

Europäische Technik im Mittelalter

Wolfgang Müller

Bereits in der Antike sind die Techniken der Herstellung und Verarbeitung von Glas hoch entwickelt. Mit dem Untergang des Römerreiches wird in Mittel- und Nordeuropa ein Rückgang in der Erzeugung des kunstvoll geblasenen Hohlglases offensichtlich. Flaschen, Vasen, Schalen, Trinkgefäße und Schmuckgegenstände werden zwar weiterhin hergestellt, die Qualität ist jedoch deutlich schlechter als zuvor. Erst in der Spätgotik erfährt das Hohlglas einen erneuten Aufschwung. Etwa vom 10. Jahrhundert an bestimmt ein anderer technologischer Zweig die Entwicklung: das farbige Flachglas.

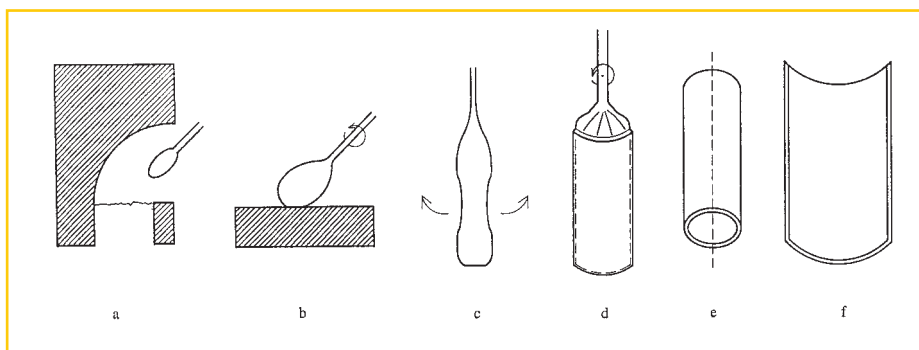


Bild 1: Formgebungsprinzip Zylinderblasteknik: a – Aufnahme eines Glaspostens aus der Schmelze; b – Formen einer Blase; c – Verformen des Zylinders; d – Ausblasen des Zylinders in der Form; e – Aufschneiden des Zylinders; f – Strecken des aufgeschnittenen Zylinders zur Flachglasscheibe

Glaserstellung

Das Glas wird für die Fenster der immer höher werdenden Kirchen gebraucht. Frühe Glasmalereien, wie die vermutlich am Ende des 9. Jahrhunderts entstandenen und bei Grabungen gefundenen Reste figürlicher Darstellungen aus dem hessischen Kloster Lorsch oder die Prophetenfenster des Augsburger Doms aus der Zeit um 1130 sind wichtige Quellen

unserer Kenntnis von der mittelalterlichen Hüttentechnik.

Analysen der chemischen Zusammensetzungen von etwa 300 verschiedenen Glasproben unterschiedlichster Herkunft (siehe Tabelle) lassen fünf Sorten von Gläsern erkennen.

Die chemisch sehr anfälligen Pottasche-Gläser des Typs 1 machen weit über 90 Prozent aller bisher untersuchten Proben aus. Sie sind durch Schmelzen eines Gemisches von Pflanzenasche und Sand entstanden.

Für die Gläser des beständigeren Typs 2 ist ein erheblich höherer Kalkgehalt charakteristisch. Eine bestimmte Grünglassorte (Typ 4) stellt man mit hohen Bleioxidzusätzen her. Insbesondere in der Renaissancezeit wird ein Teil des Alkalis in Form von Soda eingeführt (Typ 5); der höhere Phosphoroxidgehalt dieser Glassorte kann durch die Verwendung von Tierkno-

chenaschen entstehen. Das äußerst seltene blaue Sodaglas des 12. Jahrhunderts (Typ 3) dürfte seinen Ursprung nicht in Mittel- oder Nordeuropa haben; möglicherweise geht es auf wiedereingeschmolzene antike Mosaikgläser zurück.

Die Färbung beruht auf der Wechselwirkung des Lichts mit ionogen im Glas gelösten Schwermetallen. Je nach chemischer Wertigkeit ergeben sich definierte Farben bei Zusatz von Verbindungen des Eisens (grün Fe^{2+} , gelb-braun Fe^{3+}), Mangans (gelb bis braun Mn^{2+} , violett Mn^{3+}), Kupfers (blau bis grün Cu^{2+}), und des Kobalts (blau Co^{2+}). Der genaue Farbton hängt nicht nur vom färbenden Ion, sondern auch von der Grundglaszusammensetzung und von den Schmelzbedingungen ab. Außer den Ionenfärbungen sind im Mittelalter die Metallkolloidfarben Kupferrubin und Silbergelb bekannt. Von beiden Möglichkeiten macht man auch heute noch bei der Antikglaserstellung und Glasmalerei Gebrauch.

Das ausschließlich in der Überfangtechnik verwendete Rot wird nach reduzierender Schmelzföhrung und

Der vorliegende Beitrag ist erschienen im Handbuch „Europäische Technik im Mittelalter, 800–1400, Tradition und Innovation“, hrsg. von Uta Lindgren, Gebr. Mann Verlag, Berlin, 128,- DM

Tabelle: Mittelalterliche Glastypen; Chemische Zusammensetzungen in Masse-% (Durchschnittswerte)

Typ	1	2	3	4	5
Si ₂	45-55	45-55	60-75	30-40	55-70
CaO	15-25	25-35	1-6	5-20	10-20
K ₂ O	15-25	10-15	5-8	5-20	2-8
Na ₂ O	0-2	0-2	10-18	0-1	2-8
PbO	0-1	0-1	0-1	10-50	0-1
P ₂ O ₅	0-4	0-4	0-4	0-10	3-10
Farbe	unterschiedlich	unterschiedlich	blau	grün	unterschiedlich

farblosem Erkalten der kupferhaltigen Glasmasse erst in einem Anlaufprozeß bei etwa 500 °C erzeugt. Eine Gelbfärbung der Glasoberfläche erzielt man durch Einbrennen einer silbersalzhaltigen Paste, wobei Silberionen in das Glas diffundieren und zu elementaren Kolloidteilchen aggregieren. Die Trägersubstanz wird nach dem Brennvorgang wieder von der Oberfläche geschabt und kann ein zweites Mal verwendet werden.

Geschmolzen werden die Gläser bei rund 1200 °C in Tontiegeln von etwa fünf Litern Inhalt, von denen wiederum etwa sechs bis zehn in einem gemauerten Ofen Platz haben. Neben diesem Werkofen, der in einer gesonderten Kammer gleichzeitig dem vorgeschalteten Fritten des Gemenges dient, ist ein Kühlofen erforderlich.

Im zweiten Buch der *Schedula* des Theophilus wird die Formgebungstechnik des Flachglases beschrieben. Sie entspricht im Grunde dem noch heute praktizierten Zylinderblasverfahren (Bild 1). Nach dem Aufschneiden der Wandung in Längsrichtung streckt man das Glas und bügelt es mit einem Holzstück flach. Eine zweite Variante ist das sogenannte Mondglasverfahren. Den mit der Glasmacherpfeife aufgenommenen Posten formt man zu einer Blase aus (Bild 2) und setzt einen erwärmten Eisenstab auf die Gegenseite. Danach trennt man die Blase von der Pfeife und streckt das Glas zu einer flachen runden Scheibe. Der infolge des Heftisenansatzes verdickte zentrale Teil

der Mondglasscheibe konnte nicht als transparentes Flachglas für die Bemalung hergenommen werden. Man fand jedoch auch für dieses Abfallprodukt eine Verwendung. Die kreisrunden Mittelstücke von etwa 6 bis 12 cm Durchmesser wurden in Bleiverglasungen zu Fensterverschlüssen, den sogenannten Butzenscheiben, zusammengefaßt.

Die technischen Unzulänglichkeiten der mittelalterlichen Schmelz- und Formgebungstechnologien führen zu einer durch Schlieren, Blasen und Rohstoffrelikte gekennzeichneten Glasqualität, wie sie auf Grund der Lichtstreuereffekte für die künstlerische Verwendung notwendig ist.

Bleiverglasung

Das in der Hütte erzeugte Flachglas ist das Grundmaterial der Glasmalerei. Im Gegensatz zum neutralen Untergrund bei der Tafelmalerei liefert das farbige Glas bereits einen wesentlichen Beitrag zur optischen Wirkung des Bildes, die dann durch die Linienführung der Bleiruten und durch die Schwarzlotzeichnung vervollständigt wird.

Man muß annehmen, daß die Technik der Bleiverglasung noch in karolingischer Zeit entsteht. In den literarischen Quellen erscheint sie bereits

voll ausgebildet. Gleichmaßen vollendet zeigt sie sich in den vom 11. Jahrhundert an erhaltenen Beständen. Der Herstellungsprozeß des Glasbildes beginnt mit einer Darstellung auf Stoff, Pergament oder weiß grundierendem Holz. Auf dem Scheibenriß werden die Konturen der Verbleiung markiert sowie Angaben zur Farbe und Hinweise für die Schwarzlotzeichnung eingetragen. Mit Hilfe eines erwärmten Trenneisens scheidet man die Gläser in paßgerechte Stücke; ein Kröseleisen gibt ihnen die endgültige Form.

Die Konturzeichnung der Gesichter, Gewandfalten, Architekturdetails und Ornamente wird ebenso wie feinste Schattierungslasuren in Form einer wäßrigen Suspension des sogenannten Schwarzlots mit dem Pinsel aufgetragen. Das Lot ist ein Gemisch aus hoch bleioxidhaltigen und deshalb bei niedriger Temperatur erweichenden Glaspulvern und Eisen-, Kupfer- oder Kobaltoxid. Anschließend können mit einem Federkiel, einem Holzgriffel

Dr. rer. nat. Wolfgang Müller ist tätig an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin

oder einer Nadel feine Muster „radiert“ werden, bevor bei etwa 600 bis 700 °C im Ofen eine Verschmelzung des Lots mit der Glasoberfläche erfolgt. Neben dem Malen mit Schwarzlot auf farbigem Glas wird im späten Mittelalter und vor allem zur Zeit der Renaissance die Palette der Emailfarben entwickelt. Die bis dahin ausschließlich auf die Silberbeize beschränkte Farbgebung von farblosem Grundglas wird bei der Herstellung

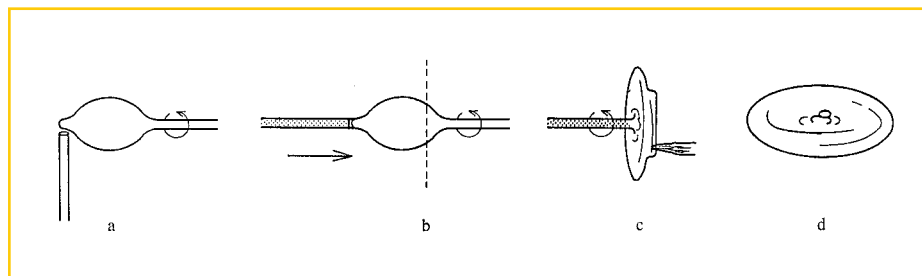


Bild 2: Formgebungsprinzip Mondglastechnik: a – Ansetzen eines Hefteisens an die der Pfeife gegenüberliegende Seite der vorgeformten Blase; b – Absprengen des Glases von der Pfeife; c – Ausformen der runden Scheibe durch Schleudern unter Nachhilfe mit einem Holzstab; d – fertige Mondglasscheibe

bleiverglaster Kabinettscheiben vielfältig erweitert; nur für die roten Teile wird noch farbiges Überfangglas verwendet.

Gleichzeitig wird die Technik des Ausschleifens farbiger Überzüge, die im Mittelalter nur sehr selten anzutreffen ist, verstärkt für besondere Effekte genutzt. Die fertig „gebrannten“ Glassegmente werden schließlich durch Bleiruten mit H-förmigem Profil aneinandergefügt. Letztere stellt man im Mittelalter allein durch Gießen des flüssigen Bleis in eine zweigeteilte Holz-, Stein- oder Eisenform her (Bild 3).

Begonnen wird mit dem Verbleien an einem zentralen Teil der Darstellung, bei einer Figur also mit dem Kopf. Durch Nachkröseln der Glassegmente können Maßungenauigkeiten ausgeglichen werden. Die biegsamen Bleiruten werden dem Umfang der Glasstücke angepaßt, das Glas wird in den Falz eingeschoben. Mit kleinen

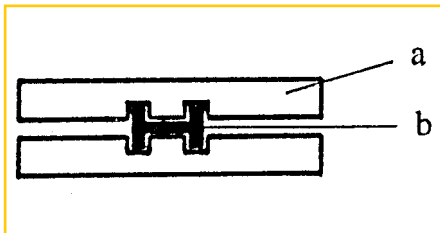


Bild 3: Herstellung der Bleiruten mit halb geöffneter Gußform im Querschnitt: a – Gießform; b – gegossenes Bleiprofil

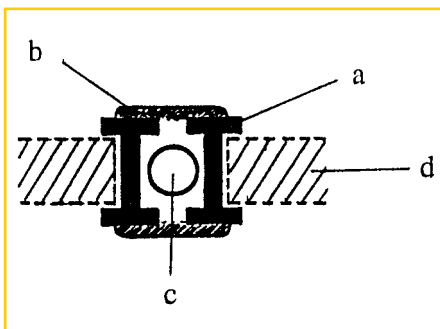


Bild 4: Herstellung der Bleiruten: Querschnitt eines Bleiprofils mit Weidenrutenarmierung: a – Bleiprofil; b – Zinnverlötung; c – Weidenrute; d – Glasscheibe

Nägeln, die später wieder entfernt werden, fixiert man die gefügten Partien an drei Seiten auf der Unterlage und fährt an der vierten mit dem Zusammensetzen des Bildes fort. Wenn das fertige Feld der Rißzeichnung entspricht, werden zum Abschluß die Kreuzungspunkte der Bleie mit einem eisernen Kolben unter Verwendung von Zinn verlötet. Im 13. und 14. Jahrhundert wird eine spezielle Armierungstechnik angewendet, um den Bildern mehr Stabilität zu geben. Dazu legt man zwei Bleiruten mit den Schenkeln der H-Profile längs aneinander und zieht in den entstandenen Hohlraum Eisenstangen oder Weidenruten ein. Die Schenkelaußenflächen werden dann miteinander verlötet (Bild 4). Heute werden Glasmalereien abschließend in jedem Fall zur stärkeren Bindung der Gläser im Bleigerüst und zum wetterfesten Abdichten verkittet. Unsicher bleibt, ob dieser Schritt auch als gängige Praxis für das Mittelalter anzunehmen ist. Die in mittelalterlichen Feldern gefundenen Kittreste können durchaus erst bei späteren Restaurierungen eingebracht worden sein. Eine weitere Möglichkeit, dem Durchbiegen der Bleifelder vorzubeugen, besteht in der Verwendung sogenannter Windeisen.

Im Mittelalter sind das runde Eisenstäbe, die mit Hilfe dünner Bleibänder an einigen Punkten des Bleinetzes angelötet und am Umfassungsrahmen befestigt oder sogar in den Mauerfalz eingelassen werden. Trotz der Fixierungen bleibt das in der Regel zwischen einem viertel und einem ganzen Quadratmeter große Feld in sich elastisch und kann sowohl Windbelastungen als auch Dehnungen bei Temperaturwechseln gut verkräften.

Die Felder füllen ein Kirchenfenster in waagerechten Reihen und senkrechten Bahnen, wobei die Bildinhalte anfänglich in einem Feld abgeschlossen, später jedoch über die Feldgrenzen hinaus zu großformatigen Kompositionen vereint sind. □

Literatur:

Frodl-Kraft, Eva, Ein Scheibenriß aus der Mitte des 14. Jahrhunderts, in: Beer, Ellen, J. (Hg.), Festschrift H. R. Hahnloser zum 60. Geburtstag, Basel/Stuttgart 1961
Heraclius, Von den Farben und Künsten der Römer. Originaltext und Übersetzung. Wien 1873. Neue Ausgabe 1888. Lexikon des Mittelalters, München/Zürich 1977 ff.



Bild 5: Prophetenfenster im Dom zu Augsburg

Müller, Wolfgang, Corrosion phenomena of medieval stained glasses, in: Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, Vol. 1, Madrid 1992
Newton, Roy G., Natronglas aus dem 12. Jahrhundert am York Minster, in: CV-Newsletter 20, Physics, University of York, 1976
Oidtmann, Heinrich, Die Glasmalerei, Teil 2, Die Geschichte der Glasmalerei, Köln 1898
Strobl, Sebastian, Glastechnik des Mittelalters, Stuttgart 1990
Theophilus Presbyter, Schedula Diversarum Artium, Bd. I, Revidierter Text, Übers. und Appendix v. Ilg. Albert, Wien 1874
Vila-Grau, Joan, El vitrall gòtic a Catalunya descoberta de la taula de vitraller de Girona, Barcelona 1985