

WARBURG INSTITUTE

FGD 50

DARMSTAEDTER: ASSYRISCHE VORSCHRIFTEN





*Eingekauft von 28.*

Überreicht vom Verfasser.

Nicht im Buchhandel.

F  
G  
D  
50

ARCHIV FÜR GESCHICHTE  
DER MATHEMATIK,  
DER NATURWISSENSCHAFTEN  
UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON  
JULIUS SCHUSTER  
BERLIN

---

Sonderabdruck aus 10. Band, 1./2. Heft

---

ERNST DARMSTAEDTER

Assyrische Chemisch-Technische Vorschriften und  
ihre Erklärung

Mit 3 Abbildungen



---

VERLAG VON F. C. W. VOGEL · LEIPZIG

1927



Die Beurteilung gewerblicher und künstlerischer Erzeugnisse vergangener Epochen geschieht oft etwas einseitig nach kunsthistorischem und ästhetischen Gesichtspunkten, während technische Fragen — die allerdings meist schwer zu beantworten sind — in den Hintergrund zu treten pflegen. Besonders wichtig und erfreulich ist es daher, wenn der seltene Fall eintritt, daß Originalaufzeichnungen aus sehr alter Zeit Auskunft über Vorgänge technischer Art geben und eine sehr erwünschte Ergänzung zu der Betrachtung und Untersuchung antiker Gegenstände bieten.

Die Texte, von denen hier die Rede sein wird, enthalten Aufzeichnungen von Babylonisch-Assyrischen Technikern, besonders Keramikern; technische Vorschriften aus Assurbanipals Bibliothek — etwa 700 v. Chr. — die aber sicher auf weit ältere Erfahrungen zurückgehen.

Diese Vorschriften beziehen sich in der Hauptsache auf die Herstellung von Glasflüssen — Glasuren für Ziegel und andere Stücke aus Ton — und stehen so in bemerkenswertem und wichtigem Zusammenhang mit den wohlbekanntem Erzeugnissen der Babylonisch-Assyrischen keramischen Kunstfertigkeit, z. B. den prachtvoll glasierten Ziegeln, wie sie u. a. bei den Löwenreliefs der Prozessionsstraße verwendet wurden<sup>1)</sup>. Über diese Texte brachte schon BRUNO MEISSNER im 2. Bande seines Werkes über Babylonien und Assyrien, (Heidelberg 1925) einige Berichte. Bald darauf veröffentlichte

---

<sup>1)</sup> Vgl. R. KOLDEWEY, Das wiedererstehende Babylon. Leipzig 1925.

dann H. ZIMMERN diese Vorschriften ausführlich<sup>1)</sup> und unabhängig davon R. CAMPBELL THOMPSON, in einem ausführlichen Werke, mit Einleitung, Anmerkungen und Erklärungen<sup>2)</sup>, das in vervielfältigter Schreibmaschinenschrift erschien.

THOMPSONS Buch berücksichtigt mehr die technischen Gesichtspunkte, als Zimmerns, philologisch sicher ausgezeichnete Arbeit, und man kann sagen, daß beide Publikationen sich bis zu einem gewissen Grade ergänzen — auch in der Verwendung und Bearbeitung der Originaltexte<sup>3)</sup>. Die Wiedergabe dieser Texte und ihre Deutung ist aber in beiden Ausgaben nicht ganz befriedigend, und es soll hier deshalb der Versuch gemacht werden, auf Grund der Arbeiten ZIMMERNS und THOMPSONS einen kombinierten neuen Text zu konstruieren, bei dem wir auch einige freundlich überlassene Bemerkungen von H. ZIMMERN verwerten. Wir versuchen dabei, nach ausführlicher Beschäftigung mit der Gesamtmaterie und mit Hilfe chemischer und technischer Überlegungen und Erfahrungen, ein etwas klareres Bild von dem technischen Wissen und Können der Babylonier und Assyrer zu geben, besonders auf dem Gebiete der Herstellung von Gläsern und Glasuren.

<sup>1)</sup> Assyrische chemisch-technische Rezepte, insbesondere für Herstellung farbiger glasierter Ziegel, in Umschrift und Übersetzung. Zeitschr. f. Assyriologie, N. F., Bd. II (XXXVI) S. 177f.

<sup>2)</sup> On The Chemistry Of The Ancient Assyrians, London 1925.

<sup>3)</sup> Vgl. auch: R. EISLER, Der Babylonische Ursprung der Alchemie, Chemiker-Zeitung 1925, Nr. 83 und 86, wo versucht wird, die Texte — allerdings nur auf der Grundlage der Proben von BR. MEISSNER — in alchemistischem Sinne zu deuten. Der rein technische Charakter der Texte wird aber bei vorurteilslosem Studium klar. Ferner: E. DARMSTAEDTER, Vorläufige Bemerkungen zu den assyrischen chemisch-technischen Rezepten. Zeitschr. f. Assyriologie, N. F., Bd. II (XXXVI) S. 302f. — R. EISLER, Die chemische Terminologie der Babylonier. Ebenda, N. F., Bd. III (XXXVII) S. 109ff. und dazu E. DARMSTAEDTER, Nochmals Babylonische Alchemie. Ebenda, S. 205ff. — R. RUSKA, ebenda, S. 273ff., Kritisches zu R. EISLERS chemiegeschichtlicher Methode. — Mitteilungen über Babylonisch-Assyrische Chemie wurden auch auf der Tagung der D. Gesellsch. f. Gesch. der Med. u. Naturwissensch. in Bad Brückenau von E. DARMSTAEDTER gemacht (Herbst 1925) und unabhängig voneinander 1926 von J. RUSKA und E. DARMSTAEDTER, in Düsseldorf. — Vgl. auch E. DARMSTAEDTER, Der babylonische Lasurstein, in den Studien zur Geschichte der Chemie, Festgabe für EDM. O. v. LIPPMANN, Berlin 1927.

## Die Assyrischen Texte.

### 1. Bau des Schmelz- und Brennofens. (ZIMMERN I, Einl. THOMPSON A.)

Wenn du einen Ofen für die Herstellung von Glasuren (für Ziegel) errichten willst, suchst du einen geeigneten Tag in einem günstigen Monat aus und legst das Fundament für den Ofen. Beim Bau des Ofens sollst du aufpassen, selbst mitarbeiten (?) und Figuren (Bilder) der Kupu-Gottheiten (Embryogottheiten) aufstellen (hängen). Fremde (Unbeschäftigte) dürfen nicht eintreten, Unreine nicht vor die Götterbilder treten. Bringe ihnen das übliche tägliche Trankopfer und (weitere) Opfer, an dem Tage, an dem du die (Ausgangs-)Materialien (für die Herstellung der Glasuren) in den Ofen bringst. Stelle ein Räuchergefäß mit Zypressen (Th. Weihrauch (Harz)) auf, gieße Kurunnu-Bier (vor den Götterfiguren) aus.

Dann mache Feuer unter dem Ofen und bringe die (Ausgangs-)Materialien hinein. (In Wirklichkeit wohl umgekehrt.) Die Arbeiter, die am Ofen beschäftigt sind, müssen sich reinigen, bevor sie zugelassen werden.

Das Holz, das du unter dem Ofen brennst, soll Styraxholz sein (sarbatu), dicke Klötze, deren Rinde entfernt ist, und die nicht in Bündeln (unter freiem Himmel) aufbewahrt wurden, sondern unter Lederdecken. (Z. mit einem Lederriemen zusammengehalten, Th. in Lederhüllen. — Lederriemen hätten keinen Zweck gehabt; in ein Lederetui wird man nicht jeden einzelnen Holzklötz gesteckt haben; aber das Überdecken des Holzes mit Lederdecken oder auch rohen Häuten, schützte vor Witterungseinflüssen.) Das Holz soll im Monat Ab geschnitten (gebauen) sein. (Der trockenste Monat des Jahres.)

Solches Holz soll unter dem Ofen verfeuert werden.

Der Vorgang ist durchaus klar. Der Ofen soll an einem geeigneten Tag errichtet werden, wobei man nicht an regelrechte astrologische Vorstellungen und Berechnungen zu denken braucht, zu denen die Assyrischen Keramiker wohl kaum Zeit und Gelegenheit hatten. Vergleiche die Wahl der geeigneten Tage für verschiedener Arbeiten, bei Hesiod, *"Erga kai êmértai"*. Über Assyrische Brennöfen vergleiche W. ANDRAE. Farbige Keramik aus Assur, Berlin 1923 und die hier wiedergegebene Abbildung, nach der von Prof. ANDRAE freundlich zur Verfügung gestellten Photographie. Man erkennt deutlich den unteren Feuerraum, den Zwischenboden mit Öffnungen und die Reste der oberen Mauer, bzw. der Kuppel, die den oberen Raum, den Brennraum bildete, bzw. abschloß und oben eine Abzugsöffnung hatte. Die Abbildung links zeigt den Grundriß und Durchschnitt eines ganz ähnlichen Römischen Töpferofens aus Rheinzabern. Vergleiche LUDOWICI, Urnengräber Römischer Töpfer in Rheinzabern (München 1908. Auch Stempelbilder Römischer Töpfer, München 1905). Kupu-Gottheiten, Embryonen-Gottheiten: Im Gegensatz zu R. EISLER, der (a. a. O. Chemiker-Ztg.) die „Embryonen“ mit den im Ofen verarbeiteten Substanzen identi-

fizierte, vergleiche meine „Vorläufige Bemerkungen“ Z. Assy. a. a. O. — Die Tatsache, daß man bei einem handwerklichen oder technischen Vorgang einer Gottheit opfert und um guten Erfolg betet, ist überaus einfach und verständlich und entspricht durchaus auch modernen Verhältnissen. Die Arbeit des Keramikers ist besonders vielen Gefahren ausgesetzt, und die Herstellung von Glasuren, das Brennen im Ofen, und dergleichen mehr, ist schwierig. Das Aufstellen, oder Aufhängen von Götterfiguren mag auch bisweilen als Abwehrmaßnahme gegen Dämonen gedacht gewesen sein. Man kennt Ähnliches von altgriechischen Brennöfen, an denen man Zauber-



Abb. 1. Griechisches Vasenbild. Keramische Werkstatt. Rechts Ofen mit Satyrmaske als Apotropaion. Nach FURTWÄNGLER-REICHHOLD.

abwehrmittel-Apotropaia — anbrachte. Auf der Darstellung einer antiken keramischen Werkstatt auf einer griechischen Vase<sup>1)</sup> sieht man z. B. eine bekränzte Satyrmaske als Apotropaion. Vergleiche auch H. BLÜMNER, Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern Bd. II, S. 45 ff. Die alten Keramiker, in Mesopotamien und später in Griechenland, hatten sicher hier verwandte und wie erwähnt ganz naheliegende Ideen, ohne daß ein direkter Zusammenhang angenommen werden muß.

(ZIMMERN I, § 1. THOMPSON B.)

2. Herstellung einer einfachen nicht gefärbten Fritte. (Ahuzzu.)  
Wenn du ein ungefärbtes (Z. helles, Th. klares) Glas (Glasfluß, Fritte,

<sup>1)</sup> München Nr. 731. Vgl. FURTWÄNGLER u. REICHHOLD, Griech. Vasenmalerei, München 1904, Serie I. Text, S. 159.

als Ausgangsmaterial für alle weiteren Gläser bzw. Glasuren) herstellen willst, so zerreibe getrennt voneinander:

10 Minen (Mana) Sand

15 Minen (Mana) Asche von Sodapflanzen (Z. Laugenkraut, Th. Alkali-  
asche).

$1\frac{2}{3}$  Minen (Mana) Styraxgummi (Z. „Weiß“-Kraut).

Mische (diese Substanzen) zusammen und bringe sie in den kalten Schmelz-  
ofen, der vier „Augen“ (Abzugsöffnungen?) hat. Unterhalte dann ein gutes,

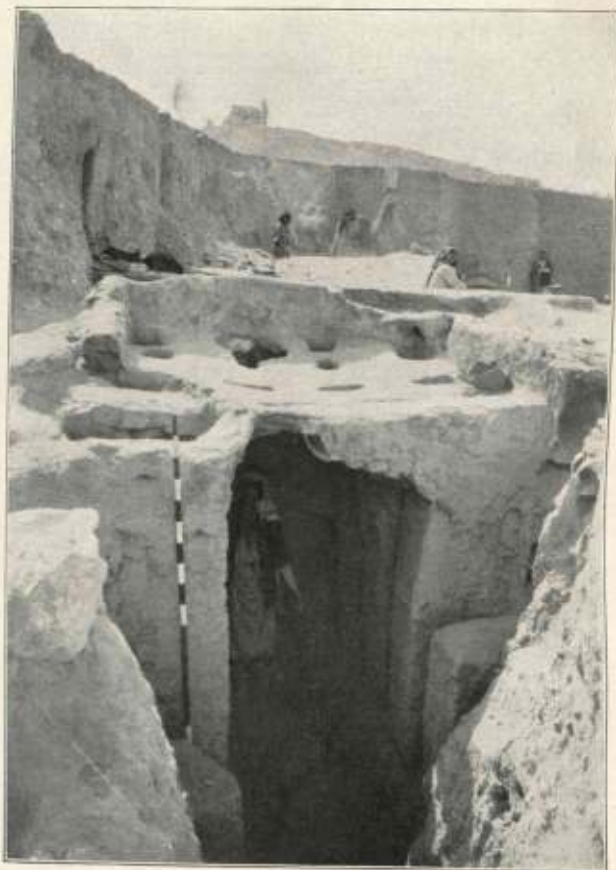


Abb. 2. Assyrischer Brennofen. Nach W. ANDRAE.

rauchloses Feuer, bis die Masse weißglühend ist. Nimm sie aus dem Ofen und lasse sie erkalten, zerreibe sie (die rohe Glasmasse), bringe sie in einen reinen Schmelztiegel, setze diesen in den kalten Brennofen (Kammerofen) und unterhalte ein gutes (rauchloses) Feuer, bis die Masse flüssig ist. Diese geschmolzene Masse gieße dann auf gebrannte Ziegel. Das Produkt ist helles (ungefärbtes) Glas (Fritte).



Diese Angaben und die der folgenden Kapitel, beziehen sich auf die Herstellung von Gläsern, die, zerrieben und pulverisiert und dann für Glasuren verwendet werden. Das Glaspulver wird mit Wasser verührt, und mit der mehr oder weniger dünnflüssigen Masse werden

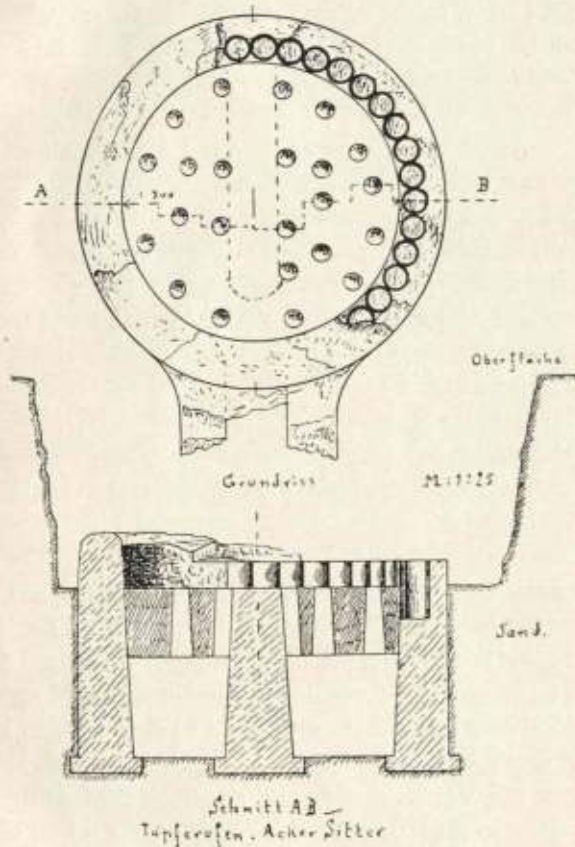


Abb. 3. Grundriß und Durchschnitt eines Römischen Töpferofens in Rhein-  
zabern. Aus W. Ludowici, Urnengräber Römischer Töpfer, München 1908.  
Das Ofenfutter besteht hier aus Tonröhren, die nebeneinander stehen, mit  
Lehm ausgefüllt sind und nur als Baumaterial, nicht als Feuerröhren dienen.

Tonziegel und dergleichen bestrichen. Nach dem trocknen entsteht durch brennen im Ofen die Glasur. Das Produkt, das nach der ersten Angabe hergestellt wird, ist wohl das einfachste Glas, das möglich ist. Wenn tatsächlich keine weiteren Bestandteile verwendet worden wären, hätte man überhaupt kein richtiges Glas, sondern ein Alkalisilikat, ein „Wasserglas“ erhalten, das in Wasser löslich ist. In

Wirklichkeit wird aber der Sand wohl kalkhaltig gewesen sein. Vielleicht werden auch nicht alle Bestandteile genannt, und es ist überhaupt nicht sicher, daß damals ohne weiteres von jedem Arbeiter oder Techniker nach diesen Rezepten praktisch gearbeitet werden konnte. Blei ist z. B. bestimmt in manchen Assyr. Glasuren enthalten, und es wäre noch festzustellen, ob Blei mit einem oder dem anderen assyrischen Worte gemeint ist.

„Weiß“-Kraut (Z.) bzw. „Styrax-Gummi“ (Tu) sind Wiedergaben der assyrischen Textstelle „sam Ud“, die eine helle vegetabile Substanz bedeutet. THOMPSONS Annahme, daß diese Substanz bei der Glasbereitung als organische Substanz, wie die später angewandte Holzkohle, wirkte, dürfte richtig sein. Wir können dazu bemerken, daß die Assyrische Angabe durch ein Rezept des 19. Jahrhunderts in erstaunlicher Weise bestätigt wird, das für die Herstellung von Wasserglas angibt:

- 45 Teile Sand,
- 50 Teile Potasche,
- 5 Teile Kohlepulver.

Und die assyrische Angabe (mit 4 multipliziert):

- 40 Teile Sand
- 60 Teile Alkali-Asche,

$6\frac{2}{3}$  Teile Styrax-Gummi (oder sonstige organische Substanz), (Dumas-Engelhardt, Handbuch der angewandten Chemie, Bd. II, Nürnberg 1832, S. 622). Also eine außerordentliche Übereinstimmung, die wahrscheinlich noch größer wird, wenn man die verwendete Asche und das „Styrax-Gummi“ auf Potasche, bzw. Kohle umrechnet. Der Zusatz von Kohle — meist in Form von Holzkohle — ist besonders bei Verwendung von Natriumsulfat nötig, das ohne Kohlenzusatz schwer reduziert wird. Aber auch bei Verwendung von Potasche —  $K_2CO_3$  — wirkt ein Zusatz von Kohle günstig<sup>1)</sup>. Was die Öfen betrifft, so möchten wir, wie auch J. RUSKA (a. a. O.) glauben, daß zwei verschiedene Öfen verwendet wurden, ein Schmelzofen und ein Brennofen. Unbedingt notwendig ist dies nicht, da das Schmelzen der Rohmaterialien und des Glases zur Not auch im

<sup>1)</sup> Vgl. dazu und zu den übrigen Angaben: L. SPRINGER, Das Glas. Halle a. S. 1922. SCHNURPFIL-TSCHEUSCHNER, Die Glasfabrikation. Leipzig 1923. DRALLE, Die Glasfabrikation. 2 Bde., 1911. Der 1. Bd. in 2. Aufl. München 1926. ULLMANN, Enzyklopädie der techn. Chemie. 12 Bde. Berlin, Wien 1914—1923. H. HECHT, Lehrbuch der Keramik. Berlin, Wien 1923. W. RUDOLPH, Die Tonwarenerzeugung. 2. Aufl. Leipzig (o. J.) 1922?

Brennofen geschehen konnte. Das war aber natürlich unpraktisch und mühsam. Über die ältere Glasfabrikation und Öfen vergleiche G. AGRICOLA, DE RE METALLICA und J. KUNCKEL, ARS VITRARIA, Frankfurt und Leipzig 1679.

Immerhin ist es aber auffallend, daß das zweite Schmelzen der durch die erste Schmelzung erhaltenen Fritte, in einem anderen — dem Brennofen — erfolgt sein soll. Durch das zweifache Schmelzen, bzw. das Zusammenfritten der Rohmaterialien und das nochmalige Schmelzen des Rohproduktes, wird ein besseres, gleichmäßigeres Glas erhalten. Das wiederholte Schmelzen ist besonders in Fällen, wie in dem hier vorliegenden nötig, wo, durch Verwendung organischer Substanzen (Kohle, „Styrax“) Gase entstehen, die im Glas Blasen bilden. Durch das zweite Schmelzen wird das Glas also auch homogener Ganz ähnlich verfährt man auch heute<sup>1)</sup>. Über die vier „Augen“ kann man verschiedener Ansicht sein. Wenn der Schmelzofen ähnlich gebaut war wie der Brennofen, so waren die „Augen“ wohl die Öffnungen im Zwischenboden über dem Heizraum. Andernfalls Abzugsöffnungen im oberen Teil des Ofens.

Der letzte Vorgang, der hier angegeben wird, ist das Ausgießen der geschmolzenen Glasmasse auf gebrannte Ziegel, das bisher offenbar unrichtig gedeutet wurde. Es handelt sich natürlich nicht um Herstellung einer Glasur, sondern um Gewinnung kleinerer, handlicher Glasstücke. Die geschmolzene Masse wird beim Aufgießen auf den Ziegelstein rasch abgekühlt und zerspringt in kleinere Stücke, die leicht pulverisiert werden können. Der gleiche Vorgang noch heute<sup>2)</sup>. Außerdem Ausgießen des geschmolzenen Glases in Wasser, das später erwähnt wird. Das Endprodukt der in diesem Kapitel geschilderten Manipulation ist also ein einfaches, nicht oder nur zufällig (durch Verunreinigungen) gefärbtes Glas, für Herstellung von Glasuren und für weitere Verarbeitung. Siehe die folgenden Kapitel.

(ZIMMER II, 1. THOMPSON D.)

### 3. Die Herstellung von Zukuglas.

Wenn du Zukuglas herstellen willst, so bringe Ahuzzufritte (das einfachste Glas, das nach Angabe in Kap. 2 aus Sand, Alkaliasche und „Styraxgummi“ gewonnen wird) in den kalten Schmelzofen und erhitze es mit einem nicht rauchenden Feuer bis zum Glühen. Nimm es nach einem (nach einigen

<sup>1)</sup> Vgl. dazu W. RUDOLPH, Tonwarenerzeugung, z. B. S. 171f.

<sup>2)</sup> Die geschmolzene Masse wird auch heute bisweilen auf Ziegel gegossen, manchmal auch auf Eisenplatten, oder in Wasser.

Tagen?) Tage heraus, lasse es erkalten und bringe es in den (noch) kalten Takkanu-Brennofen, auf einer Unterlage (in einem Tiegel oder dergl.) erhitze bis zum Glühen und Schmelzen. Das geschmolzene Glas gieße auf gebrannten Ziegel. Das Produkt ist Zukuglas.

Ahuzzufritte, offenbar ein einfaches Glas, wohl das von Kapitel 2, wird durch diese Behandlung — wiederholtes Erhitzen, Schmelzen usw. zu „Zukuglas“ ohne daß ein neuer Zusatz genannt wird. Falls nicht eine Angabe über einen solchen neuen Zusatz zufällig oder absichtlich fehlt, so möchte ich annehmen, daß das einfache Rohglas (Ahuzzu) durch diese Behandlung, d. h. durch Umschmelzen, Ausstoßen von schlackenartigen Verunreinigungen — „Glasgalle“ — in ein reineres Glas — Zukuglas — umgewandelt wurde. Unter Umständen wurde aus den Gefäßen oder einer Sandunterlage auch etwas Kalk aufgenommen, was die Widerstandsfähigkeit des Produktes etwas vermehrte. Die Hauptsache wird aber die Reinigung durch Umschmelzen gewesen sein.

Da diese Vorschrift also sehr wahrscheinlich die Reinigung des Ahuzuglases (Kap. 2) durch nochmaliges Schmelzen enthält, ordnen wir sie hier als Kap. 3 ein. (Z. II. 1. TH. D.)

(ZIMMER I, § 2. THOMPSON C.)

4. Gewinnung von Kupferhammerschlag (Kupferoxyd mit Kupferoxydul und metallischem Kupfer) und Herstellung von damit gefärbtem Glas.

Bringe 10 Minen (Mana) Kupfer auf eine Unterlage von Salz (Z. — vielleicht eher Sand. D.) in den (takkanu) Brennofen, unterhalte ein starkes, nicht rauchendes Feuer, bis das Kupfer glüht. Kratze die Oberfläche des Kupfers mit Haken ab. Das Abgekratzte (Kupferoxyd) sieht dunkel aus. Bringe zerstoßenes und verriebenes Zukuglas in den Ofen, vermische es durch rühren mit den Haken mit dem Abgekratzten (Oxyd), erhitze zur Dunkelrotglut und lasse zusammenschmelzen. Das geschmolzene Glas gieße auf gebrannten Ziegel aus.

Wir haben hier versucht, aus dem unvollständigen Text von THOMPSON und dem etwas ausführlicheren Text von ZIMMERN, der aber auch viele Lücken und Unklarheiten enthält — es sind in der Tafel viele Stellen herausgebrochen oder undeutlich — einen Text zu konstruieren, der einen Sinn ergibt. Man vergleiche die folgenden Texte von Z. und TH.

(ZIMMERN I, § 2.)

10 Minen Kupfer (. . . schaufelst du) zu (auf?) reinem (s) Salz zusammen, (. . .) legst du nieder, legst (es) in den heißen takkanu (Schmelz)ofen hinab (. . . brennst) starkes, nicht rauchendes Feuer; sobald das Kupfer rot (glühend) wird, 10 Minen zuku (Stein) zerstoßt du, zerreibst du, öffnest das Tor des (Schmelz)ofens . . . sobald der zu (Stein) (. . . .) . . . wo du (es) an das Tor legst, verschließt du das Kupfer im Tor des (Schmelz)ofens, (während) es mit

Ha(ken) zusammengerührt wird, und alsdann (das Aussehen von . . .) annimmt, (. . . vor dir) . . . st du, (. . . . .) die Haken vor irgendeinem (. . . Wenn der Stein das Aussehen von reifen (Wein(trauben) annimmt, (kochst du den Stein in dem Kupfer, läßt du) es (auf den gebrannten Ziegel flie)ßen.

Dasselbe Rezept weniger ausführlich bei Th. C.:

Du sollst 10 Mana Kupfer in einen reinen (Schmelztiegel) tun, du sollst (ihn in) den heißen Ofen bringen. (Dann) (sollst du unterhalten) ein starkes Feuer, bis das Kupfer schmilzt. Du sollst schlagen . . . du sollst öffnen . . . bis das zukuglas (?) . . . und (du sollst ausbreiten?) das Kupfer auf das Da(ch) (?) . . .

Der Vergleich der beiden Lesarten von Z. und Th. möge die Schwierigkeiten der Sache zeigen. Unsere Wiedergabe geht von der Überlegung aus, daß es sich hier wahrscheinlich um Gewinnung von Kupferoxyd und um Färbung von Glas damit, wohl mit blaugrüner Tönung, handelt.

Es dürfte sicher sein, daß Kupfer, Platten oder Blech, im Brennofen, vielleicht auf einer dünnen Unterlage von Sand, damit das Kupfer nicht in zu direkte Berührung mit den Flammen kam, erhitzt wurde. Aber nicht bis zum Schmelzen. Es bildet sich auf der Oberfläche Kupferoxyd, das wohl auch Kupferoxydul und etwas metallisches Kupfer enthielt, und abgekratzt wurde. Das wurde wahrscheinlich wiederholt. Th. Übersetzung, bis das Kupfer schmilzt, ist wohl unrichtig. Seine weitere Übersetzung „du sollst schlagen“ ist richtiger. Durch das Schlagen und Kratzen wird das gebildete Oxyd abgelöst. Daher die Bezeichnung „Kupferhammerschlag“. „Zuku“, das in Kap. 3 besprochene Glas, das zerstoßen und mit dem Kupferoxyd vermischt wird. Die Kupferplatte wurde nach dem Loslösen des Oxyds wohl aus dem Ofen genommen. Das Glaspulver-Kupferoxyd-Gemisch wurde dann im Ofen durch glühen (bei Z. Aussehen von reifen Weintrauben — wohl dunkelrotglut) zusammengefrittet und geschmolzen. Das geschmolzene Produkt wird auf gebrannten Ziegel gegossen (vergleiche Kap. 2). Das läßt darauf schließen, daß der Schmelzprozeß in einem Tiegel oder dergleichen vor sich ging. Ausschöpfen aus einer wannenartigen Vertiefung ist weniger wahrscheinlich. Das Produkt war wohl ein blaugrünes, etwa türkisfarbiges Glas. Wenn das Kupferoxyd viel Oxydul enthielt, wie es bei K. Hammerschlag möglich ist, konnte vielleicht auch rot gefärbtes Glas entstehen — Kupferrubin — besonders bei Gegenwart reduzierender Substanzen, z. B. kohlenstoffhaltiger Stoffe. Das Produkt wurde dann für Glasuren verwendet, — vielleicht auch nur — besonders wenn es sehr stark

gefärbt war — in kleinen Mengen als Zusatz zu anderem Glasurmaterial.

(ZIMMERN II, 2. THOMPSON E.)

#### 5. Die Herstellung von Tersituglas.

Bringe (weißes Glas, Ahuzu oder Zuku) in den takkanu-Brennofen und erhitze mit gutem, nicht rauchendem Feuer, (lasse abkühlen?), zerstoße und verreihe die Glasmasse, erhitze sie von neuem bis sie glüht, bringe sie auf Kupfer (Kupferoxyd, s. oben) und vermische mit Hülfe von Haken. Erhitze das Gemisch, das beim Glühen die Farbe von reifen Weintrauben annimmt (Rotglut und dann wahrscheinlich Gelbglut, nahezu Weißglut) und gieße das geschmolzene Glas auf gebrannten Ziegel. Das Produkt ist Tersituglas (wahrscheinlich blaugrünes Glas).

Diese Vorschrift, die im Original ziemlich viele Lücken und Unklarheiten enthält, haben wir hier, auf Grund der Texte von Z. und TH. und technischen Überlegungen rekonstruiert und glauben so dem ursprünglichen Sinne nahe zu kommen. Die Vorschrift gehört, wie man deutlich sieht, zu Kap. 4 (Z. I § 2, TH. C) und ist vielleicht überhaupt nur eine Wiederholung jener Angaben. Wir ordnen daher diese Vorschrift nach jenen Angaben ein. Das Produkt ist in beiden Fällen wahrscheinlich blaugrünes, weniger wahrscheinlich rotes, Glas, das mit Kupfer gefärbt ist.

(ZIMMERN II, 3. THOMPSON F.)

#### 6. Herstellung von Uknu, dunkelblauem Glas, Ersatz für echten Lasurstein.

Zerstoße und verreihe einzeln für sich:

- 10 Minen (mana) Tersituglas (blaues Glas, s. oben),
- 10 Minen (mana) Busu (TH. Sirsu)-Glas,
- — — — — Alkalikraut, — keine gewundene Art (?)
- $\frac{2}{3}$  Minen (mana) Kalk aus dem Meere (Muschelschalen?)
- — — — — — — Rotstein (Roterz) qalitu.

Mische (diese Substanzen) zusammen und bringe sie in einem reinen Tiegel in den noch kalten Schmelzofen. Und zwar auf eine Unterlage (von Sand?) zwischen den Öffnungen, (die im Zwischenboden des Ofens sind?), denn der Boden des Tiegels soll den Ofen (selbst) nicht berühren. Unterhalte dann ein gutes, nicht rauchendes Feuer, und sobald die Glasmasse glüht und nicht mehr schäumt (die Blasen verschwunden sind), ziehe das Feuer heraus, lasse erkalten, hole die Glasmasse heraus und zerstoße und verreihe sie. Bringe sie dann auf eine Unterlage von Sand (?) (Z. Salz) in den noch kalten takkanu-Brennofen, unterhalte ein gutes, nicht rauchendes Feuer und schließe die Ofenöffnung nicht, bis die Masse glüht. Wenn sie glüht (und schmilzt), schließe die Ofenöffnung (die Tür des Ofens). Durchbohere die Wand des Ofens auf der Seite, die der Tür gegenüber liegt, mache eine (kleine) Öffnung und sieh hinein. Wenn die Masse geschmolzen ist, gieße sie aus. Das erkaltete Produkt ist Uknu, — dunkelblauer Glasfluß.

Die bisherigen Vorschriften zeigen eine stufenweise Herstellung von Gläsern, bzw. Glasur-Materialien, von der einfachsten rohen

Fritte bis zu komplizierterem grünblauem Glas. Das hier vorliegende Rezept zeigt eine weitere Stufe und zwar wohl sicher die Herstellung des berühmten Uknu, des künstlichen Lasursteins. Vgl. E. DARMSTAEDTER, Der babylonisch-assyrische Lasurstein, in Studien zur Gesch. d. Chemie, Festgabe f. EDM. O. v. LIPPMANN, Berlin 1927. Also die Herstellung eines dunkelblauen — Lasurstein — bzw. kobaltblauen Glasflusses, im Gegensatz zu Gläsern, die mit Kupferoxyd blaugrün oder türkisfarbig gefärbt sind.

Die Ausgangsmaterialien sind: blaues bzw. blaugrünes Glas, — Tersitu — (s. oben), sowie eine weitere Glasart. TH. liest Sirsu, Z. Busu — das vielleicht die Farbnuance beeinflusste, oder, etwa durch Zinngehalt, den Glasfluß opak machte. Ferner Alkali („keine gewundene Art“ Bezeichnung für eine Pflanze oder sonstiges Material?) Kalk (Muschelschalen?) und — besonders wichtig, — sandi qualitu, bei Z. mit Rotstein, bei TH. mit „gerösteter Zinnober“ wiedergegeben. Wir halten Letzteres für falsch und glauben sicher, daß dieser Bestandteil ein, vielleicht rötlich gefärbtes, Erz war, das Kobalt enthält, wahrscheinlich auch Arsenik, wie z. B. Glanzkobalt — in der Hauptsache  $\text{CoAs S}$ . —

Die Gegenwart von Kobalt in babylonisch-assyrischen Glasflüssen, ist mit absoluter Sicherheit nachgewiesen. Vergleiche die oben erwähnte Arbeit über den babylonisch-assyrischen Lasurstein. Neuerdings hatte Prof. W. PRANDTL die Freundlichkeit, eine Probe einer dunkelblauen Glasur von zwei babylonischen Ziegeln zu untersuchen<sup>1)</sup>. Es wurde darin  $\text{SiO}_2$ , Pb, As, Cu, Co, Fe, Al, Ca und Mg nachgewiesen. Auf Alkalien wurde nicht untersucht. Kobalt wurde also auch hier sicher festgestellt, in einer Glasur mehr, in einer zweiten weniger. Die Anwesenheit von Arsen deutet auf Verwendung eines arsenhaltigen Kobalterzes. Bei manchen Glasrezepten wird allerdings auch Arsenik genannt, wie heute, als Klärmittel usw. verwendet. Blei scheint immer vorhanden zu sein. Vielleicht kann man auch an die Verwendung eines kobalthaltigen Bleiglanzes denken? Vielleicht haben die Babylonier und Assyrer auch verschiedene Erze und Produkte aus Erzen und Mineralien, von fremden Händlern bezogen. Die Frage nach den auch hier genannten zwei Öfen, ist nicht ganz sicher zu beantworten. Vergleiche auch

<sup>1)</sup> Dem Vorderasiatischen Museum in Berlin habe ich für freundliche leihweise Überlassung von glasierten Ziegeln und dergl. bestens zu danken; Herrn Prof. RUDOLPH in Landshut für freundliche Mitteilungen.

J. RUSKA a. a. O. S. 278. Wenn öfters davon die Rede ist, daß Materialien — etwa auf einer Unferlage von Sand, oder vielleicht in einer Mulde — zwischen den „Augen“ des Ofens gebracht werden sollen, so können damit nur die Öffnungen im Zwischenboden (zwischen Feuerraum und Brennkammer) gemeint sein. (Vgl. die Abbildungen.) Vielleicht war der Schmelzofen *kuru sa enatisa* recht ähnlich gebaut wie der Brennofen, *kuru sa takkanu*, nur kleiner. Die Beschreibung am Schlusse der Vorschrift: *Ofentüre*, Öffnung zum Hindurchsehen usw. ist ganz klar und deutlich. Das ist alles ähnlich wie bei modernen keramischen Öfen.

Das Zusammenschmelzen geschah vielleicht bisweilen auch ohne Tiegel, in einer Mulde im Zwischenboden des Ofens, oder in einer Mulde aus Sand und dergleichen.

(ZIMMERN II, § 4. THOMPSON G.)

#### 7. Die Herstellung von Ägyptischem Blau.

Nimm in genauen Mengen:

1 Mine (*mana*) gutes Tersituglas (blaugrünes Kupferglas s. oben),

$\frac{1}{3}$  Mine (*mana*) zerstoßenes *Sirsu* (Z. *busu*)-Glas,

$\frac{1}{3}$  Mine (*mana*) Sand,

5 Halbsekel (*Kisal*) Kalk (Z. *Perlmutter*. *Muschelschalen*?).

Verreibe alles zusammen, bringe das Gemisch in eine Form und verschließe mit einer zweiten Form (Kapsel) und glühe im Ofen zwischen den „Augen“ (Bodenöffnungen).

Das Produkt ist *Uknu merku*, Th.: „moulded glass“ — Z.: „pulverisierter Lasurstein“ — D.: „Ägyptisch Blau“.

Unsere Ansicht, daß sich dieses Rezept auf die Herstellung einer Art von „Ägyptisch Blau“ bezieht, wird durch zwei Stücke Assyrischer Herkunft bestärkt, die mir vom Vorderasiatischen Museum in Berlin in freundlichster Weise zur Verfügung gestellt wurden. Das eine Stück ist vielleicht ein Fragment eines Arminges, das andere, etwas festere, einer Figur oder einer Vase. Das Ringfragment besteht aus einer hellblauen, weichen Masse, die am meisten Ähnlichkeit mit hellblauer Pastellkreide hat. Die mikroskopische Untersuchung zeigt blaue, doppelbrechende Krystalle, von grau-gelblicher Substanz umgeben. Salzsäure löst diese Substanz zum größten Teil auf, wobei prachtvolle, blaue, krystalline Substanz zurückbleibt, die sicher als „Ägyptisch-Blau“ bezeichnet werden kann. Über „Ägyptisch-Blau“ vergleiche meine Arbeit „Der Babylon. Assyr. Lasurstein“ und die dort angegebene Literatur. Besonders auch FR. ROSE, *Die Mineralfarben*. Leipzig 1916. Auch AL. EIBNER, *Entwickl. u. Werkstoffe der Wandmalerei*, München 1926.



Eine weitere Probe von „Ägyptisch-Blau“, die ich vergleichen konnte, ist im Museum ägyptischer Kleinkunst in München vorhanden. Ziemlich große blaue Stücke von schön blauer Farbe — pastellblau — aus Ägypten stammend (Professor Frhr. v. BISSING). Die assyrischen Stücke haben sehr große Ähnlichkeit damit und sind ohne Zweifel ebenfalls als „Ägyptisch-Blau“ zu bezeichnen. Vielleicht nicht ganz so schön in der Farbe. Ägyptisch-Blau entsteht beim Erhitzen von Sand, Kalk (Kreide), Soda (nicht unbedingt nötig) und Kupferoxyd (z. B. 36 Teile Sand, 7 Teile Kalk, 8,6 Teile Kupferkarbonat, 4 Teile Soda) auf 850 Grad. (LAURIE, MC. LINTOCK.) Das „Ägyptisch-Blau“ in krystalliner Form entsteht offenbar bei bestimmter Temperatur. Statt der Rohprodukte werden nach der assyrischen Vorschrift zum Teil Glassorten verwendet, die natürlich Kieselsäure, Alkali, Kalk und Kupfer (Tersitu) schon enthalten, und mit etwas Sand und Kalk in einer geschlossenen Kapsel geglüht werden, wobei die Masse auch in bestimmte Formen gebracht werden konnte. Ein Teil der Masse geht dabei in krystallines „Ägyptisch-Blau“ (nach FOUQUÉ  $\text{CuSi}_3\text{O}_5 + \text{CaSi}_2\text{O}_5$ ) über, das in der übrigen nicht oder wenig gefärbten, amorphen Masse eingebettet ist und dem Ganzen eine mehr oder weniger helle blaue Farbe gibt. Wenn ZIMMERN'S Übertragung „pulverisierter“ Lasurstein richtig ist, so könnte man das sehr gut auf die Struktur des Ägyptisch-Blau beziehen, die wie erwähnt, locker, der Pastellkreide ähnlich, ist. Die Stücke des Berliner Museums und diese Vorschrift ergänzen sich in glücklicher Weise.

Die hier in neuer Fassung und Anordnung mitgeteilten assyrischen Texte mögen einstweilen genügen und — mit unseren Erklärungen zusammen — eine Vorstellung von ihrem ursprünglichen Inhalt und Zweck geben. Wie schon CAMPBELL THOMPSON zum Teil erkannt hat, kann man bei den Vorschriften eine bestimmte Reihenfolge erkennen, die wir hier schärfer herausgearbeitet haben. Man erkennt jetzt folgende Reihe:

1. Errichtung des Ofens, 2. Zusammenschmelzen der einfachsten Fritte (Ahuzzu), 3. Reinigung dieser Ahuzzufritte und dadurch Gewinnung des Zukuglases, 4. und 5. Darstellung von Kupferoxyd und von einem damit gefärbten blaugrünen Glas — Tersitusglas aus Zukuglas. 6. Darstellung von dunkelblauem (kupferhaltigen) Kobaltglas (Uknu). 7. Darstellung von Ägyptisch-Blau.

Über die folgenden Vorschriften — Gewinnung weiterer farbiger

Glasflüsse u. dgl. — soll später berichtet werden. Wir bemerken zum Schlusse noch, daß diese Glasflüsse nicht nur für Glasuren verwendet wurden, sondern auch für Emailartige Ornamente, und zwar in der Weise, daß verschiedenfarbige Glasstäbchen auf einer Unterlage von Ton oder vielleicht auch bisweilen Naturstein, in bestimmter, gewünschter Anordnung, nebeneinander gelegt und durch vorsichtiges Erhitzen miteinander vereinigt (verschweißt) wurden. Es entstanden so zusammenhängende, zum Teil recht dicke, Emailsichten von verschiedener Farbe, die mit der Unterlage fest verbunden sind. Ein kleines assyrisches Stück, das mir von dem Berliner Vorderasiatischen Museum freundlichst zur Verfügung gestellt wurde, ein Fragment einer größeren Platte, zeigt derartiges Email.





