

spülter Glaselektroden in Frage: Untersuchung möglichst großer Probemengen, Arbeiten mit kleiner Membranoberfläche, Berieseln der Membran mit der Probe, Bewegen der Probe durch Rühren oder durch Einleiten inerte Gase (die gleichzeitig die in der Probe gelösten Luftbestandteile austreiben, was von Vorteil oder auch unerwünscht sein kann), Arbeiten bei möglichst niedriger Temperatur. Da der pH-Anstieg infolge Alkaliabgabe zunächst nur in unmittelbarer Umgebung der Membranoberfläche erfolgt, für die Potentialeinstellung aber gerade das pH der Probe an der Phasengrenze Glas/Lösung maßgebend ist, können recht erhebliche Fehler entstehen. Von besonderer Wichtigkeit sind daher alle die Maßnahmen, die eine Bewegung der Flüssigkeitsschichten unmittelbar auf der Membran hervorrufen und zu einer Vermischung derselben mit der übrigen Probemenge führen.

Stehen keine höchstempfindlichen Meßgeräte zur Verfügung, was die Verwendung sehr kleiner Membranen ausschließt, so kann man durchaus mit Glaselektroden in normalen Abmessungen zum Ziel gelangen, sofern deren

Abgabe ein möglichst geringes Maß erreicht hat. SCHWABE<sup>17)</sup>, der mit Berieselung der Glaselektrode arbeitet, schlägt vor, die Alkaliabgabe zu verringern durch Vorbehandeln der Membran mit konzentrierter Chromschwefelsäure und nachfolgendes 14tägiges Wässern. Dazu ist zu bemerken, daß die Chromschwefelsäurebehandlung die Abgabe selbstverständlich nicht vollständig unterbinden kann, und daß sie nach den Ergebnissen der Tafel 2 überhaupt nur dann einen Sinn hat, wenn sie an ungequollenen Membranen vollzogen wird. Auf den schädlichen Einfluß, den die Schwefelsäurebehandlung auf bereits durch Wässerung gebildetes Kieselgel ausübt, wurde ausführlich hingewiesen. Eine solche Säurevorbehandlung erübrigt sich bei der Verwendung hochohmiger Jenaer Glaselektroden, deren Alkaliabgabe nach mehrwöchiger Wässerungsdauer, wie Tafel 1 zeigt, ein so geringes Maß erreicht, daß bei zweckmäßigen Arbeiten selbst in ungepufferten Lösungen praktisch keine pH-Erhöhung zu befürchten ist. (15 677)

<sup>17)</sup> SCHWABE, K., Z. Elektrochem., 42 (1936), S. 147.

DK 016 (43) "04/14" : 666.1

## Das glastechnische Schrifttum im deutschen Mittelalter.

Von W. GANZENMÜLLER, Tübingen.

(Eingegangen am 4. 9. 1942.)

Wer die Glastechnik des Mittelalters erforschen will, dem bieten sich zwei Wege an: die chemische bzw. mikrochemische Analyse mittelalterlicher Gläser und die Durchforschung der schriftlichen Ueberlieferung. Jeder von ihnen besitzt seine besonderen Vorzüge und seine besonderen Schwierigkeiten. Der erste ist noch wenig beschränkt worden<sup>1)</sup>. Erst die Verfeinerung der Untersuchungsmethoden, wie die neueste Zeit sie gebracht hat, haben ihn gangbar gemacht.

Dem liebenswürdigen Entgegenkommen von Herrn A. DIETZEL vom KAISER-WILHELM-INSTITUT FÜR SILIKATFORSCHUNG ist die Untersuchung zweier Glassplitter zu verdanken, die, bei der Wiederherstellung des Kölner Maurinuschreins abgefallen, mir von dem mit den Wiederherstellungsarbeiten betrauten Künstler, Herrn H. NEUKIRCHEN in Köln, zur Verfügung gestellt worden sind.

Der früher in St. Pantaleon befindliche Maurinuschrein ist nach P. CLEMEN<sup>1a)</sup> um 1180 angefertigt worden. Eine Instandsetzung des Schreins soll unter Abt HEIDENRICUS VON RONDORF (1363-1373) stattgefunden haben; irgend welche Spuren einer Wiederherstellung sind jedoch nicht zu bemerken. Man kann also die dabei verwendeten Glasstückchen in dieselbe Zeit setzen. Ueber das Ergebnis seiner Untersuchung teilt Herr DIETZEL folgendes mit:

„Die beiden zur Verfügung stehenden abgeflachten rubinroten Glasstückchen zeigen im Querschnitt einen schichtenartigen Aufbau. Es wechseln dünne rubinrote Schich-

ten mit breiten Schichten eines bläulichen Glases ab (Bild 1). Auf den ersten Blick könnte man denken, es handele sich um ein Ueberfangglas; die einzelnen Rubin-glasschichten lösen sich jedoch, wie man schon in Bild 1 sieht, in mehrere Einzelstreifen auf, was man besonders deutlich an einem dünnen Splitter bei stärkerer Vergrößerung sieht (Bild 2). Es ist deshalb wahrscheinlicher, daß es sich einfach um bei der Verarbeitung lang gezogene Schlieren von reduziertem und deshalb rotem Glas han-

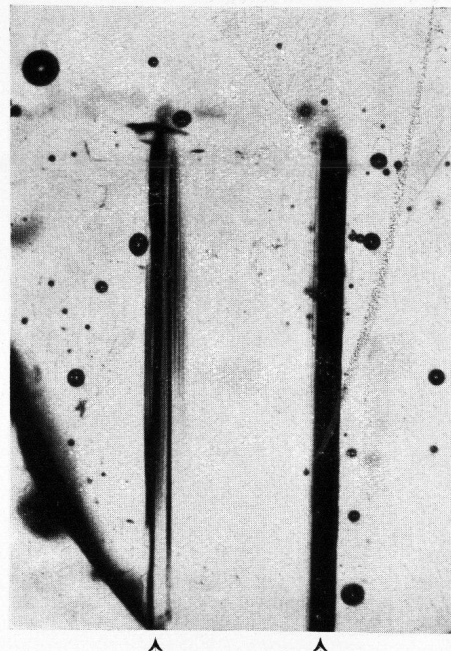


Bild 1. Querschnitt des Glasstückchens. Die Pfeile kennzeichnen die beiden rubinroten Streifen; das übrige Glas ist hellblau. Vergr. 30 ×.

delt, während das nicht genügend reduzierte übrige Glas bläulich ist.

Die Dichte des Glases wurde nach dem Schwefeverfahren durch Schwimmenlassen in einem Flüssigkeitsgemisch geeigneter Dichte bestimmt. Sie beträgt  $2,68 \pm 0,005$ .

<sup>1)</sup> Einzelne Analysen finden sich bei H. ARBMANN, „Schweden und das karolingische Reich“. Diss. Stockholm 1937, S. 251 ff.; J. STEINHAUSEN, „Frühmittelalterliche Glashütten im Trierer Land“. Trierer Z., 14 (1939), S. 29–57 (Ref. Glastechn. Ber., 18 (1940), S. 49.); G. CHESNEAU, „Contribution à l'étude de la technique des vitraux du moyen-âge“. Bull. Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale, 132 (1933), S. 609, 620 f.

<sup>1a)</sup> P. CLEMEN, „Die Kunstdenkmäler der Rheinprovinz“, VII, 1. Abt. „Die Kunstdenkmäler der Stadt Köln“, 2., 1. Abt., bearb. von H. RATHGENS, Düsseldorf 1911.

Spektralanalytisch wurden folgende Elemente nachgewiesen:

in größeren Mengen: Silizium, Aluminium, Kalzium, Magnesium, Natrium; Eisen, Mangan, Kupfer;  
wenig: Kalium;  
Spuren: Barium, Bor (letzteres schätzungsweise  $\frac{1}{100}\%$ ),  
Blei unsicher, höchstens Spuren.

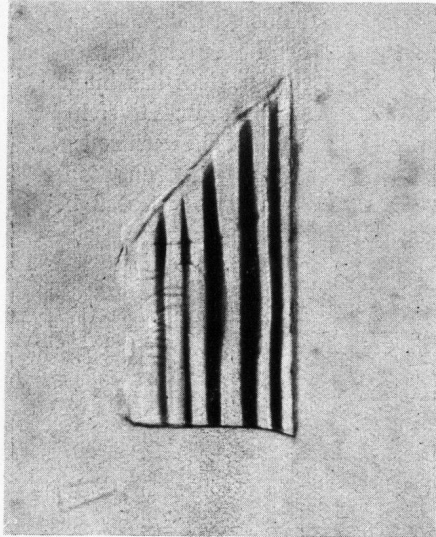


Bild 2. Splitterchen des Kölner Glases. Man erkennt einzelne rubinrote Streifen (offenbar Schlieren). Vergr. 150 X.

Es handelt sich demnach im wesentlichen um ein Natron-Kalk-Magnesia-Tonerde-Silikat-Glas mit Eisen-, Kupfer- und Mangan-Oxyd. Die blaue Färbung rührt also von FeO und CuO her, die rote von kolloidem Kupfer.

Ein selbsthergestelltes Glas der Zusammensetzung (%):

67 SiO <sub>2</sub>	20 Na <sub>2</sub> O
2 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 CuO
4 CaO	1 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1 MgO	1 MnO
2 BaO	

das gleichfalls spektrographisch untersucht wurde, zeigte gegenüber der obigen Probe einen zu niedrigen Gehalt an Aluminium, Kalzium, Magnesium und Mangan, dagegen viel zu viel Barium und etwas zu viel Natrium, während die Menge der übrigen Bestandteile ungefähr übereinstimmten. Auch die verhältnismäßig hohe Dichte der Probe spricht für einen höheren Gehalt vor allem an Kalk, zumal Baryt und Bleioxyd nicht in nennenswerter Menge vorhanden sind.“

Die Ergebnisse der Analyse von Herrn A. DIETZEL sind in mehrfacher Beziehung beachtenswert: zunächst die Tatsache, daß es sich nicht um ein Ueberfangglas, sondern um einen Wechsel zwischen Schichten reduzierten und nicht genügend reduzierten Glases handelt. Hinsichtlich des Kieselsäuregehaltes läßt sich folgern, daß im Kölner Glas merklich weniger als 67% SiO<sub>2</sub> enthalten sein müssen; denn die im obigen Versuchsglas angenommenen Gehalte an Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, MnO und ganz besonders an CaO (Dichte!) sind alle zu niedrig, außerdem ist der kleine K<sub>2</sub>O-Gehalt nicht berücksichtigt. Somit liegt der Kieselsäuregehalt (trotz der demgegenüber geringfügigen Korrektur im BaO- und Na<sub>2</sub>O-Gehalt) vielleicht auch in der Größenordnung, wie ihn G. CHESNEAU für mittelalterliche Gläser von Kirchenfenstern angibt (durch-

schnittlich 52%). Besonders auffallend ist es aber, daß das Kölner Glas viel mehr Natrium als Kalium enthält. Die „Schedula“ des THEOPHILUS PRESBYTER schreibt Verwendung von Pottasche vor und die Analysen, die H. ARBMANN gibt, zeigen, daß seit dem 9. Jahrhundert mehr und mehr Kalium an Stelle des Natrium getreten ist. Der starke Natriumgehalt unsrer Gläser wird sich wohl am besten durch die Annahme erklären, daß man bei seiner Anfertigung größere Mengen antiker Scherben benutzt hat, wie dies THEOPHILUS PRESBYTER ebenfalls anräth.

Bedeutend mehr ist für die Durchforschung des glastechnischen Schrifttums geschehen<sup>2)</sup>. Am Eingang des deutschen Mittelalters steht die „Schedula diversarum artium“ des Priesters THEOPHILUS, die vielleicht noch in die Karolingerzeit zurückgeht<sup>3)</sup>. Die Wichtigkeit seiner Angaben ist schon von LESSING erkannt worden<sup>4)</sup>. A. ILG hat das Werk mit einer nicht immer zuverlässigen deutschen Uebersetzung herausgegeben<sup>5)</sup>. W. THEOBALD hat den größten Teil der Schedula, einschließlich der Kapitel über Glasmacherei, in einer mustergiltigen Ausgabe mit Uebersetzung und Erläuterungen herausgebracht. Am Ende des Mittelalters stehen dann wieder die Schrift des G. AGRICOLA, „De re metallica“ mit einem besonderen Abschnitt über die Glasmacherei und die „Sarepta“ des J. MATHESIUS<sup>6)</sup>. Alle drei Werke haben in den Geschichten der Glasmacherkunst die gebührende Beachtung gefunden. Unbeantwortet blieb aber die Frage, ob es abgesehen von den Angaben bei THEOPHILUS im Mittelalter bei uns noch weitere glastechnische Werke gegeben hat. Sie soll uns im folgenden beschäftigen.

Die im Auftrag von „GMELINS Handbuch der anorganischen Chemie“ unternommene Durchsicht einer größeren Anzahl deutscher Bibliotheken<sup>7)</sup> vermittelte einen Einblick in den erhaltenen Bestand der technischen Literatur des Mittelalters, den man im Hinblick auf den insbesondere in München und Wien vorhandenen Reichtum mittelalterlicher Handschriften als charakteristisch für das gesamte großdeutsche Gebiet wird ansehen können. Dabei hat sich ergeben, daß eine größere zusammenfassende Abhandlung über das Glasmachen nirgends vorhanden war. In einem alchemistischen Briefwechsel des 15/16. Jahrhunderts wird einmal eine „Ars vitraria“ des ALBERTUS MAGNUS erwähnt, doch handelt es sich hier offenkundig um ein Mißverständnis.<sup>8)</sup> Das dem

<sup>2)</sup> H. E. BENRATH, „Die Glasfabrikation“. Braunschweig 1875; H. SCHULZ, „Die Geschichte der Glaserzeugung“. Leipzig 1928; E. ZSCHIMMER, „Theorie der Glasschmelzkunst, I.“ Jena 1923; H. HEDFORS, „Compositiones ad tingenda musiva“. Hrsgg., übers. u. erl. Diss. Upsala 1932; W. THEOBALD, „Technik des Kunsthandwerks im 10. Jahrh. Des Theophilus Presbyter Diversarum artium schedula“. Berlin 1933.

<sup>3)</sup> W. DEGERING, „Westfälische Studien“, Leipzig 1928, S. 257.

<sup>4)</sup> G. E. LESSING, „Vom Alter der Oelmalerei aus dem Theophilus Presbyter“. 1774.

<sup>5)</sup> Ausgabe von A. ILG, „Quellenschriften für Kunstgeschichte“, VII, Wien 1874.

<sup>6)</sup> G. AGRICOLA, De re metallica libri XII. Basel 1556; J. MATHESIUS, Sarepta oder Bergpostilla. Nürnberg 1562.

<sup>7)</sup> W. GANZENMÜLLER, „Quellen zur Geschichte der Chemie in süddeutschen und ostmärkischen Bibliotheken“. Ang. Chem., 54 (1941), S. 30–33 (Ref. Glastechn. Ber., 20 (1942), H. 9, S. 263); Forsch. u. Fortschr., 17 (1941), S. 229.

<sup>8)</sup> W. GANZENMÜLLER, „Briefe eines Lausitzer Alchemisten aus den Jahren 1496–1506“. Angew. Chem., 48 (1935), S. 761–764. (Ref. Glastechn. Ber., 15 (1937), S. 363.)

ALBERTUS MAGNUS zu Unrecht zugeschriebene, im Mittelalter weitverbreitete Werk „De Alchemia“ (auch „Semita semitae“ betitelt) enthielt nämlich u. a. auch Abschnitte „De furno vitriariorum“, über den Glasmacherofen, und über das Glasieren von Tongefäßen. Handschriften der „Schedula“ des THEOPHILUS sind ziemlich selten, ein Bruchstück des 15. Jahrhunderts befindet sich in der Stiftsbibliothek Klosterneuburg (Hs, 331 fol. 391—399), behandelt aber nur die Malerfarben, und während Uebernahme einzelner metalltechnischer Vorschriften öfter nachzuweisen ist, hat sich kein einziges, aus der „Schedula“ stammendes Glasrezept gefunden! Nimmt man noch die Tatsache hinzu, daß in allen Handschriften der „Schedula“ die Kapitel über die mit Metalloxyden gefärbten Gläser fehlen, so muß man zu dem Schluß kommen, daß größere Abhandlungen über die Glasmacherkunst in der Praxis der deutschen Glasmacher des Mittelalters keine wesentliche Rolle gespielt haben. Aber selbst die buntgemischten Rezeptsammlungen, die später zu den sogenannten Kunstbüchern zusammengefaßt worden sind, enthalten kaum je einmal eine Vorschrift zur Glasherstellung oder -färbung.

Wohl aber finden sich solche in den Schriften der Alchemisten. Ihr Arbeitsgebiet war durchaus nicht auf die Herstellung des Steins der Weisen beschränkt, sondern umfaßte das ganze Gebiet der angewandten Chemie. Namentlich befaßten sich viele von ihnen mit der Herstellung künstlicher Edelsteine aus Glas, bzw. von Glaspasten. Es handelt sich hierbei um Verfahren, die bis in altägyptische und assyrische Zeit zurückgehen, in alexandrinischer und römischer Zeit viel geübt wurden und dem Mittelalter sowohl aus unmittelbarer Ueberlieferung wie auf dem Umweg über lateinische Uebersetzungen arabischer Alchemisten zugekommen sind. Die alexandrinisch-römische Ueberlieferung liegt vor in den „Compositiones ad tingenda musiva“<sup>9)</sup>, die eine Reihe von Vorschriften für Farbgläser enthalten. Sie kennen Grünfärbung mit Kupfer, Weißfärbung mit Zinn, Gelbfärbung mit einem unbekanntem, Thlaspi genannten, wahrscheinlich organischen Stoff, der wohl dieselbe Wirkung hatte wie das bis ins 19. Jahrhundert zur Gelbfärbung verwendete Erlenholz oder ähnliche Stoffe. Eine andere, inhaltlich damit im Zusammenhang stehende Sammlung ist die „Mappae Clavicula“, von der ein Exemplar Anfang des 9. Jahrhunderts im Kloster Reichenau vorhanden war, das aber spurlos verschwunden ist.<sup>10)</sup> Ein weiteres befindet sich in Schlettstadt. Es stammt von der Hand eines St. Galler Schreibers um 870<sup>10)</sup> und ist leider noch nicht veröffentlicht worden. Daß diese Sammlung sich großer Beliebtheit erfreute, beweisen die nicht seltenen einzelnen Rezepte, die aus ihr in andere Rezeptsammlungen übernommen worden sind.<sup>11)</sup> Aber bezeichnenderweise haben gerade die Vorschriften über Glasfärbung keine Aufnahme gefunden.

Der andere Zweig der Ueberlieferung geht durch das alchemistische Schrifttum. Ueber die Leistungen der Araber bzw. der von ihnen unterworfenen Völker liegen

zur Zeit noch kaum Untersuchungen vor.<sup>12)</sup> Da aber natürlich nur diejenigen Schriften für das Abendland Bedeutung gewonnen haben, die ins Lateinische übersetzt worden sind, so genügt es für unseren Zweck, sich an diese zu halten. Unter ihnen ist besonders die Schrift „De Aluminibus et Salibus“ zu nennen, die im 11./12. Jahrhundert von einem Araber in Spanien verfaßt und im 13. Jahrhundert ins Lateinische übersetzt worden ist.<sup>13)</sup> Auch hier stoßen wir auf die Tatsache, daß die Kapitel über die Herstellung von Edelsteinen aus Glasflüssen in zwei wichtigen Handschriften fehlen und also wohl frühzeitig verloren gegangen sind.<sup>14)</sup> In der von J. RUSKA entdeckten arabischen Handschrift bzw. der lateinischen Uebersetzung des 13. Jahrhunderts finden sich folgende Vorschriften:

„Beschreibung des roten Ringsteins. Nimm vom iraqischen Glas und schmilz es in einem Tiegel und wenn es geschmolzen ist, wirfst du das Gewicht eines Kornes von vorbereitetem Blutstein darauf, dann gieße es aus in irgend eine Form, die du willst und laß es erkalten, so wird es zum besten Jaqut.“

Beschreibung des gelben Ringsteins. Nimm von gutem iraqischen Glas, was du willst, und schmilz es mit etwas Kalisalz und wenn es flüssig ist, rühre darin um, tue das Gewicht eines Grans Eisensafran hinein, der mit Vitriol vorbehandelt ist. Und wenn dir seine Farbe gefällt (so ist es gut) und wenn nicht, so fahre mit Aufwerfen (von Eisensafran) und Schmelzen fort, bis es dir gefällt. Es kommt gelb heraus wie die Farbe des (gelben) Jaqut.

Beschreibung des Ringsteins Türkis. Schmilz iraqisches Glas wie vorher erwähnt wurde und wirf  $\frac{1}{4}$  Gran vorbehandelte Magnesia hinein und mineralische Lazward, gelöst in Alaunwasser. Tränke es nach und nach und wenn dir die Farbe wie die von Wolken erscheint (ist es gut), wenn nicht, so füge mehr hinzu, bis dir seine Farbe gefällt.

Beschreibung des Smaragds. Nimmt von dem Glas gemäß der vorangehenden Beschreibung und wirft nach und nach 1 Korn Kupfergrün und Malachit darauf, beide gelöst, bis dir seine Farbe gefällt, so Gott der Erhabene will.<sup>15)</sup>

Wie man sieht, sind die Vorschriften im ganzen zweckentsprechend. Lazward bedeutet eigentlich den echten Lapis lazuli. Da dieser aber beim Erhitzen seine Farbe verliert, so wird wohl an Kupferlasur zu denken sein. Das iraqische Glas war im Morgenland berühmt wegen seiner Reinheit. Unser Alchemist hat also das Glas nicht selbst hergestellt, sondern Glasscherben bekannter Herkunft u. U. mit einem geringen Zusatz von Alkali benutzt.

Eine jüngere Bearbeitung des Textes findet sich im „Liber Claritatis“. Die schon weit fortgeschrittene Verderbnis des Textes beweist, daß der Schreiber vieles nicht mehr verstanden und somit sicher die Edelsteine

<sup>9)</sup> P. LEHMANN, „Mittelalterliche Bibliothekskataloge Deutschlands und der Schweiz“. I (1918), S. 247, 25.  
<sup>10)</sup> Ansicht P. LEHMANNs nach Mitteilung von HEDFORS in: W. GANZENMÜLLER, „Ein unbekanntes Bruchstück der Mappae Clavicula aus dem Anfang des 9. Jahrhunderts“. Mitt. Gesch. Medizin, Naturwiss. Techn., 40 (1942), S. 1, Fußnote 2).

<sup>11)</sup> Eine Zusammenstellung gibt R. P. JOHNSON, „Some continental Manuscripts of the Mappae Clavicula“. Speculum, 12 (1937), S. 84—103.

<sup>12)</sup> Zu nennen sind die Arbeiten von C. J. LAMM: „Glas von Samarra“. Berlin 1928; „Mittelalterliche Gläser und Steinschnittarbeiten aus dem nahen Osten“. Berlin 1930; „Oriental glass of mediaeval date found in Sweden and the early history of lustre-painting“. Stockholm 1941. (Bespr. Glastechn. Ber., 20 (1942), H. 4, S. 126.) — P. KAHLE, „Bergkristall, Glas und Glasflüsse nach dem Steinbuch von el-Beruni“. Z. Dtsch. Morgenl. Ges. (Leipzig), 90 (1936), S. 322 bis 356. (Ref. Glastechn. Ber., 15 (1937), S. 37.)

<sup>13)</sup> J. RUSKA, „Das Buch der Alaune und Salze“. Berlin 1935.

<sup>14)</sup> l. c., S. 17.

<sup>15)</sup> l. c.

nicht mehr selbst hergestellt hat.<sup>16)</sup> Andere zogen die Verwendung von Bergkristall vor. So heißt es in einem fälschlich THOMAS VON AQUINO zugeschriebenen Werke: „Item alius modus faciendi gemmas de crystallo. Recipe cristalli quantum vis, et calefac ad ignem subito, postea extingue in aqua frigida simplici, hoc totiens reitera, donec possit subtiliter teri. Deinde contere eum fortiter in mortario, et postea in lapide marmoreo, quousque pulvis fit inde subtilissimus. Tunc recipe salis alkali bene mundi ana, simul incorpora super marmor prius, et pone in fornace vitriariorum in vasis in quibus funditur vitrum, sed paulative, donec fundatur totum, cumque fuerit fusum et clarificatum, pone desuper de illo colore quem intendis facere, et hoc paulative, quouque tibi placet color, suscipit enim omnem colorem, quem paulative dare volueris. Eodem modo poteris solvere quemlibet lapidem preciosum. Colorem autem saphiri sic probabis. Recipe de lapide indico et vocatur Baldach, [qui de Almania venit], de quo tingitur vitrum lazurium, et fac de ipso crystallo pulverem subtilem et pone in vase terreo in fornace vitriariorum, et cum bene fuerit calefactum pone intus de praedicto lapide indico paulative, quousque tibi placeat color et eodem modo cum lazurio blavio Almaniae facies Turcoisiam. Smaragdinus vero color fit eodem modo, sed cum pulvere viridi aeris boni, rubini color fit de bono croco ferri. Thopasii color fit sic: Recipe lignum aloes et pone super cristallum fusum, et tene tamdiu super tenaculis, quousque recipiat perfectum colorem Thopasii. Et si marchasitam cum berillo et cristallo simul miscueris, cristallus citius fundetur. Quod si aliter vis facere, accipe cineres clavelli, de quo fit sal alkali, vel de ipso sale de illis cineribus facto, et tartari calcinati ana, et simul liquefac in igne et erit fusile. Crisolitum sic facies: tolle cristallum clarum et pone cum aloe distemperato in aceto per 12 dies, postea coque cum auripigmento in lixivio facto de fago et erit Crisolitus, vel cum viridi aere et erit smaragdus etc.“<sup>17)</sup>

„Eine andre Art, Edelsteine aus Kristall zu machen. Nimm Kristall, soviel du willst und erhitze ihn rasch im Feuer, dann lösche ihn in gewöhnlichem kaltem Wasser ab, dies wiederhole sooft, bis er fein zerrieben werden kann. Hierauf zerreiße ihn kräftig im Mörser und dann auf dem Reibstein, bis er zu feinstem Pulver wird. Dann nimm ebensoviel reines Alkali, verreinige es damit zuerst auf dem Reibstein, setze es in den Glasofen in den Gefäßen, in denen man Glas schmilzt, aber nach und nach, bis alles schmilzt, und wenn es geschmolzen und geläutert ist, so setze die Farbe bei, die du herstellen willst u. zw. nach und nach bis dir die Farbe gefällt. Es nimmt nämlich jede Farbe an, die du ihm nach und nach zu setzen willst. Auf dieselbe Weise kannst du jeden Edelstein auflösen. Die Farbe des Saphirs aber stellt man so her: Nimm von dem indischen Stein, der Baldach heißt [der aus Deutschland kommt], mit dem man Glas blau färbt, und mach aus dem Kristall ein feines Pulver und setze es in einem irdenen Gefäß in den Glasofen, und wenn es richtig warm geworden ist, so setze ihm nach und nach von dem erwähnten indischen Stein zu, bis dir die Farbe gefällt, und ebenso kannst du mit dem blauen deutschen Lasur einen Türkis machen. Smaragdfarbe aber

stellt man auf die selbe Weise her, nur mit Pulver von gutem Grünspan, Rubinfarbe macht man mit gutem Eisen-safran. Die Farbe des Topas macht man so: Nimm Aloeholz und lege es auf den geschmolzenen Kristall und halte es solange mit der Zange darüber, bis es vollkommene Topasfarbe annimmt. Und wenn du Markasit mit Beryll und Kristall zugleich vermischest, so schmilzt der Kristall schneller. Wenn du es anders machen willst, nimm Pottasche, aus der man Sal Alkali macht, oder von dem Salz selbst das aus dieser Asche gemacht wird, und kalzinierten Weinstein gleichviel und schmilz es zusammen im Feuer und es wird flüssig sein. Den Chrysolith machst du so: nimm hellen Kristall und leg ihn mit aufgelöstem Aloeholz zwölf Tage in Essig, dann koche ihn mit Auripigment in Lauge aus Buchenasche und es wird zu Chrysolith, oder mit Grünspan und es wird Smaragd. usw.“

Auch hier haben wir praktisch brauchbare Vorschriften, allerdings nicht ohne einige Textverderbnisse. Daß man freilich auf die hier erwähnte Art jeden (!) Edelstein auflösen könne, ist offener Unsinn. Doch ist es immerhin möglich, daß diese Bemerkung erst von einem Abschreiber in den Text aufgenommen worden ist. Eine Textverderbnis liegt offenbar da vor, wo von dem indischen Stein die Rede ist. Baldach ist die arabische Bezeichnung von Bagdad. Die Worte „et vocatur Baldach“ passen nicht in die Satzkonstruktion, auch der folgende Relativsatz will sich weder syntaktisch noch dem Sinn nach richtig anschließen. Die Verwirrung dürfte dadurch entstanden sein, daß ein italienischer Alchemist hier in einem Zusatz auf die Verwendung des deutschen Lasurs hingewiesen hat. Die Vorschriften für Smaragd und Rubin stimmen genau mit denen des Buchs der Alaune und Salze überein. Verdächtig erscheinen dagegen die folgenden Vorschriften. Daß man Topasfarbe erzeugen könne, indem man Aloeholz mit einer Zange über das schmelzende Glas hält, ist unwahrscheinlich. Vielleicht liegt hier ein Mißverständnis oder ein Uebersetzungsfehler vor. Sinnvoll wäre es, das Holz in den Glashafen zu werfen. Warum gerade Aloeholz verwendet werden soll, ist nicht einzusehen, entspricht aber der Geheimniskrämerei der Zeit; durch solche ausgefallenen Stoffe suchte man das Rezept mit einem geheimnisvollen Schein zu umgeben. Für den Araber, der es ursprünglich geschrieben hat, besaß es freilich nichts Geheimnisvolles. Unverständlich ist die Anweisung, behufs schnelleren Schmelzens Markasit zu verwenden. Dagegen sind die Angaben über Schmelzmittel, die nun folgen, wieder ganz richtig. Die Verwendung von Weinstein deutet ebenfalls auf Italien, wo solcher reichlich zur Verfügung stand und vielfach verwendet wurde<sup>18)</sup>. Die nun folgende Vorschrift für Chrysolith steht mit dem vorhergehenden in keinem Zusammenhang. Hier handelt es sich nicht um eine Färbung des flüssigen Glases im Schmelzofen, sondern um eine solche des kalten Kristalls, die ihm äußerlich zugesetzt wird. Derartige Vorschriften sind schon aus dem Stockholmer Papyrus bekannt, haben aber mit Glasmacherei nichts zu tun.

Die wohl älteste Handschrift unsres Werkes findet sich in Palermo und stammt aus dem Anfang des 14. Jahr-

<sup>16)</sup> E. DARMSTAEDTER, „Liber Claritatis“. Archeion, 9 (1934), S. 75. — J. RUSKA, „Ueber Nachahmung von Edelsteinen“. Quell. u. Stud. Gesch. Naturwiss. u. Medizin, 3 (1935), S. 114, 118.

<sup>17)</sup> Theatrum Chemicum, Frankfurt 1659, V, S. 808.

<sup>18)</sup> W. GANZENMÜLLER, „Hüttengeheimnisse der italienischen Glasmacher des Mittelalters“. Die Glashütte, 67 (1937), S. 248 (Ref. Glastechn. Ber., 15 (1937), S. 364). Danach ist auch die verdorbene Lesart im „Liber Claritatis“ II, c. 18, aus aqua tartuli in tartari zu verbessern.

hunderts<sup>19)</sup>. Sie ist noch nicht herausgegeben, es bleibt also noch zu untersuchen, ob die Glasrezepte bereits in ihr enthalten sind. Sicher aus dem 14. Jahrhundert stammt eine lateinisch abgefaßte Bearbeitung von RAZI's „Liber Secretorum“. Sie enthält ebenfalls eine Vorschrift zur Herstellung eines künstlichen Rubins, die so lautet: „Tere lapidem almohach et lava ipsum cum aqua et sale, et postea cum aqua dulci, ut eius volumen recedat. et sicca tantum quantum est ipsius pars secunda et tere de elixir praedicto ponderis unius grani tritici bona trituratione per horam unam. postea pone ipsum intra 2 crucibula. firma bene coniunctionem cum luto crucibulorum. sicca in cinere calido donec bene siccetur. Deinde mitte ipsum in afrehuefreh sc. larem perforatum et dimitte per aliquot dies et congelabit in rubinum<sup>20)</sup>.“

„Reibe den Stein almohach (= arab. almaha, Bergkristall) und wasche ihn mit Wasser und Salz. und dann mit süßem Wasser, damit sein Volumen zurückgeht, und trockne ihn, bis er auf die Hälfte zusammengeht und reibe von vorerwähntem Elixir das Gewicht eines Weizenkorns sorgfältig eine Stunde lang. Dann bringe den Kristall zwischen zwei Tiegel, mache die Verbindungsstelle gut mit Tiegellehm fest, trockne in warmer Asche bis es gut trocken ist. Sodann setze ihn in afrehuefreh, nämlich den durchbrochenen Ofen und laß es einige Tage lang stehen und es wird sich zu einem Rubin verfestigen.“

Das arabische Original scheint hier in den Worten almohach und dem (unerklärten) afrehuefreh noch deutlich durch. Das erwähnte Elixier ist im vorhergehenden besprochen worden. Es wird aus Eiern oder Haaren hergestellt. Ob auf diesem Weg eine Rotfärbung des Kristalls erzielt werden kann, mag dahingestellt bleiben. Jedenfalls handelt es sich auch hier nicht um ein Schmelzverfahren, sondern bestenfalls um eine durch Glühen unter Luftabschluß hervorgerufene äußere Färbung.

Beachtenswerter ist eine Vorschrift in einer anderen Handschrift des 14. Jahrhunderts<sup>21)</sup>, weil es sich hier um ein stark bleihaltiges Glas handelt. Sie lautet: „De sulfusione cristalli et eius triplici tinctura. Prius bene inter prunas ignatur, et post in aceto extinguitur, et ter[r]atur subtiliter, et apponatur de cerusa et de sanguine vitri ad tertiam partem ipsius. Post fundatur in crucibulo inter brunas ardentis igne acerrimo in clibano vitreariorum, vel in fabrica cum follibus ventilando. Quo infuso, vas forma ad placitum, ut de vitro. Quia si ipsum aliquo colore colorare volueris, hoc modo facere poteris: quod si in colore persico, impone azurum transmarinum afinatum postquam fuerit fusus; quia si ipsum in colore rubro volueris, hoc fac de minio etc. Si in colorem viridem, hoc fac de flore eris vel viridi greco. Et scias, quod omni colore quo coloratur vitrum, potest colorari cristallus; in omni colore dico ignem sustinentem.“

Daß es sich hier um eine Handschrift deutscher Herkunft handelt, geht daraus hervor, daß das nächste Rezept (zur Herstellung künstlicher Perlen) die Worte enthält: „lapides fluviatiles albos .. quos kieselsteine vocamus“. Das Ablöschen des geglühten Kristalls in Essig statt einfach in Wasser, wie bei Ps. THOMAS (s. S. 318), beruht auf einer rein theoretischen Erwägung, der alten, beson-

ders auch in der Heilkunde eine wichtige Rolle spielenden Einteilung der Körper in kalte und warme. Der Essig galt als kalt und sollte deshalb durch seinen Gegensatz zu dem erhitzten Kristall umso stärkere Zerkleinerung bewirken. Statt des sinnlosen sanguinem vitri ist wohl sagimen vitri zu lesen. Da man mit sagimen u. a. das aus dem Fleisch ausgekochte Fett verstand, so konnte man sagimen vitri recht wohl als eine Bezeichnung für die Glasgalle verwenden. Der lateinische Ausdruck findet sich auch bei Ps. GEBER<sup>21a)</sup> und bedeutet auch hier offenbar Glasgalle. Auch kommt im älteren Französisch statt der heutigen Bezeichnung suin de verre ein sain de verre vor, das in dem englischen sandiver weiterlebt. In einer griechischen alchemistischen Handschrift des 14. Jahrhunderts wird die Glasgalle ganz entsprechend mit  $\sigma\tau\acute{\epsilon}\alpha\omicron\upsilon \delta\acute{\epsilon}\lambda\omicron\upsilon$  (stear hyelu, Fett des Glases) bezeichnet<sup>22)</sup>.

Gegenüber dieser Deutung erhebt sich aber die Schwierigkeit, daß es keinem praktisch erfahrenen Glasmacher eingefallen sein kann, Glasgalle als Schmelzmittel zu verwenden, wo er sich umgekehrt die größte Mühe gab, sie, sei es durch Abfeimen, sei es durch verlängertes Schüren, aus der Schmelze zu entfernen. Wenn man also nicht annehmen will, sagimen vitri bedeute Alkali, was zwar sachlich gefordert, aber philologisch kaum zu beweisen ist, so müßte diese Angabe gegen das Rezept mißtrauisch machen. Dazu kommt, daß auch hier wieder, wie im Buch der Alaune und Salze, Lapis Lazuli zur Blaufärbung verwendet werden soll. Der Ausdruck color persicus zeigt, daß hier eine Nachahmung der wundervollen Farbe beabsichtigt ist, wie sie in den persischen Fayencen erzeugt wurde. Das in der persischen Fayencetechnik verwendete Mineral wird dort stets als Lazward bezeichnet, Verwechslung des echten Lapis Lazuli mit Kupferlasur ist auch dort häufig. Wahrscheinlich haben aber die persischen Töpfer dazu Kobalterze verwendet<sup>23)</sup>.

Auch die Vorschrift, rotes Glas durch einen Zusatz von minium zu erzeugen, könnte gegen unser Rezept einnehmen. Es erscheint zunächst sinnlos, gleichgiltig, ob man darunter Mennige oder nach klassisch-lateinischem Sprachgebrauch Zinnober versteht. Einen Sinn gewinnt es dagegen, wenn man annimmt, daß hier durch die lateinische Uebersetzung noch der arabische Sprachgebrauch des Wortes hindurchscheint. Das Wort minium ist als mina ins Arabische übergegangen und bedeutet dort das aus Kiesel und Mennige hergestellte Email<sup>24)</sup>. Dieses Email wurde ähnlich wie die Erzeugnisse der „Kompositionsbrenner“ im 19. Jahrhundert und heute Farbglas

<sup>21a)</sup> „De investigatione Magisterii“ in: J. MANGET, „Bibliotheca chemica curiosa“, Bd. 1, S. 559: „Sal nitri sic praeparatur: dissolve sagimen vitri in aqua forti, distilla per filtrum et congela in vase vitreo . . .“, also Auflösung in Salpetersäure und Filtrieren  $K_2SO_4 + 2HNO_3 \rightarrow 2KNO_3 + H_2SO_4$ . H. KOPP, „Geschichte der Chemie“, Braunschweig 1847, Bd. 3, S. 224, vermutet unter sagimen vitri allerdings kohlenstoffsaures Natron oder Kali, doch ist nicht einzusehen, wie einer dieser Stoffe zu der Bezeichnung sagimen vitri kommen sollte.

<sup>22)</sup> DU CANGE, „Lexicon mediae et infimae Latinitatis“, VII, S. 266: Sagimen est pinguedo, quae expellitur ex carne in frixorio per ignem. — C. O. ZURETTI, „Anonymi de arte metallica“. (= Catalogue des manuscrits alchimiques grecs, VII, Brüssel 1930, S. 308, 310, 320, 330.)

<sup>23)</sup> R. RITTER, J. RUSKA, F. SARRE, R. WINDERLICH, „Orientalische Steinbücher und Persische Fayencetechnik“. Istanbuler Mitt., hrsgg. von der Abt. Istanbul des Archäol.-Inst. des Deutschen Reichs, Istanbul 1935, Heft 3, S. 34, 45, Fußnote 2; 51 und Fußnote 5.

<sup>19)</sup> J. RUSKA, Quell. u. Stud., 4 (1935), S. 1.

<sup>20)</sup> Aus der Handschrift Sloane, 1754, veröffentlicht von J. RUSKA, Quell. u. Stud., 4 (1935), S. 25.

<sup>21)</sup> München Staatsbibl. Clm 444, veröffentl. von D. U. THOMPSON, Isis, 35, Nr. 2, S. 382.

in Stangen zur Glasfärbung benutzt<sup>25</sup>. Es wäre also wohl möglich, daß ein Uebersetzer das arabische *mina* durch *minium* wiedergegeben und dadurch allerdings den Sinn völlig verfehlt hätte. Die andere, für den Wert unsres Rezepts ebenfalls ungünstige Erklärungsmöglichkeit wäre die, daß dem Verfasser praktische Erfahrungen nicht zu Gebot standen und er sich einbildete, man könne das rote „*minium*“, sei es Mennige oder Zinnober, im Glassatz zur Rotfärbung verwenden. Zinnober wurde vielfach zur äußerlichen Färbung von Edelsteinnachahmungen verwendet, man könnte dann mit J. RUSKA<sup>26</sup>) annehmen, daß später als reine Schreibtisch- und Phantasiearbeit eine Verschmelzung beider Rezepttypen, derjenigen zur äußerlichen Färbung und der eigentlichen Glasrezepte, stattgefunden hat. In jedem Fall bleibt die Tatsache bestehen, daß der Verfasser seine Angaben nicht praktisch nachgeprüft haben kann. Ein Versuch hätte ihm gezeigt, daß weder mit „*azurium transmarinum*“ noch mit „*minium*“ der von ihm gewünschte Erfolg zu erzielen war, wobei außerdem noch dahingestellt bleibt, was er sich unter „*sanguinem (bzw. sagimen) vitri*“ gedacht hat.

Unser Rezept wäre also folgendermaßen zu übersetzen: „Vom Gießen des Kristalls und seiner dreifachen Färbung. Zuerst soll er gut zwischen glühenden Kohlen erhitzt, dann in Essig abgelöscht und fein gerieben werden, dann setze man Bleiweiß und Glasgalle (?) bis zu einem Drittel (der Menge) des Kristalls zu. Hierauf schmelze man in einem Tiegel zwischen glühenden Kohlen mit stärkstem Feuer im Glasmacherofen oder in einer Schmiede unter Zublasen mit Bälgen. Wenn es geschmolzen ist, forme das Gefäß nach Gefallen, wie (man es) mit Glas (macht). Wenn du es mit irgend einer Farbe färben willst, so kannst du das folgendermaßen machen: für persische Farbe setze fein gemachten Azur von jenseits des Meers zu, nachdem es geschmolzen ist; wenn du es in roter Farbe haben willst, mach das mit *minium* etc. Wenn in grüner Farbe, mach es aus gebranntem Kupfer oder Grünspan. Und wisse, daß Kristall mit jeder Farbe gefärbt werden kann, d. h. mit jeder Farbe, die feuerbeständig ist.“ Die letzten Worte dürften darauf hindeuten, daß derjenige, der das Rezept als erster niedergeschrieben hat, sich doch dessen bewußt war, daß nicht alle Farbstoffe für seine Zwecke tauglich sind, daß er also ein Praktiker war, der dann unter *azurium transmarinum* Kupferlasur oder ein Kobalterz, unter *minium* farbiges Email verstanden hat. Auf den Schreiber der Münchner Handschrift braucht aber dieses günstige Urteil nicht zuzutreffen.

Vorschriften in deutscher Sprache sind noch seltener als lateinische. In einer deutschen Handschrift des 15. Jahrhunderts heißt es:

„Weiß glaß zu prenren. Ex alio weiß glaß. R lb 10 plei, lb  $\frac{1}{2}$  zin und lb. 10 stein oder nit souil, daz pren als vor vnd nim darnach derselben geprenten 4 lot vnd saffran 1 lot, so wirt es plaw vnder dem weißen gar schön.

Item nota haidnisch gelb R lb. 10 plei vnd stain lb 8, anthimonium lb. 1 daz pren wie die anderen. Item nota gut plaw R auß dem vorgeschribenen weißen so es be-  
raitt ist 34 oder 36 lot vnd saffran varb 1 lot, so hastu guet plaw.“<sup>27)</sup>

Hier haben wir ein alkalifreies Bleiglas, das durch einen Zinnzusatz opak gefärbt ist. Unter saffran ist jedenfalls Zaffer zu verstehen, d. h. ein mit Kobalt blau gefärbtes Glas. Die verlangte Menge des Farbzusatzes, 1 Lot auf 4 Lot Glas, erscheint recht hoch. Sehr beachtenswert ist die Verwendung von Antimon, worunter in älterer Zeit immer Antimonsulfid zu verstehen ist, zur Gelbfärbung. Sie steht bis jetzt ganz allein da. Der Ausdruck „heidnisch Gelb“ beweist, daß es sich auch hier um Uebertragung einer orientalischen Technik handelt.

Anhangsweise sei schließlich noch ein Kunststück erwähnt, das mit dem Glasmachen unmittelbar nichts zu tun hat, aber doch Beachtung verdient, weil es von KUNCKEL in seiner „*Ars vitraria*“ angeführt wird und weil in verschiedenen Museen Gläser vorhanden sind, die nach dieser Vorschrift angefertigt wurden. Die Vorschrift findet sich in einer Handschrift des 15. Jahrhunderts in der Studienbibliothek Salzburg und lautet<sup>28)</sup>:

„Subtilitas bona Item gleser zu vergulden la dier zwey gleser machen, dy in einander geen vnd auch oben eben geleich als czwen pecher. wildu denn czwaierlay varib machen aussen vnd innen an dem glas, so nym gold und streich nuecht (nüchtern) spaichel daran, und thue das gold darauf, und thue das dryestund (dreimal), denn an dem innern glas streich es außen an mit nuechter spaichel und zeuch silber darauf, und thue es auch dreistund, und laß nach yedem neczen wol truckchen und thue ains vinger hoch czerlassen harcz darin uns secz dy gleser ineinander und stürzc es umb, so rinnt das harcz ublich umb und beleibt albeg (allweg) und hat yeglichs sein besunder schein was materi du darin gemacht hast.“

Die KUNCKELsche Vorschrift ist wesentlich ausführlicher und in mehreren Punkten verbessert. Sie lautet: „Ein sonderliches curieuses Trinckglas zu machen

Nimm zwey glatte Gläser, welche sich gerade ineinander fügen, welche auch, sonderlich was die Höhe betrifft, also beschaffen seien, daß das innere Glas dem eusern ja nicht an der Höhe vorgehe, sondern beyde gleich hoch seyn; mahle das größere inwendig mit Oelfarbe nach Edelgestein Art aufs beste als du kanst; laß es trocken werden, alsdann reisse mit einer spitzen Gradiernadel 1 Aederlein hin und wieder oder was du wilt darein. Ferner schwänke altes Leinöl darum herum, lasse es wieder wohl herauslaufen und umbgestürzt fast trocken werden; wann es demnach ein wenig klebrig ist, so lege Blättlein von Gold oder Metall hinein, drücke sie mit einer Baumwollen inwendig an und laß es folgendes wohl austrocknen, so scheinen die gerissenen Aederlein goldreich heraus. Indessen nimm das ander oder kleinere Glas, streiche es auch vermittelst eines Pensels mit alten klaren Leinöhl oder einem reinen Furniß aufs dünnste an, und belege es über und über mit geschlagenem Gold oder Metall, so siehet es inwendig einem vergoldeten Becherlein gleich, laß es auch trocken werden und setze sie ineinander. (Der obere Rand wird mit einem Teig aus Kreide und Lackfirniß verkittet, sodaß man nicht erkennen kann, daß es zwei Gläser sind, darnach mit Lackfirniß bestrichen und mit Goldblättchen bedeckt. Noch schöner wird es, wenn man das größere Glas, anstatt zu bemalen, mit Hautschem Streuglantz, d. h. fein-

<sup>24)</sup> P. KAHLE, Z. Dtsch. Morgenländ. Ges., 90 (1936), S. 322.

<sup>25)</sup> J. RUSKA, Quell. u. Stud. Gesch. Naturw. u. Mediz., 6 (1937), S. 46, 208, 209.

<sup>26)</sup> J. RUSKA, Quell. u. Stud., 3 (1934), S. 114, 118 f.

<sup>27)</sup> München, Staatsbibliothek, Cgm 4552, Bl. 41v.

<sup>28)</sup> Salzburg, Studienbibliothek, V. 2, B 23, Bl. 363v.

gemahlene Feilspänen von allerlei Metallen, bestreut.)<sup>29)</sup>

Wie man sieht, sind beide Verfahren im Grund vollkommen gleich. Nur begnügte man sich im 15. Jahrhundert mit dem Anschein eines silbernen, außen vergoldeten Bechern, während der anspruchsvollere Geschmack des Barock den Eindruck von mit Goldadern durchzogenen Edelsteinen erwecken wollte. Daß der Gedanke dazu von KUNCKEL selbst stammt, braucht man nicht anzunehmen.

Wie sich aus dem Angeführten ergibt, ist die Ausbeute an mittelalterlichen Glasrezepten recht gering. Der Eindruck muß sich noch verstärken für denjenigen, der sich eingehender mit den technischen Handschriften des Mittelalters befaßt. Die meisten anderen Gebiete, wie vor allem die verschiedenen Metalltechniken, die Färberei und Farbenherstellung, sind bedeutend stärker in der Rezeptliteratur vertreten. Die Tatsache ist verwunderlich angesichts des Umstands, daß in den älteren Sammlungen wie „Compositiones ad tingenda musiva“, „Mappae Clavicula“ und in der „Schedula“ des THEOPHILUS neben Metallen und Farben auch das Glas seine Stelle gefunden hatte. Warum aber sind die in diesen Werken enthaltenen Glasrezepte nicht ebensoweit verbreitet worden, als die anderen? Warum hat sich insbesondere im Kloster Tegernsee, das als erstes in Bayern die Glasmalerei betrieben hat, kein Zeugnis dieser Tätigkeit erhalten, während doch Vorschriften über Metalltechnik vorhanden sind? An einen bloßen Zufall wird man angesichts des überall gleichen Mißverhältnisses nicht glauben wollen. Der wahre Grund kann nur darin liegen, daß die Glasmacherkunst von Anfang an weniger als man bisher geglaubt, in den Händen der Mönche und stärker in den Händen von Laien gelegen hat. Ich habe an anderer Stelle<sup>30)</sup> gezeigt, daß für das belgische Kloster St. Amand im 9., für das Kloster Tegernsee im 10. Jahrhundert, die Zuweisung

<sup>29)</sup> J. KUNCKEL, „Ars Vitriaria experimentalis“. Frankfurt-Leipzig 1679. 2. Teil, S. 12.

<sup>30)</sup> W. GANZENMÜLLER, „Deutsche Glasmacherkunst im Mittelalter. II.“ Glashütte, 71 (1941), S. 323 (Ref. Glastechn. Ber., 19 (1941), S. 301.)

weltlicher Glasmacher urkundlich feststeht. Solange diese Laienglasmacher unter mönchischer Wirtschaftsführung Glas hauptsächlich für kirchliche Zwecke herstellten, bestand in den Klöstern auch ein Interesse an Vorschriften zur Glasherstellung, wie es die Schedula des THEOPHILUS widerspiegelt. Nachdem aber die Klöster ihre kulturell führende Rolle an andere Mächte hatten abgeben müssen, wurden im Zusammenhang namentlich mit der Kolonisationsbewegung der Stauferzeit die Glasmacher aus unfreien Hintersassen der Klöster zu freien Männern und Pionieren der Kolonisation. Ihr technisches Wissen wahrten sie als ein Geheimnis, das sie nur innerhalb eines geschlossenen Kreises von Glasmacherfamilien weitergaben. Zu seiner Aufzeichnung bestand kein Grund und bei der selbstverständlich mangelnden Schulbildung auch keine Möglichkeit. Inmitten unwirtlicher Gebirgs-wälder angesiedelt, weit entfernt von der städtischen Kultur und ohne Zusammenhang mit ihrem schriftlichen Niederschlag, war der deutsche Glasmacher in viel stärkerem Maß auf sich selbst gestellt als sein italienischer Berufsgenosse, der von Anfang an im Umkreis einer Stadtkultur gearbeitet und so mit dem Beginn der Renaissance leicht den Anschluß an das technische Schrifttum gefunden hatte, wie uns dies durch eine Anzahl von Glasmachertraktaten bezeugt ist<sup>31)</sup>. In Deutschland begann dieser Einfluß der Renaissance, der nach langen Jahrhunderten wieder zur Aufzeichnung technischer Art über die Glasmacherei führte, erst mit dem 16. Jahrhundert, was seine genaue Entsprechung auf dem Gebiet des deutschen Bergbaus findet, der im Mittelalter eine führende Stellung in der ganzen Welt einnahm und auch erst zu Beginn der Neuzeit sein Schrifttum zu entwickeln begann. (15 698)

<sup>31)</sup> R. BRUCK, „Der Tractat des Meisters Antonio von Pisa.“ Repertorium für Kunstwiss., 25 (1902), S. 240. — G. MILANESI, „Dell'Arte del vetro per Musaico tre trattatelli dei secoli XIV e XV. Scelta di curiosità letterarie“. Bologna 1864. — W. GANZENMÜLLER, „Hüttengeheimnisse der italienischen Glasmacher des Mittelalters“. Glashütte, 67 (1937), S. 248. (Ref. Glastechn. Ber. s. Anm. 18.)

DK 66.046.58 : 661.321 : 666.12

## Die Verwertung von Sodaschlacke †).

Von A. DIETZEL, L. ILLING und C. NEUMANN.

(Mitteilung aus dem KAISER-WILHELM-INSTITUT FÜR SILIKATFORSCHUNG, Berlin-Dahlem.)

(Eingegangen am 20. 11. 1942.)

Beim Erschmelzen von Eisen nach dem sauren Schmelzverfahren fällt ein schwefelreiches Roheisen an, das durch Zusammenbringen mit Soda entschwefelt wird. Dabei entsteht eine sog. Sodaschlacke, die neben Natron und Sulfidschwefel eine Reihe von Stoffen aus dem Eisen und dem feuerfesten Futter enthält. Für eine Weiterverwendung oder Aufarbeitung reizt vor allem der hohe Natrongehalt. Ueber dahingehende Versuche, die wir im Jahre 1939 durchgeführt haben, sei im folgenden auszugsweise berichtet.

### Zusammensetzung von Sodaschlacken.

Beispiele für die Zusammensetzung von im Magnetscheider behandelten Sodaschlacken, die uns teils von Herrn M. PASCHKE, Clausthal, mitgeteilt, teils von uns selbst ermittelt wurden, sind in Tafel 1 zusammengestellt.

Die Zahlen zeigen, daß der Gehalt an den verschiedenen Oxyden in relativ weiten Grenzen schwanken kann,

†) Vgl. J. ENSS: „Verwendung von Sodaschlacke in der Glasindustrie“. Glastechn. Ber., 20 (1942), H. 10, S. 290.

was durch Mischen verschiedener Lieferungen von Schlacke möglichst ausgeglichen werden müßte. Die von uns verwendete, von Herrn M. PASCHKE zur Verfügung gestellte 100-kg-Probe von Sodaschlacke hatte die unter B angegebene Zusammensetzung. Das Produkt war nicht glasig, sondern kristallisiert. Ein Teil des Schwefels war durch Liegen an der Luft zu Thiosulfat und Sulfit oxydiert.

Tafel 1.

	A	B	C	D
SiO <sub>2</sub>	35,2%	35,5%	35,1%	35 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,7%	3,4%	5,0%	5 % (+ TiO <sub>2</sub> )
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,5%	6,8%	4,9% (als Fe berechnet)	3,5%
TiO <sub>2</sub>	1,1%	3,2%	—	—
CaO	6,3%	7,8%	6,9%	4 %
MgO	—	3,1%	1,1%	1 %
MnO	4,1%	9,5%	11,0%	12 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,1%	1,0%	0,6%	0,5%
S	4,8%	6,6%	5,2%	8 %
Na <sub>2</sub> O	34,3%	21,2%	30,7% (als Rest)	25 %
Glühverlust	3,7%	—	—	—