu entworfene Glasuren ohne Fritten erproben kann. Es versteht sich aber für die Praxis von selbst, dass dieses Verfahren für die Herstellung von Serienware wegen immer noch vorhandener Risiken nicht empfohlen werden kann. Hierbei sollte man nicht auf die klassische Frittenglasur verzichten.

Die aus abgeschrecktem Äscher mit 2% Kupfer- und 0,1% Kobaltoxid gefärbte Glasur nach der Keilschrift-Rezeptur, aufgetragen mit Gummi arabicum auf einen rohen, kalkhaltigen Scherben und gebrannt bei 1030°C mit 1 h Haltezeit. Die infolge der Verwendung reiner Rohstoffe im Elektrobrand andersartigen Betriebsbedingungen sind so gut wie möglich berücksichtigt. Bei allen solchen archäologischen Experimenten ist nicht gesagt, dass es früher auch so gemacht wurde.

Literatur

- A.L. Oppenheim et al., „Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia“. Corning 1970.
R.H. Brill, „Some Chemical Observations on the Cuneiform Glassmaking Texts“, Ann. 5e Congr. Association Internat. Histoire Verre. Liège 1972.
R. Koldewey, „Das wiedererstehende Babylon“. 3. Aufl. Leipzig 1914.
W. Andrae, „Die glasierten Ziegel von der Südburg des Kasr“. Mitt. Dt. Orient-Ges. 13, 1902.
M.A. Bezborodov, „Chemie und Technologie der antiken und mittelalterlichen Gläser“. Mainz 1975.
K.H. Wedepohl, „Glas in Antike und Mittelalter“. Stuttgart 2003.
S. Fitz, „Die Farbglasuren spätabylonischer Wandverkleidungen“. Cfj/Ber. DKG 3/1983.
E. Berger, „Glasbereitung und Glasrohstoffgemenge vor 2500 Jahren“. Glastechn. Ber. 1927/Heft 4.
H. Ritter, J. Ruska, F. Sarre, R. Winderlich, „Orientalische Steinbücher und persische Fayencetechnik“. Istanbul 1935.
E.M. Schulz, „Keramische Untersuchung babylonischer Emailen“. Wiss. Ztschr. d. Hochsch. f. Architektur u. Bauwesen Weimar, 12 (1965) S.21-26.