

Probleme der Restaurierung, Konservierung und prophylaktischen Sicherung mittelalterlicher Glasmalereien*

Gottfried Frenzel

Die Zerstörung mittelalterlicher Kunstwerke durch schädigende Einflüsse aus der Luft ist ein Problem, das wegen seiner immer heftiger werdenden Präsenz heute nicht nur jeden Denkmalpfleger in Alarmzustand versetzt, sondern auch mehr und mehr der Öffentlichkeit bewußt wird.

Das uns überkommene Kunstgut der europäischen Glasmalerei hat fast ein Jahrtausend unbeschadet überstanden; in der Zeit unserer Tage droht der Totalverlust, wenn es nicht binnen ganz kurzer Frist gelingt, diesem Verfall Einhalt zu gebieten¹. Anhand archivalischer Nachrichten und fotografischer Vergleichsaufnahmen aus dem Zeitraum 1900 bis heute sind wir in der Lage nachzuweisen, daß sich dieses wertvolle Kunstgut bis zur Jahrhundertwende - von natürlichen Alterungsschäden abgesehen - in einem relativ guten Zustande bewahrt hat (Abb. 1).

Auch bis zu dem gravierenden Einschnitt des letzten Weltkrieges, wo alle Glasgemälde der Länder Europas aus Sicherheitsgründen geborgen wurden und dabei von einem, heute dem Patronat der UNESCO unterstellten Fachgremium von Wissenschaftlern des CORPUS VITREARUM MEDII AEFI detailliert begutachtet werden konnten, halten sich die aufgetretenen Schäden in meßbaren Grenzen. In dem kurzen Zeitraum von 1945 bis 1982 sind diese Schäden aber derart bedrohlich angewachsen, daß unter Beibehaltung des gegenwärtigen Zustandes "in situ" ein totaler Verfall noch in unserer Generation vorauszusagen ist (vgl. Abb. 1-6)².

Mittelalterliche Glasgemälde sind äußerst zerbrechliche und schadenanfällige Gebilde, da sie aus zahlreichen chemisch unterschiedlich zusammengesetzten Farbgläsern und dünnen Bleiruten bestehen, die zu einem Bildfeld zusammengefügt werden. Die Farbgläser sind in der Masse gefärbt, können aber auch aus mehreren Schichten bestehen,

von denen die äußere weggeschliffen werden kann (etwa Rotausschliff). Außerdem läßt sich die Farbigeit der Gläser seit dem Anfang des 14. Jahrhunderts durch Silbergelb und seit der Mitte des 15. Jahrhunderts durch Eisenrot verändern. Als Malfarbe dient jedoch in der Regel ein leicht schmelzbares, mit Kupfer- oder Eisenoxyd angereichertes schwarzes, braunes oder graugrünes Lot, das bei etwa 600 Grad aufgeschmolzen wird. Die Bemalung besteht aus flächig gestaffelten Halbtonlagen und unterschiedlich starken Konturen. Sie wird auf der Vorder- wie auf der Rückseite des Glases aufgetragen und kann durch Pinsel oder Nadel (Stupfen, Radieren) aufgelichtet werden.

Glasfenster waren seit jeher der Gefahr ausgesetzt, durch atmosphärische Einwirkungen wie Hagel, Sturm und extreme Temperaturschwankungen oder durch mutwillige Eingriffe wie Steinwürfe beschädigt zu werden. Zur Pflege der Glasmalereien wurden im Mittelalter daher vielfach Wartungsverträge mit Glaserwerkstätten abgeschlossen. Zur Wartung gehörten das Reinigen (Waschen mit Wasser und Schwamm), das Ausbessern der Verbleiung und das Auswechseln stark gesplitteter Gläser.

Seit es eine technologische Glasforschung gibt, wissen wir, daß die Glasgemälde neben diesen äußeren Einwirkungen auch einem inneren Zerfallsprozeß unterliegen. Während die orientalischen und römischen Gläser, die sich gegenüber schädlichen Einflüssen als relativ resistent erwiesen haben, natürliche Soda aus dem Mittelmeergebiet enthalten, sind die mittelalterlichen Gläser aus einheimischen Rohstoffen, meist aus einem Gemenge von zwei Teilen Buchenholz- und Farnasche und einem Teil Sand, erschmolzen. Sie sind in ihrer chemischen Beschaffenheit sehr weich und verwitterungsanfällig, da man sich meist einer leicht schmelzbaren, stark alkalihaltigen Zusammen-

setzung bediente, die besonders aktiv auf atmosphärische Einwirkungen reagiert.

Der Zersetzungsprozeß des Glases beginnt bereits mit seiner Verwendung als Fensterabschluß. Das Einwirken von Wasser auf der inhomogenen Glasoberfläche in Form von Tau oder Regen führt nämlich zu einer Hydratisierung der obersten Molekülschicht. Im Laufe der Zeit wirkt dieser Vorgang in die Tiefe. Bei andauernder Einwirkung von Wasser werden Glasteile, vor allem Alkalien, aus der hydratisierten Schicht gelöst und fortgeschwemmt oder konzentriert. Die dabei entstehende Alkalilauge beschleunigt den Zersetzungsprozeß. Schließlich lösen sich auch diese Alkalien unter Zurücklassung einer Kieselgelschicht. Es entstehen dann dünne Schichten von wasserhaltiger Kieselsäure, die das Irisieren bzw. Blindwerden der Scheiben bewirken. Die Hauptursachen für den Alterungsprozeß mittelalterlicher Farbgläser liegen also in der Art ihrer chemischen Zusammensetzung und physikalischen Oberflächenstruktur begründet.

Zu dieser natürlichen Alterung tritt mit der Industrialisierung seit dem frühen 19. Jahrhundert eine immissionsbedingte Schädigung, die in den letzten Jahrzehnten katastrophale Formen angenommen hat. Schädigende Atmosphärien, vor allem Schwefeldioxyd, das durch Kohle- und Ölfeuerung sowie durch Industrieabgase in die Luft gelangt, bewirken in Verbindung mit Feuchtigkeit auf der aufgeschlossenen Glasoberfläche Korrosionsprozesse schimmsten Ausmaßes.

Auf Grund der in jüngster Zeit durchgeführten chemischen Analysen weiß man, daß diese Schäden nicht älter als 10 bis 50 Jahre sind und alle Glasmalereien betreffen, sofern diese nicht museal untergebracht sind oder sich an sehr abgelegenen Orten befinden. Das rapide Tempo dieses Zerfalls ist dokumentarisch belegbar durch Scheiben, die sich noch an ursprünglicher Stelle befinden und solchen eines Fensters, die frühzeitig ins Museum gelangte.

Sind letztere heute noch weitgehend intakt erhalten, so sind die ersteren mehr oder weniger stark zerstört. In Verbindung mit Feuchtigkeit (Regen, Schwitzwasser) bildet sich nämlich Schwefelsäure, die einen regelrechten Ätzprozeß auslöst. Die Glasoberfläche wird narbenartig zersfressen (Lochfraß, Abb. 3)³, zurück bleibt zersetzte Glassubstanz in Form eines kreidig-hellen Sulfatbe-



1. Nürnberg, St. Marthakirche (sVI 1a). Hl. Barbara, um 1410, bei Durchlicht. Im Gesicht der Heiligen sieht man deutlich eine schwache Lochfraßkorrosion entlang der Bemalung, sowie zwei Anrisse durch Stirn- und Augenpartie.

lages (Wetterstein), der heute vielfach eine Stärke von mehreren Millimetern erreicht (Abb. 2, 4). Dieser Wetterstein ist stark hygroskopisch, saugt die Feuchtigkeit schwammartig auf und beschleunigt dadurch den Zerstörungsprozeß. In Mitleidenschaft gezogen wird vor allem die Außenseite. Die hier aufgetragene Bemalung ist häufig bereits verloren oder nur noch in Form verschiedenartig abgewitterter Partien zu rekonstruieren. Auch die Bemalung auf der Innenseite bleibt bei Schwitzwasserbildung von diesem Verwitterungsprozeß nicht verschont: Die Bemalung wird zersetzt und blättert ab.

Von dieser Zerstörung sind alle Farbfenster unserer großen Dome und Kirchen betroffen, wenn nicht unverzüglich prophylaktische Maßnahmen zu ihrer Erhaltung und Sicherung eingeleitet werden⁴.

Die Resistenz eines mittelalterlichen Glases hängt ab von seiner chemischen Zusammensetzung,



2. Gerolzhofen/Mainfranken, Stadtpfarrkirche. Vision des Sonnenweibes nach der Apokalypse des Johannes, um 1450. Ruinöser Erhaltungszustand auf Grund der Einwirkung ganz verschiedener Korrosionsvorgänge auf den Oberflächen des Glases und den Schichten darunter, primär bei den manganhaltigen Inkarnatgläsern (Totalverschwärzung mit dem Erscheinungsbild einer Negativverwitterung). Inzwischen wurde im Rahmen unseres Forschungsauftrages ein neues Verfahren zur Regenerierung der Verschwärzung entwickelt, das aber noch der weiteren Erprobung bedarf.

den beigefügten Metalloxiden, die bei der Schmelze die Färbung bewirken, der Dauer der Schmelze und ihrer Temperaturhöhe. Diesbezügliche Untersuchungen im Rahmen unserer Forschungsaufträge haben ergeben, daß der Schmelzpunkt der Gläser unterschiedlichsten Entstehungsdatums⁵ ganz enorme Schwankungen aufweist (zwischen 300 Grad und 900 Grad). Die niedrigsten Schmelzpunkte weisen Gläser des 18. Jahrhunderts auf, dann folgen relativ einheitlich die Gläser gotischer Zeit; anteilig höher liegt der Schmelzpunkt bei den Gläsern romanischer Zeit und an der Spitze führen die Renaissancegläser. Im allgemeinen kann man sagen,

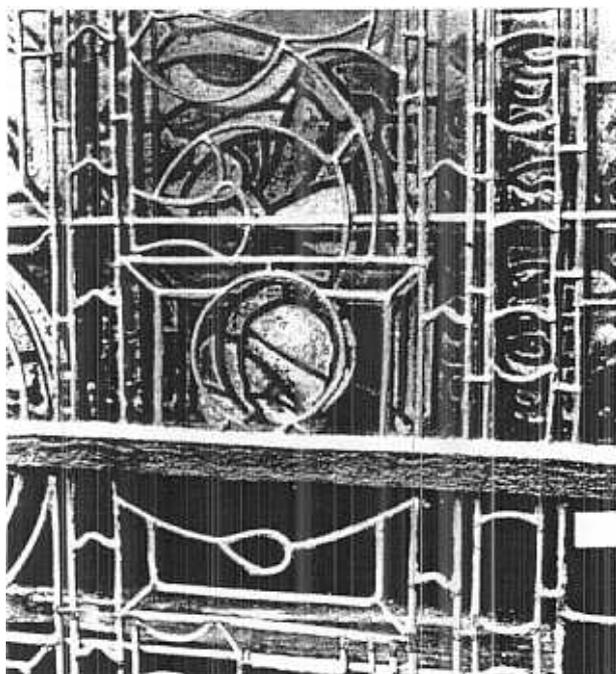


3. Augsburg, Dom, Prophetenfenster, um 1130. Mantelschließe des Propheten Hoseas, Vorderseite bei Auflicht. Lochfraßkraterbildung im gesamten Bereich des bemalten bzw. unbemalten Farbglases.

daß alle Gläser mit einem recht hohen Schmelzpunkt auf Grund des gut ausgebildeten Feuerschmelzes sich gegenüber Witterungseinflüssen relativ resistent verhalten und auch stets weniger Inhomogenitäten aufweisen, die fast immer den ersten Ansatzpunkt für eine Korrosion bilden.

Fast konträr zur unterschiedlichen Korrosionsanfälligkeit der Farbgläser verhält sich die Haftfestigkeit der Schwarzlotbemalung und der Halbtonbemalung. Schwarzlot schmilzt bei etwa 600 Grad ein. Liegt nun der Erweichungspunkt des Grundglases wesentlich höher, so kommt es zu keiner homogenen Verbindung zwischen Grundglas und Bemalung. Diesen Vorgang beobachtet man vor allem bei Renaissancescheiben: kaum korrodierte Farbgläser, aber in der Schwarzloterhaltung sehr schlecht.

Sicher war diese Tatsache auch schon dem mittelalterlichen Glasmaler bekannt, wurde aber offenbar doch nicht immer befolgt. Schon Theo-



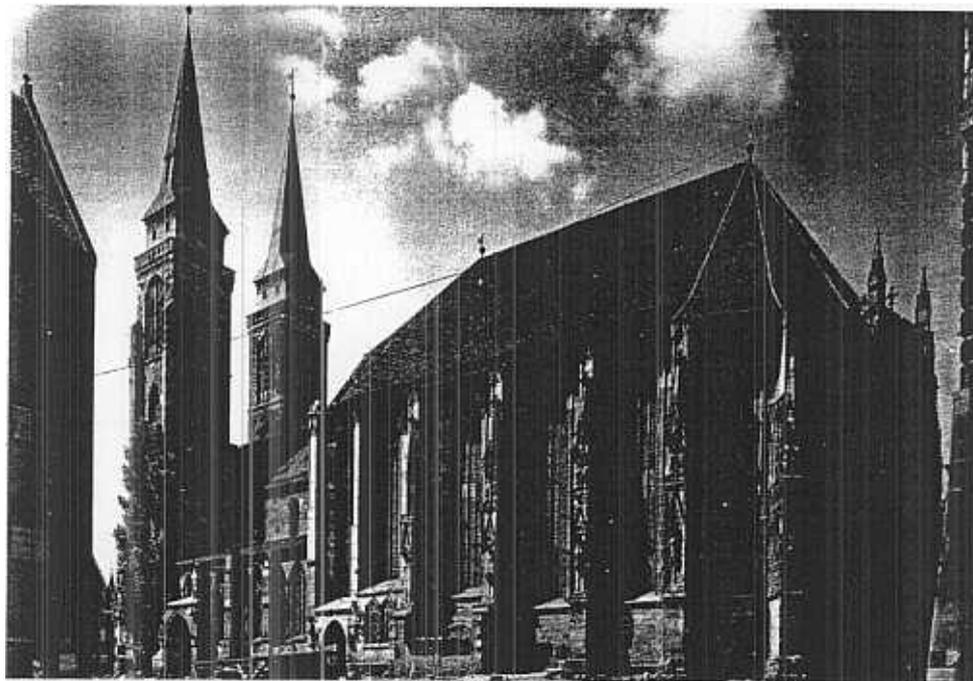
4. Regensburg, Dom, romanisches Querhausfenster, Versuchsjeld mit einer Außenschutzverglasung, bei der der Hauptleiriß wiederholt wurde. System Z. VI.

philus Presbyter schreibt in seiner *Diversarum Artium Schedula*⁶ in Kapitel XXIII: "Wie man das Glas brennt. Inzwischen mache die eine Eisenpfanne nach dem innenmaße des Ofens, abzüglich zweier Fingerbreiten an der länge und an der Breite. Auf diese siebe trockenen ungelöschten Kalk und Asche in der Dicke eines Strohhalmes und drücke sie mit einem ebenen Holz zusammen, damit sie festliegen. Ebendiese Pfanne soll einen eisernen Handgriff haben, woran sie getragen, eingeschoben und herausgezogen werden kann. Auf sie lege das gemalte Glas sorgsam nebeneinander, und zwar so, daß du an der Außenseite gegen den Handgriff hin das Grün- und Blauglas und nach innen das Weiß-, Safran- und Purpurglas legst, weil letztere widerstandsfähiger gegen das Feuer sind; dann schiebe die Stäbe ein und lege die Pfanne darauf. Hierauf nimm in der Abhitze völlig getrocknete Buchenscheite und zünde mit aller Vorsicht zunächst ein gelindes, dann ein stärkeres Feuer in dem Ofen an. Siehst du dann die Flamme hinten und beiderseits zwischen dem Ofen und der Pfanne emporscalagen und das Glas überstreichend und gleichsam leckend bedecken, bis es schwach glüht [Erweichungspunkt!], so reiße sofort die Scheite heraus und setze die Öffnung des Ofens und oben

das Loch, durch das der Rauch austrat, sorgfältig zu, bis es sich von selbst auskühlt. Kalk und Asche auf der Pfanne haben den Zweck, das Glas dagegen zu schützen, daß es auf dem nackten Eisen von der Hitze zerspringt. Hast du aber das Glas herausgenommen, so prüfe, ob du mit deinem Nagel die Farbe abkratzen kannst. Wenn [es] nicht (gelingt), genügt es; wenn [es] aber [gelingt], lege es nochmals in den Ofen zurück. Hast du solcherweise alle Stücke gebrannt, lege die einzelnen Stücke wieder auf die Holztafel an ihren Platz ..."

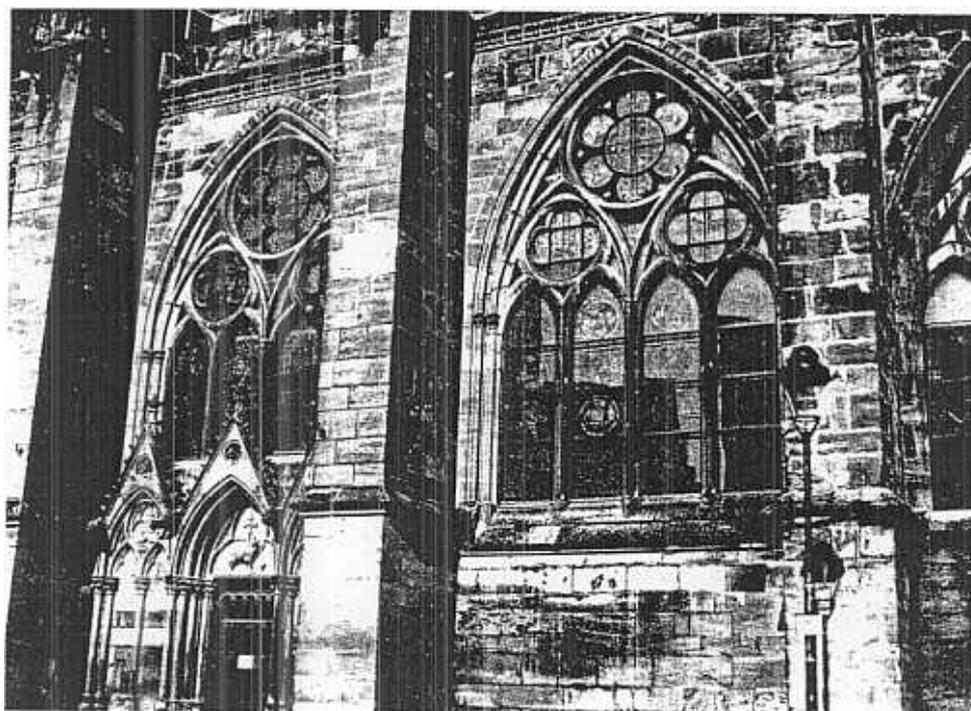
Aus Gründen der Rationalisierung wurden die einzelnen zu brennenden Stücke oftmals auch in mehreren Lagen geschichtet und gebrannt mit folgendem - konservatorisch nicht uninteressanten⁷ - Erfolg. Die Beimengungen zur Schwarzfärbung des Lotes sind länderweise recht unterschiedlich. Im deutschsprachigen Raum sind Beimengungen aus einem Gemisch von Eisenoxid und Kupferhammer Schlag unterschiedlicher Menge üblich. Bei einem hohen Einbrennvorgang verdampfen die Metalloxide geringfügig und hinterlassen auf dem darüber oder darunter befindlichen Glasstück einen Niederschlag (also eine Art Glasvergütung, so wie man auch heute Fotolinsen, Ferngläser u. a. behandelt, um sie tropensicher zu machen). Der leichte - früher natürlich nicht sichtbare - Metallfilm hat alle beschichteten Partien in gewisser Hinsicht korrosionsunempfindlich gemacht, während alle anderen nicht beschichteten Restpartien im Lauf der Zeit korrodiert sind. So zeichnet sich beispielsweise bei der Marienkrönung im Märtyrerfenster des Freiburger Münsters⁸ auf der Rückseite des Marienkopfes spiegelbildlich die Krone des benachbarten Christi ab. Die "metallbeschichteten" Partien bestehen heute aus total unverwittertem intakten Glas und erscheinen im Foto schwarz, während alle anderen Restpartien flächenkorrodiert sind (pulveriger Wetterstein) und weiß erscheinen. Ähnlich gelagerte zahlreiche Beispiele dieser Art gibt es bei dem Glasgemäldezyklus aus der Ritterstiftskirche zu Wimpfen im Tal (heute Hessisches Landesmuseum Darmstadt⁹ mit rückseitigen Abdrücken von Punktbändern, Ornamenten, Gewandteilen u. a.). Hier kann man auch das System der Schichtung ablesen, indem immer gleichwertige Teile gleicher Farbe nebeneinander gebrannt wurden, so wie es Theophilus beschreibt.

Transluzide Glasgemälde, den Edelsteinen vergleichbar, waren im Mittelalter hochgeschätzt und



5. Nürnberg, St. Sebalduskirche. Ansicht von Südosten auf den schutzverglasten Hallenchor. Die ästhetisch negativ Wirkung der Ganzglasscheiben der Außenschutzverglasung (jeweils untere Hälfte der Fenster) wird beträchtlich abgemindert durch die bereits im Mittelalter stets üblichen Kupfergitter.

6. Freiburg i. Br., Münster, südliches Langhausfenster. Schutzverglasung in Ganzglasscheiben ohne äußere Kupfergitter. Das bei Sonnenschein aufgenommene Foto demonstriert deutlich, wie sich in den Schattenzonen der gegenüberliegenden Gebäude noch die kleinteilige Profilierung des mittelalterlichen Bleirisses ablesen läßt und die Schutzverglasung daher die Außenansicht des Baues nicht negativ beeinträchtigt. Im oberen Drittel der Fenster bewirkt die Schutzverglasung aber einen klaren Spiegeleffekt (den man aber durch geeignete Maßnahmen herabmindern könnte).



7. Augsburg, Dom, Langhausobergaden. Prophet Daniel, um 1130. Zustand nach der letzten Restaurierung 1975

es gab kaum eine Kirche, die nicht mit Glasgemälden ausgestattet war. Die Farbfenster verwandelten das Licht in eine göttliche Botschaft, die auch der Lesensunkundige lesen konnte (*biblia pauperum*) und schufen einen lichterfüllten Sakralraum, in dem der Gläubige in eine andere, gleichsam entstofflichte Welt des Himmlischen Jerusalems versetzt wurde.

Der Aufwand zu ihrer Herstellung war sehr groß und entsprechend hoch war auch der Preis¹⁰. Die ständige Wartung und Pflege war geradezu vorbildlich und so manche schonungsvolle Restaurierungspraktiken verdienten es durchaus, daß man sie heute wieder einführen sollte¹¹!

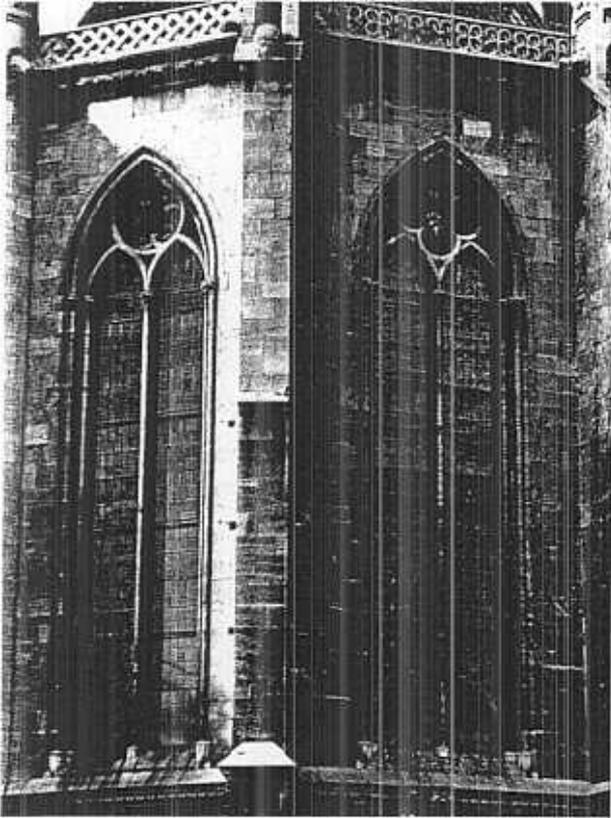
Mit der Reformation kommt die Glasmalerei in Deutschland fast ganz zum Erliegen. Man schafft stattdessen im alten Bestand partielle Verglasungen, um mehr Licht in den Innenraum zu bringen. Im Zeitalter des Barock wird das "unnütz Gemähl, das nur den Raum verdüstert, hinweggetan" und so stehen heute unsere meisten großen Dome und Kirchen, wie Worms, Speyer, Mainz, Bamberg, ihres ehemals prächtigen Farbfensterschmuckes beraubt: nackt und leer da.

Mit Wiedererwachen der Glasmalerei in den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts (ausgehend von der Porzellanmalerei) setzt dann ein hellwaches Interesse für die mittelalterlichen Glasgemälde ein; aber aus falsch verstandenem Ehrgeiz, es noch besser zu können, als die alten Meister, wird daraus eine zweite Vernichtungswelle.

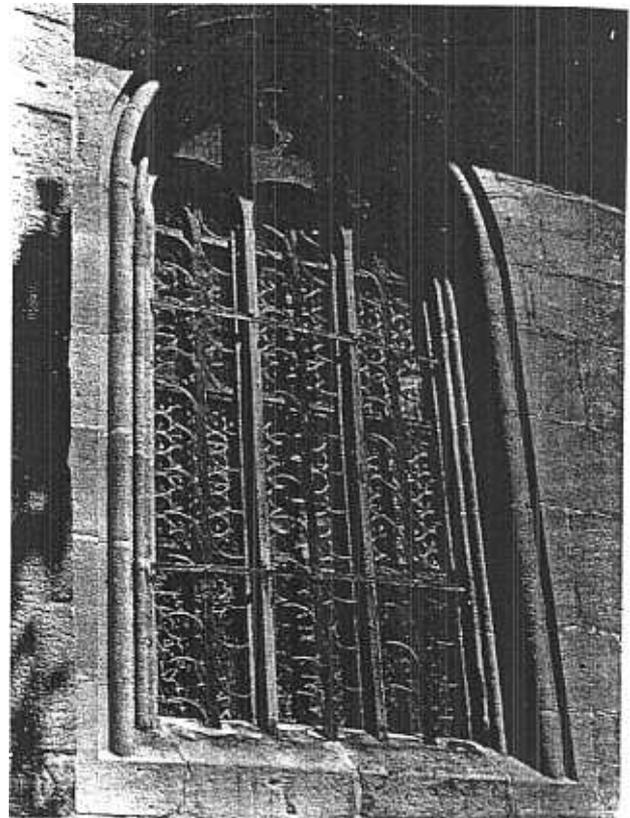
Fast allorts sind ganze Glasmalergenerationen damit beschäftigt, die alten Glasgemälde auszubauen und sie auf ihre Weise zu "restaurieren". Beschädigte Gläser werden ausgebaut und durch neue Ergänzungen ersetzt (oftmals bis zu 90%)! Wichtig allein ist der optische Schauwert und so werden auch beschädigte Schwarzlotbemalungen nachkonturiert und neu eingebrannt. Allein wichtig ist der Schauwert, nicht aber das Original.

Schon seit langem war aber auch das Interesse der Sammler für mittelalterliche Glasgemälde erwacht und so nimmt es nicht Wunder, daß im Zuge einer "Restaurierung" Einzelteile oder ganze Scheiben "abwanderten"¹³.





8. Naumburg, Dom, Westchor. Außenschutzverglasung mit Tafelteilung nach System Z. VI.



9. Puschendorf/Franken, Pfarrkirche. Außenschutzverglasung mit Butzenscheiben, im Maßverk Ganzglas, System Z. VII. Die Zusatzseisen, bereits im 19. Jh. angebracht, vermindern eine Einbruchsfahr.

Am Ende des Jahrhunderts ändern sich die Restaurierungspraktiken. Die große Begeisterung für die mittelalterliche Glasmalerei ist vorbei, es fehlt an Geld, und man ersetzt beschädigte Originalteile nicht mehr durch Kopien, sondern schneidet einfach andere Originale entzwei und verwendet sie als Flickteile für Fehlstellen.

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wird experimentiert¹⁴. Im ersten Jahrzehnt werden in Nürnberg, St. Sebald, Paumgartnerfenster, zwei Scheiben zwecks Schwarzlotsicherung mit einem niederschmelzenden Emaille überzogen und nachgebrannt. Die angerichteten Schäden sind unübersehbar. Trotzdem werden aber nach diesem Verfahren bis 1939 noch über 200 Glasgemälde "konservatorisch" behandelt, darunter auch das berühmte Konhoferfenster von 1479 von Michael Wolgemut, dem Lehrer Albrecht Dürers, in der St. Lorenzkirche zu Nürnberg¹⁵ und das Pfinzingerfenster in St. Sebald nach 1:1 Zeichnungen von Albrecht Dürer, das man zudem noch mit einer

künstlich beigefügten Schwarzlotüberzugsdosis versehen hatte, um eine Anpassung an den Chorfensterzyklus von 1379-1385 zu erreichen. Hier ist die Mystifizierung der mittelalterlichen Glasmalerei unter dem falsch verstandenen Begriff "Patina" (= Verfälschung des originalen Erscheinungsbildes durch korrosionsbedingte Ablagerungen von Syngenit und Gips) aber wirklich völlig mißverstanden, ein Standpunkt, der leider bis zum heutigen Tage noch immer nicht ausgeräumt ist bei vielen Wissenschaftlern, Kunsthistorikern, Glasmalern, Professoren und Werkstätten. Patina ist gewachsener historischer Bestand und gehört zum Original; sie sollte durch keinerlei Restaurierung oder Konservierung angetastet werden. Wetterstein ist ein korrosionsbedingtes Zerfallsprodukt der Glassubstanz, zieht 1000fach mehr Feuchte an und schadet darum dem Original.

Trotzdem sollte sich aber jeder Restaurator davor hüten, den Korrosionsbelag bedenkenlos zu entfernen, weil 1. in dem Korrosionsbelag noch



10. Nürnberg, St. Lorenz. Volkammerfenster des Peter Hemmel von Andlau, um 1480, König David mit der Harfe, Ausschnitt aus einer Wurzel-Jesse-Darstellung. Zustand nach der letzten Restaurierung 1964.

Teile der ehemaligen Außenbemalung, stecken können oder deren Folgeerscheinungen, die für die Kunstwissenschaftliche Forschung wichtig sind, und 2. weil durch die totale Abnahme des Belages Verfälschungen am Original entstehen, die in keiner Weise zu rechtfertigen sind. Ein gezielter, wissenschaftlich durchdachter Mittelweg wird hier die richtige anzustrebende Lösung sein.

Im Jahre 1939 wurde dann unter Leitung des ehemaligen Direktors des Doerner-Institutes in

München, Herrn Dr. R. Jakobi¹⁶, in Anlehnung an das Dublierverfahren der DETAG (Sicherheitsglasverfahren) an einer Scheibe des Westchores des Naumburger Domes dieses Verfahren (mit negativem Erfolg) ausprobiert. Trotzdem werden dann in den 50er Jahren weitere Großversuche in Nürnberg St. Lorenzkirche, Knorrfenster und Schmidmairfenster (A. Dürer) durchgeführt. Der damalige Dombaumeister von Köln erteilte daraufhin einen Auftrag zur Sicherung der Obergaden-

fenster im Chor. Auch die romanischen Chorfenster von St. Kunibert in Köln wurden nach dieser Methode scharf gereinigt (sie wirken heute völlig steril und eher wie 19. Jahrhundert, nicht aber romanisch - hier ist wirklich die altersbedingte Patina verfahrensmäßig bedingt entfernt worden) und nach dem Dublierverfahren behandelt.

Die Nürnberger Scheiben sind inzwischen mit sehr viel restauratorischem (und finanziellen) Aufwand wieder von den Dublierungen befreit worden; in Köln ist das Verfahren eingestellt worden.

An dieser Stelle erhebt sich die Frage, was kann man heute - unter Berücksichtigung aller mehr oder minder negativen Eindrücken einer Restaurierung mittelalterlicher Glasmalereien der Vergangenheit - tun?

Für die Restaurierung oder Konservierung mittelalterlicher Glasmalereien Empfehlungen zu geben, ist kaum möglich, da jedes Objekt seine eigenen Probleme mit sich bringt und eine entsprechende individuelle Lösung verlangt. Gutachter - auch auf internationaler Basis herangezogen - werden daher stets bemüht sein, die bestmöglichen und risikolosesten Vorschläge auszuarbeiten. Die diesbezügliche Thematik ist allerdings zu umfangreich, als daß man in diesem kurzen Aufsatzbeitrag darauf eingehen könnte.

Die allerwichtigste und dringlichste Aufgabe, unsere mittelalterlichen Glasmalereien vor dem Verfall zu schützen, besteht zunächst einmal in einer prophylaktischen Sicherung, die - aus Unkenntnis der Situation - beim Wiedereinbau nach der kriegsbedingten Bergung leider fast allorts verabsäumt wurde. Nachfolgend werden alle erreichbaren Ergebnisse fremder und eigener wissenschaftlicher Forschungen und praktischer Erfahrung zusammengestellt, um in einem Resümee dem Denkmalpfleger und Architekten grundsätzliche Richtlinien über die Einrichtung und Wirkungsweise von Außenschutzverglasungen in die Hand zu geben¹⁷.

Die Entscheidung über den Umfang und die Maßnahmen einer Restaurierung, beziehungsweise einer prophylaktischen Sicherung von Glasgemälden ist gerade in den letzten Jahren zu einer Frage geworden. Der Grund dazu liegt darin, daß es für Restaurierung und Konservierung eben kein garantiert zuverlässiges Rezept gibt, und daß immer wieder versucht werden muß, in Einzellösungen den

technischen und künstlerischen Bedürfnissen eines Objektes so weit wie möglich gerecht zu werden. Trotz der grundsätzlich gleichen Wirkungsweise befreit auch die Entscheidung für eine Außenschutzverglasung nicht von einer die individuelle Problematik berücksichtigenden Lösung.

Die Einrichtung einer Außenschutzverglasung bedeutet prophylaktische Sicherung der Glasgemälde ohne einen unmittelbaren Eingriff am Objekt selbst vorauszusetzen, d.h. sie stellt einen passiven Schutz dar. Durch die nunmehr über 25jährige und reichhaltige Praxis ist die grundsätzlich positive korrosionsverzögernde Schutzwirkung von Außenschutzverglasungen hinreichend erwiesen. Weiter sind durch diese langjährigen Erfahrungen auch die Vor- und Nachteile der verschiedenen Systeme bekannt; sie werden anschließend im einzelnen dargelegt.

Die grundsätzliche Befürwortung der Außenschutzverglasung beruht heute auf der Erkenntnis, daß das Luftpolster zwischen originaler und außen vorgesetzter Verglasung generell die Entstehung von Feuchtigkeit reduziert. Denn - und hier konnte die ständig fortschreitende Entwicklung der wissenschaftlichen Forschung die seit langer Zeit bestehende Erkenntnis nur bestätigen -: in der Hauptsache ist die Feuchtigkeit der auslösende Faktor für den Mechanismus der Glaskorrosion. Ohne Feuchte können auch noch so hohe Konzentrationen von Immissionen nicht wirksam werden.

Die älteste bekannte Außenschutzverglasung wurde 1861 am großen Westfenster und am 5-Schwesterfenster des Yorker Münsters (England) errichtet und zwar primär mit dem Ziel der besseren Wärmeisolierung; der zusätzliche Schutz der Glasgemälde vor der direkten Bewetterung wurde dankbar registriert¹⁸. Das Schicksal dieses - von der Presse mißtrauisch verfolgten - Pioniersystems ist gekennzeichnet von noch heute aktuellen Problemstellungen: die Einwände richteten sich gegen die unbefriedigende ästhetische Lösung - die nach außen vorgesetzten grünlichen großen Rohglas tafeln beeinträchtigen nicht nur das Relief der Außenwand, sondern verminderten vor allem auch die Farbigkeit und Leuchtkraft der Glasgemälde in der Durchsicht¹⁹. Bereits nach 45 Jahren waren die fest eingeputzten Scheiben unter dem Druck der Spannung allesamt bis auf eine zersprungen. Sie wurden 1907 durch eine rautenförmig unterteilte



11. Darmstadt, Hessisches Landesmuseum. Hl. Antonius, Rheinlande, um 1480. Zustand nach der letzten Restaurierung 1960.

Schutzverglasung aus "weißem" Glas ersetzt²⁰. Eine analytische Gegenüberstellung der nunmehr seit 114 Jahren geschützten Glasgemälde mit unter gleichen Umweltbedingungen ungeschützten Glasmalereien derselben Zeit und Herkunft steht noch aus²¹.

Seit 1897 sind die romanischen Glasgemälde der kleinen Kirche in Lindena (DDR) vor mechanischen Beschädigungen und Witterungseinflüssen geschützt²². Zwei Scheiben aus diesem Zyklus befinden sich seit 78 Jahren in der Sammlung des

Germanischen Nationalmuseums Nürnberg²³. Sie zeigen beim Vergleich mit den in situ verbliebenen Glasgemälden keine bemerkenswerten Unterschiede des Erhaltungszustandes; d.h. der Schutz durch eine Doppelverglasung kann einer musealen Unterbringung entsprechen.

Eine Vergleichsmöglichkeit für die schützende Wirkung der Außenverglasung bieten die, seit spätestens 1914 durch Vorfenster gesicherten Glasgemälde des Emporenfensters der Burgkapelle Kreuzenstein (Österreich)²⁴ durch die Gegenüber-

stellung mit den ungeschützten Chorfenstern der Kapelle, die bereits in einem erheblich weiter fortgeschrittenen Stadium der Korrosion begriffen sind²⁵.

Durch die kriegsbedingten Bergungsarbeiten und die oft damit verbundene Fotodokumentation wurde das Ausmaß der Verwitterungsschäden mit den absehbaren Konsequenzen einer rapide fortschreitenden Zerstörung zum ersten Mal allgemein bewußt. Daraus folgte die Notwendigkeit, die Möglichkeit einer Restaurierung durch prophylaktische Konservierungsmaßnahmen zu unterstützen. In der Schweiz begann man seit 1945 systematisch alle Kirchen, die mit einer Bleiverglasung ausgestattet waren, durch eine Doppelverglasung zu schützen²⁶. In der BRD und der DDR setzte diese Entwicklung - oft mit dem Wiederaufbau der Kirchen verbunden - ab 1952, bzw. 1955 ein²⁷. Und heute ist es fast schon eine Selbstverständlichkeit geworden, der Verwitterung der Glasgemälde - auch unabhängig von einer Restaurierung - durch die Installierung einer Schutzverglasung vorzubeugen.

Eine bewußte Erweiterung des Wirkungsbereiches über den unmittelbaren Schutz vor der direkten Bewitterung hinaus zum Schutz vor der indirekten, d.h. vor einem zu hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft erfuhr das System der Außenschutzverglasung jedoch erst, seitdem erkannt wurde - und dies ist hauptsächlich den Forschungen W. Geilmanns zu verdanken²⁸ -, daß sich die Schwefeldioxyde der Luft mit Feuchtigkeit zu schwefeligen Säuren verbinden, die das Glas progressiv zerstören²⁹. Nun sind es vor allem zwei Begleiterscheinungen der Zivilisation, welche die Entstehung von H_2SO_4 auf Glasgemälden fördern und damit deren Überlebenschancen akut bedrohen. Zum einen ist das die seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts mit der Industrialisierung ständig zunehmende Anreicherung der Luft mit Schadstoffen, hauptsächlich SO_2 , und zum anderen die Einrichtung von Heizanlagen in mittelalterlichen Kirchen, die in der Regel nicht dafür konzipiert wurden, d.h. es fehlen Wärmeisolierungen an Fußböden, Wänden, Decken und Fenstern. Jahrhundertlang war die relative Feuchte in den ungeheizten Kirchen nur geringen Schwankungen ausgesetzt, da die dicken Mauern als ausgleichender Feuchtigkeitsspeicher und als Klimapolster wirkten³⁰. Durch die Beheizung entsteht nun ein

Klimagefälle zwischen Innen und Außen, besonders bei rascher Aufheizung für die Gottesdienste, wobei die mit Feuchtigkeit angereicherte Luft an den schlecht isolierten Abkühlungsflächen - den Innenseiten der Fenster - Schwitzwasser ausscheidet³¹. An den feuchten Glasoberflächen bleiben Staub und Luftverunreinigungen haften, das Schwitzwasser reagiert mit den Schwefeldioxyden, die Zerstörung beginnt³². Schwarzlotbemalung und Glasoberflächen werden zersetzt, auf der zunehmend opaker werdenden Glasoberfläche bleibt die ehemalige Bemalung, die eine Zeitlang das Glas darunter geschützt hat, in Form einer Negativverwitterung kenntlich (Abb. 2).

Nur in den wenigsten Kirchen wird die ideale Möglichkeit einer automatischen Vollklimatisierung bestehen mit ganzjährig konstanten Temperatur- und Feuchtigkeitswerten, verbunden mit einer Anlage zur Reinigung der Luft³³.

In den meisten Fällen ergibt sich daher die Notwendigkeit, die Glasgemälde durch ein vom Raumklima unabhängiges Kleinklima zu schützen, wobei die Gleichmäßigkeit des Klimas sogar noch wichtiger ist, als der Prozentsatz der relativen Luftfeuchte³⁴. Das System der isothermalen Schutzverglasung - wenn auch im wesentlichen vom Raumklima abhängig - stellt doch immerhin einen ganz entscheidenden Schritt hin zur bewußten Klimatisierung der Glasgemälde dar. Das äußere Schutzglas, allseitig fest in dem alten Fensterfalz verbunden, fängt die Temperaturunterschiede auf; nunmehr stellt das Schutzglas die Abkühlungsfläche dar (bei kalter Außentemperatur - Schwitzwasser an der inneren Oberfläche, bei kalter Innentemperatur - Schwitzwasser an der äußeren Oberfläche). An den frei zum Innenraum vorgehängten Glasgemälden streicht die Luft des Innenraums vorbei, sie bleiben auf beiden Seiten trocken und frei von Schwitzwasser³⁵.

Experimentelle Versuche in situ und an Modellen, welche die automatische Steuerung des Klimas im Zwischenraum zum Ziel haben, werden zu einer technischen Weiterentwicklung des Schutzverglasungssystems führen. Auch in der Zukunft wird man in der Regel nicht auf die Einrichtung eines eigenen Kleinklimas für die Glasgemälde verzichten können, da sie infolge ihrer Materialbeschaffenheit einen niedrigeren Prozentsatz an relativer Luftfeuchtigkeit benötigen als die meisten anderen Kunstwerke der Kirche³⁶.

Das System der isothermalen Verglasung, bei dem das Schutzglas im alten Fensterfalz montiert wird, beeinträchtigt das Relief, die äußere Plastizität der Architektur nicht mehr. So bleibt nur noch der ästhetische Verlust des mittelalterlichen Bleirisses, der lebendigen Oberfläche der Glasrückseiten mit ihrer Verschiedenartigkeit der Glassorten und Verwitterungserscheinungen.

Es gibt viele unterschiedliche Möglichkeiten³⁷, den unangenehm glatten und fabrikmäßigen Eindruck der, überdies noch oft spiegelnden, modernen Scheiben zu mildern. Bei einer relativ großflächigen Rechteckteilung des Fensters (Abb. 6) kann durch die Wahl einer Glassorte mit unebener Oberfläche (Rohglas, Gußglas, Goetheglas) der glatte spiegelnde Effekt vermieden werden. Zudem werden Spiegelung und Glätte, die ja ohnehin in den meisten Fällen durch ein vorgespanntes Kupfergitter (Abb. 8) herabgemindert werden, erfahrungsgemäß nach wenigen Jahren durch einen dicken grauen Schmutzfilm gedämpft.

Je enghmaschiger das Netz der Bleifassung der einzelnen Scheiben ist, desto mehr entspricht der Gesamteindruck der traditionellen Vorstellung historischer Fenster. Neben einer kleinteiligen Rechteckfassung entsprechend bietet sich hier vor allem die der regionalen Überlieferung vorzunehmende Gliederung in Rauten oder Butzenform an (mundgeblasene Butzen verfügen über ein sehr lebendig wirkendes Oberflächenrelief). Eine weitere Möglichkeit, an die Oberflächenstruktur mittelalterlicher Glasgemälde zu erinnern, besteht darin, in der Schutzverglasung einen Bleiriß, der den Hauptkonturen des originalen Bleirisses entspricht, zu wiederholen (Abb. 4). Zu bedenken bleibt bei den letztgenannten Lösungen allerdings, daß jedes Bleinetz mit der Zeit porös wird, und je kleinteiliger es ist, um so höher wird der Prozentsatz undichter Stellen sein. Da es jedoch in diesem Fall allein auf die ästhetische Wirkung ankommt, kann durch optische Täuschung beinahe derselbe Eindruck erzielt werden, wenn man das Bleinetz der Hauptkonturen auf eine Ganzglasscheibe aufspannt (Pseudolösung, Regensburg, Dom).

* Maltechnik-Restaura, 88.Jg.1982, S.230-260

Anmerkungen

1 An dieser Stelle sei dem Herrn Bundesminister des Innern für die Erteilung eines archäometrischen Forschungsauftrages zur Erstellung eines "Schadensatlasses der BRD" in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Museum in München gedankt. Mein Dank gilt ferner der Stiftung des Volkswagenwerkes, dem Verein Deutscher Ingenieure VDI Düsseldorf und dem Kristallographischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich für die Erteilung und Durchführung eines Forschungsauftrages, der sich vorwiegend mit Grundlagenforschung und Prophylaxe beschäftigte.

2 Für die Anfertigung der Raster-Elektronen-Mikroskopaufnahmen und die Genehmigung zur Veröffentlichung der Aufnahmen danke ich Herrn Prof. Dr. Oehl vom Institut für Werkstoffwissenschaften III der Universität Erlangen-Nürnberg.

3 Beeh-Lustenberger, Glasmalerei um 800 bis 1900 im Hessischen Landesmuseum Darmstadt, Hanau 1973 Textteil, S. 160, Abbildungsteil 1967, Nr. 133/134, Abb. 18.

4 Dieser einleitende Teil wurde in gekürzter Form übernommen aus meinen eigenen Ausführungen und Beiträgen anderer Autoren in: G. Frenzel/E. Frodl-Kraft, Referat auf der Tagung: Corpus Vitrearum Medii Aevi, Erfurt 1962, in: Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege 17, 1963, S. 93-114; U.-D. Korn, Ursachen und Symptome des Zerfalls mittelalterlicher Glasmalereien, in: Deutsche Kunst und Denkmalpflege 29, 1971, S. 58-74; E. Frodl-Kraft, Konservierungsprobleme mittelalterlicher Glasmalereien, in: Annales du 5e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Liège 1972, S. 357-370; E. Frodl-Kraft, Untersuchungen und praktische Erfahrungen in der Konservierung mittelalterlicher Glasgemälde 1963-1972, in: Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege 27, 1973, S. 55-65; E. Bacher, Außenschutzverglasung, ebendort S. 66-68; G. Frenzel, Die letzten Zeugnisse mittelalterlicher Glasmalerei im Untergang, in: Proceedings of the third international Clean Air Congress 1973, S. 82-85; G. Frenzel, Glasgemälde restaurierung, in: Denkmalpflege in der Bundesrepublik Deutschland, München 1975, S. 106-109.

Ausstellungskatalog "Glasfenster aus dem Freiburger Münster, ihre Erhaltung und Sicherung", G. Frenzel: Restaurierung und Konservierung mittelalterlicher Glasmalereien, Prophylaktische Maßnahmen, Restauratorische Maßnahmen, Konservatorische Maßnahmen, S. 5ff. Augustinermuseum Freiburg, 1975.

Der Bundesminister des Innern, Sachverständigenanhörung über die medizinischen, biologischen und ökologischen Grundlagen zur Bestimmung schädlicher Luftverunreinigungen. G. Frenzel: S. 7ff., Berlin 1978.

5 Getestet wurden 360 mittelalterliche Glasproben unterschiedlichster Zeit, Herkunft und Provenienz. Gleichzeitig wurden weitgehend von allen Gläsern analytische Glasuntersuchungen angefertigt von der ETH in Zürich, dem Deutschen Museum in München und the Corning Museum of Glass, New York. Erst wenn diese Ergebnisse alle vorliegen, wird eine endgültige Auswertung möglich sein.

6 Hrsg. W. Theobald, Technik des Kunsthandwerkes im 10. Jh. des Theophilus Presbyter Diversarum Artium Schedula, Berlin 1933.

7 Wie die zitierten Beispiele zeigen, bringt eine Oberflächenvergütung auch bei mittelalterlichen Gläsern einen echten prophylaktischen Schutz. Tests in dieser Richtung wären wünschenswert, selbst wenn man dieses Beschichtungsverfahren in der

Restaurierungspraxis, das wohl nur für noch nicht korrodierte Scheiben in Betracht käme, in nächster Zukunft mit Sicherheit nicht anwenden wird, weil die Nebenwirkungen noch nicht erforscht sind, und es den ganz eindeutigen Nachteil der Irreversibilität besitzt.

Ein ähnliches Verfahren hat Schott für unbemalte Hohlgläser entwickelt und bei Gläsern des Mainzer Museums angewendet. Nachteil: die oft doch recht reizvolle Irritation der Gläser mußte chemisch entfernt werden.

8 Glasfenster aus dem Freiburger Münster, ihre Erhaltung und Sicherung, Augustinermuseum Freiburg, 1975, Abb. 5 und 6.

9 Beeh-Lustenberger, Glasmalerei um 800 bis 1900 im Hessischen Landesmuseum in Darmstadt, Abbildungsteil, Frankfurt a.M. 1967, Abb. 15-37.

10 Das Kaiserfenster in Nürnberg, St. Sebald, aus der Hirsvogelwerkstatt von 1514 kostete z.B. 200 Gulden, was damals etwa dem Werte eines Stadthauses entsprach.

11 Verwendung von ganz schmalen Bleien, kaum sichtbare Sprungbleie, Bleinasen bei Schlaglöchern u.a.m.

12 Hans Wentzel, Meisterwerke der Glasmalerei, Berlin 1954, S. 9ff.

13 Die meisten Originale gelangten in Privatbesitz und dann über Versteigerungen in die Sammlungen verschiedener in- und ausländischer Museen. Einzelteile wurden zu sogenannten Rahmen zusammengebleit und dann veräußert. Das Germ. Nat. Museum besitzt mehrere solcher Rahmen, darunter auch mit Einzelteilen aus der Liebfrauenkirche zu Nürnberg, die anlässlich einer "Restaurierung" entfernt wurden. Die Stücke (Köpfe, Gewandteile, Architekturen, Ornamente u.a.) sind völlig intakt und man fragt sich ehrlich, warum sie entfernt wurden. Auch J. W. von Goethe besaß eine ganze Reihe Nürnberger Scheiben, Wappen Nürnberger Patrizier, Handwerkerscheiben und auch romanische Fragmente, die eigentlich nur aus einer Verglasung der Doppelkapelle auf der Burg stammen können. (Abb. bei H. Wentzel, Meisterwerke der Glasmalerei, Berlin 1954, Textabb. 7-8 [heute Goethe-Haus Weimar]).

14 Derartige Experimente sind natürlich dem Original abträglich und heute bestehen viele Restaurierungen darin, die damals verursachten Restaurierungsschäden zu beseitigen.

15 R. Pfister, in: Deutsche Kunst und Denkmalpflege 1939, S. 66ff.

16 R. Jacobi, Ein neues Konservierungsverfahren zur Erhaltung alter Glasmalereien, in: Deutsche Kunst und Denkmalpflege 1952, H. 1, S. 50-52.

17 Nachfolgendes Beitrag zur historischen Situation der Außenschutzverglasung und die Zusammenstellung der einzelnen Orte erarbeitete meine frühere Mitarbeiterin Frau Dr. Ulrich-Fitz im Rahmen eines Forschungsauftrages des VDI. Ihr sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

18 R. Newton, P. Gibson: Schutzverglasungen (3.2), in: News Letter Nr. 13, 21.2.1975, S.9, Auszug aus der Yorkshire Gazette vom 29.6.1861: "Der Dekan und der Kapitelvorstand ordnete jedoch an, die Außenseite des 5-Schwester-Fensters im nördlichen Querschiff mit Glastafeln zu versehen, um dem Eindringen der vielen kalten Zugluft durch diese große Glasfläche vorzubeugen; diese Vorrichtung würde auch zusätzlich den Vorteil haben, das schöne Buntglas zu schützen, welches bei den schweren Nordstürmen in Gefahr schwebt, beträchtliche Schäden zu erleiden."

19 R. Newton, P. Gibson: vgl. A. 1, S. 9. In einem Brief vom 17.7.1862 an den Herausgeber des York Herald beklagt sich ein Leser, daß die Schutzverglasung "die Tiefe der Gewändeprofile und die Fülle der Effekte nicht mehr zur Geltung kommen" lasse. S. 10, 11. Bericht zur Restaurierung des Yorker Münsters vom August 1907: "Es ist nahezu fast unmöglich, hier die Wirkung zu übertreiben, die jetzt auf dem alten Glas hervorgerufen wird. Dieses strahlt nunmehr einen Glanz aus, und zeigt eine Feinheit und Schönheit, die durch das vorher vorhandene äußere Deckglas getrübt und fast ausgelöscht worden war."

20 R. Newton, P. Gibson: vgl. A. 1, S. 10. Auszug aus dem 9. Bericht zur Restaurierung des Yorker Münsters vom Juni 1906: "Das Rohglas (wird) jetzt durch eine durchgehende Schicht von rhombenförmig gefaßtem Kronenglas ersetzt, ähnlich in der Ausführung wie am Domkapitelhaus."

21 R. Newton: Schutzverglasung (3) in: News Letter Nr. 11, 1.11.1974, S. 8f., Abb. 2, 3.

22 R. Newton: Schutzverglasung (3.4), in: News Letter Nr. 7, S. 8, Abb. 1-4. 1897 wurden die romanischen Glasgemälde in der Werkstatt von Dr. H. Oidtmann in Linnich restauriert und erhielten die Schutzverglasung. Der Holzrahmen wurde im Abstand von 6 bis 8 cm vor den Originalen angebracht. Die Glasgemälde benötigten seit 1897 keine Wartung, obwohl das Blei etwas nachgegeben hat und die Scheiben sich bauchen; doch Glas und Schwarzlot sind in sehr gutem Zustand.

23 Germanisches Nationalmuseum Nürnberg, Mm 14, Vorbehalte von Dr. Maucher.

24 E. Frodl-Kraft: Bemerkungen zu Verwitterungsformen und Konservierungsmaßnahmen an mittelalterlicher Glasmalereien, in: Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege, Bd. 28, 1974, Heft 4, S. 200-209, S. 207: "Die südliche Empore der Burgkapelle von Kreuzenstein ist spätestens seit 1914 mit fix montierten normalen Fensterscheiben verschlossen, die mittelalterlichen Glasgemälde dieses Emporenfensters sind dagegen um einige Zentimeter nach innen versetzt und als bewegliche, beidseits in die Wand versenkbare Schiebefenster

gearbeitet. Wenn sie, herausgezogen, in der Mitte zusammenstoßen, ist allerdings die Lüftung des Zwischenraums zur Außenverglasung unterbunden. Höchstwahrscheinlich sind jedoch die Glasgemälde zu keiner Zeit ununterbrochen aus der Wand herausgezogen und damit der Aufheizung ausgesetzt gewesen. Dennoch haben sie... infolge der wärmebedingten Ausdehnung des Bleis eine so starke Durchbiegung erfahren, daß sie sich aus den Rahmen gelöst und den Zusammenhalt der einzelnen Glasstücke eingebüßt haben."

25 E. Frodl-Kraft: vgl. A. 7, S. 208: Die Chorfenster der Burgkapelle, "seit ihrem Einbau ohne Schutz der Witterung ausgesetzt (1902), haben tatsächlich viel stärker gelitten".

26 An sich dient diese Doppelverglasung primär der Wärmeisolierung, die in der Schweiz, wie auch in manchen Gegenden Deutschlands (Schwarzwald) generell vor jeder Bleiverglasung angebracht wird, egal, ob das Glas bemalt ist oder unbemalt (vgl. z.B. Maria Birnbaum).

27 Z.B. St. Lorenz oder St. Sebald, Nürnberg; Frauenkirche München. Vgl. H. Merten: Die Glasmalereien der Münchner Frauenkirche.

28 W. Geilmann: Beiträge zur Kenntnis alter Gläser, 7 Folgen, in: Glastechnische Berichte, 26 (1953)- 35(1962), Frankfurt/Main; hier besonders: V. Die Verwitterungsprodukte auf Fensterscheiben, 33 (1960), S. 214-219.

29 Die material- und altersbedingte hydrolytische Zersetzung des Glases bietet günstige Voraussetzungen für den Angriff durch Schwefelverbindungen (H_2SO_4 , SO_2 , H_2S), die von der rauhen und meist feuchten Oberfläche der Verwitterungsschicht absorbiert und dort zu H_2SO_4 oxydiert werden.

30 Da die Innenseite der Fenster meistens wärmer und damit trockener als die Außenseite war, bei Sonnenbestrahlung wärmer als die Luft des Innenraums, waren die Voraussetzungen für eine rasch fortschreitende Korrosion der Glasoberflächen meist nur für die in der Regel weniger ausführlich bemalten Glasrückseiten gegeben.

31 Die relative Luftfeuchtigkeit bezeichnet den Prozentsatz, in dem die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist. Die Aufnahmefähigkeit der Luft ist begrenzt, sie nimmt mit steigender Temperatur zu. Bei einem Absinken der Temperatur wird die Aufnahmefähigkeit der Luft unterschritten und Wasser (Schwitzwasser) abgegeben.

Die Luft des Kirchenraumes ist feuchtigkeitsangereichert durch den Kontakt mit der feuchten Außenluft (Türen, Fenster, undichte Stellen), durch mangelhafte Isolierung des Bodens, der Wände etc., durch die Kirchenbesucher (der sitzende Mensch gibt durch Atmung und Hautverdunstung stündlich 40 g Wasser vor sich) und durch die feuchte Kleidung der Kirchgänger.

32 Im Mai 1975 wurde eine Scheibe der Berner Schutzverglasung von 1945 entfernt, um den Zustand der Gläser zu kontrollieren. Es zeigte sich, daß die innere Seite der Schutzverglasung von einem Schmutzfilm überzogen war, während die Rückseite der Glasgemälde erstaunlich sauber und unverwittert war. Vgl. R. Newton: News Letter Nr. 15, 23.6.1975, S. 7.

33 Z. B. werden im Lübecker Dom die Klimaverhältnisse das ganze Jahr über konstant gehalten (15 Grad), um die Triumphkreuzgruppe von Bernd Notke zu schützen. Eine elektronisch gesteuerte Luftbefeuchtung ist in Planung.

34 Die Schwankungen des Feuchtegehalts sind geringer bei niedrigen Temperaturen als bei hohen, weshalb in Kirchen an sich nur mäßig geheizt werden sollte.

35 Vgl. Kirchenheizung, Bericht über das Ergebnis der Jahrestagung der Diözesanbaumeister und Baureferenten vom 24.5. bis 27.5.1972 in Mainz, in: Das Münster, 25/4, 26/1-2 (1973) München, S. 1-25. Hier besonders: K. Schmidt-Thomsen: Denkmalpflege und Kirchenheizung, S. 16-23.

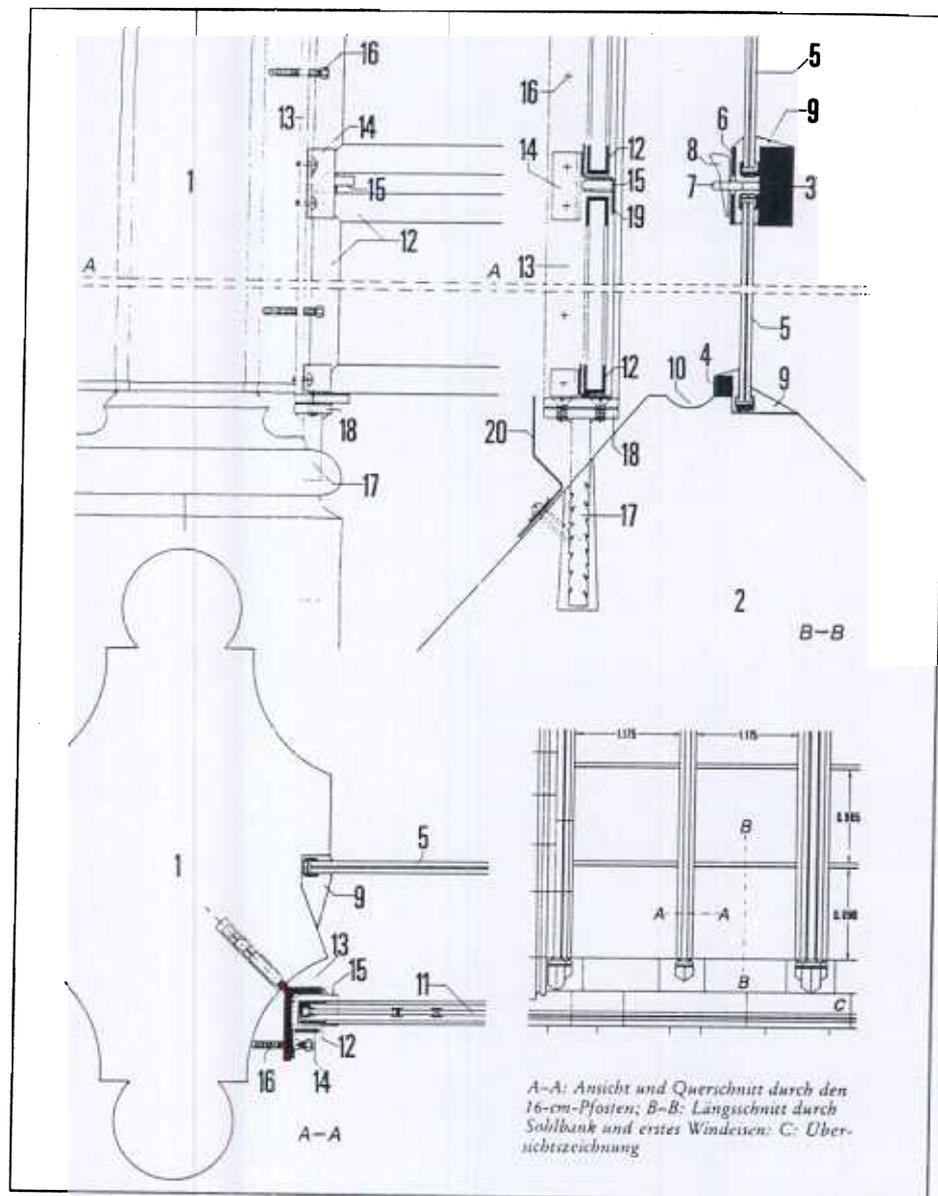
36 R. Newton führte in Sheffield an einem Modell Versuche mit variablen Abständen zwischen Glasgemälde und isothermaler Verglasung aus, bei geheizten und ungeheizten Gebäuden. Die Menge der Luft, die den Zwischenraum passiert, bleibt konstant, lediglich die Strömungsgeschwindigkeit nimmt mit geringerem Abstand zu. Die Temperatur der vorgehängten Glasgemälde ist im ungeheizten Gebäude um 3 bis 4 Grad höher als die der Schutzverglasung, in einem geheizten Gebäude nehmen sie den Wert der Lufttemperatur an.

37 Isothermale Verglasung:

1945 Bern (Schweiz), Münster, 4 Chorfenster

1947 Bern (Schweiz), Münster, einige Fenster im Schiff

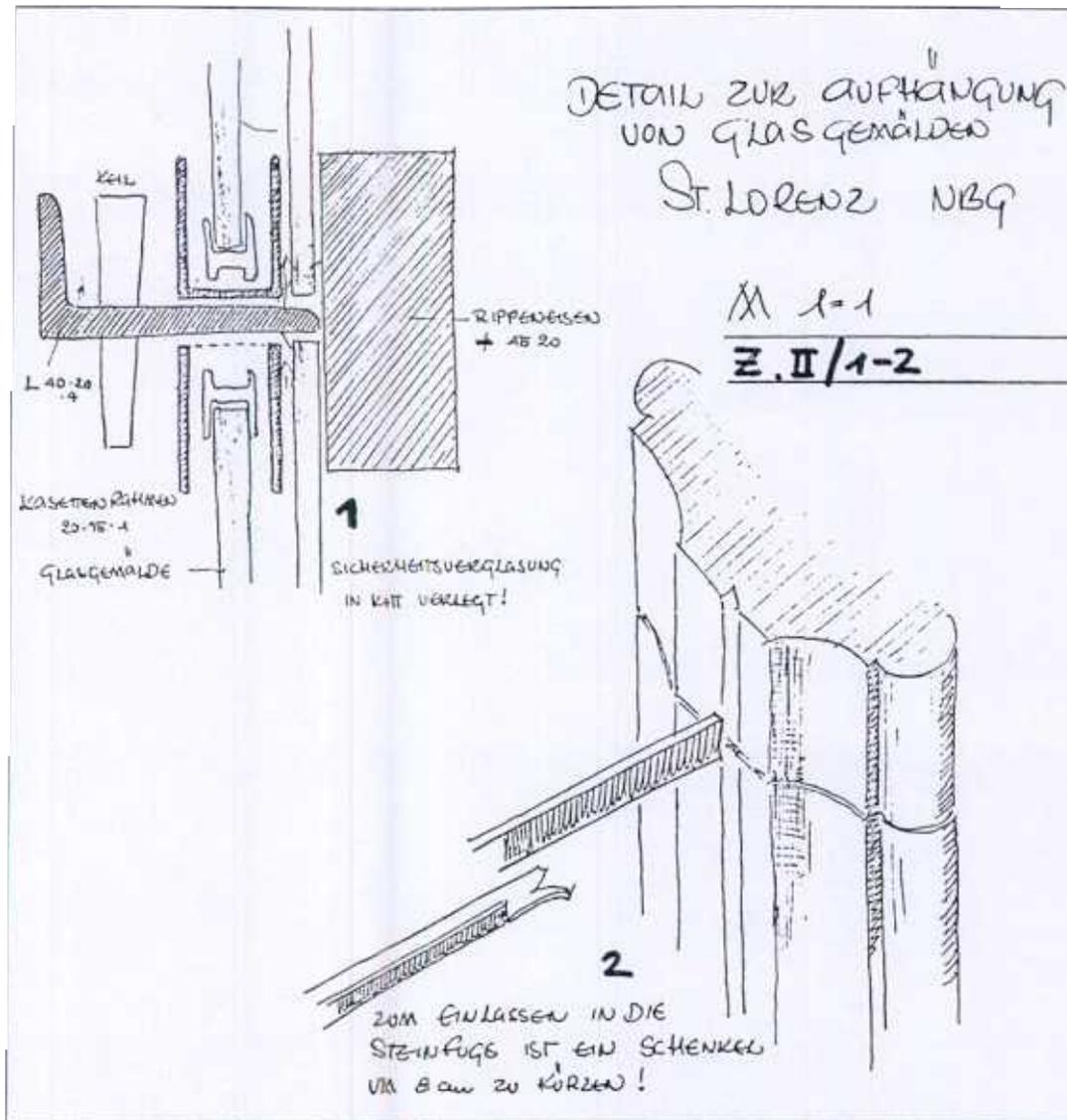
1952	Nürnberg (BRD), St. Lorenz	Frontenhausen (BRD)	1973
1953	München (BRD), Frauenkirche	Hauptolding (BRD)	1971
1954-56	Nürnberg (BRD), St. Sebald	Hausbach (BRD)	1971
1957 (58?)	Stendal (DDR), Dom	Herzogenbuchsee (Schweiz)	1970
1958	Salzwedel (DDR), Marienkirche	Hilterfingen (Schweiz)	1973/74
1958 (60?)	Neukloster (DDR), Zisterzienserkirche	Hochkirchen (BRD)	1971
1960	Halberstadt (DDR), Dom	Hofkirchen (BRD)	1971
1960	Havelberg (DDR), Dom	Jegenstorf (Schweiz)	1966
1960	Merseburg (DDR), Dom	Kriestorf (BRD)	1971
1961	Hersbruck (BRD), ev. Pfarrkirche	Kühbach (BRD)	1971
1965	Naumburg (DDR), Dom	Lauperswil (Schweiz)	1967
1965	Schwerin (DDR), Dom	Loewenburg (Schweiz)	1965
1965	Erfurt (DDR), Barfüßerkirche	Moos (BRD)	1971
1965	Stolzenfels (BRD), Burg	Moosfürth (BRD)	1971
1965	Kirchherten (BRD)	Neuhofen (BRD)	1971
1966	Rothenburg (BRD), St. Jakob	Niederbachem (BRD)	1968
1966	Suß Neuburg (BRD), Abtei Ziegelhausen	Niedermotzing (BRD)	1974
1966	Legden (BRD), Pfarrkirche	Ortenburg (BRD)	1973
1966	Gemen (BRD), ev. Kirche	Pötmess (BRD)	1973
1966/67	Bottenbroich (BRD), St. Maria Himmelfahrt	Postmünster (BRD)	1973
1967	Nürnberg (BRD), St. Martha	Ratmannsdorf (BRD)	1971
1967	Eichstädt (BRD), Dom, Mortuarium	Reicheneibach (BRD)	1973
1967	Bödingen (BRD)	Ruppichterth (BRD)	1971
1968	Breitenfelde (BRD), Christusfenster	Sieverstedt (BRD)	1974
1968	Süchteln (BRD), ev. Kirche	Sumiswald (Schweiz)	1974
1968	Wienhausen (BRD), Klosterkirche	Schwabach (BRD)	1974
1969	Puschendorf (BRD), Dorfkirche	St. Anna (BRD)	1971
1969	Nürnberg (BRD), St. Lorenz	Waltendorf (BRD)	1971
1969	Lorch (Österreich), Filialkirche St. Laurentz	Warwick (England)	1975
1969	Leoben (Österreich), Waasenkirche	Wolfakirchen (BRD)	1973
1970	Kalchreuth (BRD), ev. Kirche	Wörnstorf (BRD)	1971
1970	Münnerstadt (BRD), St. Magdalena	Glasgemälde nach innen versetzt, Schutzverglasung im originalen Fensterfalz, Zwischenraum unbelüftet:	
1970/71	Biel (Schweiz), Stadtkirche	Beerbach (BRD)	1951
1971	Ast (BRD), Kuratie-Kirche	Lindena (DDR)	1897
1971	Gernsbach (BRD)	Schutzverglasung außen vorgesetzt, Glasgemälde im originalen Falz, nach innen belüftet:	
1971	Grongörgen (BRD), St. Gregor d. Gr.	Altenberg (BRD)	1970
1971	Jenkofen (BRD), Maria Himmelfahrt	Helmstedt (BRD)	1971
1971	Nürnberg (BRD), St. Johannis	Soest (BRD)	1969
1971/72	Bern (Schweiz), Münster, restliche Fenster	Schutzverglasung außen vorgesetzt, Glasgemälde im originalen Falz, nach außen belüftet:	
1971/72	Graz (Österreich), Leechkirche	Königsfelden (Schweiz)	z. Z. in Arbeit
1971-78(?)	Freiburg (BRD), Münster	Isothermale Schutzverglasung mit Filter:	
1972	Ehrenstein (BRD)	Henfenfeld (BRD)	1967
1972	Ipshofen (BRD), St. Veit	Herford (BRD)	1968
1973	Attenhofen (BRD), kath. Pfarrkirche	Blutenburg (BRD)	1970
1973	Landau (BRD), Hl.-Kreuz-Kirche	Markt Erlbach (BRD)	1972
1973	Landshut (BRD), Hl.-Geist-Kirche, Kath. Kap.	Bad Tölz (BRD)	1975
1973-78 (?)	Ulm (BRD), Münster	Lüneburg (BRD)	1975
1974	Ansbach (BRD), St. Gumpertus, Schwanenritterkapelle	Ingolstadt (BRD)	1970
1974	Maria Straßengel (Österreich), Wallfahrtskirche		
1974	St. Michael (Österreich), Walpurgiskapelle		
1974	Wien (Österreich), Maria am Gestade		
1974/75	Straubing (BRD), St. Jakob		
1980	Friesach (Österreich)		
1981	Tamswege (Österreich)		
1981	Viktring (Österreich)		
1981	Kalchreuth (BRD)		
1981	Kirchensittenbach (BRD)		
1981	Großgründlach (BRD)		
1981	Nürnberg (BRD), St. Lorenz n. Lgh.		
Zum Innenraum vorgehängte Einzelscheiben:			
	Aarwangen (Schweiz)		1967
	Aeschi (Schweiz)		1966
	Aunham (BRD)		1971
	Aunkirchen (BRD)		1973
	Bergham (BRD)		1971
	Biglen (Schweiz)		1968
	Blumdorf (BRD)		1971
	Bogenberg (BRD)		1971
	Burgdorf (Schweiz)		1969
	Dietenhofen (BRD)		1974
	Dingolfing (BRD)		1971
	Eholting (BRD)		1971
	Ering (BRD)		1973



Außenschutzverglasung am Kölner Dom, ausgeführt für das Bayernfenster "Kreuzabnahme": (A 5-6.. Entwicklung: H. Kusche und A. Wolff, 1976

Legende Außenschutzverglasung: 1. Schwacher Steinpfosten, 16 x 33,4 cm; 2. Sohlbank; 3. Windeisen 18 x 40 mm; 4. V2A-Anschlag 10 x 10 mm; 5. Verbundglasscheibe 6 mm mit dreifacher Methacrylatfolie, eingefasst mit Bleiruten zum Schutz der Silicon-Kantenversiegelung; -6. V2A-Deckschiene 2 x 40 mm, gehalten durch 7. Öse und 8. Kupfersplint; 9. Dauerelastischer Duralin-Kitt; 10. Schwitzwasserrinne
 Legende Glasgemäldemontage: 11. Glasgemälde (nicht dargestellt in B-B), mit verzinnnten Blechprofilen eingefasst; 12. U-Profil aus Messing 2 x 12 x 15 mm, um jedes einzelne Feld; 13. V2A-Winkel 40 x 20 x 4 mm, in voller Fensterhöhe (9 m) durchlaufend; 14. Deckplatte, V2A-Winkel 2 x 15 x 15 mm, 35 (bzw. 15)

mm lang, mit 2 Ruko-Schrauben V2A an Nr. 13 befestigt; 15. Steg, V2A 5 x 16 x 25 mm, in Nr. 13 eingeschweißt; 16. V2A-Stellschraube 4 mm, alle 2 m, zum Ausrichten des Winkels Nr. 13; 17. Stützanker für Nr. 13, V2A, 10 x 10 mm, 10 cm lang, in die Werksteinsohlbank eingebaut; darauf angeschweißt; 18. Kopfplatte 5 x 20 x 40 mm, zum Befestigen der Fußplatte des Winkels Nr. 13 mit 2 Flako-Schrauben V2A; 19. Blende aus 2 mm V2A-Blech gebogen, schwarz lackiert (nicht dargestellt in A-A); 20. Fußblende aus 2 mm V2A-Blech; das dahinterliegende unterste U-Profil hat zur sicheren Belüftung des Raumes zwischen Außenverglasung und Glasgemälde ringsum 18 mm Luft



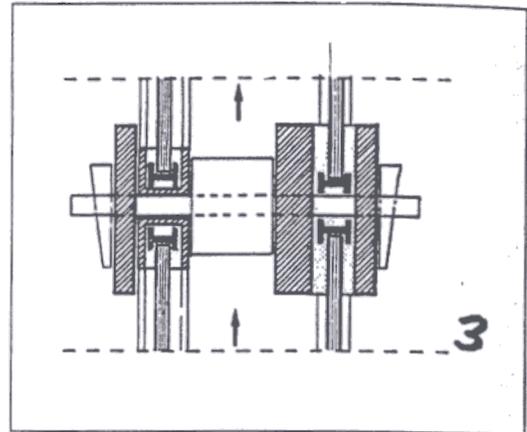
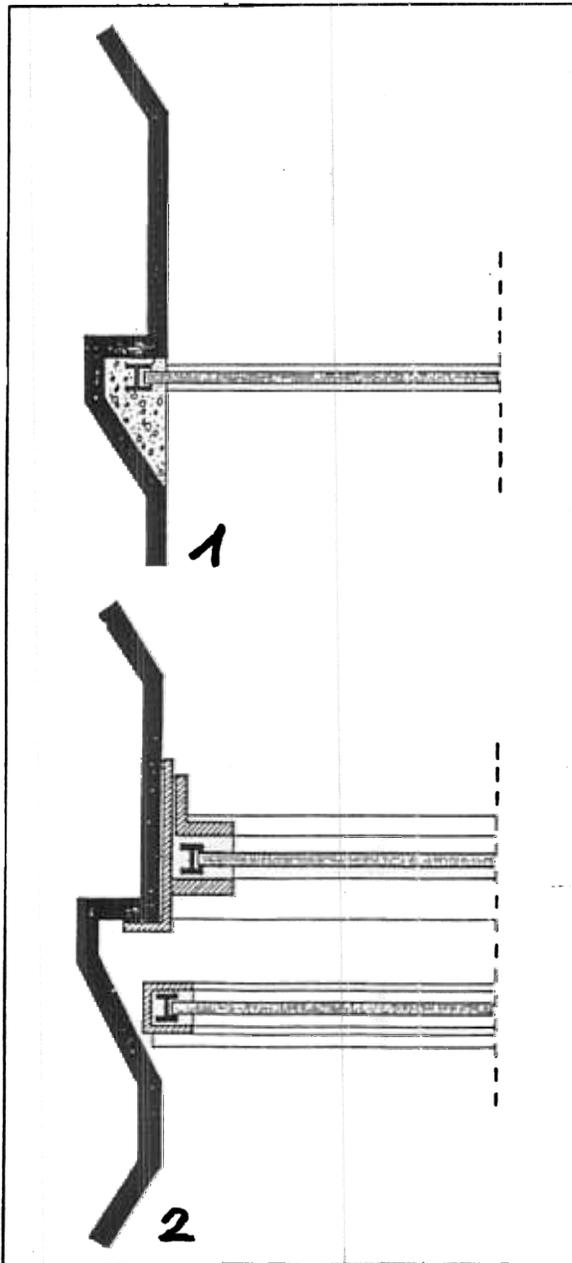
Z. II/1-2

Die St. Lorenzkirche zu Nürnberg zählt zu den ganz wenigen Beispielen, wo eine Schutzverglasung gleich beim Wiederaufbau in den 50er Jahren durchgeführt wurde. Da die - vielfach nur 6 cm starken - Sandsteinrippen ohnehin ergänzt werden mußten, entfernte man die normalen Flachbandquereisen und zog statt dessen ein L-Winkelprofil ein. In den inneren alten Falz wurde als Außenschutzverglasung eine Sicherheitsverbundglasscheibe eingebracht. Die Originale wurden zwecks Stabilisierung mit Eisenkassetten versehen und stehen unmittelbar vor der Schutzverglasung auf dem Winkelprofil. Ein Keilverschluß verhindert das Herausfallen am oberen Rand der Scheibe. Deckschienen sind überflüssig, da die Kassetten haargenau eingepaßt sind und es keine Sichtschlitze gibt. Die Maßwerkteile sind gedübelt.

Im Zuge der späteren Restaurierung der Fenster wurden alle Eisenkassetten wegen zu starker Rostbild-

ung entfernt und durch stabile Messingrahmen ersetzt. Vorteile: Hohe Stabilität. Schutz gegen Außenbewitterung und mechanische Beschädigung. Thermisch und akustisch positiv.

Nachteile: Die Originale liegen zu dicht an der Außenschutzscheibe. Das Winkelprofil verhindert jegliche Luftzirkulation (bei der Abnahme der Originalscheiben zeichnet sich der Bleiß durch Staubablagerungen auf der Schutzverglasung ab, ein sicheres Zeichen dafür, daß keine Luftumwälzung stattfindet). Bei hohen Außentemperaturen kommt es zu Hitzestaus, die sowohl dem Original, wie der Schutzscheibe schaden und Hitzesprünge bewirken. Im Laufe der letzten 20 Jahre mußten 2/3 der Sicherheitsglasscheiben ausgewechselt werden, weil jeweils die innere Verbundglasscheibe kurvenförmig zerrissen war (Hitzesprünge!).



Z. IV/1-3

Das hier abgebildete System einer isothermalen Außenschutzverglasung ist das umfangreichste und aufwendigste Projekt der Bundesrepublik. Es betrifft die größte mittelalterliche Verglasung, das Nordfenster des Querhauses im Dom zu Altenberg.

Idee und Konstruktion stammen von der rheinländischen Firma Dr. H. Oidtmann. Linnich.

Die Originale sind von innen eingesetzt und mit Kalknörtel eingeputzt. Unten stehen sie auf durchgezogene massive Quereisen auf, an denen Nocken mit einem Halterungsschlitz für den Keilverschluß angebracht sind. Eine von innen aufgebrachte Deckschiene dient zur Verhinderung von Sichtschlit-

zen. Es handelt sich also um ein im Mittelalter völlig übliches und normales System der Befestigung von Glasmalereien (vgl. Z. VI/1).

Um nun eine isothermale (vom Innenraum her belüftete = quasimuseal) Schutzverglasung für die Originale zu schaffen, wäre es eigentlich nur notwendig gewesen, die Nocken durch Anschweißen zu verlängern, um den wünschenswerten Abstand von ca. 3-5 cm zwischen Außenschutzverglasung und Original (durchgehendes Luftpolster mit Kaminwirkung) zu erzielen (vgl. Z. VI/2-3).

Statische Berechnungen haben aber ergeben, daß eine Verlagerung der Originale nach innen angesichts der beträchtlichen Größe des Fensters (Kippmoment bei den Quereisen) nicht möglich sei und so mußte nach einer anderen statisch vertretbaren Lösung gesucht werden.

Die Originale wurden mit einem Abstandhalter ganz leicht nach innen gerückt (Z. IV/2-3) und mittels Deckschiene und Keilverschluß befestigt.

Die Außenschutzverglasung wurde von außen angebracht, wodurch eine gleichmäßige Gewichtsverteilung an den Quereisen erzielt wurde. Nachdem aber für die Außenschutzverglasung kein Anschlag vorhanden war, mußte dieser neu geschaffen werden durch Anschweißen von zusätzlichen Eisenstäben mit verschraubten L-Winkelschienen und entsprechender Auskittung.

Bei den Originalen wurde an der unteren Fensterbank ein Luftschlitz für den Eintritt der Luft und bei den oberen Nonnen (leicht abgewinkelt) ein weiterer Luftschlitz zum Austritt der Luft geschaffen.

Vorteile: Keine Außenbewetterung. Thermisch und akustisch positiv. Obwohl die Schutzverglasung von außen her aufgebracht ist, werden die Originale quasimuseal von dem beheizten Innenraum belüftet und es kommt zu keiner Schwitzwasserbildung. Um die Außenfassade ästhetisch nicht negativ zu beeinflussen,

Originalen folgt. Die Lösung ist von Idee und Ausführung her mustergültig und beispielhaft für alle ähnlich gelagerten Fälle.

Nachteile: Die absolut wirklich dichte Auskittung von außen her ist fragwürdig, wenn die gute Erhaltung des Steinwerks der Leibungen und der Rippen nicht mehr gewährleistet ist. Die Kosten einer solch aufwendigen Schutzverglasung sind entsprechend hoch, halten sich aber bei einer rein ornamentalen Verglasung in Grenzen. Schwieriger wird es bei figürlichen Fenstern, wo der Bleiriß der Außenschutzverglasung dem Original entsprechend nachgebildet wird (Hannover, Marktkirche; Musterfelder Regensburg, Dom, u.a.). Handwerklich gut und qualifiziert ausgeführte Bleiverglasungen halten über ein Jahrhundert absolut dicht. Ein Nachteil gegenüber Ganzglasscheiben ist nicht zu erkennen. Nachträglich auf Ganzglasscheiben aufgebraute Bleisprossenteilungen (Regensburg, Dom) bewirken eigentlich nur einen Pseudoeffekt, der aus kunsthistorischer und denkmalpflegerischer Sicht abzulehnen ist.

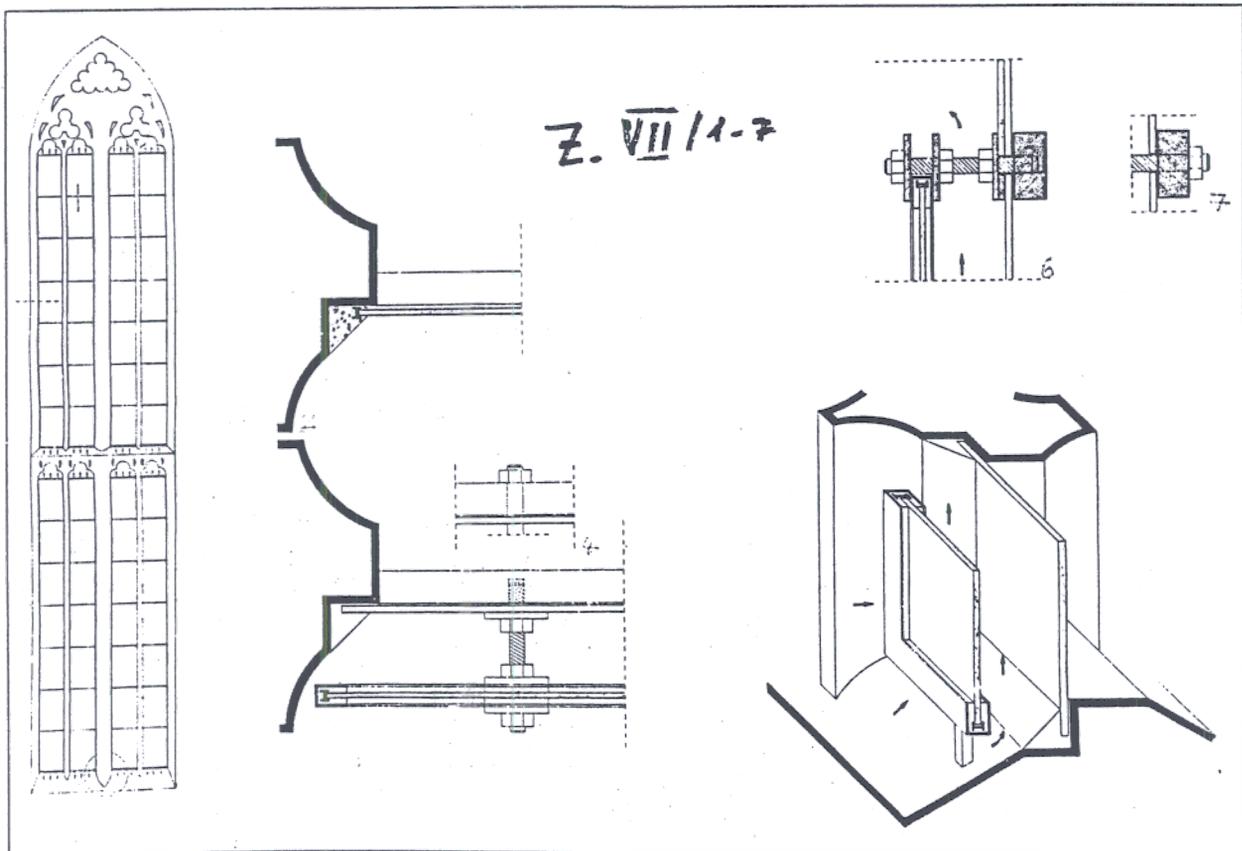
Z. VII/1-7

Eine mustergültige Außenschutzverglasungsform aus dem Münster zu Ulm. Die Originale sind von innen in den Falz eingesetzt und mit Kalkmörtel eingeputzt. Sie standen auf Nocken an den Quereisen auf, Deckschienen, Halterung durch Keile.

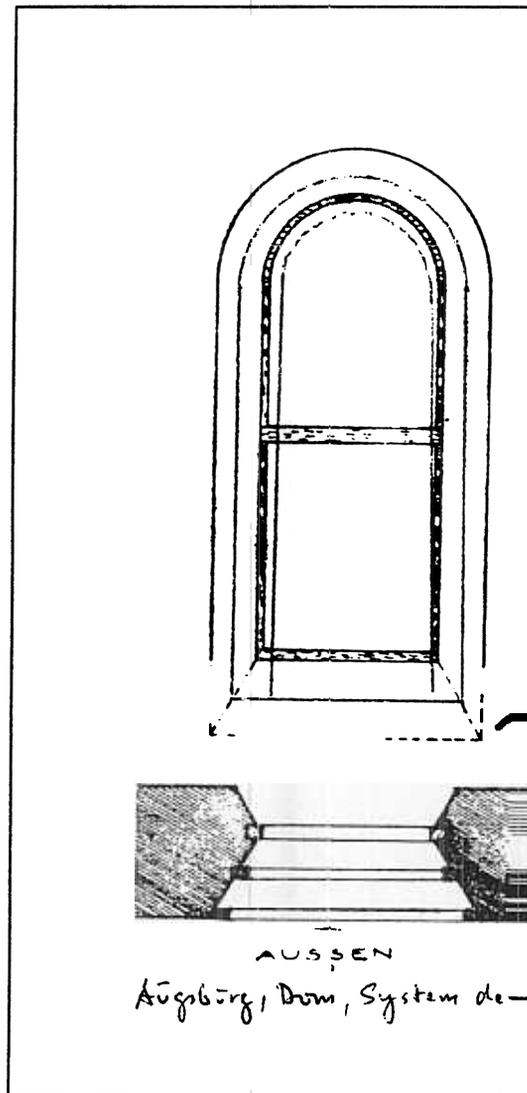
Im Zuge der Anbringung der Schutzverglasung wurde in den alten Falz Rohglas eingebracht (geringe Spiegelung!). Auf die alte Halterung wurde verzichtet; stattdessen wurden Bohrungen in den alten Quereisen angebracht und mittels Schloßschrauben, die gleichzeitig den Vorteil einer soliden Abstandshalterung schufen, eine neue Montage der Originale besorgt. Die isothermale Belüftung erfolgt durch den Innenraum. Die abgesenkten Fensterbänke bieten sich dazu förmlich an (Z. VII/5). Die Originale stehen auf Stützfüßen.

Vorteile: Eine sehr solide, einfache und mustergültig durchdachte Konstruktion. Keine Außenbewetterung. Thermisch und akustisch positiv. Isothermale Innenbelüftung. Die Originale sind sehr stabil installiert. Ein zusätzliches Verschweißen der Verschraubungen würde weitere Vorteile gegen die Diebstahlgefahr erbringen.

Nachteile: Keine; es bestehen lediglich ästhetische Bedenken von der Außenansicht her. Eine Bleiverglasung in "Goetheglas" mit wiederholtem Bleiriß wäre



überzeugender - aber leider auch teurer. Die prophylaktische Sicherung in Chor und Langhaus ist ausreichend. Primär wichtig wäre aber eine entsprechende Sicherung der Fenster in der Bessererkapelle, weil diese - kriegsbedingt zerstört - restauratorisch mit Hilfe von verschiedenen Kunststoffen wieder zusammengefügt - dringend eine Außenschutzverglasung mit UV-Schutz benötigen.



Z. LV1-3

Der älteste Glasgemäldezyklus der Welt, die Augsburger Prophetenfenster in den südlichen Obergaden des Augsburger Domes (Abb. 7) waren bis in die 70er Jahre unseres Jahrhunderts völlig ungeschützt der Außenbewitterung ausgesetzt. Anlässlich ihrer Restaurierung bei uns 1970-1971 machte man sich Gedanken, sie an ein Museum abzugeben, ein Gedanke, den die Museumsleitung gern aufgriffen, der Eigentümer unternahm aber all-

verglasung nach außen geschützt, die im alten Falz sitzt, einen zusätzlichen UV-Schutz hat und von außen her zu öffnen ist (die Originale sitzen unmittelbar über dem Seitenschiffdach und sind jederzeit begehbar!). Ständige Kontrollen sind also leicht möglich. Die Raumfeuchte im Dom beträgt konstant bei ca. 14 Grad 60%, die Prophetenfenster werden durch eine zusätzlich angebrachte Heizung etwas niedriger gehalten, um die Feuchte auf ca. 50% zu halten.

Vorteile: Eine beispielhafte, wenn auch nicht ganz billige Sicherung. Nachdem die Fenster von außen her kaum eingesehen werden können, stört die Außenschutzverglasung in Thermopane-Ganzglas-scheiben nicht.

Nachteile: Staubanziehung innerhalb des Luftpolsters; aber leicht zu beheben, da die Originale unter ständiger Kontrolle stehen und leicht begehbar sind.

Die Querschnittzeichnungen wurden im Auftrage von VDI und Stiftung Volkswagenwerk gefertigt von Arch. H. Jurck, Nürnberg; Zeichnung Z. II Architekturbüro Steuerlein-Stolz, Nürnberg; Zeichnung Z. IX. Arch. Spengler, Mainz.

Die Vorlagen zu den Konstruktionszeichnungen stammen von den Architekten und Bauämtern der jeweils zitierten Kirchen, wofür generell herzlich gedankt sei. Gleiches gilt auch für die Fa. Dr. H. Oidtmann für die Bereitstellung umfangreichen Unterlagenmaterials und umfassende Auskünfte.

Summary

Problems in the Restoration, Conservation and Preservation of Medieval Stained Glass

This article explains the causes and gives a step by step account of the deterioration process in medieval stained glass. In addition it discusses the different possible restoration, conservation and precautionary measures for preserving this precious art. As at first the precautionary measures are most crucial, special emphasis is placed on them by means of numerous workshop drawings and a detailed catalogue of preserved objects, which are also critically reviewed.