Glass in Architecture
from the Pre- to
the Post-industrial Era

ARTS DU VERRE
Nouvelles recherches du Vitrocentre Romont

GLASS ART
New research by Vitrocentre Romont

GLASKUNST
Neue Forschungen des Vitrocentre Romont

Sophie Wolf, Laura Hindelang, Francine Giese, Anne Krauter (eds.)

Volume 2

VITROCENTRE ROMONT

Glass in Architecture

from the Pre- to the Post-industrial Era

—

Production, Use and Conservation

Sophie Wolf,
Laura Hindelang,
Francine Giese,
Anne Krauter
(eds.)

DE GRUYTER

The print and open access publication of this edited volume has been published with the support of the Vitrocentre Romont; the University of Bern, Institute of Art History; the publication fonds of the Bern Academy of the Arts (Hochschule der Künste Bern, HKB); the Bern University of Applied Sciences (Berner Fachhochschule BFH), School of Architecture, Wood and Civil Engineering (MAS Denkmalpflege & Umnutzung), and the Bernische Denkmalpflegestiftung.

VITROCENTRE ROMONT
CENTRE SUISSE DE RECHERCHE
SUR LE VITRAIL ET LES ARTS DU VERRE
SCHWEIZERISCHES FORSCHUNGSZENTRUM
FÜR GLASMALEREI UND GLASKUNST
SWISS RESEARCH CENTRE
FOR STAINED GLASS AND GLASS ART

UNIVERSITÄT BERN

Hochschule der Künste Bern
Haute école des arts de Berne
Bern Academy of the Arts

Berner Fachhochschule
Haute école spécialisée bernoise
Bern University of Applied Sciences

ISBN 978-3-11-079340-6
e-ISBN (PDF) 978-3-11-079346-8

DOI https://doi.org/10.1515/9783110793468

ISSN 2748-937X

This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License.
For details go to https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/.

Library of Congress Control Number: 2024900118

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available on the internet at http://dnb.dnb.de.

© 2024 Sophie Wolf, Laura Hindelang, Francine Giese, Anne Krauter,
published by Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston. This book is published with open access at www.degruyter.com.

Cover image: Detail from manufacture of drawn glass at Erie-Electroverre, Romont, second quarter of the 20th century, gelatine silver print, 158×178 mm, EVR 22_40_1. © Patrimoine Glâne, photo: Gaston de Jongh, Lausanne.
Cover & Layout, Typesetting: Jan Hawemann, Berlin
Printing and binding: Beltz Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

www.degruyter.com

CONTENTS

INTRODUCTION
THE PRODUCTION AND USE OF GLASS IN ARCHITECTURE:
A BRIEF HISTORY 9
Sophie Wolf and Laura Hindelang

PART 1
SHEET GLASS PRODUCTION FROM PRE-INDUSTRIAL TIMES TO THE PRESENT DAY

1 FROM FRANCE TO FRANCONIA
THE TECHNICAL INNOVATION OF CROWN GLASS 41
Alexandra Schmölder

2 SCOTTISH WINDOW GLASS
A NEW INDUSTRY IN THE 17TH AND 18TH CENTURIES 53
Helen Spencer

3 TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND CRAFT TRADITIONS IN THE 19TH-CENTURY BELGIAN WINDOW-GLASS INDUSTRY 67
Vitaly Volkov

4 DU MATÉRIAU AU PRODUIT
LE VERRE PERFORÉ 87
Anne-Laure Carré

PART 2
GLASS IN ARCHITECTURE FROM THE 18TH TO THE 21ST CENTURY

5 *LE PLUS AGRÉABLE SPECTACLE DU MONDE*
FLACHGLAS ALS PRÄGENDES ARCHITEKTURELEMENT
DES DRESDNER ZWINGERS 105
Peter Heinrich Jahn

6 WARUM HABEN FENSTER HOLZSPROSSEN?
EINE SPURENSUCHE 123
Ueli Fritz

7 THE GLASS HOUSE OF ANTOINE DE PARIS 139
Logan Sisley

8 IDEOLOGIE UND BAUPRAXIS
VOM ANEIGNUNGSPROZESS DES GLASES
IN DER ARCHITEKTURMODERNE 155
Florin Gstöhl

9 SYMBOLIC TRANSPARENCY
GLASS IN THE REPRESENTATIVE CORPORATE ARCHITECTURE
OF THE 20TH CENTURY 175
Hauke Horn

10 *ÉMALIT*®
THE CHALLENGE POSED BY A TEMPERED AND
ENAMELLED SHEET GLASS FOR THE GLASS FAÇADE 191
Catherine Blain and Océane Bailleul

11 LE CURTAIN WALL À L'EUROPÉENNE
HISTOIRE, TECHNIQUES ET SAUVEGARDE
DES VITRAGES ANTISOLAIRES 209
Giulia Marino

PART 3
THE CHALLENGE OF PRESERVATION AND IN SITU-RESTORATION OF WINDOW GLASS

12 ALTGLAS?
ANMERKUNGEN ZUM UMGANG MIT FLACHGLAS
BEI BAUDENKMALEN 227
Isabel Haupt

13 DIE MONDSCHEIBENVERGLASUNG DER KLOSTERKIRCHE ST. MICHAEL IN BAMBERG
WÜRDIGUNG, VORPROJEKT UND RESTAURIERUNG
DER BAROCKEN BLANKVERGLASUNG
IM RAHMEN DER GESAMTINSTANDSETZUNG 243
Susanne Fischer und Josef Ganka

14 NEUES GLAS IN ALTER UMGEBUNG
EIN BLICK AUF DAS BAUEN IM BESTAND SEIT 1900 255
Melchior Fischli

15 PROBLÉMATIQUE DE LA CONSERVATION-RESTAURATION DES VERRES IMPRIMÉS EMPLOYÉS DANS LE DOMAINE ARCHITECTURAL EN FRANCE 271
Emma Groult

16 EIN PRAXISORIENTIERTER LEITFADEN FÜR DEN RESSOURCENSCHONENDEN UMGANG MIT HISTORISCHEN GLÄSERN UND FENSTERN PROFANER GEBÄUDE 283
Paul Bellendorf, Ruth Tenschert, Alexandra Schmölder, Katrin Lenz, Ralf Kilian, Stefan Bichlmair, Christine Milch, Olivia Jorgji und Matthias Fischer

17 DIE ERHALTUNG VON BEMALTEN ISOLIERGLASSCHEIBEN IM SCHWIMMBAD VON STUTTGART-FEUERBACH
EINE RESTAURATORISCHE UND TECHNOLOGISCHE HERAUSFORDERUNG 297
Dunja Kielmann und Angelika Reiff

18 INNOVATIONS IN INSULATED GLAZING IN THE 21ST CENTURY
MATERIAL AND TECHNICAL BARRIERS TO REPARABILITY AND RECYCLABILITY 311
Esther Geboes, Waldo Galle and Niels De Temmerman

BIOGRAPHIES OF CONTRIBUTORS 323

IMAGE CREDITS 330

INTRODUCTION
THE PRODUCTION AND USE OF GLASS IN ARCHITECTURE: A BRIEF HISTORY

Sophie Wolf and Laura Hindelang

Abstract

This introduction provides a historical overview of the production and use of sheet glass since its invention in Roman times and refers to the contributions in this edited volume. It focuses on the most significant technological and architectural developments in Europe and the USA and highlights the interaction between glass production, construction industries and architecture. It presents important manufacturing processes, outlines types of sheet glass and provides a basic glossary for technical terms in English, French and German. This text also touches on the challenges of conservation and restoration, as well as the life-cycle of historic glazing and windows. It ends by emphasizing the merits of interdisciplinary exchange and the necessity for a shared multilingual thesaurus for glass technology.

Keywords

Sheet glass, plate glass, glazing, window, glass technology, preservation, life cycle

Everywhere and Every Day: Glass in Architecture, Past and Present

Glass is omnipresent in our built environment, and it is impossible to imagine today's cities without it. Its diverse properties and its numerous possible applications make glass an indispensable building material. This is not a contemporary phenomenon. Glass has long been an integral part of buildings, and its production and use are intrinsically linked to the history and development of architecture. The material and its potential have always inspired architects, engineers and artists. History is rich with examples of the use of glass, and sheet glass in particular, on a monumental scale: the stained-glass windows of Gothic cathedrals, the *galeries des glaces* and lead glazing of 17th-century castles, the glass roofs of mainline railway stations and the large display windows of 19th-century department stores, as well as the glass façades of record-breaking high-rises such as Burj Khalifa in Dubai. Throughout the centuries, the growing demand for plate glass for windows, doors, walls and whole façades has fuelled production and led to technological innovations in manufacture and vice versa.

The availability and use of wood, coal and other fossil fuels as combustion material have had an enormous impact on the production of glass as a building material as well as on the environment.[1]

The aim of the conference *Glass in Architecture. From the Pre- to the Post-Industrial Era: Production, Use and Conservation* was to highlight and reflect on this fascinating history and on the interactions between glass, architecture and the construction industry. This book is the result of that international symposium, which was jointly organized by the Vitrocentre Romont, the Institute of Art History at the University of Bern and the Bern Acadamy of the Arts HKB; it was held in Romont (Switzerland) on 5–6 November 2021. The meeting was accompanied by the opening of the exhibition *Du précieux au quotitien. Le verre plat dans l'architecture* at the Vitromusée Romont (6 November 2021– 23 March 2022), which was dedicated to the history of the production and use of sheet glass. It showcased historical as well as modern production techniques and illustrated the almost immeasurable diversity and the many uses of this once valuable and now everyday material. One part of the exhibition was devoted to the Erie-Electroverre company in Romont, one of the world's last manufacturers of machine-drawn sheet glass, which unfortunately had closed its doors in 2020. The cover image of this volume, documenting the company's production process in the 1950s, is taken from the company's archive.

In this introduction, we will briefly summarize the history of sheet-glass production since its invention in Roman times and we will focus on the most important technological and architectural developments, referring to the contributions in this volume which discuss these topics in detail. Like the conference, the book is divided into three thematic sections. **Part 1** is dedicated to the production of sheet glass from pre-industrial times onwards and comprises contributions on the manufacture of crown glass, the development of the window-glass industry in Scotland and Belgium, and on innovative products for the flat-glass market. The articles in **Part 2** illustrate the diverse uses of glass and highlight its central rôle in architecture from the 18th century to the present day, from the Baroque glass architecture of the Dresden Zwinger to the glass façades of corporate headquarters of the 20th century. **Part 3** deals with the conservation of historic windows and glass façades and the importance of preserving this fragile heritage. The topics here range from the challenges of the *in situ* restoration of the original mid-18th-century glazing of Michelsberg Abbey in Bamberg (Germany), to the question of the repair, durability and reusability of insulating glazing today. In addition, we offer translations of key terms into French and German, thereby providing a basic glossary for the technical terms used in the English, French and German contributions gathered in this volume.

Cast or Blown: Early Production of Sheet Glass

The history of flat glass (French: *verre plat*; German: *Flachglas*) dates back to antiquity.[2] The fragments of flat glass found in Herculaneum, Pompeii and many other Roman



1 Fragments of window glass and wooden muntins from the legionary camp at Vindonissa (Windisch, Switzerland), c. 1st century CE.

cities, such as Aventicum (Avenches) and Augusta Raurica (near Augst and Kaiseraugst), prove that the Romans produced sheet glass and used it to close their window openings from the 1st century CE onwards. Initially, window glass was made by a casting process (French: *coulage*; German: *Gussverfahren*) that consisted of pouring molten glass onto a flat, heat-resistant surface and stretching the hot and viscous material into a rectangular shape.[3] The result was a relatively thick and translucent glass pane of pale-green or light-blue colour.

These more or less rectangular panes were held in grooved frames made from metal, marble or wood.[4] The windows were sometimes divided by wooden muntins (French: *croisillons en bois*; German: *Holzsprossen*), such as those unearthed at Vindonissa (Windisch) in the canton of Aargau (Switzerland) (Fig. 1).[5] The production of glass,

particularly the casting of sheet glass, was very challenging and expensive. For this reason, initially only windows in public buildings and the villas of affluent citizens were equipped with glass.

The invention of glass-blowing (French: *soufflage du verre*; German: *Glasblasen*) in the 1st century BCE and the use of the blowpipe (French: *canne à souffler*; German: *Glasmacherpfeife*) led to the development of new techniques that radically changed and greatly simplified sheet-glass production: the broad-sheet method and the crown-glass process.[6] The *Schedula diversarum artium* (c. 1100–1120 CE) by Theophilus Presbyter provides the earliest detailed description of the broad-sheet technique (French: *soufflage en manchon*; German: *Zylinderblasverfahren* or *Zylinderstreckverfahren*), which consists of blowing a pear-shaped bubble into an elongated tube shape, cutting both ends of the tube, and splitting and flattening the glass cylinder while hot.[7]

In the crown-glass process (French: *soufflage en couronne*; German: *Mondglasverfahren* or *Schleuderverfahren*), the molten glass is blown into a balloon shape. The bubble is then flattened; transferred to the glass-maker's pontil or punty, a solid iron rod (French: *pontil*; German: *Hefteisen*), and then reheated and rotated at speed, until centrifugal force forms a large circular plate known as a table (French: *cive*; German: *Mondglasscheibe*).[8] ➔ **Alexandra Schmölder**

These new methods resulted in sheet glass of considerably better quality: it was much thinner and more transparent than the plate glass produced by casting.[9] From the 4th century CE onwards, mouth-blown window glass prevailed over cast glass.[10] The broad-sheet technique long remained the predominant method of sheet-glass production throughout Europe, while the crown-glass process prevailed in the Islamic world. It was not until the 14th century that the manufacture of crown glass became established in Europe.

Silica, Soda and Lime: The Materials of Early Glass Production

The Romans produced glass from calcium-rich beach sand and 'natron', a natural soda-rich salt that was mined, among other places, in the salt lakes of northern Egypt (for example, Wadi El Natrun).[11] The glass industry was divided into two branches: the primary production of glass, mainly located in the eastern Mediterranean, and the further processing of this raw glass into glassware, be it vessels or plate glass, in secondary workshops spread all over the Roman empire (Fig. 2).[12] Glass recycling, that is, melting down recovered scrap glass, was a common practice.[13] Early glass-makers already knew that the addition of this material (known as cullet) to a batch reduced the amount of raw materials and the melting temperature, and thus also the production costs for glass.

After the decline of the Roman empire, the production of glass in the eastern Mediterranean slowly decreased. The demand for glass was gradually met by the glassworks newly emerging in the forest regions of Central and Northern Europe.[14] In consequence, glass production changed from a two-stage to a single-stage industrial model: glass



2 Tank furnaces at the primary glass production workshop at Bet Eli'Ezer (Israel), late 7th – early 8th century CE.

was now made from local raw materials—sand, plant or wood ash, and lime—and processed in one and the same place. Glass recipes thus varied regionally and changed over time. The different natures and origins of the raw materials are reflected in the chemical and isotopic composition of the glass. The analysis of glass finds can thus shed light on the technology and the history of glass production in a region.[15]
→ Helen Spencer

Glass Windows in the Middle Ages: A Privilege of the Rich

The spread of Christianity gave a new impetus to glass production in Europe, especially that of plate glass: newly built churches were decorated with stained-glass windows made from pieces of coloured, mouth-blown sheet glass held together with lead cames (French: *baguettes de plomb*; German: *Bleiruten*).[16] Finds from the Merovingian and Carolingian period prove that early stained-glass windows had ornamental designs.[17] The first figurative depictions appeared from the 9th century CE onwards.[18] As the churches and cathedrals of the Gothic period grew taller, their windows took on monumental dimensions.

It was however not only the Church that could afford glass windows: secular rulers too glazed their windows, in castles and palaces.[19] Usually, only the upper portions of a 'cross-window' (French: *fenêtre à croisée*; German: *Kreuzstockfenster*) were glazed,



3 Chess-players, stained glass, c.1450, Paris, Musée de Cluny (Cl. 22422); detail showing a cross-window with lozenge glazing.

while the lower ones could be closed with wooden shutters (Fig. 3).[20] It was not long before the bourgeoisie and rich citizens of medieval cities followed this trend: by the 15th century, there was hardly a private residence, guild house or town hall in Central and Northern Europe without glazed windows. The increasing demand for sheet glass led to a steady rise in the number of private glassworks that produced and marketed their goods by land and water, partly over long distances.[21]

Because glass or glazing was very expensive, homeowners often looked for sponsors for their windows. In Switzerland, this led to a new genre of stained glass, the *Wappenscheibe.* These mostly small stained-glass panels, bearing a donor's coat-of-arms, were built into the glazing that embellished and closed the window openings of private houses, guild houses and town halls (Fig. 4).[22] Glass windows, however, remained a privilege of the wealthy in the medieval and for much of the early modern period.[23] The window openings of the dwellings of common people were still closed with hides, oiled parchment or wooden shutters.



4 'Bull's eye' window (crown glass) with stained-glass panel, 1636, Vitromusée Romont (VMR 699), on loan from Fritz Dold, Zurich.

From Quarries to Bull's Eye: The Transition from the Medieval to the Baroque Window

Gothic cross-windows had fixed lead lights (French: *vitrerie à resille* or *vitrage en plomb*; German: *Bleiverglasung*) that typically consisted of lozenge-shaped glass pieces known as quarries (French: *losange*; German: *Raute*) (see Fig. 3). These were cut out of broad-sheet or crown glass. The large circular tables of crown glass were thinner, more translucent and more brilliant than broad-sheet glass and therefore more popular, but also more expensive.[24]

From the 16th century onwards, and especially in German-speaking regions, lead lights made from either bull's eye panes, also known as roundels (French: *petite cive*; German: *Butzenscheiben*) or *Tellerscheiben* (French: *cul-de-bouteille*) replaced lozenge glazing (French: *vitrerie à losanges*; German: *Rautenverglasung*) (see Fig. 4).[25] Both forms are round, but manufactured in different ways, and are easily distinguished by the presence or absence of the 'bull's eye' (French: *boudine*; German: *Butzen*), a nodule in the centre of the crown-glass table where the pontil was attached. Lead lights could also take other forms; an example of this is the hexagonal glazing (French:

vitrerie à bornes hexagonales; German: *Waben-Verglasung* or *Sechseck-Verglasung*) of Michelsberg Abbey in Bamberg (Germany). → **Susanne Fischer and Josef Ganka**
A fundamental change in window architecture came with the introduction of symmetrical casement windows (French: *fenêtre à battants* or *fenêtre à la française*; German: *Flügelfenster*) in the Baroque period; these replaced cross-windows, which remained common until the late Renaissance. → **Ueli Fritz** The hinged sashes of these casement windows were subdivided by wooden muntins and glazed with small rectangular panes of broad-sheet or crown glass. These windows, often arranged in multiple rows, became a characteristic feature of the façades of Baroque castles and *hôtels particuliers*. The light streaming in through them was reflected by large wall mirrors and chandeliers, showing off lavishly decorated interiors to their full advantage. With its *Galerie des Glaces*—completed in 1682 and originally glazed with blown plate glass[26]—Versailles was the flagship example of the epoch and a reference point for other prestigious building projects, such as the Dresden Zwinger. → **Peter Heinrich Jahn**

Polished and Lustrous: Plate-Glass Production in the Early Modern Period

Developments in window architecture led to an increasing demand for particularly transparent glass, not least also to meet the new market for mirrors. Glass was supplied by the numerous glass-houses (French: *verrerie*; German: *Glashütte*) in the low mountain ranges of Central Europe (Bohemia, Silesia, Lorraine, Jura, etc.) that manufactured lustrous, highly fire-polished crown glass on the one hand, and blown plate, that is polished broad-sheet glass, on the other. Demand was so great that the glass industry also developed in regions away from those traditionally associated with glass production, for example in Scotland. → **Helen Spencer**
The clearest glass, however, came from Murano (Italy), which held a monopoly in the production of blown plate glass and mirrors until well into the 17th century.[27] France succeeded in breaking this monopoly with the foundation of the *Manufacture royale de glaces de miroirs* (which later became Saint-Gobain) in 1665. Jean-Baptiste Colbert, Minister of Finance to Louis XIV, recruited experienced glass-makers from Venice, and the import of blown plate and mirrors from Venice was eventually banned.
The manufacture of blown plate glass—used in windows and for mirrors—was a time-consuming and expensive business, since the streaky and often warped broad-sheet glass had to be ground and polished by hand. Sheets of cylinder-blown glass moreover had the disadvantage of being relatively small. With the invention of casting glass onto a table (French: *coulage* or *coulée sur table*; German: *Tischgussverfahren*) around 1688,[28] the French achieved a decisive technical breakthrough. With this new technique it was possible to produce large sheets of glass that could be used to glaze big window openings and to make tall continuous mirrors (Fig. 5). In order to obtain plate-glass quality however, the thick cast sheets had still to be polished manually on both sides. Smooth and lustrous plate glass was a luxury in great demand among the rich upper classes and was twice as expensive as blown plate or crown glass.[29]



5 'Manufacture des glaces' (manufacture of plate glass), Denis Diderot and Jean le Rond d'Alembert, *L'Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers: Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux, et les arts méchaniques, avec leur explication*, vol. 4, plate XXIV, Paris, 1765, Bibliothèque Mazarine (cote 2°3442).

Palm Houses, Train Stations and Department Stores: Mass Production and the Large-Scale Use of Sheet Glass in the 19th Century

During the 19th century, several developments had a significant impact on the glass industry and the cost of sheet glass: the introduction by Ernest Solvay (1838–1922) in 1864 of a new and more efficient process for the industrial production of soda, one of the most important raw materials for glass production; better transportation through the expanding railway network; and the switch from coal to gas firing. One ground-breaking invention however changed glass production in a particularly lasting way: the development of the continuously operating tank furnace by Friedrich and Wilhelm Siemens in 1861.[30] The furnace was no longer wood-fired but gas-fired, and the waste heat was recovered using the regenerative process. These developments made glass production much cheaper, more efficient and cleaner, and allowed the standardized mass production of sheet glass (Fig. 6). These innovations did not bring abrupt changes however, and the industry's success continued to depend strongly on craftmanship, an intimate knowledge of the material, and the transfer of this know-how.[31] → **Vitaly Volkov**



6 'Porteuses de canons', Verreries de Jumet, Jumet (Belgique), c. 1900, Musée du Verre de Charleroi, Collection iconographique (CP 118).

New construction methods and building materials (steel, cement) combined with lower prices for sheet glass opened up completely new paths and possibilities for architecture. An important field of experimentation was the construction of greenhouses and exhibition halls, which was promoted especially in England. The Crystal Palace built by Joseph Paxton (1803–1865) for the Great Exhibition in London in 1851 caused a sensation. Glass also became increasingly important in the construction of market halls, train stations, shopping arcades and department stores, with their large display windows.[32]

The invention of rolled plate glass by James Hartley (1810–1886) in 1838 led to the development of figured glass (French: *verre imprimé*; German: *Gussglas* or *Ornamentglas*).[33] This technology (English: *rolling*; French: *laminage*; German: *Walzglasverfahren*), which consists of passing the still-viscous cast glass sheets through a set of rollers engraved with negative patterns, allowed decorative glass to be applied in a wide variety of contexts in the second half of the 19th century, shaping the appearance of front doors, staircases and bathrooms until well into the 20th century (Fig. 7). **→ Emma Groult** The emerging hygiene movement, and the first efforts to build bright and well-ventilated homes, are reflected in the production of ingenious inventions such as *verre perforé* (English: *perforated rolled plate glass*; German: *perforiertes Walzglas*). **→ Anne-Laure Carré**

Glass by the Metre: The Invention of Drawn Sheet Glass and Its Manifestation in Modern Architecture

Architectural experimentation and technical innovation in glass production continued to stimulate each other.[34] At the beginning of the 20th century, the production of broad sheet glass was improved by the replacement of the human lung with compressed air; this allowed glass cylinders up to 12 m in length and 80 cm in diameter to be drawn directly from the melting tank.[35]

In Belgium and the USA, several men were already working on a new method that would allow a continuous sheet (or ribbon) of glass to be drawn from the melting tank and would—once again—significantly simplify production and reduce the price of flat glass.[36] Two patents for the new technique were filed almost simultaneously. In 1902, Émile Fourcault (1862–1919) obtained the first patent on a 'Method of and apparatus for drawing continuous sheets of glass' that he had developed with Émile Gobbe (1849–1915), but which soon became known as the 'Fourcault process'.[37] Two years later, Irving W. Colburn (1861–1917) and Edgar Washburn (dates unknown) filed a patent for a similar invention, which would go down in history as the 'Libbey-Owens process'.[38]

In the Fourcault process, liquid glass is pushed through an elongated clay nozzle known as a debiteuse (French: *débiteuse*; German: *Ziehdüse*) that sits in the melting tank, and is drawn vertically upwards between pairs of rollers; the ribbon cools on its way up to the top of the drawing line, where it is cut into rectangular sheets of the desired dimension (Fig. 8a). In the Libbey-Owens process, the glass ribbon is first drawn vertically and then horizontally over rollers into a lehr (annealing) oven (French: *four de recuisson*; German: *Temperofen*). In 1928, the Pittsburgh Plate Glass Company successfully combined the two drawing processes (the 'Pittsburgh process'). In 1935, Erie-Electroverre in Romont (Switzerland), switched from gas to electricity by installing the first *four électrique* (Fig. 8b).

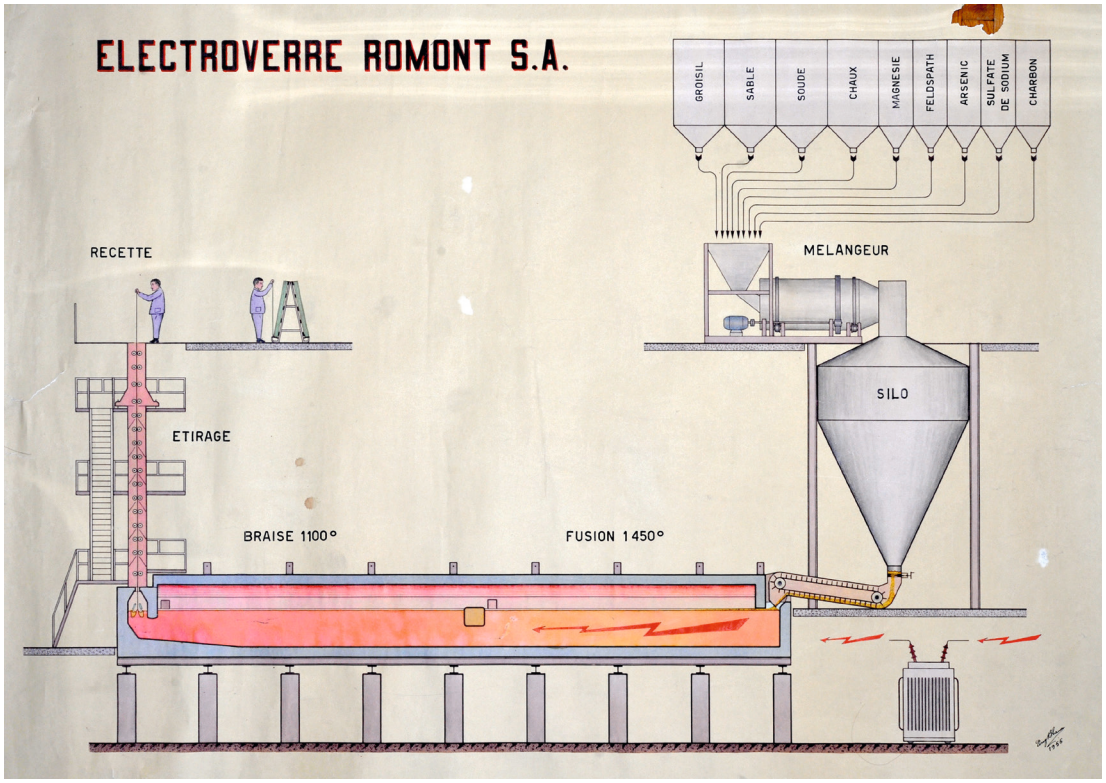
Machine-drawn sheet glass began to be manufactured in the 1920s and dominated the market in the USA and Europe until the 1960s. The new process brought previously unimagined possibilities, as it liberated window glass from earlier size restrictions and made the fast production of large quantities possible. Thanks to the introduction of the Bicheroux process (1918), plate glass continued to be made on a large scale, for example at Saint-Gobain and in Pittsburgh.[39] It was more expensive, but of much higher quality than machine-drawn sheet glass, and used—among other things—for the windscreens of Ford cars.[40] Plate glass with an integrated steel mesh, so-called wired glass (French: *verre armé*; German: *Drahtglas*), also emerged as an early security glass.

The larger dimensions, the greater availability and the better transparency of machine-drawn sheet glass and plate glass stimulated new architectural designs.[41] Large horizontal bands of windows in thin metal-frame profiles became a characteristic of the *Neues Bauen*.[42] The use of glass became synonymous with modernist discourses on clean and healthy working and living conditions based on the circulation of fresh air, daylight and the sun.[43] → **Florin Gstöhl**



7 *Verrerie de Saint Gobain et de Jeumont, Album des principaux modèles de verre : Produits spéciaux en verre coulé*, around 1915–20, samples of rolled plate glass, cardboard, 28.4 × 17.7 × 8 cm, collection of the Vitromusée Romont (VMR 738).


Verre Cathédrale Teinté Jaune Armé (mailles carrées)
Epaisseur 3 à 5 m/m
N° 9
Verres Diamantés Teintés
Epaisseur 3 à 4 m/m
N° 11
N° 8
Verres Imprimés Teintés
Epaisseur 3 à 4 m/m
N° 10
N° 14

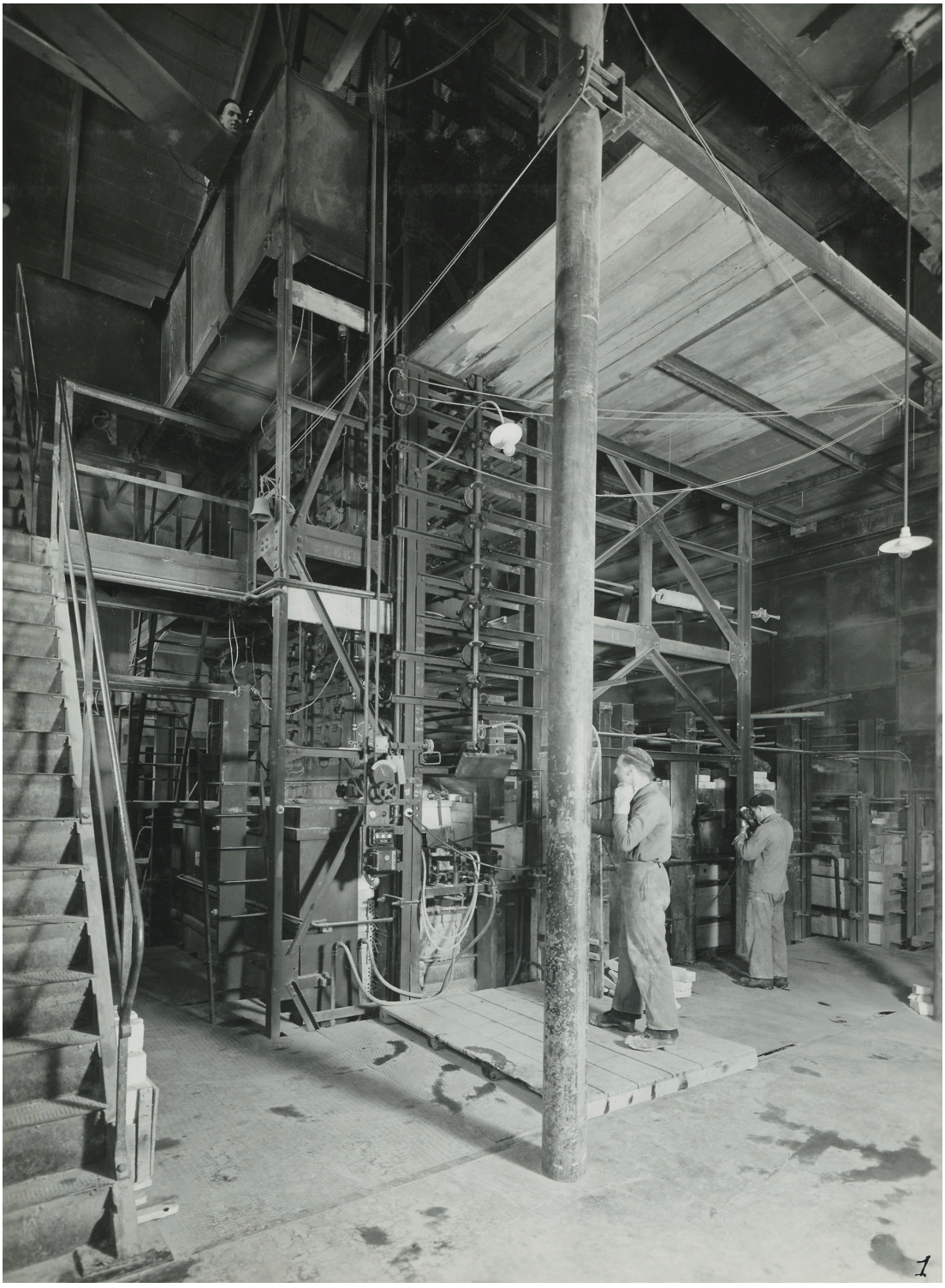


8a Schematic illustration of the Fourcault process at Electroverre Romont (Switzerland).

Moreover, the idea of the 'glass house' resonated widely with the avant-garde, and not only with well-known male protagonists but also with many female artists, architects and writers.[44] It resulted in innovative displays for glass companies, such as the 'Glass House' by Bruno Taut (1880–1938) at the Deutsche Werkbund exhibition in Cologne (1914) that showcased glass bricks and other products of the Luxfer-Prism Company;[45] or the glass-clad office towers as visualized by Ludwig Mies van der Rohe (1886–1969) in his designs for a high-rise building to a polygonal plan at Friedrichstrasse, Berlin (1921).[46] Others considered glass the material of choice not only for windows and façades, but also for entire interior designs; → **Logan Sisley** unearths the history of the spectacular glass house (1924) of celebrity hairdresser Antoine de Paris.

The Road to Float: Technological and Architectural Developments in the Post-War World

For much of the 20th century, the leitmotif was the total 'dissolution' of walls and windows into entire glass façades.[47] The curtain wall (French: *mur-rideau*; German: *Vorhangfassade*)—consisting of a non-load-bearing glass wall fixed to the outside of

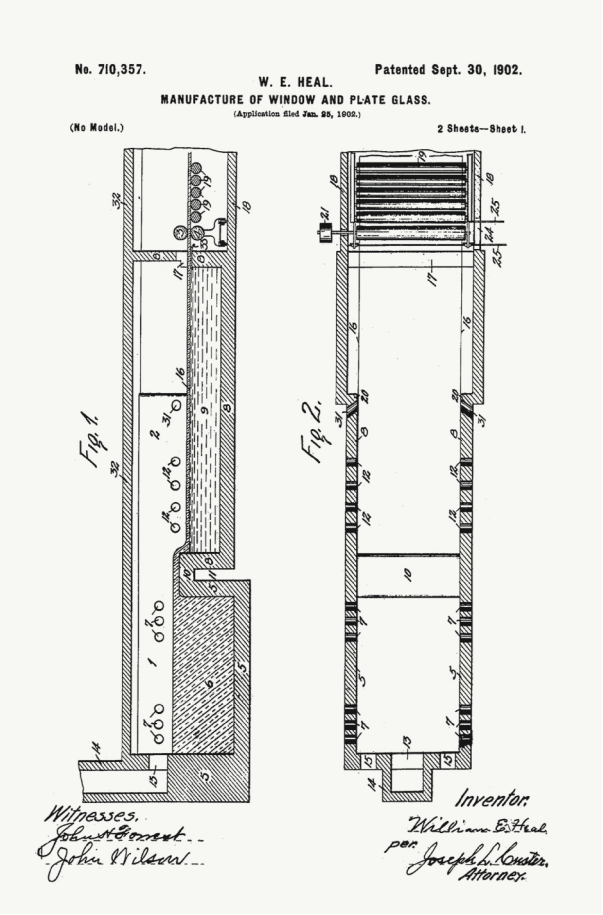


8b Manufacture of drawn glass at Erie-Electroverre, Romont, second quarter of the 20th century, gelatine silver print, 158 × 178 mm (EVR 22_1).

the structural framework of a building (skeleton)—converted this leitmotif into reality: the demise of the load-bearing function of façades enabled their opening-up and dematerialization into light and transparent surfaces.[48] Early iconic examples of curtain walls are the *Fagus Works* (1911–1925) designed by Adolf Meyer (1881–1929) and Walter Gropius (1883–1969) and the *Bauhaus* in Dessau.[49] Until well into the 1960s, machine-drawn sheet glass was the main architectural glass, with the market divided technologically (in 1950) into 70% Fourcault, 20% Libbey-Owens, and 10% Pittsburgh.[50] Curtain walling, often employing tinted sheet glass, went hand in hand with a new architectural aesthetic on the outside, and with the open floorplans on the inside that became popular in high-rise office buildings in the post-Second World War period in Europe, the USA and elsewhere. In 1952, New York's Lever House set the standard for the prestige architecture of large industrial corporations and their choice of glass façades to express 'symbolic transparency'.[51] **→ Hauke Horn**

The success story of glass-clad high-rises is not only linked to the curtain wall and capitalism, but also to the introduction of the float-glass process (French: *procédé de fabrication de verre flotté*; German: *Floatglasverfahren*). This is an endless process in which molten glass is continuously fed from one side onto a bath of liquid tin. The result is a flawless, transparent and completely smooth sheet glass more than 2.5 m wide. The glass does not need to be post-processed. Thanks to its relatively low production costs, the flexibility in thickness and length of the glass sheet, and its impeccable quality, float glass superseded more expensive plate glass and machine-drawn sheet glass and came to be used very widely for window glass as well as for mirrors, windscreens and many other applications. Alastair Pilkington (1920–1995) is usually credited with inventing the process in the 1950s, but in reality the basic idea goes back to William Heal, who was granted a patent for his invention as early as 1902 (Fig. 9).[52] Pilkington however had the courage and ability to develop and implement the process, thereby paving the way for the commercial production of float glass. Production started in 1966 at Pilkington Brothers in St Helens (England).[53] The company subsequently granted licences to other sheet-glass manufacturers around the world. Yet the production of colourless and transparent float glass was far from being the only field of activity among producers of flat glass: the industry also experimented creatively with the medium's aesthetics, launching products like the coloured-glass *Émalit*® panels produced by Saint-Gobain in 1958. **→ Catherine Blain and Océane Bailleul** Orange and bluish tinted sunscreen glass became ubiquitous in 1960s and 1970s European architecture and today poses many challenges regarding its long-term performance and renovation possibilities. **→ Giulia Marino**

Technical requirements and practical issues have also played a rôle in stimulating production and have led to the development of special glass-treatment techniques and a near-endless variety of glass types. New safety standards (to counter breakage and injury), for example, have been met through the development of toughened and tempered plate glass (French: *verre trempé*; German: *Einscheibensicherheitsglas* or *ESG*) and, from the 1950s onwards, of laminated safety glass, a composite of two or more



9 Figures 1 and 2 of Patent no. 710357, 'Manufacture of window and plate glass', by William E. Heal (issued 30 September 1902). The figures show a cross-section (left) and a top view (right) of a precursor of the modern float-glass tank furnace.

tempered glass sheets joined by an elastic polymer film (French: *verre de sécurité*; German: *Verbundsicherheitsglas* or *VSG*).

New Coating Techniques and Smart Glass: Developments Since the 1970s

In the second half of the 20th century, increasing requirements and tougher standards around building insulation and work safety led to the rapid spread of multi-pane insulating glass and safety glass, and accelerated the development of new techniques of glass processing and finishing intended to modify and enhance the thermal, mechanical and optical properties of sheet glass. Techniques include new approaches to heat and chemical strengthening (toughened and tempered glass), heat-bending (simple or double curved glass), tinting or colouring (tinted or coloured glass), and etching and sand-blasting (obscure glass). Decisive progress was made with the coating of glass with thin films of metals and metal compounds. Glass coating allowed the production of sheet glass with anti-reflection, anti-condensation as well as self-cleaning proper-



10 Headquarters of Qatar Central Bank (formerly Qatar Monetary Authority) on the Doha Corniche (Qatar), 2016.

ties and opened up many new applications, such as thermal insulation combined with solar control.

The latest invention is so-called 'smart glass', a term used to describe glass that can change certain properties, such as transparency or sound absorption. The generic term comprises various techniques and fields of application. Depending on the design, smart glass can, for example, be used as protection against the sun (with the glass remaining transparent) or take on the function of privacy protection (with the glass becoming opaque). Light transmission can be modified by applying an electrical voltage, by heating, or by changing external light conditions.

All these developments have led to an incredible variety of flat glass in terms of function and application, as well as to new forms of aesthetic expression. The diversity of sheet-glass products, in combination with new mounting techniques and synthetic seals substituting putty, promise seemingly unlimited design and application possibilities. Tinted and mirror-glass façades have spread across the world, becoming the face of a global building trend (Fig. 10).[54] New methods of fixing and suspending glass façades such as structural sealant glazing, point-fixing and cable net walls, to name but a few milestones, have become today's standard.[55]

Over recent decades, the number of safety regulations and energy requirements for building components has steadily increased and helped double and triple glazing



11 Disappearing hertitage: removal and destruction of the historic windows of a 19th-century house in Zurich (Switzerland), 2014.

achieve a breakthrough. The numerous norms for energy conservation and protection against sun, sound, fire and breakage, as well as the great variety of glazing types, not only represent a major challenge for architects and engineers, but also confront monument conservators and restorers with new problems.

Disappearing Heritage: The Challenge of Preserving and *in situ* Restoration of Window Glass

Today, we often consider glass a cheap everyday, 'throwaway' material; historically, glass was an expensive and much-valued building material, and each plate or sheet was unique. Glass has also defined our view of the outside world. We might see the world through wavy, bubbly or highly polished glass. The loss of the historically evolved diversity of flat glass should not be taken lightly from a historical or sociocultural perspective. Research and teaching should therefore also give a more prominent rôle to glass in architectural history.

In fact, much historical architectural glass is currently under threat owing to the renovation and conservation of architecture in line with new energy standards such as *Minergie*® or the changing lifestyles of houseowners and users. In the strong trend towards the thermal insulation of buildings, original windows are often the first thing

to be replaced (Fig. 11). At the same time, and somewhat paradoxically, 'new glass' has become the prime material in preventive conservation of entire or partial sections of historical buildings and monuments. **➔ Melchior Fischli**

The *in situ* conservation and preservation of historical architectural glass, whether medieval or modern, is very challenging.[56] The closure of many glassworks across Europe and the USA, the loss of knowledge and know-how regarding manual or mechanical glass manufacturing, and the rarity or rather the lack of appropriate historical glasses have rendered the restoration of architectural glass a difficult task. Practitioners in the field of architectural history, restoration and conservation have discussed and promoted best practices in the *in situ* handling of historical glass in the form of small handbooks or leaflets since at least the 1970s. **➔ Isabel Haupt** As one of the latest efforts in this regard, a research team at the University of Bamberg and the Fraunhofer Institute for Building Physics has been investigating practical solutions for improving the energy efficiency of historic glass windows. **➔ Paul Bellendorf et al.** Researchers from the Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg report here on their work at and the success achieved in preserving insulated glass panels with glass-paintings at a swimming pool in Stuttgart-Feuerbach (Germany) dating from the late early 1960s. **➔ Dunja Kielmann and Angelika Reiff**

Finally, from an ecological perspective, the reparability and recyclability of the ubiquitous post-1950s double glazing has become an especially pressing issue. **➔ Esther Geboes, Waldo Galle and Niels De Temmerman** show that insulated glazing (French: *double vitrage* or *vitrage isolant*; German: *Mehrscheiben-Isolierglas*) is almost never recycled, but instead downcycled or put into landfill. The authors therefore evaluate sustainable life-cycle approaches as potential alternatives to this throwaway practice.[57]

Looking Back and Ahead: In Search of a Common Terminology

'Glass in architecture' has already been the subject of several conferences and publications, but interest in the topic seems constant.[58] The high attendance and the lively and stimulating discussions at our 2021 conference in Romont made this clear once again.[59] It showed that this multifaceted topic can almost overcome the often still-deep-seated divide between the humanities and the natural sciences. The conference also revealed some deficits, especially regarding a common terminology in the field of (flat) glass technology. To date, there is no official online dictionary specific to glass technology and the glass arts. The various existing glossaries and vocabularies are not multilingual and usually not online. The desire to link the increasing number of online databases and other online resources only accentuates this problem, since this lack of standardization prevents the networking of platforms on a technical level. The problem does not only exist in the field of glass art. Indeed, with the digitalization and especially the pooling of resources in the field of conservation and cultural heritage (for example, Europeana), the need for common vocabularies becomes inevitable. In a pilot project initiated by the International Scientific Committee for the Conservation

of Stained Glass (ISCCSG) and the Vitrocentre Romont, the technicalities and various options for online publication of this multilingual thesaurus are currently being explored; publication via the online database of the Vitrocentre Romont (www.vitrosearch.ch) will also be discussed and tested.[60]

We hope that this publication will continue to stimulate exchange—as the conference did—not only across language and national borders, but also between the different disciplines of art history, architecture, the archaeological sciences, technology, conservation and restoration.

Acknowledgements

The four editors of this publication would like to thank the authors of this book for their hard work and efforts. We are deeply indebted to the following institutions for their generous financial support of the publication: the Vitrocentre Romont; Bern Academy of the Arts HKB (publication fonds of the University of Bern, Institute of Art History (Architectural History and Preservation Section); Bern University of Applied Sciences BFH (School of Architecture, Wood and Civil Engineering); and the Bernische Denkmalpflegestiftung. We are grateful to the following people for proofreading the manuscript at various stages: Francine Bosson, Davide Martino, Valérie Sauterel, Johanna Sluiter, Joseph Spooner and Aude Spicher. Being the result of the international conference, this book would not have been possible without the conference funding of the SNSF Scientific Exchange and the Bernische Denkmalpflegestiftung. We would like to take this opportunity to thank all co-organizers (Bernd Nicolai, Ueli Fritz), the session chairs and, once again, the conference participants, who enriched the discussions with their contributions. Our special thanks go to Franziska Niemand, Adelaïde Oberson and Sarah Tabbal for their valuable help.

Last but not least, we would also like to thank again the numerous sponsors, lending institutions and people who helped put the exhibition on its feet and contributed to its success: Jennifer Burkhard (co-curator of the exhibition together with Sophie Wolf); Isabel Haupt and Melchior Fischli (scientific advisors); Elisa Ambrosio, Charly Ayer, Robert Ayer, Lisa Cottin, Claudine Demierre, Marielise Margueron, Zoé Meyer de Stadelhofen (organization, installation); Cyrill Limat (graphic design); Tino Zurbrügg (film); the Office fédéral de la culture, État de Fribourg, Ville de Romont, Loterie Romande, Schweizerischer Flachglasverband SFV-ASVP (sponsors); Bauteillager Denkmalpflege Bern, Bauteillager Archäologie und Denkmalpflege Zürich, Jean-Pierre Alexis Carrel, Mézières, Demierre, Billens, the ETH-Bibliothek Zürich, Flachglas Thun AG, Galvolux SA, Glaserei Josef Ganka (Germering), Glasrestaurierung Martha Hör (Fürth), Glassolutions – Saint-Gobain, Isabel Haupt (Zurich), Kantonsarchäologie Aargau, Patrimoine Glâne, Sofraver SA, Vetrotech – Saint-Gobain (lending institutions); and Jean-Marie Chollet, Christoph Giesbrecht, Pierre Hemeryck, Susanne Nitschel, Danilo Pirotta and Catherine Thomas (specialist advice).

1 Calder 2021.
2 For a good overview, see Komp 2009, 7–14.
3 Taylor/Hill 2002; Komp 2009, 30–33; Dell'Acqua 2004, 111.
4 Baatz 1991, 10; Dell'Acqua 2004, 115–18; Komp 2009, 18–19.
5 Fellmann 2009, 94, 97, and catalogue nos. 906–1054. The reconstruction of the glazed portico of the Roman town house Insula 39 in Augusta Raurica is a good example of what these multi-pane windows may have looked like; see Hufschmid/Tissot-Jordan 2013, 25–32.
6 Both processes are beautifully illustrated in the Recueil de planches of the Encyclopédie des arts et métiers by Diderot and d'Alembert (Diderot/d'Alembert 1765, vol. 4, pls. VII–XVI and pls. XXXIV–XXXVIII).
7 Schedula diversarum artium, book 2, chapter 6, 'QVOMODO OPERENTVR VITREAE TABVLAE'; see Theophilus/Dodwell 1986, 40. For a detailed study and recreation of the process, see Kaufmann 2010, 126–34.
8 Encyclopedia Britannica online 2003.
9 Foy 2005, 59.
10 Fontaine/Foy 2005, 19–20; Foy/Fontaine 2008, 430–31.
11 On the use of natron as a flux, see Shortland et al. 2006. On the transition from natron to ash-based glass, see Whitehouse 2002.
12 For example, Freestone/Gorin-Rosen/Hughes 2000; Gorin-Rosen 2000; Foy et al. 2003.
13 On early glass recycling, see for example Jackson 1997; Freestone 2015; Grünewald/Hartmann 2015.
14 See references in footnote 12 and Rehren/Freestone 2015, 236.
15 For example, Jackson 2005; Freestone 2006; Freestone/Wolf/Thirwall 2009; Brems/Degryse 2014; Degryse/Shortland 2020.
16 Strobl 1990.
17 For glass finds from the Merovingian period, see for example Balcon-Berry/Perrot/Sapin 2010. On early stained glass in Switzerland, see Kessler/Wolf/Trümpler 2005; Wolf et al. 2017.
18 Among the earliest surviving examples of figurative stained glass are the heads of Christ from San Vincenzo al Volturno (see Dell'Acqua 2010) and Lorsch (see Gast 2011, 179–84).
19 Lagabrielle 2009, 106.
20 Cross-windows are divided by a stone mullion and transom, forming a cross; see Curl 2006, 214.
21 Steppuhn 2016, 91, 96–98.
22 Oswald 1985, 433.
23 On the history of glass in the early modern period, see Cremer 2022.
24 Lagabrielle 2009, 109–10.
25 Gerber 2009, 187–88. To our knowledge, there is no specific term for 'Tellerscheiben' in English.
26 Hamon 2009, 139–40.
27 Verità 2013, 65–66.
28 The history of the invention of this new process, which is both complex and disputed, has been well summarized: Hamon 2009, 140–44.
29 Maxwell 2022, 40.
30 Krupa/Heawood 2002.
31 Savaëte 2013, 152–53.
32 See Schädlich 2015.
33 See Grace's Guide to British Industrial History 2022 based on James Hartley's obituary published by the Institution of Civil Engineers in 1886.
34 For a well-informed technical overview on modern glazing, see Pender/Godfraind 2011, 315–54.
35 The invention of machine-drawn cylinder glass is credited to P. T. Sievert and John H. Lubbers, US Patent no. 702013 (1902). Earlier patents, such as Vallin Patent no. 91781 (5 May 1871), paved the way for the technique. For a good overview, see Staib 2007, 11–12; Kutilek 2019, 41–43. For illustrations of the process, see Völckers 1939, 38–39.
36 Kutilek 2019, 43–46; Van de Voorde/Bertels/Wouters 2015 (section on glass and glazing).
37 See Hermès 1929, 2–7. From the invention of the Fourcault process to the production of drawn sheet glass is a complex story that stretches over nearly twenty years. It reads like a thriller; see Thomas 2018.

38 Irving W. Colburn and Edgar Washburn, 'Process and apparatus for the continuous production of sheet-glass', US Patent no. US876267A (7 January 1908). From 1916, the Libbey-Owens Glass Company in Charleston, USA, produced flat glass using this process. Since then, 'Libbey-Owens process' has become the accepted term for this method.
39 Kutilek 2019, 46–54.
40 Ibid., 46–50; Wigginton 1996, 55.
41 Stalder 2014; Jester 2014 (section on glass).
42 Turit Fröbe (2018) provides an excellent overview on reading architectural history by its windows.
43 Völckers 1939.
44 Gellai 2023.
45 Thiekötter 1993; Ikelaar 1996.
46 Riley/Bergdoll 2001; Bergdoll 2019.
47 Harrison 1950. On the use of glass in architectural façades in the first half of the twentieth century, see Korn [1929] 1999; McGrath 1961; Schulze 1929. For the second half of the century, see Wigginton 1996.
48 Herzog/Krippner/Lang 2004, 183–209.
49 Yeomans 2001.
50 Wigginton 1996, 63.
51 See, for example, Drexler 1979.
52 Heal's 'Manufacture of window and plate glass' was patented in US Patent no. 710357 (issued on 30 September 1902); see also Savaëte 2013. It was not until sixty years later that Alastair Pilkington ventured the first step in the production of float glass based on GB Patent no. 769692 (1954); see also Pilkington 1969.
53 For a historical overview of the Pilkington company, see Barker 1977; Bricknell 2009; and the company's website, https://www.pilkington.com/en-GB/uk (accessed 3 February 2023).
54 On postmodern architecture and mirror glass, see Martin 2010, 93–122; Drexler 1979.
55 For a good overview of contemporary glass types and construction technologies, see Herzog/Krippner/Lang 2004; Schnittich et al. 2007; Achilles/Navratil 2008.
56 See Mislik 2017; Pender/Godfraind 2018; Ayón/Pottgiesser 2019.
57 On building with material usually considered 'waste material', see Hebel/Wisniewska/Heisel 2014.
58 Most recently, *Mirror in Theory and Practice*, conference, University of Vienna and Alanus University of Arts and Social Sciences, 17–18 June 2021; *The Bauhaus Curtain Wall: 1926, 1976, 2026*, conference, Bauhaus Dessau Foundation, 6 June 2021; *Du miroir à la maison : Production, usage et restauration du matériau verrier dans l'architecture (XIXe–XXe siècles)*, Journées d'études, 20 November 2019, Institut national d'histoire de l'art, Paris; *Un rêve d'architecte : La brique de verre de Falconnier* (Jeandrevin 2018).
59 The conference was attended by more than 100 scientists and professionals working in the fields of architectural history, material science, glass technology, and glass conservation and restoration. They came from Austria, Belgium, France, Germany, Ireland, Italy, the Netherlands, Switzerland and the United Kingdom.
60 The project was funded by the Swiss Academy of Humanities and Social Sciences SAGW.

Bibliography

ACHILLES/NAVRATIL 2008
Andreas Achilles and Diane Navratil, *Basics. Konstruktion:* Glasbau, Basel: Birkhäuser, 2008, https://doi.org/10.1515/9783035612547.

AYÓN/POTTGIESSER 2019
Angel Ayón and Uta Pottgiesser, Reglazing Modernism: Intervention Strategies for 20th-Century Icons, Basel: Birkhäuser, 2019, https://doi.org/10.1515/9783035619348.

BAATZ 1991
Dietwulf Baatz, 'Fensterglastypen, Glasfenster und Architektur', in: Adolf Hoffmann (ed.), Bautechnik der Antike: Internationales Kolloquium, Berlin 15–17 February 1990, Diskussionen zur archäologischen Bauforschung 5, Mainz: Philipp von Zabern, 1991, 4–13.

BALCON-BERRY/PERROT/SAPIN 2010
Sylvie Balcon-Berry, Françoise Perrot and Christian Sapin (eds.), Vitrail, verre et archéologie entre le Ve et le XIIe siècle, Archéologie et histoire de l'art 31, Paris: CTHS, 2010.
BARKER 1977
T. C. Barker, The Glassmakers. Pilkington: The Rise of an International Company 1826–1976, London: Weidenfeld and Nicolson, 1977.
BERGDOLL 2019
Barry Bergdoll, 'Hüllen aus reinem Glas für einen neuen architektonischen Ausdruck. Mies van der Rohes Beitrag "Wabe" zum Wettbewerb Bürohaus Friedrichstraße', in: Bauhaus-Archiv / Museum für Gestaltung, Stiftung Bauhaus Dessau und Klassik Stiftung Weimar (eds.), Modell Bauhaus, Ostfildern: Hatje-Cantz, 2019, 115–18.
BREMS/DEGRYSE 2014
Dieter Brems and Patrick Degryse, 'Trace Element Analysis in Provenancing Roman Glass-Making', Archaeometry 56, June 2014, 116–36, https://doi.org/10.1111/arcm.12063.
BRICKNELL 2009
David J. Bricknell, Float: Pilkingtons' Glass Revolution, Lancaster: Crucible, 2009.
CALDER 2021
Barnabas Calder, Architecture: From Prehistory to Climate Emergency, London: Pelican, 2021.
CREMER 2022
Annette C. Cremer (ed.), Glas in der frühen Neuzeit: Herstellung, Verwendung, Bedeutung, Analyse, Bewahrung, Höfische Kultur interdisziplinär – Schriften und Materialien des Rudolstädter Arbeitskreises zur Residenzkultur 6, Heidelberg: Heidelberg University Publishing, 2022, https://doi.org/10.17885/HEIUP.821.
CURL 2006
James Stevens Curl, A Dictionary of Architecture and Landscape Architecture, 2nd edition, Oxford/New York: Oxford University Press, 2006.
DEGRYSE/SHORTLAND 2020
Patrick Degryse and Andrew J. Shortland, 'Interpreting Elements and Isotopes in Glass: A Review', Archaeometry 62.S1, August 2020, 117–33, https://doi.org/10.1111/arcm.12531.
DELL'ACQUA 2004
Francesca Dell'Acqua, 'Le finestre invetriate nell'antichità romana', in: Marco Beretta, Giovanni Di Pasquale and Istituto e Museo di Storia della Scienza (eds.), Vitrum: il vetro fra arte e scienza nel mondo romano, Florence/Milan: Giunti, 2004, 109–19.
DELL'ACQUA 2010
Francesca Dell'Acqua, 'The Christ from San Vincenzo al Volturno. Another Instance of "Christ's Dazzling Face"', in: Valérie Sauterel and Stefan Trümpler (eds.), Les Panneaux de Vitrail Isolés. Die Einzelscheibe. The Single Stained-Glass Panel. Actes du XXIVe Colloque International du Corpus Vitrearum Zurich 2008, Bern: Peter Lang, 2010, 11–22.
DIDEROT/D'ALEMBERT 1765
Denis Diderot and Jean Le Rond d'Alembert, L'Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers: Recueil de planches, sur les sciences, les arts libéraux, et les arts méchaniques, avec leur explication, vol. 4, Manufacture des glaces, Paris 1765, http://enccre.academie-sciences.fr/encyclopedie/ (accessed 3 February 2023).
DREXLER 1979
Arthur Drexler, Transformations in Modern Architecture, exhibition catalogue (Museum of Modern Art, New York, 23 February–24 April 1979), New York: Museum of Modern Art, 1979.
ENCYCLOPEDIA BRITANNICA ONLINE 2003
The Editors of Encyclopedia Britannica (eds.), 'Crown glass', in: Encyclopedia Britannica online, last revised 17 January 2003, https://www.britannica.com/technology/crown-glass (accessed 3 February 2023).
FELLMANN 2009
Rudolf Fellmann, Römische Kleinfunde aus Holz aus dem Legionslager Vindonissa, Veröffentlichungen der Gesellschaft Pro Vindonissa 20, Brugg: Kantonsarchäologie Aargau, 2009.
FONTAINE/FOY 2005
Souen Fontaine and Danièle Foy, 'La modernité, le confort et les procédés de fabrication des

vitrages antiques', in: Conseil Général Département du Nord (ed.), De transparentes spéculations. Vitres de l'Antiquité et du Haut Moyen Age (Occident-Orient), Bavay: Musée et site archéologique de Bavay, 2005, 15–24.

FOY 2005

Danièle Foy, 'La suprématie du verre soufflé en cylindre : panneaux et vitraux du Ve au IXe siècle', in: Conseil Général Département du Nord (ed.), De transparentes spéculations: Vitres de l'Antiquité et du Haut Moyen Age (Occident-Orient), Bavay: Musée et site archéologique de Bavay, 2005, 59–64.

FOY/FONTAINE 2008

Danièle Foy and Souen Fontaine, 'Diversité et évolution du vitrage de l'Antiquité et du haut Moyen Âge. Un état de la question', Gallia 65, 2008, 405–59.

FOY ET AL. 2003

Danièle Foy, Maurice Picon, Michèle Vichy and Valérie Thirion-Merle, 'Caractérisation des verres de la fin de l'Antiquité en Méditerranée occidentale: l'émergence de nouveaux courants commerciaux', in: Danièle Foy and Marie-Dominique Nenna (eds.), Echanges et commerce du verre dans le monde antique. Actes du colloque de l'Association Française pour l'Archéologie du Verre, Aix-en-Provence/Marseille 7–9 June 2001, Montagnac: Editions monique mergoil, 2003, 41–85.

FREESTONE 2006

Ian C. Freestone, 'Glass Production in Late Antiquity and the Early Islamic Period: A Geochemical Perspective', Geological Society, London, Special Publications 257.1, 2006, 201–16, https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.257.01.16.

FREESTONE 2015

Ian C. Freestone, 'The Recycling and Reuse of Roman Glass: Analytical Approaches', Journal of Glass Studies 57, 2015, 29–40.

FREESTONE/GORIN-ROSEN/HUGHES 2000

Ian C. Freestone, Yael Gorin-Rosen and Michael Hughes, 'Primary Glass from Israel and the Production of Glass in Late Antiquity and the Early Islamic Period', in: Marie-Dominique Nenna (ed.), La Route du verre: Ateliers primaires et secondaires du second millénaire av. J.-C. au Moyen Âge, Travaux de la Maison de l'Orient Méditerranéen 33, Lyon: MOM Éditions, 2000, 65–83.

FREESTONE/WOLF/THIRLWALL 2009

Ian C. Freestone, Sophie Wolf and Mathew Thirlwall, 'Isotopic Composition of Glass from the Levant and the South-Eastern Mediterranean Region', in: Patrick Degryse, Julian Henderson and Greg Hodgins (eds.), Isotopes in Vitreous Materials, Studies in Archaeological Sciences 1, Leuven: Leuven University Press, 2009, 31–52, https://doi.org/10.2307/j.ctt9qdx40.

FRÖBE 2018

Turit Fröbe, Alles nur Fassade? Das Bestimmungsbuch für moderne Architektur, Cologne: DuMont, 2018.

GAST 2011

Uwe Gast, Die mittelalterlichen Glasmalereien in Oppenheim, Rhein- und Südhessen, Corpus Vitrearum Medii Aevi. Deutschland 3.1, edited by Hartmut Scholz, Berlin: Deutscher Verlag für Kunstwissenschaft, 2011.

GELLAI 2023

Szilvia Gellai, Glass Scenographies: Notes on Spaces of One's Own, with a response by Sina Brückner-Amin, edited by Center for Critical Studies in Architecture CCSA, Weimar: M BOOKS, 2023.

GERBER 2009

Christophe Gerber, 'Production de cives et de manchons dans le Jura central suisse au début du XVIIIe siècle. L'exemple de la verrerie de Court-Chaluet', in: Sophie Lagabrielle and Michel Philippe (eds.), Verre et fenêtre: de l'antiquité au XVIIIe siècle. Actes du premier colloque international de l'association Verre & Histoire, Paris-La Defense/Versailles, 13–15 October 2005, Les Cahiers de Verre & Histoire 1, Paris: Verre & Histoire, 2009, 407–12, http://www.verre-histoire.org/colloques/verrefenetre/pages/p407_01_gerber.html (accessed 3 February 2023).

GORIN-ROSEN 2000

Yael Gorin-Rosen, 'The Ancient Glass Industry in Israel: Summary of Finds and New Discoveries',

in: Marie-Dominique Nenna (ed.), La Route du verre: Ateliers primaires et secondaires du second millénaire av. J.-C. au Moyen Âge, Travaux de La Maison de l'Orient Méditerranéen 33, Lyon: MOM Éditions, 2000, 49–63.

GRACE'S GUIDE TO BRITISH INDUSTRIAL HISTORY 2022
Anonymous, 'James Hartley', Grace's Guide to British Industrial History, last edited 14 March 2022, https://www.gracesguide.co.uk/James_Hartley (accessed 3 February 2023).

GRÜNEWALD/HARTMANN 2015
Martin Grünewald and Sonngard Hartmann, 'Überlegungen zum Glasrecycling der Antike im Bereich des heutigen Deutschlands', in: Peter Henrich, Christian Miks, Jürgen Obmann and Martin Wieland (eds.), Non solum sed etiam: Festschrift für Thomas Fischer zum 65. Geburtstag, Rahden/Westfalen: Verlag Marie Leidorf, 2015, 153–64.

HAMON 2009
Maurice Hamon, 'Les commandes de glaces pour Versailles aux XVIIe et XVIIIe siècles', in: Sophie Lagabrielle and Michel Philippe (eds.), Verre et fenêtre: de l'antiquité au XVIIIe siècle. Actes du premier colloque international de l'association Verre & Histoire, Paris-La Defense/Versailles, 13–15 October 2005, Les Cahiers de Verre & Histoire 1, Paris: Verre & Histoire, 2009, 402–06, http://www.verre-histoire.org/colloques/verrefenetre/pages/p402_01_hamon.html (accessed 3 February 2023).

HARRISON 1950
Donald Dex Harrison, 'Window into Wall', The Architectural Review 108, 1950, 113–22.

HEBEL/WISNIEWSKA/HEISEL 2014
Dirk Hebel, Marta H. Wisniewska and Felix Heisel, Building from Waste: Recovered Materials in Architecture and Construction, Basel: Birkhäuser, 2014, https://doi.org/10.1515/9783038213758.

HERMÈS 1929
Hermès, 'La fabrication mécanique du verre à vitre. Le procédé Fourcault', Revue Glaces et Verres 11, August 1929, 2–7.

HERZOG/KRIPPNER/LANG 2004
Thomas Herzog, Roland Krippner and Werner Lang (eds.), Fassaden Atlas, Basel/Munich: Birkhauser, 2004, https://doi.org/10.11129/detail.9783034614573.

HUFSCHMID/TISSOT-JORDAN 2013
Thomas Hufschmid and Lucile Tissot-Jordan, Amphorenträger im Treppenhaus: Zur Architektur und Wanddekoration der Gebäude in Insula 39 von Augusta Raurica, Forschungen in Augst 39, Augst: Augusta Raurica, 2013.

IKELAAR 1996
Leo Ikelaar (ed.), Paul Scheerbart und Bruno Taut: Zur Geschichte einer Bekanntschaft Scheerbarts Briefe der Jahre 1913–1914 an Gottfried Heinersdorff, Bruno Taut und Herwarth Walden, Kölner Arbeiten zur Jahrhundertwende 10, Paderborn: Igel, 1996.

JACKSON 1997
Caroline Jackson, 'From Roman to Early Medieval Glass: Many Happy Returns or a New Birth?', in: Annales du 13e Congrès de l'Association internationale pour l'histoire du verre, The Netherlands, 28 August–1 September 1995, Lochem: The Association, 1997, 289–302.

JACKSON 2005
Caroline Jackson, 'Making Colourless Glass in the Roman Period', Archaeometry 47.2, 2005, 763–80.

JEANDREVIN 2018
Aline Jeandrevin, Un rêve d'architecte: la brique de verre Falconnier, Bern: Till Schaap Edition, 2018.

JESTER 2014
Thomas C. Jester (ed.), Twentieth-Century Building Materials: History and Conservation, Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2014, https://www.getty.edu/conservation/publications_resources/books/20th_cent_building_materials.html (accessed 3 February 2023).

KAUFMANN 2010
Verena Kaufmann, Archäologische Funde einer spätmittelalterlichen Glaserwerkstatt in Bad Windsheim: Handwerk, Handel und Geschichte, Schriften und Kataloge des Fränkischen Freilandmuseums 59, Bad Windsheim: Fränkisches Freilandmuseum, 2010.

KESSLER/WOLF/TRÜMPLER 2005
Cordula Kessler, Sophie Wolf and Stefan Trümpler, 'Die frühesten Zeugen ornamentaler Glasmalerei aus der Schweiz. Die frühmittelalterlichen Fensterglasfunde von Sion, Sous-le-Scex', Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte 62, 2005, 1–30.
KOMP 2009
Jennifer Komp, Römisches Fensterglas: Archäologische und archäometrische Untersuchungen zur Glasherstellung im Rheingebiet, Berichte aus der Geschichtswissenschaft, Aachen: Shaker Verlag, 2009.
KORN [1929] 1999
Arthur Korn (ed.), Glas: Im Bau und als Gebrauchsgegenstand, reprint, Berlin: Gebr. Mann, [1929] 1999.
KRUPA/HEAWOOD 2002
Mick Krupa and Richard Heawood, 'The Hotties': Excavation and Building Survey at Pilkington's No 9 Tank House, St Helens, Merseyside, Lancaster/Oxford: Oxford Archaeology North, 2002.
KUTILEK 2019
Luke Kutilek, 'Flat Glass Manufacturing Before Float', in: S. K. Sundaram (ed.), 79th Conference on Glass Problems, Ceramic Transactions 267, Hoboken: John Wiley & Sons, 2019, 37–54.
LAGABRIELLE 2009
Sophie Lagabrielle, 'Les fenêtres des rois et des princes (XIVe–XVe siècles)', in: Sophie Lagabrielle and Michel Philippe (eds.), Verre et fenêtre: de l'antiquité au XVIIIe siècle. Actes du premier colloque international de l'association Verre & Histoire, Paris-La Defense/Versailles, 13–15 October 2005, Les Cahiers de Verre & Histoire 1, Paris: Verre & Histoire, 2009, 17–24.
MARTIN 2010
Reinhold Martin, Utopia's Ghost: Architecture and Postmodernism, Again, Minneapolis: University of Minnesota Press, 2010, https://doi.org/10.5749/minnesota/9780816669622.001.0001.
MAXWELL 2022
Christopher Maxwell, 'People in Glass Houses: The Polite and Polished in Georgian Britain', in: Elisa Ambrosio, Francine Giese, Alina Martimyanova and Hans Bjarne Thomsen (eds.), China and the West: Reconsidering Chinese Reverse Glass Painting, Arts du verre. Glaskunst. Glass art. New research by Vitrocentre Romont 1, Berlin/Boston: De Gruyter, 2022, 33–46, https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110711776-004/html.
MCGRATH 1961
Raymond McGrath, Glass in Architecture and Decoration, revised edition, London: The Architectural Press, 1961.
MISLIK 2017
Manfred Mislik, 'Fensterglas', *Restaurator im Handwerk* 9.4, 2017, 22–25.
OSWALD 1985
Gert Oswald, Lexikon der Heraldik, Mannheim/Zurich: Meyers Lexikonverlag, 1985.
PENDER/GODFRAIND 2018
Robyn Pender and Sophie Godfraind (eds.), Glass and Glazing, English Heritage: Practical Building Conservation 5, Abingdon/New York: Routledge, 2018; first published 2011.
PILKINGTON 1969
LAB Pilkington, 'Review Lecture: The Float Glass Process', Proceedings of the Royal Society of London 314.1516, 1969, 1–25.
REHREN/FREESTONE 2015
Thilo Rehren and Ian C. Freestone, 'Ancient Glass: From Kaleidoscope to Crystal Ball', Journal of Archaeological Science 56, 2015, 233–41, https://doi.org/10.1016/j.jas.2015.02.021.
RILEY/BERGDOLL 2001
Terence Riley and Barry Bergdoll (eds.), Mies in Berlin. Ludwig Mies van der Rohe: die Berliner Jahre 1907–1938, exhibition catalogue (Museum of Modern Art, New York, 21 June – 11 September 2001), Munich: Prestel, 2001.
SAVAËTE 2013
Bernard Savaëte, 'Entre légendes et réalités. Contribution à l'étude des innovations dans l'industrie du verre plat, des origines à aujourd'hui', in: Anne-Laure Carré, Sophie Lagabrielle, Corine Maitte and Michel Philippe (eds.), Les innovations verrières et leur devenir. Actes du deuxième

colloque international de l'association Verre & Histoire, Nancy 26–28 March 2009, Les Cahiers de Verre & Histoire 2, Paris: Verre & Histoire, 2013, 301–11, http://www.verre-histoire.org/colloques/innovations/pages/p305_01_savaete.html (accessed 3 February 2023).

SCHÄDLICH 2015
Christian Schädlich, Das Eisen in der Architektur des 19. Jahrhunderts, Firmitas 1, Aachen: Geymüller Verlag für Architektur, 2015.

SCHNITTICH ET AL. 2007
Christian Schittich, Gerald Staib, Dieter Balkow, Matthias Schuler and Werner Sobek (eds.), Glass Construction Manual, 2nd edition, Basel/Boston/Berlin: Birkhäuser, 2007, https://www.degruyter.com/document/doi/10.11129/detail.9783034615549/html?lang=en.

SCHULZE 1929
Konrad Werner Schulze, Glas in der Architektur der Gegenwart, Stuttgart: Wissenschaftlicher Verlag Zaugg, 1929.

SHORTLAND ET AL. 2006
Andrew Shortland, Lukas Schachner, Ian C. Freestone and Michael Tite, 'Natron as a Flux in the Early Vitreous Materials Industry: Sources, Beginnings and Reasons for Decline', Journal of Archaeological Science 33, 2006, 521–30.

STAIB 2007
Gerald Staib, 'From the Origins to Classical Modernism', in: Christian Schittich, Gerald Staib, Dieter Balkow, Matthias Schuler and Werner Sobek (eds.), Glass Construction Manual, Basel/Boston/Berlin: Birkhäuser, 2007, 11–29.

STALDER 2014
Laurent Stalder, 'Glas 1930–1970', in: Susanne Hauser and Julia Weber (eds.), Architektur in transdisziplinärer Perspektive von Philosophie bis Tanz: Aktuelle Zugänge und Positionen, Architekturen 23, Bielefeld: transcript, 2014, 19–42.

STEPPUHN 2016
Peter Steppuhn, 'Flachglasproduktion und Flachglashandel vom Hochmittelalter bis zur Frühen Neuzeit in Deutschland und den Niederlanden', in: Simone Bretz, Carola Hagnau, Oliver Hahn and Hans-Jörg Ranz (eds.), Deutsche und niederländische Hinterglasmalerei vom Mittelalter bis zur Renaissance, Munich: Deutscher Kunstverlag, 2016, 90–99.

STROBL 1990
Sebastian Strobl, Glastechnik des Mittelalters, Stuttgart: A. Gentner, 1990.

TAYLOR/HILL 2002
Mark Taylor and David Hill, 'An Experiment in the Manufacture of Roman Window Glass', Bulletin of the Association for Roman Archaeology 13, 2002, 19.

THEOPHILUS/DODWELL 1986
Theophilus Presbyter and C. R. Dodwell, The Various Arts: De Diversis Artibus, Oxford Medieval Texts, Oxford/New York: Clarendon Press/Oxford University Press, 1986.

THIEKÖTTER 1993
Angelika Thiekötter (ed.), Kristallisationen, Splitterungen: Bruno Tauts Glashaus, Basel/Berlin: Birkhäuser, 1993.

THOMAS 2018
Catherine Thomas, 'La société anonyme Brevets Fourcault: victime de guerre?', in: Stéphane Palaude and Catherine Thomas (eds.), Composer avec l'ennemi en 14–18. La poursuite de l'activité industrielle en zones de guerre, Brussels: Académie royale de Belgique, 2018, 223–33.

VAN DE VOORDE/BERTELS/WOUTERS 2015
Stephanie Van de Voorde, Inge Bertels and Ine Wouters, Post-War Building Materials in Housing in Brussels, 1945–1975 = Naoorlogse Bouw-Materialen in Woningen in Brussel, 1945–1975 = Matériaux de construction d'après-guerre dans l'habitation à Bruxelles, 1945–1975, Brussels: Vrije Universiteit, 2015, http://postwarbuildingmaterials.be/material/glass-and-glazing/ (accessed 3 February 2023).

VERITÀ 2013
Marco Verità, 'Venetian Innovations in Glassmaking and Their Influence on the European Glass History', in: Anne-Laure Carré, Sophie Lagabrielle, Corine Maitte and Michel Philippe (eds.), Les innovations verrières et leur devenir. Actes du deuxième colloque international de l'association

Verre & Histoire, Nancy 26–28 March 2009, Les Cahiers de Verre & Histoire 2, Paris: Verre & Histoire, 2013, 201–11, http://www.verre-histoire.org/colloques/innovations/pages/p201_01_verita.html (accessed 3 February 2023).

VÖLCKERS 1939

Otto Völckers, Glas und Fenster: Ihr Wesen, ihre Geschichte und ihre Bedeutung in der Gegenwart, Berlin: Bauwelt-Verlag, 1939.

WHITEHOUSE 2002

David Whitehouse, 'The Transition from Natron to Plant Ash in the Levant', Journal of Glass Studies 44, 2002, 193–96.

WIGGINTON 1996

Michael Wigginton, Glass in Architecture, London: Phaidon, 1996.

WOLF ET AL. 2017

Sophie Wolf, Cordula Kessler, Jürg Goll, Stefan Trümpler and Patrick Degryse, 'The Early Medieval Stained Glass Windows from St. John, Müstair: Materials, Provenance and Production Technology', in: Sophie Wolf, Anne de Pury-Gysel and Association internationale pour l'histoire du verre (eds.), Annales du 20e congrès de l'Association internationale pour l'histoire du verre, Fribourg/Romont 7–11 September 2015, Rahden/Westfalen: Verlag Marie Leidorf, 2017, 660–67.

YEOMANS 2001

David Yeomans, 'The Origins of the Modern Curtain Wall', *APT Bulletin* 32.1, 2001, 13–18, https://doi.org/10.2307/1504688.

PART 1
SHEET GLASS PRODUCTION FROM PRE-INDUSTRIAL TIMES TO THE PRESENT DAY

1

FROM FRANCE TO FRANCONIA
THE TECHNICAL INNOVATION OF CROWN GLASS

Alexandra Schmölder

Abstract

The lack of colour in clear window panes may be a reason for not paying much attention to their manufacturing techniques. In contrast to the cylindrical-sleeve process used for Gothic stained-glass windows, the crown-glass method for clear panes is seldom discussed in German glass literature. Furthermore, misleading and contradictory definitions have caused confusion. There is also little awareness of the fact that crown glass was produced on a large scale in Franconia, a region in southern Germany.

The crown-glass technique required a team of skilled glass-makers who were able to produce large-sized flat discs with a fire polish. These discs had to be cut into angular shapes that were then assembled to form a window. Knowledge of this technique will entail a new approach to evaluating and dating flat glass, as the angular shape of the finished product leads to its being easily mistaken for cylinder glass.

The manufacturing technique is well illustrated in a number of etchings published in the French encyclopaedia by Diderot and d'Alembert. There is however no German translation of the associated explanatory texts. The first German description of the crown-glass method only appeared in 1818. Recent monographs on Franconian glass-houses in the region of the Spessart Mountains and Steigerwald not only provide evidence for the production of crown glass, but also reveal a transfer of knowledge from France to Germany.

With a growing awareness of crown glass, the number of findings documented in Germany will hopefully increase. Only recently, crown glass was discovered in St Michael's monastery, Bamberg. Since this specialized technique is no longer in use in Germany, finding adequate replacement glass is a challenge facing heritage conservation experts.

Keywords

Crown glass, roundel, window pane, historic glass production, Franconia

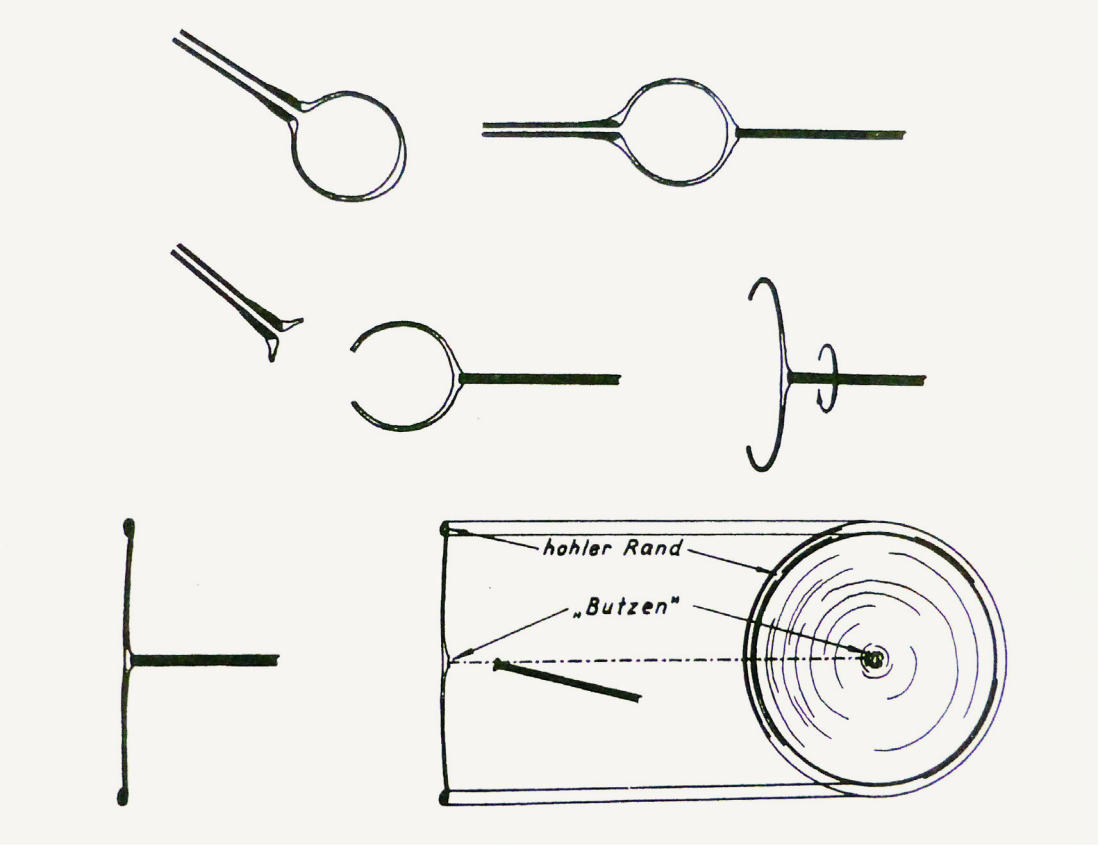
Historic windows in secular buildings have long been the focus of heritage conservation as they are regarded as important architectural elements. The construction of window frames, especially when it comes to restoration and improving energy efficiency, is closely considered, and ideas for adapting to modern energy standards are discussed. Yet the types of glass and even less their manufacturing methods are not

taken into account or mentioned. There is little consideration for historic glass in secular buildings where colourless glass predominates. When panes were installed, their functionality was defined to a significant extent by the clearness and transparency of the glass: the less the glass impaired the view, the better. As a result, clear transparent glass is generally not noticed. Apart from the alleged unattractiveness of colourless glass, there is great uncertainty about the production methods of historical window glass dating from the Middle Ages up to modern times, in particular in German glass literature, where contradictory explanations are common.

There are basically two different ways of producing window glass by means of a blowpipe. The first method requires the blowing of a cylinder that is later slit open to create a pane. This cylinder-sleeve process, known from Gothic stained-glass windows, is well documented. It remained an important technique throughout the centuries and was only replaced in the 1920s by the new industrial drawing process. In the second method, instead of a cylinder, the starting point is a blown sphere that is opened and spun into a flat disc. Diameters however can range widely, from 9 cm to 150 cm. In this article, small discs (9–12 cm) are referred to as glass with a bull's eye due to its thickened middle or simply as roundels (German: *Butzenscheiben*) and are considered to be finished products in themselves.[1] To obtain a large, crown-glass disc (German: *Mondglasscheibe* or *Mondglas*, which literally translated means 'moon glass panel' or 'moon glass'), completely different handling is required, and the resulting end products are not round, as the disc was usually divided into angular shapes.[2] The crown-glass technique was particularly widespread in France and Great Britain until about the middle of the 19th century, but in German glass literature the technique is often confused with the production of glass with a bull's eye and it is not widely known that crown glass was produced in considerable quantities in Franconia, Southern Germany, for use in both ecclesiastic and secular buildings. Thanks to Werner Loibl's extensive publications, the introduction of crown-glass production in Germany can be reconstructed.[3] This is a significant consideration in any monument-conservation assessment.

One of the reasons for the confusion about roundels and crown glass goes back to a semantic curiosity in the German language. The original meaning of the German word *Scheibe* is something circular. Accordingly, a *Glasscheibe* initially referred to a round piece of window glass.[4] In contrast, a rectangular pane was called a *Glastafel* or *Tafel*.[5] By the 19th century, however, when round forms had gone out of fashion and were no longer commonly produced for urban windows, the meaning of *Glasscheibe* had shifted towards rectangular panes. The term *Fensterscheibe* or *Glasscheibe* took over and became the common expression for all window panes, despite the fact that they are rarely circular in shape.

The technique for producing roundels for glazing windows originated in the Middle East and became fashionable in Venice in the 14th century. Known in Germany as *venedisch scheyben* ('Venetian panes'),[6] they were sought-after products because of their transparency, colourlessness and brilliance. In Germany in the 15th and 16th centuries, it was still difficult to produce glass without a tinge, as too many impurities

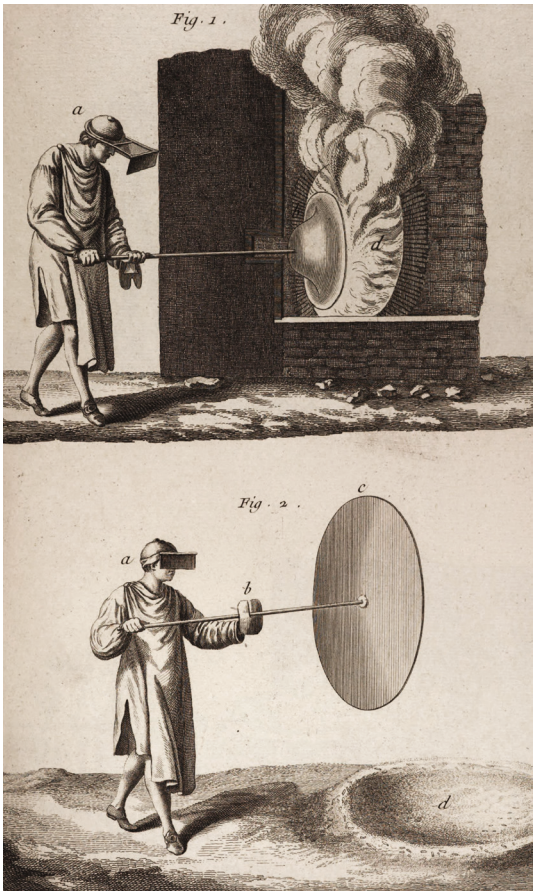


1 Production of a roundel; anonymous drawing, published in Lerner 1981, p. 75.

existed in the raw materials and access to sodium-based fluxes was limited. Italian glass-workers were therefore hired to help imitate the Venetian manner and reveal the secret, though this did not really lie in the technique, but rather in the availability of better raw materials. The reference to *venedisch scheyben* soon lost its meaning of glass originating in Venice. In Germany, roundels appear as urban window glazing from about the late 15th century until well into the 18th century in rural areas.[7] The technique itself did not require special skills. Glass-makers familiar with making vessels could easily produce small discs with diameters between 9 cm and 12 cm and a thickness less than 1 mm. After blowing a hollow glass globe, a punty is attached to the side opposite the blowpipe (Fig. 1).[8] The blowpipe is then cut off, leaving a hole in the glass globe, which is widened by spinning the punty. Centrifugal force not only flattens the glass but is also the reason for circular streaks on the finished glass. At the same time, the rim of the glass is turned in a manner similar to the way in which the feet of drinking glasses are made, adding stability to the glass disc. Finally, the punty is removed, leaving a characteristic scar in the middle, known as a bullion or bull's eye (French: *boudine*, German: *Butzen*, hence the name *Butzenscheibe* for this type of glass). Due to the small size and extreme thinness of less than 1 mm of the roundels, cooling



2



3

off could take place in hot ash either inside or outside an annealing oven.[9] In the 16th century, a single glass-maker was able to produce up to 600 roundels a day,[10] a quantity, for pre-industrial days, that almost resembles mass-production standards. In 1645, Castle Friedenstein in Gotha received a load of 44,000 pieces and 8,000 coins for the spaces between the circles.[11] As roundels were finished products, they could easily be transported from the glass-house to the glaziers, who would then mount them with strips of lead in regular or irregular rows to build a window. A good impression of how *Butzenscheiben* were used is given in paintings by Albrecht Dürer,[12] Lucas Cranach[13] or Mathias Grünewald,[14] demonstrating a particular, perhaps new interest in this type of window in Germany.

In German glass literature there is a widespread opinion that a *Butzenscheibe* is the middle part of a crown-glass disc. This belief has persisted since the 19th century up to the present day,[15] as there are certain similarities in production and both have a bullion in the middle. Not surprisingly, the terms *Butzenscheiben* and *Mondglas* are often used as synonyms,[16] and crown-glass discs can indeed be regarded as oversized roundels. The decisive difference between the two types lies in the way they are used. Furthermore, the production of large-sized discs could not be handled by a single



4

2 Production of crown glass: reheating the opened glass globe, widening the rim with the help of an assistant; plate XIV from Diderot/d'Alembert 1772.

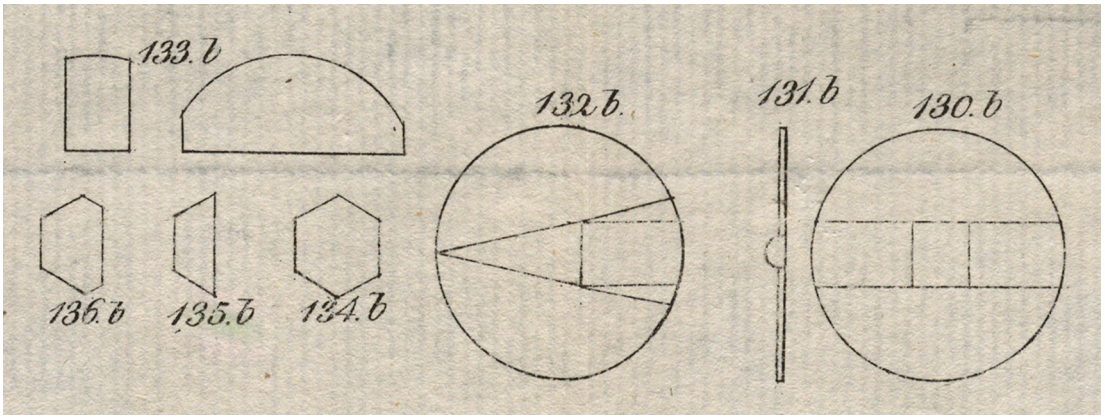
3 Production of crown glass: spinning the opened glass globe into a flat disc; plate XV from Diderot/d'Alembert 1772.

4 Production of crown glass: cooling of the disc in hot ash to remove the punty, transfer of the large disc to an adapted annealing oven for further cooling; plate XVI from Diderot/d'Alembert 1772.

glass-maker, but needed a well-coordinated team of specialists. Last but not least, the large size of the discs required an adaptation to the openings of the main oven and the annealing oven (Fig. 4).

It is not known how the idea of producing large-sized glass discs came about. It may have derived from the wish to improve the transparency of the glass, which was inhibited by the bullion. The large diameter of a crown-glass disc provided wide areas of clear glass adjacent to the bull's eye. The thickened middle part itself, however, was usually discarded and recycled.[17] The streaks characteristic of the process were elongated and less disturbing.[18] Furthermore, the brilliant lustre of crown glass was much appreciated. Unlike in the cylinder-sleeve process, where the glass had to be flattened on a metal or glass plate, neither crown glass nor roundels came into contact with any other surface, and they therefore obtained a natural fire polish. High quality and lustre contributed to the fact that crown glass was produced in Germany until the middle of the 19th century, when the availability of large rectangular formats from the cylinder-sleeve method displaced it.

The crown-glass method is well illustrated in a series of engravings published in volume X of the French encyclopaedia by Diderot and d'Alembert in 1772 (Figs. 2–4).[19]



5 Cutting of a crown-glass disc into half-moons, either along two parallel lines (right) or two lines meeting at a point (middle), in order to cut out the bull's eye and obtain one or two smaller pieces or one large rectangular piece, with the rest cut into further shapes, as shown on the left; pattern according to Tabor 1818, table V, annex.

These engravings still feature in German glass literature even today, despite the fact that no German translation of the explanatory texts is available.[20]

For the production of crown glass, a team of at least three skilled glass-workers is necessary. One of the workers, usually the least experienced, begins with the gathering of molten glass mass from the oven using a blowpipe. Outside the oven, the glass cools down over a water-filled basin and is shaped into an elongated ball with the help of a special wooden plank or mould. The glass-maker repeats the gathering and cooling-down process up to five times, each time lifting more weight onto the blowpipe, until the required amount of glass is obtained. All the time he is constantly turning the pipe so as not to lose any glass. Once this work is done, the glass-blower takes over and inflates the glass mass into a hollow bubble, forming a special 'nose' where the punty will be attached. The task of turning and blowing simultaneously while also shaping the glass globe is the most difficult part of the process, requiring a lot of experience, skill and strength. In fact, human lung power and physical strength set a limit to the final size of the disc. When the punty is fixed with the help of an assistant, the sphere is opened and the opening widened. Lastly, the master glass-blower finishes off the process, spinning the punty quickly and with great strength to form a flat disc. The disc must then cool off in a mould of hot ash before the punty is removed and the disc safely transferred into an annealing oven with a mouth large enough to fit the disc. Towards the end of the 18th century, 150 up to a maximum of 200 discs were assembled in one oven.[21]

After the cooling process, which took around two days in winter and three or four days in summer,[22] the glass discs were cut into pieces,[23] initially along two straight lines to either side of the bullion (either in parallel or at an angle to each other), producing two half-moon shapes from the disc. Whereas the French glass-houses preferred to sell whole discs, in Germany half-moon shapes came on the market and were referred to as *Mondscheibe* or *Mondglas*.[24] According to a pattern published by Carl Wigand Tabor (Fig. 5),[25] a former director of a crown-glass manufacturing company in Franconia,



6 Crown glass used for the hexagonal glazing on the south side of the choir of St Michael's, Bamberg.

these half circles were further cut, where possible, into large flawless rectangular pieces.[26] The rest of the glass was cut into other forms, predominantly hexagonal shapes; 23–24 large discs could yield approximately 1,000 hexagonal pieces.[27] Today, many Baroque churches still give evidence of a preference for the hexagonal shape. It was an advantage that these hexagons could be mounted without any gaps, in contrast to circular shapes. Recently, hexagonal panes of crown glass were identified during the renovation work at St Michael's monastery in Bamberg, owing to its typical, fire-polish lustre (Fig. 6). The use of cut crown glass also means that a rectangular pane can derive from what was originally a round shape. Indeed, the crown-glass method constitutes an alternative way of producing a *Tafel* alongside the cylinder-sleeve method. This is an important consideration when looking at historic windows.

The cradle for the production of colourless roundels in Europe is located in either Venice or in Normandy, where some of the earliest examples, dating to the late 13th century, were found in Rouen.[28] The invention of crown glass is also thought to have occurred in Northern France. For some time, it was attributed to Philippe Caqueray (also Cacqueray), who apparently worked in this region in the 14th century.[29] This theory was however disproved by Jean Lafond[30] and is now generally not recognized.[31] Nevertheless it can be said that a centre of crown-glass production was already well established in Normandy by the end of the 17th century, when France was the leading force in Western Europe in terms of glass production. Above all, innovations to improve the

manufacture of mirrors took place there, resulting in the foundation of the famous Saint-Gobain manufactory in 1688[32] to satisfy Louis XIV's growing demand for luxury at his castle in Versailles.

Inspired by visits to French mirror manufactories in 1685, Landgrave Friedrich II of Hessen-Homburg decided to establish a similar one on his estates along the road connecting Berlin and Hamburg.[33] He chose Neustadt an der Dosse in Brandenburg, about 100 km northwest of Berlin, as a suitable location. There, in 1695, a troop of glass specialists consisting of Germans, Frenchmen and Englishmen came together with the aim of producing mirrors.[34] Among them were also specialists in making crown glass who had become unemployed in France when royal glass manufacturies were given priority for specialized glass products.[35] After only three years of activity, however, the mirror-glass factory in Neustadt an der Dosse was closed for political reasons. The glass specialists dispersed throughout Germany, some taking over a disused glass-house in Rechtenbach in the Spessart Mountains in Franconia, a forested area east of Frankfurt am Main belonging to the principality of Kurmainz. This region had been a centre for glass production since the 12th century.[36] Guillaume Brument and Pierre Bernard de Saint-Pierre gathered a group of glass specialists with the aim of providing exclusive mirrors as well as quality window glass for local aristocrats. Together with the new French casting method, they introduced the French crown-glass technique to Franconia. Written sources are not clear as to when exactly the first Franconian crown glass was produced, although it is believed to be around 1700 in Rechtenbach near Lohr, in the Spessart Mountains.[37] Soon, in 1716, the French experts founded a specialized crown-glass manufactory in Weibersbrunn, also near Lohr. It became famous for its quality products for nearly 100 years, and its output was considerable.[38] For example, it is documented that 4,000 hexagonal pieces from Lohr were delivered to the Spitalbau in Bamberg.[39] In 1733/34, some of the glass-workers moved on to be employed in Fabrikschleichach, in the Steigerwald region between Bamberg and Würzburg, in the eastern part of Franconia. Balthasar Neumann (1687–1753), chief architect and engineer under Lothar Franz von Schönborn, had founded a glass manufactory there to ensure the production of high-quality window panes for his numerous building projects. It is documented that until 1755 window glass for Balthasar Neumann's castles in the Rhineland came from the Steigerwald.[40]

Reference to France is expressed in the product name *Franzen-Scheiben*,[41] discs made in the French manner, which is used in literary sources alongside the expression *Lohrer Scheiben*,[42] which refers both to the place of manufacture and to glass' quality. The origin of the English term crown glass, however, is less straightforward. According to McGrath/Frost, 'the credit for the introduction of crown-glass manufacture to England is claimed for the Bear Garden Glasshouse which between 1678 and 1691 was worked by John Bowles'.[43] Bowles is said to have acquired the secret of making crown glass in Normandy by some sort of espionage, but it is likely that the crown-glass technique had already been introduced into England before. Nevertheless, the term 'crown glass' is linked to John Bowles, as a crown was embossed at the centre of each pane

that left the factory.[44] Apparently, the French crown-glass technique was much sought after, not only in Franconia.

The production of high-quality crown glass was adopted by and well established in several Franconian glass-houses over the course of the 18th century. Yet while crown glass is documented in literary sources, extant crown-glass products remain to be identified. Knowledge of another way of producing rectangular window panes apart from the cylinder-sleeve method will increase the awareness of heritage conservators when they assess historic glass windows in the future. Today, the ability to produce large-sized crown-glass discs has been lost. Only discs with small diameters of around 30 cm can be achieved, which begs the question as to how crown glass might be adequately replaced.

1 Tutton and Hirst explicitly suggest the use of the term roundels in contrast to crown glass (Tutton/Hirst 2007, 136–137).
2 For the terminology, see Loibl 2003.
3 Relevant for this article are Loibl 2003, 2006, 2012a.
4 Also called a *gemeine Scheibe*. See Loibl 2003, 104, and Loibl 2006, 708.
5 Mathesius 1562, 278r–278v; Krünitz 1788, 762.
6 Frenzel 1973.
7 See Tabor 1818, 111.
8 No contemporary German source explains the technique in the 15th century. Agricola 1556, 506–08, gives us a preliminary idea.
9 Loibl 2006, 711.
10 Ibid., 709.
11 Lietz 1982, 96–98, mistakenly speaking of Friedrichstein.
12 Albrecht Dürer, *St Jerome in his Study*, 1514, engraving, Albertina, Vienna.
13 Lucas Cranach the Elder, *The Payment*, 1535, Nationalmuseum, Stockholm.
14 Mathias Grünewald, *St Antony*, Isenheim Altarpiece, 1512, Musée Unterlinden, Colmar.
15 Merck/Beythien 1922, 139; Plett 1935, 9; Völckers 1939, 25; Jebsen-Marwedel 1960, 21; Merten 1954; Bundesdenkmalamt Österreich 2015, 145. See also the information board in the Deutsches Museum in Munich on making a window with roundels.
16 Bowles 1833, 79; Jaschke 1986, 49–51; Lerner 1981, 71.
17 In some cases, it was used for lanterns or low-quality windows.
18 Tabor 1818, 112, speaks of a few streaks.
19 Diderot/d'Alembert 1772.
20 Spoerer/Busl/Krewinkel 1988, 25. The best German summary of Diderot/d'Alembert's explanation can be found in Loibl 2012b, 469–501. See also Tabor 1818, 111–155.
21 Tabor 1818, 148.
22 Ibid., 149.
23 There are few exceptions; see Loibl 2012b, 498.
24 Tabor 1818, 111.
25 Ibid., figs 130–132, table V, annex.
26 Ibid., 1818, 150.
27 Ibid., 151–52.
28 Strobl 1990, 61.
29 Schulz 1928, 48; Völckers 1939, 25; Jaschke 1986, 49–51.
30 Lafond 1969.
31 Strobl 1990, 62; Loibl 2003, 104.
32 Loibl 2010, 83.

33 Loibl 2012a, 87.
34 Ibid., 87.
35 Ibid., 86.
36 Krimm 1988, 112.
37 Loibl 2012a, 292.
38 Tabor 1818, 151–52.
39 Petzet 1990, 431.
40 Loibl 2012a, 546.
41 Loibl 2002, 216–17.
42 Wolfgang von Goethe noticed *Lohrer Glas* in a tavern in Heilbronn; Loibl 2012a, XIX.
43 McGrath/Frost 1961, 42; Barker 1960, 51.
44 Ibid.

Bibliography

AGRICOLA 1556
Georgius Agricola, De Re Metallica Libri XII: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, Unveränderter Nachdruck der Erstausgabe des VDI-Verlags, Berlin 1928, Wiesbaden, 2nd edition, 2007.

BARKER 1960
Theodore C. Barker, Pilkington Brothers and the Glass Industry, London: Allen & Unwin, 1960.

BOWLES 1833
Bowles, Die Fabrikation des Glases nach den neuesten Erfindungen und Verbesserungen, Quedlinburg/Leipzig: Gottfried Basse, 1833.

BUNDESDENKMALAMT ÖSTERREICH 2015
Bundesdenkmalamt Österreich (ed.), ABC: Standards der Baudenkmalpflege, 2nd edition, Vienna, 2015.

DIDEROT/D'ALEMBERT 1772
Denis Diderot and Jean le Rond d'Alembert (eds.), Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers: Recueil de planches sur les sciences, les arts liberaux, et les arts méchaniques, avec leur explication, vol. 10, 337 plates, Paris: Briasson, 1772. Available at http://enccre.academie-sciences.fr/encyclopedie/planche/v25-x17?p=v25-g165&vp=y& (accessed 26 October 2023).

FRENZEL 1973
Gottfried Frenzel, 'Venedisch Schewen', Jahrbuch der bayerischen Denkmalpflege 28, 1973, 109–12.

JASCHKE 1986
Brigitte Jaschke, 'Glasherstellung: Produkte, Technik, Organisation', in: Deutsches Museum (ed.), Beiträge zur Technikgeschichte für die Aus- und Weiterbildung, Munich: Deutsches Museum, 1986.

JEBSEN-MARWEDEL 1960
Hans Jebsen-Marwedel, Tafelglas in Stichworten, 2nd edition, Essen: Girardet, 1960.

KRIMM 1988
Stefan Krimm, 'Historisch-topographisches Verzeichnis der Glashüttenstandorte im Spessart', in: Gerhard Kampfmann and Stefan Krimm (eds.), Verkehrsgeographie und Standorttypologie der Glashütten im Spessart, Studien zur Geschichte des Spessartglases 2, Neustadt an der Aisch: Verlagsdruckerei Schmidt, 1988, 111–224.

KRÜNITZ 1788
Johann G. Krünitz, Oekonomisch-technologische Encyklopädie, 18, 2nd edition, Berlin, 1788. Available at https://www.kruenitz1.uni-trier.de/ (accessed 26 October 2023).

LAFOND 1969
Jean Lafond, 'Was Crown Glass discovered in Normandy in 1330?', Journal of Glass Studies 11, 1969, 37–38.

LERNER 1981
Franz Lerner, Geschichte des Deutschen Glaserhandwerks, 2nd edition, Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1981.
LIETZ 1982
Sabine Lietz, Das Fenster des Barock: Fenster und Fensterzubehör in der fürstlichen Profanarchitektur zwischen 1680 und 1780, Kunstwissenschaftliche Studien 54, Munich: Deutscher Kunstverlag, 1982.
LOIBL 2002
Werner Loibl, 'Die Spiegel- und Glasmanufaktur in Klarenthal bei Wiesbaden (1706-1723)', Nassauische Annalen 113, 2002, 189–240.
LOIBL 2003
Werner Loibl, 'Zur Terminologie des historischen Flachglases', in: Peter Steppuhn (ed.), Glashütten im Gespräch, Lübeck: Schmidt-Römhild, 2003, 103–07.
LOIBL 2006
Werner Loibl, (Fabrik-)Schleichach: Die Geschichte der Glashütte im Steigerwald (1706–1869), Bamberg: Selbstverlag, 2006.
LOIBL 2010
Werner Loibl, 'Die Glasformung durch Gießen und die französische Technologie im 17. Jahrhundert', Journal of Glass Studies 52, 2010, 69–89.
LOIBL 2012A
Werner Loibl, Die kurmainzische Spiegelmanufaktur Lohr am Main (1698–1806), Studien zur Geschichte des Spessartglases 1, Neustadt an der Aisch, 2012.
LOIBL 2012B
Werner Loibl, Die kurmainzische Spiegelmanufaktur Lohr am Main (1698–1806): Der Regiebetrieb der kurmainzischen Spiegelmanufaktur Lohr am Main, Studien zur Geschichte des Spessartglases 2, Neustadt an der Aisch, 2012.
MATHESIUS 1562
Johann Mathesius, Sarepta oder Bergpostill Sampt der Jochimßthalischen kurtzen Chroniken, Nuremberg, 1562.
MCGRATH/FROST 1961
Raymond McGrath and A. C. Frost, Glass in Architecture and Decoration, London: The Architectural Press, 1961.
MERCK/BEYTHIEN 1922
Klemens Merck and Adolf Beythien (eds.), Merck's Warenlexikon für Handel, Industrie und Gewerbe, 8th edition, Leipzig: Gloeckner, 1922.
MERTEN 1954
Heinz Merten, 'Butzenscheibe', in: Otto Schmitt (ed.), Reallexikon zur deutschen Kunstgeschichte, 3, Munich: Zentralinstitut für Kunstgeschichte, 1954, 292–98.
PETZET 1990
Michael Petzet (ed.), Stadt Bamberg: Innere Inselstadt, Die Kunstdenkmäler von Bayern VII, Munich: De Gruyter Oldenbourg, 1990.
PLETT 1935
Walther Plett, Glas III: Gußglas und Spiegelglas, Der Unterrichtsfilm, Beihefte der Reichsanstalt für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht, Stuttgart/Berlin, 1936.
SCHULZ 1928
Hans Schulz, Die Geschichte der Glaserzeugung, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1928.
SPOERER/BUSL/KREWINKEL 1988
Mark Spoerer, Albert Busl and Heinz W. Krewinkel, 500 Jahre Flachglas 1487–1987: Von der Waldhütte zum Konzern, 2nd edition, Schorndorf: Hofmann-Verlag, 1988.
STROBL 1990
Sebastian Strobl, Glastechnik des Mittelalters, Stuttgart: Gentner, 1990.
TABOR 1818
Carl W. Tabor, Versuch einer ausführlichen Anleitung zur Glasmacherkunst für Glashütten-

besitzer und Cameralisten: Zweyter oder praktischer Theil, Frankfurt am Main: Andreäische Buchhandlung, 1818.

TUTTON/HIRST 2007

Michael Tutton and Elizabeth Hirst (eds.), Windows: History, Repair and Conservation, Shaftesbury: Donhead Publishing, 2007.

VÖLCKERS 1939

Otto Völckers, Glas und Fenster: Ihr Wesen, ihre Geschichte und ihre Bedeutung für die Gegenwart, Berlin: Bauwelt-Verlag, 1939.

2

SCOTTISH WINDOW GLASS
A NEW INDUSTRY IN THE 17TH AND 18TH CENTURIES

Helen Spencer

Abstract

Window glass was first produced in Scotland from its raw materials in the early 17th century CE. Up until then, there is only evidence for remelting glass to make small objects and no direct evidence for the manufacture of window glass. Therefore, it is assumed that all window glass was imported in sheets. It was only at the start of the 17th century that entrepreneurs and glass-makers set up window-glass furnaces to supply the burgeoning local Scottish market. This paper reviews the archival and archaeological evidence for window-glass manufacture in Scotland from 1610 to 1750 and provides a summary of recent scientific analysis of window glass from a range of domestic sites from this period. This adds to our knowledge of the recipes of window glass and suggests that some innovative recipes were being used in Scotland during the 17th century. Two of the early industrial glass-furnace sites have also recently been excavated, and these investigations have shed new light on window-glass manufacture during this period.

Keywords

Window, glass, Scotland, post-medieval, industry

Introduction

In Scotland, there is no definitive evidence for the manufacture of glass from its raw materials until 1610, when a patent for glass manufacture was taken out by Sir George Hay.[1] While there is some evidence that glass was recycled and remelted to make small items, there is no such evidence for window-glass manufacture. It is therefore likely that all window glass used up until the late medieval period was imported.
While the documentary evidence for glass production in Scotland from 1610 onwards has been studied in detail,[2] there has been little work on the artefactual evidence or scientific analysis of post-medieval Scottish window glass. It is only recently that more detailed examination has been carried out, with scientific analysis being used to attempt to distinguish between different glass recipes used for window glass throughout the post-medieval period in Scotland.[3] This work of chemically characterizing



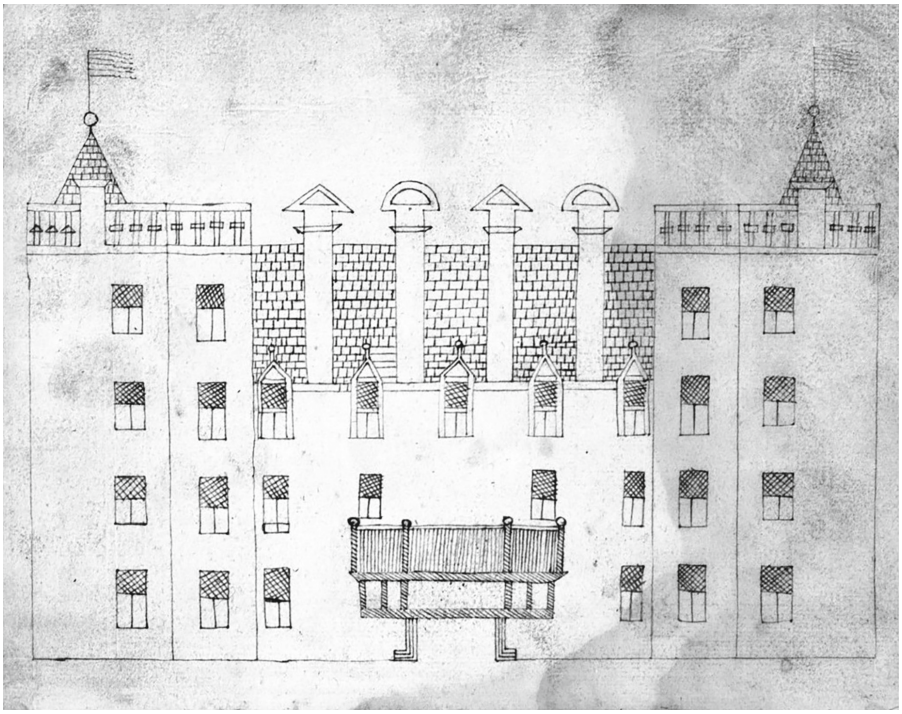
1 A reconstruction drawing of the 16th-century Preston Tower House in East Lothian.

window glass from across Scotland made during the 17th and 18th centuries sheds new light on the manufacture of window glass in Scotland.

The Use of Window Glass in Scotland

During the late medieval period, window glass was predominantly confined to ecclesiastic and monastic buildings in Scotland.[4] Following the Reformation in the 1560s, plain window glazing became more common, and window glass was used more frequently in larger domestic buildings from the last quarter of the 16th century.[5] It has been suggested that the 'Little Ice Age'—a period of colder inclement weather during the latter half of the 16th and the early part of the 17th centuries—encouraged those that could afford it to glaze their homes to improve insulation.[6] During this period, many Scottish 'Tower Houses' were also built,[7] and many of these would have had window glass installed (Fig. 1). Traditional domestic glazing utilized diamond quarries set in lead cames, in a wooden frame, with wooden shutters used for the lower half of the windows.[8] Contemporary drawings show properties such as Hamilton House in 1677 with glazing of this type (Fig. 2).

Window glass was still not common in the early 17th century. In 1636, an English visitor to Edinburgh commented on the lack of glass windows in the High Street—where 'few or none' could be seen.[9] However, by 1689 it is recorded that the newer houses in



2 A drawing by Issac Miller of Hamilton Palace c.1677, showing shuttered lower windows with diamond glass lozenges above.

Edinburgh were made of stone and had 'good windows modishly framed and glazed'.[10] Only the wealthiest could follow the latest 'English' fashions, and many buildings remained unglazed until the middle of the 18th century. Turnbull[11] reports that oiled paper was still being used as late as 1732.

Importation of Window Glass to Scotland in the Late Medieval Period

From the 14th century onwards, window glass was being imported from Continental Europe, specifically the glass-making regions of Normandy and Lorraine.[12] Some coloured window glass also came from further afield, with one type of light-blue glass likely being made in Germany.[13] Window glass is likely to have been imported via the North Sea using established trading routes from ports such as Bruges and Antwerp to the east coast ports of Leith, Perth, and Aberdeen in Scotland.[14] By the end of the 15th century, glass was primarily being made in the Lorraine area of France, using a high-lime low-alkali (HLLA) recipe. Lorraine seems to be the predominant source of the cheap 'white' glass used in Scotland until the start of the 17th century, although coloured glass was still imported from other regions.

The *Book of Rates of Customs and Valuations of Merchandises of Scotland* (1612) lists five areas from where window glass was imported—Burgundy, Normandy, Rheinland, Danzig, and also (for the first time) England.[15] By the end of the 17th century, records

suggest that most imported window glass was coming from England, specifically Newcastle and London.[16] However, window glass was now made in more significant quantities in Scotland and locally made window glass competed with the imports.

The Manufacture of Window Glass in the Post-Medieval Period in Scotland

Early 17th Century

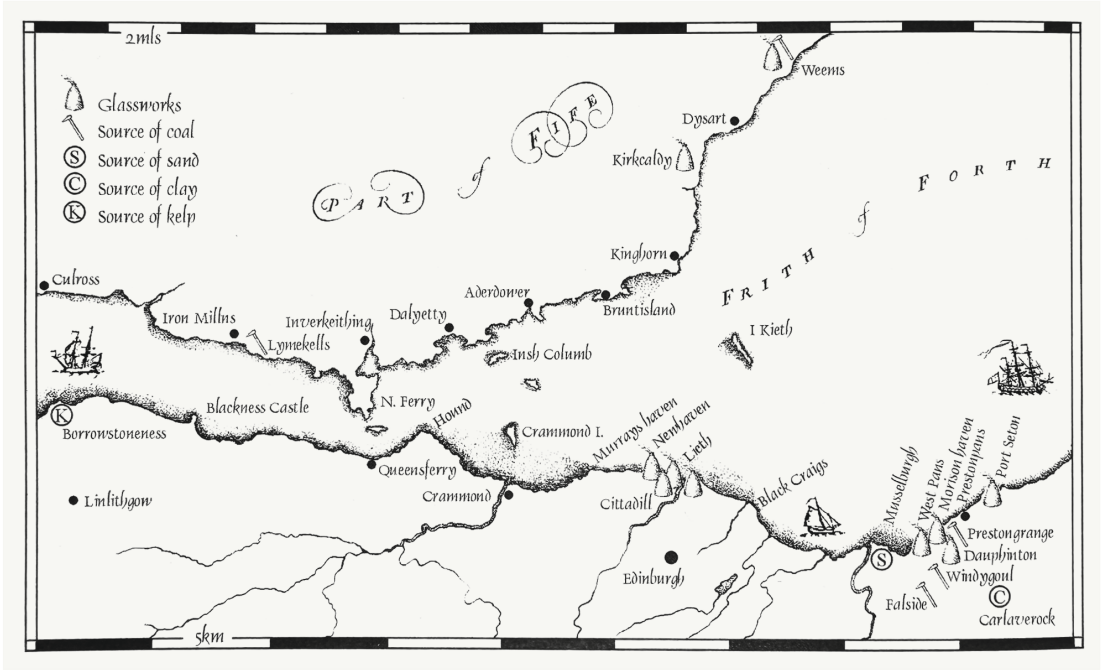
The archival evidence for early glass manufacturing in Scotland is covered in great depth in Jill Turnbull's book *The Scottish Glass Industry 1610–1750: 'To Serve the Whole Nation with Glass'*.[17] Various industrialists and entrepreneurs dabbled in the fledgling glass manufacturing industry.

The earliest record of the production of window glass in Scotland is of an Italian glass-maker, John Maria del Aqua, making window glass for William Crawford in 1619.[18] The minutes of the English Privy Council report that Scottish window glass was being exported to England in that same year, but claim that its quality was poorer than that of English glass, as the Scottish glass-makers did not use 'barilla' (imported sodic plant ash).[19] If barilla was not used to make window glass, then an alternative alkali source must have been used by Scottish glass-makers.

Records from the Glass Commission of 1621 state that broad glass (cylinder glass) made in the Kingdom of Fife at Wemyss was being exported, and stated that its quality was as good as that of Danzig glass, although it could have been thicker and stronger. By 1625, glassworks were in operation along the East Lothian coast between Musselburgh and Cockenzie, at the sites of West Pans and Morison's Haven (Fig. 3). This area was already home to salt pans and close to sources of both coal and sand, as well as being on the shore of the Firth of Forth, allowing the easy import of raw materials and export of finished goods. Edinburgh, just a few miles up the coast, was the largest Scottish market for glass goods. Many of the glass furnaces established in Scotland during the early 17th century were in operation for only a few years. They shut down for a combination of financial reasons, a lack of skilled workforce, and the poor quality of the product. There were 'recurring problems of the projects being over ambitious, inadequately researched and mainly initiated by entrepreneurs with little knowledge of the technology of glass making'.[20]

Late 17th Century

In 1661, the botanist John Ray records that on a trip from Dunbar to Leith he saw a range of 'glasses made from kelp, salt and local sand being made along the coast'.[21] There is no mention by Ray of the use of imported barilla to make glass. A glassworks was set up at Leith in 1663 employing glass-workers from the Dagnia family, and glass continued to be made for over two centuries around Leith and nearby Newhaven. Bottles, vessels, and window glass were all being produced at North Leith in 1678 by the Henzell family from Newcastle. Raw materials were imported from a variety of sources, including coal from Wemyss and Sheriffhall, sand from Musselburgh, and barilla and



3 The Firth of Forth showing the glassworks up to 1750 with sources of supply mentioned in the records.

other 'ashes' from London. Kelp was also obtained from Bo'ness in West Lothian, while the manganese required for the Leith glass-houses was purchased from the Scottish mines at Leadhill.[22]

Sodic ashes were imported from the continent in the form of barilla and polverine throughout the 17th century, however these were expensive and likely used to make vessels.[23] By the second half of the 17th century, kelp made in Scotland was also being imported directly to London glass-houses. Analysis of glass waste from Vauxhall, London from a furnace dated between 1681–1704 showed that kelp was now the main source of the alkali although this may have primarily been the case to make bottles.[24]

Early 18th Century

By 1707, there were at least three glassworks in operation in East Scotland—at Leith, Morison's Haven, and in Glasgow, where a bottle works had been created to serve the growing market in the west of Scotland. The glass industry was competing directly with other industrialized processes that required a cheap source of potassium-rich alkali or 'potash'. The development of a new 'mixed alkali' recipe was a result of using a range of sodic and potassic ashes from varying sources.

Glass manufacture was re-established at Morison's Haven around 1698. Turnbull gives a full account of the plentiful documentary evidence for the ownership, management, glass-workers, and numerous legal disputes related to this furnace.[25] Daniel Tittery, a glass-maker from Newcastle, was initially employed to take on the task of producing broad window glass as well as bottles; the production of plate and 'mirror'



4 Pieces of glass waste excavated from the 1690s glass furnace at Morison's Haven.

glass was also attempted.[26] Recent chemical characterization of glass waste (Fig. 4) from Morison's Haven from the 1698–1727 period of activity found two types of glass.[27] The first was made from a soda-rich flux and high-quality sand with few impurities, and was likely used to make plate glass or vessels. The second type of glass waste was a mixed-alkali glass partially fluxed with kelp, which is most typical of early 18th-century window glass.

By 1727, a furnace making window glass was in operation at Port Seton, just a couple of miles east along the coast from Morison's Haven. An invoice surviving from this glassworks and dating to 1730 records the sale of window glass to Sir John Clerk (1676–1755) of nearby Penicuik. The glass-house would have provided a market for coal from mines around the Tranent and Winton Estates, while the window glass produced could have furnished numerous homes for wealthy Scottish landlords. The co-partners involved in the Port Seton glass-house seem to have attempted to form a monopoly on the Scottish kelp market, in a bid to rival the long-established window-glass works at Newcastle. However, there appears to have been problems with the poor quality of local sand and coal from Tranent, as well as with the production of the crucibles or pots made from local clay. Window-glass production at Port Seton appears to have ceased as a result by 1735. Recent test pit excavations around the site of this furnace have yielded glass and crucible waste, which will be the subject of further research.

Name	Date	Notes
Forest Glass	To 1567	Made using mixed wood and plant ash; potassium rich
High Lime Low Alkali 1 (HLLA1)	1567–1610	Made using ash from hardwoods : calcium rich
High Lime Low Alkali 2 (HLLA2)	1610–1700	Made in coal-fired furnaces – reduced manganese oxide compared to HLLA 1
Mixed Alkali (kelp) glass	1700–1835	Made with seaweed ash – high levels of strontium oxide
Synthetic Soda (SS1)	1835–1870	Soda-lime-silicate glass with low levels of impurities; low levels of phosphorus and magnesium oxides

5 A generalization of English window-glass types, adapted from Dungworth/Girbal 2011 and Kennedy et al. 2013.

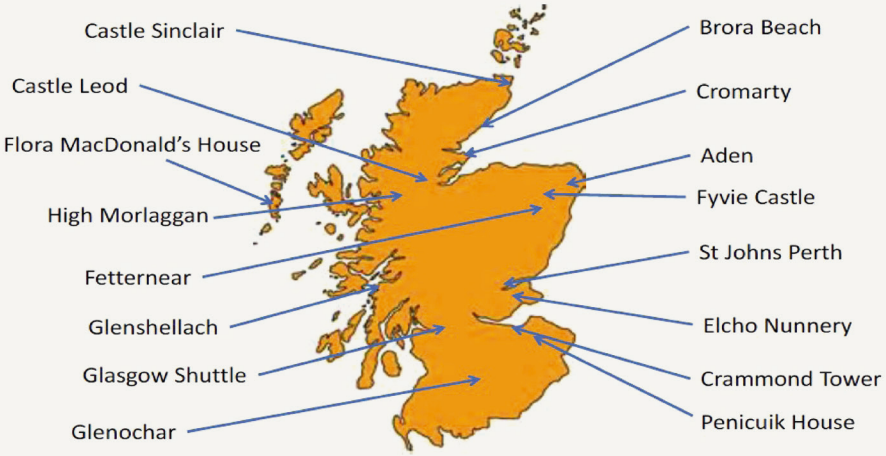
Compositional Analysis of Post-Medieval Window Glass

The English model

Compositional analysis of glass can be useful as a tool to understand more about the recipes and technologies used to make glass and as a supplement to the archival records. Substantial analytical work of hundreds of samples of window glass has been carried out in England resulting in a model that can be used to both characterize and date window glass found *in situ* or on archaeological sites.[28] This is summarized in Fig. 5.[29]

In England, a glass rich in potassium known as 'forest glass' was made until 1567, and although other types of glass were imported in small quantities, this 'forest glass' type predominates. There was an abrupt change in the composition of window glass in England around 1567, when 'forest glass' ceased to be produced and was replaced by a high-lime, low-alkali glass (HLLA1). This change has been attributed to Huguenot glass-makers who arrived from France, initially settling in the south and south-east of England, seeking asylum, and bringing with them this recipe for an HLLA glass.[30] Between 1567 and 1615, window glass in England used this new HLLA1 recipe. It was made using hardwoods and is identified chemically by having high levels of calcium as well as levels of manganese (which was added as a decolourant) above 1%. The introduction of coal-fired furnaces at the start of the 17th century coincides with another change in glass composition.[31] The addition of large amounts of manganese to decolour the glass was no longer required, as more careful control of the furnace conditions enabled the production of lighter tints of glass without the need for a decolourant.

The change of fuel to coal in 1615 also reduced the amount of readily available wood ash—some of which was likely to have been recycled directly from the ash produced from burning wood to fuel the furnaces. It was therefore imperative that other sources of cheap alkali flux were found. In England, glass waste from a mid-17th century coal-fired furnace at Haughton Green, Lancashire, was analysed and found to be HLLA2,



Site	Region	Type	Date (C)
Cramond Tower	Midlothian	Tower House	15th- 18th
Brora Beach	Sutherland	Industrial Salt Making Office	Late 16th-17th
Cromarty	Highland	Burgh	Late 16th-19th
St Johns Kirk	Perth	Church	Late 16th-19th
Fyvie	Aberdeenshire	Castle	Late 16th-17th
Glenochar	Borders	Bastle House	Late 16th-17th
Castle Leod	Sutherland	Castle	Late 16th-19th
Fetternear	Aberdeenshire	Bishops Palace and Later Tower House	Late 14th-19th
Aden	Aberdeenshire	Episcopal Meeting House	Late 16th-17th
Glenshellach	Argyll	Farmstead	18th
Flora MacDonalds' Cottage	Western Isles	Blackhouse Cottage	18th
Elcho Nunnery	Perthshire	Nunnery	15th – 16th
Glasgow Franciscan Friary	Glasgow	Friary	15th – 16th
High Morlaggan	Highland	Rural Settlement	18th – 19th
Penicuik House	Midlothian	Country House	18th
Castle Sinclair	Highland	Castle	16th – 17th

6 Map showing the location of the fifteen post-medieval Scottish archaeological sites analysed.

but with low potassium oxide, suggesting that the main source of alkali used was soda ash.[32] A high level of chlorine may indicate that salt was added as a flux. Lime must have been deliberately added, and the high magnesium levels can be interpreted as showing that it originated from a local dolomite source. By the start of the 18th century, the HLLA recipes had been replaced with a 'mixed alkali' glass type; this was made using kelp as the main flux and is identified compositionally by having levels of strontium oxide of around 0.3–0.5%.

Experimental work

To shed more light on the recipes used in the early Scottish glass industry and compare the recipes used to make window glass in Scotland with the model developed for English glass, over 200 window-glass samples from fifteen post-medieval Scottish archaeological sites ranging in date from the mid-16th to the 19th century were analysed (Fig. 6). The samples were taken from a range of domestic sites including rural farmsteads, burghs, high-status castles, and tower houses. Samples were analysed by p-XRF, SEM-EDS, and LA-ICP-MS with the full methods, data, and results detailed in Spencer 2020.[33]

Summary of Analytical Results

Late 16th – early 17th century

Chemical characterization of late medieval glass has shown that an HLLA1 type of glass, which was most likely made in and imported from Lorraine, was still the main type of window glass used in Scotland from the late 15th century.[34] This glass type was found at Elcho Nunnery, Perth Whitefriars, and Glasgow's Franciscan friary in contexts dating to the late 15th century, and its use continues throughout the 16th century.[35] This is different from the English model where 'forest glass' was predominant until around 1567.

Glass analysed in Scotland dating from the late 16th to early 17th century continues to have HLLA1 compositions, although three clear subgroups were identified, suggesting different origins for the glass. The first of these groups corresponds with glass identified as being manufactured in Lorraine.[36] A second HLLA1 type is richer in silica and has a different alkali composition with low potassium, and with a correlation of sodium and chlorine that suggests the use of salt in the flux; this is also likely to have originated from the Continent.

However, the third type of HLLA1 glass identified by strontium oxide levels of 0.1–0.2% was found at a late 16th-century Episcopal meeting house in Aden, Aberdeenshire, and at Elsrick chapel, also in Aberdeenshire (Fig. 7). This level of strontium oxide in an HLLA1 type glass is unusual and higher than found elsewhere; it could potentially be an indicator of the early use of kelp as a flux. The sand used was rich in iron and aluminium oxide. The range of subtle variations of HLLA1 composition supports the archival evidence that window glass was being imported from several places in Europe



7 Two types of glass found at Aden, a late 16th-century Presbyterian meeting house in Aberdeenshire. The dark green sample is HLLA1 and the clear piece is a sample of HLLA2.

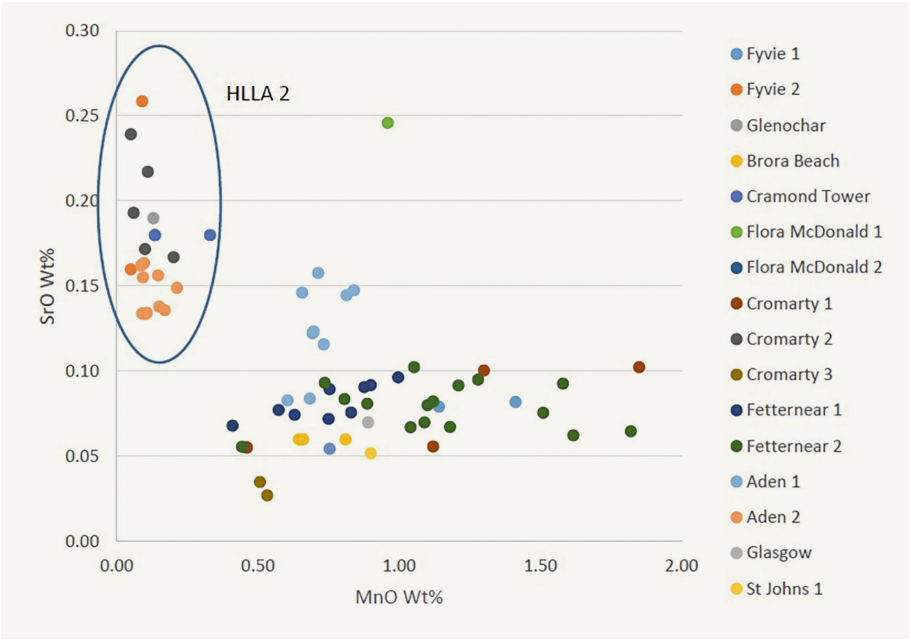
at this time. Further work may be able to differentiate the glass in more detail and identify each of these regional compositions.

17th century

The analysis shows that imported HLLA1 glass was replaced quite quickly by a HLLA2 glass around 1615. However, much of the HLLA2 window glass analysed from Scotland has a level of strontium that is higher than that seen in glass of a similar date from England (Fig. 8). This suggests that kelp was increasingly used during this period as a flux and that early adoption of kelp may be a sign of Scottish manufacture. This adds to the evidence from the archives that suggests that barilla was not used for window glass in Scotland in the early part of the 17th century, and that kelp production was key to window making along the East Lothian coast in the early 1660s.

18th century

By the 18th century, a mixed-alkali glass was being manufactured in both England and Scotland, and it is not possible to distinguish between these by composition. The predominant glass type is a kelp-fluxed mixed-alkali glass with no specific chemical fingerprint that might allow the location of manufacture of this type of glass to be determined. Analysis of trace and rare earth elements (REEs) shows that sand from similar sources was being imported and used on an industrial scale. The glass found in Scotland is consistent with recipes made in England, but could equally have been made at Scottish furnaces. The industrialized process meant that sand, cullet, and flux



8 Graph showing the manganese oxide (wt%) vs strontium oxide (wt%) of HLLA 1 and HLLA 2 glass analysed. Note the higher strontium in the HLLA1 samples from Aden and the HLLA2 samples from Cramond, Cromarty, and Fyvie.

were all being imported from further afield to glass-houses, and that there was less reliance on local resources.

Summary

Importation of HLLA1 glass to Scotland from a number of regions on the Continent continued until the very early 17th century before window glass began to be made in Scotland. The first half of the 17th century was a time of innovation and development in both the Scottish and English glass industries. There would have been a great deal of experimentation at the time to produce the desired locally-made high-quality glass, and to make it to the required standard and cost in order to compete with imports. There would have been a compromise during this period between the use of cheaper local ingredients, such as kelp, and the use of more expensive imported materials in order to produce window glass.

While it has not been possible to identify conclusively a 'Scottish' manufactured window glass, a type of HLLA1 glass with high strontium levels found at Aden and Elsrick, and HLLA2 glass found at Cramond and Glenochar may be examples of early Scottish-made glass, as parallel compositions have thus far not been found in analyses of English window glass or glass-manufacturing waste.

In the late 17th century, a number of short-lived furnaces made window glass for the home market, but glass was also imported in high quantities from England. The analysis shows that there is a wider range of HLLA2 glass compositions from this period,

with the alkali component of the glass reflecting experimentation using different flux sources. The presence of significant quantities of strontium in an HLLA2 type glass found in Scotland is unusual compared with previous glass analyses in England. It is possible that this signifies the use of kelp at an earlier date in Scotland, with use being made of raw materials available in abundance along the East Lothian coast.

By the 18th century, there is little to distinguish mixed-alkali kelp-fluxed window glass made in England and Scotland. Work is ongoing to analyse more 17th-century window glass, in particular that retrieved from archaeological excavations close to the glass furnaces and from properties with a connection to the glass-making entrepreneurs at the time.

1 Turnbull 2001, 1.
2 Turnbull 2001, 2017.
3 Kennedy/Murdoch/Kirk 2013; Murdoch 2008, 2015.
4 Spencer/Kennedy 2017.
5 For example, Cameron 2012; Murdoch 2008.
6 Caen 2010, 54.
7 Tabraham 1988.
8 Murdoch 2010, 128.
9 Brown 1891, 139.
10 Morer 1689.
11 Turnbull 2001.
12 Spencer 2020, 79.
13 Ibid., 280.
14 Webster 1997.
15 Turnbull 2001, 54.
16 Noble 2016; Turnbull 2001.
17 Turnbull 2001.
18 Ibid., 77.
19 Ibid., 78.
20 Ibid., 112.
21 Ibid., 111.
22 Turnbull 2001.
23 Henderson 2005.
24 Tyler/Willmott 2005.
25 Turnbull 2001.
26 Cressey et al. 2012.
27 Spencer et al. 2018.
28 Dungworth 2012a, 2012b.
29 Dungworth/Girbal 2011.
30 Vose 1980.
31 Crossley 2003.
32 Vose 1994.
33 Spencer 2020.
34 Spencer 2020, forthcoming.
35 Ibid.
36 Caen 2010.

Bibliography

BROWN 1891

Peter Hume Brown, Early Travellers in Scotland, Edinburgh: David Douglas, 1891.

CAEN 2010

Joost Caen, The Production of Stained Glass in the County of Flanders and the Duchy of Brabant from the XVth to the XVIIIth centuries: Materials and Techniques, Turnhout: Brepols, 2010.

CAMERON 2012

Alison Cameron, Report on the Excavations at Fyvie Castle, 2012, https://archaeologydataservice.ac.uk/library/browse/issue.xhtml?recordId=1149824&recordType=GreyLitSeries.

CRESSEY ET AL. 2012

Michael Cressey, Melanie Johnson, George Haggarty, Jill Turnbull and Hugh Willmott, 'Eighteenth-century glass and pottery manufacture at Morison's Haven, Prestongrange, East Lothian', Post-Medieval Archaeology 46/1, 36–55; DOI:10.1179/0079423612Z.0000000002 2012.

CROSSLEY 2003

David Crossley, 'The Archaeology of the Coal-Fuelled Glass Industry in England', The Archaeological Journal 160/1, 2003, 160–199.

DUNGWORTH 2012A

David Dungworth, 'Historic Window Glass: The Use of Chemical Analysis to Date Manufacture', Journal of Architectural Conservation 18/1, 2012, 7–25.

DUNGWORTH 2012B

David Dungworth, 'Historic Windows: Investigation of Composition Groups with Non-Destructive pXRF', Glass Technology: European Journal of Glass Science & Technology Part A 53/5, 2012.

DUNGWORTH/GIRBAL 2011

David Dungworth and Bruce Girbal, Walmer Castle, Deal, Kent: Analysis of the Window Glass, English Heritage Technical Report, 2011.

HENDERSON 2005

Julian. H. Henderson, 'Medieval and Post-Medieval Glass Fine Wares from Lincoln: An Investigation of the Relationships between Technology, Chemical Compositions, Typology and Value', The Archaeological Journal 162, 2005, 256–322.

KENNEDY/MURDOCH/KIRK 2013

Craig Kennedy, K. Robin Murdoch and Susie Kirk, 'Characterisation of Archaeological and in situ Scottish Window Glass', Archaeometry 55/3, 2013, 465–478.

MORER 1689

Thomas Morer, A Short Account of Scotland, written 1689, [no place]: Gale ECCO, 2018.

MURDOCH 2008

K. Robin Murdoch, 'The Glass', in Penelope Dransart and Jonathan Trigg (eds.), The Bishop's Palace: Fetternear 2005–2006, Lampeter: Scottish Episcopal Palaces Project. 2008, 41–55.

MURDOCH 2010

K. Robin Murdoch, 'Glass', in: Moses Jenkins (ed.), Building Scotland, Edinburgh: John Donald, 2010.

MURDOCH 2015

K. Robin Murdoch, Glass Report: Cromarty Excavations, 2015; http://www.medievalcromarty.org/index.asp?pageid=607265.

NOBLE 2016

Michael Noble, Eighteenth Century English Glass and its Antecedents: A Documented History of English Glassmaking from the Late Medieval Period to the Industrial Revolution, Gomer Press, Ceredigion: Michael Noble, 2016.

SPENCER 2020

Helen Spencer, Chemical Characterisation of Scottish Medieval and Post Medieval Window glass, PhD thesis, Heriot Watt Univeristy, 2020;https://www.ros.hw.ac.uk/handle/10399/4405 (accessed 10 October 2023)

SPENCER FORTHCOMING

Helen Spencer, 'Changing Origins and Trade Routes of Medieval Scottish Window Glass', in: J. Bouwmeester, D. Berryman and P. L. (eds.), Building Networks: Exchange of Knowledge, Ideas and Materials in Medieval and Post-Medieval Europe, Springer forthcoming.

SPENCER/KENNEDY 2017
Helen Spencer and Craig Kennedy, 'Medieval Window Glass in Scotland', Annales du 20e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Fribourg/Romont, 2017, 672–679.
SPENCER ET AL. 2018
Helen Spencer, Craig Kennedy, Jim Buckman and Alan Forster, 'Chemical Characterisation of Glass Waste and Crucible Fragments from the Late 17th – Early 18th Century Scottish Glass Manufacturing Site at Morison's Haven, East Lothian', Journal of Archaeological Science Reports 18, 2018, 437–466.
TABRAHAM 1988
Christopher. J. Tabraham, 'The Scottish Medieval Towerhouse as Lordly Residence in the Light of Recent Excavation', Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland 118, 1988, 267–276.
TURNBULL 2001
Jill Turnbull, The Scottish Glass Industry 1610–1750: 'To Serve the Whole Nation with Glass', Edinburgh: Society of Antiquaries of Scotland, 2001.
TURNBULL 2017
Jill Turnbull, Scotland's Glass Industry 1750 Onwards, Edinburgh: Society of Antiquaries of Scotland, 2017.
TYLER/WILLMOTT 2005
Kieron Tyler and Hugh Willmott, John Baker's late 17th-century glasshouse at Vauxhall, MOLAS Monograph 28, London: Museum of London Archaeological Services Monograph, 2005.
VOSE 1980
Ruth. H. Vose, Glass, London: Collins 1980.
VOSE 1994
Ruth. H. Vose, 'Excavations at the 17th-century glasshouse at Haughton Green, Denton, near Manchester', Post-Medieval Archaeology 28, 1994, 1–71.
WEBSTER 1997
Bruce Webster, Medieval Scotland: The Making of an Identity, British History in Perspective, London: Red Globe Press, 1997.

3

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS AND CRAFT TRADITIONS IN THE 19TH-CENTURY BELGIAN WINDOW-GLASS INDUSTRY

Vitaly Volkov

Abstract

This paper explores the process of technological innovation and its relationship with old craftmanship traditions within the Belgian window-glass industry during the 19th century, before the introduction of the Fourcault process, a novel technique for making glass by drawing a ribbon of glass mechanically in a vertical direction from a bath of molten glass. The industry experienced a steady quantitative growth during the period under consideration. However, the exact nature of this growth is still not fully understood. Existing literature often puts the focus on manual production; this paper provides a more balanced view of the developments in the 19th-century glass industry, emphasizing the unique combination of the pre-industrial glass-making tradition and the never-ceasing stream of technological innovations. Within the context of innovation, special attention is directed towards international technology transfer and the exchange of knowledge.

Keywords

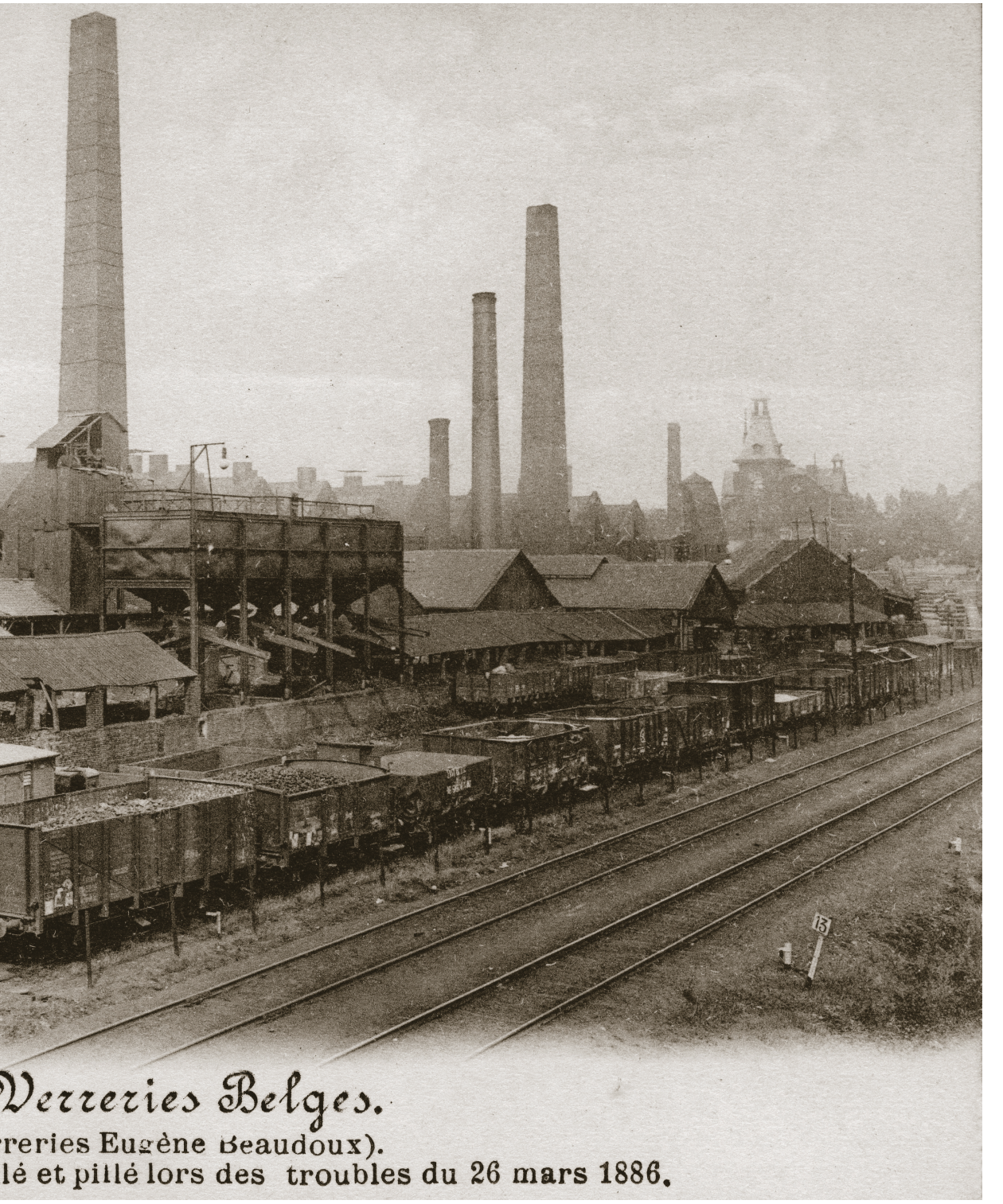
Glass-making, window glass, furnace technology, technology transfer, craftsmanship

Introduction

During the 19th century, Belgium was one of the most important glass-producing countries in the world alongside France, the United Kingdom and the United States of America. Various types of glassware were produced, including diverse forms of vessel glass. However, the main branch was flat-glass production, which can be divided into blown window glass and cast plate glass; this paper considers only blown window glass. The production of blown window glass grew tremendously, from 1.28 million m^2 in 1840 to 23.47 million m^2 in 1900. About 95% of the glass was exported.[1] Yet this sector is generally characterized as traditional and technologically conservative. This assumption is based on two arguments: firstly, that the use of steam power was quite limited within the industry; secondly, that the manual skills and the tacit knowledge of the workers (glass-blowers) were of paramount importance. Innovations such as the



1 The Verreries Belges glass factory, previously Verrerie Baudoux (written wrongly as 'Beaudoux'), one of the largest window-glass factories of Belgium by the late 19th/early 20th century, and one of the first to introduce tank furnaces, at Jumet near Charleroi, Belgium, photographer unknown.


Verreries Belges.
rreries Eugène Beaudoux).
lé et pillé lors des troubles du 26 mars 1886.

invention of the Biévez annealing kiln of 1867, or the introduction of the tank furnace around 1885, are seen rather as exceptional and isolated milestones (Fig. 1).[2]
The present paper examines the process of innovation in a more comprehensive way, by exploring how the Belgian window-glass industry adapted and developed new technologies while retaining manual craftmanship as a key resource. It will focus on the period from the beginning of the 19th century to the First World War, which is generally considered to have been rather deficient in innovation. The article will not address the development and introduction of the mechanical drawn-glass technique in the early 20th century.

The Emergence of a Professional Community

The development of the Belgian window-glass industry took place in a relatively small region around Charleroi. In more 'human' terms, the industry can also be defined as a community, consisting of workers, engineers, entrepreneurs and so forth. Indeed, the presence of a community that provides an 'infrastructure' of various material and immaterial resources (including skills), as well as the mobility of personnel (whether on a group or individual basis), is essential for the successful transfer and further development of knowledge and technology.[3]
Window-glass production became firmly established in this region by the 17th century, although other types of glass production had certainly existed there from at least the 15th century.[4] Interestingly, many 'glass-masters' here of the period were of foreign origin, such as was the case for the de Condé, Colnet and Desandrouin families (from Lorraine, Italy and France respectively).[5] In the first half of the 17th century, many migrant glass-blowers arrived from Southern Germany, Alsace and Lorraine, while in the next century even more glass-blowers from Southern Germany and Alsace were recruited for the production of window glass; they brought the 'secret', in other words, tacit knowledge, of this kind of production with them.[6] It was within this community of both glass-masters (entrepreneurs) and glass-blowers (workers) that the technological developments of the 19th century would take place.
In contrast to the 18th century, there was hardly any technology transfer to Belgium in the 19th century through collective immigration. At the same time, from the late 19th century onwards, Belgian glass-blowers started to emigrate to various countries. The USA, and Pittsburg in particular, attracted many Belgian glass-blowers from the 1880s onwards. Ironically, these migrant workers have played an important role in the development of the American window-glass industry that was to become Belgium's main competitor in the global market by the early 20th century.[7]
While the 19th-century mass migrations of workers contributed to the 'export' of knowledge and knowhow from Belgium, the personal itineraries of entrepreneurs and engineers contributed to the 'import' of knowledge and innovations. One particularly fascinating example is that of André-Marie Oppermann (1846–1930). He was born in then-independent Hanover, where he studied engineering at the polytechnic school.

Shortly after graduation, he left Hanover and moved to England, where he started to work for the firm of Siemens that operated on an international scale in the United Kingdom as well as in Germany.[8] It was within the Siemens company that Oppermann developed his knowledge of glass technology. In the course of his employment with the firm, he travelled to France and Belgium in order to work on the construction of furnaces at various glass factories. In 1874 or shortly before, he settled in Charleroi.[9] Over the course of the following decades, he contributed significantly to the further improvement of glass-melting furnaces in Belgium, during which he collaborated with various Belgian glass manufacturers. Later on in his career, he travelled to Bohemia in order to construct a window-glass factory for a Belgian company there, which he managed for five years. Shortly after 1900, he was sent to the USA by the *Association des maîtres verriers* to study the latest developments in glass technology.[10] It can be stated without doubt that his legacy is vast. He held multiple invention patents related to various aspects of glass technology, ranging from melting furnaces to glass packaging.[11]

In general, the glass-producing region of Charleroi was characterized by close ties between manufacturers and other actors. For instance, the *Association des maîtres de verreries* that united most of the region's window-glass manufacturers (established as the *Comité verrier* in 1848, renamed the *Association* in 1873) met on a regular basis, providing a forum for discussion and the exchange of ideas.[12] Despite the lack of hard evidence, it is quite likely that many informal ties existed as well.

Steam Power and Electricity

The first steam engine within the window-glass industry of Belgium was introduced in 1828 at the Mariemont glass factory.[13] By 1850, roughly one third of all window-glass factories possessed at least one steam engine,[14] and by 1896, all factories were steam powered with at least one steam engine.[15] Yet such quantitative data is insufficient to judge whether an industry was 'modern' or 'backward'. It is essential to look at the way the steam engines were used in order to arrive at a more balanced assessment.

In the window-glass industry, the primary use of steam engines was to mill and mix the primary materials, as indicated in sources from the 1830s and 1840s.[16] In the second half of the 19th century, other applications started to emerge. For instance, steam engines were used to pump water or to drive ventilation equipment.[17] From the late 1880s, factories started to use steam engines to produce electricity.[18]

By the First World War, electrical power was used for many purposes. For instance, the Piges factory possessed nine electrical motors in 1916, which were used to action overhead cranes, to mill and mix primary materials, and to saw wood for the packaging. The use of steam power was not reported at this factory after this date.[19] While unfortunately no quantitative data on the use of electric power in window-glass factories exists, the aforementioned example illustrates that by 1914 at least some factories were fully electrified.

Melting Furnaces

Melting furnaces are used to melt the primary materials, such as silica (sand), flux (alkali) and stabilizer (lime) at temperatures around 1200–1400° Celsius. Traditionally, the melting took place in large pots (crucibles). In Belgium, firewood was used as the combustible until the mid-17th or early 18th century, while the English glass industry started to use coal from 1615 onwards.[20] In 1643, coal was introduced as a fuel for glass-melting furnaces in the area of present-day Belgium as well.[21] Despite this early start, the transition from wood to coal did not happen overnight. At the beginning of the 18th century, the majority of glass factories still used firewood.[22] The transition was certainly complete by the first decade of the 19th century, as attested by the requests for the establishment of factories, which almost always mention the estimated consumption of fuel and primary materials.[23]

Around 1860, the Siemens brothers invented the regenerative pot furnace in England, which enabled considerable fuel savings by using the heat of the exhaust gas for the preheating of the fuel gas and air before burning. The fuel gas was produced in the gas producers, which transformed coal into gas by partial combustion with air.[24] However, the adoption of this type of furnace in Belgium was rather slow. In 1867, the Bennert & Bivort factory started to use the regenerative furnace. They were most probably the first in Belgium to do so. However, it took them several years of experimentation to implement the regenerative furnace fully.[25] The innovative efforts of the Belgian window-glass industry in general were acknowledged internationally. According to a report from the 1873 Vienna World Fair, the use of the Siemens regenerative furnace for window-glass production was a Belgian achievement.[26]

Yet the real breakthrough came only after 1880, with the introduction of the tank furnace, in which the individual glass-melting pots were replaced by a single huge tank, making continuous production possible. Like the regenerative furnace, it was invented in England by the Siemens brothers. The first commercial tank furnace was installed at the Pilkington factory in 1872, however, a lot of technical problems still remained. For instance, the materials wore at a fast pace, such that the lifespan of the first furnaces was limited to only a few months. Moreover, the first tank furnaces were used for the production of bottle glass.[27]

The introduction of the tank furnace in Belgium can be credited to the aforementioned engineer Oppermann. Between 1874 and 1875, he conducted experiments with tank furnaces at his own expense. Subsequently, between 1876 and 1890, he worked as an engineer at the Jonet window-glass factory, where the first large tank furnace for window-glass production was installed under his supervision in 1877–1878.[28]

The Baudoux window-glass factory was the second to use tank furnaces in Belgium. Before starting his own factory, Eugène Baudoux (1841–1912) had worked at the Jonet factory.[29] Together with his engineer Jean-Matthieu Pagnoul (dates unknown), Baudoux had made numerous improvements to the tank furnace's construction. The greatest challenge in adapting tank furnaces for the production of window glass, as



2 Tank furnace, late 19th or early 20th century, Belgium, photographer unknown.

opposed to the production of bottle glass, was that a much greater depth was required for the window-glass bath. The depth required depended on the heat permeability of molten glass which, in turn, depended on the purity of glass and, hence, the glass composition. For bottle-glass production ('shaded' glass with impurities), a bath depth of 30–40 cm is sufficient, but for window-glass production (clear glass), the depth required is 1.5–2 m. Baudoux and Pagnoul succeeded in resolving this problem by 1885.[30]

The final improvements to the tank furnace in Belgium were made by Émile Gobbe (1849–1915). Originally from France, he settled in Jumet near Charleroi in 1890. With Pagnoul as a partner, he established a firm that came to play an important rôle on the world market for tank furnaces. Around 1896, there were two major players on this market: Siemens in England (who did not produce glass commercially themselves except for some test production on a limited scale but supplied furnaces to Pilkington and other manufacturers) and Gobbe & Pagnoul in Belgium. Gobbe & Pagnoul were especially successful in the USA, where they delivered the majority of all tank furnaces. Gobbe & Pagnoul were a study office rather than a production company: physical construction was executed by specialized contractors, who worked under the supervision of Gobbe & Pagnoul.[31]

The introduction of tank furnaces within the Belgian glass industry proceeded at a rapid pace in the second half of the 1880s and the 1890s, when pot furnaces were almost completely replaced.[32] After the introduction of tank furnaces, the industry could not be described as 'traditional' anymore, even if the production process (glass-blowing) remained manual (Fig. 2). Apart from the furnace itself, the adjacent equip-



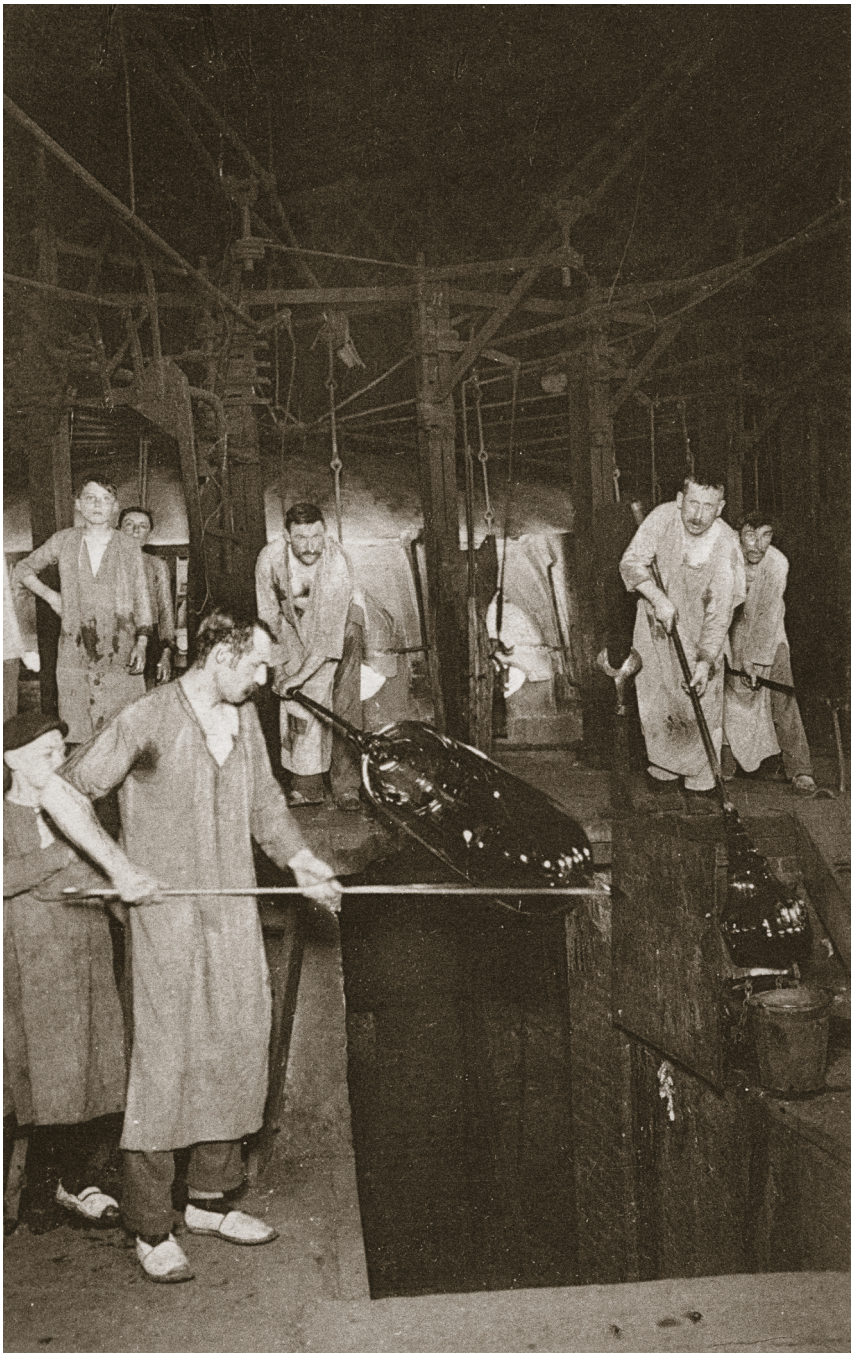
3 Battery of gas producers for a tank furnace, late 19th or early 20th century, Belgium, photographer unknown.

ment, such as gas producers and large steam boilers, transformed glass factories from relatively small workshops into large-scale industrial enterprises (Fig. 3).

The development of the tank furnace was not an exclusively Belgian innovation, as it was pursued at the same time in other countries as well, most notably by Siemens in collaboration with Pilkington.[33] However, after the introduction of this new technology in Belgium, further improvements were carried out by various engineers and entrepreneurs within Belgium, such as Oppermann, Baudoux, Gobbe and Pagnoul, whereby knowledge was transmitted within the community in an almost relay-race-like manner. Despite the lack of hard evidence, it can be assumed that the close geographical proximity of the aforementioned actors, who all lived and worked within a small region, and numerous professional ties contributed to the development and implementation of the new technology.

Glass-Blowing

Manual glass-blowing remained the dominant technique for the production of window glass until the early 20th century. The 'cylinder method' (also known as 'broad glass' in England), was the standard way of producing window glass in Belgium from around 1750 until the First World War. In very basic terms, it consisted of blowing a huge glass cylinder that was then cut lengthwise and flattened to achieve a sheet of flat glass. This technique may seem quite straightforward and uncomplicated, but the production of glass required exceptional skills. Although the craft of glass-making developed



4 Glass-blowers at work, late 19th or early 20th century, Belgium, photographer unknown.

largely outside guild structures, the training remained somewhat reminiscent of the traditions found within old craft guilds. For example, there was no formal vocational training, and apprentices learned their skills on the workfloor from senior glass-blowers. The full apprenticeship could take up to seven years (Figs 4 and 5).[34]



5 Cylinders of glass, late 19th or early 20th century, Belgium, photographer unknown.

The tacit knowledge and craftsmanship of glass-blowers were of extreme importance for the industry, as is indicated by glass-blowers' wages. In 1846, glass-blowers earned the highest wages of all Belgian industrial workers. An average day's wage in the factories amounted to 2.58 Belgian francs, while in coal mines it amounted to 2.07 francs and in the linen industry to only 0.80 francs. By 1891, glass-blowers earned between 15 and 17.5 francs, while wool-weavers, for example, had to be satisfied with a day's wage of only 3 francs.[35]

Although the basic work process remained unchanged between the late 18th and early 20th centuries, small improvements were able to provide surprising efficiencies. Between 1822 and 1867, various pieces of equipment were developed that helped to support the glass-blower's cane, which allowed larger cylinders to be blown. These pieces of equipment are known as the *lanceman* (introduced in 1822–1823), the *crochet d'ouvreau* (introduced in 1845), and the *manique* (introduced in 1867). Because of these improvements, the maximum size of glass plates evolved from 49 × 38 cm in 1820 to 130 × 86.5 cm in 1870.[36] These dimensions should not be taken as absolute; they reflect rather the most common sizes of regular sheets. The increase in the size of sheet glass is an example of product improvement by means of small innovations.

Annealing Kilns

Annealing kilns are kilns in which glass cylinders are flattened and cooled down slowly. The process of flattening and annealing consists of several operations: firstly, the cylinder is warmed up; it is then cut open lengthways and flattened to achieve a rectan-

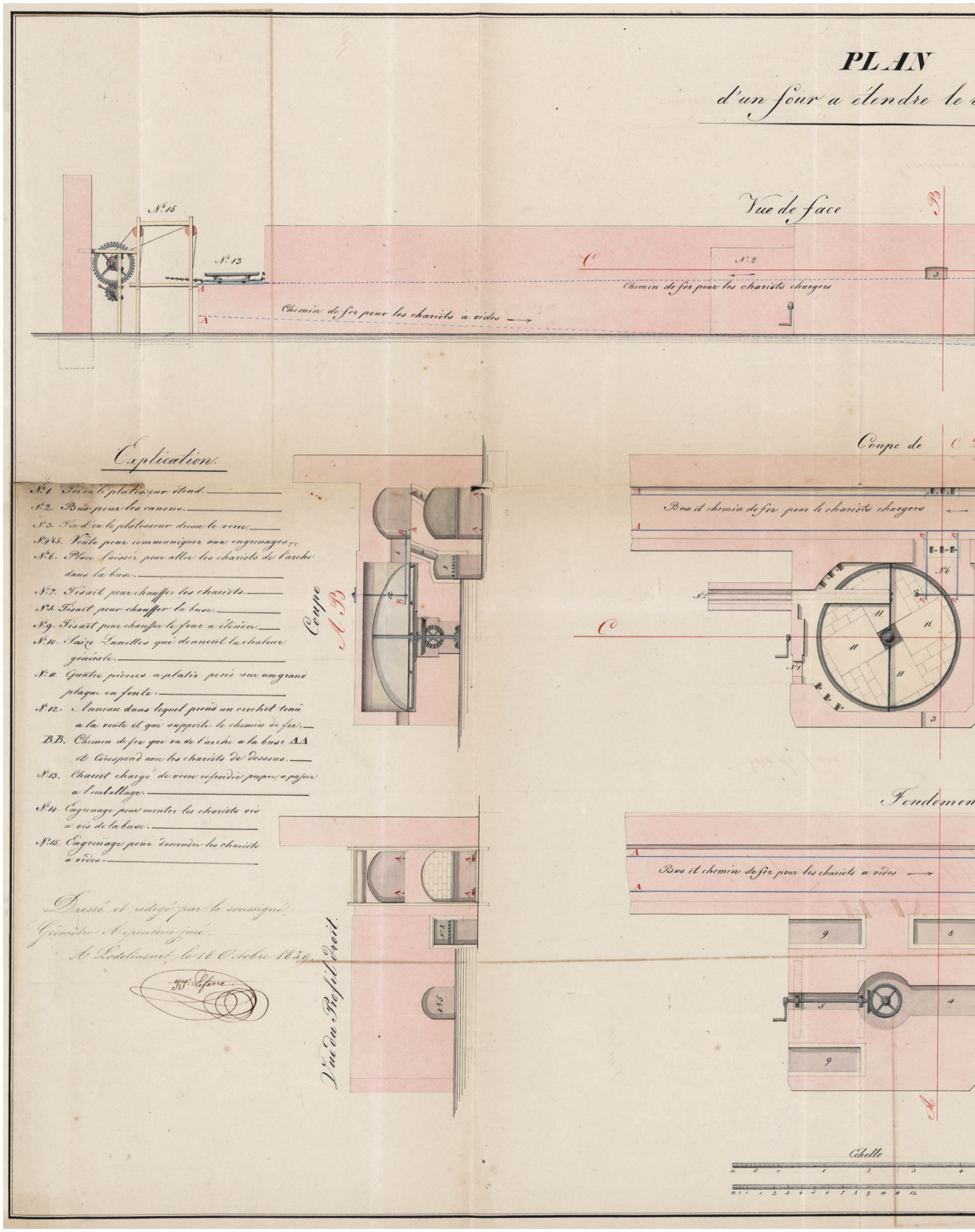
gular sheet of glass; finally, the sheets of glass are cooled down gradually to remove any internal stress and damage. The temperature within the annealing kiln is around 600° Celsius.

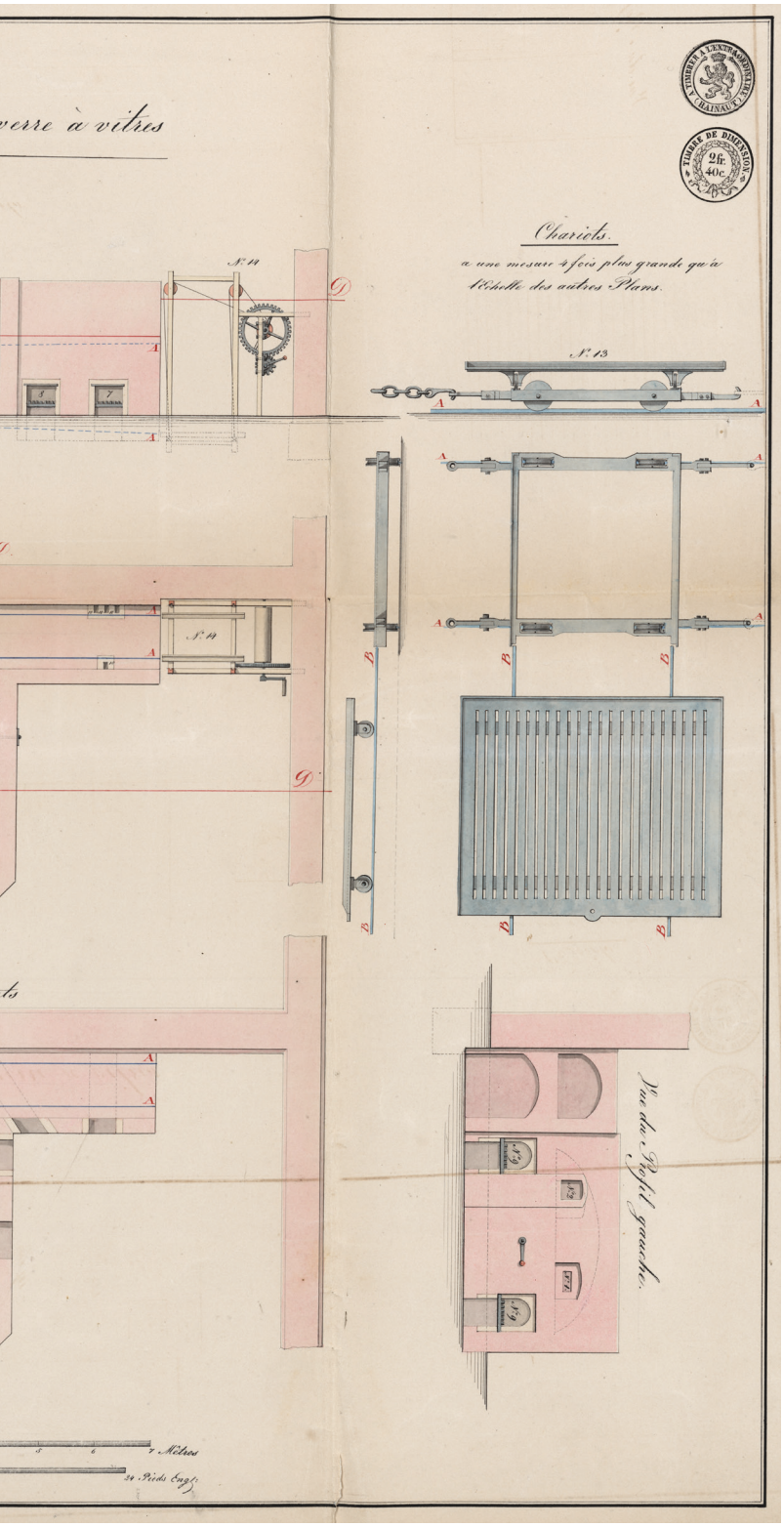
Until around 1824, primitive annealing kilns were in use. They consisted of two chambers. The glass cylinders were flattened in the first chamber, and the flattened glass sheets were placed manually in the second chamber afterwards. As soon as the second chamber was full, the whole kiln was cooled down. The process was therefore discontinuous, and in the course of production a lot of glass was broken. Moreover, fuel consumption was high, as the kilns had to be cooled down and reheated after each cycle.[37] Unlike melting furnaces, annealing kilns were wood-fired until the first decades of the 19th century, as attested by numerous requests for the establishment and expansion of factories from 1810–1835.[38]

From approximately 1830, two measures were undertaken to modernize and improve annealing kilns. Firstly, wood was replaced by coal to increase combustion efficiency. Secondly, the annealing process was mechanized and transformed into a continuous process by introducing 'turning stones' and the 'annealing tunnel' (French: *arche à tirer*). The former serves to transport glass from one chamber to the other, and the latter is a kind of conveyor belt on which the glass is cooled gradually. The first invention patents that explicitly mention the use of coal instead of firewood were registered in 1839 and 1842.[39] The first request that mentions the use of coal for annealing kilns dates from 1836–1837.[40] The last mention of the use of firewood as annealing-kiln fuel dates from 1840.[41] All later requests explicitly mention the use of coal only.[42] It can thus be concluded that the transition to coal firing was completed just after 1840.

The origins of the turning stones and the annealing tunnel are not entirely clear. According to the literature, the turning-stones annealer was invented in France in 1826.[43] According to Georges Bontemps (1799–1883), one of the most prominent glass technologists of the 19th century, some German glass manufacturers (Bontemps did not mention any names) had claimed the invention as their own. Yet they did not file a patent and therefore could not prove that they were first. For this reason, Bontemps attributed the invention to Aimé Hütter (dates unknown) of the Rive-de-Gier glassworks, who received his patent in 1826.[44] The annealing tunnel was introduced at the Chance factory in England in 1846 (possibly in combination with turning stones, but the literature is not explicit on this matter).[45] Bontemps, however, claims to have invented it himself in 1828, but encountered technical problems, such as undesired flows of cold air in the annealing tunnel that prevented gradual cooling of glass, and had to abandon his idea of combining turning stones with the annealing tunnel. Hütter had also tried to combine the two new technologies, but had failed as well. According to Bontemps, it was François Houtart-Cossée (1802–1876) from Belgium who succeeded in developing an annealer with turning stones and an annealing tunnel.[46]

Houtart-Cossé was by no means the only one working towards solving the problem, as illustrated by the numerous invention patents related to annealing kilns registered in Belgium in the 1830s and 1840s (Fig. 6). It seems, therefore, that the annealing-tunnel


PLAN
d'un four a étendre le
Vue de face
Chemin de fer pour les chariots chargers
Chemin de fer pour les chariots a vides
Explication
Coupe de
Bus et chemin de fer pour le chariots chargers
Coupe A B
Fondemen
Bus et chemin de fer pour les chariots a vides
Echelle



6 Drawing from an annealing kiln from an invention patent by L. de Dorlodot (invention patent no. 1428, 19 November 1839).



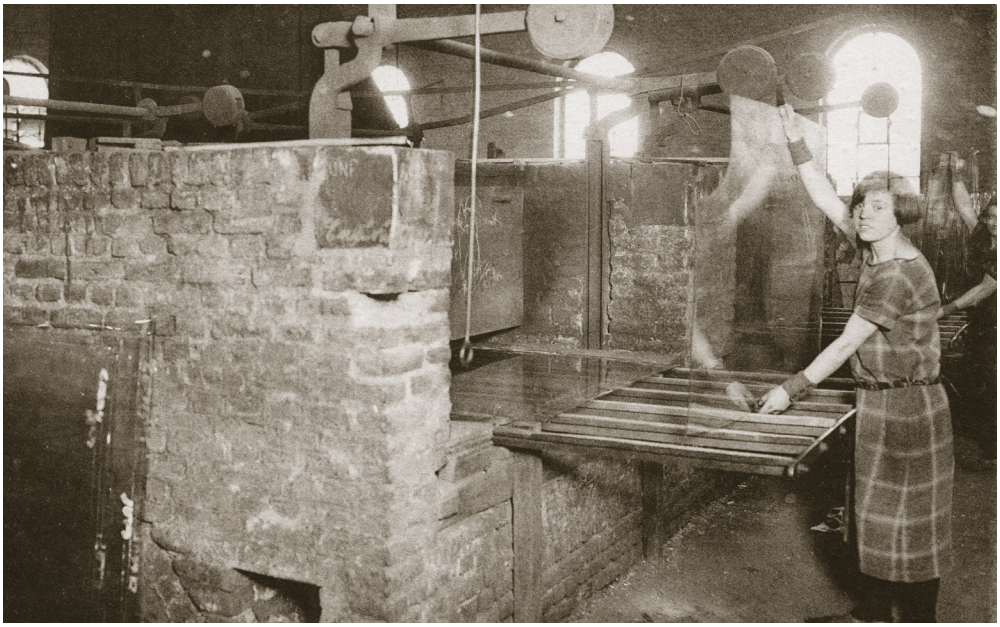
7 Placing glass cylinders into the annealing kiln, late 19th or early 20th century, Belgium, photographer unknown.

principle was introduced in Belgium earlier than in England, or at least simultaneously.[47] Plans of factories from the 1840s indicate the rate of introduction of these new annealing kilns. They show us elongated annealing kilns. The elongated form is typical for an annealing tunnel and points to the adaptation of the new technology.[48]

The next major improvement to the annealing kiln was made in 1867 by Désiré Biévez (dates unknown), an engineer at the Mariemont glass factory.[49] Due to a sophisticated system of 'moving stones' that transported glass through the annealing tunnel, this annealing kiln allowed the annealing time to be reduced drastically, from 7–8 hours to only 25–30 minutes. The system of 'moving stones' combined the functions of the turning stones and conveyor belt of the older types of annealing kilns, thus facilitating the transport of glass within the kiln (Figs 7 and 8). This annealing kiln replaced all other types.[50] In 1872, it was adapted to the use of gas as fuel instead of coal by the Belgian glass manufacturer Casimir Lambert (1827–1896).[51]

Conclusion

The Belgian window-glass industry in the 19th century is characterized by numerous innovations. The argument often made that the Belgian glass industry was backward, because steam power was used there only to a limited extent, seems inappropriate. In fact, mechanical energy through steam power had little use in this industry. Due to the specific character of the industry, the effective usage of thermal energy was much more important. Most inventions were therefore directed towards developing annealing kilns and melting furnaces.



8 Taking flattened glass out of the annealing kiln, late 19th or early 20th century, Belgium, photographer unknown.

The developments made in this field present us with instances of technological creativity. The basic principles may have been 'borrowed', such as had been the case for the principles of the regenerative and tank furnaces invented in England (Siemens), or of turning stones and turning stones / annealing tunnel in France (Bontemps and Hütter), but developments in Belgium made them suitable for productive use through improvements made in Belgium. Unlike the picture found in the existing literature, which presents inventions such as the Biévez annealing kiln or tank furnace as isolated and singular, albeit important facts, the present paper shows that improvements were made over longer periods of time. Long waves of innovative activity are a much better representation of technological development than a few isolated milestones. In other words, the process of technological innovation evolved as a result of the contributions of many actors (inventors and entrepreneurs), all of whom lived and worked within the Charleroi region as part of the glass-making community.

The following table sets out these waves of innovative activity.

Piece of equipment or Production step	Period	Kind of innovation
Melting furnace	1643 – before 1800	Adaptation to coal
Annealing kiln	c.1830 – c.1870	Adaptation to coal, development of 'turning stones' and 'annealing tunnel', adaptation to gas
Melting furnace	c.1870 – c.1890	Adaptation to gas, tank instead of pots

As for skills and craftsmanship, they remained of paramount importance for the window-glass industry until the expansion of mechanical production after the First World War. The long-established community of highly skilled glass-workers was one of the most important advantages of the Belgian window-glass industry. All in all, the Belgian 19th-century window-glass industry was a truly hybrid one, in which traditional craft skills went hand in hand with a never ceasing stream of technological creativity and innovation.

1 Douxchamps 1951, 512; Engen 1989, 194; Chambon 1955, 198.
2 Delaet 1986, 113–30.
3 Hilaire-Pérez/Verna 2006.
4 Poty/Delaet 1986, 20–29.
5 Close 1928.
6 Caen 2009, 129, 230, 239–40; Poty/Delaet 1986, 20–42.
7 Poty/Delaet 1986, 76–78.
8 On the development of furnaces by Siemens brothers, see Cable 2013.
9 Journal de Charleroi 1874.
10 Revue belge des industries verrières 1930.
11 For example: AGR-2, brevets, nos. 52563 (1880), 61792 (1883), and 69954 (1885).
12 Darquennes/Gobbe 2003, 369–78; Darquennes/Gobbe 2006, 166–67.
13 Stanier 1870.
14 Poty/Delaet 1986, 72; Journal de Charleroi 1852.
15 Office du travail, 1900–1902, vol. XV, cadre XIII, 30–31.
16 For example: AGR-Mines, no. 776, dossier 1671, and no. 778, dossier 582.
17 AvCh, Etablissements, DA, BT 22, dossier no. 698, and Etablissements JU, BT 110, dossier no. 3379.
18 AvCh, Etablissements, JU, BT 110, dossier no. 3379.
19 MdV, Verrerie des Piges.
20 Chopinet 2019.
21 Lefèbvre 1938, 22; Cable 2020.
22 D'Hainaut 1980.
23 AGR-Mines, no. 776, dossier 712; no. 778, dossier Verrerie Delobel.
24 Chopinet 2012, 2019; Cable 1999–2000; Fabrication et travail 1907, 52–54.
25 Drèze 1913, 446; MdV, Verreries Charleroi 8914/161/57 and 8914/161/59, 'Les verreries Bennert & Bivort'.
26 De Luynes 1875, 28.
27 Chopinet 2012, 2019; Cable 1999–2000; Krupa/Heawood 2002.
28 Revue belge des industries verrières 1930; Chambon 1969, 42–44; Drèze 1913, 450; Journal de Charleroi 1920.
29 Chambon 1969, 44.
30 Damour 1896, 138–39; Linet 1888.
31 Damour 1896, 138–39; Chambon 1969, 46.
32 Engen 1989, 197.
33 Cable 1999–2000.
34 Poty/Delaet 1986, 125–54; Delaet 1986, 125–26.
35 Olyslager 1947, 145–46.
36 Lefèbvre 1938, 52–54; Engen 1989, 195.
37 Poty/Delaet 1986, 47–49; Drèze 1913, 450–53.
38 For example, AGR-Mines, no. 776, dossier 712; no. 778, dossier Verrerie Delobel; no. 777, dossier 1669.
39 AGR-2, brevets, brevet AC 1408; brevet AC 2148.

40 AGR-Mines, no. 778, dossier 2859.
41 AGR-Mines, no. 777, dossier 2899.
42 For example: AGR-Mines, no. 777, dossier 1722.
43 Poty/Delaet 1986, 47–49; Drèze 1913, 450–53.
44 Bontemps 1868, 286.
45 Poty/Delaet 1986, 49.
46 Bontemps 1868, 286–88.
47 AGR-2, brevets, brevet AC 878, AC 1133, AC 1408, AC 1428.
48 AGR-Mines, cartes et plans, AK3648, AK3641.
49 Poty/Delaet 1986, 49; Engen 1989, 195.
50 Appert/Henrivaux 1894, 253–56.
51 Poty/Delaet 1986, 51.

Unpublished sources

AGR-2, BREVETS

State Archives of Belgium-2, dépôt Joseph Cuvelier, brevets d'invention
brevet no. AC 878 (1839), AC 1133 (1839), AC 1408 (1839), AC 1428 (1839), AC 2148 (1842), 52563 (1880), 61792 (1883), 69954 (1885).

AGR-MINES

State Archives of Belgium, Brussels: Administration des mines, ancien fonds
no. 776, dossiers 712 and 1671; no. 777, dossier 1669, 1722 and 2899; no. 778, dossiers Verrerie Delobel, 582 and 2859
Administration des mines, cartes et plans, AK3641 (Denuite), AK3648 (Bennert & Bivort).

AVCH, ETABLISSEMENTS

Municipal archives Charleroi, Etablissements classés
DA (Dampremy), BT 22, dossier no. 698; JU (Jumet), BT 110, dossier no. 3379.

MDV

Archives of the Musée du Verre, Charleroi, Verrerie des Piges: unclassified documents, document 'Verreries des Piges', 29 September 1916
Verreries Charleroi: Dossier Verreries Charleroi, documents 8914/161/57 (11 July 1871) and 8914/161/59 (20 July 1871), 'Les verreries Bennert & Bivort'.

Bibliography

APPERT/HENRIVAUX 1894

Léon Appert and Jules Henrivaux, Verre et verrerie, Paris: Gauthier-Villars et fils, 1894.

BONTEMPS 1868

Georges Bontemps, Guide de verrier, Paris: Librairie du dictionnaire des arts et manufactures, 1868.

CABLE 1999–2000

Michael Cable, 'The Development of Glass-melting Furnaces 1850–1950', Transactions of the Newcomen Society 71.1, 1999–2000, 205–27.

CABLE 2013

Michael Cable, 'The world's first successful regenerative furnace', Glass Technology: European Journal of Glass Science and Technology. Part A 54.3, 2013, 93–99.

CABLE 2020

Michael Cable, 'The advance of glass technology in the nineteenth century', Glass Technology: European Journal of Glass Science and Technology. Part A 61.4, 2020, 115–26.

CAEN 2009

Joost M. A. Caen, The Production of Stained Glass in the County of Flanders and the Duchy of Brabant from the XVth to the XVIIIth Centuries: Materials and Techniques, Turnhout: Brepols, 2009.

CHAMBON 1955
Raymond Chambon, L'histoire de la verrerie en Belgique du IIme siècle à nos jours, Brussels: Librairie encyclopédique, 1955.
CHAMBON 1969
Raymond Chambon, Trois siècles de verrerie au pays de Charleroi, Charleroi: Musée du verre, 1969.
CHOPINET 2012
Marie-Hélène Chopinet, 'Developments of Siemens regenerative and tank furnaces in Saint-Gobain in the XIXth century', Glass Technology: European Journal of Glass Science and Technology. Part A 53.5, 2012, 177–88.
CHOPINET 2019
Marie-Hélène Chopinet, 'The history of glass', in: J. David Musgraves, Juejun Hu and Laurent Calvez (eds.), Springer Handbook of Glass, Cham: Springer, 2019, 1–47.
CLOSE 1928
E. Close, Les gentilshommes verriers du pays de Charleroi, Namur: Emile Chantraine, 1928.
DAMOUR 1896
Emilio Damour, 'L'état actuel et les besoins de la verrerie et de la cristallerie en France', Revue générale des sciences pures et appliqués 7, 1896, 68–96 and 135–72.
DARQUENNES/GOBBE 2003
André Darquennes and Frédéric Gobbe, Sur les traces de verriers: la famille Andris(se), Charleroi-Marcinelle: Association généalogique du Hainaut belge a.s.b.l., 2003.
DARQUENNES/GOBBE 2006
André Darquennes and Frédéric Gobbe, Les verriers Schmidt au Pays de Charleroi, Charleroi-Marcinelle: Association généalogique du Hainaut belge a.s.b.l., 2006.
D'HAINAUT 1980
Brigitte D'Hainaut, 'Les combustibles utilisés dans l'industrie du verre au XVIIIème siècle', Technologia Bruxellensis 3.4, 1980, 67–73.
DELAET 1986
Jean-Louis Delaet, 'La mécanisation de la verrerie à vitres à Charleroi dans la première moitié du XXe siècle', in: Ginette Kurgan-Van Hentenryk and Jean Stengers (eds.), L'Innovation technologique : Facteur de changement (XIXe – XXe siècle), Brussels: Université de Bruxelles, 1986, 113–52.
DE LUYNES 1875
Victor De Luynes, Exposition universelle de Vienne en 1873 : Rapport sur la céramique et la verrerie, Paris: Imp. Nationale, 1875.
DOUXCHAMPS 1951
Yves Douxchamps, 'L'évolution séculaire de l'industrie du verre à vitres et de la glacerie en Belgique de 1823 à 1913', Bulletin de l'Institut de Recherches Économiques et Sociales 17.3, 1951, 471–517.
DRÈZE 1913
Gustave Drèze, Le Livre d'or de l'exposition de Charleroi en 1911, Liège: Bernard, 1913.
ENGEN 1989
Luc Engen (ed.), Het glas in België van oorsprong tot heden, Brussels: Mercatorfonds, 1989.
FABRICATION ET TRAVAIL 1907
Fabrication et travail du verre, Brussels: Lebègue et Cie/Scheppens et Cie, 1907.
HILAIRE-PÉREZ/VERNA 2006
Liliane Hilaire-Pérez and Catherine Verna, 'Dissemination of Technical Knowledge in the Middle Ages and the Early Modern Era. New Approaches and Methodological Issues', Technology and Culture 47.3, 2006, 536–65.
JOURNAL DE CHARLEROI 1852, 1874, 1920
Journal de Charleroi, 7/7/1852, 9/2/1874, 29/2/1920.
KRUPA/HEAWOOD 2002
Mick Krupa and Richard Heawood, 'The Hotties': Excavation and Building Survey at Pilkingtons' No 9 Tank House, St Helens, Merseyside, Lancaster/Oxford: Oxford Archaeology North, 2002.

LEFÈBVRE 1938
Virgile Lefèbvre, La Verrerie à vitres et les verriers de Belgique depuis le XVe siècle, Paris/Brussels: Labor, 1938.
LINET 1888
P. Linet, 'Eugène Baudoux', L'Encyclopédie contemporaine: Revue hebdomadaire universelle des sciences, des arts et de l'industrie 2.21, 1888, 1–3.
OFFICE DU TRAVAIL 1900–1902
Office du travail de Belgique, Récensement général des industries et des métiers (31 octobre 1896), Brussels: Hayez, 1900–1902.
OLYSLAGER 1947
Paul M. Olyslager, De localisering van de Belgische nijverheid, Antwerp: Standaard boekhandel, 1947.
POTY/DELAET 1986
Francis Poty and Jean-Louis Delaet, Charleroi pays verrier: Des origines à nos jours, Charleroi: Centrale Générale, 1986.
REVUE BELGE DES INDUSTRIES VERRIÈRES 1930
Anonymous, 'Un pionnier de la verrerie: l'ingénieur Oppermann', Revue belge des industries verrières 1.1, 1930, 5–6.
STANIER 1870
E. Stanier, 'Notice sur les premières machines à vapeur établies dans le district de Charleroi', Documents et rapports de la société royale d'archéologie, d'histoire et de paléontologie de Charleroi VI, 1870, 478–81.

4

DU MATÉRIAU AU PRODUIT
LE VERRE PERFORÉ

Anne-Laure Carré

Abstract

This article investigates perforated glass, a glazing product patented in 1885 by the Appert Frères glassworks and the hygiene firm Geneste, Herscher et Cie. It was however invented by Émile Trélat, professor of construction at the Conservatoire des Arts et Métiers. At a time when hygiene recommendations were coming to the fore, perforated glass was advertised as an original answer to the dual functions of the window: lighting and ventilation. At the turn of the century, the architectural press became the theatre for multiple debates on windows, and it is above all hygienists, rather than architects, who were keen debaters of the size and quality of glazing and the amount of ventilation needed in public buildings such as schools or hospitals.

Keywords

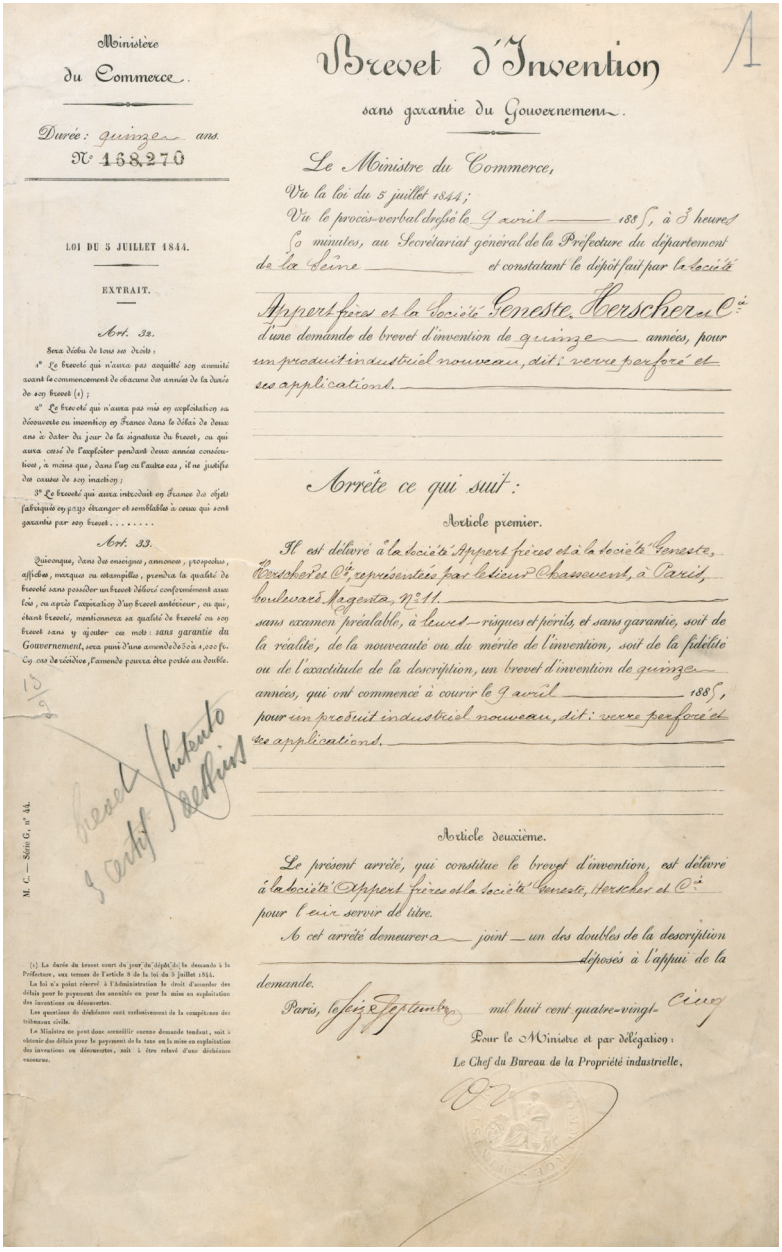
Hygiene, perforated glass, rolled-plate glass, window glass

Dans la seconde moitié du XIX[e] siècle, le verre plat est représenté par deux produits très différents : d'une part le verre à vitres soufflé à la bouche, qui sert au vitrage commun, de l'autre la glace coulée et polie, produit luxueux, le plus souvent transformé en miroir. L'arrivée du « rolled-plate glass » breveté en 1838 et 1847 par James Hartley (1810–1886) va considérablement élargir la gamme des produits verriers. Malgré la modestie du procédé, qui s'inspire directement du grand coulage des glaces, mais sans se préoccuper de la composition des matières premières, du recuit ou du polissage du verre, le verre coulé est une véritable innovation de produit.[1] Il rencontre rapidement un large succès et ce d'autant plus que dans les années 1890, la firme anglaise Chance Brothers améliore le procédé de Hartley.[2] Le verre est déversé entre deux paires de rouleaux gravés, de même taille ou de taille variable, remédiant ainsi au défaut de brillance de l'ancien verre coulé. La seconde paire de rouleaux permet de réaliser des décors plus fins sur une face ou sur les deux, les feuilles de verre peuvent être plus minces, plus légères et autorisent l'usage de profilés plus fins.

Ce produit breveté, susceptible de multiples déclinaisons, comme le verre prismatique ou le verre armé, est également à l'origine du verre perforé, objet de ce chapitre. Les revendications des inventeurs, le procédé de fabrication, les principales applications, ainsi que la réception contemporaine de ce nouveau vitrage en forment l'objet. Cependant, la place réelle du verre perforé est difficile à évaluer en l'absence de fonds d'archives[3], le produit étant trop marginal. Ce sont essentiellement des sources secondaires qui ont guidé cette recherche, en particulier les échantillons présents dans les collections du Musée des Arts et Métiers.

Un trio d'ingénieurs intéressés par les questions d'hygiène et de salubrité

Le brevet déposé le 9 avril 1885 mentionne un duo d'entreprises, mais un troisième homme se cache également derrière ce produit (fig. 1). Qui sont-ils plus précisément ? La première des deux entreprises est dirigée par Paul Eugène Geneste (1830–1897)[4] et son associé Georges Charles Herscher (1837–1894). Ils sont tous les deux ingénieurs, constructeurs d'appareils de chauffage et de ventilation et d'étuves de désinfection. Les Établissements Geneste, Herscher et Cie sont installés rue du Chemin vert à Paris. Georges Herscher est diplômé de l'École centrale des Arts et Manufactures, il est membre de la société des ingénieurs civils, de la société d'encouragement à l'industrie nationale et plusieurs fois membre des comités d'organisation et des jurys d'exposition qui se multiplient en cette fin de XIXe siècle.
Appert frères, l'autre entreprise citée sur le brevet, est spécialisée dans la fabrication de semis produits : émaux et matières colorantes, verres à vitraux, verres de montres, tubes et applications spéciales. C'est un lieu d'expérimentation de techniques nouvelles grâce à la personnalité de son directeur. Ingénieur chimiste, diplômé de l'École centrale des Arts et Manufactures, Léon Appert (1837–1925) apparaît comme un homme incontournable par ses publications, ses inventions et sa place dans le milieu patronal verrier.[5] Il joue également de la sociabilité centralienne et comme Georges Herscher il sera président de la société des ingénieurs civils. Il développe une argumentation hygiéniste dans la promotion de son invention principale : le soufflage à air comprimé, destiné à remplacer le souffle du verrier, pour laquelle il reçoit le prestigieux prix Montyon de l'Académie des sciences en décembre 1886.
Enfin, le dernier protagoniste est un architecte, Émile Trélat (1821–1907), professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.[6] Bien que ne figurant pas sur le brevet, c'est pourtant lui qui revendique l'idée initiale du verre perforé. Fils d'un médecin hygiéniste connu pour ses engagements politiques républicains, il est également diplômé de l'École centrale des Arts et Manufactures. Après un court passage à la tête d'une manufacture de céramique, il se tourne vers l'architecture grâce à l'architecte Ludovico Visconti (1791–1853) qui l'engage sur le chantier d'aménagement du Louvre en 1848. Il commence une longue carrière d'enseignant en 1854 en occupant la chaire de construction civile au Conservatoire des Arts et Métiers, enseignement qu'il assure pendant quarante ans. Sa grande affaire reste néanmoins la création de l'École



Ministère
du Commerce.

Durée : quinze ans.
N° 168,270

LOI DU 5 JUILLET 1844.

EXTRAIT.

Art. 32.

Sera déchu de tous ses droits :

1° Le breveté qui n'aura pas acquitté son annuité avant le commencement de chacune des années de la durée de son brevet (1) ;

2° Le breveté qui n'aura pas mis en exploitation sa découverte ou invention en France dans le délai de deux ans à dater du jour de la signature du brevet, ou qui aura cessé de l'exploiter pendant deux années consécutives, à moins que, dans l'un ou l'autre cas, il ne justifie des causes de son inaction ;

3° Le breveté qui aura introduit en France des objets fabriqués en pays étranger et semblables à ceux qui sont garantis par son brevet.....

Art. 33.

Quiconque, dans des enseignes, annonces, prospectus, affiches, marques ou estampilles, prendra la qualité de breveté sans posséder un brevet délivré conformément aux lois, ou après l'expiration d'un brevet antérieur, ou qui, étant breveté, mentionnera en outre de la qualité de breveté ou son brevet sans y ajouter ces mots : sans garantie du Gouvernement, sera puni d'une amende de 50 à 1,000 fr. En cas de récidive, l'amende pourra être portée au double.

M. C. — Serr. G., n° 44.

(1) La durée du brevet court du jour du dépôt de la demande à la Préfecture, aux termes de l'article 8 de la loi du 5 juillet 1844.

La loi n'a point réservé à l'Administration le droit d'accorder des délais pour le payement des annuités ou pour la mise en exploitation des inventions ou découvertes.

Les questions de déchéance sont exclusivement de la compétence des tribunaux civils.

Le Ministre ne peut donc accueillir aucune demande tendant, soit à obtenir des délais pour le payement de la taxe ou la mise en exploitation des inventions ou découvertes, soit à être relevé d'une déchéance encourue.

Brevet d'Invention

sans garantie du Gouvernement.

Le Ministre du Commerce,

Vu la loi du 5 juillet 1844 ;

Vu le procès-verbal dressé le 9 avril 188[illegible], à 3 heures 10 minutes, au Secrétariat général de la Préfecture du département de la Seine, et constatant le dépôt fait par la société Appert frères et la société Geneste, Herscher et Cie d'une demande de brevet d'invention de quinze années, pour un produit industriel nouveau, dit : verre perforé et ses applications.

Arrête ce qui suit :

Article premier.

Il est délivré à la société Appert frères et à la société Geneste, Herscher et Cie, représentées par le sieur Chauvenet, à Paris, boulevard Magenta, n° 11, sans examen préalable, à leurs risques et périls, et sans garantie, soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit de la fidélité ou de l'exactitude de la description, un brevet d'invention de quinze années, qui ont commencé à courir le 9 avril 188[illegible], pour un produit industriel nouveau, dit : verre perforé et ses applications.

Article deuxième.

Le présent arrêté, qui constitue le brevet d'invention, est délivré à la société Appert frères et la société Geneste, Herscher et Cie pour leur servir de titre.

A cet arrêté demeurera joint un des doubles de la description déposés à l'appui de la demande.

Paris, le seize septembre mil huit cent quatre-vingt-cinq

Pour le Ministre et par délégation :
Le Chef du Bureau de la Propriété industrielle,

1 En-tête du brevet déposé par la société Appert frères et la société Geneste, Herscher et Compagnie.

spéciale d'Architecture en 1865, un projet qu'il imagine comme un lieu de réconciliation des artistes (les architectes) et des savants (les ingénieurs).[7] Son intérêt pour les questions d'hygiène en fait un pionnier, voire un militant, de ce véritable mouvement de société. Il publie en 1905 *Questions de salubrité*, un ouvrage qui rassemble ses conférences et interventions données entre 1880 et 1904 à la chambre des députés.[8]

Si le nom d'Émile Trélat n'apparait pas dans le brevet du verre perforé, il faut y voir un effet du code déontologique des architectes, formalisé en 1895 sous le nom de code Guadet :[9] l'architecte exerçant une profession libérale et non commerciale, il ne saurait toucher d'autres rémunérations que des honoraires.

Lutter contre le confinement : brevets et revendications du verre perforé

Le brevet Appert, Geneste, Herscher et Cie, « pour un produit industriel nouveau, dit verre perforé » est déposé le 9 avril 1885 avec des certificats d'addition la même année et la suivante.[10] Le résumé expose les revendications ainsi : « nous revendiquons par la présente demande de brevet, le produit industriel nouveau consistant en une lame ou feuille de verre ou cristal coloré ou non, présentant des trous ou perforations de formes et de dimensions et en nombre quelconque ».[11]
Le mémoire n'écarte pas la faisabilité d'un percement d'une feuille de verre à vitre ordinaire – ce qui était en réalité très délicat à obtenir – mais la revendication porte essentiellement sur une machine permettant une disposition régulière des trous à obtenir (fig. 2). Celle-ci est décrite dans la planche d'accompagnement : une table munie de réglettes sur le côté pour donner l'épaisseur voulue et garnie de petites saillies tronconiques, ou bien un rouleau lamineur portant ces saillies. On coule le verre et on passe le rouleau. Il reste ensuite à perforer complètement les empreintes tronconiques, à l'aide d'un foret, d'émeri, de sable ou d'acide fluorhydrique. Le mémoire précise que le verre perforé peut être décoré de toute manière analogue au verre à vitre. Le brevet porte bien sur les perforations de la feuille et il est précisé que celles-ci peuvent être de forme quelconque « ronde, carrée, ovale, polygonale, étoilée, etc. Elles peuvent constituer des dessins à jour représentant des sujets ou ornementations variés ».
Le verre perforé constitue une réponse originale aux prescriptions nouvelles assujetties à la fenêtre : éclairer et ventiler. Pourquoi lancer un tel produit ? Répond-il à une attente, à de nouveaux usages ? Le certificat d'addition du 9 octobre 1885 les rappelle : « Les usages auxquels ce verre perforé peut servir sont très nombreux : la première application, et une des plus importantes, consiste dans l'emploi qu'on peut en faire pour l'usage de la ventilation des locaux habités, en remplaçant tout ou partie du verre à vitre ordinaire, ce qui permet en particulier de supprimer les vasistas et autres dispositifs analogues. Ce verre permet ainsi d'effectuer avec grand avantage la ventilation et l'éclairage d'une façon simultanée, tout en évitant par la multiplicité des perforations, par la faible dimension de leur section, et par leur forme spéciale, les courants d'air nuisibles ou gênants. »

La réception d'un nouveau produit

De manière assez logique, le verre perforé est mentionné pour la première fois dans un article consacré à l'exposition d'hygiène urbaine de Paris. Il n'entre pas dans le

cadre de cette communication de digresser sur les expositions,[12] mais peut-être faut-il rappeler qu'après les grands rassemblements internationaux, comme les rendez-vous de Londres, Paris, Vienne ou Chicago, les expositions adoptent aussi des formats plus spécialisés. En 1881 par exemple, Paris accueille une exposition très remarquée consacrée uniquement aux applications de l'électricité. De la même manière, des expositions d'hygiène sont organisées à partir de la fin des années 1870. En 1884, *l'International Health Exhibition* de Londres pratique une confrontation spectaculaire en construisant, face à face, une maison insalubre et une maison salubre. Cette dernière étant une sorte de catalogue grandeur nature des innovations de pointe dans le domaine et une vitrine pour les entreprises qui se pressent sur ce nouveau marché porteur.

À l'été 1886, s'ouvre la deuxième exposition parisienne d'hygiène urbaine. *La Nature* en rend compte dans plusieurs articles sous la plume d'un certain Dr Z. La livraison du 14 août porte plus spécifiquement sur « l'aération, l'éclairage et l'orientation des habitations ».[13] Citant Trélat, l'auteur évoque les dangers contre lesquels l'homme doit se prémunir dans son habitation et, au premier chef, le confinement de l'air qu'il doit y respirer. Pour l'aération, le plus grand allié est donc la fenêtre dont les vitres laissent passer à foison la lumière « condition indispensable de salubrité », mais leur imperméabilité fait qu'elles arrêtent l'introduction de l'air. L'auteur rappelle les différentes méthodes par lesquelles on a cherché à amener de l'air : vasistas et persiennes mobiles, à lamelles de verre, à valves de mica, avec opercules et clapets. En Angleterre où l'on expérimente depuis plusieurs années, on s'est inquiété des courants d'air et on a préféré les systèmes de briques de ventilation percées de petits conduits et placées près du plafond, mais le problème de ces briques est leur difficulté de nettoyage. Ce préambule sert en fait de toile de fond à la démonstration du verre perforé, qui est présenté sur le stand de la maison Geneste et Herscher à l'exposition d'hygiène.

Une gravure fait comprendre l'avantage du procédé grâce à une petite expérience sur le flux d'air, passant à travers un trou normal et à travers un percement conique (fig. 3). Un soufflet permet d'envoyer un flux d'air sur un petit drapeau, placé de l'autre côté d'une plaque percée. Le creu, même de très petit diamètre, provoque un déplacement du drapeau, alors que le percement conique ne le dérange pas, l'écoulement de l'air se faisant de manière plus dispersée. L'article donne ensuite des détails sur les feuilles de verre perforé, qui portent 5000 trous par mètre carré, d'une section circulaire de 5 millimètres de diamètre, soit un espacement de 15 millimètre d'axe en axe. La feuille de verre peut avoir plusieurs épaisseurs de 3,5 à 5 millimètres, dans ce cas, les trous ont un diamètre plus gros et un espacement plus important (fig. 4). Le verre perforé, imaginé par Émile Trélat, est la meilleure réponse à ces injonctions faites à la fenêtre : éclairer et ventiler.

Trélat recommande de les placer en hauteur, à 2,5 mètres du sol de l'habitation pour ne pas incommoder les occupants, mais ce n'est pas toujours le cas. L'illustration de l'installation de la maison Geneste Herscher d'un cabinet à la turque entièrement réalisé en verre lors de la même exposition, montre des verres perforés en partie basse de la fenêtre (fig. 5).[14] Le même article détaille ensuite les emplacements les

ORIGINAL

OFFICE
11, Boulev

FIG.1_

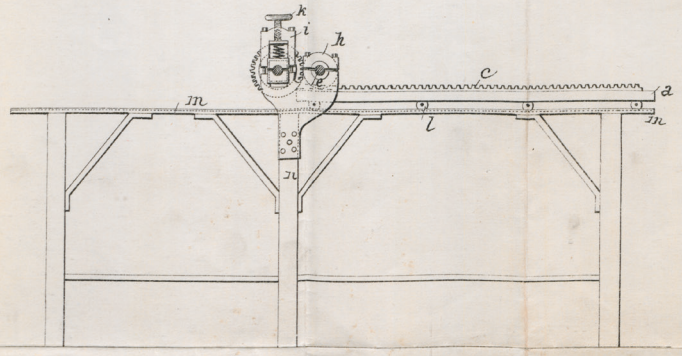
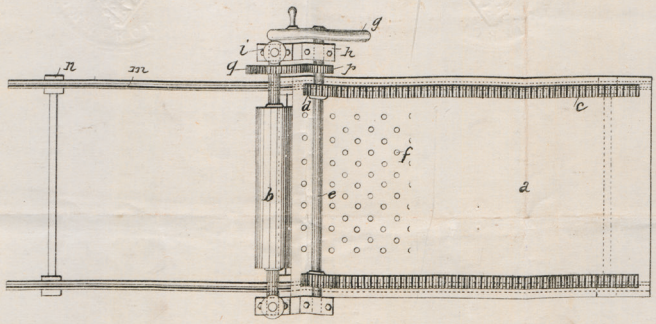
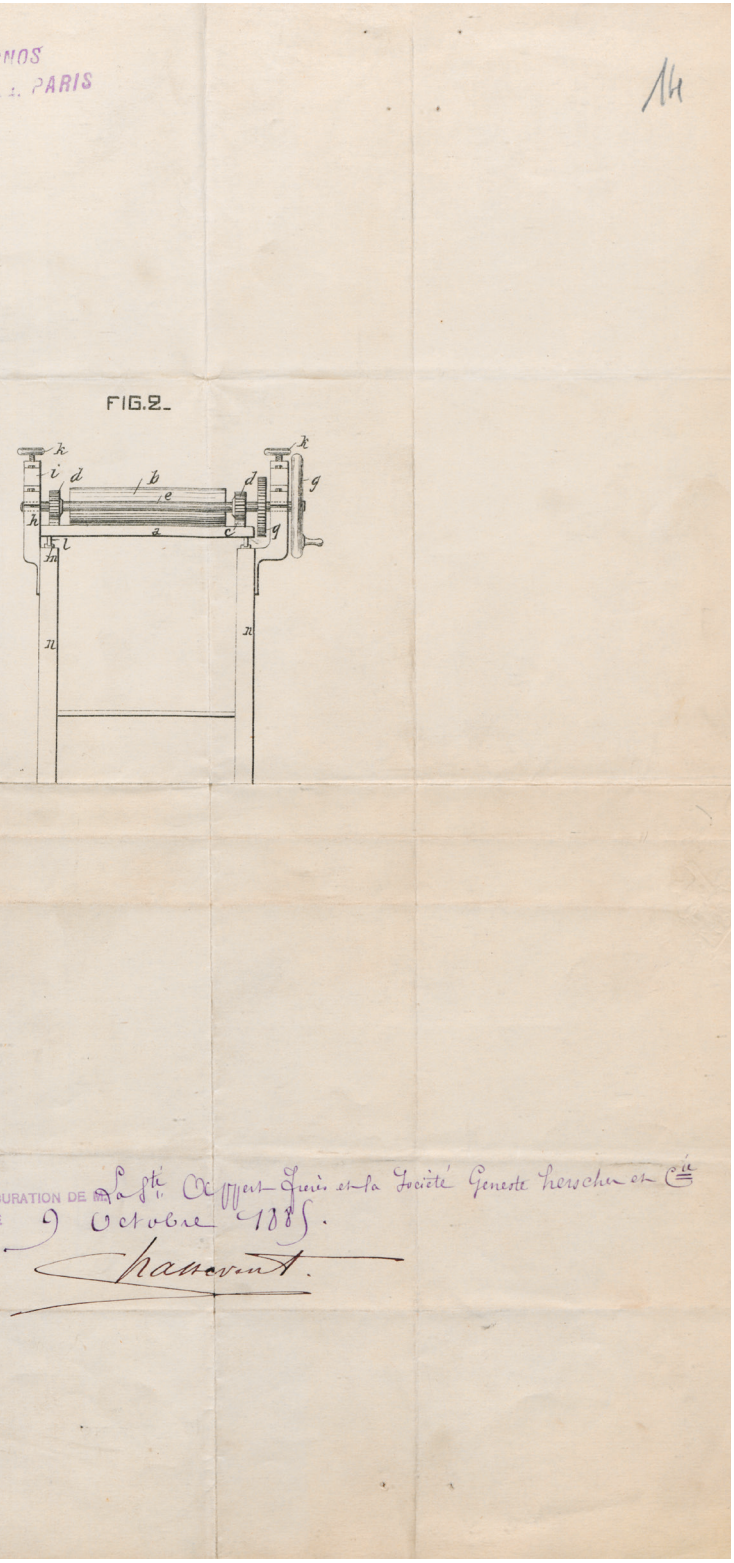


FIG.3_



PAR PROC
PARIS, LE

Echelle Variable



2 Planche explicative montrant la table à picots servant à couler la feuille de verre.

pert frères, après de nombreux essais, sont enfin parvenus à fabriquer des *vitres perforées*, telles que les représentent les figures ci-dessous. Cette fabrication offrait de très grandes difficultés, qui se devinent aisément; on sait, en effet, que lorsqu'on veut percer le verre ou la glace pour poser

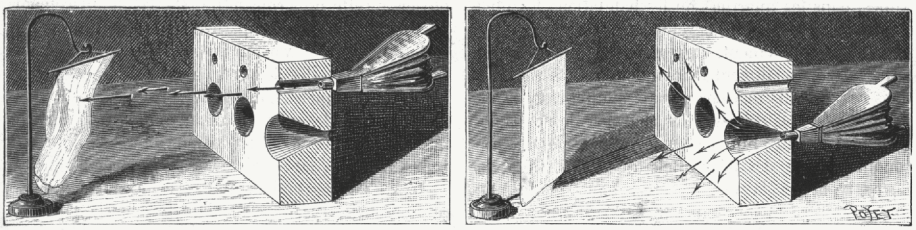


Fig. 1 et 2. — Effets produits sur un drapeau par le vent d'un soufflet à travers un ajutage cylindrique et à travers un ajutage conique.



Fig. 3. — Effet produit sur une flamme de bougie en soufflant par la petite base de l'orifice conique d'une vitre perforée.

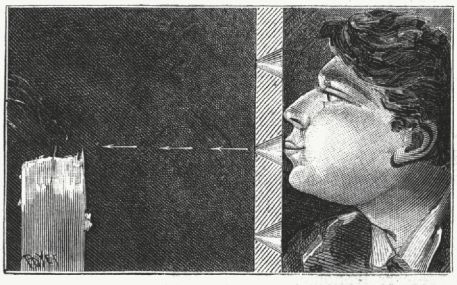


Fig. 4. — Effet produit par une flamme de bougie en soufflant par la grande base de l'orifice conique d'une vitre perforée. (Extinction de la bougie.)

les *plaques de propreté* sur les portes des appartements, il faut se servir d'une tige d'acier et verser sur le verre de l'essence de térébenthine afin de renouveler les surfaces et de rendre la morsure de l'acier plus facile; quelquefois, on y ajoute de l'acide oxalique et même des oignons écrasés. Très fréquemment les plaques sont brisées pendant ce travail.

Les vitres perforées de MM. Appert, Geneste et Herscher comprennent 5000 trous par mètre carré; ces trous ont une section circulaire de 3 millimètres de diamètre chacun; ils sont espacés de 15 millimètres d'axe en axe, et le verre a 3mm,5 d'épaisseur (fig. 5). D'autres vitres, un peu plus épaisses (5 millimètres d'épaisseur) ont des trous de 4 millimètres de diamètre, espacés de 20 millimètres d'axe en axe. MM. Appert sont parvenus, par des procédés spéciaux et brevetés, à surmonter les difficultés considérables que présentait ce problème industriel. Telles qu'elles sont aujourd'hui, leurs vitres perforées constituent un spécimen très remarquable des progrès récents de l'art de la verrerie.

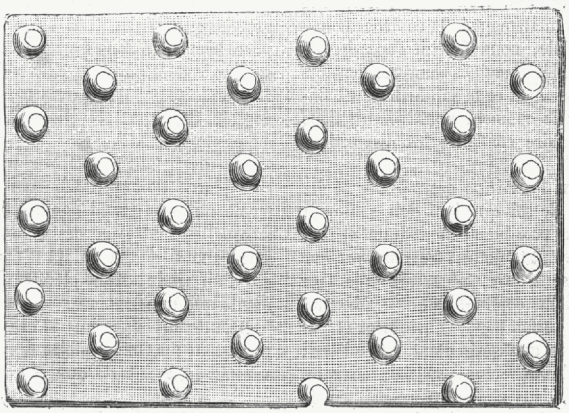
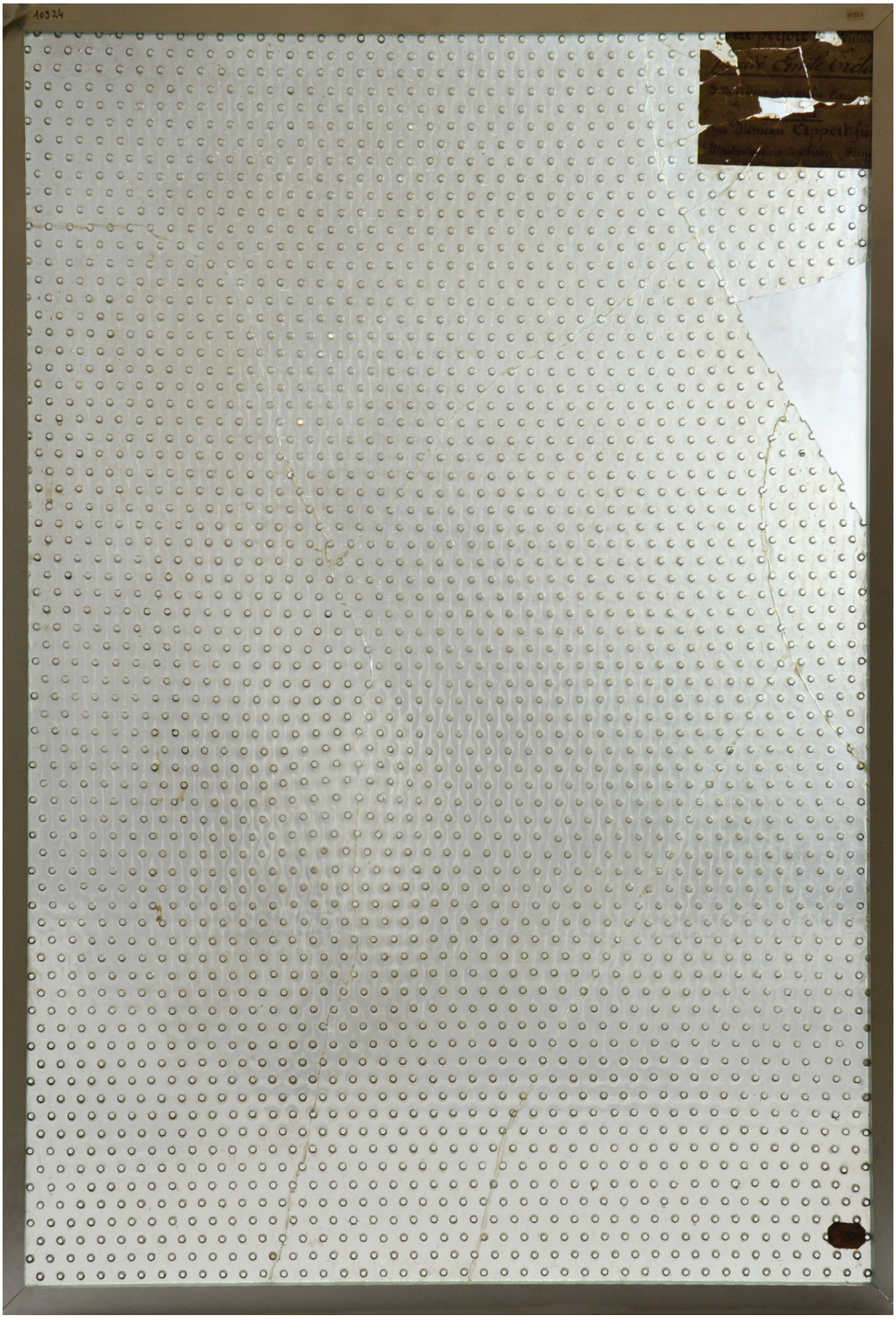


Fig. 5. — Aspect d'un morceau de vitre perforée. (Grandeur naturelle.)
Système Appert, Geneste et Herscher, d'après la méthode de M. Émile Trélat.

Au point de vue qui nous occupe spécialement ici, il faut tout d'abord remarquer que ces vitres

3 Première mention du verre perforé, *La Nature*, juin 1886, 20.



4 Une feuille de verre perforé, donnée en 1887 par Appert frères pour le cours d'Émile Trélat au Conservatoire.

du siphon se fasse avec une grande facilité et qu'elle soit, pour chaque siphon, indépendante, les mêmes constructeurs ont imaginé de faire aboutir le tuyau de ventilation à une prise d'air, formée d'une boîte métallique logée dans le mur extérieur et renfermant une valve mobile en mica qui s'ouvre au passage de l'air chaque fois qu'un liquide traverse le siphon et qui se referme immédiatement après cette traversée. Ces importantes améliorations apportées aux siphons sont d'autant plus intéressantes qu'elles émanent des premiers constructeurs français qui soient parvenus à livrer aux entrepreneurs et plombiers des siphons de plomb à un prix marchand; notre pays était jusqu'ici tributaire de l'Angleterre, de l'Allemagne et des États-Unis pour la fabrication courante de ces sortes d'appareils, dont il importe que l'usage se répande de plus en plus.

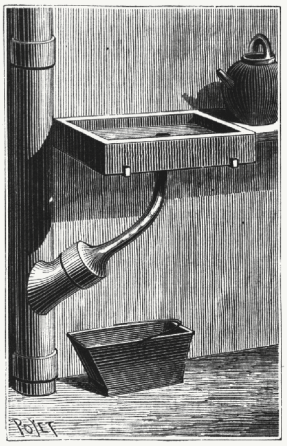


Fig. 8.

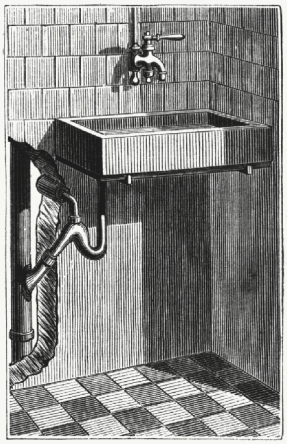


Fig. 9.

Installation de deux éviers de cuisine. — Fig. 8. Évier de cuisine insalubre.
Fig. 9. Évier salubre avec effet d'eau et siphon obturateur ventilé.

On a fait aux siphons le reproche de ne plus fonctionner lorsqu'on a été un certain temps sans s'en servir par suite de la lente évaporation de la couche d'eau qu'ils renferment; ainsi, lorsqu'une personne laisse son appartement pendant deux ou trois mois d'été, les siphons ont pu se désamorcer peu à peu en son absence. Il est facile de remédier à cet inconvénient, très rare dans la pratique, en remplissant au moment du départ le siphon de glycérine ou en maintenant un très petit écoulement d'eau pendant le temps où l'ap-

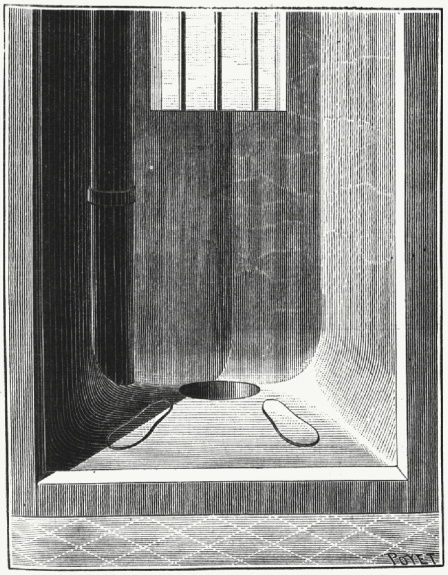


Fig. 10.

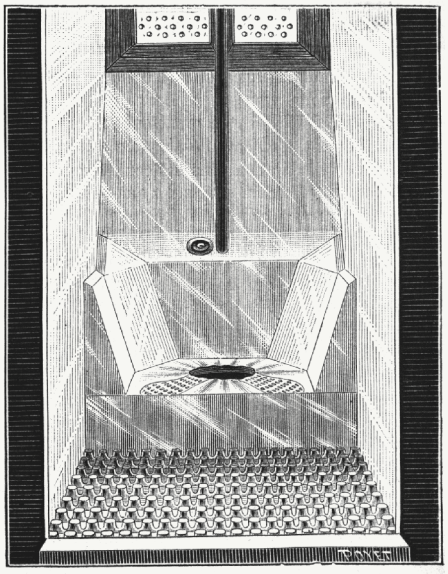


Fig. 11.

Deux cabinets à usage commun. — Fig. 10. Cabinet public insalubre avec trou *à la turque*. — Fig. 11. Cabinet public salubre à parois et siège de verre, réservoir de chasse et siphon. (Modèle de la maison Geneste et Herscher.)

5 Le cabinet à la turque salubre de la maison Geneste, Herscher et Cie, *La Nature*, août 1886, 189.

plus avantageux. Ce sont d'abord les espaces collectifs : salle d'enseignement, hôpitaux, dortoirs, chambrées de caserne et même écuries, mais aussi les églises, salles de réunion, cafés, cercles, couloirs de dégagement des édifices publics, etc. Enfin, il fait l'unanimité dans les écoles, les wagons de chemin de fer, les lieux d'aisance. Le grand avantage, outre l'aération continue, tout en maintenant la clôture de la baie, c'est l'entretien facile. Le lavage des vitres garantit que la poussière ne s'y accumule pas et les trous ne peuvent pas s'obstruer.
A. Pujol revenant sur le « verre Trélat » dans une série d'articles sur la même exposition dans la revue la *Construction Moderne* se montre plus critique envers le dispositif qu'il trouve inutilement compliqué et lui préfère d'autres systèmes.[15]

Quelques réalisations utilisant du verre perforé

En 1889, une large place est faite à l'hygiène et à l'assainissement à l'Exposition universelle qui marque le triomphe de la IIIe République. La ville de Paris aménage sur une surface de près de 2000 m^2 deux maisons types : la maison insalubre et la maison salubre, dotée d'un système de tout à l'égout visitable aménagé par l'ingénieur Alfred Durand-Claye (1841–1888).[16]
Le rapport de Victor de Luynes pour la classe 19 « cristaux, verrerie, vitraux » fait bien évidemment référence à ce produit nouveau et indique que le Conservatoire en a acquis un échantillon pour les collections du musée.[17] Les verres perforés sont également cités dans l'article de Fernand Brunsvick sur le verre dans la construction qui les recommande comme l'une des nouveautés prometteuses de l'exposition avec les opalines, les verres mousseline ou le verre armé Appert (fig. 6).[18]
Les revues d'architecture – *L'architecture*, ou la *Construction moderne* – mentionnent le verre perforé pour des réalisations d'hôpitaux : les châssis d'imposte à l'hôpital d'Arès en Gironde construit par l'architecte Jean-François Émile Camus (1849–1905),[19] ou à l'hôpital Boucicaut dans le XVe arrondissement de Paris, réalisation des architectes Legros père et fils,[20] où toutes les salles de malades ont des vitrages en verre perforé. Émile Rivoalen dans la *Construction Moderne* ne manque pas de signaler une nouvelle disposition adoptée boulevard Pasteur dans un immeuble de l'architecte Léon Bénouville (1860–1903).[21] La cage d'escalier est éclairée par un mur en briques de verre Falconnier, il y a au-dessus une imposte éclairante avec des châssis vitrés pour l'aération, garnis de verre coulé dit « cathédrale » et de verre perforé Trélat.
On en trouvait également à la Samaritaine de l'architecte Frantz Jourdain (1847–1935) (magasin 2) où les toilettes du personnel étaient un véritable catalogue hygiéniste : revêtements en pierre de verre, joints courbes en lave et verre perforé comme vitrage. Il en existe encore, en imposte dans les salles de classe (plutôt vétustes) du lycée Janson de Sailly, rue de la Pompe à Paris, mais il n'est pas certain que cette disposition survive à la rénovation du bâtiment (fig. 7).
De manière plus inattendue, mais toujours adaptée, Jean-François Luneau mentionne l'emploi de verre perforé par le maître-verrier et mosaïste Félix Gaudin (1851–1930)



6 Cadre d'échantillons de verres imprimés, vers 1900 (?).

pour la verrière du salon Garnier du Grand hôtel à Paris, réaménagé en 1900 par l'architecte Henri-Paul Nénot (1853–1934).[22] On sait peu de chose de cette commande, sans doute conséquence du succès remporté par Gaudin à l'Exposition universelle de 1900 où il avait obtenu un grand prix pour le vitrail du plafond de la salle des fêtes. Il réutilise un dispositif dit de « grillage solidarisé » pour sécuriser ses grands panneaux à l'horizontale. Afin de ventiler l'espace entre le vitrail zénithal et la verrière, il utilise ponctuel-



7 Carreau en verre perforé, placé en imposte dans une salle de classe du lycée Janson de Sailly, Paris.

lement des feuilles de verre perforé reflétant bien son goût pour l'utilisation des nouveaux verres. Enfin, on le trouve encore employé en 1926, pour un usage tout à fait approprié dans un des espaces de la modernité la plus flambante, le garage de la maison Tzara, 15 avenue Junot à Paris, seule maison construite par l'architecte Adolf Loos (1870–1933) à Paris.[23]

Un produit à la mode ?

Dans la dernière décennie du XIX[e] siècle, les revues d'architecture sont agitées de nombreux débats concernant la fenêtre, que ce soient les promenades architecturales d'Émile Rivoalen (1843–1912) ou les articles d'Émile Trélat dans les divers congrès auxquels il participe. Mais ce sont surtout les hygiénistes et les médecins qui s'emparent de ce sujet, débattant des tailles et des qualités de vitrage, ou bien plus encore de la ventilation.
Dans le combat hygiéniste – véritable déferlement de publications et d'imprécations dans le contexte d'une épidémie de tuberculose qui obsède l'époque – l'offre de matériaux verriers joue tout son rôle ; que ce soit pour assurer la ventilation continue, ou pour offrir un revêtement lavable et sans joints par rapport au carreau de céramique.

Laissons la parole aux ingénieurs Léon Appert et Jules Henrivaux (1848–1930) faisant le point sur les derniers progrès réalisés par l'industrie verrière : « Partout l'air, la lumière, les lavages rendus faciles, les impuretés de parois rendues visibles, telles sont les conditions que l'emploi du verre permet seul de réaliser et qui établissent bien nettement le rôle que peut et doit jouer le verre comme coopérateur et agent principal de l'hygiène ».[24]

Cependant, il est bien difficile de repérer plus précisément la fabrication et la diffusion du verre perforé. En effet, faute d'archives, il n'est pas possible de savoir si la verrerie Appert a licencié d'autres fabricants. Nous n'en avons pas trouvé trace chez Saint-Gobain et n'avons pas trouvé mention d'autres verreries le produisant. C'est un produit de niche, mais sûrement coûteux vu l'importance des finitions à la main.[25] D'après les rares publicités retrouvées dans la presse technique et architecturale, il semble que le verre perforé se soit diffusé pendant une trentaine d'années. Faut-il conclure que le déménagement de la verrerie Appert de Clichy vers Bagneaux[26] en 1931 et son recentrage sur les productions de verre pour applications scientifiques ont signé la fin du verre perforé ?

Finalement pour apprécier ce produit marginal, il reste les enquêtes de terrain dans des bâtiments anciens (écoles, hôpitaux, cages d'escalier), ou dans les réserves des peintres verriers. Elles devraient contribuer à quelques redécouvertes et éclairer la place et les emplois de cette production marginale dans le domaine du verre plat.

1 Carré 2010, 1127–1133. Voir aussi la contribution d'Emma Groult dans ce volume sur ce sujet.
2 En rachetant en 1885 le brevet de Frederick Mason et John Conqueror. Carré 2004, 63–74.
3 Les archives de Saint-Gobain ont été consultées, sans succès. Il n'a pas été entrepris de recherches dans d'autres fonds privés – au demeurant assez rares, mais on peut toutefois souligner que Saint-Gobain est déjà une multinationale au XIXe siècle, avec des usines en Belgique, en Allemagne et en Italie.
4 Demeulenaere-Douyère 2013.
5 Léon Appert dépose plus de seize brevets en son nom ou en celui de l'entreprise familiale qu'il gère avec son frère. Carré 2013, 169–179 et Archives Nationales, F12/5082.
6 Fontanon et Grelon 1994, volume 2, 611–623.
7 Seitz 1995. L'école est autorisée en 1865 sous le nom d'École centrale d'Architecture et prendra le nom d'École spéciale d'Architecture au moment où elle sera reconnue d'utilité publique en 1870.
8 Il est député de la Seine de 1891 à 1893.
9 Guadet 1895.
10 Je remercie Steeve Gallizia, service des archives de l'INPI, pour la mise à disposition du brevet, des mémoires et certificats d'addition. Le premier certificat d'addition est daté du 3 mai 1885, le second est daté du 10 juillet 1886. Les déposants sont représentés par la maison Chassevent, boulevard Magenta à Paris.
11 Brevet n° 168.270 du 9 avril 1895 déposé par la Société Appert frères et la Société Geneste, Herscher et Cie pour un produit industriel nouveau dit : verre perforé et ses applications.
12 Voir Carré et al. 2012.
13 Dr Z. 1886a, 20.
14 Dr Z. 1886b, 189.
15 Pujol 1886, 538.
16 Simon 2018.

17 Luynes 1891, 171. La série d'échantillons de couleur, encore conservés aujourd'hui (no. inv. 11500-0007) provient donc du stand de la maison Appert frères, car Victor de Luynes occupait la chaire de céramique, verrerie et teintures au Conservatoire des Arts et Métiers.
18 Brunsvick 1900, 81–82.
19 Olive 1904, 475–479.
20 Anonyme 1898, 471.
21 Rivoalen 1900, 556–557.
22 Luneau 2006, 480 et annexes. Je remercie Jean-François de m'avoir permis de publier ces images.
23 Voir la notice de la base Mérimée, https://www.pop.culture.gouv.fr/notice/merimee/PA00086746 (consulté le 22 août 2022).
24 Appert et Henrivaux 1894, 53.
25 À titre de comparaison, d'après un tarif de 1903 retrouvé aux archives de Saint-Gobain, on sait qu'Appert vendait le verre imprimé de couleur environ 7 Franc le mètre carré et les plaques d'opaline, autre produit hygiénique, entre 6 et 18 Franc le demi-mètre carré, selon l'épaisseur demandée.
26 Carré 2013, 174.

Bibliographie

ANONYME 1898
Anonyme, « L'hôpital Boucicaut », La Construction Moderne 40, 2 juillet 1898, 471–472.

APPERT, GENESTE, HERSCHER ET CIE 1885/86
Appert frères et la Société Geneste, Herscher et Cie, Un produit industriel nouveau, dit : verre perforé et ses applications. Brevet 168 270, 9 avril 1885, certificat d'addition 23 mai 1885, certificat d'addition 9 octobre 1885, certificat d'addition 10 juillet 1886.

APPERT ET HENRIVAUX 1894
Léon Appert et Jules Henrivaux, La verrerie depuis vingt ans, Paris : Bernard, 1894.

BRUNSVICK 1900
F. Brunsvick, « L'exposition de 1900, emploi du verre et des émaux dans la construction », La Construction Moderne, 17 novembre 1900, 81–82, https://portaildocumentaire.citedelarchitecture.fr/pdfjs/web/viewer.html?file=/Infodoc/ged/viewPortalPublished.ashx?eid%3DIFD_FICJOINT_FRAPN02_COM_1900_46_PDF_1 (consulté le 22 août 2022).

CARRÉ 2004
Anne-Laure Carré, « Qualités et usages des produits verriers à la fin du XIXe siècle », in : Jean-François Belhoste, Serge Benoît, Serge Chassagne et Philippe Mioche (dir.), Autour de l'industrie, histoire et patrimoine. Mélanges offerts à Denis Woronoff, Paris : Comité pour l'histoire économique de la France, 2004, 63–74.

CARRÉ 2010
Anne-Laure Carré, « Verre coulé, verre imprimé, de nouveaux produits pour les architectes au XIXe siècle », in : Robert Carvais, André Guillerme, Valérie Nègre, Joël Sakarovitch (dir.), Édifice et artifice. Histoires constructives. Recueil de textes issus du premier congrès francophone d'histoire de la construction, Paris : Picard, 2010, 1127–1133.

CARRÉ ET AL. 2012
Anne-Laure Carré, Marie-Sophie Corcy, Christiane Demeulenaere-Douyère et Liliane Hilaire-Perez, Les expositions universelles en France au XIXe siècle. Techniques Publics Patrimoines, Paris : CNRS éditions, 2012.

CARRÉ 2013
Anne-Laure Carré, « Une stratégie de valorisation de l'innovation : Léon Appert et le soufflage mécanique du verre », in : Corinne Maitte (dir.), Les innovations verrières et leur devenir. Actes du deuxième colloque international de l'association Verre & Histoire, Nancy, 26–28 mars 2009, Paris : Verre et Histoire, 2013, 169–179, http://www.verre-histoire.org/colloques/innovations/pages/p402_01_carre.html (consulté le 22 août 2022).

DEMEULENAERE-DOUYÈRE 2013
Christiane Demeulenaere-Douyère, Geneste Paul Eugène, in : Annuaire prosopographique : la France savante, CTHS-La France savante, https://cths.fr/an/savant.php?id=116944 (consulté le 22 août 2022).
FONTANON ET GRELON 1994
Claudine Fontanon et André Grelon, Les professeurs du Conservatoire national des arts et métiers. Dictionnaire biographique 1794–1955, Paris : INRP, 1994.
GUADET 1895
Julien-Azaïs Guadet, « Code des devoirs professionnels de l'architecte présenté au nom de la Société Centrale des Architectes Français », L'Architecture 33, 17 août 1895, 288–289, https://upa-bua-arch.be/fr/profession/le-cadre-professionnel-des-architectes/code-guadet-1895 (consulté le 21 mai 2022).
LUNEAU 2006
Jean-François Luneau, Félix Gaudin, peintre-verrier et mosaïste (1851–1930), Clermont-Ferrand : Presses universitaires Blaise Pascal, 2006.
LUYNES 1891
Victor de Luynes, « Classe 19. I. Cristaux, verrerie et vitraux », Exposition Universelle Internationale de 1889 à Paris, in : Alfred Picard (dir.), Rapports du jury international. Groupe III, Mobilier et accessoires. Classes 17 à 29, Paris : Imprimerie Nationale, 1891.
OLIVE 1904
Gustave Olive, « Causerie – Maison de santé d'Arès », L'Architecture 52, 24 décembre 1904, 475–479.
PUJOL 1886
A. Pujol, « Les maisons ‹ salubre et insalubre › », La Construction Moderne, 14 août 1886, 537–539, https://portaildocumentaire.citedelarchitecture.fr/pdfjs/web/viewer.html?file=/Infodoc/ged/viewPortalPublished.ashx?eid%3DIFD_FICJOINT_FRAPN02_COM_1886_33_PDF_1 (consulté le 22 août 2022).
RIVOALEN 1900
Émile Rivoalen, « Cours et courettes », La Construction Moderne 47, 25 août 1900, 556–557.
SEITZ 1995
Frédéric Seitz, L'École Spéciale d'Architecture 1865–1930 : une entreprise d'idée, Paris : Picard, 1995.
SIMON 2018
Miriam Simon, « Le musée municipal de l'Hygiène et sa genèse administrative. Contribution à une histoire des musées techniques municipaux à Paris », In Situ [En ligne] 37, 2018, mis en ligne le 20 décembre 2018, http://journals.openedition.org/insitu/19746; https://doi.org/10.4000/insitu.19746 (consulté le 17 mai 2022).
DR Z. 1886A
Dr Z., « L'expo d'hygiène urbaine. L'aération, l'éclairage et l'orientation de habitations », La Nature 680, 12 juin 1886, 20.
DR Z. 1886B
Dr Z., « L'exposition d'hygiène urbaine. Les appareils de salubrité dans les habitations », La Nature 690, 21 août 1886, 189.

PART 2
GLASS IN ARCHITECTURE FROM THE 18TH TO THE 21ST CENTURY

5

LE PLUS AGRÉABLE SPECTACLE DU MONDE FLACHGLAS ALS PRÄGENDES ARCHITEKTURELEMENT DES DRESDNER ZWINGERS

Peter Heinrich Jahn

Abstract

The Dresden Zwinger, built from 1710 to 1728, is a courtyard-like Baroque ensemble of festive buildings that started with an orangery, and is a prime example of the lavish use of window glass in the Baroque period. The translucent qualities of the Zwinger's architecture have nevertheless barely been appreciated to date. The lower greenhouse galleries and upper festive halls, which are glazed respectively on both sides and all around, are a rejoinder to the *Galerie des Glaces* at Versailles Palace, as well as to the orangeries at the neighbouring Château de Clagny (the home of Louis XIV's mistress), and the Château de Chantilly (located to the north of Paris). The unrealized design for the *Kronentor*, a completely glazed tower, may have been inspired by comparable Roman designs and, had it been executed, would have been unique. The glazing of the Zwinger buildings can be seen (at greenhouse level) as purely functional or (in the pavilions) as constituting an allusion to open-tent architecture, by providing translucent closings. There are indications of the innovative use of precious mirror glass as exterior glazing for the pavilions. Finally, an interior design for a royal reception hall intended for the eastern central pavilion has provision for wall glazing with mirrors in line with Versailles.

Keywords

Early modern glass architecture, mirror glass, glazing, orangery, gallery

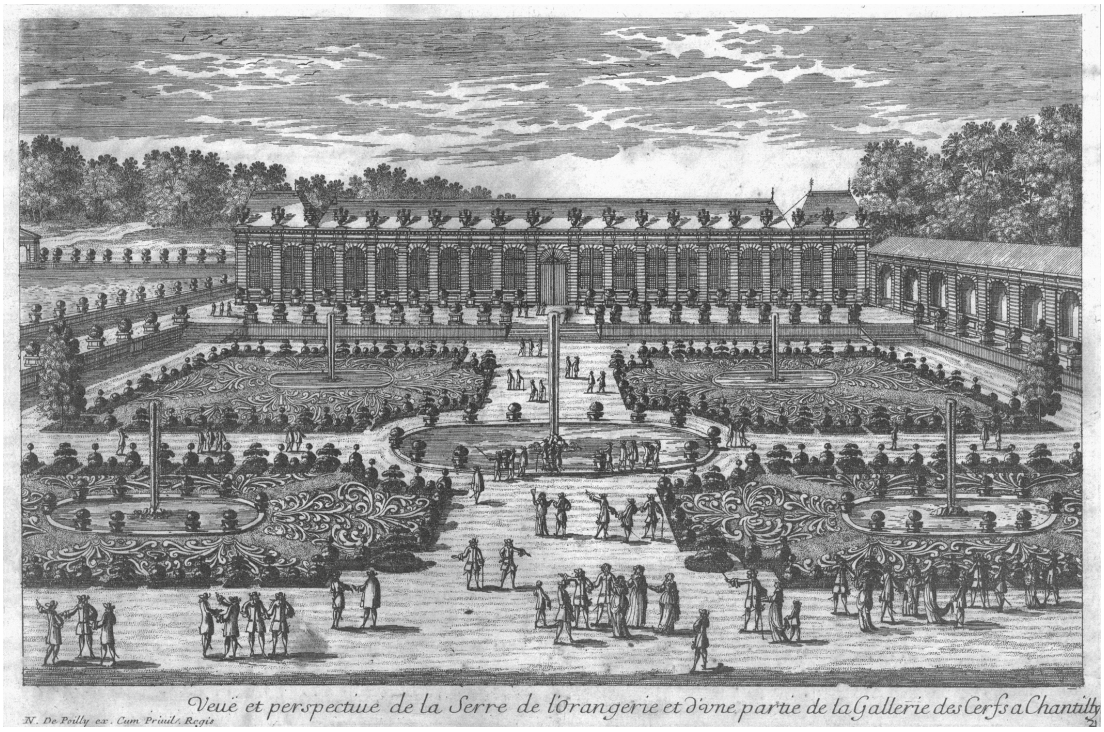
In einer grossformatigen Kupferstichedition präsentiert der in Dresden wirkende Barockarchitekt Matthäus Daniel Pöppelmann (1662–1736) den Zeitgenossen sowie der Nachwelt sein baukünstlerisches Meisterwerk und preist darin euphorisch, mit Einzigartigkeit reklamierenden Worten dessen Glasreichtum sowohl hinsichtlich Quantität als auch Qualität: »[...] la quantité des grandes glaces, qui sont aux fenêtres & aux portes, [...] forment à la vûe le plus agréable spectacle du monde.«[1] Gegenstand jener Edition ist der sog. Dresdner Zwinger, ein hofartig disponiertes barockes Ensemble von Festgebäuden, das seinen Ursprung in einer Orangerie hatte und vorrangig durch seine rapportartig wiederholte Bogenstruktur geprägt wird (Abb. 1, 7).[2] Und weil diese unzählig anmutenden feingliedrigen und ornamental reich verzierten Steinbögen



1 Ansichten des sog. Dresdner Zwingers: Pavillongruppe der wallseitigen Bogengalerie sowie Graben- und Hofseite der Langgalerie samt Kronentor, erbaut 1710–1719 nach Entwürfen von Matthäus Daniel Pöppelmann.

mittels Sprossenfenster geschlossen sind, welche die steinerne Architektur um ein Mehrfaches an Fläche übertreffen, darf das Bauwerk als eine veritable vormoderne ›Glasarchitektur‹ gewertet werden.[3] Als solche ist der Dresdner Zwinger architekturhistorisch allerdings in der Vergangenheit kaum gewürdigt worden.[4] Erst jüngst hat der Verfasser vorliegender Zeilen an anderer Stelle ausführlich diesem Manko abgeholfen.[5] Diese erste Würdigung wird hier nicht bloss hinsichtlich der funktionalen und bedeutungstragenden Aspekte der Verglasung resümiert, sondern auch um neue, insbesondere die beiden zentralbauartigen Mittelpavillons betreffende interpretatorische Gedanken bereichert.

Auftraggeber des Dresdner Zwingers war der sächsische Kurfürst Friedrich August I. (1670–1733, reg. ab 1694), besser bekannt als »August der Starke«, der sich 1697 zum polnischen König hatte wählen lassen. Seitdem legte dieser deutsche Landesfürst ein seinem neuen Rang entsprechendes gesteigertes Repräsentationsbedürfnis an den Tag, das international orientiert war, um mit den europäischen Königshöfen konkurrieren zu können.[6] Dies ist der hauptsächliche Grund, warum die im Folgenden vorzustellende Zwingerarchitektur, welche ab 1710 ins Werk gesetzt wurde, so ambitioniert ausfallen musste. Der eingangs zitierte Pöppelmann war leitender Dresdner Hofarchitekt – als Zwingerbaumeister ist er in die Architekturgeschichte eingegangen.[7]



2 Chantilly, Vedute der an die *Gallerie des Cerfs* angebauten Orangerie, anonyme Radierung, um 1670, Pierre Aveline zugeschrieben.

Die einzelnen Zwingerbauten und deren Verglasung

Obzwar die Zwingerarchitektur von unzähligen Bogenfenstern geprägt wird und dadurch einheitlich erscheint, zerfällt Sie dennoch in mehrere Komponenten, allein schon durch die an verschiedenen Stellen aufragenden Pavillonbauten (Abb. 1).[8] Zudem sind diese Komponenten für unterschiedliche Zweckbestimmungen konzipiert gewesen, die durch die Umnutzung der Anlage als Hofmuseum seit 1728 ihre bis heute andauernde Relativierung erfahren haben.[9] Die alle Teilbauten wie ein gläsernes Band zusammenbindende Komponente der Zwingerarchitektur bilden die unteren Bogenreihen. Deren grossflächige Verglasung erklärt sich aus der ursprünglichen Nutzung, weil die dahinterliegenden Hallen anfänglich als Winterung für eine umfangreiche Orangerie dienten, die August der Starke sich peu à peu zusammengekauft hatte.[10] Die vom Wall hinterfangenen und eine u-förmige Exedra formierenden westseitigen Flügel folgen aufgrund ihrer von einer Futtermauer gebildeten geschlossenen Rückwand dem gängigen Typus der damaligen Orangeriearchitektur.[11] Hinsichtlich der Filigranität der Pfeiler- und Bogenarchitektur haben sie in der einstigen Orangerie des französischen Landschlosses Chantilly einen prominenten Vorläufer.[12] Die hauptsächliche Bildquelle für diesen Gewächshausbau (Abb. 2) gibt auch eine im 90°-Winkel daran ansetzende und formal ähnlich gestaltete Gartenloggia (sog. *Gallerie des Cerfs*) wieder, was einen Entwicklungsstrang solcher Orangeriebauten offensichtlich werden



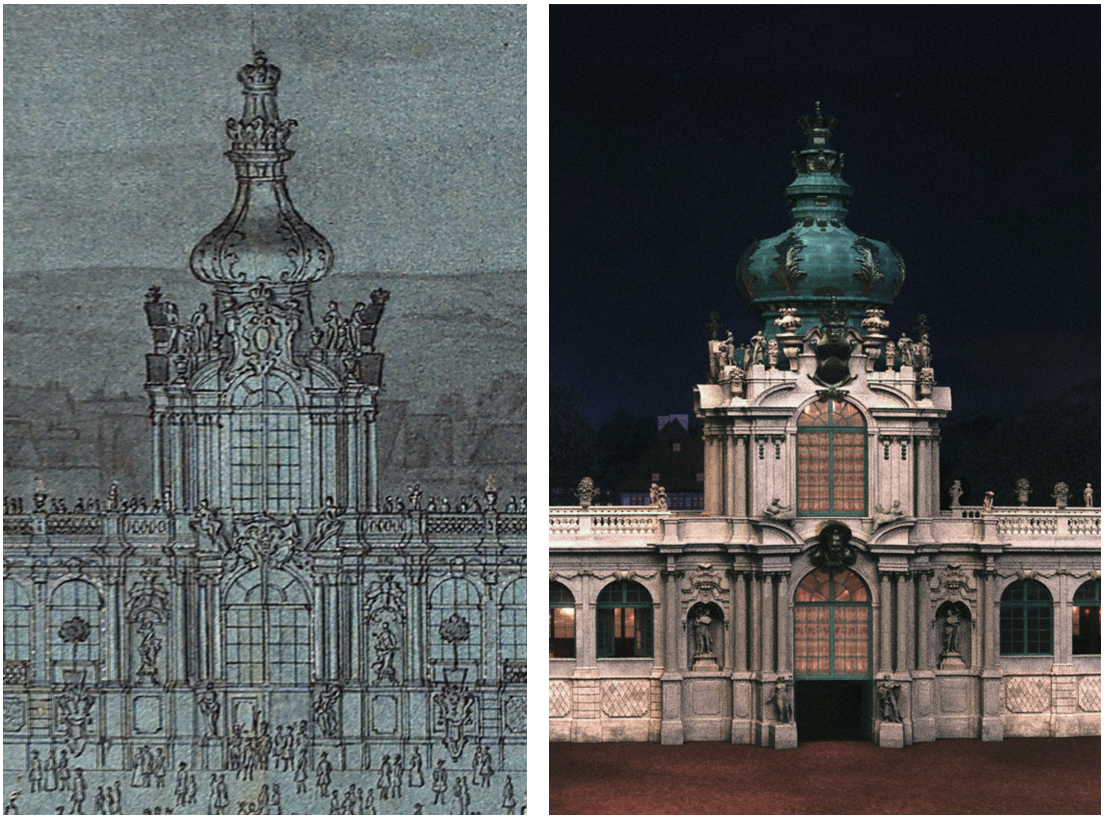
3 Eine Halle der Langgalerie des Dresdner Zwingers konfrontiert mit einer 3D-Rekonstruktion der Orangerie von Schloss Clagny bei Versailles.

lässt, nämlich ein Hervorgehen aus dem Verglasen von Loggienarchitekturen. Daraus ist auch der den Orangerien verwandte und deren Entwicklung vice versa mitbestimmende Bautyp der französischen Schlossgalerien entstanden.[13]

Bei der vom sog. Kronentor mittig akzentuierten Langgalerie (Abb. 1 u.), die als bedarfsbedingte Erweiterung der wallseitigen Gewächshaushallen (Abb. 1 o.) konzipiert worden war, führte der besondere Standort entlang des Festungsgrabens dazu, nun auch die grabenseitige Rückwand in Arkaden aufzulösen, sodass eine auf beiden Seiten gleich getaktete Verglasung entstanden ist. Einen Vorläufer für eine derartige Maximalverglasung mit gleicher Nutzungsfunktion gab es einst im Umkreis der französischen Königsresidenz Versailles, nämlich am Satellitenschloss Clagny, das als Mätressenresidenz dem Hauptschloss unweit benachbart war (Abb. 3).[14]

Das in der Mitte der Langgalerie aufragende Kronentor war ursprünglich als vollverglaster Zugangsturm der beiden Gewächshaushallen konzipiert (Abb. 4), möglicherweise inspiriert durch einen vergleichbaren Treppenhausentwurf des päpstlichen Architekten Carlo Fontana (1638–1714) (Abb. 5).[15] Bald schon erfolgte allerdings eine Umplanung zu einem dauerhaft offenen Torturm, weil eine Brücke über den Festungsgraben geschlagen werden sollte. Die beiden Gewächshaushallen waren seitdem voneinander getrennt (vgl. Abb. 3 li.). Gerade bei nächtlichen Illuminationen hätte eine Verglasung des Kronentors, die Pöppelmann als verschenkte Option ins Zwingerstichwerk aufnahm,[16] ihre transluziden Qualitäten voll und ganz entfaltet (Abb. 4).[17]

Die vom Wall aus sich entwickelnde Orangerie war zunächst von zwei seitlich angeordneten Pavillonbauten überhöht, welche Festsäle enthalten und daher gemeinhin als »Saalpavillons« bezeichnet werden (Abb. 1 o.). Deren Architektur greift die Bogenstellungen des Gewächshausgeschosses auf und setzt diese rundum fort, dies im Rechteck mit 9 auf 3 Achsen. Letztlich entstammen auch diese Saalbauten der französischen Galeriebauweise, und es ist kein Zufall, wenn für die (1945 kriegsbedingt zerstörte) Innengestaltung des rechten Pavillons offensichtlich die berühmteste aller Schlossgalerien zum Vorbild genommen wurde: die Galerie des Glaces im königlichen Residenzschloss zu Versailles.[18] Während dort aber baubedingt als letztlich Eindruck machender Notbehelf eine blinde Längswand mit Spiegeln verkleidet werden musste, um den Eindruck einer beidseitig gleichmässig durchfensterten Galerie zu erzeugen,[19] bestand in Dresden diese Problemsituation aufgrund der allseitigen Freistellung der



4 Kronentor des Dresdner Zwingers mit ursprünglich projektierter Vollverglasung, links in einer zeitgenössischen planungsbasierten Darstellung, gezeichnet von Carl Heinrich Jacob Fehling, um 1725, rechts als aktuelle, vom Verfasser betreute digitale 3D-Rekonstruktion, modelliert von Falk Schieber, Dresden, 2010/11, und visualisiert durch m box bewegtbild GmbH, Berlin, 2018/19.

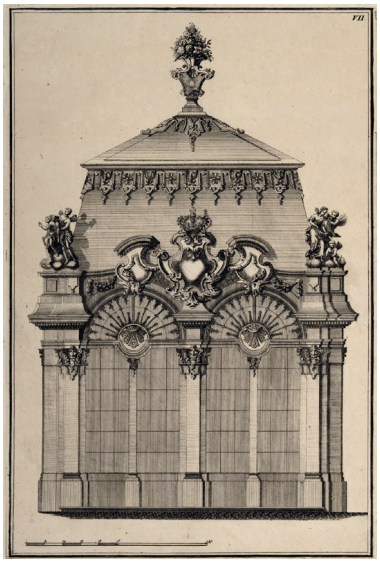
Saalpavillons nicht. Dennoch spricht Pöppelmann im zweisprachig kommentierten Zwingerstichwerk bei sämtlichen Pavillonaufbauten des Zwingers von »grossen Spiegel=Scheiben« bzw., wie eingangs zitiert, von »grandes glaces«, allerdings in der Verwendung als Fensterglas.[20] Auch dafür dürfte das Versailler Schloss Pate gestanden haben, weil in dessen Repräsentationsetage und insbesondere in der bereits erwähnten Spiegelgalerie diese innovative, aber kostspielige Art der Fensterverglasung erstmalig zum Grosseinsatz kam.[21] Der Vorteil von Spiegelglas gegenüber konventionellem mundgeblasenem Fensterglas lag darin, nach aufwendigen Schleif- und Poliervorgängen möglichst glatt sowie weitgehend blasen- und schlierenfrei zu sein und dadurch einen ungetrübten Durchblick zu gewähren.[22] Wenn Pöppelmann die Spiegelscheiben der Zwingersäle zudem als ›gross‹ attribuiert, dann trifft er damit nicht nur eine produktionstypische Qualität dieser besonderen Flachglassorte, sondern er zielt damit auch auf den Formatunterschied zu dem kleiner zugeschnittenen Fensterglas des Galeriegeschosses ab, den einschlägige zeitgenössische Bildquellen anhand der Fenstersprossen erkennen lassen, neben einigen Tafeln des Zwingerstichwerks auch die bekannte, um 1750 von Bernardo Bellotto (gen. Canaletto) gemalte Vedute des



5 Carlo Fontana, Entwurf für ein Zeremonialtreppenhaus unbekannter königlicher Bestimmung, Fassadenriss, undatiert (1680er-Jahre?), grau und blau lavierte Risszeichnung in Bister.

Zwingerhofes (Abb. 9).[23] Die Verglasung der Saalpavillons dient zunächst wie in Versailles dem Zweck, das Innere visuell und dennoch witterungsgeschützt zum Garten hin zu öffnen, in Versailles jedoch im Sinne einer erhöhten Loggia, in Dresden hingegen, um den Eindruck eines allseitig offenstehenden Gartenpavillons zu evozieren. Ab 1716 gesellte sich zwischen die beiden Saalpavillons ein weiterer Pavillon, der nun im Orangeriegarten den Ort des Königs markieren sollte (Abb. 1 o.). Das heute als Wallpavillon bezeichnete Bauwerk wurde, auf mit Satyrhermen dekorierten Pfeilerarkaden gestützt, über einer bereits bestehenden Freitreppe errichtet. Aufgrund seiner in weitere verglaste Bogenöffnungen aufgelösten Wände reiht sich der Wallpavillon in die Zwingerarchitektur ein, hebt sich aber zugleich davon ab, indem der zehneckig-polygonale Grundriss das bisher vorherrschende Orthogonalsystem verlässt und zudem alle Bogenstellungen gekrümmt sind, was seitlich markant spornartig vortretende Pfeiler entstehen liess (Abb. 6 li.). Wie ist dieser System- und Stilwechsel zu erklären? Auf diese Frage hat man bislang keine befriedigende Antwort gefunden.[24] Zur Lösung des Rätsels gibt es aber Indizien: Pöppelmann bezeichnet im Zwingerstichwerk sämt-





6 Wallpavillon des Dresdner Zwingers in Seitenansicht, konfrontiert mit einem noch plan gestalteten Vorentwurf, letzterer veröffentlicht in Pöppelmann 1929, Taf. VII (Radierung von Johann Georg Schmidt).

liche Saalaufbauten der Zwingergalerien als ›zeltförmige Gebäude‹.[25] Das bedeutet, dass auch die eben schon besprochenen Saalpavillons als in Stein, Glas und Kupferblech verstetigte Zelte zu begreifen sind, wie sie damals bei höfischen Gartenfesten als Sonnen- und Witterungsschutz gebräuchlich waren. Entsprechend entnimmt man einem ebenfalls im Zwingerstichwerk veröffentlichten Vorentwurf für den Wallpavillon mit noch gerader Seitenwand ein Dach, das um textile Schmuckelemente in Form von Lambrequins bereichert ist (Abb. 6 re.).[26] Der Zelt-Topos und die ursprünglich geplanten, aber dann nicht mehr realisierten Lambrequins sind der Schlüssel zum Verständnis der gekrümmten Bogenwände: Diese sollen in der polygonalen Anordnung offenbar auf textile, dabei sich vor- oder nach innen bauchende Zeltwände alludieren. Das Vorbild für diese Gestaltung dürfte in den seit den Türkenkriegen in Europa bewunderten und begehrten Rundzelten der Osmanen zu suchen sein, medial vermittelt beispielsweise durch eine von dem Hamburger Verleger Thomas von Wiering in den 1680er-Jahren mehrfach publizierten und dabei mit Kommentaren versehenen Holzschnittdarstellung (Abb. 7 li.).[27] Der rückseitig dem Wallpavillon vorgebaute pfeiler- und säulengestützte Eingangsbaldachin wäre dann als Allusion auf das obligatorische Vorzelt zu interpretieren (Abb. 7 re.).[28] Bekannt ist, dass August der Starke sich gerne als Türkensieger inszenierte,[29] weshalb der Wallpavillon sogar als Allusion auf ein Beutezelt verstanden werden darf. Die Verglasung der Bogenöffnungen erfüllt hier denselben Zweck wie bei den Saalpavillons: Evoziert werden nämlich zu Öffnungen hochgeraffte Zeltwände, die in Stein verstetigt und transluzent witterungsfest gemacht eine gleichsam nie enden wollende Festsituation vergegenwärtigen.

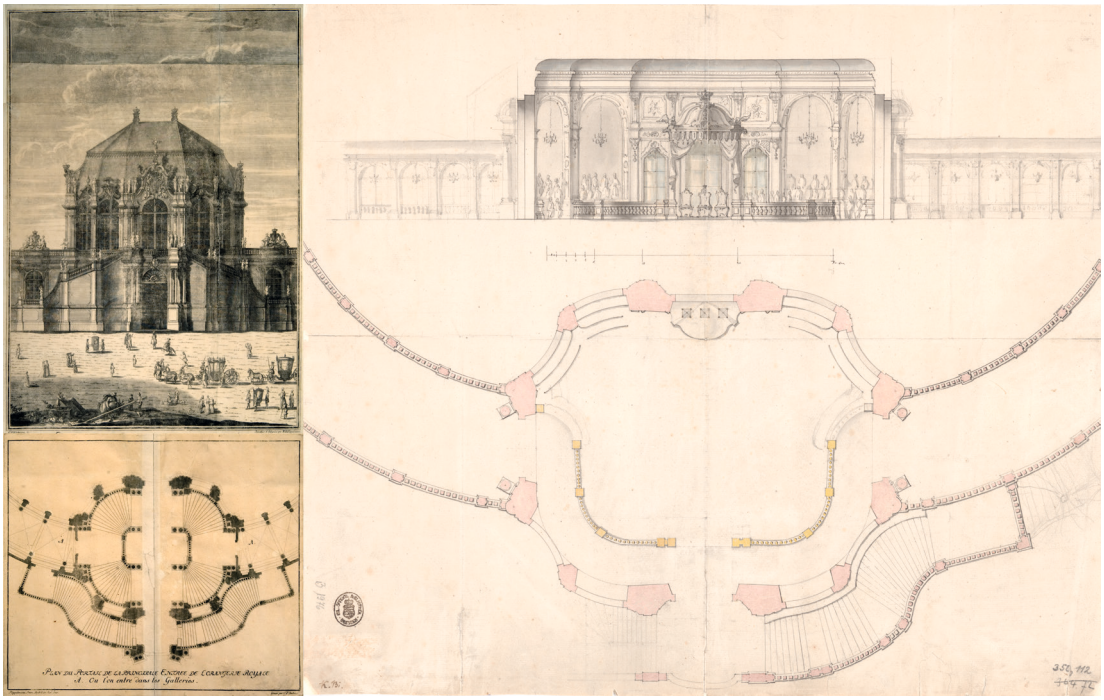
Im Jahr 1718 fiel dann die Entscheidung, den Zwingerhof stadtseitig durch Symmetrisieren der wallseitigen Pavillongruppe zu schliessen. Der Wallpavillon erhielt mit dem





7 Rückseite des Wallpavillons im Dresdner Zwinger (re.), konfrontiert mit der frühneuzeitlichen Darstellung eines Türkenzelts (Holzschnitt von Melchior Lorck, nach 1560/vor 1583) , neu abgedruckt in: Werner Eberhard Happel, Thesaurus Exoticorum, Hamburg 1688, Abb. auf S. 68.

sog. Stadtpavillon (heutzutage als »Glockenspielpavillon« bekannt) ein formgleiches Gegenüber, das aber vom Zehneck zu einem Zwölfeck aufgebläht ist (Abb. 8, 9). Seitlich der Durchfahrt angeordnete Innentreppen führten zunächst in die Bogengalerien, die nun allerdings nicht mehr als Gewächshäuser dienten, sondern als grosszügig befensterte Korridore, von denen einer zu einem Operntheater führte, während der andere dazu vorgesehen war, die Verbindung zu einem geplanten, aber nie gebauten Redoutensaal zu schaffen.[30] Die Erschliessung des Obergeschosses erfolgte über eine an der Aussenseite entlanggeführte (und im 18. und 19. Jahrhundert in zwei Schritten beseitigte) doppelläufige Freitreppe, die gleichsam als ein ins Freie verlegtes Zeremonialtreppenhaus fungierte, weil der Pavillon der ursprünglichen Intention zufolge als Empfangssaal für Festgäste dienen sollte. Zu diesem ist ein letztlich nicht realisierter Entwurf Pöppelmanns erhalten geblieben, im Detail aber bislang noch nicht adäquat gewürdigt worden (Abb. 8 re.).[31] Darin gesellt sich zur dem Wallpavillon äquivalenten Verglasung noch eine mit wässrig-blauer Lavierung angedeutete Verspiegelung von drei Raumachsen nach Vorbild der Versailler Spiegelgalerie. Der unter einem Baldachin thronende König samt zweier Familienmitglieder wäre von dieser Spiegelwand und deren Reflexionslicht prestigeträchtig hinterfangen worden, wohingegen Mitglieder des Hofstaates vor den grossen Bogenfenstern, dadurch von gewöhnlichem Tageslicht hinterstrahlt, auf tribünenartig gestaffelten Bankreihen Platz nehmen sollten. Das zum Hof weisende Mittelfenster hätte für diesen Hierarchie vermittelnden Inszenierungseffekt vermauert werden müssen – der Repräsentation zuliebe ist nun von Spiegeln reflektiertes Licht kostbarer als direktes Tageslicht.



8 Matthäus Daniel Pöppelmann, Entwürfe zum Stadtpavillon des Dresdner Zwingers (heutiger sog. Glockenspielpavillon), 1718, links oben: Aussenfassade (Radierung von Christian Albrecht Wortmann), links unten: Grundriss des Erd- und Galeriegeschosses (Radierung von Christian Friedrich Boëtius; jeweils aus Pöppelmann 1729), rechts: Schnitte durch den oberen Saal und (im Geschoss springend) durch die Galerien sowie Grundriss auf Saalniveau (farbig lavierte Risszeichnung).



9 Historische Ansicht des Zwingerhofes in Richtung Residenzschloss und Stadt (gen Osten), um 1750, Ölgemälde von Bernardo Bellotto gen. Canaletto, 134 × 237 cm, Dresden, Gemäldegalerie Alte Meister.

Fazit

Generelle Anregungen zur Glasarchitektur des Dresdner Zwingers kamen, da er als Orangeriegebäude ins Werk gesetzt wurde, vom französischen Galerie- und Gewächshausbau. Wohl durch Synthese desselben mit einem grosszügigen Glaseinsatz zeigenden römischen Treppenhausentwurf entstand im Entwurf ein Ausnahmebauwerk innerhalb dieser Gebäudegattung: die Langgalerie des Zwingers in Gestalt eines beidseitig gleichmässig verglasten und von einem vollverglasten Turm überhöhten Gewächshauses. Eine Umplanung des Turms in einen Torbau vereitelte jedoch dessen Verglasung.

Die grossflächige Verglasung der die Erscheinung der Zwingerarchitektur prägenden Bogenarchitekturen hatte unterschiedliche Zwecke zu erfüllen und anhand der verwendeten Glasqualitäten eine Hierarchie zu vermitteln. Unten, im Bereich der Gewächshaushallen, war rein funktional die für das Gedeihen der Pflanzen notwendige Licht- und Wärmezufuhr zu gewährleisten, wozu offenbar gewöhnliches, also mundgeblasenes Fensterglas verwendet werden konnte. Im oberen Bereich hingegen, bei den von der Hofgesellschaft genutzten Pavillons und deren Sälen, leistete die Verglasung ihren Beitrag zur Realisierung einer besonderen architektonischen Gestaltungsidee und war zudem mit Bedeutung aufgeladen. Baulich wird ein stetiges Geöffnetsein der Bogenarchitekturen zum Garten hin evoziert, weil die Pavillons in übertragenem Sinne als offene Zelte zu begreifen sind. Qualitativ wird die innovative und zugleich luxuriöse Aussenverglasung des Versailler Königsschlosses mit glatt geschliffenem und poliertem Spiegelglas nachgeahmt. Letzteres passte zur offensichtlichen Paraphrase der Versailler Spiegelgalerie in Material und Dekor in den beiden wallseitigen Sälen des Zwingers und der beabsichtigten Nachahmung von deren Spiegeleffekten im Entwurf eines in den Stadtpavillon integrierten Empfangssaals. Beide Arten von Spiegelglas waren beim Dresdner Zwinger in bedeutungstragendem Sinne eingesetzt, weil sie Hierarchie und den Anspruch auf königlichen Rang vermittelten.

Der Dresdner Zwinger reiht sich somit in einen damals herrschenden europäischen Trend ein, bei Prestigebauten der königlichen Sphäre weitgehend schlieren- und blasenfreies Spiegelglas zur Verglasung der Fenster einzusetzen. Was mit der Repräsentationsetage des Versailler Schlosses, insbesondere des Spiegelsaals, begonnen hatte und in der dortigen Schlosskirche seine baldige Fortsetzung erlebte,[32] wurde beispielsweise um 1700 in England aufgegriffen: Dort hatte man in der königlichen Sommerresidenz Hampton Court den prestigeträchtigen Mittelrisalit im Osttrakt anspruchsvoll mit Spiegelglas verglast.[33]

Ungewöhnlich erscheint der Dresdner Einsatz von Spiegelglas keineswegs, hatten doch alle am Zwingerbau beteiligten Protagonisten ihre Erfahrungen mit dieser technologisch neuartigen und kostspieligen, daher auch prestigeträchtigen Art der Verglasung gemacht: August der Starke war in den 1680er-Jahren während seiner Grand Tour in Frankreich am Königshof zu Gast und hatte bei dieser Gelegenheit neben den einschlägigen französischen Galerie- und Orangeriebauten insbesondere die Versailler

Spiegelgalerie des von ihm zeitlebens bewunderten Ludwig XIV. persönlich sehen und erleben können.[34] Sein auch als sächsischer Gussglaspionier hervorgetretener Hofwissenschaftler, Ehrenfried Walther von Tschirnhaus (1651–1708), folgte 1701 mit einer Frankreichreise, in deren Verlauf er in Paris die königliche Spiegelmanufaktur besichtigte.[35] Schliesslich zog Pöppelmann als sein leitender Hofarchitekt 1715 nach, bereiste annähernd dieselben Orte wie einst sein Dienstherr drei Jahrzehnte zuvor und konnte nun als Novität die Versailler Schlosskirche bewundern.[36]
Das Wissen vom innovativen Bauen mit Glas jedenfalls war in Dresden vorhanden. Daraus entstand eine barocke Glasarchitektur, deren Einzigartigkeit schon ihrem Architekten bewusst war.

1 Pöppelmann 1729, ediert bei Keller 1980, Avertissement, 4. Spalte.
2 Monografisch zum Bauwerk: Löffler et al. 1992, 70–71; Welich 2002. Zuletzt planungsgeschichtlich: Jahn 2009; ältere defizitäre Darstellungen bei Heckmann 1972, 76–92, 101–138, 155–162, Franz 1986 und Kirsten 1987a werden dadurch partiell korrigiert.
3 Die barockzeitliche Verglasung ist allerdings schon früh diversen Renovierungskampagnen zum Opfer gefallen.
4 Lediglich marginal erwähnt bei Fischer 1970, 77, dort unzutreffend in einer Reihe prominenter Maisons de Plaisance, und Ullrich 1989, 41, dort zu Recht innerhalb der als Vorgeschichte für die moderne Glas-Eisen-Architektur begriffenen Orangerien des 18. Jahrhunderts.
5 Jahn 2022.
6 Zu dessen Dresdner Bauprogramm zuletzt Hertzig 2019a, 137–163. Zu Person und Politik siehe z. B. den Tagungsband: August der Starke und seine Zeit 1995.
7 Monografisch: Heckmann 1972, Marx 1989; speziell Jahn 2017 zu Pöppelmanns Status als Hofbaumeister.
8 Zum Bau- und Verglasungsfortschritt im Detail siehe Jahn 2022, 359–369.
9 Vgl. Löffler et al. 1992, 70–71, Welich 2002, 33–34.
10 Siehe Balsam 2015 sowie Puppe 2002, 14–17.
11 Zu letzterer vgl. Tschira 1939, 24–73, Ullrich 1989, 38–46. Speziell zur Exedrenform vgl. Tschira 1930, 63–64; zuletzt hierzu Paulus 2015, 73–74.
12 Vgl. Tschira 1930, 25–26, inkl. Abb. 13, ergänzend Jahn 2022, 372–374, Abb. 17. Erbaut 1682–1684 durch Jules Hardouin-Mansart; vgl. Babelon 1999, 92–93, dazu Abb. ebd., 33, 77, ergänzt um Babelon 2010.
13 Zu letzterem vgl. Büttner 1972, 138–149, und Sabatier 2010.
14 Von Jules Hardouin-Mansart bereits ab 1675 errichtet und im späteren 18. Jahrhundert wieder zerstört; vgl. Krause 1996, 66–74, bzw. Maroteaux 2010. Bei beiden allerdings keine Auskunft zum Orangerieflügel, der auch in Gesamtdarstellungen zur Orangeriebauweise bislang übersehen worden ist, so z. B. bei Tschira 1939 und Woods et al. 1988. Online veröffentlichte digitale 3D-Rekonstruktionen sind Franck Devedjian und Hervé Grégoire zu verdanken: https://fr.wikipedia.org/wiki/Ch%C3%A2teau_de_Clagny bzw. https://commons.wikimedia.org/wiki/User:Franck_devedjian (aufgerufen am 17.11.2021).
15 Ausführlich hierzu Jahn 2022, 360–366, 375–376 (Erratum: Die dort in Anm. 47 angeführten Baurisse sind als Nr. 25 archiviert, nicht als Nr. 24 wie angegeben).
16 Pöppelmann 1729, Taf. VII, untertitelt: *Façade du second Étage Du Portail de l'orangerie Royale* bzw. Reprint Keller 1980, Taf. 6; dort wird die niemals ausgeführte Verglasung erwähnt; vgl. auch Jahn 2013, 88–89, Nr. 35.
17 Imaginiert in der Ansicht eines im September 1719 im Zwingerhof abgehaltenen nächtlichen Festes: Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Kupferstich-Kabinett, Inv. Nr. Ca 2013-1/25, katalogisiert bei Schnitzer 2014, 295, Nr. 159, dazu Abb. auf S. 190–191. Erst bei Jahn 2022,

363–365, Abb. 10, die Erkenntnis, dass die dargestellte Verglasung des Kronentors einer nicht verwirklichten Planung folgt.

18 Vgl. Löffler et al. 1992, 42–43. Diesbezüglich erstmalig Sulze 1957, 217, zuletzt May 1990/91, 188–189. Nachvollziehbar ist diese Rezeption anhand einer bei Marx 1989, Abb. 40, farbig reproduzierten Guache, welche den Vorkriegszustand des sog. Marmorsaals im nordwestlichen Saalpavillon dokumentiert.

19 Speziell zur Verglasung respektive Verspiegelung derselben vgl. Melchior-Bonnet 2001, 46–48, sowie Maral 2007, 48, 53, zusammen mit Amelot et al. 2007, 380–382, auch Amelot et al. 2013, 98–101, Belhoste 2013, 146–148; zuletzt hierzu Hamon 2017, 136–142, bzw. Hamon 2019, 339, 346–349; bei Berger 1985, 55–58, zudem ein entwicklungsgeschichtlicher Exkurs (56–57). Einem verbreiteten Fehlschluss unterliegen u. a. Wigginton 1997, 27–28, und Lietz 1982, 106, indem der Einbau innovativer Gussglassspiegel angenommen wird. Zur Bedeutung der Versailler Spiegelgalerie zuletzt Larsson 2015, 51–55.

20 Pöppelmann 1729, ediert bei Keller 1980, Bericht, 6. Spalte: »Jeder Saal formiret einen besondern Bau, woran die Menge der grossen Spiegel=Scheiben in den Fenstern und Thüren […] sehr schön ins Gesichte fallen.« Der äquivalente französische Text ist das mit Anm. 1 belegte obige Zitat.

21 Vgl. Hamon 2019, 339, 342, 349; andeutungsweise auch schon Hamon 2017, 140, 144. Lietz 1982, 106, hingegen schließt zu Unrecht Fensterverglasungen mit Spiegelglas aus, aufgrund des Kostenfaktors.

22 Zur Geschichte der Spiegelglasproduktion siehe neben Melchior-Bonnet 2001, 35–69, auch Belhoste 2013, 145–146, 149–150, 151–155, sowie Hamon 2017, 135, 137, 142–144, bzw. Hamon 2019, 332–336, 339; vgl. auch Fischer 1970, 78–82; Wigginton 1997, 27–28.

23 Kozakiewicz 1972, II, 131 (Nr. 164); vgl. ebd., I, 84, 88–89, 100–102. Bei Pöppelmann 1729 zeigt z. B. die das Nymphäum abbildende unnummerierte Tafel: *Elevation de la facade du Salon vis a vis du bain de l'orangerie royale*, Reprint Keller 1980, Taf. 16, eine in den Scheibenformaten vergleichbare Verglasung: auf Ebene des Brunnenhofs 48 Glasscheiben pro Fenstertür, am Festsaal darüber lediglich 12 Stück pro Fenster. Für letztere lässt sich eine damaliger Spiegelglasproduktion durchaus entsprechende Scheibenhöhe von ca. 75 cm errechnen. Ausführlich zu den einstigen Glasqualitäten des Zwingers: Jahn 2022, 377–382.

24 Lediglich hinsichtlich der Bauformengenese hat Heinrich Gerhard Franz mehrfach und durchaus zu Recht auf die imitative Rezeption kurvierter böhmischer Sakralarchitektur hingewiesen: u. a. Franz 1986, 50–53, zuletzt Franz 2000, 73–74.

25 Pöppelmann 1729, ediert bei Keller 1980, Avertissement, 4. Spalte: »Tout l'edifice en general consiste d'ailleurs en six Sales spatieuses, & ressemble à un Pavillon, […]« bzw. ebd., Bericht, 6. Spalte: »Sonst bestehet das gantze Werck überhaupt aus Sechs geraumen Sälen, und einem andern Zelt=förmigen Gebäude, […].« Mit letzterem, von dem im französischen Textäquivalent nicht die Rede ist, meint Pöppelmann das Kronentor. Dessen Zeltförmigkeit ist in der deutschen Fassung rückbezüglich auf die sechs Säle zu übertragen (n. b.: Die genannte Anzahl an Sälen ist das Resultat noch zu besprechender baulicher Erweiterungen!).

26 Ebd., Taf. VII, untertitelt: *Façade du coté du Grand Escalier* […] *au haut de la sale*, bzw. Reprint Keller 1980, Taf. 11. Zur Rolle der Darstellung als Vorentwurf vgl. Jahn 2013, 92–93, Nr. 37.

27 *Türckis.*[*cher*] *Estats- und Krieges-Bericht*, 1683/84, Nr. 52: »Ein Türckisches Zelt«, neu abgedruckt in: *Der Türckische Schau-Platz*, 1685, ausführlicher kommentiert sodann durch Werner Eberhard Happel, *Thesaurus Exoticorum. Oder eine mit Außländischen Raritäten und Geschichten Wohlversehene Schatz-Kammer*, 1688, andere Abt., 65–68: »Eines Türckischen Zelts Beschreibung« mit Abb. auf S. 68, alle drei Ausgaben verlegt in Hamburg durch Thomas von Wiering. Erstveröffentlichung innerhalb der unkommentierten Bildedition: *Deß Weitberühmbten/ Kunstreichen und Wolerfahrnen Herrn Melchior Lorichs/Flensburgensis, Wolgerissene und Geschnittene Figuren/zu Roß und Fuß/sampt schönen Türckischen Gebäwden/und allerhand was in der Türckey zu sehen*, Hamburg: Michael Hering, 1626 (ohne Tafelzählung). Zur Editionsgeschichte vgl. Hillgaertner 2016.

28 Zu einer vergleichbaren zeitgleichen Pseudo-Zeltarchitektur, dem von Johann Lucas von Hildebrand in Wien für den kaiserlichen Feldherrn Prinz Eugen allusiv in Form eines Kommandozeltes gestalteten Gartenpalast (sog. Oberes Belvedere), vgl. Stephan 2010, 43–45, 58, 73.

29 Vgl. Schuckelt 1995, 175–177, Schnitzer 1995, 231, und Mikosch 1995, 235, 236, 243.
30 Diese Disposition zeigt bei Pöppelmann 1729 die Grundrisstafel (Reprint Keller 1980, Taf. 2). Häufig ist irrig angenommen worden, das Redoutenhaus hätte zumindest als ephemeres Interimsbauwerk existiert, u. a. von Löffler et al. 1992, 46; Keller 1980, Kommentar zu Taf. 2; selbst Jahn 2009, 60–61, 62–63.
31 Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek, KS B1976: farbig lavierte Risszeichnung in Tusche mit Korrekturen in Grafit, 45,5 × 53,4 (o.) / 52,8 (u.) cm, verzeichnet bei Heckmann 1954, 76, Nr. 16,13, und Kirsten 1987b, 68, Nr. 175; vgl. Heckmann 1972, 116, und Kirsten 1987a, 68.
32 Nun laut Hamon 2017, 144–145, mit geschliffen-poliertem Gussglas. Monografisch zum Kirchenbauwerk Maral 2011 (als Vorabresümee vgl. Maral 2010, 215–229), worin allerdings beim Verglasungsaspekt, ebd., 33–35, die Glasqualität außer Betracht bleibt.
33 Vgl. Wigginton 1997, 28–29, auch Jahn 2022, 357 inkl. Abb. 6. Kommentarlos abgebildet als Glasarchitektur auch bei Fischer 1970, 69.
34 Unter zahlreichen pauschal verzeichneten Versailles-Aufenthalten ist im Reisejournal (ediert bei Keller 1994, 181–387) eine Anwesenheit in der Spiegelgalerie (bez. als »große gallerie«) explizit für den 24. Juni 1687 belegt (ebd., 203); vgl. neben Keller 1995, 27–28, auch Hertzig 2019a, 123–124. Aufenthalt in Chantilly: Keller 1994, 323–324; vgl. Hertzig 2019b, 295, auch Hertzig 2019a, 124.
35 Haase 1988, 117, und Mühlpfordt 2009, 744. Zu Tschirnhaus' Rolle als sächsischer Gussglaspionier vgl. Haase 1988, 115–117, bzw. Haase 2001 sowie Mühlpfordt 2009, 775, im Rahmen einer Biografie.
36 Vgl. Heckmann 1972, 93–96, insb. 93–94.

Bibliografie

AMELOT ET AL. 2007
Arnaud Amelot, Frédéric Didier et al., »Les décors d'architecture«, in: Galerie des Glaces 2007, 372–383.

AMELOT ET AL. 2013
Arnaud Amelot und Frédéric Didier, »L'éclairage de la grande Galerie : naturel/artificial«, in: Volle et al. 2013, 97–109.

AUGUST DER STARKE UND SEINE ZEIT 1995
August der Starke und seine Zeit. Beiträge des Kolloquiums vom 16./17. September 1994 auf der Festung Königstein, Saxonia 1, Dresden: Verein für sächsische Landesgeschichte, 1995.

BABELON 1999
Jean-Pierre Babelon, Chantilly, Paris: Scala, 1999.

BABELON 2010
Jean-Pierre Babelon, »Travaux aux grand et petit châteaux de Chantilly«, in: Gady 2010, 327–331.

BALSAM 2015
Simone Balsam, »›L'Orangerie Royale de Dresden‹ – Garten der Hesperiden«, in: Paulus et al. 2015, 34–46.

BELHOSTE 2013
Jean-François Belhoste, »La glace dans la galerie et le décor français«, in: Volle et al. 2013, 145–166.

BERGER 1985
Robert W. Berger, Versailles. The Chateau of Louis XIV, Monographs on the fine arts 40, University Park/London: Pennsylvania State University Press, 1985.

BÜTTNER 1972
Frank Büttner, Die Galleria Riccardiana in Florenz, Kieler Kunsthistorische Studien 2, Bern/Frankfurt am Main: Lang, 1972.

FISCHER 1970
Wend Fischer, Geborgenheit und Freiheit. Vom Bauen mit Glas, Krefeld: Scherpe, 1970.

FRANZ 1986
Heinrich Gerhard Franz, »Matthäus Daniel Pöppelmann (1662–1736) und die Architektur des Zwingers in Dresden. Zur Genese des barocken Bauwerks«, Kunsthistorisches Jahrbuch Graz 22, 1986, 5–77.
FRANZ 2000
Heinrich Gerhard Franz, »Der Wallpavillon des Dresdner Zwingers als ›borromineske‹ Architektur«, in: Gilbert Lupfer, Konstanze Rudert und Paul Sigel (Hg.), Bau + Kunst – Kunst + Bau. Festschrift zum 65. Geburtstag von Professor Jürgen Paul, Dresden: Hellerau, 2000, 67–75.
GADY 2010
Alexandre Gady (Hg.), Jules Hardouin-Mansart 1646–1708, Paris: Éditions de la Maison des sciences de l'homme, 2010.
GALERIE DES GLACES 2007
La Galerie des Glaces – Histoire & restauration, Dijon: Éditions Faton, 2007.
HAASE 1988
Gisela Haase, Sächsisches Glas, Leipzig: Seemann, 1988 [bzw. westdeutsche Lizenzausgabe: Sächsisches Glas. Geschichte – Zentren – Dekorationen, München: Klinkhardt und Biermann, 1988].
HAASE 2001
Gisela Haase, »Tschirnhaus und die sächsischen Glashütten in Pretzsch, Dresden und Glücksburg«, in: Experimente mit dem Sonnenfeuer – Ehrenfried Walther von Tschirnhaus (1651–1708), Ausstellungskatalog (Dresden, Staatliche Kunstsammlungen – Mathematisch-Physikalischer Salon, 2001), Dresden: Staatliche Kunstsammlungen, 2001, 55–67.
HAMON 2017
Maurice Hamon, »La Manufacture royale des glaces et Versailles aux XVIIe et XVIIIe siècles«, Versalia – Revue de la Société des Amis de Versailles 20, 2017, 135–156.
HAMON 2019
Maurice Hamon, »Le verre – savoirs et usages en Europe aux XVIIe et XVIIIe siècles«, in: Versailles. Savoir-faire et matériaux, Versailles: Actes Sud, 2019, 330–349.
HECKMANN 1954
Hermann Heckmann, M. D. Pöppelmann als Zeichner, Dresden: Verlag der Kunst, 1954.
HECKMANN 1972
Hermann Heckmann, Matthäus Daniel Pöppelmann. Leben und Werk, München/Berlin: Deutscher Kunstverlag, 1972.
HERTZIG 2019A
Stefan Hertzig, »Politische, gesellschaftliche und persönliche Voraussetzungen: Die Bauprojekte Augusts des Starken innerhalb und außerhalb der Residenz«, in: Hertzig et al. 2019, 105–163.
HERTZIG 2019B
Stefan Hertzig, »Das Japanische Palais als Porzellanschloss Augusts des Starken«, in: Hertzig et al. 2019, 255–415.
HERTZIG ET AL. 2019
Stefan Hertzig, Kristina Friedrichs und Henrik Karge, Das Japanische Palais in Dresden. Porzellanschloss – Staatsmonument – Museum. Konzeption und Baugeschichte, Petersberg: Imhof, 2019.
HILLGAERTNER 2016
Jan Hillgaertner, »Die erste illustrierte deutsche Zeitung? Thomas von Wierings Türckischer Estats- und Krieges-Bericht«, in: Klaus Arnold et al. (Hg.), Historische Perspektiven auf den Iconic Turn. Die Entwicklung der öffentlichen visuellen Kommunikation, Köln: von Halem, 2016, 96–114.
JAHN 2009
Peter Heinrich Jahn, »Das Quellenmaterial – Recherchebericht zu den Planungen und Bauten des M. D. Pöppelmann [für den Dresdner Zwinger]«, Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen Jahrbuch 16, 2009, 51–67, 68–72.
JAHN 2013
Peter Heinrich Jahn, »Bücherwissen und Architektur«, in: Elisabeth Tiller und Maria Lieber (Hg.),

Pöppelmann 3D. Bücher – Pläne – Raumwelten, Ausstellungskatalog (Dresden, Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek, 2013), Dresden: Qucosa, 2013, 11–105, http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-118312 (aufgerufen am 09.06.2022).

JAHN 2017
Peter Heinrich Jahn, »Matthäus Daniel Pöppelmann (1662–1736) – premier Architecte de Sa Majesté. Sein Wirken und künstlerisches Selbstverständnis als Dresdner Hofbaumeister unter August dem Starken«, in: Andreas Tacke, Jens Fachbach und Matthias Müller (Hg.), Hofkünstler und Hofhandwerker in deutschsprachigen Residenzstädten der Vormoderne, Artifex – Quellen und Studien zur Künstlersozialgeschichte, Petersberg: Imhof, 2017, 216–254.

JAHN 2022
Peter Heinrich Jahn, »Der Dresdner Zwinger – eine barocke ›Glasarchitektur‹«, in: Annette C. Cremer (Hg.), Glas in der Frühen Neuzeit – Herstellung, Verwendung, Bedeutung, Analyse, Bewahrung [Akten der Tagung »Glasobjekte im höfischen Kontext. Produktion, Nutzung und Wirkung in der Frühen Neuzeit (1500–1800)«, Rudolstadt, Heidecksburg, 21.–23. November 2019], Höfische Kultur interdisziplinär – Schriften und Materialien des Rudolstädter Arbeitskreises zur Residenzkultur 6, Heidelberg: HeiUP, 2022, 349–392.

KELLER 1980
Harald Keller (Hg.), Matthäus Daniel Pöppelmann: Vorstellung und Beschreibung des Zwingergartens zu Dresden. Nachdruck des Stichwerks von 1729. Mit einem Nachwort und Erläuterungen, Die bibliophilen Taschenbücher 151, Dortmund: Harenberg, 1980.

KELLER 1994
Katrin Keller (Hg.), »Mein Herr befindet sich gottlob gesund und wohl«. Sächsische Prinzen auf Reisen, Deutsch-Französische Kulturbibliothek 3, Leipzig: Universitätsverlag, 1994.

KELLER 1995
Katrin Keller, »August der Starke auf Reisen«, in: August der Starke und seine Zeit 1995, 23–34.

KIRSTEN 1987A
Michael Kirsten, »Der Dresdener Zwinger«, Jahrbuch der Staatlichen Kunstsammlungen Dresden 19, 1987, 53–76.

KIRSTEN 1987B
Michael Kirsten, »Der Dresdner Zwinger«, in: Matthäus Daniel Pöppelmann 1662–1736. Ein Architekt des Barocks in Dresden. Ausstellung zum 250. Todestag und zum 325. Geburtstag des Erbauers des Dresdner Zwingers (Dresden, Albertinum, 1987), Dresden: Staatliche Kunstsammlungen, 1987, 60–69.

KOZAKIEWICZ 1972
Stefan Kozakiewicz, Bernardo Bellotto genannt Canaletto, 2 Bde., Recklinghausen: Aurel Bongers, 1972.

KRAUSE 1996
Katharina Krause, Die Maison des plaisance. Landhäuser in der Île-de-France (1660–1730), Kunstwissenschaftliche Studien 68, München/Berlin: Deutscher Kunstverlag, 1996.

LIETZ 1982
Sabine Lietz, Das Fenster des Barock. Fenster und Fensterzubehör in der fürstlichen Profanarchitektur zwischen 1680 und 1780, Kunstwissenschaftliche Studien 54, München: Deutscher Kunstverlag, 1982.

LÖFFLER ET AL. 1992
Fritz Löffler, Der Zwinger in Dresden, hrsg. und mit einem Nachtrag zur Bau- und Restaurierungsgeschichte versehen von Michael Kirsten, Leipzig: Seemann, 4. Aufl., [1976] 1992.

MARAL 2007
Alexandre Maral, »Le chantier architectural de la Grand Galerie«, in: Galerie des Glaces 2007, 40–53, 388

MARAL 2010
Alexandre Maral, »Grande Galerie / Chapelle royale«, in: Gady 2010, 197–201, 215–229.

MARAL 2011
Alexandre Maral, La Chapelle royale de Versailles. Le dernier grand chantier de Louis XIV, Paris: Arthena, 2011.

MAROTEAUX 2010
Vincent Maroteaux, »Château de Clagny«, in: Gady 2010, 131–139.
MARX 1989
Harald Marx (Hg.), Matthäus Daniel Pöppelmann. Der Architekt des Dresdner Zwingers, Leipzig: Seemann, 1989.
MAY 1990/91
Walter May, »Matthäus Daniel Pöppelmann und die französische Architektur«, in: Kurt Milde, Klaus Mertens und Gudrun Stenke (Hg.), Matthäus Daniel Pöppelmann 1662–1736 und die Architektur der Zeit Augusts des Starken, Fundus-Bücher 125, Dresden: Fundus, 1990/91, 182–193.
MELCHIOR-BONNET 2001
Sabine Melchior-Bonnet, The Mirror. A History, New York/London: Routledge, 2001 [franz. Erstausgabe: Histoire du Miroir, Paris: Edition Imago, 1994].
MIKOSCH 1995
Elisabeth Mikosch, »Ein Serail für die Hochzeit des Prinzen. Turquerien bei den Hochzeitsfeierlichkeiten in Dresden im Jahre 1719«, in: Schuckelt et al. 1996, 235–243.
MÜHLPFORDT 2009
Günter Mühlpfordt, »Ehrenfried Walther von Tschirnhaus (1651–1708)«, in: Gerald Wiemers (Hg.), Sächsische Lebensbilder, Bd. 6, Quellen und Forschungen zur sächsischen Geschichte 33, Leipzig/Stuttgart: Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, 2009, II, 739–783.
PAULUS 2015
Helmut-Eberhard Paulus, »Teatro – Cavea – Orangerie. Das Motto ›hoc opus, hic labor est‹ zeichnet den Weg vom olympischen Helden Herkules zur Frucht der Unsterblichkeit«, in: Paulus et al. 2015, 53–79.
PAULUS ET AL. 2015
Helmut-Eberhard Paulus, Rosemarie Pohlack und Christian Striefler (Hg.), Orangeriekultur in Sachsen. Die Tradition der Pflanzenkultivierung. Beiträge der 35. Jahrestagung des Arbeitskreises Orangerien in Deutschland e. V., »Praxis der Orangeriekultur«, Großsedlitz, 19.–21. September 2014, Orangeriekultur 12, Berlin: Lukas, 2015.
PELISSETTI 2010
Laura Sabrina Pelissetti (Hg.), I giardini del Re Sole. Architettura e paesaggio nelle vedute seicentesche dei Perelle, Bestandskatalog der Collezione Verzelloni, Caravaglio, Mesenzana (Va)/Lugano: Marwan, 2010.
PÖPPELMANN 1729
Matthäus Daniel Pöppelmann, Vorstellung und Beschreibung Des [...] so genannten Zwinger=Gartens Gebäuden Oder Der Köngl.[ichen] Orangerie zu Dreßden, Dresden: Eigenverlag des Autors, 1729.
PUPPE 2002
Roland Puppe, »Zur Geschichte der Orangerie-Garten-Kultur am Sächsischen Hof«, in: Orangerien – Von fürstlichem Vermögen und gärtnerischer Kunst, Schriftenreihe des Arbeitskreises Orangerien in Deutschland e.V. 4, Potsdam/Dresden: Arbeitskreis Orangerien in Deutschland, 2002, 6–28.
SABATIER 2010
Gérard Sabatier, »La galerie royale française de Fontainebleau à Versailles, enjeux et stratégies«, in: Christina Strunck und Elisabeth Kieven (Hg.), Europäische Galeriebauten. Akten des Internationalen Symposiums der Bibliotheca Hertziana, Rom, 23.–26. Februar 2005, Römische Studien der Bibliotheca Hertziana 29, München: Hirmer, 2010, 275–292.
SCHNITZER 1995
Claudia Schnitzer, »Zwischen Kampf und Spiel. Orientrezeption im höfischen Fest«, in: Schuckelt et al. 1995, 227–234.
SCHNITZER 2014
Claudia Schnitzer, Constellatio Felix – die Planetenfeste Augusts des Starken anlässlich der Vermählung seines Sohnes Friedrich August mit der Kaisertochter Maria Josepha 1719 in Dresden. Katalog der Zeichnungen und Druckgraphiken, Bestandskatalog des Dresdener Kupferstich-Kabinetts, Dresden: Sandstein, 2014.

SCHUCKELT 1995
Holger Schuckelt, »Die Rolle Sachsens in den Türkenkriegen des 16. und 17. Jahrhunderts«, in: Schuckelt et al. 1995, 170–177.
SCHUCKELT ET AL. 1995
Holger Schuckelt und Claudia Schnitzer (Red.), Im Lichte des Halbmonds. Das Abendland und der türkische Orient, Ausstellungskatalog (Dresden, Staatliche Kunstsammlungen, Albertinum/Bonn, Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, 1995), Leipzig: Edition Leipzig, 1995.
STEPHAN 2010
Peter Stephan, Das Obere Belvedere in Wien. Architektonisches Konzept und Ikonographie. Das Schloss des Prinzen Eugen als Abbild seines Selbstverständnisses, Wien/Köln/Weimar: Böhlau, 2010.
SULZE 1957
Heinrich Sulze, »Versailles und der Zwinger«, Jahrbuch zur Pflege der Künste 5, 1957, 209–219.
TSCHIRA 1939
Arnold Tschira, Orangerien und Gewächshäuser, Kunstwissenschaftliche Studien 24, Berlin: Deutscher Kunstverlag, 1939.
ULLRICH 1989
Ruth-Maria Ullrich, Glas-Eisen[-]Architektur. Pflanzenhäuser des 19. Jahrhunderts, Grüne Reihe – Quellen und Forschungen zur Gartenkunst 12, Worms: Wernersche Verlagsgesellschaft, 1989.
VOLLE ET AL. 2013
Nathalie Volle und Nicolas Milanovic (Hg.), La galerie des Glaces après sa restauration. Contexte et restitution. Actes du colloque, École du Louvre – Musée national du château de Versailles – Centre de recherche et de restauration des musées de France, [Paris], 16./17. Oktober 2008, Rencontres de l'École du Louvre 26, Paris: École du Louvre, 2013.
WELICH 2002
Dirk Welich, Der Zwinger. Dresdens berühmter Festbau, Leipzig: Edition Leipzig, 2002.
WIGGINTON 1997
Michael Wigginton, Glas in der Architektur, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1997 [engl. Erstausgabe: Glass in Architecture, London: Phaidon, 1996].
WOODS ET AL. 1988
May Woods und Arete Swartz Warren, Glass Houses. A History of Greenhouses, Orangeries and Conservatories, New York: Rizzoli, 1988.

6

WARUM HABEN FENSTER HOLZSPROSSEN? EINE SPURENSUCHE

Ueli Fritz

Abstract

For centuries, the glazing of all buildings was effected with lead cames and iron rods. In the 17th century, this technique was used to glaze very large areas, including private buildings, especially in the Netherlands and Germany. This raises the question of why the system was suddenly changed and wooden muntins were used instead. While stained-glass windows remain the standard in sacred buildings, wooden muntins dominate in the windows of secular buildings. This chapter aims at tracing this development towards wooden muntins over the centuries, up to their use as a purely ornamental form in the buildings of the early 20th century, until their disappearance in classical modernism.

Keywords

Window, profane architecture, wooden muntins, glazed door

Warum kommen im Profanbau plötzlich Fenster mit Holzsprossen in Mode, obwohl sich die Bleiverglasung seit dem frühen Mittelalter bewährt hatte und bei Kirchenfenstern weiter angewendet wurde? Zahllose Publikationen beschäftigen sich mit der Geschichte der Fenster und insbesondere des Fensterverschlusses,[1] doch keine davon gibt Auskunft zu der Frage der Holzsprosse.[2] Meist werden Fenster aus formaler, stilistischer oder glastechnischer Sicht betrachtet und selten aus der Perspektive ihrer technischen Funktion.[3] Die Holzsprosse ist anscheinend einfach ein Gestaltungselement, das nicht technisch eingeordnet wird.

Eine wichtige Arbeitsweise in der Bauforschung ist die Geschichtsschreibung mit Realien, also den Artefakten, die im Bau gefunden werden. Wenn diese noch im originalen Verbund sind, ermöglichen sie viele Erkenntnisse. Das alleine ist jedoch nur *eine* Möglichkeit des Erkenntnisgewinns, die zudem viel Grundlagenwissen und Erfahrung erfordert. Um sich auf die Spurensuche nach der Holzsprosse zu begeben, bietet sich auch die Methode von Peter Thornton an, der in seinem Buch über die Veränderung des Interieurs zwischen 1620 und 1920 ausschliesslich historische





1a und **1b** Fotografische Dokumentation eines Hauses in der Nieuwe Noord 45 der niederländischen Stadt Horn vor und nach der Restaurierung. Die Konstruktion, Platzierung und Grösse der Fenster wurde massgeblich verändert.

Darstellungen verwendete.[4] Damit unterscheidet er sich deutlich von anderen Autor:innen, deren Bücher mit aktuellen Fotos von historischen Räumen viel ansprechender gestaltet sind. Doch was zuerst etwas sperrig anmutet, nämlich ausschliesslich Darstellungen aus der jeweiligen Zeit zu verwenden, macht durchaus Sinn. Viele historische Gebäude wurden »restauriert« und dabei gerne zurückgeführt, rekonstruiert und ergänzt; sie verloren so immer mehr ihre materielle Authentizität, gerade auch was die Fenster betrifft. Beispielsweise zeigt ein Vorher-Nachher-Vergleich von restaurierten Gebäuden in der niederländischen Stadt Horn (Abb. 1a und 1b) oder im Stadtteil Linn in Krefeld, Deutschland, (Abb. 2a und 2b), wie massiv solche Eingriffe insbesondere in Bezug auf die Fenster sein können. Es kann zu substanziellen Fehlinterpretationen kommen, wenn solche Gebäude als »Zeugen« dienen sollen. Vor diesem Hintergrund ist der Ansatz von Thornton sehr wertvoll. Zudem können schriftliche Quellen weitere wichtige Anhaltspunkte liefern.

Besonders aufschlussreich und aussagekräftig haben sich als Wandmalerei gemalte Fenster herausgestellt.[5] Erstaunlich oft zeigen sie den originalen Zustand der Fenster, auch wenn die echten Fenster modernisiert wurden (Abb. 3). Während bei Schloss Ambras in Innsbruck das als Wandmalerei aufgetragene Fenster (rechts) den Zustand von 1583 präsentiert, zeigt das reale Fenster (links) den Zustand nach den Massnahmen





2a und **2b** Fotografische Dokumentation eines Hauses in der Margaretenstrasse 21 im Stadtteil Linn in Krefeld in Deutschland, vor und nach der Restaurierung. Die Konstruktion, Platzierung und Grösse der Fenster wurde massgeblich verändert.



3 Reale und gemalte historische Fenster im Vergleich. Innsbruck, Schloss Ambras, 1570–1583, 1612–1855 als Kaserne genutzt.



4 Fassade an der Piazza di Caprettari in Rom mit aufgemaltem Fenster (rechts), das wohl einen älteren Zustand zeigt.

von 1855 mit »neuer« Verglasung ohne Windeisen.[6] Bei der Fassade aus Rom ist vermutlich ebenfalls ein älterer Zustand in der Malerei dokumentiert (Abb. 4). Grundsätzlich gestaltet sich die Suche nach den Holzsprossen als schwierig. Sie wurden zwar schon im späten Römischen Reich eingesetzt und tauchen in Quellenschriften im Mittelalter auf,[7] konnten sich aber erst im 17. Jahrhundert allmählich durchsetzen und verdrängten daraufhin die Bleiverglasung im Profanbau fast vollständig.

Transparenter Verschluss der Fenster

Die Verglasung von Fenstern war alles andere als selbstverständlich.[8] Die Herstellung von Glas war energieintensiv und entsprechend kostspielig. Daher waren viele Fenster bis ins 19. Jahrhundert oft mit Ersatzmaterialien wie geöltem Pergament, Textilien oder gar Papier versehen.[9] Sogar am Schloss Versailles gab es in der Mitte des 18. Jahrhunderts mit »papier collé et huillé« ausgerüstete Vor-Fenster bei den grossen Appartements und den Gängen.[10] Es scheint auch üblich gewesen zu sein, Glas mit Stoff oder Papier in einem Fenster zu kombinieren.[11] Aufgrund des gestreuten Lichts wurden Papierfenster teilweise sogar bevorzugt.[12]

Verglasungen in Profanbauten

Wie archäologische Funde zeigen, waren im römischen Kaiserreich Holz- oder armierte Gipsfenster mit Marienglas aus Spanien versehen.[13] Ab 200 n. Chr. finden sich zunehmend grössere Verglasungen, meist aus Gussglas, darunter auch in der Schweiz.[14]



5 Robert Campin (Werkstatt), *Mérode-Triptychon*, Ausschnitt des Mittelteils, um 1427–1432, 119,8 × 148,5 cm, Öl auf Holz, New York, The Metropolitan Museum of Art.

Davon abgesehen sind wir bis ins hohe Mittelalter auf Quellenschriften angewiesen.[15] Konkrete archäologische bzw. architektonische Funde gibt es erst ab dem 9. Jahrhundert.[16] Allerdings wird davon ausgegangen, dass es auch in spätantiker und frühchristlicher Zeit Fensterglas gab.[17] Über Profanbauten ist wenig bekannt, meist waren es Klostergebäude.[18] In einigen Palästen wurden jedoch Glasscheiben-Fragmente gefunden.[19] Von Enea Silvio Piccolomini (1405–1464, ab 1458 Papst Pius II.) wird beispielsweise berichtet, dass er sich 1436 über die vielen Glasfenster an Wohnhäusern in Basel wunderte.[20]

Mit der zunehmenden Verglasung entwickelt sich ab dem späten 14. Jahrhundert das Kreuzstockfenster in der Form eines lateinischen Kreuzes, dessen Funktion auf zahlreichen Abbildungen zu erkennen ist. Eindrücklich inszeniert wurde dieses auf den Verkündigungsdarstellungen von Robert Campin (1375–1444).[21] Bei dem auf dem Mittelteil der *Verkündigung (Mérode-Triptychon)* dargestellten Fenster sind nur die oberen kleinen Fensterfelder verglast (Abb. 5). Es handelt sich um von bunten, rechteckigen Glastücken gerahmte Rautenverglasungen mit zentralen Wappenscheiben.[22] Diese sind komplett in Blei gefügt und von zwei senkrechten Windeisen gehalten.[23]

Die beiden unteren grösseren Felder können je nach Licht und Witterungsverhältnissen mit klappbaren Holzläden verschlossen werden. Zusätzlich ist ein Sichtschutzgitter zu erkennen.[24] In der Weiterentwicklung des (Kreuzstock-)Fensters als Komplettverglasung verändert sich auch der Kreuzstock selbst. Die Kreuzbalken rutschen nach unten und bilden regelmässige Quadrate; die Fensterläden werden zum Schutz der Gläser zunehmend aussen angebracht.

Rauten, Mond und Butzenscheiben

Grundsätzlich werden in Blei verglaste Rauten am häufigsten bei historischen Innenraumdarstellungen abgebildet, was darauf schliessen lässt, dass es sowohl die älteste wie auch die beliebteste Verglasungsart war.[25] Die frühesten Darstellungen von runden Scheiben sind auf den Gemälden von Jan van Eyck (1390–1441) ab 1434 zu sehen; es sind jedoch kaum Butzen, sondern eher kleine Mondglasscheiben.[26] Bei Petrus Christus (1410/20–1475/76) finden sich auf allen Gemälden noch Rautenverglasungen; nur bei der sog. *Exeter-Madonna* (um 1450) präsentiert Christus erstmals runde Scheiben als zusätzliche Einrahmung der Rautenverglasung.[27] Das Gleiche gilt für das Gemälde *Auferweckung des Lazarus* (1445) von Albert van Ouwater (ca. 1430–1475).[28] Runde Verglasungen, auch Butzen, tauchen in den Gemälden ab 1450 auf und werden ab den 1470er-Jahren bis 1600 neben den Rauten etwa gleich oft dargestellt.[29] So zeigt Diebold Schilling der Jüngere (vor 1460–1515) in seinen Illustrationen meistens Rundscheiben, es kommen aber auch Rautenverglasungen und Rechteckgläser vor.[30] Trotzdem wird in vielen Publikationen die Butzenverglasung als die ältere bezeichnet, Belege dafür fehlen jedoch komplett. Zusätzlich wird nicht genügend zwischen Butzen- und Mondglasscheiben differenziert.[31]

Die Rechteckverglasung

Die Rechteckverglasung, die die Voraussetzung für die Holzsprossen bildet, war schon im Römischen Reich üblich; auch die Funde im Kloster Müstair (letztes Viertel 8. Jahrhundert) haben grundsätzlich quadratische Formen.[32] Interessant ist, dass es anscheinend Holzsprossenfenster gab, diese jedoch eine untergeordnete Rolle spielten. So ist in den Bestimmungen der Frankfurter Zunftgemeinschaft von 1377 zu lesen, dass es die Glaser den Scherern überliessen »siechte glase in holtzen ramen« zu machen, und zwar »von einer tafeln zwein oder drin«, jedoch »kein bleigefaßtes Glas oder gar Rauten.«[33] Die älteste rechteckige profane Klarverglasung, von der noch Scheiben erhalten sind, konnte im Rahmen dieser Recherche im Alten Rathaus von Gouda (1450/52) gefunden werden.[34] Was die Abbildungen angeht, sind wohl jene im Ständebuch von 1568 des Jost Amman (1539–1591) die ältesten, die Rechteckverglasung zeigen. Bei allen Malern des 17. Jahrhunderts, des »goldenen Zeitalters« in den Niederlanden, finden sich schliesslich keine Rundscheiben mehr. In der Regel werden Rechteckverglasungen, in seltenen Fällen Rautenverglasungen und, in noch selteneren,



6 Bernard Picart, *Les peintures de Charles Le Brun et d'Eustache Le Sueur de l'hôtel Lambert. La Galerie d'Hercule, vue perspective intérieure*, vor 1740, 48,3 × 57,2 cm, Kaltnadelradierung, Paris, Musée Carnavalet.

Sechsecke gezeigt.[35] Besonders Jan Vermeer van Delft (1632–1675) hat die Lichtfülle durch imposant grosse Fenster mit Rechteckverglasung festgehalten, die jedoch alle in Blei gefasst sind.[36] Die Grösse der verglasten Fenster kann also nicht der Grund für die Holzsprossen sein. Trotzdem war damit die Voraussetzung für die Verwendung von Holzsprossen geschaffen.

Holzsprossen des 17. Jahrhunderts

Wann und wo genau die »ersten Holzsprossen« auftauchen, lässt sich nicht sagen;[37] es muss spätestens um 1611/12 gewesen sein.[38] Original erhalten und gut dokumentiert ist das Schloss Versailles,[39] welches durch Louis Le Vau (1612–1670) wesentliche Erweiterungen in der Zeit um 1669/70 erfuhr, und damals mit grossen Fenstern mit Holzsprossen versehen wurde, wobei es zum Vorbild für zahllose weitere Bauten wurde. Es kann vermutlich davon ausgegangen werden, dass Le Vau den Holzsprossen zum Durchbruch verhalf.[40] Das von ihm 1640–1644 erbaute Hôtel Lambert in Paris hatte bereits Fenstertüren mit Holzsprossen und französische Balkone.[41] Die zeitgenössische Grafik (Abb. 6) zeigt einen Raum mit zweiseitig bis zum Boden reichenden Fenstern (Fenstertüren), die geöffnet werden können. Sie sind mit Gittern als Sturzsicherung



7a

versehen. Bei diesem Bau benutzte Le Vau noch Kreuzstöcke mit dem lateinischen Kreuz, wie dann auch 1670 in Versailles (mit Balustern statt Gitter), während die Fenster im Untergeschoss seines Hauptwerks, des Schlosses Vaux-le-Vicomte (1656–1661), zwei Kämpfer und damit sechs annähernd gleiche Öffnungen aufweisen.[42]



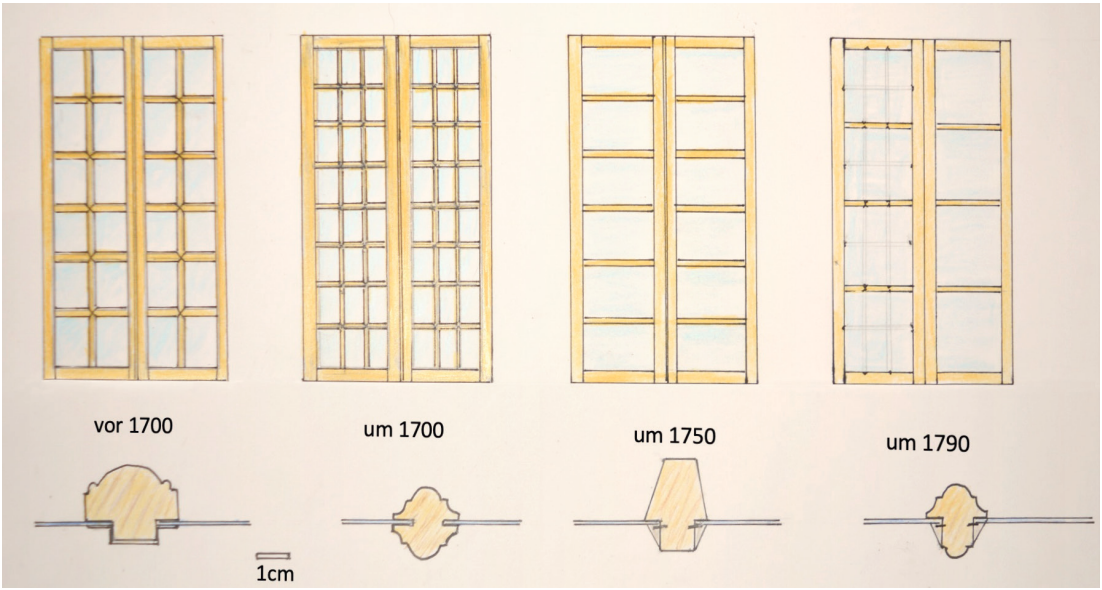
7a und **7b** Neues Schloss Schleissheim, Fenstertüren um 1709 und Detail mit Bleiruten.

Die Fenstertüre

Die Fenstertüren tauchen spätestens 1612 auf und werden um 1640 zu raumgestaltenden Elementen, die 1670 in der Spiegel-Galerie von Versailles auch aufgrund der Scheibengrösse Aufsehen erregten. Dieses neue architektonische Element, welches das gesamte Schaffen von Le Vau durchzieht, scheint zur ausreichenden Stabilisierung Holzsprossen zu erfordern. Der Einbezug des Gartens als Raumerweiterung dürfte hier, neben der Lichtfülle, ein wichtiger Faktor gewesen sein. Louis Le Vau setzte dies am Trianon de Porcelaine in Versailles 1670 erstmals konkret um. Eine der konsequentesten Realisierungen stellen die Fenstertüren der Prunkräume im Parterre von Schloss Sanssouci in Potsdam (1747) dar, die direkt in den Garten führen. Das Element der Fenstertür setzt sich in der Schweiz nicht sofort durch. Beim Schloss Oberdiessbach (1668) fehlt es noch, während das Palais Besenval (1706) schon komplett damit ausgestattet wurde. Es ist anzunehmen, dass Holzsprossenfenster nicht gerade billig waren, weshalb die Fenster im Parterre von Schloss Favorite in Rastatt (1710–1730) in Bleiverglasung gehalten wurden, während die Prunkräume im Obergeschoss alle Holzsprossen aufweisen.[43] Es ist also eine »Mode«, die sich nur langsam etablierte.

Die Entwicklung der Holzsprossen

Die ersten Sprossen (Versailles) sind mit 3–4 cm erstaunlich breit[44] und mit mächtigen Profilen versehen.[45] Anders erfolgt die Handhabung der Fenster vom neuen Schloss Schleissheim, die um 1709 entstanden: Hier wird das Glas mit Bleiruten auf dem Holz befestigt (Abb. 7a und 7b).[46] Im frühen 18. Jahrhundert werden die Sprossen rasch



8 Sprossenentwicklung aufgrund von Ergebnissen der Bauforschung im Raum Bern, Freiburg und Solothurn.

feiner,[47] sind kaum noch 2 cm breit und die Scheiben werden nur in Nuten gehalten (Abb. 8).[48] Muss ein Glas ersetzt werden, muss das mit Holzdübeln konstruierte Fenster zerlegt werden. Die Fenster aus der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts sind sehr reich und fein profiliert und stellen damit handwerkliche Glanzleistungen dar. Erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts wurden die Glasscheiben mit Kitt in einen Falz eingeglast, die Sprossen wurden nun wieder etwas breiter, sind aber komplett ohne Profile.[49] In der gleichen Zeit wurden auch grössere Scheiben erschwinglicher und das Hochformat der Scheiben kippte ins Querformat. Ab 1820 hatten die Scheiben noch grössere Masse und die Verglasung erfolgte mit fast quadratischen Scheiben. Nach dem Kristallpalast von 1851 erreichten die Scheiben ein Mass von ca. 50 × 120 cm. Daraus ergab sich das Kämpferfenster (oder auch »Wiener Fenster«) des 19. Jahrhunderts mit zwei stehenden und einer darüber quer liegenden Scheibe. Eine Wiederaufnahme der kleinen Sprossen erfolgte dann im Jugendstil und Werkbund. Hier hatten die Sprossen nicht mehr die konstruktive, sondern nur noch eine dekorative Funktion. Dies ist auch der Grund, weshalb hier erstmals die weisse Farbe an den Fenstern aufkam. In den Jahrhunderten davor waren sie immer so gestrichen, dass sie möglichst nicht hervorstachen, teilweise in dunklem Grau bis zu Blau oder sehr oft in einem Ockerton, der bis zum dunklen Braun gehen konnte. Der weisse Anstrich um 1900 hob die Holzsprossen als Zierelemente gezielt hervor.

1 In der Regel berücksichtigen die Autoren die Glasherstellung, die chemische Zusammensetzung und die Bleiverglasung: Hermann Klos hat die Geschichte des Fensters sehr sorgfältig aufgearbeitet, geht aber der Frage der Sprossen nicht nach (Klos 2011); Jean-Louis Roger beschreibt akribisch original erhaltene Fenster, merkt aber lediglich an, dass gegen Ende des 17. Jahrhun-

derts die Holzsprosse sich allmählich durchsetzt (Roger 1995); Harald Gieß beschreibt, dass das Fenster im späten 17. Jahrhundert in der Architektur eine Betonung der Vertikale ermöglicht, geht aber nicht auf Details der Sprossen ein (Gieß 1990).

2 Die Bezeichnung »Fenster« ist dem lateinischen »fenestra« entlehnt, das ab dem 8. Jahrhundert eine Öffnung in der Wand bezeichnete. Auch das alte germanische Windauge stellt lediglich eine nicht verschlossene Öffnung dar, durch die der Wind strömt. Im heutigen Sprachgebrauch gilt als Fenster das, was in der Fachliteratur als Fensterverschluss bezeichnet wird. Der Fensterverschluss besteht aus den Fensterflügeln und deren Halterungen wie Fensterrahmen und Beschläge; bei lichtundurchlässigen Fensterverschlüssen zählen auch die Fensterläden dazu.

3 Bei frühen Bauten waren Fenster oft gar nicht vorhanden. Prunkvolle römische Räume wurden nur durch die offenstehende Türe beleuchtet, durch das mildere Klima begünstigt. Erst ab dem Kaiserreich wurden die Fenster allmählich verglast.

4 Thornton 1985.

5 Die regional unterschiedlichen Fenstersteuern führten dazu, dass oft Blindfenster angebracht wurden, die dann mit aufgemalten Kopien der echten Fenster versehen wurden.

6 Besonders bemerkenswert sind die Windeisen, die mit Menninge, einer roten Bleioxidfarbe, gestrichen sind; eine übliche Praxis wie historische Quellen belegen.

7 Eine gute Zusammenstellung der Quellen, darunter einige spannende Beispiele für die Schweiz, findet sich bei Oidtmann 1898, 36–38, und von Erffa 1951, 7–11.

8 Fenster konnten anfangs mit Schiebebrettchen, später mit Klappläden verschlossen werden. Die fassadengebundenen Fensterläden kamen erst auf, als die Fenster vollständig verglast wurden und klimatisierende Funktionen erhielten.

9 Johann Wolfgang von Goethe (1749–1832) berichtete von seiner Italienischen Reise im Jahr 1786, dass »die Zimmer keine Fenster, sondern Oelpapierne Rahmen« haben und »es ist doch köstlich drinne seyn«; Goethe 1786, Eintrag vom 13. September. Im selben Jahr berichtete auch Johann Georg Krünitz (1728–1796), dass die Fenster in Italien überwiegend aus Papier seien und dabei »so stark im Gebrauche, daß man selbige auch in theils herzoglichen Pallästen [antrifft]«, Krünitz 1786, 596. Die Lage scheint sich bis 1849 nicht verändert zu haben, denn auch Mary Philadelphia Merrifield (1804/05–1889) stellte fest, dass Papier-Fenster in Italien reichlich vorhanden seien; vgl. Merrifield 1849, Bd. 1, Kap. 4, § 2, LXXXI.

10 Jombert/Briseux 1764, 435.

11 Schon 1640 wurden im Schloss von Fontainebleau für die »chambre et cabinet« des Königs und des Monseigneur de Noyers vom Glaser Claude Tisserant Fensterflügel in Rechnung gestellt. Sie hatten »huict grandes pieces carrées neufves de verre de France, avec quarante feuilles de papier de cotton, le tout recollé, huillé et reposé,« und »trois grandes pièces carrées neufves de verre de France avec quattre feuilles de papier, le tout huillée et reposé«, Jombert/Briseux 1764, 435. In einem Fenster werden sowohl Glasscheiben wie auch »Baumwoll-Papiere« eingesetzt. Vermutlich dienten die Glasscheiben der Aussicht, wobei es sich nicht eruieren lässt, ob es sich um Vorfenster oder eigentliche Fenster handelte. Hier wird die Holzsprosse zwar nicht explizit erwähnt, aus Konstruktionsgründen und im zeitlichen Kontext ist ihr Vorhandensein jedoch anzunehmen.

12 Papierfenster waren in Werkstätten von Kupferstechern und Malern, aber auch in den Seidenmanufakturen, in Studierzimmern und in Klosterräumen nützlich, um ein Hinein- und Hinausschauen zu verhindern; vgl. Blondel 1752, 168.

13 Marienglas ist die geologische Bezeichnung für eine transparente Kristallisationsform des Gipses. Eine andere antike und mittelalterliche Bezeichnung ist »lapis lunae.« Plinus erwähnte den dursichtigen Stein, der in den »minas de lapis specularis« in Segóbriga abgebaut wurde. Die Römer benutzten gespaltenes Marienglas bis ins 3. Jahrhundert, als es zunehmend durch Glas verdrängt wurde und die Minen in Vergessenheit gerieten.

14 In fast allen römischen Siedlungen wurden bei archäologischen Grabungen Fenster-Glasreste gefunden (Orbe, Zürich), teilweise sogar Holzsprossen (Windisch).

15 Siehe Anm. 7.

16 Die im Kloster Müstair gefundenen Scheiben sind im Klostermuseum ausgestellt.

17 Günter 1968, 77–78.

18 Die Mehrzahl der Nachrichten über früh- und hochmittelalterliche Verglasung von Profanräumen betreffen Klosterräume. So hatten Refektorien und Dormitorien Glas-Fenster; in Tours war – laut Gregor von Tours – die Zelle des Abtes und in St. Gallen um 900 die Schreibstube verglast, vgl. RDK VIII, 213–256 (Fensterverschluss), https://www.rdklabor.de/wiki/Fensterverschlu%C3%9F#C._Glas (aufgerufen am 30.11.2022).

19 Im *Reallexikon für Kunstgeschichte* werden im Eintrag zum Fensterverschluss u. a. der Bischofspalast von Lüttich, der Königspalast von Kingsbury und Old Windsor erwähnt, vgl. ebd.

20 Wursteisen 1580, 662.

21 Beispielsweise die *Verkündigung* (um 1410), Brüssel, Musées royaux des Beaux-Arts de Belgique und die *Verkündigung* (*Mérode-Triptychon*) in New York, The Metropolitan Museum of Art. Die Autorenschaft ist bei beiden Gemälden unsicher; sie wird auch dem Notnamen Meister des Mérode-Altars bzw. Meister von Flémalle zugeschrieben und mit der Werkstatt von Robert Campin aus Tournai assoziiert. Ob es sich bei dem unbekannten Meister um Campin handelt, ist in der Kunstwissenschaft umstritten.

22 Im Stundenbuch des Herzogs von Berry (*Les Très Riches Heures du Duc de Berry*, 1410–1416) werden ausschliesslich Rautenverglasungen abgebildet, genauso wie in allen anderen Buchmalereien vor 1450. Auch Hans Memling (1433–1494) stellte, wie viele andere Zeitgenossen, nur Rautenverglasungen dar.

23 Windeisen verhindern ein Durchbiegen der verbleiten Verglasung; sie werden auch als »Schlauderstangen« bezeichnet.

24 Auf dem gleichen Retabel ist die dargestellte Werkstatt Josefs nur mit Fenstern mit Klappläden, jedoch ohne Verglasung dargestellt.

25 Die Rauten wurden aus Mondglasscheiben ausgeschnitten. Mondglas wird im Schleuderverfahren hergestellt; es handelt sich um ein dünnes, sehr qualitätvolles Glas.

26 Im Mittelalter hatten die Mondglasscheiben anfänglich einen kleinen Durchmesser von ca. 15 cm, später erreichten sie einen Durchmesser von 60 cm und im 19. Jahrhundert von bis zu 120 cm.

27 Peter Christus, *Die Madonna mit der heiligen Barbara und dem Kartäuser Jan Vos,* 1445–1460, 21,3 × 15,3 cm, Öl auf Eichenholz, Berlin, Gemäldegalerie, https://id.smb.museum/object/862730 (aufgerufen am 17.11.2023).

28 Aelbert van Outwater, *Die Auferweckung des Lazarus*, ca. 1430–1460, 124,0 × 92,7 cm, Öl auf Eichenholz, Berlin, Gemäldegalerie, https://id.smb.museum/object/866193 (aufgerufen am 17.11.2023).

29 So malte beispielsweise Friedrich Herlin (um 1430–um 1500) fast ausschliesslich Rundscheiben, während Diebold Schilling der Ältere (um 1445 – um 1486) kaum Fenster darstellte, und wenn, dann mit Rauten.

30 Johann Georg Krünitz warnte 1786 ausdrücklich vor runden Fensterscheiben, da diese infolge der Sonneneinstrahlung zu Bränden führen können, vgl. Krünitz 1786, 590.

31 Mondglasscheiben unterschieden sich jedoch einigermassen klar von Butzenscheiben; sie sind durchsichtig und dünner als die Butzenscheiben. Butzen sind dicker und kaum durchsichtig, nur durchscheinend. Sie galten als von schlechterer Qualität und kommen erst um 1500 auf Darstellungen vor.

32 Die Scheiben von Müstair sind allerdings in vier Dreiecke unterteilt und haben im Zentrum einen geviertelten Kreis, vgl. Wolf et al. 2015. Glasstücke der Augsburger Propheten-Fenster, Anfang des 12. Jahrhunderts, messen teilweise ca. 22 × 24 cm.

33 Schmidt 1914, 428.

34 Die erhalten gebliebenen Reste sind im Keller des Rathauses ausgestellt.

35 Entsprechend kontrastierend wurden bei bäuerlichen Szenen meist zerbrochene Rautenverglasungen gemalt.

36 Auch in der Architekturmalerei von Emanuel de Witte (1617–1692) und Pieter Jansz. Saenredam (1597–1665) sind äusserst grosse Fenster zu sehen.

37 Nur selten wird das Aufkommen der Sprossen und nie ihre Funktion thematisiert. Belhoste & Leproux 1997 und Michel 1997 gehen von den 1630er-Jahren aus.

38 Bei den Bauten von Louis Métezeau (1560–1615), Architekt für die Könige Heinrich IV. und

Ludwig XIII., finden sich die vom Autor bis dato entdeckten frühesten Holzsprossenfenster, darunter das Palais des Tuileries 1608–1610, das Hôtel de Lamoignon 1611 und die Bebauung des Place des Vosges 1612, die teilweise noch original sein könnten.

39 Die Kirchen blieben noch lange mit Blei verglast, sodass es sich um eine Entwicklung im Profanbau handeln muss. In Italien blieben die Fenster noch lange unverglast und im deutschprachigen Raum und Flandern sind dem Autor keine älteren Beispiele bekannt. Daher wurde der Fokus auf Frankreich gelegt.

40 Martine Diot liefert dazu schöne Beispiele aus dem späten 17. Jahrhundert in einem Tagungsposter von 2005, http://www.verre-histoire.org/colloques/verrefenetre/pages/p424_01_diot.html (aufgerufen am 30.11.2022). Justine Baley, Roger Doonan und David Dungworth präsentieren frühe Beispiele aus England, http://www.verre-histoire.org/colloques/verrefenetre/pages/p422_01_bayley.html (aufgerufen am 30.11.2022).

41 Ein Fenster, das entsprechend einer Türe bis zum Boden reicht, wurde schon im 18. Jahrhundert als »Fenstertüre« bezeichnet. Dass sich die Bezeichnung »französischer Balkon« gehalten hat, könnte als Hinweis auf dessen Entstehung in Paris gedeutet werden. In seiner reinen Form ragt er nicht über die Fassade hinaus.
Es ist möglich, dass es für die Entwicklung der Fenstertüren auch spanische Einflüsse gibt, selbst wenn die Zeit um 1640 für den Niedergang der spanischen Vorherrschaft steht. Auf dem Gemälde *Prinz Baltasar Carlos in der Reitschule*, das von der Werkstatt (?) von Diego Velázquez um 1636 gemalt wurde (130 × 102 cm, Öl auf Leinwand, London, National Gallery), ist ein solcher Balkon dargestellt. Auch das Geburtshaus von Velázquez hat einen solchen Balkon, wobei die Authentizität nicht geklärt ist; der maurische Einfluss wäre dabei noch zu untersuchen. Sicher hat auch die Benediktionsloggia von 1629 von Carlo Maderna (1556–1629) einen Einfluss. Doch wie der Name sagt, steht sie eher in der Tradition der italienischen Loggia (Lateranbasilika, Alt St. Peter) als für einen französischen Balkon, auch wenn sich hier die Bauformen teilweise überschneiden. Auch hält sich in Italien die Bleiverglasung im 18. Jahrhundert und entsprechend gibt es dort Fenstertüren mit Bleiverglasung.

42 Ein Kämpfer (oder Querstock) ist ein massiver horizontaler Holz- oder Steinbalken.

43 Die Schlösser Gripsholm in Schweden und Favorite in Rastatt, Deutschland, sind von der Fensterentwicklung her äusserst vielfältig und spannend. Sie zeigen eine erstaunliche Breite von Möglichkeiten der Verglasung.

44 Dies führte auch zu Kritik: »Viel Holtz und Bley in den Glas-Fenster ist dem wahren Nutzen der Fenster zuwider, weil durch das Holtz und Bley zu viel Lichtstrahlen abgehalten werden […] weshalb man sich gern der großen Glas-Tafeln bedient, deren zu einem gantzen Fenster nur acht Stück nöthig sind.« Penther 1745, 30–31.

45 Holzarbeiten weisen im 17. Jahrhundert nur halb- oder viertelkreisförmigen Profile auf. Das Karnies als Profil-Form erscheint nicht vor 1700.

46 Die Befestigung der Scheibe am Holz ist ein viel diskutiertes Thema. Die beidseitig genuteten Sprossen ergaben ein sehr stabiles Fenster, hatten aber den Nachteil, dass für einen Glasaustausch das Fenster auseinandergebaut werden musste. Daher gab es verschiedene Techniken der Befestigung, oft mit Leim und Papier- oder Textilstreifen. Erst Mitte des 18. Jahrhunderts wird die Kittfuge üblich und es werden zahlreiche Rezepte zur Herstellung des Kitts publiziert.

47 Die grobe Entwicklung in Europa entspricht dem in etwa, kann aber regional variieren. Vor 1700 sind die Scheiben fast quadratisch, die Sprossen breit. Ob die Scheiben hier auch schon mit Drahtstiften fixiert waren, kann nicht gesagt werden. Um 1700 werden die Scheiben wesentlich kleiner, haben ein klares Hochformat und sie sind in feinen profilierten Sprossen in Nuten gehalten. Gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts kommt die Kittfuge auf. Die Scheiben werden grösser und das Format ist ein liegendes Rechteck. Sie werden vor dem Kitten mit Drahtstiften fixiert. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts hat die Scheibe wieder fast quadratische Masse und wird von unprofilierten Sprossen gehalten, Drahtstifte und Kittfuge haben sich durchgesetzt. Bei den älteren Fenstern werden oft die feinen Sprossen herausgebrochen und grössere Scheiben eingesetzt. Erstaunlicherweise sind die Fenster trotz des massiven Eingriffs recht stabil.

48 Bei Holzsprossen empfahl Krünitz alle möglichen Vorkehrungen und Hilfsmittel, damit die Fenster wind- und wasserdicht sind und möglichst nicht faulen, vgl. Krünitz 1786, 582.

49 Bei den älteren Fenstern wurden oft die äusseren Profile nachträglich weggeschnitten und in den so entstandenen Falzen verglast. Oft wurde auch die Hälfte der Sprossen nachträglich entfernt, sodass grössere Scheiben eingesetzt werden konnten. Jacques-François Blondel fertigte dazu um 1750 eine Grafik, die zeigt, wie viel mehr Licht sich dadurch ergibt, vgl. Bresler 2002.

Bibliografie

BELHOSTE & LEPROUX 1997

Jean-François Belhoste und Guy-Michel Leproux, »La fenêtre parisienne aux XVIIe et XVIIIe siècles: menuiserie, ferrure et vitrage«, in: Fenêtres de Paris, XVIIe et XVIIIe siècles, Katalog zur gleichnamigen Ausstellung der Commission du Vieux-Paris à la Rotonde de la Villette, 22.01.–20.04. 1997, Cahiers de la Rotonde 18, Paris: Commission du Vieux Paris, 1997, 15–43.

BLONDEL 1752

François Blondel, Cours D'Architecture Enseigné Dans L'Academie Royale D'Architecture, Bd. 1, Paris: [o. V.], [1698] 1752, https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k85661p (aufgerufen am 30.11.2022).

BRESLER 2002

Henri Bresler, Les fenêtres de Paris. Aperçu historique du XVe siècle à nos jours. Paris: APUR (Atelier parisien d'urbanisme), 2002, https://www.apur.org/sites/default/files/documents/publication/documents-associes/115.pdf?token=Cu2dkzbS (aufgerufen am 17.11.2023).

VON ERFFA 1951

Hans Martin von Erffa, Die Verwendung des Glas-Fensters im frühen deutschen Kirchenbau, Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, Institut für Kunstgeschichte, 1941, Typoskript von 1951.

GIESS 1990

Harald Gieß, Fensterarchitektur und Fensterkonstruktion in Bayern. Vom ausgehenden 18. Jahrhundert bis zum Ersten Weltkrieg, Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege 39, München: Karl M. Lipp Verlag München 1990.

GOETHE 1786

Johann Wolfgang von Goethe, Reise-Tagebuch zweytes Stück: vom Brenner in Tyrol bis Verona, 1786, https://www.projekt-gutenberg.org/goethe/brstein2/chap055.html (aufgerufen am 30.11.2022).

GÜNTER 1968

Roland Günter, Wand, Fenster und Licht in der Trierer Palastaula und in spätantiken Bauten, Herford: Wilhelm Beyer, 1968.

JOMBERT/BRISEUX 1764

Charles Antoine Jombert und Charles Étienne Briseux, Architecture Moderne, ou l'Art de Bien Bâtir pour Toutes Sortes de Personnes, Bd. 1, Paris: C. Jombert, 1764, https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k856772 (aufgerufen am 30.11.2022).

KLOS 2011

Hermann Klos, »Die Historische Entwicklung von Glasfenster-Verschlüssen in Mitteleuropa«, Sonderdruck der Holzmanufaktur Rottweil, in: Tobias Huckfeldt und Hans-Joachim Wenk (Hg.), Holzfenster und -türen, Bd. 2, Köln: Verlagsgemeinschaft Rudolf Müller, 2011.

KRÜNITZ 1786

Johann Georg Krünitz, Ökonomisch-technologische Encyklopädie, oder allgemeines System der Staats-, Stadt-, Haus- und Landwirthschaft, und der Kunst-Geschichte, Bd. 12, 2. Aufl., Berlin: Joachim Pauli, [1777] 1786, https://www.kruenitz1.uni-trier.de/home.htm (aufgerufen am 30.11.2022).

MERRIFIELD 1849

Mary Philadelphia Merrifield, Original treatises, dating from the XIIth to the XVIIIth centuries, [o]n the arts of painting: in oil, miniature, mosaic, and on glass; of gilding, dyeing, and the preparation of colours and artificial gems, Bd. 1, London: John Murray, 1849, https://archive.org/details/originaltreatis00merrgoog/page/n86/mode/2up?q=window+paper (aufgerufen am 30.11.2022).

MICHEL 1997
Hérold Michel, »Fenêtres de Paris, XVIIe et XVIIIe siècles« (Rezension), Bulletin Monumental, 155.4, 1997, 337–339.
OIDTMANN 1898
Heinrich Oidtmann, Die Glasmalerei, Theil 2: Die Geschichte der Glasmalerei, Bd. 1: Die Frühzeit bis zum Jahre 1400, Köln: Bachem, 1898.
PENTHER 1745
Johann Friedrich Penther, Zweiter Theil der ausführlichen Anweisung zur Buergerlichen Bau-Kunst (...), Augsburg: Pfeffel, 1745, https://doi.org/10.11588/diglit.1659.
ROGER 1995
Jean-Louis Roger, Châssis de Fenêtres aux XVe, XVIe et XVIIe siècles, Dourdan: Éditions H. Vial, 1995.
SCHMIDT 1914
Benno Schmidt, Frankfurter Amts- und Zunfturkunden bis zum Jahre 1612, Veröffentlichungen der Historischen Kommission der Stadt Frankfurt am Main, Frankfurt a. M.: Joseph Baer, 1914.
THORNTON 1985
Peter Thornton, Authentic Décor: The Domestic Interior, 1620–1920, London: Weidenfeld and Nicolson, [1984] 1985.
WOLF ET AL. 2015
Sophie Wolf, Cordula Kessler, Jürg Goll, Stefan Trümpler und Patrick Degryse, »Early-Medieval Stained-Glass Windows From St. John Müstair: Materials, Provenance and Production Technology«, in: Sophie Wolf und Anne De Pury-Gysel (Hg.), Annales du 20e Congrès de l'AIHV (Konferenz in Fribourg and Romont, 7.–11. September 2015), Rahden: Marie Leidorf, 2017, 660–667.
WURSTEISEN 1580
Christian Wursteisen, Baſzler Chronick/Dariñ alles/was ſich in Oberen Teutſchẽ Landen/nicht nur in der Statt und Biſtumbe Baſel/von ihrem Urſprung her/nach Ordnung der Zeiten/in Kirchen und Welt händlen/biß in das gegenwirtige MDLXXX Jar, Basel: Sebastian Henricpetri, 1580, https://digitale.bibliothek.uni-halle.de/vd16/content/structure/998989 (aufgerufen am 30.11.2022).

7

THE GLASS HOUSE OF ANTOINE DE PARIS

Logan Sisley

Abstract

Antoni 'Antek' Cierplikowski was born in Poland in 1884, but made his name in Paris as Monsieur Antoine, hair stylist to the stars. In 1924, he purchased the top four floors of a Parisian apartment building that he later set about remodelling as a School of Beauty and an apartment with a sculpture studio, which he called the 'Glass House'. Construction began in 1929 and the Glass House occupied the topmost floors of the building. Glass was supplied by Saint-Gobain, of whom Antoine claimed at one time to be the biggest client. While Antoine took credit for the creative vision, much of the interior decoration can in fact be attributed to Sarah Lipska and Marcel Cabs. Despite press attention at the time of its construction, the Glass House on the Rue Saint-Didier is now largely forgotten. Nonetheless, it represents a fascinating intersection between fashion, art, design, and architecture. This chapter pieces together fragmentary accounts and images of the Glass House; it briefly considers the project in relation to other contemporary buildings that employed glass; and it suggests four factors for the lack of attention paid to it in architectural history.

Keywords

Antoine de Paris, the Glass House, Paris, Sarah Lipska, Saint-Gobain

Introducing 'Monsieur Antoine'

The Glass House was constructed in Paris from 1929 for the celebrity hairstylist Antoine de Paris (1884–1976). While initially feted, the project—a remodelling of a Parisian apartment with innovative uses of glass as an architectural material—is today largely unknown. Antoine's autobiographies provide a rich source of information, but they are unreliable and exclude the contributions of other designers, such as Sarah Lipska and Marcel Cabs.

'Monsieur Antoine' was born Antoni "Antek" Cierplikowski in Sieradz, Poland, in 1884. He studied hairdressing from an uncle in Łódź and in 1901 moved to Paris, where he adopted the name Antoine. In 1909, he married Marie-Berthe Astier (1887–1969), who

was then working as a manicurist. She would become a vital figure in the management of Antoine's business. They opened their own salon at 5 Rue Cambon (near Place de la Concorde) in the early 1920s. Antoine established a reputation for innovation when he broke with the tradition of long hair for women and created a short hairstyle known as *à la garçonne* for the actress Ève Lavallière, which brought him overnight success. He eventually owned dozens of salons around the world, a beauty academy, and his own line of beauty products. He styled numerous celebrities of his age, including Sara Bernhardt, Greta Garbo, Josephine Baker, Édith Piaf, and Brigitte Bardot. His celebrity was such that he inspired the film *Coiffeur pour Dames*, which was released in 1937 and remade in 1952.

Jean Cocteau wrote of him: 'Antoine is a poet, and this natural talent of his has enabled him to transform a hairstyle into a real work of art.'[1] There are frequent references to Antoine's hairdressing as an artform, and he also worked as a sculptor. He exhibited with the Société des artistes indépendants, and one critic described his work in an exhibition of young Polish artists as showing real talent and promise.[2]

The Glass House at 4 Rue Saint-Didier

In 1924, with a thriving business, Antoine and Marie-Berthe purchased an apartment building at 4 Rue Saint-Didier in the 16th arrondissement of Paris for 800,000 francs.[3] Antoine recounted that they bought four floors on the Rue Saint-Didier, two for a School of Beauty and offices, and two for a sculpture studio and living quarters.[4] The apartment and studio were on the top floors, but Antoine found the attics claustrophobic. He then set about remodelling the upper floors as the 'Glass House'. In his autobiography he wrote: 'Since boyhood I had dreamed of a glass house, perhaps a hangover from fairy stories. The purity of glass, the possibility of cutting it in square clean lines, made it in my eyes a perfect building material.'[5]

Before the Glass House was completed, it excited international interest, notably in the British press, although initially the name of the 'barber' who commissioned the building was withheld. The British United Press agency overstated the scale and ambition of the house: '[A] house built entirely of glass and furnished throughout with the same material is about to be erected for a Paris barber [...]. The house will be glass from foundation to roof. Pilasters of glass will support great balconies of crystal. The walls will be glass and the cornices, gables and chimneys will also be glass. This does not necessarily mean transparency or even fragility. The glass will be coloured and translucent. In the bedrooms it will be almost opaque. In strength it will be equal to steel. The acoustics in each room will be excellent, but every room will be sound-proof.'[6]

The *Daily Mirror*, perhaps unsurprisingly, compared the residence to London's Crystal Palace: 'Antoine, [...] most Parisian of Poles, [is] building a crystal palace for himself [...]. Everything about him will be of glass. A glass lift will carry the visitor swiftly up to the studio, lined and adorned with transparent white glass, and illumined by pillars of ruby glass.'[7] While the glass lift seems not to have been realised, the *Mirror* correctly



1 Thérèse Bonney, House of Antoine Cierplikowski: Music Room with Mezzanine.

noted that it was only the upper floors that were constructed using glass—and not foundations to roof.

According to Antoine's biographer, Hubert Demory, the construction permit was issued in March 1929, and while there is no record of this in the Paris city archives, the timeframe is consistent with the press reports quoted above. The pre-eminent French manufacturer Saint-Gobain supplied the glass, and Antoine claimed that for a time he was the company's largest client (despite the relative modesty of the scale of the building). However, there is no record of him or the building in the company's archive: he would have likely bought the glass through a local supplier rather than directly from the company. *Glaces et Verres* magazine reported that 12 tonnes of glass were used in the construction of the Glass House, and a 1955 article suggested Antoine spent a 'fortune' on the building.[8]

A studio was constructed on the fifth floor with a mezzanine on the sixth, with a large, glazed bay that opened onto a small terrace. The outer walls facing the street were made of large sheets of glass. Antoine claimed that inhabitants could look out, but others could not look in. This was, he said, 'so we could dispense with curtains. Curtains, to my mind, have no place in the modern interior.'[9] External lights facing inwards allowed the interior spaces to be illuminated through the glazing at night.

The living room was reportedly lined with blue and red slabs of glass with a red crystal dome over the double-height space (Fig. 1). Antoine was photographed sculpting in this space (which also featured a pipe organ), suggesting that this doubled as the



2 Antoine de Paris in front of the organ in the Glass House, with Maternité by Xawery Dunikowski on the right.

sculpture studio (Fig. 2). It was also used for lavish parties. When the Glass House was completed, invitations to one such party were sent on engraved squares of crystal to fit in with 'the glittering modernity of the house'.[10]

A staircase was covered in thick glass from Saint-Gobain that had a non-slip finish; this was achieved, according to Antoine, by blowing bubbles into the glass (Fig. 3). The balustrade was constructed in slabs of glass, and the handrail was made from glass embedded into the curved wall. A mezzanine was constructed with a glass floor and the radiators throughout were clad in glass panels.

Hand-blown crystal plates from Bohemia graced the dining table, and the dining room itself was clad in red-gold overlapping glass panels (Fig. 4). The kitchen was Antoine's pride (see Fig. 3). He described it as: 'All glass and tiles, it was as all kitchens should be, a perfect laboratory. It could be cleaned with a garden hose within five minutes.'[11] Compared to what he called the half-hearted novelties of new apartments, he saw it as a paradise for a cook with foodstuffs stored in transparent glass containers with measurement marked on them. Despite the proclaimed efficiency of the kitchen, the couple did advertise for the services of a maid.[12] While the surfaces of the kitchen were white, the bathroom was decorated with green opaline glass, mirrors, and frosted illuminated-glass ceiling tiles (Fig. 5).

Contested Authorship

Antoine claimed it took five years to draw up the plans in the face of opposition from what he called 'specialists' and 'experts', who said the project was impossible.[13]



L'escalier en colimaçon. La cage de l'ascenseur est dissimulée par un revêtement circulaire en dalles de glace brute avec monture en chromé. La rampe est en dalles de glace brute. Cette vue représente l'arrivée de l'escalier à l'étage supérieur.

Photos *Studio Art et Industrie.*



Les murs et les meubles de la cuisine sont en opaline blanche et les accessoires en métal chromé. Cuisinière électrique. Un frigidaire. Sur la table une série de douze boîtes chromées et à lettres métalliques contenant les épices et ingrédients divers.

3 *Art et industrie*, September 1931, showing the staircase and kitchen at the Glass House, 4 Rue Saint-Didier.



4 Thérèse Bonney, House of Antoine Cierplikowski: Dining room.



5 Thérèse Bonney, House of Antoine Cierplikowski: Bathroom.

Indeed, in his autobiographies he does not name any architect who worked on the project. However, Hubert Demory writes that Antoine put the architect Charles Thomas (1897–1967) in charge of the scheme's realization. Antoine only refers to an archiect dismissively as having claimed Antoine's invention of a spray-on wall-cladding that was a mix of sand, colour, and adhesives mimicking stone as his own. This is consistent with the self-congratulatory tone throughout his two autobiographies. For example, he recounts how he improved the design of the Panhard automobile for Citroën which was 'streamlined before the word existed'.[14]

While Antoine takes credit for the creative direction of the house in both his autobiographies, *Glaces et Verres* magazine reported that the company Le Verre en Décoration was responsible, which suggests that the Glass House may in fact have been a showpiece for the company. *Glaces et Verres* also credited the direction of the interior design to Marcel Cabs with artistic collaboration by Sarah Lipska (1882–1973), while *Art et Industrie* credited Lipska as decorator in collaboration with Cabs, Dachary, and the furniture designer Maurice Lafaille (1898–1987).[15] It is difficult to identify the designer of individual elements, though since Marcel Cabs was a designer of light fittings, he was likely responsible for the lighting design.[16] Due to the highly reflective effect of so



6 Thérèse Bonney, House of Antoine Cierplikowski: Bedroom, featuring the glass bed designed by Sarah Lipska and the portrait of Antoine de Paris by Kees van Dongen.

much glass, traditional lighting methods were deemed unsuitable. The designers therefore experimented with indirect lighting (concealed behind frosted glass panels, ceiling tiles, or mouldings) to reduce the amount of glare.

Sarah Lipska was born in Poland, where she had studied with Xawery Dunikowski, another artist patronized by Antoine. She worked as a costume and set designer (including for the Ballets Russes), as a textile and interior designer in Paris, and later as a sculptor. Lipska is credited as designer in a series of images of the Glass House by the renowned architectural photographer Thérese Bonney.[17] The furniture in the house has stylistic similarities to her work with René Martin on a printer's office in 1926, and in 1927 *Art et industrie* published another example of her use of glass in design—a table with a sea-blue glass top.[18]

The *Derby Daily Telegraph* also credited Lipska with the design of Antoine's glass bed, which generated much media attention (Fig. 6). The paper reported that according to Lipska, 'when he dies the bed will serve as his coffin', which would be transferred to a tomb designed by Dunikowski.[19] In the press, reporting of the glass bed frequently overshadowed other aspects of the house. In England, the *Daily Mirror* reported that: 'Antoine's bed will be built entirely of blocks of transparent white glass, which are being made for him at the St. Gobain works. It will have strong handles introduced on either side, for the bed is destined to be his coffin, and in it he will be carried down some day to his country villa to be laid beneath the tomb he is building in his garden.'[20]

The coffin-like form of the bed was apparently inspired by the novel, *Le Cerceuil de Cristal (The Crystal Coffin)* by Maurice Rostand, which was published in French in 1920 and the following year in English. While a crystal casket is not explicitly described in the novel, it functions as a metaphor for an autobiographical journal that would clearly and transparently show the author's personality.[21] Maurice Rostand and Antoine knew each other as young men, and Antoine claimed their conversations on death inspired Rostand's novel.[22]

Antoine insisted that the high sides of the glass bed protected him from electric rays in the air. While this indicates a hesitancy around electricity, Antoine was in fact often quick to embrace new technologies. He was, for example, a keen aviator and he used film to show women their hair in the round. He had a small movie theatre installed at 4 Rue Saint-Didier for this purpose. Perhaps it was the strong electrical current required to power the theatre that provoked Antoine's caution in this regard, presumably based on the use of glass as an electrical insulator. He admitted that it may seem unlikely that the bed afforded any protection, but questioned the contemporary knowledge of electricity and claimed that he found such perfect rest nowhere else.

While Antoine claimed to have dreamed of a glass house as a child, the architectural use of glass in his house also aligns with the use of glass in his business. The material features prominently in the design of his salons and beauty products. Indeed, glass is prevalent in the design culture that surrounds the beauty industry, where its dual qualities of transparency and reflectivity help reinforce notions of luxury. This is evident in the magazine, *Antoine Document*, which was published by Antoine de Paris's



7 Gilbert Boisgontier, Exhibition of headdresses, 4 Rue Saint-Didier, 1937.

company from 1932 to 1937. Glass is omnipresent in design objects and perfume bottles, and in the spaces of the salons, with large sheets of glass used in mirrors and display cases.

Leaving the Glass House

The construction of a glass house may have been a long-held dream for Antoine. However, he and Marie-Berthe found the proximity of their living quarters to their work was crowding them out of the building. In the 1930s, Astier commissioned a new multistorey apartment building at 1 Avenue Paul Doumer, which was designed by Jean Fidler and B. Lochak. The couple moved to the top two floors of the new building. While less eccentric than the Glass House, the building is still emphatically modern, with a rounded façade (said to evoke a glamourous transatlantic liner). The use of glass was more conventional, largely confined to the windows, although it was used dramatically in the stairwell.[23] The infamous glass bed also moved to the new residence.
The former living quarters in the Glass House were then adapted for use as a museum of headdresses through history (with exhibits supported on glass plinths); this opened during the *Exposition Internationale des Arts et Techniques dans la Vie Moderne* in May 1937, which was centred on the neighbouring Trocadero (Fig. 7). The space at the Rue Saint-Didier had previously been configured as an exhibition venue, in 1932, when it hosted an *Exposition des Coiffeurs Modernes*.[24] While the key buildings constructed for the 1937 international exhibition, such as the Palais de Chaillot and the Palais de Tokyo, embraced robust neoclassical forms, the architectural use of glass figured elsewhere, notably in the pavilions of the glass manufacturers Saint-Gobain, designed by Jacques Adnet and Rene-Andre Coulon, and the pavilion for the Union des Artistes Modernes, designed by Frantz-Philippe Jourdain, Andre Louis, and Georges- Henri Pingusson.

A Culture of Innovation: The Emergence of 'Glass Houses' in Paris in the 1920s

Concurrent with the departure of Antoine and Marie-Berthe from the Glass House as a residence, *Antoine Document* published an article by the art historian Bernard Champigneulle exploring current design trends and looking ahead to the 1937 international exhibition.[25] Champigneulle argued that confusion reigned, as designers were too focused on individualism rather than collective efforts, a charge that might readily be levelled at Antoine's Glass House. The thinking of Le Corbusier was briefly outlined as embodying rationality, hygiene, and a break from the past, with cement, steel, and glass playing pivotal roles in the construction of this new order. The work of Robert Mallet-Stevens and the 'rational' and 'functionalist' constructions of Pierre Chareau were among those referenced; all of these designers were associated with the Union des Artistes Modernes, and all experimented with the use of glass in architecture. Antoine's Glass House may be a little idiosyncratic, but it sits within this wider architec-

tural culture.[26] Innovation was promoted too by manufacturers, such as the dramatic translucent showcase built by Saint-Gobain at the 1937 *Exposition Internationale*.

Antoine's Glass House shares its name with the celebrated Maison de Verre by Pierre Chareau, Bernard Bijvoet, and Louis Dalbert. The Maison de Verre was constructed just a few kilometres away on the other side of the Seine between 1928 and 1932.[27] It was commissioned by Annie and Jean Dalsace and incorporated the latter's medical office in the couple's home. The façade is dominated by grids of glass tiles (manufactured by Saint-Gobain) contained within a steel frame. Like the house at the Rue Saint-Didier, the Maison de Verre has large external lights that could illuminate the interior through the glass façade. Despite their names, neither construction is a standalone house; both are reconfigurations of existing apartment buildings.

The two buildings are contemporaneous, as construction of Antoine's Glass House began in 1929 and images of the finished scheme were published in design magazines in 1931.[28] However, both of Antoine's autobiographies (published in 1946 and 1962) state that his house was completed in 1927.[29] It may be uncharitable to Antoine to suggest this, but his rewriting of history may have been an attempt to present himself as the innovator, with his house predating its more celebrated namesake.

Antoine's dating of the project in 1927 would place it the same year as another 'glass house'—the apartment and studio designed for the sculptors Jan and Joel Martel by Robert Mallet-Stevens in the 16th arrondissement. The light-filled double-height sculpture studio created for the Martel brothers may have served as a model for Antoine's studio and Mallet-Stevens's embrace of light as a design element serves as an appropriate reference point.

However, Bernard Champigneulle's 1937 article in *Antoine Document* advocated a different position from the likes of Chareau and Mallet-Stevens, arguing that luxury is the flower of the civilized spirit, a position presumably supported by Antoine as publisher and consistent with his business interests (Fig. 8). Champigneulle distanced himself from the work of members of the Union des Artistes Modernes and praised those who sought to bring a touch of fantasy, seduction, and pleasure to the machine age. While embracing fantasy, the decoration of the Glass House was relatively austere, with hard lines and surfaces. As publisher of Champigneulle's article, it is likely that the text echoes Antoine's own thinking at the time. Although his later autobiographies praised the innovation of the Glass House, one might ask whether Antoine became somewhat disillusioned with the design (by Lipska, Cabs and others, rather than solely his own hand). Was the move to Avenue Paul Doumer prompted by comfort (or lack of it in the Rue Saint-Didier), or a changing design ethos as much as proximity to work?

The Omission of Antoine's Glass House from Architectural History

However Antoine's attitudes towards his Glass House may have shifted, it is a building that is largely absent from architectural histories. Its physical position may have



Ensemble de LELEU

MARIUS GRAVOT

1937 Les tendances de LA DÉCORATION

Depuis cent ans l'art décoratif s'était borné à tourner en rond, grapillant son bien à travers tous les âges et tous les pays du monde. Personne ne semblait plus trouver étonnant de prendre ses repas dans une salle à manger inspirée de la Renaissance italienne, de dormir dans un lit Louis XV et de bouder dans un boudoir japonais. En 1900, la fusée du touchant modern-style s'était éteinte aussitôt allumée. Des architectes, des ébénistes, des verriers, des ferronniers, des céramistes, des orfèvres se mettaient au travail pour créer des formes neuves inspirées de leur époque. L'Exposition des Arts décoratifs de 1925, après un quart de siècle, allait-elle révéler à nos contemporains ce qu'ils attendaient : un style ?

Des efforts méritoires, sérieux et charmants, logiques et spirituels, avaient été accomplis. Mais on fut bien obligé de s'apercevoir que des constructions rationnelles et « fonctionnalistes » de Pierre Chareau aux étincelantes fantaisies de Paul Poiret, chaque décorateur présentait son style propre. Aucune tradition, aucune base généralisée ne permettaient de relier ces charmantes inventions à cet

8 *Antoine Document*, 1937, Bibliothèque nationale de France.

harmed its profile: buried within the attic floors of a 19th-century apartment building, its exterior form was difficult to photograph (although the hidden nature of Chareau's Maison de Verre, which is entered from a courtyard, not visible from the street, has arguably added to its mystique). Counter to this, as we have seen, the house at the Rue Saint-Didier did attract considerable attention in both the general and design press during and after construction.

The Glass House also lacked a clearly identified designer (other than Antoine himself) whose authorship might have elevated its status. Sarah Lipska was clearly important to the building's realisation, but she remains an elusive figure today. Female artists and designers have traditionally been excluded from the historical record, but this is changing and further research on Lipska is undoubtedly warranted.

While Antoine portrayed himself as the creative force behind the project, he was not an architect and even expressed disdain for the architectural profession. Antoine's camp flamboyance also does not sit entirely comfortably within certain narratives of modernist art and architecture. The Antoine de Paris brand espoused glamour and luxury, which is hard to place alongside the utopian ideals advocated by many modern designers.

After the death of Marie-Berthe in 1969, Antoine returned to Poland where he later died, aged 91. Despite his celebrity during his days in Paris, his star faded, and his business declined. In publishing autobiographies, he was clearly conscious of his legacy and proud of the Glass House. The residence was a quirky experiment in the architectural use of glass, which brought together the worlds of fashion, art, design, and architecture. It was a fascinating project that requires further untangling and deserves at least a footnote in architectural history.

1 Antoine 1962, 143.
2 La Lanterne 1922, 2.
3 Demory 2006, 69.
4 Antoine 1946, 101.
5 Ibid., 99.
6 Derby Daily Telegraph 1929, 12.
7 Park Lane 1929, 6.
8 *Glaces et Verres* 1931; Ratcliffe 1955.
9 Antoine 1946, 101.
10 Ibid., 107.
11 Ibid., 102.
12 Le Figaro 1931.
13 Antoine 1946, 101.
14 Ibid., 101.
15 Art et industrie 1931, 30; Glaces et Verres 1931, 17.
16 Art et industrie 1928.
17 The photographs are held, for example, in the collections of the Médiathèque du patrimoine et de la photographie, Charenton-le-Pont, and Cooper Hewitt, Smithsonian Design Museum, New York.

18 Art et décoration 1926; Art et industrie 1927.
19 Derby Daily Telegraph 1929.
20 Park Lane 1929.
21 Rostand 1920, 140.
22 Antoine 1946, 47–48.
23 Dornès 1937.
24 'Vernissage Chez Antoine', Antoine Document 2, July–August 1932.
25 Champigneulle 1937.
26 Eskilson 2018.
27 Vellay 2007.
28 Art et industrie 1931; Glaces et Verres 1931.
29 Antoine 1946, opp. 64: a photograph of the White Ball that marked the opening of the Glass House is dated 1927.

Bibliography

ANTOINE 1946
Antoine, Antoine, London: W. H. Allen, 1946.

ANTOINE 1962
Antoine, Devotion to Beauty (The Antoine Story as Told to Charles Graves), London: Jarrolds, 1962.

ART ET DÉCORATION 1926
Anonymous, 'Le bureau d'un imprimeur', Art et décoration, August 1926, 53–57.

ART ET INDUSTRIE 1927
Anonymous, 'Chez Mme. Lipska', Art et industrie, July 1927, 16.

ART ET INDUSTRIE 1928
Anonymous, 'Les éclairages de Cabs', Art et industrie, June 1928, 35.

ART ET INDUSTRIE 1931
Anonymous, 'L'emploi du Verre et du Miroir', Art et industrie, September 1931, 28–32.

CHAMPIGNEULLE 1937
Bernard Champigneulle, '1937: Les Tendances de la Décoration', Antoine Document, 1937, 51–53.

DEMORY 2006
Hubert Demory, Monsieur Antoine: Grand Maître de la Haute Coiffure française, Paris: L'Harmatton, 2006.

DERBY DAILY TELEGRAPH 1929
Anonymous, 'Glass House for a Barber: Bed to Serve as Coffin', Derby Daily Telegraph, 5 October 1929, 12.

DORNÈS 1937
Roger Dornès, 'Un immeuble à Paris', Art et décoration: revue mensuelle d'art modern 66, 1937, 97–102.

ESKILSON 2018
Stephen Eskilson, The Age of Glass, London: Bloomsbury, 2018.

LE FIGARO 1931
Le Figaro, 16 July 1931, classified advertisement.

GLACES ET VERRES 1931
Anonymous, 'Un emploi intégral du verre dans la décoration d'un studio', Glaces et Verres, August 1931, 12–17.

LA LANTERNE 1922
Anonymous, 'La première exposition du groupe de la jeune Pologne', La Lanterne: journal politique quotidien, 11 February 1922.

PARK LANE 1929
Park Lane, 'As I See Life', Daily Mirror, 1 October 1929, 6.

RATCLIFFE 1955
J. D. Ratcliffe, 'Antoine of Paris: The Hairdo King', Coronet, January 1955.
ROSTAND 1920
Maurice Rostand, Le cercueil de cristal, Paris: Ernest Flammarion, 1920.
VELLAY 2007
Dominique Vellay, La Maison de Verre: Pierre Chareau's Modernist Masterwork, London: Thames & Hudson, 2007.

8

IDEOLOGIE UND BAUPRAXIS
VOM ANEIGNUNGSPROZESS DES GLASES IN DER ARCHITEKTURMODERNE

Florin Gstöhl

Abstract

The development of skeleton construction and the industrialization of building-material production in the late 19th and early 20th centuries made it possible to use glass on a larger scale for architectural buildings. The use of glass was further promoted as a result of new medical knowledge concerning the impact of sunlight and fresh air in the improvement of health. The modern *Neues Bauen* movement used these arguments to ideologize increasingly the use of glass as a main component of modern architecture. This essay focuses on the process by which glass was appropriated in architecture between 1900 and 1940 and will show that as a material glass had a crucial role in the development of and debates on architectural modernism.

Keywords

Glass, building technology, modern movement, *Neues Bauen*, building materials

Die Moderne, vor allem die Bewegung des Neuen Bauens der 1920er-Jahre, fand im Glas einen Baustoff, der sich wie kaum ein anderer mit dem Ideal einer neuen, gesunden und durch die Wissenschaft aufgeklärten Gesellschaft verbinden liess. Das »Befreite Wohnen« (Sigfried Giedion) für den »Neuen Menschen« (Adolf Behne), die Forderung nach einer von »Licht Luft Öffnung« bestimmten Architektur, war eng verbunden mit den neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen der Bauhygiene und Bautechnik.[1] Grossformatiges Flachglas in Kombination mit der Skelettbauweise in Eisen bzw. Stahl und Beton ermöglichten die nahezu beliebige Öffnung des Baukörpers, was zu einer grundlegenden Veränderung des Verständnisses von Statik und Raum führte.[2] In Verbindung mit den neuen Idealen der Moderne, in der wissenschaftliche und technische Erkenntnisse zunehmend Argumente sowohl in der theoretischen als auch formalen Ausbildung von Architektur bildeten, kam dem Glas eine zentrale Bedeutung zu. Wie ausserordentlich diese Bedeutung vor allem für das Neue Bauen war, zeigt nicht zuletzt die Ende der 1920-Jahre zunehmend einsetzende Kritik, bei der die Verwendung von Glas einen zentralen Aspekt darstellte.

Eisen und Glas oder das »Problem der Masse«

Mit der Entwicklung und verstärkten Verwendung der Skelettbauweise in Eisen und Glas stellten sich gänzlich neue Probleme für die Architektur. Mit eindrücklicher Klarheit beschrieb der Berliner Architekt und Direktor der Bauakademie Richard Lucae bereits 1870 in einem Vortrag diese neuen Herausforderungen. Wollte Lucae den Einfluss des Eisens auf die architektonische Entwicklung weder bejahen noch verneinen, sprach er der neuen Bauweise einen ästhetischen Einfluss mit Bestimmtheit ab. Zum einem war es für ihn und seine Zeitgenossen abwegig, dass Gebilde, die auf technischen Bedingungen beruhen, ein Produkt der Baukunst bilden konnten. Das hätte sowohl gegen ihr Verständnis von Baukunst gesprochen als auch die Daseinsberechtigung des Baukünstlers selbst in Frage gestellt.
Doch die Kritik bezog sich auf die den feingliedrigen Skelettbauten fehlende Materialmasse, auf der nicht nur die über Jahrhunderte kultivierte Gewissheit beruhte, ein Bauwerk könne erst durch das Aufschichten von Baustoffen statisch sicher sein, sondern auch die Überzeugung, dass eine architektonische Gestaltung nur aus der Masse heraus möglich sei.[3]
Wie einschneidend diese Veränderungen waren, vom statisch-physikalischen Verständnis über die bislang gültigen architektonischen Prinzipien bis zum eigentlichen Selbstverständnis des Architekten, zeigt eine Beschreibung Cornelius Gurlitts am Ende des 19. Jahrhunderts, der nochmals auf das tiefliegende Verständnis von Sicherheit und Materialmasse aufmerksam macht: »Das dünne Gerüst des eisernen Trägers, der eisernen Brücke war als haltbar berechnet und erprobt. Die Empfindung konnte jedoch diese rechnerisch gewonnene Überzeugung nicht auf sich nehmen; sie sträubte sich gegen das Wissen.«[4] Die modernen Eisenbauten mit ihren bislang unbekannten Grössendimensionen stellten nicht nur das bisherige statische und gestalterische Verständnis in Frage, sondern durch deren Kombination mit Glas wurden auch die Raumgrenzen im Prinzip umgewertet. Die bislang mit der statischen Sicherheit verbundene Materialmasse der Mauern und Pfeiler schwand zu dünnen Stäben und Flächen, wodurch der Raum nicht mehr durch Wand oder Gewölbe, sondern allein durch sich selbst zu wirken begann.[5]
Für den Wiener Kunsthistoriker Joseph Bayer materialisierte sich im modernen »bis zur Peinlichkeit achromatisch gereinigt[en]« Glas die »geistige Optik« einer zunehmend durch Logik und Vernunft geprägten Epoche, in der »Mikroskope und Ferngläser« wie eine Manifestation des neuen rationalistischen Zeitalters betrachtet werden können. Wie bereits Lucae das Gestaltungsproblem bei den Eisenbauten auf die fehlende Masse bezog, merkt Bayer an, dass das »Glas im Verein mit dem Eisen« die Architektur von der »künstlerischen Illusion« befreien wolle und anstelle der gestaltenden Fantasie nun der »berechnende Konstruktions-Verstand« trete, was, so bedauert Bayer, »auch ein Sieg des Rationalismus« darstelle.[6]
Erste Ansätze dieses technischen Rationalismus fanden sich schliesslich in den Industriebauten der Reformbewegung um 1910 wieder, die allerdings noch immer von einer Auseinandersetzung des durch die neuen Baustoffe gestellten Massenproblems zeug-

ten. Einer der gewichtigsten Vertreter dieser »baukörperlichen«, durch die Masse gestaltenden Bauform war Peter Behrens, dessen Ansichten in der Reformbewegung um den Deutschen Werkbund weitestgehend Gültigkeit besassen. Behrens konstatierte, dass durch die Statik, die »das Minimum an Material für eine Konstruktion« zu ermitteln habe, dem Eisen »gewissermassen eine entmaterialisierende Eigenschaft« gegeben werde. Diese Eigenschaft solle zwar entsprechend der auf die Grundlagen der Architektur zurückgehenden Reform von Zweck und Funktion zum Ausdruck gebracht werden, doch, so Behrens, »Architektur ist Körpergestaltung und ihre Aufgabe ist nicht, zu enthüllen, sondern ihr ursprüngliches Wesen ist, Raum einzuschliessen.«[7]
Betrachten wir vor diesem Hintergrund des »Massenproblems« zentrale Bauten der frühen Architekturmoderne um 1910, wie z. B. die AEG-Turbinenfabrik von Peter Behrens in Berlin-Moabit (1909–1910), das Glashaus von Bruno Taut oder die Musterfabrik von Walter Gropius und Adolf Meyer auf der Kölner Werkbundausstellung (1914), erkennen wir, dass diese Suche nach einer neuen Form sich in der Bestrebung äusserte, dem neuen »wesenlosen« Baustoff Glas, wie es Walter Gropius noch 1911 nannte, eine baukörperliche Form zu geben (Abb. 1–2).[8] Die Reformarchitektur, so scheint es, arbeitete sich noch immer am Massenproblem ab und versuchte, dieses tiefsitzende Verständnis auch auf die neuen Baustoffe und Baumethoden zu übertragen.
Neben den Industriebauten standen als erste Vermittler von grossangelegten Glasanwendungen die städtischen Warenhäuser wie Jelmoli von Stalder und Usteri (1897–1899) in Zürich, Tietz von Werner Sehring (1899–1900) in Berlin oder Joseph Maria Olbrich (1907–1909) in Düsseldorf, bei denen die Fassaden zur Präsentation der Waren grösstmöglich in Glas aufgelöst werden sollten (Abb. 3–4). Wie jedoch ein Vergleich dieser zwischen 1897 und 1909 erbauten Warenhäuser zeigt, entwickelte sich die Bauform nicht zu einer weiteren Auflösung des Baukörpers, sondern im Gegenteil zu einer mehr geschlossenen, den Baukörper betonenden Form zurück. Auch wenn das von Lucae bis Behrens noch aktuelle »Massenproblem« hier mit als Grund einbezogen werden muss, so scheinen vor allem die zu Beginn des 20. Jahrhunderts verschärften feuerpolizeilichen Bestimmungen eine durchgehende Glasfassade nur noch begrenzt ermöglicht zu haben.[9] Konnte z. B. bei Alfred Messels Wertheimgebäude (zweiter Bauabschnitt, 1896–1906) das Glas noch zwischen den Pfeilern über die Stockwerke durchgezogen werden, zeigt das drei Jahre später fertiggestellte Warenhaus Tietz von Olbrich bei den Brüstungen der Stockwerksebenen deutliche Unterbrechungen, die sich hier in der Horizontalen als dunkle Abdeckungen abzeichnen (vgl. Abb. 4).

Hygiene und Glas: Luft, Licht und Gesundheit

Die zunehmende Verwendung von Glas in der Architektur und vor allem im Wohnbau wurde wesentlich durch die um 1900 einsetzende Hygienebewegung gefördert. So sah Hermann Muthesius, dessen drei gewichtigen Bände zum englischen Haus (1904–1905) starken Einfluss auf die Reformbewegung im deutschsprachigen Raum hatten, eine der wesentlichen Neuerungen in der gegenseitigen Einflussnahme neuer

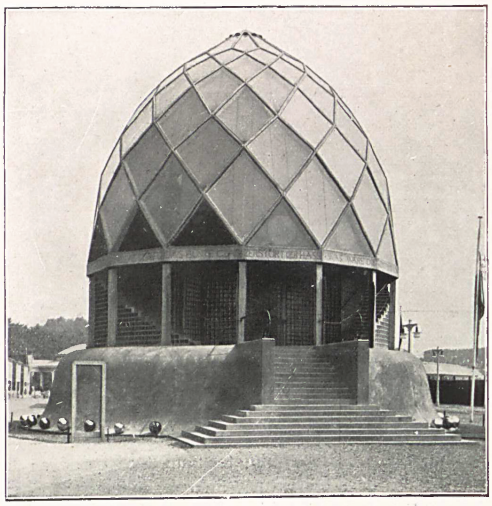


Abb. 1. Bruno Taut.
Das Paul Scheerbart gewidmete Glashaus auf der Deutschen Werkbund-Ausstellung in Köln 1914. Dieses Bauwerk kündete von dem reinen Erlebnis eines Baukünstlers, dem es weniger um den Zweck, als um die Wesensdeutung seines Materials zu tun war: Glas, Licht und Farbe.

Deutsche Werkbund-Ausstellung in Köln 1914.

Heute sind jene spontanen Ausbrüche geistiger Energien bereits verebbt. Die chaotischen Jahre der Inflation und mit ihr die Entfesselung aller elementaren Kräfte liegen hinter uns. Man lebt sozusagen wieder in „geordneten" Verhältnissen. Obgleich man gegenwärtig in Vielem nüchterner denkt, als in jener revolutionären Ära, so zeigt sich doch das neue Wollen am ungebrochensten beim Bauen. Nicht nur die Not der Nachkriegszeit führte zwangsläufig zur Entdekkung neuer Baustoffe und Baumethoden, sondern der neue Baugedanke hatte sich schon vor dem großen Kriege herausgebildet, der auf neue Grundformen und auf eine neue Materialsprache in der kommenden Baukunst zielte. Hier sei vor allem an die Deutsche Werkbundausstellung im Jahre 1914 in Köln erinnert, auf der drei sehr interessante Bauten errichtet wurden: Das Glashaus von Bruno Taut, der Fabrikbau von Walter Gropius und das Theatergebäude von Henry van der Velde. Drei Bauten, von denen jeder seine eigene Formen- und Materialsprache zum Ausdruck brachte.

Das Glashaus von Bruno Taut in Köln 1914.

Tauts Glashaus war zweifellos ein kühner Versuch, der in unserer Zeit kaum mehr als eine phantastische Spielerei angesehen würde; dieses einzigartige Bauwerk übte auf jeden vorurteilslosen Beschauer einen nachhaltigen Eindruck aus. Das Durchsichtige, fast Konturenlose des Materials, das das Licht erst zu seiner besonderen Wirksamkeit bringt, hat etwas ausgesprochen Vornehmes — man möchte fast sagen — Begierdenloses, das zu innerer Ruhe und Geschlossenheit in sich selber auffordert. Dieses Erlebnis, das ein solcher Glasbau auslöst, beweist, was einen Baukünstler wie Taut veranlaßt hat, gerade im Glas den Baustoff zu erblicken, der seiner schöpferischen Phantasie die höchste Reinheit und Ausdrucksmöglichkeit verleiht; denn dieses Material — von Lichtkräften durchflutet scheint alle mineralische und irdische Schwere überwunden zu haben und von ihr erlöst zu sein. Was also in diesem gläsernen Bauwerk zum Ausdruck gebracht wurde, kündete von dem reinen Erlebnis eines Künstlers, dem es weniger um den Zweck, als um die Wesensdeutung eines Materials zu tun war, dessen Formgesetz seine Phantasie zu ergründen suchte.

Abb. 1

Bauten von Walter Gropius 1911 und 1914

Im Gegensatz zu Tauts Glashaus steht der Fabrikbau von Walter Gropius in seiner zweckentsprechenden Klarheit. Die seitlichen Treppenhäuser macht

Abb. 2

10

1 Bruno Tauts Glaspavillon (links) und die Musterfabrik von Walter Gropius und Adolf Meyer (rechts) auf der Werkbundausstellung in Köln 1914. Schulze 1928, 10–11.



Abb. 2. Walter Gropius. Bürohaus-Glastürme.
Erbaut auf der Deutschen Werkbund-Ausstellung in Köln 1914. Die seitlichen Treppenhäuser sind in großen Glaszylindern sichtbar gemacht und stehen in einem wirkungsvollen Widerspruch zu dem sonst geschlossenen Baukörper.

11

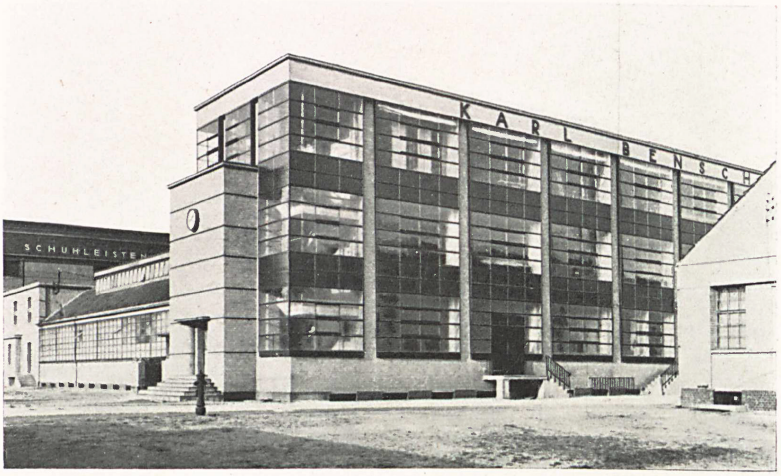


Abb. 3. Walter Gropius und Adolf Mayer. Schuhleistenfabrik Karl Benscheid, Alfeld a. d. Leine. 1913. Durch riesige Glasflächen erhalten die Arbeitssäle größte Lichtfülle.

er in großen Glaszylindern sichtbar, die in wirkungsvollem Widerspruch zu dem sonst geschlossenen Baukörper stehen. In welch konsequenter Weise Gropius schon damals das Glas bei seinen Fabrikbauten anwandte, zeigt uns das Fabrikationsgebäude der Faguswerke, bei dem die Arbeitssäle durch riesige Glasrahmen die größte Lichtfülle erhalten. Letztere sind zum Teil an den Gebäudeecken als „entlastete Öffnung" ausgebildet. Wir werden auf diese neuartige Konstruktionsweise, wie sie Gropius auch bei anderen seiner Bauten zur Anwendung bringt, später nochmals zurückkommen.

Abb. 3

Der Theaterbau van der Veldes in Köln 1914

Über den Bau van der Veldes sei in diesem Zusammenhang nur soviel gesagt, daß er für die damalige Zeit ein Bauwerk von selten sachlicher Gestaltung darstellt, der ganz aus dem inneren Raumbedürfnis, unabhängig von der sonst üblichen dekorativen Überladenheit, herausgewachsen ist.

Turbinenhalle von Peter Behrens 1909

Obgleich Bruno Taut und Walter Gropius vor etwa fünfzehn Jahren im Glas und Eisen ganz neue Konstruktionsmöglichkeiten erkannten und diese in rationalistischer Weise auszunutzen verstanden, hatte Peter Behrens bereits im Jahre 1909 mit seiner Turbinenhalle der A. E. G., Berlin, das früheste Bauwerk in Eisen und Glas errichtet, womit er zugleich für eine sinnvolle architektonische Behandlung dieser beiden Materialien die ersten Wege wies. Was an diesem sonst imposanten Bauwerk nach heutigen Begriffen noch als ungelöst angesehen werden könnte, ist der Widerspruch zwischen Konstruktion und äußerer Gestaltung der schweren Eckquader, die nach außen in ihrer stofflichen Wirkung massiv erscheinen, in Wirklichkeit aber gar keine Pfeiler sind, sondern konstruktiv nur als dünnwandige Schalen in Eisenbeton ausgebildet sind. Dieser Widerspruch läßt sich aus dem Gestaltungswillen der Zeit leicht erklären, wo man noch durch die klassizistischen Einflüsse stark gehemmt, das Hauptgewicht auf monumentale Gestaltung der Fassade legte. Trotzdem muß zugegeben werden, daß die in Glas aufgerissene Stirnwand und die seitlich von dieser getürmten Pylonen einen wuchtigen Gegensatz bilden, der dem Bau seine spezifische Rhythmik und Energie verleiht.

Abb. 4

Technische Fortschritte in der Glasherstellung

Der neue Anstoß zur Verwendung von Glas um die Wende des ersten und zweiten Jahrzehnts des zwanzigsten Jahrhunderts

12

2 Die Schuhleistenfabrik in Alfeld a. d. Leine von Walter Gropius und Adolf Meyer (links) von 1913 und die AEG-Turbinenhalle in Berlin von Peter Behrens (rechts) von 1909. Schulze 1928, 12–13.

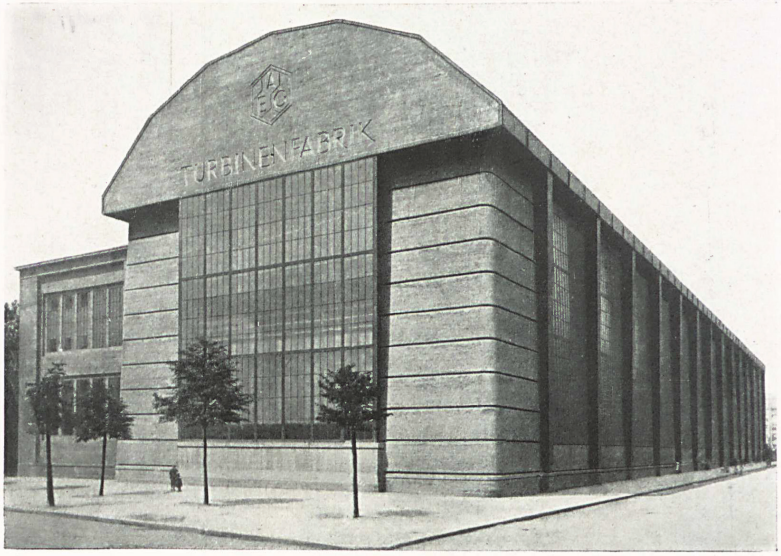


Abb. 4. Peter Behrens. Turbinenhalle der A. E. G. 1909.
Dieses Bauwerk brachte zum ersten Male eine sinnvolle architektonische Behandlung der Materialien Eisen, Glas und Beton.

gingen nicht nur von ästhetischen Bedürfnissen der Raumgestaltung aus, sondern wurde vor allem von den technischen Fortschritten sowohl der Glasherstellung als auch der Konstruktionsmethoden in Stahl und Eisenbeton gegeben. Letztere haben sich erst in jüngster Zeit wesentlich weiter entwickelt und können mit den Konstruktionsmöglichkeiten, wie sie vor dem Kriege geboten waren, fast kaum noch in Vergleich gesetzt werden. Doch bevor hierauf im Zusammenhang mit einer erhöhten Verwendung des Glases als Baustoff näher eingegangen werden soll, wird es für unsere Betrachtung wichtig sein, die Frage zu beantworten, ob der Glasbau eine Tradition hat.

Zur Geschichte des Bauens mit Glas

Die Tradition des Glases reicht über die römische Kaiserzeit hinaus. In diesen Zeiten galt jedoch das Glas vorwiegend als Ausdruck von Luxus und Prunk. In der Gotik dagegen begegnen wir der Verwendung des Glases als ausschlaggebendem Faktor sowohl für die räumliche Wirkung als auch für die äußere Formgestaltung. Wir brauchen nur die gewaltige Raumvorstellung gotischer Kathedralen in uns wach zu rufen, um jenen Entsinnlichungsprozeß zu erleben, der sich im gotischen Baugedanken vollzog. Die Wände wurden bis auf die schlanken Wanddienste und Strebepfeiler in riesige verglaste Öffnungen aufgelöst. Die glühende Farbigkeit ihrer Glasgemälde wandelte das Diesseitige des von außen hereinstrahlenden Lichtes zur Jenseitigkeit, als solle alle materielle Begrenzung verschleiert und der Stein vergeistigt werden. Dem gotischen Ausdruckswillen galt nur eine Verwirklichung: die sichtbare Festigkeit der Materie zu überwinden. Man löste den Stein als Masse soweit auf, bis nur noch ein nacktes konstruktives Gerüst aus Stein und Glas übrig blieb. Erst als der transzendente Gestaltungswille der Gotik mit dem Eintritt der Renaissance zu verlöschen begann, suchte man wieder den klar begrenzten Raum. Doch durchbrach der nordische Mensch im Barock und Rokoko die Geschlossenheit des Raumes und sei es nur durch illusionistisch-wandauflösende

Gotik

Renaissance

Barock und Rokoko



3 Warenhaus Jelmoli, 1897–1899, Stalder und Usteri, Zürich.

ästhetischer Ideale mit einem ebenso neuen hygienischen Bewusstsein.[10] Die Bestrebung nach zweckmässiger Gestaltung, die »Beförderung des Eintritts von Luft und Licht« und die flächige Ästhetik, die, wenn auch nur sinnbildlich, alles vermeiden sollte, woran sich Schmutz ansammeln könnte, brachte er mit diesem neuen »Sauberkeitsbedürfnis« in Verbindung.[11]

Dieses neue Hygienebewusstsein wurde durch die rasante Zunahme von Zivilisationskrankheiten in den überfüllten Städten, vor allem Tuberkulose und Rachitis, stark gefördert. Die erfolgreiche Behandlung durch Licht- und Lufttherapien in den Sanatorien hatte die Gewissheit gebracht, dass natürliches Licht und gute Belüftung massgebend für eine gesunde Wohnumgebung waren. So schrieb bereits 1920 Rudolf Eberstadt in seinem Standardwerk zum Wohnungswesen, dass »Hausform und Wohnweisen« einen wesentlichen Einfluss auf die Gesundheit der Bewohner haben[12]; rund zehn Jahre später wird im *Handwörterbuch des Wohnungswesens* konstatiert, dass zwischen der Sterblichkeit und der »Wohn- und Belegungsdichte eine weitgehende Übereinstimmung« bestehe und damit die »natürliche Belichtung unserer Wohnräume als unmittelbarer Gesundheitsfaktor angesehen werden« müsse.[13]

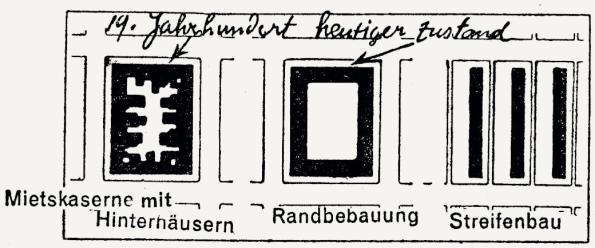


4 Warenhaus Tietz, Ansicht der Fassade an der Theodor-Kerner-Strasse, 1907–1909, Joseph Maria Olbrich, Düsseldorf.

Hygiene wurde in den 1920er-Jahren zu einem zunehmend integralen Thema der Architektur, das der Bevölkerung durch Ausstellungen nähergebracht wurde und sich etwa im verstärkten Bau von Krankenhäusern architektonisch niederschlug. Die neuen bauhygienischen Erkenntnisse fanden dann auch Eingang in baubehördliche Bestimmungen: So wurde beim Wettbewerb zum Berner Lory-Spital (2. Wettbewerb 1925) von der Jury das Verhältnis von Lichtöffnung (Fenster) und Bodenfläche als zentrales

Im Prinzip weiterzuführen, denn solange man schematisch Geschoßzahlen für bestimmte Stadtviertel vorschreibt, ohne die ganze Planung von dem Grad der erreichten Besonnung abhängig zu machen, solange klebt man an frisierten Fassaden und Blockbauten (Randbebauung).

Unseres Wissens hat zum ersten Mal Augustin Rey auf dem internationalen Tuberkulosekongreß in Washington 1908 darauf aufmerksam gemacht, daß die Grundlage des Stadtbaus die Orientierung nach der Sonne sein muß und daß vor allem darauf zu achten sei, daß jede Wohnung direkt von Sonnenstrahlen getroffen werde.



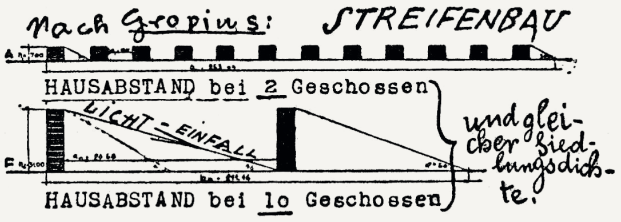
Auf der Grundlage der Sonnenbestrahlung (vgl. Abb. 39) gelangte man zur Streifenbebauung. Die parallel gerichteten Häuserzeilen werden nach der günstigsten Besonnung ausgerichtet. Sie stehen in Grünflächen. Der Verkehr wird an den schmalen Stirnflächen vorbeigeleitet, wo er niemand stört und selbst nicht gestört wird. „Gegenüber der alten Blockbebauung hat dieser Streifenbau den Vorteil, daß die Besonnungslage für alle Wohnungen gleichmäßig günstig ausgenützt werden kann, daß die Durchlüftung der Zeilen nicht durch Querblöcke gehindert wird und daß die schlecht durchlüftbaren Eckwohnungen wegfallen" *).

*) Vgl. W. Gropius: „Die Wohnformen: Flach-, Mittel- oder Hochbau", in der Zeitschrift „NEUES BERLIN" herausgegeben von M. Wagner und A. Behne, April 1929.

5 Doppelseite mit Skizzen von Walter Gropius zur Entwicklung der Streifenbauweise. Giedion 1928, 14–15.

Kriterium für die Vergabe des Auftrags aufgeführt.[14] Otto Völckers, der mehrere Fachpublikationen zu Glas und Fenster veröffentlichte, machte jedoch darauf aufmerksam, dass z. B. das 1935 in den »Leitsätzen der Tagesbeleuchtung« der Deutschen Industrienorm DIN 5034 festgeschriebene Verhältnis von Fensteröffnung zu Bodenfläche (1 zu 10) als eine Faustregel betrachtet werden müsse, da darin weder die Fensterrahmen noch die Position der Fensteröffnung miteinkalkuliert werden.[15] Doch zeigen gerade

Walter Gropius geht konsequent weiter, wenn er verlangt, daß die neuen Gesetze an Stelle der Gebäudehöhen die Siedlungsdichte setzen sollen. Er kommt auf diesem Weg zu 10stökkigen Häuserzeilen, die bei gleicher Siedlungsdichte einen mehr als achtmal größeren Abstand voneinander haben können, wie zweigeschoßige Bauten. Eine neue Freiheit und Luftdurchspültheit käme in die geöffneten Baumassen und es muß untersucht werden, was für psychische und wirtschaftliche Konsequenzen in dieser Wohnform liegen. Wir begeben uns damit auf den positiven Weg des Experiments. Nur die Erfahrung durch die Tat, nicht Ueberlegungen können hier Entscheidungen bringen.



Zwangsläufig wird das Land, das zuerst eine wirkliche Lösung für die Wohnung des Existenzminimums findet, auch den höchsten Stand des Bauens aufweisen, denn ohne Ausnützung aller heute vielfach nur im Keim vorhandenen Möglichkeiten ist eine Lösung undenkbar. Menschliche, soziale, wirtschaftliche, technische Erfordernisse sind nirgends so zwangsläufig zusammengekuppelt wie an diesem Punkt. Die Lösung dieses Problems, an dem alte Anschauungen und alte Methoden versagt haben, wird nicht nur das ganze Bauen befruchten, sondern darüber hinaus: den Menschen. Wechselwirkung.

* * *

diese zu Normen erhobenen Faustregeln die zentrale Bedeutung der Belichtungsfrage, die nicht zuletzt durch die Entwicklung vom Blockrand- zum Streifenbau ihre deutlichste Manifestation erhielt (Abb. 5).

Ein frühes Beispiel einer durch wissenschaftliche Auseinandersetzung entwickelten Lösung stellen die sog. Glasprismen dar, die durch deren prismenförmige Unterseite die Lichtstrahlen gebündelt in schlecht zu belichtende Räume wie Keller oder Hinter-



LUXFER-PRISMEN-FABRIK G. SCHADE VAN WESTRUM, WIEN IX/1

Oberlichtplatten für Kellerbeleuchtung

mittels Luxfer-Multiprismen und Luxfer-Diamant-Glasfliesen.

Keine offenen eisernen Roste mehr, daher Vermeidung aller Schmutzansammlungen und sonstiger hygienischen Nachteile.

Mit offenen eisernen Rosten.

Kellereinfall-Lichte und Oberlichte liefere ich in verschiedenen bewährten Konstruktionen mit schmiedeeisernen oder gußeisernen Rahmen und werden je nach Bedarf Luxfer-Multiprismen oder Luxfer-Diamantglasfliesen verwendet.

Mit Luxfer-Kellereinfall-Lichten.

Luxfer-Multiprismen sind nach optischen Grundsätzen konstruierte Glasziegel, welche sich für begehbare und befahrbare Oberlichte vorzüglich eignen und die von oben einfallenden Lichtstrahlen zum größten Teile unter einem Winkel von ca. 35° gegen die Horizontale ableiten.

Luxfer-Glasfliesen werden aus weißem Glase hergestellt und sind auf der Unterseite mit Diamantquadern versehen, welche die von oben einfallenden Lichtstrahlen nur wenig zerstreuen und das Durchsehen verhindern, ohne, wie Rohglas, Drahtglas etc., Lichtstrahlen zu absorbieren. Dieselben sind in Verbindung mit Luxfer-Untermarkisen besonders zur Erhellung sehr tiefer Kellerräume geeignet.

Außer hygienischen Übelständen haben die offenen eisernen Roste auch noch den Nachteil, daß es dem Publikum nicht möglich ist, nahe genug an die Schaufenster heranzutreten, wenn die darin ausgestellten Waren auch noch so anziehend sind.

Tageslicht im Keller vermindert Feuersgefahr und erspart die Kosten künstlichen Lichtes bei Tag.

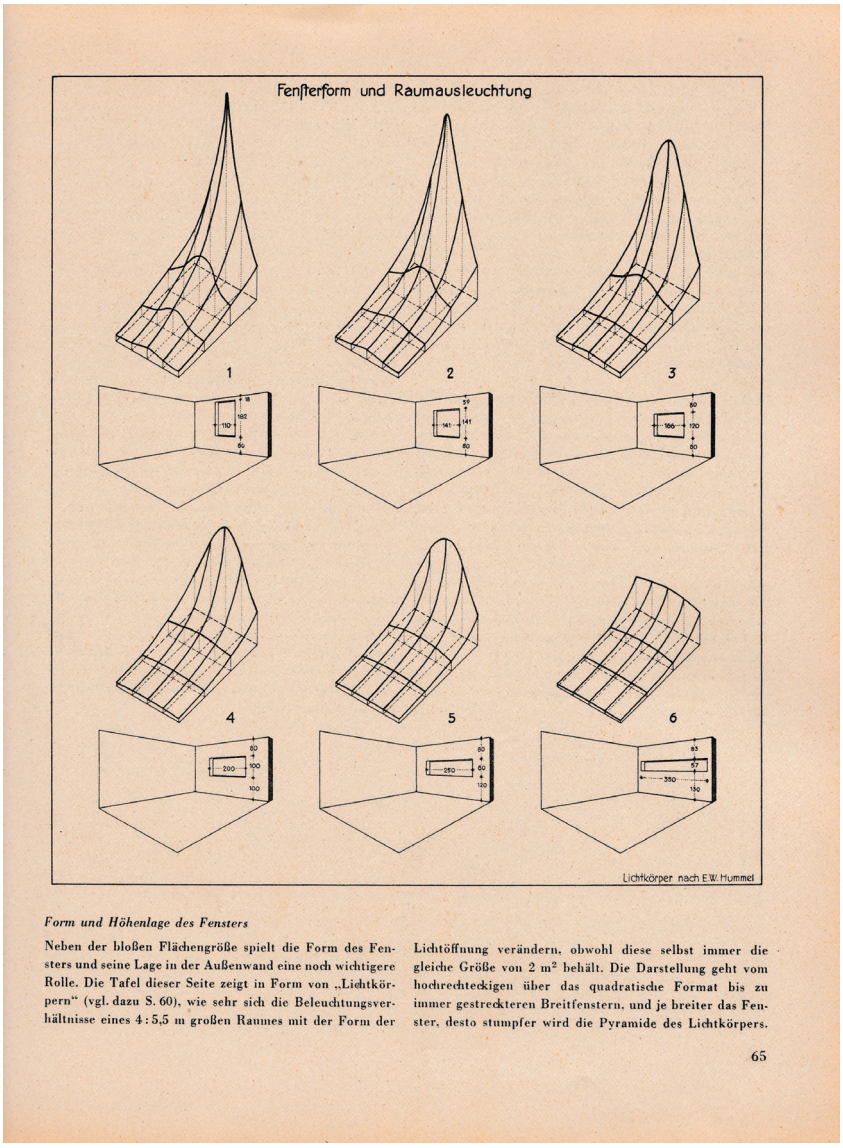
– 11 –

6 Werbeanzeige der Luxfer-Prismen-Fabrik, Wien. Luxfer-Prismen und Elektro-Glas, Katalog 1906.

höfe leiten sollten (Abb. 6). Die Architekten der Moderne fanden in deren Weiterentwicklung zum Glasbaustein schliesslich eine Form des Glases, die dem »Massenproblem« entgegenkam, in dem ganze Wände und Decken in Glas ausgeführt werden konnten. Das Glas wurde dadurch vom »wesenlosen Material« (Gropius) zum vollwertigen »architektonischen Baustoff« (Taut) transformiert.[16]

Glas und Fenster oder die Maximierung der Innenraumbelichtung

Der wichtigste Anwendungsbereich von Glas in der Architektur blieb natürlich das Fenster, zu dem intensive Forschungen zum Aufbau sowie zur Herstellung und Licht-



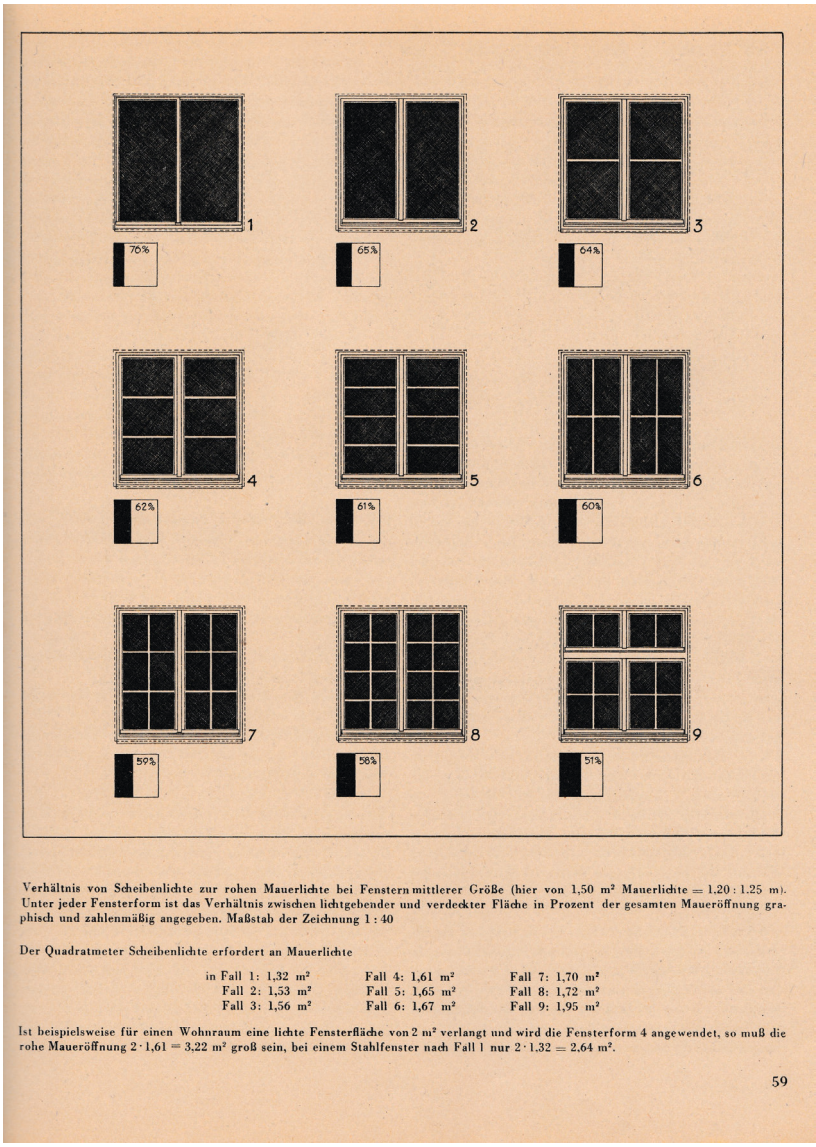
Form und Höhenlage des Fensters

Neben der bloßen Flächengröße spielt die Form des Fensters und seine Lage in der Außenwand eine noch wichtigere Rolle. Die Tafel dieser Seite zeigt in Form von „Lichtkörpern" (vgl. dazu S. 60), wie sehr sich die Beleuchtungsverhältnisse eines 4 : 5,5 m großen Raumes mit der Form der Lichtöffnung verändern, obwohl diese selbst immer die gleiche Größe von 2 m² behält. Die Darstellung geht vom hochrechteckigen über das quadratische Format bis zu immer gestreckteren Breitfenstern, und je breiter das Fenster, desto stumpfer wird die Pyramide des Lichtkörpers.

65

7 Illustration der Fensterform und Raumausleuchtung. Völckers 1948, 65.

durchlässigkeit betrieben wurden. So wurden z. B. Position und Format des Fensters auf ihren Einfluss auf die Raumausleuchtung untersucht und die Höhenlagen der Fenster nach der entsprechenden Raumfunktion hin analysiert. Wie wichtig Format, Lage und Position der Fenster für die Innenbelichtung sind, zeigt eine Grafik von Völckers eindrücklich (Abb. 7). So erzielt z. B. ein zwei Meter breites Panoramafenster für einen 22 m² grossen Raum eine deutlich bessere Belichtung als Hochformat- oder Bandfenster, die nur eine unregelmässige, vor allem in der Tiefe ungenügende Belichtung erzielen.[17] In einer weiteren Illustration zeigt Völckers anhand neun verschiedener Fensterrahmentypen von zweiflügligen Fenstern, wie viel Licht durch die auf den ersten Blick vernachlässigbaren Fensterrahmen vom Eintritt in das Innere abgehalten



Verhältnis von Scheibenlichte zur rohen Mauerlichte bei Fenstern mittlerer Größe (hier von 1,50 m² Mauerlichte = 1.20 : 1.25 m). Unter jeder Fensterform ist das Verhältnis zwischen lichtgebender und verdeckter Fläche in Prozent der gesamten Maueröffnung graphisch und zahlenmäßig angegeben. Maßstab der Zeichnung 1 : 40

Der Quadratmeter Scheibenlichte erfordert an Mauerlichte

in Fall 1: 1,32 m²	Fall 4: 1,61 m²	Fall 7: 1,70 m²
Fall 2: 1,53 m²	Fall 5: 1,65 m²	Fall 8: 1,72 m²
Fall 3: 1,56 m²	Fall 6: 1,67 m²	Fall 9: 1,95 m²

Ist beispielsweise für einen Wohnraum eine lichte Fensterfläche von 2 m² verlangt und wird die Fensterform 4 angewendet, so muß die rohe Maueröffnung 2 · 1,61 = 3,22 m² groß sein, bei einem Stahlfenster nach Fall 1 nur 2 · 1,32 = 2,64 m².

59

8 Illustration des Verhältnisses von Scheibenlichte zur rohen Mauerlichte bei Fenstern mittlerer Grösse (hier von 1,50 m² Mauerlichte = 1.20 : 1,25 m). Völckers 1948, 59.

wird (Abb. 8). So zeigt der verblüffende Vergleich zwischen dem noch in den 1920er-Jahren weitverbreiteten Sprossenfenster mit oberem Kämpferbereich bei Nummer 9 und dem Doppelflügel mit filigranem Eisenrahmen bei Nummer 1, dass beim Sprossenfenster 25% weniger Glasfläche vorhanden ist und damit ein Viertel weniger Licht in den Innenraum gelangen kann als bei einem vollverglasten Eisenfenster.[18]
In den Berlinern Mietshäusern und Siedlungsbauten scheinen bis in die zweite Hälfte der 1920er-Jahre noch Sprossenfenster oder Fenster mit Kämpferzone gebräuchlich gewesen zu sein.[19] Auch Wilhelm Lübbert behandelt noch 1926 in seinem Buch zum »Rationellen Wohnungsbau« unter der Rubrik »Fenster« lediglich die Frage, ob weiter-



9 Wohnhausblock an der Heiligendammer-Dobreaner Strasse in Berlin von O. R. Salvisberg, mit dem ersten Bauabschnitt 1924–1926 (oben) und dem zweiten Bauabschnitt 1925–1927 (unten). Siedler 1928/1929, 149.

hin Sprossenfenster mit Kämpferzone verwendet werden sollten oder nicht.[20] Eine schrittweise Entwicklung hin zum vollverglasten Fenster scheint sich erst zu Beginn der zweiten Hälfte der 1920er-Jahre durchzusetzen, wofür das Beispiel des in zwei Bauetappen erstellten Wohnhausblocks in Berlin-Schmargendorf (1924–1927) von Otto Rudolf Salvisberg dienen mag. Obwohl es sich um denselben zusammenhängenden Mietshauskomplex handelt, wechselt Salvisberg innerhalb beider Bauabschnitte vom Fenster mit Kämpferzone (1924–1925) beim ersten Baublock zum vollverglasten Doppelflügel (1925–1927) beim zweiten Gebäudeabschnitt (Abb. 9). Dieser Sprung war wohl nicht zufällig und könnte u. a. auch mit der Gründung der ersten Ziehglasfabrik

in Deutschland in Zusammenhang stehen, die ab 1925 Flachglas zu günstigen Preisen auf den Markt brachte.[21]
Auch im Industriebau, bei dem die neuen Konstruktionen und Glasanwendungen früh erprobt wurden und nicht zuletzt als Vorbild für die sachliche Architektur des Neuen Bauens dienten, wurden Untersuchungen zur Arbeitsplatzbelichtung angestellt. Wurde vordergründig mit der Gesundheit und Sicherheit der Arbeiter argumentiert, ging es tatsächlich doch vor allem um die Steigerung der Arbeitsleistung. So konnte Jonathan Crary aufzeigen, dass bereits im 19. Jahrhundert die Koordination von Augen und Hand sowie die Reaktionszeit und Ermüdungsschwellen des Auges eingehend untersucht wurden, was nicht unwesentlich darauf zurückzuführen ist, dass man wissen wollte, wie sich der Mensch an die sich verändernden Produktionsaufgaben anpassen kann.[22] Dieser Rationalismus wird zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf die Architektur ausgeweitet, in dem z. B. Walter Gropius den argumentativen Brückenschlag zwischen ästhetischer Fabrikarchitektur, Zufriedenheit und Arbeitsmoral wagte, was sich freilich in der erhöhten Leistungsfähigkeit des Arbeiters niederschlagen sollte.[23] In seiner zentralen Inventur zum *Glas in der Architektur der Gegenwart* (1929), spricht Konrad Werner Schulze schliesslich von einem »neuen Wollen«, das durch die wissenschaftliche »Enträtselung der Natur und Beherrschung ihrer Welt der Stoffe« getrieben wird und damit zur Auflösung der »materiellen Welt« führe.[24] Dieser »Entmaterialisierungsprozess«, der sich in der verstärkten Verwendung von Glas in der Architektur am augenscheinlichsten manifestierte, wurde gegen Ende der 1920er-Jahre jedoch zu einem zentralen Kritikpunkt am Neuen Bauen und diente als Beleg dafür, dass sich dieses von seinen baupraktischen Zielen entfernt hatte.

Das Glas als Medium der Kritik am Neuen Bauen

Die Kritik am Neuen Bauen ging mit einer allgemeinen Reflexion über die bisherigen architektonischen Leistungen einher, die nun auf ihre praktische Anwendung geprüft werden sollten. So fragte z. B. Peter Meyer bereits 1928, was denn eigentlich Wesentliches damit gesagt sei, wenn man »in jeder Form, sei es Bauwerk, Topf oder Stuhl, die technischen Komponenten« aufzeige[25], und Hans Poelzig machte auf die »Unsachlichkeit« aufmerksam, die in der teuren Überbrückung grosser Spannweiten lag, ohne dazu gezwungen zu sein.[26] Vor allem die vom Industriebau extrapolierte grossflächige Verwendung von Glas im modernen Skelettbau wurde für diese Kritik hinzugezogen. Auch Otto Rudolf Salvisberg nahm in seiner Funktion als ETH-Professor für Architektur (1928–1940) die Kritik der zunehmenden formal-ästhetischen Entwicklung des Neuen Bauens auf und machte diese vor allem an der grossflächigen Glasverwendung fest. Zwar habe die Öffnung der Gebäude aufgrund des neuen »Luft und Lichtbedürfnisses« sich folgerichtig in den »gläsernen Bauten« niedergeschlagen. Doch aufgrund der übermässigen Verwendung neuer Baustoffe wie dem Glas und dessen Kombination mit einer »übertriebenen Nützlichkeitsdogmatik« hätten sich die Bauten zunehmend einander angeglichen.[27] An bekannten Bauten wie dem Werkstattgebäude des Bau-

hauses Dessau von Gropius und Meyer (1925–1926) und dem Haus Tugendhat in Brno (Brünn) von Mies van der Rohe (1929–1930) veranschaulicht Salvisberg seine Kritik. Zwar gesteht er ein, dass ohne das Bauhausgebäude »spätere, gute Bauten nicht denkbar« gewesen wären. Doch sieht er in der Glasfassade keinen zweckbedingten, sondern einen ästhetischen Entscheid massgebend. Die Glasfassade in »Stahl und Glas« vermittle nicht nur falsche Tatsachen, in dem sie die Stockwerkslagerung und freie Grundrisseinteilung der Stahlbetonkonstruktion verschleiere, sondern auch dem Nutzungszweck durch die klimatischen Probleme nicht entspreche. Das Bauhaus müsse trotz seines »beachtenswerten Versuchs […], die Schönheit einer Glaswand zu demonstrieren«, als ein »warnendes Beispiel« gesehen werden, in dem die »Glas-Stahl-Struktur als Leitmotiv« dem eigentlichen Nutzungszweck geopfert würde.[28] Auch beim Haus Tugendhat könne das eigentlich technisch vermeidbare Hineinrücken der Stützen nur aus dem »Willen zur Modernität« erklärt werden, der über den eigentlichen Nutzungszweck zugunsten der grossen Glasflächen gestellt werde.[29] Diese unverhältnismässige und kaum noch funktional begründbare Verwendung von Glas sieht Salvisberg als symptomatisch für die architektonische Entwicklung Ende der 1920er-Jahre an, die den Nutzer des Gebäudes hinter die über das Glas ausgedrückte Modernität stellte.[30] Den Bogen zurück zum »Massenproblem« der Zehnerjahre schlägt dann jedoch Hans Poelzig, indem er ähnlich wie Salvisberg den »Wahn« der ausgedehnten Fensterflächen kritisiert, was eine ebenso doktrinäre Grundhaltung bilde wie die doch eigentlich bereits überwundene Behauptung, dass zu einer »richtigen Architektur« auch »schwere Massen und grosse Mauerflächen« benötigt würden.[31]

1 Siehe dazu Giedion 1929 und Behne 1927. Zu den ideologischen Verflechtungen siehe Poppelreuter 2007.
2 Siehe dazu u. a. Schulze 1929.
3 Lucae 1870. Diese Ansicht vertrat bereits Gottfried Semper und zu seinem bekannten Ausspruch führte, dass das Eisen einen »mageren Boden für die Kunst« aufgrund seiner fehlenden Masse biete. Siehe dazu Semper 1849, 62.
4 Gurlitt 1899, 463.
5 Meyer/Freiherr von Tettau 1907, 184.
6 Bayer 1886, 275.
7 Behrens 1910, 357.
8 Gropius 1911a, 29–30.
9 Neubauer 1915, 559. In Berlin wurde ab 1906 eine feuersichere Trennung der Stockwerke vorgeschrieben.
10 Muthesius 1904/1905.
11 Muthesius 1902, 52.
12 Eberstadt 1909, 208.
13 Albrecht/Gut/Lübbert 1930, 376.
14 Urteil des Preisgerichts zum zweiten engeren Wettbewerb für den Bau des Lory-Spitals in Bern, 14. August 1925, Staatsarchiv Bern, Inv. Nr.: Insel II 497.
15 Völckers 1939, 84.
16 Siehe dazu: Taut 1926.
17 Völckers 1948, 64–67.
18 Ebd., 58–66.

19 Es handelt sich hierbei um eine mehr überblickshafte als quantifizierbare Beobachtung, die bei der Durchsicht verschiedener zeitgenössischer Publikationen zum Wohnungsbau angestellt wurde. Siehe z. B. Hajos/Zahn 1928; Gutkind/Schallenberger 1931; Müller-Wulckow 1975.
20 Lübbert 1926, 60.
21 Riepen 1929, 28–29.
22 Crary 2012, 216.
23 Gropius 1911b, 27.
24 Schulze 1929, 20–21.
25 Meyer 1929, 318–321.
26 Poelzig 1931, 10.
27 Salvisberg 1933, 20.
28 Salvisberg 1940, 57.
29 Salvisberg 1933, 20.
30 Ebd., 21.
31 Poelzig 1931, 10.

Bibliografie

ALBRECHT/GUT/LÜBBERT 1930
Gerhard Albrecht, Albert Gut und Wilhelm Lübbert (Hg.), Handwörterbuch des Wohnungswesens. Im Auftrage des Deutschen Vereins für Wohnungsreform e. V. Berlin, Jena: G. Fischer, 1930.

BAYER 1886
Joseph Bayer, »Glas und Eisen«, in: Robert Stiassny (Hg.), Baustudien und Baubilder. Schriften zur Kunst, Jena: Diederichs, 1919.

BEHNE 1927
Adolf Behne, Neues Wohnen - Neues Bauen, Leipzig: Prometheus-Bücher, 1927.

BEHRENS 1910
Peter Behrens, »Kunst und Technik«, in: Fritz Neumeyer und Jasper Carl (Hg.), Quellentexte zur Architekturtheorie, München: Prestel, 2002, 349–359.

CRARY 2012
Jonathan Crary, »Die Modernisierung des Sehens«, in: Bernd Stiegler (Hg.), Texte zur Theorie der Fotografie, Stuttgart: Reclam, 2012, 206–224.

EBERSTADT 1920
Rudolf Eberstadt (Hg.), Handbuch des Wohnungswesens und der Wohnungsfrage, Jena: Fischer, 1920.

FRANK 1930
Josef Frank, »Was ist Modern? Vortrag von Professor Josef Frank, gehalten am 25. Juni 1930 auf der Öffentlichen Kundgebung der Tagung des Deutschen Werkbundes in Wien«, Die Form 5.15, 1930, 399–406.

GIEDION 1929
Sigfried Giedion, Befreites Wohnen, Schaubücher 14, Zürich: Orell Füssli, 1929.

GROPIUS 1911A
Walter Gropius, »Monumentale Kunst und Industriebau. Vortrag gehalten am 10. April 1911 im Folkwang-Museum«, in: Harmut Probst und Christian Schädlich (Hg.), Walter Gropius. Ausgewählte Schriften, Bd. 3, Berlin: Ernst & Sohn, 1988, 28–51.

GROPIUS 1911B
Walter Gropius, »Zur Wanderausstellung moderner Fabrikbauten (1911)«, in: Harmut Probst und Christian Schädlich (Hg.), Walter Gropius. Ausgewählte Schriften, Bd. 3, Berlin: Ernst & Sohn, 1988, 26–27.

GURLITT 1899
Cornelius Gurlitt, Deutsche Kunst des 19. Jahrhunderts. Ihre Ziele und Thaten. Das neunzehnte Jahrhundert in Deutschlands Entwicklung, Bd. 2, Berlin: Georg Bondi, 1899.

GUTKIND/SCHALLENBERGER 1931
Erwin Gutkind und Jakob Schallenberger (Hg.), Berliner Wohnbauten der letzten Jahre, Berlin: Loewenthal, 1931.
HAJOS/ZAHN 1928
Elisabeth M. Hajos und Leopold Zahn (Hg.), Berliner Architektur der Nachkriegszeit, Berlin: Albersturs-Verlag, 1928.
LÜBBERT 1926
Wilhelm Lübbert, Rationeller Wohnungsbau. Typ/Norm, Berlin: Beuth-Verlag, 1926.
LUCAE 1870
Richard Lucae, »Ueber die ästhetische Ausbildung der Eisen-Konstruktionen, besonders in ihrer Anwendung bei Räumen von bedeutender Spannweite«, Deutsche Bauzeitung IV., 2, 1870, 9–12.
MEYER 1928
Peter Meyer, »Technische Notwendigkeit und ästhetische Absicht«, Schweizerische Bauzeitung 92.25, 1928, 318–321.
MEYER 1929
Peter Meyer, »Vom neuen Bauen. Anmerkungen zu Theorie und Propaganda«, Zentralblatt der Bauverwaltung 49.26, 1929, 413–414.
MEYER/FREIHERR VON TETTAU 1907
Alfred Gotthold Meyer und Wilhelm Freiherr von Tettau, Eisenbauten. Ihre Geschichte und Ästhetik, Esslingen: Paul Neff Verlag, 1907.
MÜLLER-WULCKOW 1929
Walter Müller-Wulckow, »Wohnbauten und Siedlungen«, in: ders. (Hg.), Architektur der Zwanziger Jahre in Deutschland, Neue Ausgabe der vier Blauen Bücher, Königstein im Taunus: Langewiesche-Königstein, 1975.
MUTHESIUS 1902
Hermann Muthesius, Stilarchitektur und Baukunst. Wandlungen der Architektur im XIX. Jahrhundert und ihr heutiger Standpunkt, Mühlheim-Ruhr: K. Schimmelpfeng, 1902.
MUTHESIUS 1904/1905
Hermann Muthesius, Das englische Haus. Entwicklung, Bedingungen, Anlage, Aufbau, Einrichtung und Innenraum. Bd. 1–3, Berlin: Ernst Wasmuth, 1904–1905.
NEUBAUER 1915
D. O. Neubauer, »Der Eisenbeton im Geschäftshausbau unter besonderer Berücksichtigung der künstlerischen Erziehung«, in: Friedrich von Emperger (Hg.), Handbuch für Eisenbetonbau, Bd.11, Gebäude für besondere Zwecke I, Markthallen, Schlacht- u. Viehhöfe, Saal- u. Versammlungsbauten, Schornsteine, Fabrikgebäude u. Lagerhäuser, Geschäftshäuser, Berlin: W. Ernst & Sohn, 1915, 508–640.
POELZIG 1931
Hans Poelzig, »Der Architekt«, in: Eugen Fabricius (Hg.), Der Architekt. Rede des stellvertretenden Vorsitzenden des Bundes Deutscher Architekten Professor Dr.-Ing. E.H. Hans Poelzig auf dem 28. ordentlichen Bundestag d. BDA in Berlin am 4. Juni 1931, mit einer Vorbemerkung von Theodor Heuss, Tübingen: Ernst Wasmuth, 1954, 7–36.
POPPELREUTER 2007
Tanja Poppelreuter, Das Neue Bauen für den Neuen Menschen. Zur Wandlung und Wirkung des Menschenbildes in der Architektur der 1920er-Jahre in Deutschland, Studien zur Kunstgeschichte 171, Hildesheim: Olms, 2007.
RIEPEN 1929
Hans Riepen, Die deutsche Tafelglasindustrie. Ihre Bedeutung für die nationale Wirtschaft unter Berücksichtigung der Konkurrenzindustrien Belgiens und der Tschechoslowakei, Wiesbaden: F. Vieweg & Sohn, 1929.
SALVISBERG 1933
Otto Rudolf Salvisberg, Technik und Formausdruck im Bauen. Vortrag gehalten im Lesezirkel Hottingen in der Aula der Universität Zürich, unveröffentlichtes Typoskript, 1933, gta Archiv ETH Zürich, Nachlass Otto Rudolf Salvisberg.

SALVISBERG 1940
Otto Rudolf Salvisberg, Konstruktion und Formausdruck, abgedruckt und transkribiert in: Tobias Büchi, Otto Rudolf Salvisbergs Vorlesungen an der ETH Zürich (1940), ETH Zürich, 2000, 32–71.
SCHULZE 1929
Konrad Werner Schulze, Glas in der Architektur der Gegenwart, Stuttgart: Wissenschaftlicher Verlag Dr. Zaugg & Co., 1929.
SEMPER 1849
Gottfried Semper, »Eisenkonstruktionen«, in: Dietmar Rübel, Monika Wagner und Vera Wolff (Hg.), Materialästhetik. Quellentexte zu Kunst, Design und Architektur, Berlin: Reimer, 2005, 61–63.
SIEDLER 1928/1929
Eduard Jobst Siedler, Jahrbuch der Baukunst, Berlin: Otto Stollberg Verlag, 1928/1929.
TAUT 1926
Bruno Taut, »Glas als architektonischer Baustoff«, Glastechnische Berichte 4.1, 1926, 17–28.
VÖLCKERS 1939
Otto Völckers, Glas und Fenster. Ihr Wesen, ihre Geschichte und ihre Bedeutung in der Gegenwart, Berlin: Bauwelt-Verlag, 1939.
VÖLCKERS 1948
Otto Völckers, Bauen mit Glas. Glas als Werkstoff – Glasarten und Glassorten – Glas in Bautechnik und Baukunst, Die Baubücher 17, Stuttgart: Julius Hoffmann Verlag, 1948.

9

SYMBOLIC TRANSPARENCY
GLASS IN THE REPRESENTATIVE CORPORATE ARCHITECTURE OF THE 20TH CENTURY

Hauke Horn

Abstract

There is no question that glass played a decisive role in shaping architectural development in the 20th century. In architectural history, the material has mainly been related to the modern dictum of 'light, air, sun' and thus been explained in terms of its function. In addition, however, glass often had symbolic connotations and was intended to convey certain messages. The focus of this essay is on representative corporate architecture, in which glass was specifically used in the context of modern curtain walls to visually communicate a certain image.
Already the legendary glass pavilion designed by Bruno Taut for the Werkbund exhibition in Cologne (1914) was originally intended as a promotional object for the glass industry. In post-war corporate buildings, glass was then deliberately used within the framework of advertising architecture to symbolize certain (ostensible) characteristics of companies, such as transparency, progressiveness, cleanliness, etc. The buildings of the architectural firm Skidmore, Owings & Merrill (SOM) in New York, such as the Lever Brothers skyscraper (1952), the branch of the Manufacturer Trust on Fifth Avenue (1954) or the headquarters of the Chase Manhattan Bank (1961), were particularly trend-setting. Subsequently, a modern glass iconology developed that adapted to later requirements such as energy efficiency (since around 1990) and which is still valid today. In other cases, glass became an aesthetic end in itself from the 1970s onwards. A prime example is the Deutsche Bank Towers in Frankfurt am Main (1984), which are completely encased in glass, but whose mirroring counteracts the symbolic transparency usually sought in bank advertising and nevertheless (or perhaps precisely because of this) became a symbol of Frankfurt's financial industry par excellence. In this regard, this essay also addresses the renovation of the Towers' mirror glass façade in the context of corporate identity about ten years ago. It concludes with a look at the RWE headquarters in Essen (1997), which set new standards in terms of the transparency of a glass skyscraper—literally and figuratively.

Keywords

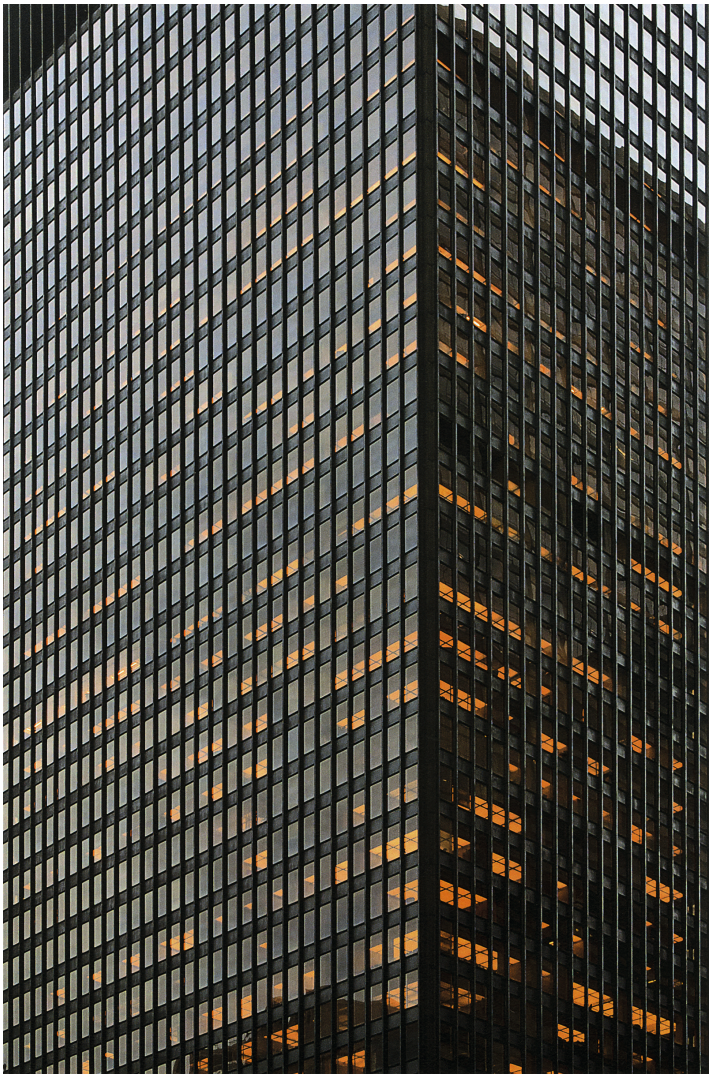
Corporate architecture, visual communication, skyscraper, curtain wall, transparency, glass iconology

Glass has had a decisive influence on the architecture of the 20th century. Mies van der Rohe's visionary competition design for a high-rise building in Berlin's Friedrichstrasse (1922), in which an office building was to be completely covered with a glass façade for the first time, served as a model and inspiration for generations of architects



1 Design for a high-rise building on Friedrichstrasse, Berlin, Germany, photomontage, 1921, Mies van der Rohe.

(Fig. 1).[1] The desire for 'light, air and sun' subsequently made glass a leading material in the modern architecture movement. It is less well known that glass sometimes had symbolic connotations beyond pure functionalism and that the material iconology had a notable influence on the spread and popularity of glass in 20th-century architecture. Representative buildings of large companies, in which glass was specifically used to communicate a certain image visually, played a significant role in this development.[2] Even the legendary glass pavilion designed by Bruno Taut (1880–1938) for the 1914 Werkbund exhibition in Cologne, which is considered one of the key buildings in the architectural history of the early 20th century owing to its artistically sophisticated and architecturally innovative use of the material, was created primarily as an 'advertising pavilion for the glass industry'.[3] In the post-war period, visions of glass skyscrapers



2 Seagram Building, New York, USA, 1954–1958, Mies van der Rohe.

finally became reality. Once again it was Mies van der Rohe (1886–1969) who wrote modern architectural history with the headquarters for the Seagram Company in New York, completed in 1958 (Fig. 2).[4] Although celebrated as a milestone of functionalism with a light curtain wall of steel and glass, the extravagant bronze tone of the glazing was often symbolically related to the whisky manufacturer's products.

A New Kind of *Ganzglas-Haus* ('all-glass house')[5]

The incunabulum of the modern glass skyscraper, however, had been created six years earlier on the opposite side of the street: the US architectural firm Skidmore, Owings & Merill (SOM, 1936–today), with Gordon Bunshaft (1909–1990) as lead designer,



3 Lever House, New York, USA, 1950–1952, Skidmore, Owings & Merill (SOM)/Gordon Bunshaft.

designed prestigious administrative headquarters on Park Avenue for the detergent and soap manufacturer Lever Brothers (Fig. 3).[6] The curtain wall of Lever House consists almost entirely of glass, an essential difference from the curtain wall of the Seagram Building where a steel grid co-determines the façade in equal measure: blunt strips of dark grey steel panels divide the curtain wall horizontally, while the steel mullions on the outside structure it both vertically and stagger it in depth. In contrast, the curtain wall of Lever House appears as an all-glass façade with an almost smooth and consistently reflective surface. This is because glass panes were also placed in front of the opaque storey ceilings and parapets while at the same time the stainless steel profiles of the mullions stand out only slightly, thus structuring the façade in a graphic manner.[7] In addition, the blue-green tint of the thermal insulation glazing contributes to the façade being perceived as a two-dimensional glass skin.

Admired in the press as a novel *Ganzglas-Haus*, Lever House attracted much international attention when it was completed in 1952.[8] What is striking about the contemporary reporting is that special attention was paid to the cleanliness of the façade and that this aspect was always associated with the Lever Brothers' business. In *Bauwelt*, for example, we read: 'So here in New York, for a clean soap manufacturer's building, a "paradise has been created" for window cleaners.'[9] And a contemporary advertisement said: 'Its 24 stories of stainless steel and blue-green glass stand as a gleaming symbol of the cleanliness that motivates the business. Mastery over dirt and grime perpetuates this symbol.'[10] The shiny glass façade of the Lever House was thus understood as a symbol of cleanliness, a value that had a very positive connotation in the 1950s, and thus had an advertising effect for the products of Lever Brothers.[11] This strategy of communicative use of material was described as *markenanalog* ('brand-analogous') by the author.[12] The use of brand-analogous characteristics can be continuously found in corporate architecture and was a popular strategy in the post-war period to use architecture medially within the framework of modern guiding principles.[13]

Transparency instead of Solidity: A Paradigm Shift in Banking Iconography

With the 1954 branch of the Manufacturers Trust on Fifth Avenue in New York, SOM and Gordon Bunshaft not only created another incunabulum of modern glass architecture, but also initiated a paradigm shift in architectural banking iconography (Fig. 4).[14] Louis Skidmore (1897–1962), co-founder of SOM, formulated the moral claim that was implemented with the radically modern architecture: 'We had an idea that it was time to get the banks out of mausoleums. [...] We're trying to make the bank more human.'[15]

In the 19th century, a firm architectural iconography had become established in the financial sector, which in Central Europe was oriented towards Italian Renaissance palazzi and Baroque aristocratic palaces and remained valid until the 1930s.[16] The iconological guiding material of this historicist bank architecture was natural stone, which, as solid ashlar masonry on the façade, was intended to convey security and solidity, whereas exclusive marble fittings in the interior signalled liquidity and prosperity.[17] This opulent and solid bank architecture of the turn of the century, oriented towards feudal buildings, was increasingly understood after the Second World War as a symbol of a banking system that had come under criticism and was perceived as conservative, elitist, and secretive. In the post-war period, banks therefore sought an extensive image change, with a view to expanding their business sector, which would relate them to qualities such as transparency, progressiveness and proximity to customers.[18]

In this sense, Gordon Bunshaft's design for the branch on Fifth Avenue opposed the stone bank palazzo with an antithetical counter-design made of glass, which had a radically modern effect and literally translated openness and transparency into architecture. For this, SOM constructed a curtain wall with floor-to-ceiling glazing that



4 Former Manufacturers Trust Company Building, New York, USA, 1953–1954, Skidmore, Owings & Merill (SOM)/Gordon Bunshaft.

measured an imposing 22' × 9' 8" (6.70 × 2.95 m) on the second floor.[19] These were the largest plate glass panes ever installed in a building at that time.[20] Unlike Lever House with its shiny, reflective glass skin, the façade of the Manufacturers Trust was intended to appear as permeable as possible. Instead of tinted thermal-insulation glass, SOM therefore used mainly clear glass for the branch building, with only the storey ceilings concealed by opaque wired glass with a grey tint. In addition, the clear glass panes were largely freed from reflections by ingenious lighting in the interior.[21] The *Architectural Forum* saw the Manufacturers Trust branch as 'the first big building truly to fulfill architects' immaculate drafting board idea of glass as an invisible material.'[22] The highlight of the transparency was the publicly visible safe, whose impressive steel door, specially designed by the renowned industrial designer Henry Dreyfuss (1904–1972), was presented as if in a shop window, only a few metres behind the glass façade, and became a promotionally effective attraction for passers-by on Fifth Avenue.[23]

Glass as an Iconological Guiding Material in Financial Business

With the construction of a high-rise building for the Chase Manhattan Bank in New York in 1956–1961, SOM and Gordon Bunshaft transferred the architectural language of the



5 One Chase Manhattan Plaza, former headquarters of the Chase Manhattan Bank, New York, USA, 1957–1964, Skidmore, Owings & Merill (SOM)/ Gordon Bunshaft.

International Style to the representative headquarters of a leading major bank (Fig. 5). In the late 1950s, Chase Manhattan developed a corporate design that was trend-setting in the financial sector, and which was intended to give the bank a friendly, customer-oriented and open appearance.[24] This included, for example, the style-defining logo of geometric shapes by Ivan Chermayeff (1932–2017), which was introduced, not coincidentally, in 1961, the same year that the new headquarters in Manhattan's financial district were completed.[25] With their clear and reduced formal language, the logo and

the high-rise follow the same modern principles. The radical change in architectural appearance can be seen when comparison is made with the headquarters of the Federal Reserve Bank of the State of New York opposite, which was built in 1924 following the traditional banking iconography in the style of a Renaissance palazzo with massive stone ashlars.

Consequently, the new bank architecture defined itself in contrasts: light frame constructions made of concrete, steel and glass instead of massive structures made of stone, and the functional aesthetics of the International Style instead of the historicist images of early modern palace architecture. This fundamental image change affected the entire Western financial world in the 1960s and early 1970s. The modern high-rise replaced the historicist palazzo as the standard of representative architecture in the financial sector. Instead of permanence, safety, and solidity, the buildings were intended to express progressiveness, openness, and transparency. Glass took the place of marble as the iconological guiding material. In this way, a new banking iconography ultimately emerged. The modern architectural language, with which one explicitly wanted to distinguish oneself from the old norm in the 1950s, had long since been elevated to the new norm by the 1970s. The symbolic connotation of glass in post-war bank buildings remained prevalent and was used in public corporate communication, but in many cases it also became the formal normality.

Mirror Glass as the Postmodern Antithesis of Transparency

An outstanding example of corporate headquarters in which glass became an iconographic and aesthetic end in itself is the Deutsche Bank headquarters in Frankfurt am Main, built between 1978 and 1984 (Fig. 6).[26] The twin towers on the Taunusanlage, popularly known as 'Soll und Haben' ('debt and credit'), designed by the architectural firm ABB Hanig, Scheid, Schmidt (1961[?]–2004), are covered with a uniform skin of mirror glass that hides the inner structure, thus contradicting the modern dictum that the construction must be readable on the building.[27] In fact, the façade of the Deutsche Bank Towers is not a curtain wall at all, because the twin towers were not built as a frame construction, but in the so-called concrete-tube construction system with solid concrete outer walls that contain conventional windows. However, the mirrored glass panels sit flush with the actual window panes as a shell in front of the concrete wall, creating the impression of a homogeneous glass skin in which the times of day and weather conditions are reflected, as are the neighbouring buildings.

Mirror glass façades were an innovative postmodern trend for high-rise office buildings at the end of the 1970s that came to Europe from the USA. That is why in 1979 a Deutsche Bank delegation led by Hilmar Kopper (1935–2021), who later became Chief Executive Officer, went on a week-long trip through the United States to study role models[28]: the John Hancock Tower (1976) in Boston by I. M. Pei (1917–2019) and Pennzoil Place (1975) in Houston by Philip Johnson (1906–2005). Pennzoil Place not only has clear formal references—it is a set of mirrored twin towers over a trapezoidal floor



6 Deutsche Bank headquarters ('Soll und Haben'), Frankfurt am Main 1978–1984, ABB Hanig, Scheid, Schmidt.

plan—but was also institutionally linked to Deutsche Bank, which had acquired a majority stake in the property in 1976.[29] The decision-makers at Deutsche Bank probably liked the fact that the reference buildings for the new headquarters were not to be found in Frankfurt but in the USA, as this manifested the international claims of the globally operating bank. ABB architects developed the US models further by designing prismatic structures, the facetting of whose surface enhances the mirror effect of the façade: depending on perspective and exposure, the various facets of the surface

exhibit different reflections and levels of brightness. The extraordinary mirror glass façades have certainly contributed to the fact that the twin towers of the Deutsche Bank are very present in the media. In newspapers, television, and the internet, not only news about Deutsche Bank, but also about the Frankfurt financial centre or even the German credit system in general is illustrated with images of the mirror-glass towers. Due to this high media presence, Deutsche Bank's twin towers are among the best-known corporate headquarters in Germany.

During the fundamental refurbishment of 'Soll und Haben' in 2007–2010, the company was fully aware of the high profile and media impact of the headquarters:

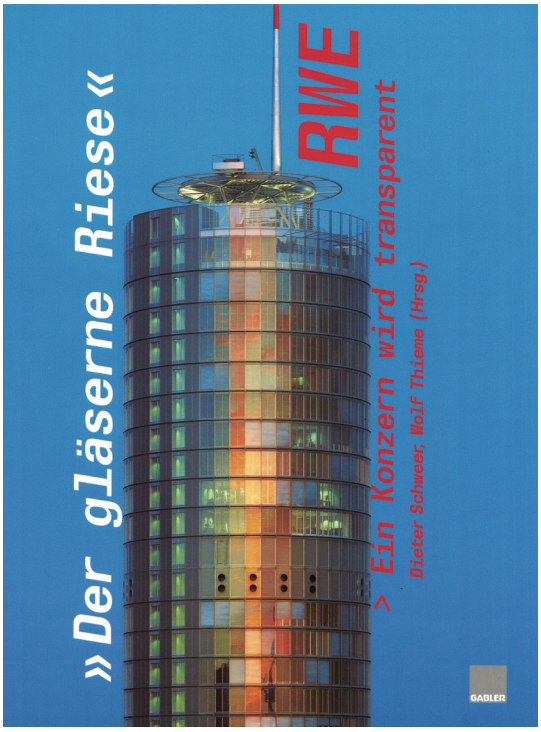
'At Deutsche Bank it was absolutely clear that we wanted to preserve the house in its formal expression and with its significance for the bank's corporate identity. The Deutsche Bank Towers are a trademark of our bank, they are a prominent building in the Frankfurt skyline and are often shown in the media as an image for the financial market.'[30]

Although the façade was completely replaced in order to significantly reduce energy loss, efforts were made not to change the external appearance of the twin towers. The energy loss through the outer shell could be significantly reduced by increasing the thermal insulation between the glass panels and the concrete wall, and replacing the fixed glazing with triple-pane windows that can be opened in gaps for natural ventilation.[31] The project's challenge of finding glass panes that had the same colour tones and degrees of reflection as the originals was obviously mastered.

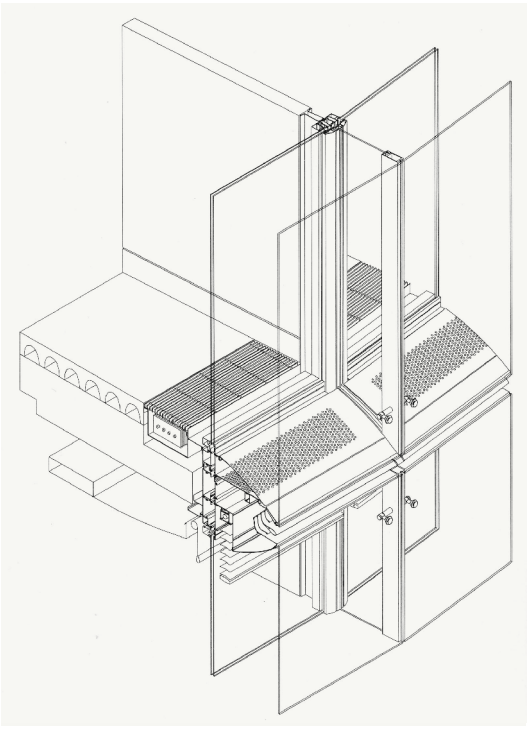
Maximum Transparency as a Symbolic and an Aesthetic Concept

While mirror glass façades were particularly popular for buildings in the financial world in the 1980s, they largely remained a postmodern fad of that decade and clear glass and transparency celebrated a comeback in the 1990s. Of course, the symbolic use of glass as a material was not limited to the banking sector. Being an energy company involved in nuclear power and open-cast lignite mining, RWE was critically perceived by the public in the 1970s and 1980s as a secretive and non-transparent company which, owing to its historically close ties with municipal politics, had an image of cronyism.[32] As a result, the old company headquarters in Essen were referred to ambivalently in common parlance as the 'Wattikan'.[33]

RWE's plans for new headquarters in Essen in connection with a strategic realignment of the corporation at the beginning of the 1990s were also intended to symbolize a new corporate culture (Fig. 7).[34] In order to achieve the greatest possible transparency, the team led by architect Christoph Ingenhoven (*1960) worked with specialist firm Gartner to develop an innovative façade concept based on two separate shells for energy reasons (Fig. 8).[35] The inner shell consists of room-height double glazing in conventional mullion construction; the outer shell of point-fixed single glazing. In this way, the external clamping profiles of traditional mullion façades could be avoided and the vertical articulation reduced to elastic butt joints. In addition, the engineers devel-



7 Former RWE headquarters in Essen, Germany, 1994–1997, Ingenhoven Overdiek und Partner, on the cover of the anniversary publication *Der gläserne Riese* ('The Glass Giant').



8 Detail of the isometric section of the façade of the former RWE headquarters in Essen, Germany.

oped a multifunctional connecting profile that tapers outwards from the storey ceilings so that the outer panes could be larger than the inner ones. In this way, it was also possible to reduce the horizontal ceiling stripes that show up in conventional curtain walls. In addition to the office floors, other areas such as the lift tower, emergency stairwell and technical floor were also completely covered with the glass skin. The fact that even opaque wall surfaces were clad with clear glass proves that functional reasons were not the primary consideration for the RWE Tower, but that transparency as an aesthetic and symbolic concept bore precedence.

The symbolic analogy of a transparent skyscraper and a transparent company was clearly communicated by the representatives of RWE AG. On the occasion of the handover of the keys in 1997, Chief Executive Officer Dr Dietmar Kuhnt (*1937) stated:

'This new house is more than just an externally attractive and functional administration building. It is a widely visible symbol of the attitude of a company that is consciously holding on to its traditional location. [...] Our house visually conveys a philosophy of transparency and openness. We set this sign quite deliberately.'[36]

Indeed, with its extraordinarily high proportion of clear glass in the façade, the RWE high-rise set new standards in terms of architectural transparency. Christoph Ingenhoven's office called the RWE Tower 'the first implementation of the complete trans-

parency of a high-rise building'[37], explicitly referring to Mies van der Rohe's design for the high-rise in Friedrichstrasse in Berlin. And so a circle closes here.

Conclusion

The architectural use of glass in the 20th century was essentially shaped by representative corporate buildings. If glass became a leading material of modernism on account of its translucency, iconological aspects of the material also played a noteworthy role in the spread and development of glass in architecture. The trend was set by representative buildings of large companies, for which glass served as a communicative means of shaping their image or constructing a corporate identity. In this context, glass symbolized qualities such as progressiveness, technical competence or, as in the case of the epoch-making Lever House, cleanliness. For the most part, glass is intended to symbolize openness and transparency. In the post-war period, glass became the iconographic material of choice for an entire industry in the financial sector. To understand these buildings, the symbolic meaning of the material must always be taken into account.

1 On the competition entry, see Bergdoll 2009.
2 On architecture as a medium of communication for major corporations, see Horn 2022a.
3 'Reklamepavillon der Glasindustrie', Thiekötter et al. 1993, 10.
4 On the Seagram Building, see Lambert 2013; Scott 2011.
5 Bauwelt 1952, 768. All translations are provided by the author if not stated otherwise.
6 On the Lever House, see Architectural Forum 1952; Architectural Record 1952; SOM 1962.
7 Tinted wired glass was used there (ibid.).
8 Bauwelt 1952, 768; see the bibliography under Gretes 1988.
9 'Hier in New York nun, dem Bau eines reinlichen Seifenfabrikaten, hat man also den Fensterputzern ein ‚Paradies geschaffen'', Bauwelt 1952, 769.
10 *Architectural Record* 1952.
11 'Thus was modern architecture´s obsession with hygiene converted into publicity for a soap manufacturer'; Martin 2003, 148.
12 Horn 2022a, chapter 3.2.
13 Ibid.
14 On the building, see Architectural Forum 1954; Architectural Record 1954; SOM 1962, 42–47.
15 *Time* 1953.
16 Regarding the architectural iconography of banks, see Horn 2022b; about bank architecture in the UK, see Booker 1990.
17 This was a contemporary demand, see for example Kick 1902, 149–150.
18 Horn 2022a, chapter 3.4.
19 Architectural Record 1954, 154.
20 Ibid.
21 Ibid., 104.
22 Ibid.
23 Ibid., 151.
24 Chase Manhattan was considered a prime example of corporate design at the time, see for example Pilditch 1970, 67–68.
25 Chermayeff/Geismar/Geissbuhler 2000.

26 Horn 2022a, chapter 2.4.
27 The name of the firm ABB derives from the first letters of its founders' names: Otto Apel, Hansgeorg Beckert, and Gilbert Becker. In 1981, senior staff members Walter Hanig, Heinz Scheid, and Johannes Schmidt took over the office.
28 Plan from Kurt Huppert for the USA trip, dated 12.9.1979; Letter from Bernhard Leitner to Kurt Huppert, dated 10.10.1979, concerning the course of the USA trip, both HIDB V40/88.
29 New York Times 1978.
30 'In der Deutschen Bank war absolut klar, dass wir das Haus in seinem formalen Ausdruck und mit seiner Bedeutung für die Corporate Identity der Bank erhalten wollen. Die Deutsche Bank Türme sind ein Markenzeichen unseres Hauses, sie sind ein markantes Gebäude in der Frankfurter Skyline und werden in den Medien gern als Bild für den Finanzmarkt gezeigt.' Holger Hagge, 'Global Head of Building and Workplace Development of the Deutsche Bank AG', *DBZ* 2011, 32.
31 On the renovation details, see DBZ 2011; Detail 2011.
32 Until 1998, municipalities that held shares in RWE had a special right that secured them a voting majority, even if they no longer held the majority of the capital; see Heck 1998, 265–66.
33 This is a play on words from 'watt' and 'Vatican'.
34 Horn 2022a, chapter 2.6.
35 About façade details, see Behr/Gartner/Heussler 2000.
36 'Dieses neue Haus ist mehr als nur ein äußerlich reizvolles und funktionsfähiges Verwaltungsgebäude. Es ist ein weithin sichtbares Symbol für die Haltung eines Unternehmens, das bewußt an seinem traditionellen Standort festhält. [...] Schon optisch vermittelt unser Haus eine Philosophie der Transparenz und Offenheit. Dieses Zeichen setzen wir ganz bewusst.'; manuscript of speech given by Dr Dietmar Kuhnt, Chief Executive Officer of RWE AG, on the occasion of the handover of the keys on 13 March 1997 (HK RWE).
37 '[...] zum ersten Mal die Umsetzung der vollständigen Transparenz eines Hochhauses.' Fax from Ingenhoven Overdiek und Partner, dated 30 August 1994, signed A. Nagel, to Mr Encke regarding 'Keywords for the speech at the laying of the foundation stone' (HK RWE).

Unpublished sources

HK RWE (Historisches Konzernarchiv RWE): fax from Ingenhoven Overdiek und Partner dated 30 August 1994, signed A. Nagel, to Mr Encke regarding 'Keywords for the speech at the laying of the foundation stone'; manuscript for a speech given by Dr Dietmar Kuhnt, Chief Executive Officer of RWE AG, on the occasion of the handover of the keys on 13 March 1997

HIDB (Historisches Institut der Deutschen Bank): plan from Kurt Huppert for the USA trip, dated 12 September 1979 (V40/88); letter from Bernhard Leitner to Kurt Huppert, dated 10 October 1979, concerning the course of the USA trip (V40/88)

Bibliography

ARCHITECTURAL FORUM 1952
Anonymous, 'Lever House Complete', Architectural Forum 6, 1952, 101–11.

ARCHITECTURAL FORUM 1954
Anonymous, 'Modern Architecture breaks through Glass Barrier', Architectural Forum 12, 1954, 104–11.

ARCHITECTURAL RECORD 1952A
Anonymous, 'Lever House, New York: Glas and Steel Walls', Architectural Record 6, 1952, 130–35.

ARCHITECTURAL RECORD 1952B
Advertisement, 'Nobody but Lever lives here', Architectural Record 11, 1952.

ARCHITECTURAL RECORD 1954
Anonymous, 'Manufacturers Trust Company Builds Conversation Piece on Fifth Avenue', Architectural Record 11, 1954, 149–56.

BAUWELT 1952
Anonymous, 'Das Ganz-Glashaus – aber Fensterputzen tut Not', Bauwelt 48, 1952, 768–69.
BEHR/GARTNER/HEUSSLER 2000
Ulrich Behr, Fritz Gartner and Winfried Heussler, 'Fassaden', in: Till Briegleb (ed.), Hochhaus RWE AG Essen: Ingenhoven Overdiek und Partner, Basel: Birkhäuser, 2000, 62–73.
BERGDOLL 2009
Barry Bergdoll, 'Hüllen aus reinem Glas für einen neuen architektonischen Ausdruck. Mies van der Rohes Beitrag "Wabe" zum Wettbewerb Bürohaus Friedrichstraße', in: Bauhaus-Archiv/Museum für Gestaltung, Stiftung Bauhaus Dessau and Klassik Stiftung Weimar (eds.), Modell Bauhaus, exhibition catalogue, Ostfildern: Hatje Cantz, 2009, 115–32.
BOOKER 1990
John Booker, Temples of Mammon: The Architecture of Banking, Edinburgh: Edinburgh University Press, 1990.
BRIEGLEB 2000
Till Briegleb (ed.), Hochhaus RWE AG Essen: Ingenhoven Overdiek und Partner, Basel: Birkhäuser, 2000.
CHERMAYEFF/GEISMAR/GEISSBUHLER 2000
Ivan Chermayeff, Tom Geismar and Steff Geissbuhler, Trademarks designed by Chermayeff & Geismar, Baden: Lars Müller, 2000.
DBZ 2011
Anonymous, 'Grüne Bilanzen. Neue Deutsche Bank Türme, Frankfurt a. M.', Deutsche Bauzeitschrift (DBZ) 9, 2011, 24–31.
DETAIL 2011
Anonymous, 'Sanierung der Deutsche Bank-Hochhäuser in Frankfurt', Detail 9, 2011, 1041–44.
GRETES 1988
Frances Gretes, Lever House, an Architectural Landmark: Bibliography of Sources 1950–1983, Monticello: Vance Bibliographies, 1988.
HECK 1998
Heinz Heck, 'Das RWE vom Stromkonzern zur Zukunftsgruppe 1988–1998', in: Dieter Schweer and Wolf Thieme (eds.), "Der gläserne Riese": RWE – Ein Konzern wird transparent, Wiesbaden: Gabler, 1998, 261–84.
HORN 2022A
Hauke Horn, Advertising Architecture: Kommunikation, Imagebildung und Corporate Identity durch Unternehmensarchitektur (1950–2000), Berlin: Gebr. Mann, 2022.
HORN 2022B
Hauke Horn, 'Ikonologie, Architektur und das Politische: Begriffliche, inhaltliche und methodische Bestimmungen der Architekturikonologie von Bandmann über Warnke bis heute', in: Jörg Probst (ed.), Politische Ikonologie: Bildkritik nach Martin Warnke, Berlin: Reimer, 2022, 51–66.
KICK 1902
Paul Kick, 'Gebäude für Banken und andere Geldinstitute', in: Eduard Schmitt (ed.), Handbuch der Architektur, 4th part, 2.2, Stuttgart: Alfred Kröner, 1902, 139–246.
KRINSKY 1988
Carol Krinsky, Gordon Bunshaft of Skidmore, Owings & Merril, Cambridge MA: MIT Press, 1988.
KROHN 2014
Carsten Krohn, Mies van der Rohe: Das gebaute Werk, Basel 2014.
LAMBERT 2013
Phyllis Lambert, Building Seagram, New Haven CT: Yale University Press, 2013.
MARTIN 2003
Reinhold Martin, The Organizational Complex: Architecture, Media and Corporate Space, Cambridge MA: MIT Press, 2003.
NEW YORK TIMES 1978
Anonymous, 'Foreigners Buying Houston Properties', The New York Times, 17 May 1978, 7.
PILDITCH 1970
James Pilditch, Communication by Design: A Study in Corporate Identity, London: McGraw Hill, 1970.

RILEY/BERGDOLL 2001
Terence Riley and Barry Bergdoll, Mies in Berlin. Ludwig Mies van der Rohe: Die Berliner Jahre 1907–1938, Munich: Prestel, 2001.
SCHWEER/THIEME 1998
Dieter Schweer and Wolf Thieme (eds.), "Der gläserne Riese": RWE – Ein Konzern wird transparent, Wiesbaden: Gabler, 1998.
SCOTT 2011
Felicity Scott, 'An Army of Soldiers or a Meadow', Journal of the Society of Architectural Historians 70.3, 2011, 330–53.
SOM 1962
Anonymous, Architektur von Skidmore, Owings & Merill, 1950–1962, Stuttgart: Hatje, 1962.
THIEKÖTTER ET AL. 1993
Angelika Thiekötter et al. (eds.), Kristallisationen, Splitterungen: Bruno Tauts Glashaus, Basel: Birkhäuser, 1993.
TIME 1953
Anonymous, 'Something to See', Time Magazine, 31 August 1953, 78.

10

ÉMALIT®
THE CHALLENGE POSED BY A TEMPERED AND ENAMELLED SHEET GLASS FOR THE GLASS FAÇADE

Catherine Blain and Océane Bailleul

Abstract

Émalit is a coloured-glass product that was developed in 1958 by the French company Saint-Gobain, and which has been commercially available ever since (now under the name *Émalit évolution*).[1] It is a tempered glass enamelled on one side, produced in sheets of varying size, mainly used for façade cladding. Following its launch, this new product found multiple applications in France. Experimented with initially as a decorative element, *Émalit* swiftly attracted the attention of architects. Thus in 1960, Maurice Silvy and Joseph Belmont integrated *Émalit* into their design for the façade of a prototype 'industrialized school', which had been drawn up in collaboration with Jean Prouvé and the SGAF (the latter a consortium that brought together the manufacturers Saint-Gobain and Aluminium Français), employing the 'glass-panel façade' principle that combined aluminium joinery, insulating glazing, and *Émalit* panels. In 1961, this time calling on the architect Jacques Beufé, the SGAF incorporated the same component into a prototype for 'industrialized housing'. These prototypes, notable for their colourful aesthetic, would give rise to many construction projects. But the profoundest impression made by *Émalit* on the imagination is its punctuation of the large, glazed façade of one particular major international facility: the south terminal of Orly Airport (1957–61), designed by the architect Henri Vicariot. In addition to these flagship projects, a whole range of *Émalit* panels—smooth, polished, striated, or even imitation granite (*Durlux*)—have contributed to the success of various construction programmes, notably in relation to office buildings, one of the most thriving markets at the time.
Posing questions as to this product's future in the built environment, this article also addresses associated heritage issues by exploring the current renovation project at the Musée départemental Arles antique, which was clad by the architect Henri Ciriani with a bluish *Émalit* (1986–95).

Keywords

Saint-Gobain, flat glass, enamelled glass, industrialized construction, 20th-century heritage

From Coloured Glass to Glass Façade: A Market for the Future

Émalit was developed by Saint-Gobain on the basis of a patent, taken out by the American Securit Co. and published in France on 20 September 1937, dealing with 'Produits vitreux colorés et leur procédé de fabrication' ('Coloured glass products and their



1 Saint-Gobain's new coloured walls: catalogue for the 1960 Expomat exhibition, and advertising material for Émalit.

method of manufacture').[2] This particular patent details the process whereby a coat of enamel, projected by nozzle, is applied cold to one side of a sheet of glass, which, after drying (either in the open air or in an oven) becomes bonded to the glass during tempering (when the glass is heated and cooled very swiftly). On 31 July 1958—after restructuring and modernizing its means of production, and having obtained in 1955 the rights to use this patent (jointly with the Glasses de Boussois company)—Saint-Gobain registered the trademark *Émalit*, which designates a broad category of 'enameled opaque or translucent glazing'.[3] Three types of glass came onto the market: Émalit *poli* (a polished glass), Émalit *strié* (a rough glass), and Émalit 77 (*Durlux 77*, a pressed glass, coloured on its smooth face, with a granite-like appearance). These were produced at first in the North of France, at the Aniche glassworks, then in the Oise department at the Chantereine glassworks, which specialized in the manufacture of plate glass, cast glass, and fibreglass from 1962.[4]

The launch of *Émalit* in 1958 was closely linked to research into glass-façade systems. This was not a new field: the emergence of the principle of slender frameworks in concrete or steel had given rise to such pioneering experiments as the Fagus factory (1911–14) at Alfeld in Germany, by Walter Gropius and Adolf Meyer, and the Maison du Peuple (completed 1939) at Clichy in France, by Eugène Beaudouin and Marcel Lods, assisted by Jean Prouvé. But after 1945, it was American examples in particular that drew attention to the technology and aesthetics of skyscrapers, in Chicago and New York, such as SOM's Lever House (1947–52). The development of and experimentation with new materials, processes, ingredients, and components that had been

standardized, prefabricated, and produced by industrial methods, and which had come in part from the United States of America, were in fact strongly encouraged by the French state after the creation in 1948 of the Fonds de modernisation et d'équipement de la France ('Fund for Modernizing and Equipping France'), which was financed by credits made available through the Marshall Plan.[5]

After an initial period of production focused primarily on reconstructing the damage wrought by war, modernization was really able to get moving in 1958, after Charles de Gaulle was elected head of state in June. Further to a report on industrial policy in construction that recommended improved coordination between technical experts, architects, and engineers, the relevant players organized themselves. In order to coordinate research into façade systems, an interprofessional organization was created, at the instigation of Saint-Gobain: the Comité d'Information pour le développement des panneaux de façade et des Murs Rideaux (CIMUR, Information Committee for the Development of Façade Panels and Façades). CIMUR, whose statutes were registered on 1 July 1958 and which was the subject of review in 1959, was placed under the patronage of the Ministry for Construction and the National Building Federation. It brought together six founding members: the Trade Association for Glazing and Window Glass Manufacturers; the Technical Office for Steel Utilization (OTUA: linked to the French Aluminium Group); the Asbestos Cement Syndicate; the National Syndicate for Manufacturers of Prefabricated Window Frameworks, Structural Frameworks, and Parquet; and the National Syndicate for Builders of Window Frameworks and Metal Façades.[6]

It was at exactly this time that Saint-Gobain registered the *Émalit* trademark and also joined forces with the Aluminium Français group to form the SGAF consortium, whose aim was to research the possibility of a façade system that brought together aluminium frameworks, insulation glazing, and *Émalit* panels. Thus, in the space of a few months, the stage had been set and the players were in place: it remained only to consider the various options for application (Fig. 1).

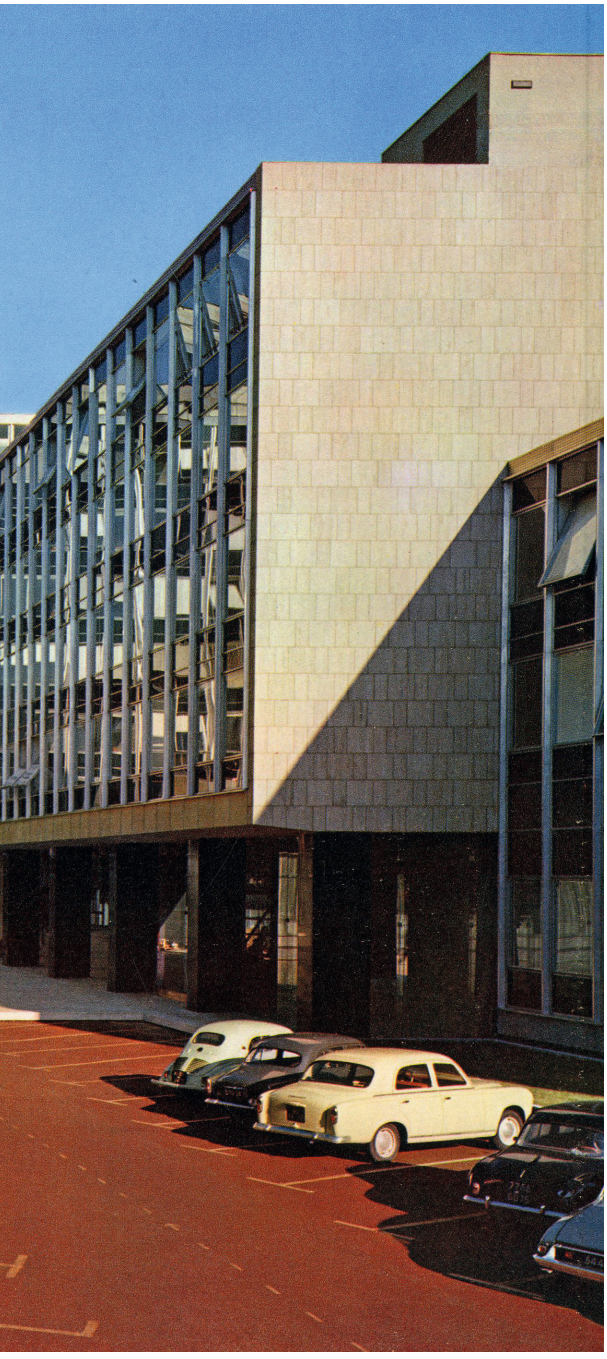
From Components to Models

In the 1950s and 1960s, the opening up of façades gave prominence to polished glass, Saint-Gobain's principal product. In addition, the company's catalogues, each one more than the previous one, itemized other groups of products that could be utilized for façades, such as various forms of pressed glass (which had been improved since the beginning of the 20th century), including *Durlux*; laminated security glass (*Triplex*, invented in 1910 and patented in 1957); and insulating glass (*Aterphone*, *Polyglass*, *Triver* and *Supertriver*, *Biver*, etc.).

Panes of *Émalit* glass were soon being used in conjunction with these products in order to lend colour and articulation to façades. A small office building constructed in 1957–59 in the middle of Paris, the Caisse centrale de reassurance ('Central Reinsurance Fund') at 34 rue de la Victoire designed by Jean Balladur, was one such example:[7]

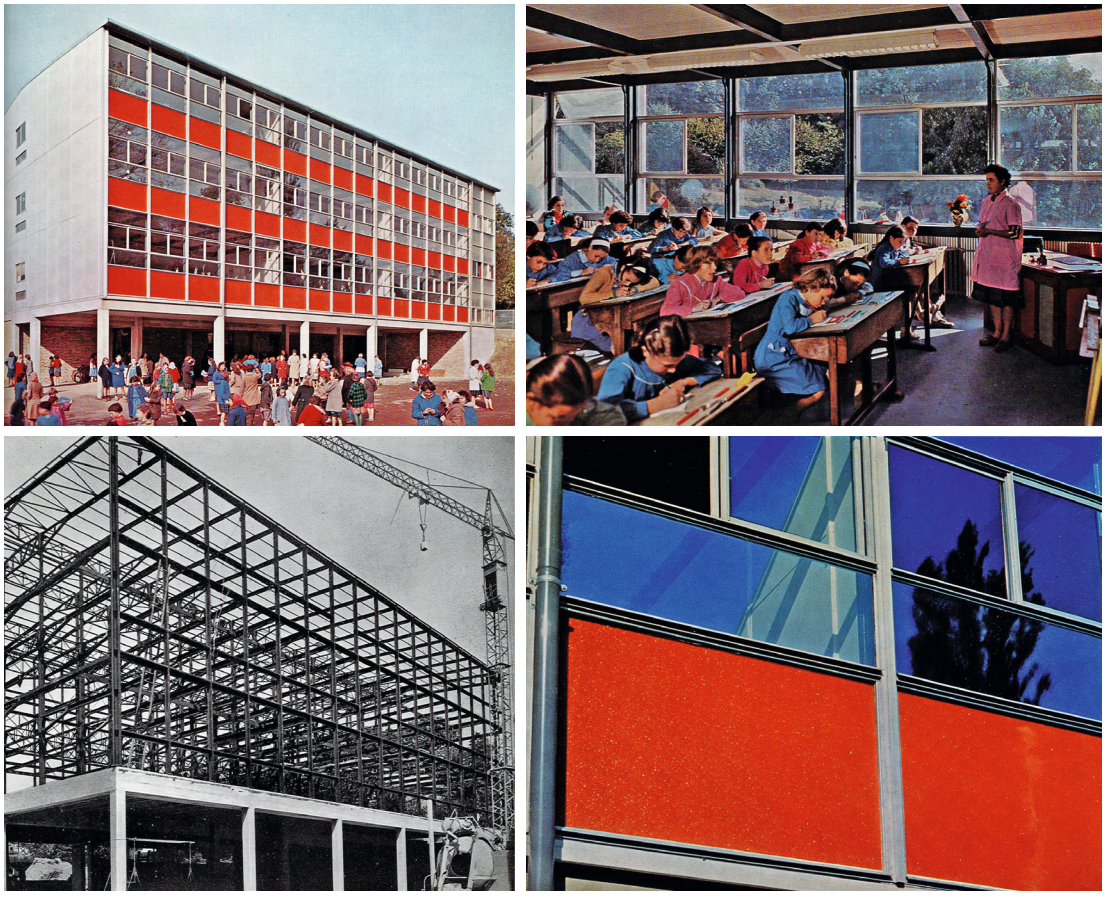


its glass façade, structured with aluminium framing, comprises apron-wall panels in dark blue-green *Émalit*, and windows, both fixed and opening, of the double-layer glass *Aterphone*. The principle of the 'glass-panel façade' developed by SGAF also found the ultimate location where it could be applied: the Saint-Gobain head office at Neuilly



2 The Saint-Gobain head office at Neuilly, Raymon postcard, no date.

(1959–61), designed by André Aubert and Pierre Bonin, whose aluminium-framed checkerboard façades bring together *Émalit* glasses and tilt-and-turn *Pivorama* windows (incorporating canvas blinds), as well as large windows in *Polyglass* insulating glass (Fig. 2). Apart from this key glazing work, the SGAF glass façade was put to con-



3 Extract from a report on the industrialized school at Chaville, Le Bâtiment et Saint-Gobain 1959.

vincing use in the experimental field in two programmes financed by the state: schools and housing complexes.

A 'Multi-Storey Industrialized School'

In 1948, the state launched its first call for prototype designs for prefabricated schools: one of the chosen models was a design in aluminium and glass by Jean Prouvé. In 1958, the Ministry for Education renewed this call to players in the construction field, in anticipation of the gradual establishment of markets for construction from new prototypes. In response to the call, architects Joseph Belmont and Maurice Silvy, in partnership with Jean Prouvé, SGAF, and GEEP Industries, developed an idea for a 'multi-storey industrialized school'. Respecting the 1.75m module requirement imposed by the Education Board and based on a metal-framework system, the design made use of prefabricated façades consisting of aluminium window framing, fixed and sliding windows, and apron-wall panels of *Émalit 77*, in red or blue, with insulation to the rear consisting of fibreglass and an aluminium panel.[8]

A first trial of the system was launched in 1959 in the Parisian suburb of Chaville, with a school of eighteen classrooms (sixty pupils).[9] Featuring two façades in different colours, one red and one blue, the school was a veritable success, not only by reason of its innovative aesthetic and the light-filled ambiance of the classrooms, but mainly because of the cost, which was less than the ceiling set by the Education Board (Fig. 3). As a result, the state eagerly recommended that this model be used by communes that were waiting for schools to be built. Thus, at the start of the school year in 1960, a second school opened in Chambourcy, the construction work for which had only taken three months.[10]

In order to protect this model destined for serial production, the SGAF registered a patent for its invention on 30 March 1961. This represented an improvement on the various elements experimented with: slender, modular frameworks (in metal or concrete); *Triver* glass for the fixed sections of glazing below and the opening sections above (transom windows opening to the central vertical on runners, or from the top); apron-wall panels of *Émalit*, lined on the inside with insulating fibreglass *(Isover)* and a plaster panel; translucent doors in tempered glass *(Clarit)*; and bands of *Verondulit* in the upper parts of the partitions in the central corridor linking the staircases at the ends of the building. This industrialized model—adaptable for individual cases and capable of being realized swiftly on site through a dry-assembly process—also allowed each project to be personalized, thanks to a new sixteen-shade colour range for Émalit.[11] Four associations and four research units subsequently dealt with spreading this model for primary and secondary schools across the whole of France as well as in Belgium: at the start of 1963, the number of schools built had already reached 95 (a total of 1,650 classrooms), including 31 schools in Belgium (370 classrooms).[12]

A System for 'Industrialized Housing'

The SGAF's light-façade construction method was swiftly put to use in apartment blocks, for which standardization and prefabrication were encouraged by the state from 1949 onwards, both through competitions and targeted financing. In 1960, the SGAF called on architect Jacques Beufé, who was collaborating with Marcel Lods at the time, to research a prototype for industrialized housing intended for use in all types of housing programmes, both public and private (Fig. 4).

For the project, the SGAF this time favoured a traditional construction technique in concrete, with solid slabs and transverse shear walls (prefabricated in the factory or poured on site). Taking this primary structure as a basis, Beufé conceived a 'total integration of the industrialized second work', from the elements of the façade to the interior furnishings of the apartments.[13] The apartment block, built on piles and 13m wide, consisted of two dual-aspect apartments served by a central staircase and service ducts, extended at the living-room end with a covered balcony and an open terrace. The façades comprised two registers, one glazed, one plain. The plain element was a panel sandwich, consisting of insulating material (40 mm of *Isover* fibreglass, or a polyurethane slab) between an exterior facing of an anodized aluminium sheet



SAINT-GOBAIN TECHNIQUES NOUVELLES

HABITATIONS INDUSTRIALISEES

PROCEDE SAINT-GOBAIN · ALUMINIUM FRANÇAIS · J. BEUFE

LICENCIE EXCLUSIF : DIVISION COMMERCE ET ACCORDS

23, BD GEORGES CLEMENCEAU • 92 COURBEVOIE • FRANCE • TEL. PARIS (1) 637.01.30

sgaf

TRANSPARENCE DE L'APPARTEMENT

Au confort de surface s'ajoute le confort de "volume" créé par le jeu de cloisons coulissantes. Chambres, hall, séjour peuvent être réunis en un même espace.

De plus, la disposition traversante de la cellule donne une perspective de 13 mètres d'une façade à l'autre.







La cuisine donne directement sur la loggia.



Un séchoir activé est installé dans la cuisine.



De vastes placards de rangement sont aménagés dans le hall.



4 Extract from the publicity brochure for the SGAF-Beufé industrialized apartment blocks, no date.

(1.2 mm thick) or a panel of *Émalit*, and an interior facing of dark-blue plywood (8 mm thick and placed over a membrane). The glazing was inserted into a double framework that combined frames in anodized aluminium alloys on the outside with wooden frames on the inside and consisted of fixed and opening windows in *Polyglass* (with integral rolling blinds).

This construction process aroused great interest among official organizations and developers.[14] The first example to be built was launched in 1962 in Mulhouse (420 apartments built for the Public Housing Office). In 1965, seven projects, each of an average of 500 apartments, had already been completed or were in the process of being completed, with the costs borne by public backers and private developers. These apartments were appreciated for their spacious layouts, offering what was a high level of comfort for the time, with greater-than-average living space and the additional benefit of private external spaces. The Parc de l'Aulnay housing complex at Vaires-sur-Marne, delivered in 1968 with the costs borne by developer André Manera, is one of this period's emblematic projects. Built in 11 hectares of wooded parkland by the château at Vaires and served by pedestrian walkways, the complex promised an 'exceptional comfort' and a 'privileged location', near facilities: a school, a shopping centre, and an annex of the town hall.[15] Saint-Gobain was justified in hoping for a good return on its investment: in 1966, the SGAF prototype was selected, alongside those of forty-three other groups, to bring to fruition a plan for 75,000 apartments in the Paris region.[16] In the end however, the number of commissions fell far below expectations.

A Flagship Project: Considerations and Heritage Concerns

The need to plan for insulation and a finish behind *Émalit* panels, led, logically, to considering prefabrication of this assemblage. Indeed, the question was a pressing one in 1957, when Saint-Gobain came to be involved in the project for the new south terminal at Orly Airport, designed by architect and engineer Henri Vicariot, who was in charge of managing research for the Aéroport de Paris. For this project, Vicariot favoured an international architectural style, consisting (like the Lever House in New York) of a steel construction frame and a glass façade with apron walls in coloured, enamelled glass.[17] And because of aeroplane noise, it was going to be necessary to find an effective solution to the issue of sound insulation.

For the design of this glass façade, Vicariot called on Jean Prouvé. In collaboration with him, Vicariot tackled the 'problems of architecture in its pure state' posed by the glass façade: the 'harmony of the proportions of the whole and of the details, the interplay of void and solid elements, colours'.[18] The sizing of the aluminium framework modules (1.38m apart) and the choice of components (including panels of blue *Émalit*) were the fruit of this collaboration. The Saint-Gobain experts would take charge of the technical recommendations for all of the insulating-glass components, using Securit glass. For the large expanses of glass, 10 mm-thick *Polyglass* was chosen. For the opening windows, an innovative solution was put forward: tilt-and-turn *Pivorama* windows in



5 The south terminal at Orly Airport: general view of the façade, with detail of 'some of the 1,000 windows', with their exterior blinds and Murocolor panels (amounting to 3,500m²), Glaces et Verres 173, 1960.

Securit glass, mounted in stainless-steel frames and protected by yellow blinds in runners. Lastly, for the *Émalit* apron walls a new product was devised: *Murcolor*, a prefabricated panel consisting of stainless-steel sections housing fibreglass insulation enclosed between a panel of *Émalit* on the exterior and a choice of finishes on the interior (a panel of *Émalit*, or SGV stratified polyester, or other alternative) (Fig. 5). Orly Airport was inaugurated on 24 February 1961 by General de Gaulle, who hailed it as 'one of France's most striking achievements' in his day.[19] The Saint-Gobain glass products, including *Murcolor*, which had been marketed since October 1958,[20] seemed to promise a bright future. The company subsequently engaged in a continual process of development for *Murcolor* and of diversification for the range of colours in which *Émalit* was available; the products furthermore found uses other than for façades.

Decorative Components

In fact, from the time it was launched, sheets of *Émalit*, like other Saint-Gobain products (notably pressed glass and glass bricks), were used in interiors, as cladding, or as a vertical or horizontal element: doors, screens, decorative panels, partitions, table tops, desk tops, etc.[21] The company's collaboration with creators, architects, designers, and decorators allowed it to sound out expectations or anticipate them, or even to

generate trends. Thus in 1963, Saint-Gobain collaborated with master-glazier Max Ingrand, who recommended the creation of *Émalit* in two different colours, in order to play transparency off against opacity in a whole range of compositions. Following him, the industrial designer Roger Tallon developed the point – line – triangle range, whose design motifs, executed using a silkscreen process, created new types of ambiance while at the same time controlling light levels.

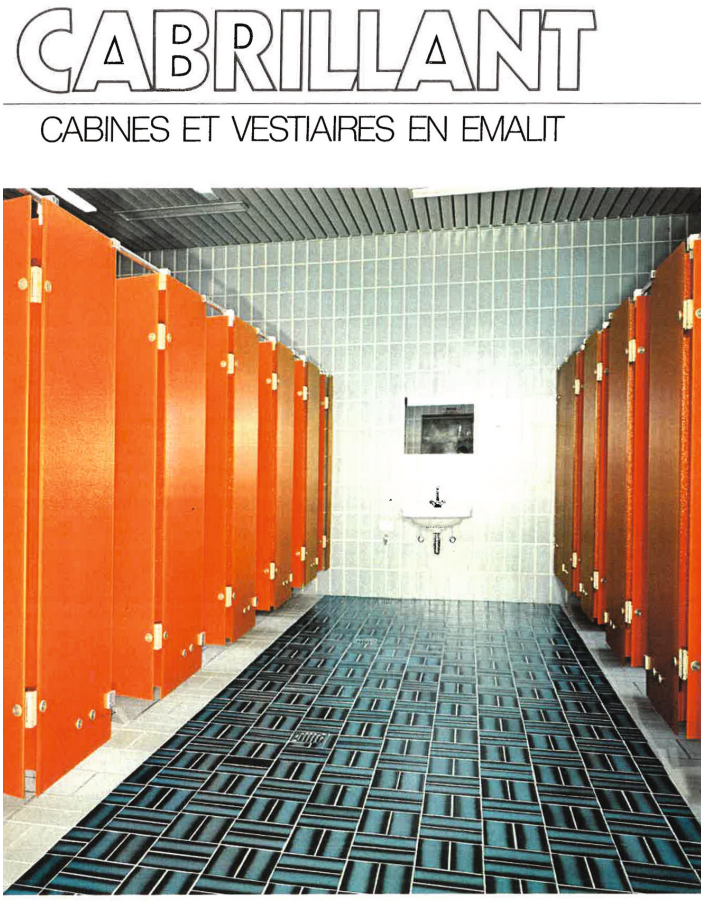
To increase its markets, the company also provided support for interior-furnishing projects. This was the case, for example, with the trademark *Cabrillant*, which it registered in November 1972[22] so that it might make commercially available a cubicle system produced from *Émalit* panels held in place by an anodized aluminium structure; this came to be applied in a multiplicity of ways (in changing rooms, showers, toilet blocks, wardrobes, etc.) (Fig. 6). The company also took care to refresh its ranges of colours and finishes, whose very evocative—*nuances 30*, *contraste*, *reflet*, *brillant extra-blanc*, *métallisé*, *graphique*, etc.—seem to reflect an era.

A Fragile Modernity

The longevity of all the elements and components associated with second works is constantly under threat from the dictates of fashion and new construction norms. Over the last ten years or so, debates on climate change have brought about a market for external insulation materials, with a view to improving the thermal performance of existing façades, notably those of the *Trente Glorieuses*, the thirty-year period of economic growth starting after the Second World War, and more particularly of glass façades, even though they were the 'symbole de la ville de l'après-guerre' ('symbol of the post-war city').[23] Declaring that these construction systems are obsolescent, and indeed lacking in interest from a heritage point of view, opens up the possibility of these types of architecture being subjected to a sometimes radical transformation, to the point of their being completely effaced from the built landscape.

This issue is relevant to the south terminal at Orly Airport, which is currently undergoing an ambitious programme of renovation and enlargement. Are the *Pivorama* windows and the *Émalit* glass of the façade, designed in collaboration with Jean Prouvé, slated to disappear in favour of new, innovative components? This is what seems to be suggested by the project plans as well as the photographs of the building site for the new reception hall, fitted with large expanses of transparent glass, that will accommodate the new multi-modal Grand Paris Express station.[24] The façades of the SGAF's industrialized schools and housing are also under threat. Lack of familiarity with these types of architecture could easily lead to worn or damaged component elements being replaced by very different products, thereby debasing the overall appearance of the buildings, or, again, lead to the replacement of walls in their entirety without regard to the original aesthetic.

Émalit is far from being the only coloured component slated to disappear during renovation works, even in the context of heritage restorations. Thus, exterior finishing elements—such as ceramic tiles, *Cromopal* glass, slabs of *Glasal* asbestos concrete,

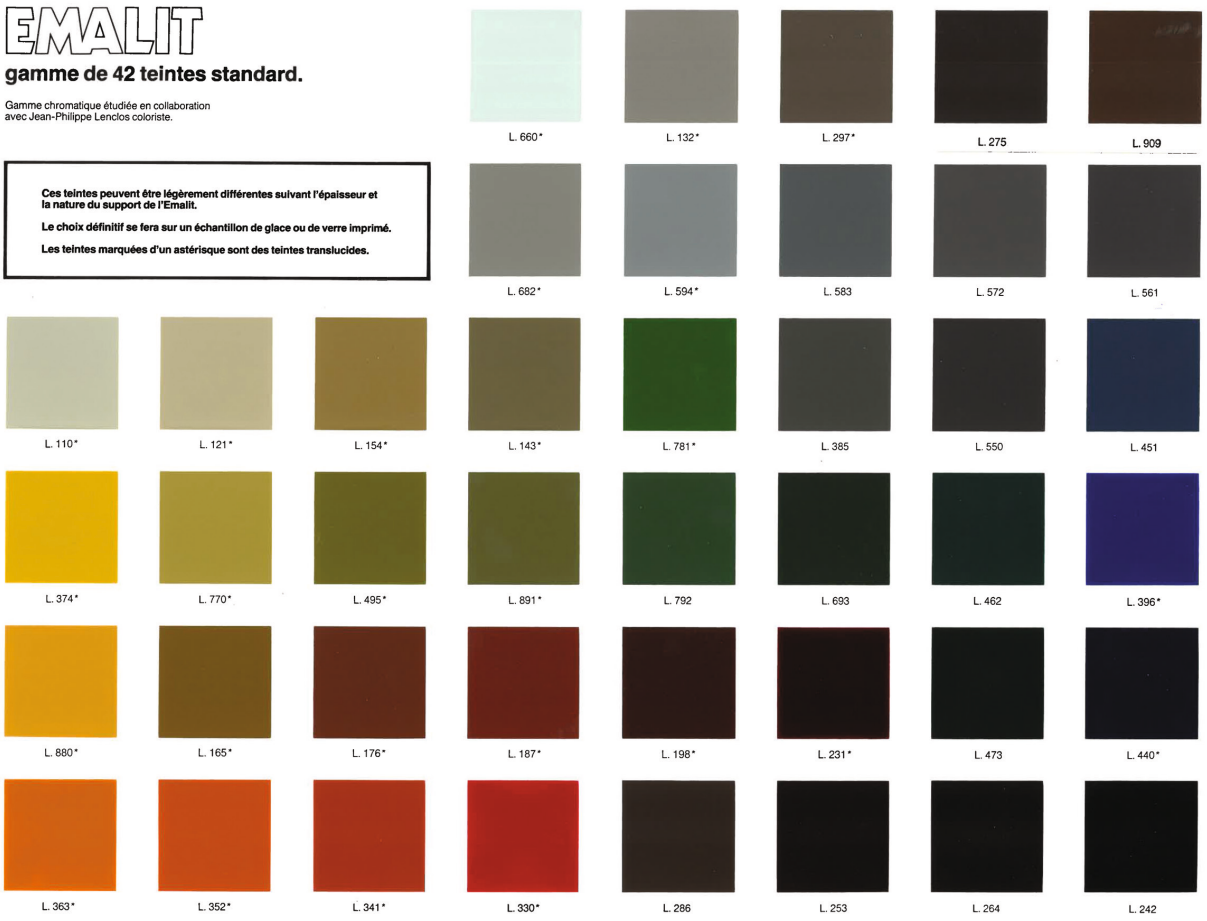


6 Advertisement for the Cabrillant cubicle system, 1972, and the new Émalit colour range, 'developed in collaboration with colourist Jean-Philippe Lenclos', no date (c.1980).

or *Isemail* enamelled steel panels—are being replaced gradually, as at Grandes Terres de Marly-le-Roi (Marcel Lods et al. architects, 1955–58), where the apron-wall panels had turned white.

The Current Situation with a Dazzling Invention

Since *Émalit* appeared on the market in 1958, its appeal to designers of glass façades has not faded. Thus, on its website dedicated to *Émalit évolution*—an enamelled glass still being produced with different types of base glazing (clear, extra clear, coloured in



Normes de fabrication

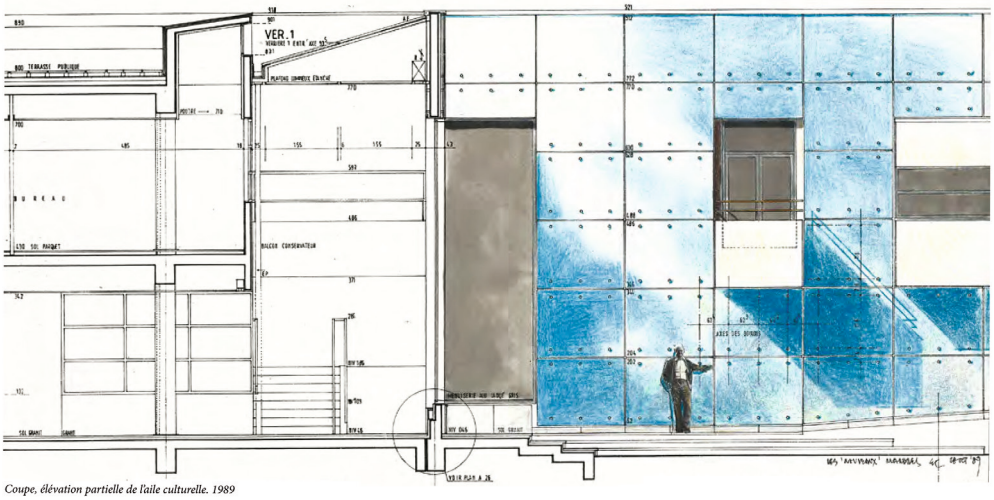
Épaisseur (mm)	Dimensions		Largeur minimale	Poids (kg/m²)
	Largeur maximale cm	Longueur maximale cm		
6	120	200*	15	15
8	180	440*	15	20
10 et 12	nous consulter			

EMALIT
VITRAGE DE SECURITE EMAILLE TREMPE

the body of the glass, pressed)—Saint-Gobain takes pride in recent projects designed by renowned architects, such as the Maison du Port in Antwerp by Zaha Hadid (2016), among others.

When coloured glass affects the appearance of a building in this way, the fact that it should be preserved goes without saying. This is the case with the Musée départemental de l'Arles antique, which was clad by Henri Ciriani with sky-blue *Émalit* panels in 1986–95, the renovation of which was entrusted in 2020 to the architects Nicolas Crégut and Laurent Duport (agence C+D) (Fig. 7).[25] Ciriani was already familiar with *Émalit*, dubbed a 'matière amicale' ('friendly material').[26] He appreciated its ability to

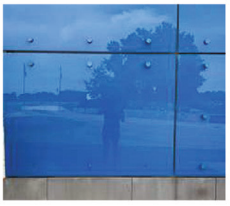




Coupe, élévation partielle de l'aile culturelle. 1989









7 Musée départemental Arles antique: extracts from the 2020 study dossier.

transform under different light conditions. At Arles, as an echo of the façades of the ancient monuments dressed with large slabs of marble, he wanted a façade consisting of large panels of glass, with no apparent framework, where the intensity of the blue of the Provençal sky might be reflected and vary with the passing hours and seasons. Thus, in partnership with Saint-Gobain, he not only selected the particular colour of the Émalit *brilliant* panels (RAL 60-630) and their dimensions and thicknesses (8 and 10 mm, 32×16 cm, and 36×22 cm), he also developed a tailored mounting system for the panels, featuring shadow gaps. The panels, which are mounted directly onto the cement coating, or on angle irons of galvanized steel (90×90×9 mm), and which accommodate 50 mm of a fibreglass insulation of the *Panolène* type, are fixed in place by means of threaded rods (with nuts and washers) and screws hidden by decorative heads. This system, which creates a changing screen of shadow with the passing hours, is also used for some of the museum's interior walls.

The Arles museum is a calling card for Saint-Gobain, which also supplied other glass products here, notably the two-layered, tempered-glass windows *(Anteli)*. But over time, the museum has suffered a severe lack of maintenance. While disrepair is apparent everywhere, it is particularly noticeable on the Émalit façades, which are marred by several missing pieces, breakages, replacements with panels in a different colour, missing screw heads, etc. The renovation project, whose purpose is to regain the building's original appearance, will allow the behaviour of the colour of these enamelled, tempered glasses over time to be evaluated, and will enable experimentation on site with restoration techniques and replacement procedures (producing an appearance and colour identical to the existing panels). It would be desirable if interventions on buildings of the *Trente Glorieuses*, whatever their nature, were to take their cue from this line of thinking, so that those involved might reflect on the qualities of the components at the outset.

1 Saint-Gobain Émalit évolution.
2 American Securit 1937; de Laubier 2020.
3 Archives Saint-Gobain 1955; INPI 1958.
4 Dufournier/Fournier 2020; see also Bailleul 2021.
5 Lambert/Nègre 2009; Bossuat 1986.
6 Bulletin d'information interne 1961.
7 L'Architecture d'Aujourd'hui 1959.
8 SGAF 1959. The modular approach allowed for nine modules of 1.75m (15.75m), with two rows of classrooms (6.40m) served by a central corridor (2.90m).
9 Le Bâtiment et Saint-Gobain 1959.
10 Le Bâtiment et Saint-Gobain 1962.
11 Archives Saint-Gobain 1963.
12 SGAF 1963.
13 SGAF 1964.
14 La Revue de l'Aluminium 1963.
15 Manera S.A. 1968.
16 Techniques et Architecture 1967.
17 Corteville/Damn 2020.

18 CIMUR 1961.
19 De Gaulle 1961.
20 Bulletin d'information commerciale 1958. This assemblage was approved by the CSTB (Centre for Construction Science and Technology) in August 1964.
21 Le Courrier du Verre 1972.
22 INPI 1972.
23 Graf/Marino 2014.
24 Patrigeon 2021.
25 We are grateful to the architects for having allowed us to consult their preliminary study; see also https://www.cregut-duport.com (accessed 30 May 2022).
26 *Le Monde* 1993.

Bibliography

AMERICAN SECURIT 1937
Brevet d'invention FR818164: Produits vitreux colorés et leur procédé de fabrication, patent registered by the American Securit Co. (US818164X - 21/02/1936), deposited on 20 February 1937, published 20 September 1937, https://data.inpi.fr/brevets/FR818164?q=The%20American%20Securit#FR818164 (accessed 30 November 2022).

L'ARCHITECTURE D'AUJOURD'HUI 1959
Anonymous, 'Immeuble de bureaux au centre de Paris', L'Architecture d'Aujourd'hui 82, February–March 1959, 22–25.

ARCHIVES SAINT-GOBAIN 1955
Anonymous, 'Note sur les produits trempés et émaillés', Archives Saint-Gobain, 14 September 1955.

ARCHIVES SAINT-GOBAIN 1963
Anonymous, 'Palette EMALIT : schéma d'impression des couleurs', Archives Saint-Gobain, 1958–1963.

BAILLEUL 2021
Océane Bailleul, La plaque de verre émaillé Emalit. Un revêtement coloré de l'après-guerre, MA dissertation directed by C. Blain and E. Monin, École nationale supérieure d'architecture et de paysage de Lille, 2021.

LE BÂTIMENT ET SAINT-GOBAIN 1959
Anonymous, 'L'école de Chaville', Le Bâtiment et Saint-Gobain 2, November 1959.

LE BÂTIMENT ET SAINT-GOBAIN 1962
Anonymous, 'Aluminium Français / Saint-Gobain, Développement et évolution des écoles industrialisées', Le Bâtiment et Saint-Gobain 7, April 1962.

BOSSUAT 1986
Gérard Bossuat, 'L'aide américaine à la France après la seconde guerre mondiale', Vingtième Siècle 9, January–March 1986, 17–36, https://www.persee.fr/doc/xxs_0294-1759_1986_num_9_1_1445 (accessed 20 May 2022).

BULLETIN D'INFORMATION COMMERCIALE 1958
Saint-Gobain, 'Saint-Gobain – Glaceries – Ventes France', Bulletin d'information commerciale 80, October 1958.

BULLETIN D'INFORMATION INTERNE 1961
Saint-Gobain, 'Saint-Gobain – Glaceries – Ventes France', Bulletin d'information interne 99, July 1961.

CIMUR 1961
Anonymous, 'Henri Vicariot. Les façades des bâtiments de l'aéroport d'Orly', CIMUR 6, February 1961.

CORTEVILLE/DAMM 2020
Paul Damm and Julie Corteville (eds.), Orly. Aéroport des Sixties, Paris: Lieux Dits, 2020.

LE COURRIER DU VERRE 1972
'Emalit Polychrome', advertisment, Le Courrier du verre 22, 1972.
DUFOURNIER/FOURNIER 2020
Benoît Dufournier and Bertrand Fournier, 'Glacerie Saint-Gobain Chantereine', POP : la plate-forme ouverte du patrimoine, 2020, https://www.pop.culture.gouv.fr/notice/merimee/IA60001120 (accessed 30 November 2022).
DE GAULLE 1961
Charles De Gaulle, public speech at the inauguration of Orly Airport, https://www.ina.fr/ina-eclaire-actu/video/cpf86634482/inauguration-aerogare-d-orly (accessed 20 September 2022).
GRAF/MARINO 2014
Franz Graf and Giulia Marino, 'Pour un observatoire du patrimoine contemporain. De l'histoire matérielle du bâti à l'histoire matérielle du projet de sauvegarde', Revue de l'Art 186, 2014, 31–35.
INPI 1958
Institut national de la propriété industrielle (INPI), registration of the 'EMALIT' trademark by Saint-Gobain, 24 November 1999, https://data.inpi.fr/marques/EM001396860?q=Saint-Gobain (accessed 30 May 2022).
INPI 1972
Institut national de la propriété industrielle (INPI), registration of the 'CABRILLANT' trademark by Saint-Gobain, 3 November 1972, https://data.inpi.fr/marques/WO393413?q=cabrillant#WO393413 (accessed 30 May 2022).
LAMBERT/NÈGRE 2009
Guy Lambert and Valérie Nègre, in collaboration with Emmanuelle Gallo and Denyse Rodriguez-Tomé, Ensembles urbains, 1940-1977: Les ressorts de l'innovation constructive, Paris: Conservatoire nationale des arts et métiers, 2009.
DE LAUBIER 2020
Marie de Laubier, 'Saint-Gobain, un industriel dans la Reconstruction', in: Gwenaële Rot and François Vatin (eds.), L'esthétique des Trente Glorieuses: De la Reconstruction à la croissance industrielle, Trouville-sur-Mer: La librairie des Musées, 2020, 232–241.
MANERA S.A. 1968
Anonymous, Vaires-sur-Marne, résidence du Parc de l'Aulnay, architecte Jacques Beufé, 1968 (brochure of the project promoter Manera S.A), online on As-tu-déjà oublié, http://astudejaoublie.blogspot.com/2013/03/vaires-residence-du-parc-de-laulnay.html.
LE MONDE 1993
Anonymous, 'Le regard de l'architecte Henri Ciriani', Le Monde, 2 February 1993.
PATRIGEON 2021
Corentin Patrigeon, 'La gare multimodale de l'aéroport d'Orly sort de terre', Batiactu 19 May 2021, https://www.batiactu.com/edito/aeroport-orly-se-dotera-ici-2024-gare-multimodale-61887.php (accessed 30 May 2022).
LA REVUE DE L'ALUMINIUM 1963
Anonymous, 'Le bâtiment', La Revue de l'Aluminium: Special Issue for the Centenary of Paul Héroult, May 1963.
SAINT-GOBAIN *ÉMALIT ÉVOLUTION*
Saint-Gobain Émalit évolution, https://www.saint-gobain-glass.de/de/emalit-evolution (accessed 5 December 2022).
SGAF 1959
Archives de l'Institut pour l'histoire de l'aluminium (SGAF), GEEP, Feu vert pour un programme de constructions scolaires accéléré : l'opération Chaville (brochure), 1959.
SGAF 1963
Archives de l'Institut pour l'histoire de l'aluminium (SGAF), Inventaire, 1963.
SGAF 1964
Archives de l'Institut pour l'histoire de l'aluminium (SGAF), Habitations industrialisées, 1964.
TECHNIQUES ET ARCHITECTURE 1967
Anonymous, 'Programme de 75 000 logements en région Parisienne', Techniques et Architecture 2, June–July 1967.

11

LE *CURTAIN WALL* À L'EUROPÉENNE
HISTOIRE, TECHNIQUES ET SAUVEGARDE DES VITRAGES ANTISOLAIRES

Giulia Marino

Abstract

Among the innumerable materials introduced in the 20th century, tinted sunscreen glass is certainly among those that best typify a certain 'mannerism' in the International Style that is particularly apparent in curtain-wall envelopes. But while in North America the curtain wall was often designed as a simple barrier to air and water, in Europe there was more concern regarding the physical interaction between glass envelopes and the climate. In this respect, reflective glass was an aesthetic and effective answer, capable of reducing solar irradiation and with it the phenomena of glare and overheating.
The European glass industry was thus gearing up to develop solar-control coating techniques. There were important innovations, and patents poured in: the curtain wall in reflective glass with orangish or bluish tints grew widespread, eventually becoming a truly distinctive hallmark of the architecture of the 1960s and 1970s.
Today, fifty years later, we can see the limits of the experiments with glass-coating techniques. Failure of the seals has led to significant forms of deterioration that affect both the aesthetic aspects of glazed surfaces and their performance. How are we to deal with buildings whose treatment of glazed surfaces was, in itself, a fundamental architectural choice?

Keywords

History of curtain-wall techniques, coated glazing, sunscreen glass, preservation of modern architecture

Parmi les innombrables types constructifs introduits au XXe siècle, le curtain wall est certainement celui qu'identifie le mieux un certain « maniérisme » de l'International Style. Peau lisse et tendue devant la structure porteuse, rythmée par une géométrie régulière, étincelante de métal et de verre : le mur rideau s'impose, dans le second après-guerre, comme l'expression parfaite du building administratif, un langage que Bruno Zevi n'hésite pas à traiter d'« Esperanto » de l'architecture internationale.[1]
Dans cette production à la mécanique implacable, entre résistance et souplesse, la question de la mise en couleur joue un rôle fondamental, au même titre que la définition de la trame, de la scansion des enveloppes ou du rythme des ouvertures. Après

1945, les architectes profitent en effet des avancées d'une industrie particulièrement dynamique. Du côté de la métallurgie, c'est le perfectionnement de toute sorte de traitements de surface par électrolyse des alliages légers utilisés en grille structurelle, en premier lieu l'anodisation, qui permet non seulement de protéger l'aluminium de la corrosion, mais aussi d'obtenir des teintes multiples avec une finition mate ou brillante au choix. En parallèle, on s'engage dans la mise au point des produits verriers, où les caractéristiques physiques telles que la résistance mécanique ou la performance thermique, ne peuvent en aucun cas faire abstraction des critères esthétiques. Les impératifs d'isolation thermique et acoustique accrue restent bien sûr incontournables, avec des progrès rapides dans la conception des doubles vitrages isolants, surtout au niveau du double scellement des verres. Mais le développement d'une panoplie de nouveaux matériaux et procédés cherche aussi à contrôler le rendu des vitrages, leur planéité parfaite et leur degré de réflexion, en mettant à disposition des architectes, de plus, une large palette de nuances.

Esthétique et confort. Des verres teintés

Le résultat de cette combinaison savante de produits industriels polychromes est épatant. Le chapitre consacré aux immeubles de bureaux de l'ouvrage de Konrad Gatz *Color in Architecture : A Guide to Exterior Design*, paru en 1961, montre bien le foisonnement en couleur des façades légères du second après-guerre (fig. 1). Utilisé au niveau des allèges, le verre opaque coloré par traitement d'émaux silicatés à haute température sur la face postérieure, est une solution largement répandue.[2] À côté de l'usage massif de ces panneaux opaques à base de pâte de verre, trempés et à surface polie, qui contrastent avec l'écriture des éléments structurels en aluminium naturel, le verre transparent coloré se taille aussi une part importante du marché.
Avec le Seagram building à New York, en 1958, Ludwig Mies van der Rohe (1886–1969), ouvre la voie de la « couleur », avec des verres simples teintés dans la masse par l'adjonction de poussières de bronze, le même matériau de la grille de façade. Dans la foulée de cette réalisation très médiatisée – mais où la production des verres a posé beaucoup de problèmes et s'est révélée extrêmement coûteuse – les architectes sont séduits par les possibilités expressives des composants transparents teintés. Aux quatre coins de la planète, une impressionnante série de « variations sur le thème » fait alors son apparition. Le modèle, reproduit sans cesse, est celui du volume prismatique élancé, recouvert d'une enveloppe légère, finement scandée par une résille de composants métalliques teintés (en acier peint ou en aluminium anodisé) qui s'accordent avec la nuance des verres colorés dans la masse – citons, par exemple, les Trade Tours de José Antonio Coderch (1913–1984) à Barcelone (1966), ou la Stock Exchange Tower à Montréal (1966) de Luigi Moretti (1906–1973) et Pier Luigi Nervi (1891–1979), un modèle du genre dans les tons du brun foncé.
Dans ce cadre, l'architecte Pietro Belluschi (1899–1994), formé à l'université de Rome avant de poursuivre sa carrière aux États-Unis, fait œuvre de pionnier avec son



1 Le foisonnement de couleurs et textures dans la production des façades légères du second après-guerre, resitué par Konrad Gatz dans son célèbre ouvrage Color in Architecture: A Guide to Exterior Design, paru en 1961.

Equitable Building à Portland (1949) (fig. 2). Le recours à des doubles vitrages isolants dont le volume extérieur est légèrement teinté en vert a été retenu en effet non seulement pour des raisons esthétiques, mais aussi pour atténuer les effets thermiques de l'insolation, ce qui veut dire pour optimiser les installations de ce bâtiment considéré comme l'un des premiers immeubles pourvus d'un système d'air conditionné intégral. Au-delà de ses qualités architecturales évidentes, le bâtiment de Portland est emblématique quant à la gestion du confort. Dans la foulée, Skidmore, Owings et Merrill, avec le Lever House (1952), feront appel à ce même principe, en équipant leur curtain wall de « verre possédant des propriétés "filtrantes" [dont] la composition et la teinte bleue le rendent capable d'absorber la chaleur solaire mieux que le verre ordinaire (la différence est de l'ordre de 35%) ».[3] Ici aussi, on relève les bienfaits de ce choix à la fois esthétique et technique dans les vitrages, « une contribution notable au rafraîchissement des locaux et une réduction de l'effet d'éblouissement, appréciable malgré la nécessité de laisser subsister des stores dans les bureaux ».[4] En dépit de leur réception extraordinaire – largement publié, le Lever House devient l'icône du modern building –, ces réalisations restent tout de même des cas relativement isolés dans un



2 Equitable Saving Building 1947–1949, Pietro Belluschi archtitecte, Portland.

contexte culturel, celui de la construction aux États-Unis, qui relègue aux installations techniques le contrôle total de l'environnement intérieur.
En effet, si en Amérique du Nord, le curtain wall est souvent conçu comme une simple barrière à l'air et à l'eau – les verres simples du Seagram ou du bâtiment de Montréal le montrent bien : en termes de confort, l'air conditionné s'occupe de tout ![5] –, en Europe on se montre plus soucieux de l'interaction entre les enveloppes vitrées et les installations, y compris par souci d'économie d'exploitation des réseaux. Les façades légères sont alors conçues comme un véritable « dispositif thermique », par une imbrication très forte entre les dispositifs actifs – les machines de climatisation ou d'air conditionné – et les dispositifs passifs – en premier lieu par les qualités et les performances des remplissages vitrés. Il n'est pas question de négliger les caractéristiques physiques des enveloppes ; bien au contraire, celles-ci participent pleinement au fonctionnement des installations techniques, opportunément réglées à cet effet. La synergie entre les équipements et la définition de la matérialité devient ainsi un enjeu incontournable ; elle relève d'une stratégie globale qui met sur un même plan le confort, l'économie d'exploitation et, bien entendu, l'esthétique. Au moment où l'association de la façade légère et de l'air conditionné se généralise dans l'architecture administrative, l'industrie européenne du verre se mobilise pour répondre aux exigences nouvelles des projeteurs.

… aux vitrages antisolaires

En parallèle du perfectionnement des doubles vitrages type Thermopane, on introduit en effet sur le marché un produit nouveau « appelé à un grand avenir » :[6] les doubles vitrages réfléchissants, ou vitrages antisolaires à couches minces. L'objectif est double et clairement déclaré. D'une part, le principe du double vitrage isolant – deux volumes de verres séparés par un matelas d'air déshydraté – permet d'éviter les effets de condensation intérieure et, avec elle, l'augmentation incontrôlée de l'hygrométrie, néfaste sur le plan du bien-être des utilisateurs, voire de la salubrité des espaces. D'autre part, le traitement de la face intérieure du volume de verre extérieur par le dépôt d'oxydes métalliques – argent, cuivre, nickel, etc. – doit contraster efficacement le rayonnement solaire, ce qui veut dire les phénomènes d'éblouissement et de surchauffe, diminuant ainsi les charges de l'installation d'air conditionné. Les architectes apprécient ce type « encore peu connu en Europe [dira-t-on dans les années 1970] qui réduit les frais de climatisation et conserve en hiver les calories à l'intérieur, permettant [ainsi] de renoncer aux stores extérieurs, disgracieux, onéreux et trop sensible au vent [dans les bâtiments en] hauteur. Réfléchissant les arbres, le ciel et les nuages, il crée ce sentiment de légèreté transparente qui évite l'aspect brutal d'une construction massive ».[7] En même temps, on doit garantir un coefficient de transmission lumineuse élevé, afin de rendre les intérieurs suffisamment clairs, avec une ambiance proche de celle de la lumière du jour, donc confortable. Enfin, bien entendu, la question de l'esthétique, par des surfaces teintées et miroitantes, est mise en avant puisqu'elle







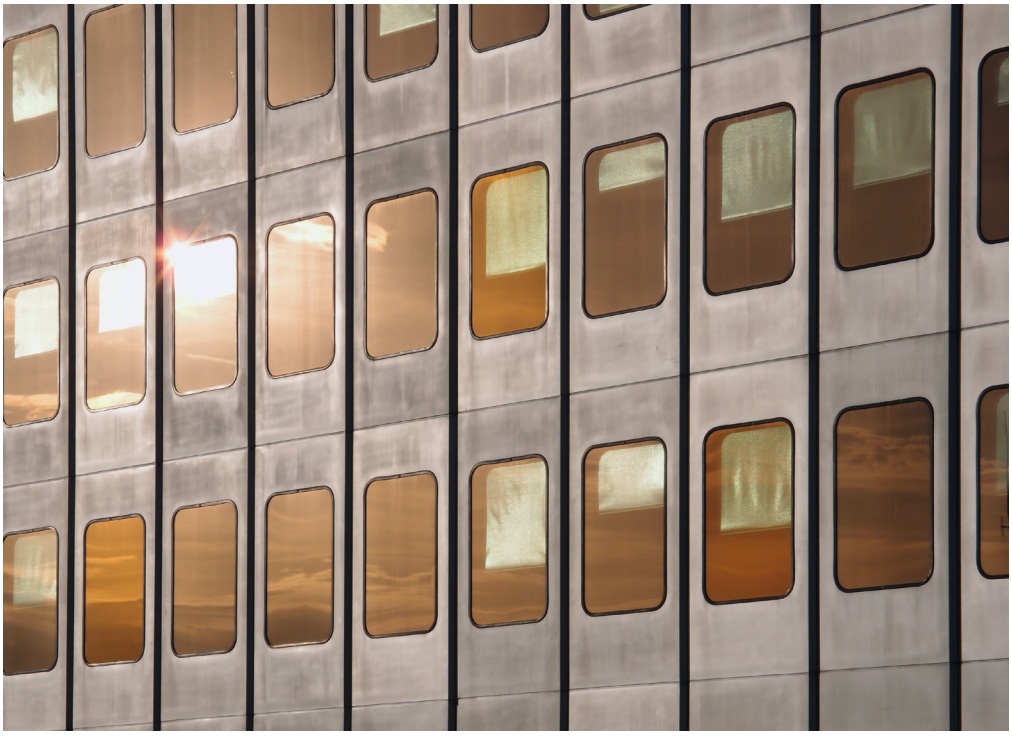


3a Calorex, Stopray, Elioterm, Infrastop : les revues techniques font la part belle aux encarts publicitaires de l'industrie verrière qui met en avant ses vitrages antisolaires, produit novateur destiné à une large diffusion.

permet de multiples combinaisons et un rendu particulièrement recherché des façades légères, et ce en dépit d'une volumétrie épurée.
L'enjeu est de taille et l'industrie du verre s'engage dans la recherche et le développement de ce produit complètement nouveau, destiné à une commercialisation importante, et ce jusqu'aux années 1980. Si les vitrages Thermopane nous venaient des États-Unis – il s'agit d'un brevet de Libbey-Owens de 1943, distribué sur licence en Europe, y compris dans la version Triver –, les verres antisolaires sont développés tout spécialement en Europe, là où la culture constructive se soucie davantage du comportement physique des enveloppes, en complément des dispositifs actifs du contrôle du confort.[8] Sans abandonner pour autant la production de glaces teintées (pensons aux vitrages Athermis de Saint-Gobain, qui auront une importante diffusion), l'on cherche des nouveaux modes de production, économiques et fiables. Cela concerne tant les techniques de traitement de la face intérieure du complexe du double vitrage – par procédés de réduction chimique dans la plupart des cas –, que les dispositifs de scellement des deux volumes de verre par collage, et non plus par simple sertissage métallique, un point crucial, celui de l'étanchéité de l'intercalaire, reconnu comme la véritable garantie de performance et durée dans le temps (fig. 3a).
Ainsi, à partir du début des années 1960, c'est tout d'abord l'entreprise belge Glaverbel qui met au point son produit phare Stopray, un brevet basé sur le principe de la réduction chimique, perfectionné ensuite, et jusqu'aux années 1970, par l'association de ce procédé de coating et du « in-line spray-coating process » (ce qui donnera lieu aux vitrages Infrastop, développés avec Flachglas). En parallèle, dès 1965, l'entreprise allemande Schott und Genossen développe le principe de la pulvérisation des solutions d'oxydes métalliques sur des grandes surfaces de verre chauffées dans un tunnel,[9] un procédé appelé plus tard « off-line coating » et qui sera précisé par l'entreprise Pittsburg Plate Glass (PPT, connue dès les années 1930 par son verre teinté Solex absorbant la chaleur). PPT lancera aussi, dès 1972, son modèle Solarcool, massivement diffusé dans sa version couleur bronze. Saint-Gobain aussi, en France, fait recours à ce procédé pour ses verres Parsol et ses vitrages Parelio et Antelio, de même, quelques années plus tard, que pour son modèle de pointe Elioterm, décliné en plusieurs variantes de couleur, du doré au bleuté, ce qui fera sa fortune auprès des architectes, séduits par les possibilités esthétiques des vitrages et leur très grande versatilité.
« Une teinte chaude qui donne la fraîcheur ! »[10], lit-on dans les publicités parues dans les plus importantes revues d'architecture. Stopray, Infrastop, Parelio, Elioterm, VariTran… Une panoplie de produits apparaît sur le marché, sur fond d'une concurrence rude, alimentée par des stratégies commerciales et de marketing nouvelles. Aimé ou détesté, le « verre miroir » se diffuse rapidement, jusqu'à devenir l'un des composants qui incarne le plus clairement le caractère de l'architecture internationale du second après-guerre (figs. 3b–c).



3b Siège de la société CBR, 1969, Constantin Brodzky, Marcel Lambrichs, architectes, Bruxelles.



3c Immeubles administratifs de la place Chauderon, 1974, AAA (Roland Willomet, Paul Dumartheray, architectes, Jean Prouvé constructeur), Lausanne.

Une production vaste et diversifiée

En plus de ses indéniables performances, dues à l'association heureuse du principe du double vitrage isolant et de la couche mince à l'intérieur du verre extérieur – le plus souvent feuilleté –, les vitrages antisolaires seront en effet un composant particulièrement apprécié par les projeteurs, jusqu'à devenir un véritable « leitmotif », un signe de distinction de l'architecture des années 1960 et 1970, et ce à l'échelle internationale. Bien avant que les enveloppes-miroir de César Pelli (1926–2019) ou Ieoh Ming Pen (1917–2019) ne deviennent une référence pour l'architecture internationale, les expériences européennes se multiplient dans les années 1960 : la Tour des Imprimeries réunies à Lausanne (1964) de Jean-Marc Lamunière (1925–2015), le siège de l'ENI de Nizzoli, Bernasconi et Fiocchi à Milan (1958), la Tour Totem d'Andrault et Parat à Paris (1978), l'étonnant immeuble La Tulipe à Genève (J. V. Bertoli (1931–1975), ou encore le Palast der Republik à Berlin (H. Graffunder (1926–1994), 1976), sans oublier une production bruxelloise particulièrement remarquable qui compte, parmi d'autres, le bâtiment du CRB (1969) de Constantin Brodzki (1924–2021) et Marcel Lambrichs (1917–1986) avec ses belles façades en béton architectonique, et le siège de la Royale Belge (1966) de René Stapels (1922–2012) et Pierre Dufau (1908–1985), les deux équipés de Stopray orange du belge Glaverbel. La liste de ces immeubles de bureaux serait longue. Il s'agit d'une production vaste et diversifiée, qui tire parti des potentialités formelles des verres à couche mince, déclinés en remplissages multiples, qui se glissent dans des structures métalliques ou en béton tout aussi expressives.
« La recherche de reflets a toujours séduit le créateur ; mais auparavant – et jusqu'à Chandigarh – on plaçait la surface réfléchissante devant le bâtiment, afin que celui-ci s'y mire (Taj-Mahal) ; maintenant, le bâtiment est le miroir. Que penser de cette mode ? », s'interroge le rédacteur de la revue Ingénieurs et architectes suisses dans un article au titre explicite « Miroir, dis-moi : qui est la plus belle ? » consacré justement à la tendance des façades-rideau réfléchissantes.[11] On reconnaît, dans cette vague de réalisations éclatantes partout en Europe, la liberté expressive qui caractérise les années 1960 et 1970, période d'expérimentation technique et formelle, les deux aspects étant indissociables. Le cas des enveloppes polychromes le montre bien.

Restaurer les vitrages antisolaires ?

Depuis les années 1990, les études consacrées aux quelques réalisations pionnières dans l'entre-deux-guerres, puis à la production massive de curtain walls d'après 1945, sont nombreuses et pointues – notons que le réseau Docomomo a été particulièrement actif dans ce domaine.[12] Cette littérature scientifique très riche semble pourtant négliger, et ce malgré son importance, la question cruciale de la mise en couleur des enveloppes légères. Ce fait apparaît d'autant plus flagrant au moment où s'engagent les réflexions sur la restauration du patrimoine quantitativement important et souvent remarquable des curtain walls des années 1960 et 1970. Dans ce cadre, en l'absence d'une reconnaissance patrimoniale établie, les enveloppes teintées et réfléchissantes



4 Publicité commerciale de la société belge Glaverbel pour son modèle Stopray illustrée par le siège des Imprimeries réunies à Lausanne, Jean-Marc Lamunière architecte, 1964.

sont particulièrement visées par des rénovations lourdes et irréversibles qui, le plus souvent, ne tiennent nullement en compte de l'image à tout titre emblématique des façades d'origine (figs. 4–6).

Certes, aujourd'hui, cinquante ans plus tard, on constate les quelques limites des expériences à haute technicité de coating. Dans certains cas, la perte d'étanchéité du cadre a entraîné des dégradations qui touchent tant aux aspects esthétiques – changement de teinte, couleur non uniforme, cristallisation, etc. –, qu'à la performance, désormais réduite à celle d'un double vitrage isolant traditionnel. Mais, indépendamment des pathologies qui pourraient affecter les vitrages antisolaires, les interventions sur les enveloppes miroir sont conduites avec peu d'attention pour les subtilités de leur mise en œuvre et leur aspect. Pire, dans la plupart des cas, on intervient dans une logique d'actualisation de l'image sous prétexte d'amélioration du bilan énergétique, selon un véritable réflexe conditionné. Ainsi, les vitrages antisolaires disparaissent, remplacés par de nouvelles techniques de verrerie contemporaine dite « à basse émissivité » (ou Low E) ou encore en intégrant des « vitrages dynamiques », certainement plus performants, mais incapables de restituer les qualités architecturales d'origine.

Et pourtant, d'autres approches sont possibles, en privilégiant par exemple l'optimisation des installations techniques d'air conditionné à tout remplacement. L'actualité



5 Tour des Imprimeries réunies, Jean-Marc Lamunière architecte, 1964, Lausanne, état à l'achèvement des travaux.



6 Tour des Imprimeries réunies, Jean-Marc Lamunière architecte, 1964, Lausanne, état après le remplacement des enveloppes en 1998. La teinte chaude des vitrages Stopray a disparu au profit d'une écriture des enveloppes dans les tons du bleu-argent.

du spectaculaire mur rideau du siège de l'Organisation mondiale pour la propriété intellectuelle à Genève (OMPI, 1979) en est une démonstration.

La « Tour Saphir » de l'OMPI, un cas d'étude exemplaire

Dans le bâtiment de l'OMPI, tout est façade. Le plan en « arc » conçu par l'architecte Pierre Braillard (1911–2009) correspond en effet à une volumétrie très simple, celle d'un parallélépipède fin et élancé, où le profil des deux façades courbées – concave au sud-est et convexe au nord-ouest – offre des perspectives changeantes et atténue l'effet de masse du volume de 13 étages dégagé sur la place du Palais des Nations (fig. 7). En dépit de sa géométrie élémentaire, la tour de l'OMPI bénéficie pourtant d'une esthétique particulièrement aboutie quant à l'expression des enveloppes. L'architecte recherche « une architecture vivante, légère mobile au gré des changements d'éclairage du matin au soir ou d'un jour à l'autre. [...] Une architecture qui participe à la vie du ciel, des nuages, et qui joue avec eux ».[13] Le choix des « vitrages antisolaires », découverts par Pierre Braillard à l'occasion d'un voyage d'étude aux États-Unis – le siège de la Ford Motor Company à Dearborn, dans le Michigan (Skidmore, Owings, Merrill, 1953–1956), fut, paraît-il, une révélation, équipé de verres Vari-Tran de Libbey-



7 Siège de l'Organisation mondiale pour la Propriété intellectuelle (OMPI), 1969–1978, Pierre Braillard architecte, Genève.

Owens-Ford[14] –, se fait ainsi très en amont du projet et n'est jamais remis en question. L'option de ces produits industriels nouveaux, à la dimension encore fortement expérimentale, confère au bâtiment de Pierre Braillard une valeur exceptionnelle, à la fois architecturale et technique.

Le processus de conception du mur rideau en témoigne. La grille du mur-rideau en aluminium anodisé teinte naturelle est pensée de manière à éviter toute saillie des composants, ce qui veut dire d'ombre portée par les couvre-joints. Les remplissages, quant à eux, sont soigneusement sélectionnés dans la large palette du marché des produits verriers des années 1970. Conscient du côté stratégique du choix des composants vitrés – en termes d'image, mais aussi de physique du bâtiment – l'architecte fait alors appel au professeur Rolf Schaal (dates de vie inconnue), professeur de construction à l'École polytechnique de Zurich de 1967 à 1989 et spécialiste incontesté des façades légères en Suisse et au-delà – son ouvrage Vorhangwände-Curtain walls de 1961 fut longtemps considéré comme le texte de référence.[15]

L'analyse multicritère est minutieuse et s'étale sur plusieurs mois. Comme ce fut le cas de « l'appel d'offres lancé à l'échelon international » pour la structure de la façade,[16]

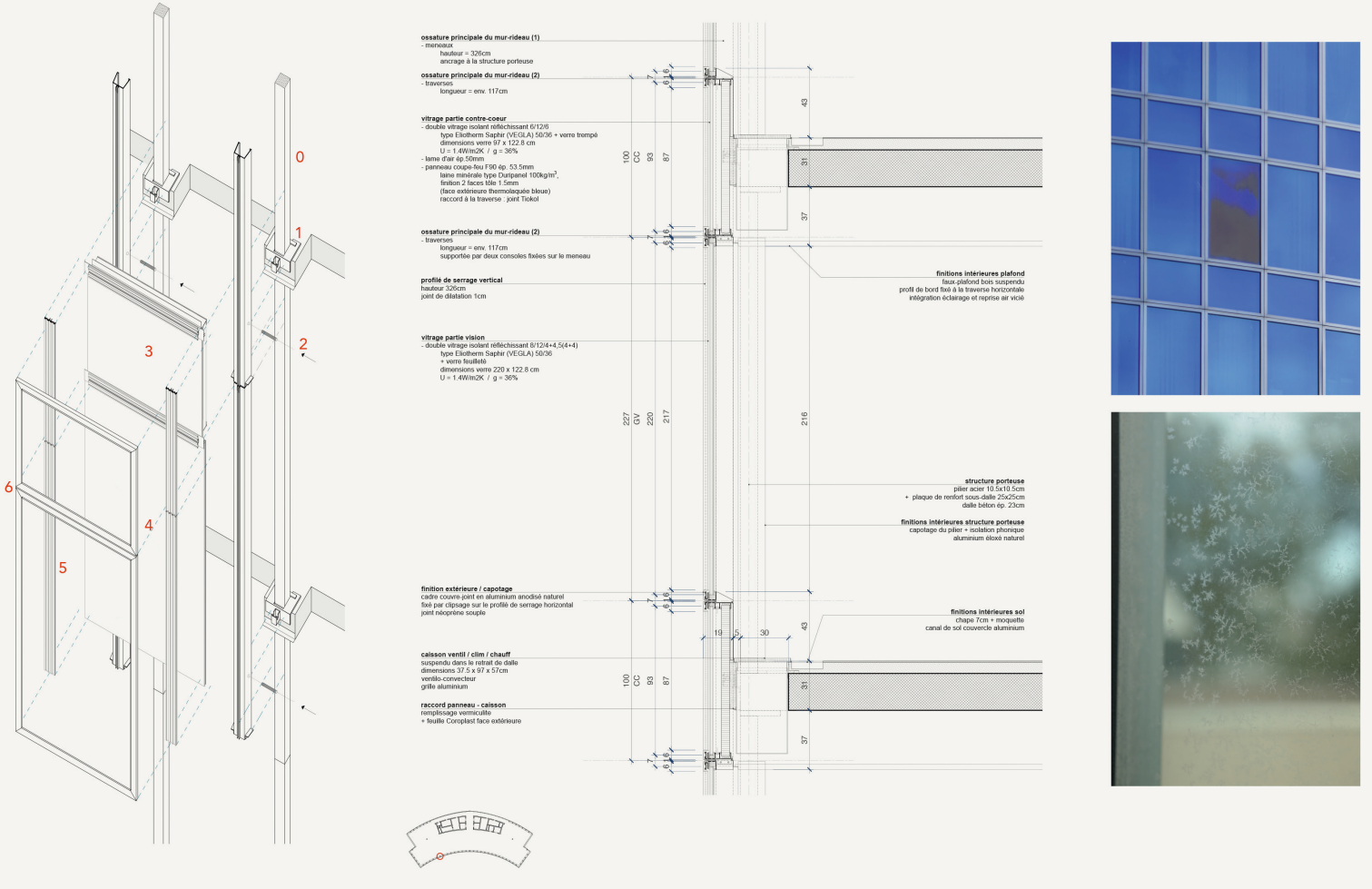
celui pour la vitrerie est rédigé de manière volontairement très ouverte, mais la pesée d'intérêts entre l'esthétique et la performance n'est pas aisée. Le vitrage Calorex produit par la firme allemande Schott est ainsi écarté en raison de sa valeur k (2,7) nettement insuffisante, 2 étant considérée comme une valeur moyenne à l'époque. La solidité et la tenue de l'intercalaire dans le temps sont aussi reconnues comme un facteur fondamental, rédhibitoire même. « Le type collé est [ainsi] choisi de préférence au type à ruban plomb soudé »,[17] technique considérée désormais comme obsolète, face aux nouveaux systèmes du type Cudo, éprouvés depuis quelques années. C'est bien cet aspect qui fait pencher la balance, dans un premier temps, vers les modèles Infrastop Auresin 49/34 et Stopray 50/36 gris-bleu, dont la technique du verre semble donner d'excellents résultats et dont le coefficient thermique est d'ailleurs plus favorable que les prévisions, à savoir 1,5 pour Infrastop, 1,6 pour Stopray, sans renoncer pour autant à un degré de transmission lumineuse élevé, parfaitement adapté à l'ambiance intérieure que l'on souhaite établir dans les bureaux de l'OMPI.

Mais alors que le choix final semble se porter sur le produit de Glaverbel, un nouveau type de vitrage est mis sur le marché par Saint-Gobain, dans la gamme Elioterm, à savoir le Saphir 50/35 qui, avec des performances égales, semble donner davantage de satisfaction quant à son esthétique, puisque on peut même « rechercher un bleu ciel plus clair et moins rouge »,[18] une teinte obtenue « sur mesure » et non pas simplement retenue sur catalogue.

Certainement grâce à une conception extrêmement souple du curtain wall – on reconnaît l'expertise de Schaal –, les enveloppes de l'OMPI sont aujourd'hui en bon état, hormis quelques pathologies ponctuelles. Si pour les quelques volumes de verre dégradés – de l'ordre de 5%, de teinte violette et ayant perdu leur transparence – on peut simplement envisager le remplacement localisé, la question du bilan énergétique se pose, d'autant plus dans le cas d'une organisation des Nations Unies qui souhaite se montrer exemplaire en termes de développement durable.

Les études approfondies récentes ont toutefois montré que le remplacement intégral des enveloppes avec des nouveaux vitrages contemporains à haute performance ne constituerait qu'une amélioration relative face au potentiel d'optimisation des installations d'air conditionné d'origine,[19] logiquement obsolètes et très énergivores, cinquante ans après leur mise en service. Aucune dégradation de la couche d'oxyde n'est en effet visible sur les vitrages, ce qui veut dire que le cadre n'a pas perdu son étanchéité et que la performance est la même que celle d'origine (avec un coefficient U de 1.4 W/m^2,°K), une performance excellente pour l'époque et toujours remarquable aujourd'hui.

En revanche, le remplacement du système d'air conditionné par éjecto-convecteurs, alimenté par une centrale thermique d'ancienne génération, ainsi que l'optimisation du zonage, permettraient des économies d'énergie très conséquentes, substantielles même, y compris en cas de rafraîchissement estival. Données de calcul à l'appui, nous pouvons raisonnablement en conclure que l'option de la restauration du mur rideau est sans doute préférable à celle de son remplacement, impliquant une perte de l'écriture



8 Siège de l'Organisation mondiale pour la Propriété intellectuelle (OMPI), 1969–1978, Pierre Braillard architecte, Genève. Relevé et diagnostic des enveloppes.

des enveloppes parmi les plus emblématiques de la deuxième moitié du XXe siècle. Dans la mise en place de cette stratégie tant pragmatique que respectueuse, l'OMPI n'est certainement pas un cas isolé, bien au contraire. Il s'agit simplement de tirer parti de la conception des années 1970, à savoir une parfaite synergie entre la matérialité des enveloppes et les réseaux, en la prolongeant dans le projet de sauvegarde. Les considérations formulées par Reyner Banham dans son célèbre ouvrage de 1969 quant à l'imbrication de techniques régénératives et de techniques conservatives restent aujourd'hui d'une actualité saisissante (fig. 8).[20]

1 Zevi 1955, 657.
2 Pratiquement inaltérable et d'une grande résistance mécanique, comparable à celle des glaces sécurisées, le verre émaillé teinté est utilisé aussi en association, sous forme de panneaux étanche ou respirant. Il peut être assemblé en double vitrage ou en panneau-sandwich associant un verre émaillé extérieur et un matériau isolant opaque intérieur.
3 « Lever House complete. The lights go on in New York's newest office building », Architectural Forum, n° 6, juin 1952, 101–111.
4 Yassin/Bouchet 1953, 36–44.
5 Notons que la conception de ces murs rideaux intègre, en partie basse, un profilé en U pour récolter les eaux de condensation qui se forme sur la face intérieure des vitrages simples.
6 « Glaverbel dans le monde », Habitation, n° 9, septembre 1968, 53–54.
7 Pierre Braillard architecte, Discours prononcé à l'occasion de l'inauguration du siège de l'OMPI, le 11 septembre 1978 ; archives OMPI.
8 Notons que l'importation des produits nord-américains n'est pas aisée, en raison du risque de dégradation des vitrages, reconnus comme des composants d'une certaine « fragilité ». Cela concerne notamment les sollicitations sur les intercalaires, un risque accru.
9 L'entreprise Schott à Mainz deviendra ensuite le leader des procédés par immersion « sol-gel coating » avec application d'un film de dioxyde de titane, utilisés dès la moitié des années 1960, notamment dans ses produits Irmir – ayant comme particularité un facteur lumineux très élevé ainsi qu'une teinte plutôt neutre –, Mirogard et Amiran. Une version à triple couche d'oxyde sera commercialisée sous les modèles Irox et Calorex.
10 Encart publicitaire de la société Glaverbel paru dans la revue suisse Habitation, n° 9, 1968, 60.
11 Neyroud 1987, 45.
12 Citons, par exemple, le cahier édité par l'International scientific commitee in technology de Docomomo (International committee for documentation and conservation of buildings, sites and neighbourhoods of the modern movement) sur la restauration des murs rideaux iconiques des années 1930 et 1950 : Wessel de Jonge 1997.
13 Pierre Braillard, La tour bleu de l'OMPI *sur la place des Nations*, plaquette éditée à l'occasion de l'inauguration du bâtiment, 1978 ; archives OMPI, Genève.
14 Pierre Braillard, architecte, entretien en février 2005, propos recueillis par Giulia Marino.
15 Schaal 1961.
16 Lettre de Claude Masouyé, Directeur du cabinet du Directeur général de l'OMPI, à Erich Schild ingénieur, 2 juin 1975 ; Archives OMPI, Dossier CM, 1975–1978.
17 OMPI, Memorandum adressé à l'entreprise H. Schmidlin S.A. à Bâle-Aesch, 9 janvier 1976 ; Archives OMPI, Dossier Schmidlin 75/76.
18 Lettre de Pierre Braillard à Arpad Bogsch, Directeur général de l'OMPI, 20 octobre 1977 ; Archives OMPI, Dossier Schmidlin 77/81.
19 Franz Graf, Giulia Marino, École polytechnique fédérale de Lausanne, laboratoire des techniques et de la sauvegarde de l'architecture moderne, avec Effin'Art et Mebatech, Les enveloppes de l'OMPI, études préalables à la restauration, EPFL-TSAM, Lausanne, 2022.
20 Banham 1969.

Bibliographie

BANHAM 1969

Reyner Banham, The Architecture of the Well-Tempered Environment, Chicago : Architectural Press, 1969.

GATZ 1953

Konrad Gatz, Color in Architecture: A Guide to Exterior Design, Munich : Callwey, 1961.

NEYROUD 1987

François Neyroud, « Miroir, dis-moi : Qui est la plus belle ? », Ingénieurs et architectes suisses 5, 1987, 45.

SCHAAL 1961

Rolf Schaal, Vorhangwände. Curtain Walls, Munich : Callwey, 1961.

WESSEL DE JONGE 1997

Arjan Doolaar Wessel de Jonge (dir.), Curtain wall refurbishment. A challenge to manage, actes du séminaire Docomomo (Eindhoven University of Techology, janvier 1996), Eindhoven : Docomomo International, 1997.

YASSIN/BOUCHET 1953

Ivor B. Yassin, A. Bouchet, « 'Lever House' à New York, immeubles pour bureaux à New York », La Technique des travaux 1–2, 1953, 36–44.

ZEVI 1955

Bruno Zevi, « Le sette meraviglie dell'architettura americana + 1 », L'Architettura. Cronache e Storia 40, 1955, 657.

PART 3
THE CHALLENGE OF PRESERVATION AND IN SITU-RESTORATION OF WINDOW GLASS

12

ALTGLAS?
ANMERKUNGEN ZUM UMGANG MIT FLACHGLAS BEI BAUDENKMALEN

Isabel Haupt

Abstract

This article explores the preservation of flat glass in architectural monuments drawing on several examples from preservation practice for historical monuments, focusing mostly but not exclusively on Switzerland. Flat glass—which has both historical technological interest and aesthetic value—is by no means waste glass. Nevertheless, glass is often replaced to meet new energy and safety requirements or noise regulations. For older architectural monuments, where glass is primarily an element of the window, retrofitting strategies have been established that certainly allow single panes of glass to be preserved. Here, preservation strategies are often based on additive and reversible measures. More complex is the preservation of insulating glass. The Empire State Building in New York (completed 1931) provides an interesting practical example: its 6,514 windows were retrofitted and reused on site. While glass replacement still dominates the renovation of modern buildings, current projects in Switzerland—such as the upgrading of single-pane glass to insulating glass at the First Church of Christ Scientist in Basel (built in 1936)—show new ways of preserving flat glass. In addition, practical research undertaken in the context of circular construction, such as at UNIT Sprint in Dübendorf, Zurich, shows that upgrading insulating glass is possible and a practice worth undertaken, not only for monuments.

Keywords

Preservation of flat glass, retrofitting glass, Revetro

Flachglas ist nicht gleich Flachglas. Architektonisch eingesetztes Flachglas hat mit seinen historisch bedingten Produktionsmöglichkeiten nicht nur einen technikgeschichtlichen Zeugniswert, sondern auch ein epochenspezifisches ästhetisches Erscheinungsbild (Abb. 1). Die Geschichte der Verwendung von Flachglas am Bau spiegelt zudem die wachsende Verfügbarkeit zu günstigen Preisen, die immer besser werdenden Transportmöglichkeiten und die vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten dank der Entwicklung neuer Produkte und Konstruktionen wider. Glas prägt die Architektur wesentlich mit, und dies spätestens ab dem 19. Jahrhundert unübersehbar, wie der architekturgeschichtliche Kanon zeigt. Dass der Umgang mit Flachglas bei Bau-



1 Blick durch ein historisches Fensterglas auf die Gassen der Altstadt von Rheinfelden, 2021.

denkmalen denkmalfachliche und restauratorische Fragen aufwirft, liegt somit auf der Hand. Die folgenden Anmerkungen zum Umgang mit Flachglas bei Baudenkmalen unternehmen eine subjektive Bestandsaufnahme und einen Rückblick auf den Umgang mit diesem Bestand, reflektieren anhand ausgewählter Beispiele die aktuelle denkmalpflegerische Praxis und wagen einen Blick in die Zukunft. Der Fokus liegt dabei auf der deutschsprachigen Schweiz.

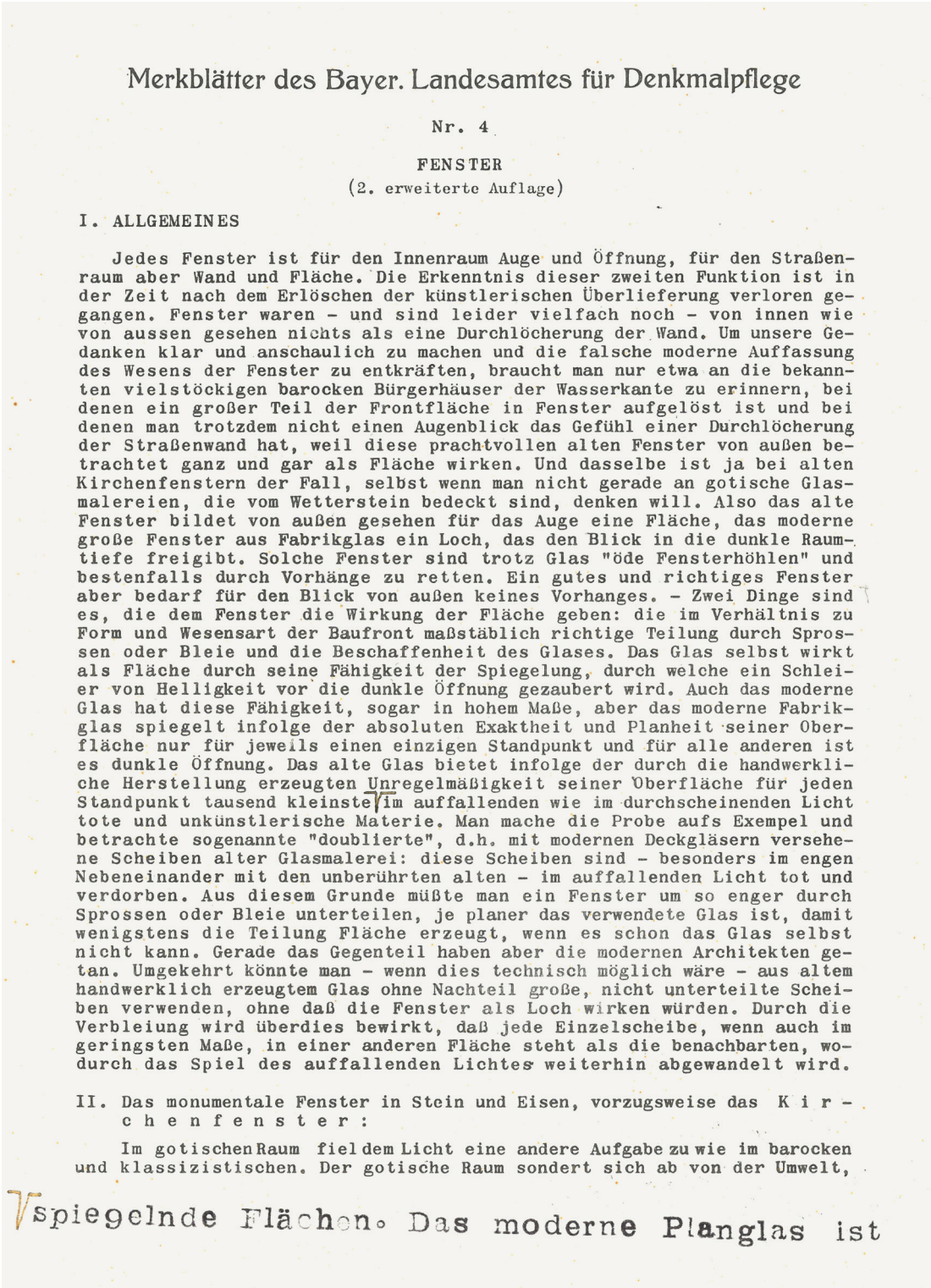
Status quo?

Flachglas ist bei älteren Baudenkmalen zumeist als Fensterglas anzutreffen. Betrachtet man den Umgang mit Fenstern und ihren bauzeitlichen Verglasungen, dann ist in der Confoederatio Helvetica eine selbstkritische Reflexion des Themas durchaus möglich. Angesichts der Tatsache, dass die Schweiz und ihr Baubestand von den Zerstörungen zweier Weltkriege fast vollständig verschont geblieben sind, könnte man vermuten, dass sich noch ein relativ grosser Bestand an älteren Bauten mit historischen Fenstern inklusive ihrer bauzeitlichen Gläser mit ihren charakteristischen Schlieren und Lufteinschlüssen findet. Doch wie ist es um den Fenster- und Flachglasbestand, beispielsweise im Schweizer Mittelland zwischen Zürich, Bern und Basel, tatsächlich bestellt?

»Ganz schön unkompliziert«[1] ist die Fenstererneuerung – sei es mit einem Renovationsfenster unter Beibehaltung des Blendrahmens oder als Totalersatz – nicht nur auf der werbenden Homepage manch eines Fensterherstellers. Bei nicht inventarisierten oder geschützten Bestandsbauten war und ist der Fenster- und damit auch der Glasersatz im Zeichen von Energie- und Heizkostenersparnis ein scheinbar attraktives und dementsprechend auch häufig genutztes Angebot. Damit einher gehen in der Regel ein Materialwechsel und eine Vereinfachung der Formen bei den Fensterflügeln sowie die Verwendung von Floatglas, oftmals als Dreifachverglasung.[2] Selbst in ortsbaulich sensiblen Situationen nimmt man die damit verbundenen optischen Effekte zumeist hin, auch wenn sich nun beispielsweise Altstadtansichten in neuen Fenstergläsern grünlich widerspiegeln.
Fenster- und Glasersatz sind aber nicht nur bei Bestandsbauten die Regel, sondern – im Widerspruch zu denkmalpflegerischen Grundsätzen – auch bei Baudenkmalen anzutreffen. Wenn Fenster sich mit ihren historischen Gläsern in situ erhalten haben, verdankt sich dies meist besonderen Umständen. Während bei Baudenkmalen aufgeschobener Unterhalt aus denkmalfachlicher Sicht prinzipiell ein Problem ist, gibt es doch Fälle, wo aufgeschobene Investitionen historische Fenster mit ihren alten Gläsern am angestammten Ort überdauern liessen. Eine Rolle spielen auch Komfortansprüche und Geschichtsbewusstsein der Eigentümerschaft.[3] So leben beispielsweise die Benediktinerinnen im Kloster Fahr in der Zwischenklimazone der Korridore nach wie vor mit den historischen, wenn auch nicht bauzeitlichen Fenstern mit Einfachverglasungen. Ein Glücksfall ist es auch, wenn sich im Dachgeschoss oder Ökonomieteil eines Hauses ein Depot mit historischen Fenstern mit entsprechenden Verglasungen erhalten hat und eine Eigentümerschaft diese wieder einbauen möchte. Manchmal lassen sich ausgebaute Fenster mit ihren Gläsern vor der Baumulde nur retten, indem sie in das Bauteillager einer Denkmalpflegefachstelle verbracht werden oder dort, wo es kein Bauteillager gibt, in den Amtsstuben verwahrt werden. Fragt man sich, was zu diesem Stand der Dinge führt, wird deutlich, dass unser Umgang mit historischen Verglasungen in einem Spannungsfeld stattfindet. Verschleiss, Nutzerwünsche und neue Anforderungen insbesondere in den Bereichen Schallschutz, Sicherheit und energetische Ertüchtigung stehen der Wertschätzung des historischen Bestands gegenüber.

Wertschätzung und Sensibilisierung

Der Wertevermittlung und entsprechenden Sensibilisierungskampagnen hat sich insbesondere die institutionalisierte Denkmalpflege gewidmet. So hielt das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege in einem Merkblatt zum Thema Fenster bereits 1955 – also mitten in der Wiederaufbauzeit und noch bevor das Floatglas in den 1960er-Jahren seinen Siegeszug antrat – fest (Abb. 2): »Zwei Dinge sind es, die dem Fenster die Wirkung der Fläche geben: die im Verhältnis zu Form und Wesensart der Baufront massstäblich richtige Teilung durch Sprossen oder Bleie und die Beschaffenheit des Glases.



Merkblätter des Bayer. Landesamtes für Denkmalpflege

Nr. 4

FENSTER

(2. erweiterte Auflage)

I. ALLGEMEINES

Jedes Fenster ist für den Innenraum Auge und Öffnung, für den Straßenraum aber Wand und Fläche. Die Erkenntnis dieser zweiten Funktion ist in der Zeit nach dem Erlöschen der künstlerischen Überlieferung verloren gegangen. Fenster waren - und sind leider vielfach noch - von innen wie von aussen gesehen nichts als eine Durchlöcherung der Wand. Um unsere Gedanken klar und anschaulich zu machen und die falsche moderne Auffassung des Wesens der Fenster zu entkräften, braucht man nur etwa an die bekannten vielstöckigen barocken Bürgerhäuser der Wasserkante zu erinnern, bei denen ein großer Teil der Frontfläche in Fenster aufgelöst ist und bei denen man trotzdem nicht einen Augenblick das Gefühl einer Durchlöcherung der Straßenwand hat, weil diese prachtvollen alten Fenster von außen betrachtet ganz und gar als Fläche wirken. Und dasselbe ist ja bei alten Kirchenfenstern der Fall, selbst wenn man nicht gerade an gotische Glasmalereien, die vom Wetterstein bedeckt sind, denken will. Also das alte Fenster bildet von außen gesehen für das Auge eine Fläche, das moderne große Fenster aus Fabrikglas ein Loch, das den Blick in die dunkle Raumtiefe freigibt. Solche Fenster sind trotz Glas "öde Fensterhöhlen" und bestenfalls durch Vorhänge zu retten. Ein gutes und richtiges Fenster aber bedarf für den Blick von außen keines Vorhanges. - Zwei Dinge sind es, die dem Fenster die Wirkung der Fläche geben: die im Verhältnis zu Form und Wesensart der Baufront maßstäblich richtige Teilung durch Sprossen oder Bleie und die Beschaffenheit des Glases. Das Glas selbst wirkt als Fläche durch seine Fähigkeit der Spiegelung, durch welche ein Schleier von Helligkeit vor die dunkle Öffnung gezaubert wird. Auch das moderne Glas hat diese Fähigkeit, sogar in hohem Maße, aber das moderne Fabrikglas spiegelt infolge der absoluten Exaktheit und Planheit seiner Oberfläche nur für jeweils einen einzigen Standpunkt und für alle anderen ist es dunkle Öffnung. Das alte Glas bietet infolge der durch die handwerkliche Herstellung erzeugten Unregelmäßigkeit seiner Oberfläche für jeden Standpunkt tausend kleinste im auffallenden wie im durchscheinenden Licht tote und unkünstlerische Materie. Man mache die Probe aufs Exempel und betrachte sogenannte "doublierte", d.h. mit modernen Deckgläsern versehene Scheiben alter Glasmalerei: diese Scheiben sind - besonders im engen Nebeneinander mit den unberührten alten - im auffallenden Licht tot und verdorben. Aus diesem Grunde müßte man ein Fenster um so enger durch Sprossen oder Bleie unterteilen, je planer das verwendete Glas ist, damit wenigstens die Teilung Fläche erzeugt, wenn es schon das Glas selbst nicht kann. Gerade das Gegenteil haben aber die modernen Architekten getan. Umgekehrt könnte man - wenn dies technisch möglich wäre - aus altem handwerklich erzeugtem Glas ohne Nachteil große, nicht unterteilte Scheiben verwenden, ohne daß die Fenster als Loch wirken würden. Durch die Verbleiung wird überdies bewirkt, daß jede Einzelscheibe, wenn auch im geringsten Maße, in einer anderen Fläche steht als die benachbarten, wodurch das Spiel des auffallenden Lichtes weiterhin abgewandelt wird.

II. Das monumentale Fenster in Stein und Eisen, vorzugsweise das K i r c h e n f e n s t e r :

Im gotischen Raum fiel dem Licht eine andere Aufgabe zu wie im barocken und klassizistischen. Der gotische Raum sondert sich ab von der Umwelt,

spiegelnde Flächen. Das moderne Planglas ist

2 Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Merkblatt zum Thema Fenster, 1955.

Das Glas selbst wirkt als Fläche durch seine Fähigkeit der Spiegelung, durch welche ein Schleier von Helligkeit vor die dunkle Öffnung gezaubert wird. Auch das moderne Glas hat diese Fähigkeit, sogar in hohem Masse, aber das moderne Fabrikglas spiegelt infolge der absoluten Exaktheit und Planheit seiner Oberfläche nur für jeweils einen einzigen Standpunkt und für alle anderen ist es dunkle Öffnung. Das alte Glas bietet infolge der durch die handwerkliche Herstellung erzeugten Unregelmässigkeit seiner Oberfläche für jeden Standpunkt tausend kleinste [spiegelnde Flächen. Das moderne Planglas ist] im auffallenden wie im durchscheinenden Licht tote und unkünstlerische Materie.«[4]

Das europäische Denkmalschutzjahr 1975 sensibilisierte breite Bevölkerungskreise für das baukulturelle Erbe und für die Schönheit einzelner Bauteile wie beispielsweise historischer Fenster, wenngleich nicht spezifisch für deren historische Verglasung. In der Folge fand die fachliche Ausdifferenzierung des Umgangs mit historischen Fenstern ihren Niederschlag, u. a. in Arbeitsblättern, umfangreichen Arbeitsheften und in der Forschung.[5] Historische Fenster mit ihren entsprechenden Gläsern wurden in Bauarchiven und Bauteillagern gesammelt und entsprechende Weiterbildungsangebote entwickelt – so das bayerische Fortbildungs- und Beratungszentrum in Thierhaupten oder das Informations- und Weiterbildungszentrum Baudenkmalpflege in der Kartause Mauerbach des österreichischen Bundesdenkmalamts, die beide in den 1980er-Jahren ihre Tätigkeit aufgenommen haben.

Auch in der Schweiz vertraten Denkmalpflegende die Ansicht: »les fenêtres sont les yeux des maisons«[6] – womit das Fensterglas gewissermassen die Augenfarbe ist. Begeistert verzeichnete beispielsweise Alexander Schlatter als Aargauer Denkmalpfleger 1989 angesichts historischer Fenster mit Bleiverglasungen im Hofbereich des Hotels Rad, Bad Zurzach, »einzelne alte Gläser mit wild laufenden Schlieren« und musste sich doch mit deren Dokumentation begnügen, da die Fenster nicht erhalten wurden.[7] Gleichwohl gelang immer öfter der Schritt vom Ersatz zur Reparatur, wobei insbesondere die Zürcher Denkmalpflege bald auf erfolgreiche Instandsetzungen zurückblicken und diese einer interessierten Öffentlichkeit vorstellen konnte, so beispielsweise die 1986–1993 erfolgte Fensterrenovation beim sog. Jenny-Schloss in Thalwil. Der 1877/78 errichtete repräsentative Bau hatte seine bauzeitlichen Fenster bewahrt und aus denkmalpflegerischer Sicht war die Fensterfrage »ein zentrales Problem«, erachtete man die einfach verglasten Fenster mit zugehörigen Vorfenstern doch aus ästhetischer und technischer Sicht als erhaltenswert und galt es auch den »Verlust der noch nicht perfekt industriell gefertigten Originalgläser mit Blasen und Unregelmässigkeiten« zu verhindern.[8] Das Spannungsfeld Energieverbrauch und Substanzerhalt wurde dabei von Anfang an meist auch auf Basis wissenschaftlich-technischer Untersuchungen diskutiert, sei es durch Aufnahmen mit Wärmebildkameras oder Berechnungen des Wärmeverbrauchs.[9]

Die Sensibilisierung für das Thema schlug sich – im Vergleich zu den Nachbarländern mit einer gewissen Verzögerung – in Handreichungen nieder, die dann aber wie das 1997 für Bern herausgegebene vierseitige Faltblatt *Sanierung von Fenstern in schüt-*



3 Auswahl von Arbeitsblättern von Schweizer Denkmalpflegefachstellen zum Thema Fenster, 2021.

zenswerten Bauten knappe, allgemein verständliche Empfehlungen, Hinweise, Ratschläge und Beispiele, inklusive eines kleinen Abschnitts zum Thema Fensterglas, boten.[10] Auf Bundesebene sind als Meilensteine die 2001 publizierte Broschüre zum Thema *Sanierung von einfach- und doppeltverglasten Fenstern* und das 2003 von der Eidgenössischen Kommission für Denkmalpflege (EKD) publizierte Grundsatzpapier *Fenster am historischen Bau* (Aktualisierung 2018) zu nennen.[11]

Neben den historischen Holzfenstern und ihren Verglasungen avancierten die Bauten der Moderne mit ihren Fensterkonstruktionen und Materialien zu einem wichtigen Thema. Behandelt wurde es u. a. in den 1995 publizierten Forschungen des Getty Conservation Institute zu Baumaterialien des 20. Jahrhunderts oder bei der Docomomo-Konferenz 1998 zu *Reframing the Moderns: Substitute Windows and Glass*.[12] Glas war auch das Baumaterial, dem sich 2010 die erste Tagung des von der Schweizerischen Hochschulkonferenz finanzierten Forschungsprojektes *Enciclopedia critica per il riuso e restauro dell'architettura del XX secolo* widmete.[13] Glasersatz ist im Rahmen von Sanierungsstrategien nach wie vor ein Thema, wobei sich, angesichts der komplexen Fragestellungen bei jungen Baudenkmalen, die entsprechenden Publikationen vornehmlich an ein Fachpublikum richten.[14]

Für den Umgang mit älteren Fenstern und ihren Verglasungen haben sich zwischenzeitlich verschiedene Strategien der Erhaltung und Ertüchtigung etabliert, zu denen auch entsprechende Forschungsprojekte beitrugen. 2012 legten sowohl die École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) mit der Studie zu *Assainissement de fenêtres dans les immeubles d'habitation 1850–1920* als auch die Berner Fachhochschule mit ihrem Forschungsbericht über die *Energetische Sanierung historisch wertvoller*

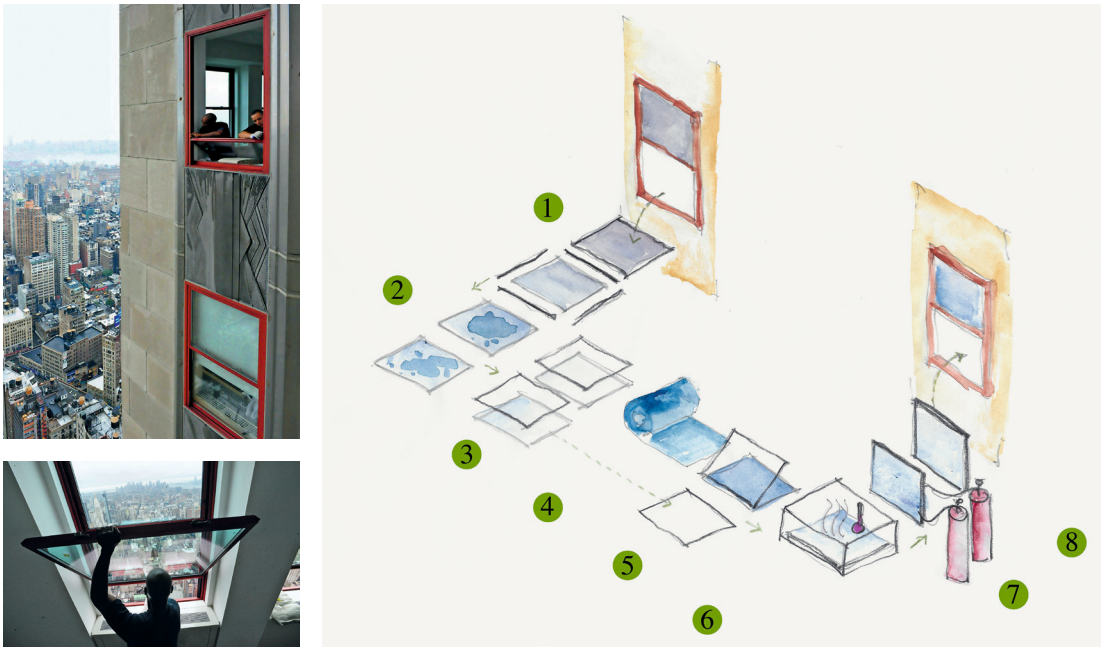
Fenster grundlegende Ergebnisse vor.[15] So erstaunt es nicht, dass heute zahlreiche Schweizer Denkmalpflegefachstellen den denkmalgerechten Umgang mit Fenstern und ihren Gläsern breitenwirksam in Arbeitsblättern aufzeigen (Abb. 3).[16]

Erhaltungsstrategien

Erhalt oder Ersatz der historischen Fenstergläser wird dennoch oft noch zur denkmalpflegerischen Gretchenfrage, die im Spannungsfeld von Substanz und Schauwert zu beantworten ist. Die Entwicklung spezieller Restaurierungsgläser, die eine energetische Verbesserung mit der optischen Angleichung an historische Gläser vereinen und zugleich aufgrund ihrer Masse mit geringen Eingriffen in historische Fensterflügel eingebaut werden können, lässt das Pendel nicht selten Richtung Schauwert ausschlagen. Der Erhalt der historischen Verglasung bedingt in allen Fällen, in welchen der Ist-Zustand nicht akzeptiert wird oder der Einbau einer Dichtung nicht ausreicht, additive Massnahmen, die gut gestaltet sein wollen.
Bei einem Holzfenster mit Einfachverglasung sind beispielsweise ein Zusatzfenster als Vorfenster, die Erweiterung zu einem Kastenfenster oder die Aufdoppelung des Rahmens mit einem weiteren Glas bewährte Strategien, die den Erhalt des historischen Flachglases ermöglichen. Diese Strategien lassen sich auch in grössere Massstäbe übertragen. Was für das Fenster mit Einfachverglasung der Umbau zum Kastenfenster ist, lässt sich bei Fensterwänden mit Einfachverglasung, wie man sie z. B. bei historischen Fabrikhallen antrifft, mit dem Haus-im-Haus Prinzip erreichen (Abb. 4).
Der Schritt von der Fensterertüchtigung zur Glasertüchtigung ist für den jüngeren Flachglasbestand von zentraler Bedeutung. Eindrucksvoll hat dies die 2009–2013 durchgeführte Fensterertüchtigung beim Empire State Building in New York vor Augen geführt, das 1931 nach Plänen des Büros Shreve, Lamb and Harmon fertiggestellt worden ist. Für die 6514 Vertikal-Schiebefenster wurde auf einer Etage des Gebäudes eine Werkstatt eingerichtet, in der die Isolierverglasungen in mehreren Arbeitsschritten ertüchtigt wurden (Abb. 5). Die Fenster wurden ausgebaut, die Gläser auseinander genommen, gereinigt, mit neuen Abstandshaltern und einer Wärmeschutzfolie versehen, ein neuer Randverbund hergestellt, eine Mischung aus Krypton- und Argon-Gas in die Glaszwischenräume eingebracht, das Glas wieder in die Rahmen eingesetzt und die ertüchtigten Fenster eingebaut.[17] Es ist vielleicht kein Wunder, dass diese Fensterertüchtigung bei einem amerikanischen Wolkenkratzer, der eine Architekturikone ist, unter der Obama-Regierung ausgeführt wurde, die mit Blick auf den Klimawandel Förderprogramme für energetische Gebäudeertüchtigungen unterstützt hat. Dabei bieten die Faktoren Grösse und Menge bei Fensterertüchtigungen insofern Vorteile, als dass es sich lohnt, neue Methoden der Reparatur oder Ertüchtigung zu erarbeiten.
Die Glasertüchtigung – also die Wiederverwendung von Bestandsgläsern, die im Verbund mit neuen Gläsern zu Isoliergläsern verbaut werden – ist in Europa ein eher neues Thema. Ein denkmalpflegerisch interessantes Beispiel ist die mit dem von der



4 Fabrikgebäude in der Bat'a-Kolonie, Möhlin, im Kanton Aargau, errichtet 1934/35 nach Plänen des Bat'a-Baubüros in Zlin, umgebaut und ungenutzt zu Wohnungen 2015–2016.



5 Empire State Building, New York, 1931, Shreve, Lamb and Harmon, Ertüchtigung der Fenster unter Beibehaltung der Isolierverglasung. **1**: Ausbau der Fenster und Demontage in ihre Einzelteile; **2**: Reinigung; **3**: Montage von neuen Spacern; **4**: Einbringen einer Folie (Heat Mirror Film); **5**: Zusammenführung der beiden ertüchtigten Glasscheiben; **6**: Herstellung eines neuen Randverbunds; **7**: Einbringen einer Mischung aus Krypton- und Argon-Gas in den Glaszwischenraum; **8**: Montage der ertüchtigten Fenstergläser in ihrem Fensterrahmen und der Fassade.

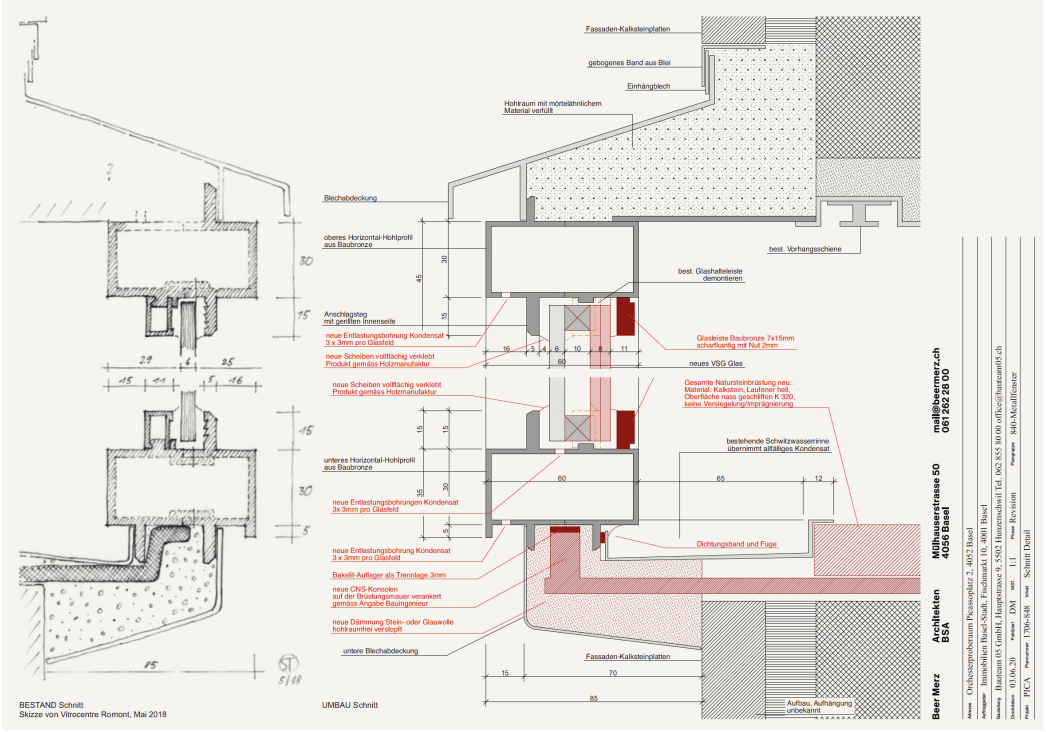
Holzmanufaktur Rottweil entwickelten System Revetro 2019–2020 durchgeführte Ertüchtigung der Verglasung des Kleinen Saals bzw. des ehemaligen Sonntagschulraums der von Otto Rudolf Salvisberg 1936 in Basel erbauten First Church of Christ Scientist (Abb. 6). Im Rahmen der Umnutzung des geschützten Sakralgebäudes zur Geschäftsstelle und zum Probesaal des Basler Sinfonieorchesters nach Plänen von Beer Merz Architekten, Basel, stellte sich die Frage nach dem Umgang mit der über den Eingangsbereich auskragenden Fensterfront.[18] Der Denkmalwert der bauzeitlichen Gläser war unbestritten. Erhalten haben sich 40 grosse Tafeln, die im Fourcault-Verfahren gezogen und durch beidseitiges Schleifen zu ca. 6 mm starkem Kristallglas veredelt wurden. Sie wurden ausgebaut und in der Werkstatt mit einem den neuen Normen geschuldetem Verbundsicherheitsglas zu einer mit Krypton-Gas gefüllten Isolierverglasung zusammengefügt, bei der aussen zudem eine Sonnenschutzfolie aufgebracht wurde. Gehalten werden die ertüchtigten Gläser noch immer von der filigranen Rahmenkonstruktion aus Baubronze, die jedoch auch aus statischen Gründen gewisse Anpassungen erfuhr (Abb. 7).

Zirkuläres Bauen als Zukunftskonzept

Erhalt und Wiederverwendung von Bauteilen wie Fenstern und ihren Gläsern ist längst nicht mehr nur ein Thema der Denkmalpflege. Der Klimawandel veranlasst auch den



6 First Church of Christ Scientist, Basel, 1936, Otto Rudolf Salvisberg, Umnutzung, Instandsetzung und Ertüchtigung 2017–2020, Beer Merz Architekten, Basel.



7 First Church of Christ Scientist, Basel, 1936, Otto Rudolf Salvisberg, Umnutzung, Instandsetzung und Ertüchtigung 2017–2020, Beer Merz Architekten, Basel. Skizze links: Profil der Fensterfassade vor Ertüchtigung (Vitrocentre Romont, Stefan Trümpler, Mai 2018); Skizze rechts: Ertüchtigte Fensterfassade (Beer Merz Architekten).

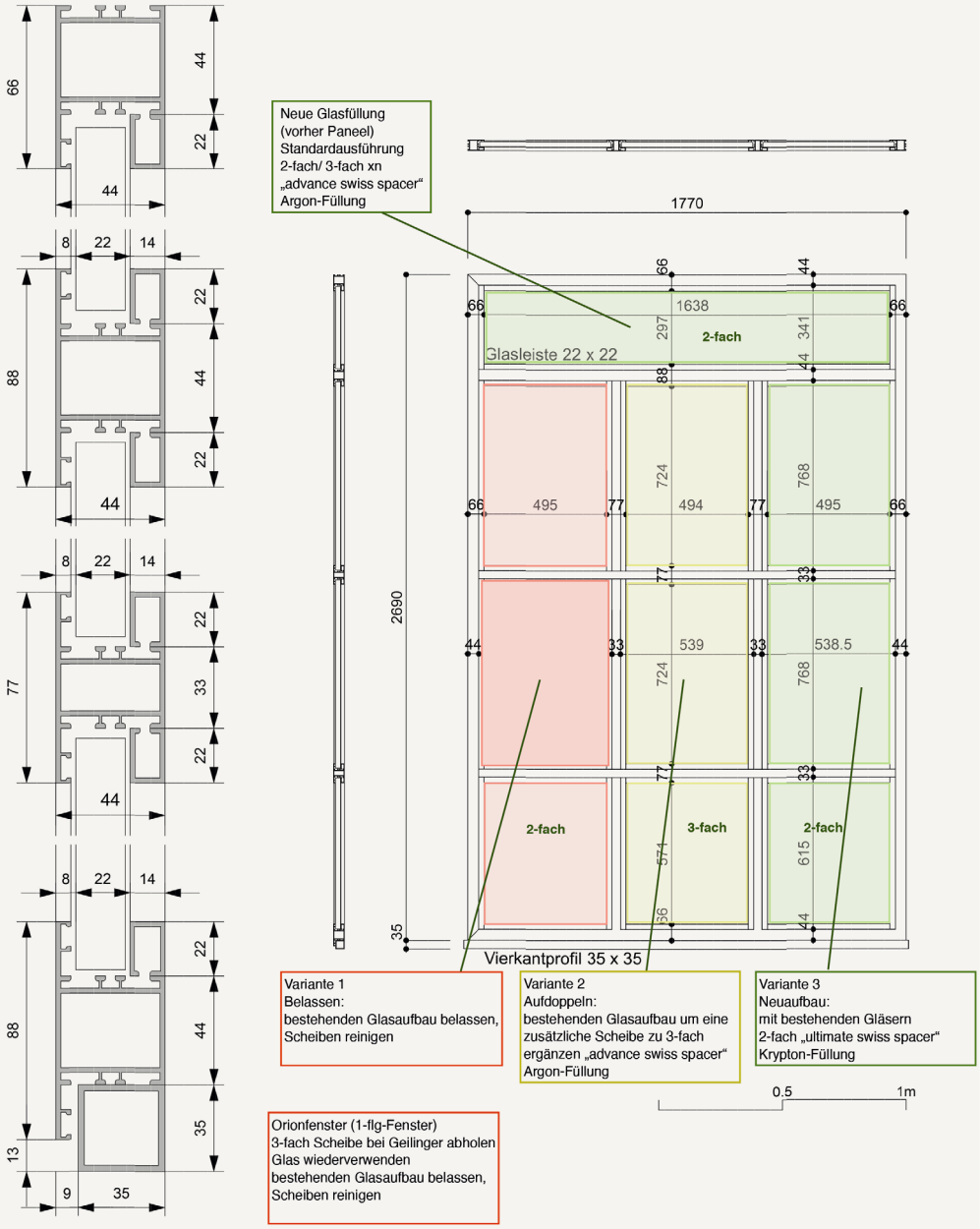


8 Unit Sprint, NEST Dübendorf, 2021, baubüro in situ ag, Basel, Wiederverwendung und Ertüchtigung bestehender Fenster und ihrer Gläser.

Bausektor, neu über Prinzipien der Kreislaufwirtschaft nachzudenken. Pioniere des zirkulären Bauens erfahren heute eine breite Rezeption mit ihren Projekten. Von der damit einhergehenden empirischen Forschung kann auch die Denkmalpflege profitieren. Das zeigt z. B. der vom Basler »baubüro in situ« im Auftrag der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) Ende August 2021 fertiggestellte Bau Unit Sprint im NEST, Dübendorf.[19] Hier wurden neue Büroräume weitestgehend aus wiederverwendeten Bauelementen erstellt.[20] So stammen fast alle Fenster aus Rückbauten und sind mindestens 30 Jahre alt (Abb. 8). In Zusammenarbeit mit der Firma Glassolutions wurden bei den Zweifach-Isolierverglasungen unterschiedliche Methoden der Nachrüstung realisiert: a) das Hinzufügen einer dritten, sehr dünnen Glasscheibe zur bestehenden Isolierverglasung innerhalb des bestehenden Fensterrahmens, b) das Ersetzen des Randverbunds und der Abstandhalter sowie das Einbringen einer neuen Gas-Füllung unter Beibehaltung der Bestandsgläser (vergleichbar der Massnahme beim Empire State Building) sowie c) der Ersatz der Verglasung (Abb. 9). Die Effekte der unterschiedlichen Massnahmen im Vergleich zum Bestand werden derzeit durch Messungen überprüft. Auf die Ergebnisse darf man gespannt sein, nicht nur mit dem Blick auf graue Energie und Klimaziele, sondern auch mit dem Blick der Denkmalpflege auf mögliche Strategien für den Umgang mit Isolierverglasungen. Ertüchtigen statt neu herstellen mag bei Glas darüber hinaus angesichts der steigenden Gaspreise und der hohen Energiekosten vielleicht auch aus wirtschaftlichen Gründen zum Gebot der Stunde werden.

Plädoyer

Es gibt viele gute Gründe, einen sorgsamen Umgang mit historischem Flachglas zu pflegen. Aus denkmalpflegerischer Sicht wird man bei Baudenkmalen den Fokus auf den historischen Zeugniswert legen, aus klimapolitischer Sicht wird man bei Bestands-



9 Unit Sprint, NEST Dübendorf, 2021, baubüro in situ ag, Basel, Wiederverwendung und Ertüchtigung bestehender Fenster und ihrer Gläser, Skizze zu den unterschiedlichen Strategien im Umgang mit den Bestandsgläsern.

bauten und bei aus wiederverwendeten Bauteilen neu konstruierten Gebäuden den Fokus auf energetische Fragestellungen richten. Dem Erhalt wird in beiden Fällen aber das Erkennen der spezifischen Werte zugrunde liegen und das Erforschen von Ertüchtigungsstrategien dienen. Darüber hinaus wird Engagement in Normenkommissionen nötig sein, wenn historisches Flachglas nicht als Altglas zum Entsorgungsfall werden soll.[21] Und dass Fensterglas nicht entsorgt werden soll, lässt sich in der Schweiz ja auf jedem Altglascontainer nachlesen.

1 Egokiefer 2022.
2 Bei Bestandsbauten fliesst in die entsprechenden Entscheidungsprozesse die graue Energie als zu berücksichtigender Faktor oft zu wenig ein. In der Schweiz hat für Fragen zur grauen Energie 2010 das Merkblatt des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein SIA Nr. 2032 Pionierarbeit geleistet und die Methodik der Ökobilanzierung geklärt. Mit der Überarbeitung des Merkblatts *Graue Energie – Ökobilanzierung für die Erstellung von Gebäuden* im Jahr 2020 wurden auch Bilanzierungsgrundsätze für Bestandsbauten vorgestellt. Operiert wird dabei mit den drei Werten Restwert, Werterhalt und Wiederbeschaffungswert.
3 Solch ein geschichtsbewusster Eigentümer ist z. B. auch der Restaurator Bruno Häusel. In seinem Atelier in der Kirchgasse 4 in Rheinfelden findet sich eines der ältesten in situ erhaltenen Fenster im Kanton Aargau.
4 Bayerische Landesamt 1955. Ein Exemplar findet sich im Archiv der Kantonalen Denkmalpflege Aargau (im Folgenden: DPAG).
5 Für Bayern lassen sich zum Themenbereich Fenster beispielsweise nennen: Arendt/von Waldburg 1978, Gieß 1990, 118–122 (Fensterglas); Schmidt [1993] 2004. Als Standardwerk für den deutschsprachigen Raum entstand noch vor der Jahrtausendwende Gerner/Gärtner 1996.
6 Barbey d'Aurevilly 1883, 417.
7 DPAG, Bad Zurzach, Hotel Rad (Schwertgasse), handschriftliche Notiz von Alexander Schlatter.
8 Baumgartner/Rebsamen 1998, 298.
9 Bauberatung Zürich 2004. Peter Baumgartner hatte wesentlichen Anteil an der Änderung der Zürcher Bewilligungspraxis und war massgeblich am Grundsatzpapier der Eidgenössischen Kommission für Denkmalpflege (EKD) aus dem Jahr 2003 beteiligt.
10 Ein Exemplar dieses Faltblatts findet sich im Archiv der Denkmalpflege Kanton Aargau.
11 Erb/Eicher 2001.
12 Jester 1995; de Jonge/Wedebrunn 2000.
13 Graf/Albani 2011.
14 Ayón/Pottgiesser/Richards 2019.
15 Ortelli et al. 2012; Geyer et al. 2012.
16 Merkblätter 2022; Kantonale Denkmalpflege Bern et al. 2014.
17 RetrofitMag 2013; Calzavara 2017.
18 Neben dem System Revetro für Bestandseinfachverglasung hat die Holzmanufaktur Rottweil für Bestandsisolierverglasung das System Rethermo entwickelt; die Wortmarken wurden 2019 angemeldet, vgl. auch Braun/Klos 2021. Siehe zum Projekt zudem Beer Merz o. J. und Marchal 2021. Wesentliche Fachberichte, die sich u. a. im Archiv der Kantonalen Denkmalpflege Basel-Stadt finden, sind: Vitrocentre Romont, First Church of Christ Scientist (BS), Fensterfront im Sonntagsschulraum und Fenster im grossen Kirchensaal, 25.5.2018; Holzmanufaktur Swiss AG, Abschlussdokumentation, Basel, Picassoplatz 2, Fenster, Kleiner Saal, 16.10.2020.
19 NEST ist ein modulares Forschungsgebäude, bei dem neue Materialien, Technologien und Systeme unter realen Bedingungen erprobt und getestet werden.
20 In situ 2021. Für weiterreichende Informationen danke ich Oliver Seidel, baubüro in situ ag.
21 Der Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein SIA hat 2021 das Merkblatt SIA 2057 *Glasbau* neu vorgelegt und Fachleute aus der Schweiz sind an der Erarbeitung des zukünftigen Eurocodes für die Bemessung von Glas beteiligt. Es ist zu erwarten, dass damit auch für

Bestandsgläser vermehrt eine Ertüchtigung oder ein Ersatz durch Verbundsicherheitsglas gefordert werden wird. Aus denkmalpflegerischer Sicht gilt es somit dem Leitsatz »Baunormen dürfen auf Denkmäler nicht ohne vertiefte Abklärung angewendet werden« Nachdruck zu verleihen, EKD 2007, 25.

Bibliografie

AYÓN/POTTGIESSER/RICHARDS 2019
Angel Ayón, Uta Pottgiesser und Nathaniel Richards, Neue Fassaden im Bestand. Sanierungsstrategien für Klassiker der Moderne, Basel: Birkhäuser, 2019.

ARENDT/VON WALDBURG1978
Claus Arendt und Graf von Waldburg, Baudetail: Fenster, Bau 1, Arbeitsblätter des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege 11, Dezember 1978.

BARBEY D'AUREVILLY 1883
Jules Amédée Barbey d'Aurevilly, La vengeance d'une femme, Paris: A. Lemerre, 1883, https://fr.wikisource.org/wiki/Les_Diaboliques/La_vengeance_d'une_femme (aufgerufen am 10.07.2022).

BAUBERATUNG ZÜRICH 2004
Bauberatung der Denkmalpflege des Kantons Zürich, »Beispiele aus der Praxis der Denkmalpflege«, NIKE-Bulletin 19, 2004, 8–13.

BAUMGARTNER/REBSAMEN 1998
P.[eter] B.[aumgartner] und Hp. [Hanspeter] R. [ebsamen], »Thalwil, Isisbühl, Mühlebachstrasse 51, sog. Jenny-Schloss«, in: Baudirektion Kanton Zürich und Kantonale Denkmalpflege (Hg.), Zürcher Denkmalpflege, 13. Bericht 1991–1994, Zürich/Egg: Fotorotar, 1998, 290–299, https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/sport-kultur/kultur/arch%C3%A4ologie/denkmalpflege/vergriffene-publikationen/13_Bericht.pdf (aufgerufen am 10.07.2022).

BAYERISCHES LANDESAMT 1955
Merkblätter des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, Nr. 4, Fenster (2. erw. Aufl.), 1955.

BEER MERZ O. J.
Beer Merz, Website des Architekturbüros, Projekt First Church of Christ, Scientist, Basel, https://www.beermerz.ch/bauten/proberaum-und-geschaftsstelle-sinfonieorchester-basel (aufgerufen am 10.07.2022).

BRAUN/KLOS 2021
Karsten Braun und Hermann Klos, »Zwei verbundene Glasscheiben – Chance oder Risiko? Isolierglas in der Denkmalpflege«, Denkmalpflege in Baden-Württemberg 4, 2021, 284–289, https://journals.ub.uni-heidelberg.de/index.php/nbdpfbw/article/download/84702/79041 (aufgerufen am 10.07.2022).

CALZAVARA 2017
Michele Calazavara, »The skyscraper that is making history«, Abitare, 1. Oktober 2017, https://www.abitare.it/en/habitat-en/urban-design-en/2017/10/01/empire-state-building-sustainable-windows/ (aufgerufen am 09.11.2022).

DE JONGE/WEDEBRUNN 2000
Wessel de Jonge und Ola Wedebrunn (Hg.), Reframing the Moderns: Substitute Windows and Glass, Proceedings International Docomomo Seminar, 20. Mai, 1998, Royal Danish Academy of Fine Arts, Copenhagen/Delft: [o.V.], 2000.

EGOKIEFER 2022
Egokiefer, Firmenwebsite, Werbung 2022, https://www.egokiefer.ch/de/fensterrenovation/ (aufgerufen am 06.06.2022).

ERB/EICHER 2001
Markus Erb und Hanspeter Eicher, »Sanierung von einfach- und doppeltverglasten Fenstern«, 2001, https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=4849 (aufgerufen am 09.11.2022).

EKD 2007
Eidgenössische Kommission für Denkmalpflege (Hg.), Leitsätze zur Denkmalpflege in der Schweiz / Principes pour la conservation du patrimoine culturel bâti en Suisse / Principi per

la tutela dei monumenti storici in Svizzera / Guidelines for the preservation of built heritage in Switzerland, Zürich: vdf Hochschulverlag, 2007, http://vdf.ch/leitsatze-zur-denkmalpflege-in-der-schweiz-1597068686.html (aufgerufen am 10.07.2022).

GERNER/GÄRTNER 1996
Manfred Gerner und Dieter Gärtner, Historische Fenster: Entwicklung, Technik, Denkmalpflege, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1996.

GEYER ET AL. 2012
Andreas Müller, Barbara Wehle, Christoph Geyer, Anna Schusser, Marc Donzé, C. Heuer und Josef Pichler, »Sanierung historischer Fenster«, Webseite der Berner Fachhochschule, 2012, https://www.bfh.ch/de/forschung/forschungsprojekte/2010-459-151-276/ (aufgerufen am 14.11.2023).

GIEß 1990
Harald Gieß, Fensterarchitektur und Fensterkonstruktion in Bayern. Vom ausgehenden 18. Jahrhundert bis zum Ersten Weltkrieg, Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege 39, München: Karl M. Lipp Verlag, 1990.

GRAF/ALBANI 2011
Franz Graf und Francesca Albani (Hg.), Il vetro nell'architettura del XX secolo: conservazione e restauro / Glass in 20th Century Architecture: Preservation and Restoration, Mendrisio: Mendrisio Academy Press, 2011.

IN SITU 2021
In situ, Webseite des Büros, https://www.insitu.ch/projekte/320-unit-sprint-im-nest-empa (aufgerufen am 09.11.2022).

JESTER 1995
Thomas C. Jester (Hg.), Twentieth-century Building Materials, History and Conservation, New York: McGraw-Hill, 1995.

KANTONALE DENKMALPFLEGE BERN ET AL. 2014
Kantonale Denkmalpflege Bern und Kantonale Denkmalpflege Zürich (Hg.), Energie und Baudenkmal, Bd. 2: Fenster und Türen, Bern: [o. V.], 2014, https://www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/sport-kultur/kultur/arch%C3%A4ologie/denkmalpflege/energie-und-baudenkmal/Energie_Baudenkmal_2_Fenster_Tueren.pdf (aufgerufen am 10.07.2022).

MARCHAL 2021
Katharina Marchal, »Musik statt Andacht«, Espazium, 7. Oktober 2021, https://www.espazium.ch/de/aktuelles/musik-anstatt-andacht (aufgerufen am 10.07.2022).

MERKBLÄTTER 2022
Merkblätter der Denkmalpflegfachstellen, https://www.nike-kulturerbe.ch/de/ueber-uns/mitglieder/arbeitskreis-denkmalpflege/merkblaetter-der-kantonalen-denkmalpflegen/ (aufgerufen am 10.07.2022).

ORTELLI ET AL. 2012
Luca Ortelli, Pierre Zurbrügg, Catarina Wall Gago, Georgine Roch, Assainissement de fenêtres dans les immeubles d'habitation 1850–1920, Webseite der École polytechnique fédérale de Lausanne EPFL, 2012, https://infoscience.epfl.ch/record/219032 (aufgerufen am 10.07.2022).

RETROFITMAG 2013
Retrofitmag, »Retrofitting Traditional Windows at the Empire State Building«, Youtube-Video, 14. Mai 2013, https://www.youtube.com/watch?v=N7-5PZLAohU&feature=youtu.be (aufgerufen am 10.07.2022).

SCHMIDT [1993] 2004
Wolf Schmidt, »Reparatur historischer Holzfenster«, Denkmalpflege Informationen, Ausgabe D Nr. 17; 2. Aufl., Sonderausgabe A, 2. überarb. Aufl., München: Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, 2004.

SIA 2057:2021
Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (Hg.), SIA-Merkblatt 2057 »Glasbau«. Auswirkungen auf den Fenster- und Fassadenbau, Hochschule Luzern 2021, http://shop.sia.ch/normenwerk/ingenieur/glasbau/D/Product (aufgerufen am 14.11.2023).

13

DIE MONDSCHEIBENVERGLASUNG DER KLOSTERKIRCHE ST. MICHAEL IN BAMBERG

WÜRDIGUNG, VORPROJEKT UND RESTAURIERUNG DER BAROCKEN BLANKVERGLASUNG IM RAHMEN DER GESAMTINSTANDSETZUNG

Susanne Fischer und Josef Ganka

Abstract

In 2015, the former monastery on Michaelsberg looked back over its 1,000-year history. Still Romanesque at its core, the monastery church was rebuilt in 1121 after an earthquake, and (the main parts of the building) again in 1610 after a devastating fire. Today, the interior reflects mainly the period of Baroquization (18th century) implemented according to plans of the Dientzenhofer brothers. Owing to the risk of collapse in places, the monastery had to close in 2012. Structural renovation therefore came first. Façades and windows will be restored next, then the high-quality interior with its ceiling painting, the 'Heavenly Garden', and furnishings. As a basis for the work, the managers of the restoration carried out preliminary investigations, including into the transparent glazing. The results have more than justified the effort: the former abbey church has largely preserved its original Baroque hexagonal glazing made from crown glass. In this context, it should be noted that there was a centre for crown-glass production nearby, in Schleichach, which has a very well-documented history of deliveries to various Bamberg churches. The careful restoration of the historic glazing, being undertaken by specialist management, is based on glass samples. The production of adequate replacement material is an especially complex task.

Keywords

Michaelsberg monastery, transparent glazing, Baroque hexagonal glazing, crown glass, window restoration

Klares Glas in den Fenstern wurde auch bei denkmalpflegerisch besonders anspruchsvollen Instandsetzungsmassnahmen an hochrangigen Bau- und Kunstdenkmälern lange ignoriert. Dennoch kommt ihm nicht nur materiell, sondern vor allem auch in Hinblick auf das Licht im Innenraum eine massgebliche Bedeutung zu. Barocke Raumfassungen, aber auch die glanzaffinen Oberflächen der barocken Ausstattung reagieren sensibel auf die besondere Lichtqualität, die an der Raumgrenze durch den Lichteinfall an barocken Blankverglasungen entsteht. Viele glückliche Umstände haben aktuell am Michaelsberg dazu geführt, dass wir dort eine in Umfang und Qualität bislang beispiellose barocke Verglasung aus Mondscheiben rechtzeitig als solche er-



1 Bamberg Michaelsberg, Luftaufnahme des Klosters.

kannt haben, sie im Rahmen von ausführlichen Voruntersuchungen erfassen konnten und so ihre angemessene Konservierung Teil der Gesamtmassnahme geworden ist.

Das Kloster am Michaelsberg in Bamberg

Das ehemalige Benediktinerkloster auf dem Michaelsberg wurde 1015 als bischöfliches Eigenkloster gegründet, von Kaiser Heinrich II. besonders reich ausgestattet und ein erster Kirchenbau bereits 1021 geweiht (Abb. 1). 1112 erfolgte eine Reform nach Vorbild von Kloster Hirsau, veranlasst durch Bischof Otto I. (um 1060–1139), den Kaiser Heinrich IV. (reg. 1084–1105) 1102 zum achten Bischof von Bamberg ernannt hatte. Die Basilika ist im Kern noch romanisch; sie wurde in dem grossen Erdbeben von 1117 zwar weitgehend zerstört, aber schon bald darauf (1121) als Neubau geweiht. Nach seinem Tod 1139 wurde Bischof Otto I. auf seinen ausdrücklichen Wunsch hin nicht wie üblich im Dom, sondern in der Klosterkirche St. Michael bestattet. In der Folge der Heiligsprechung 1189 wurden sein Grab und damit auch die Klosterkirche am Michaelsberg zu einem wichtigen Pilgerort.[1] Schon der Gründungsbau hatte gemäss dem erwähnten Anspruch sicher einen vollständigen Bestand an farbigen Glasgemälden in den Fenstern. Eine Grabung im Jahr 1997 förderte in einer entsprechenden Zeitschicht der ersten Hälfte des 11. Jahrhunderts vorwiegend blaue und grüne Scherben und Reste von Bleiruten zutage.[2] Auch der Neubau von Bischof Otto I. wird wohl Glasgemälde in den



2 Bamberg Klosterkirche St. Michael, Innenraum nach der Barockisierung ab 1720.

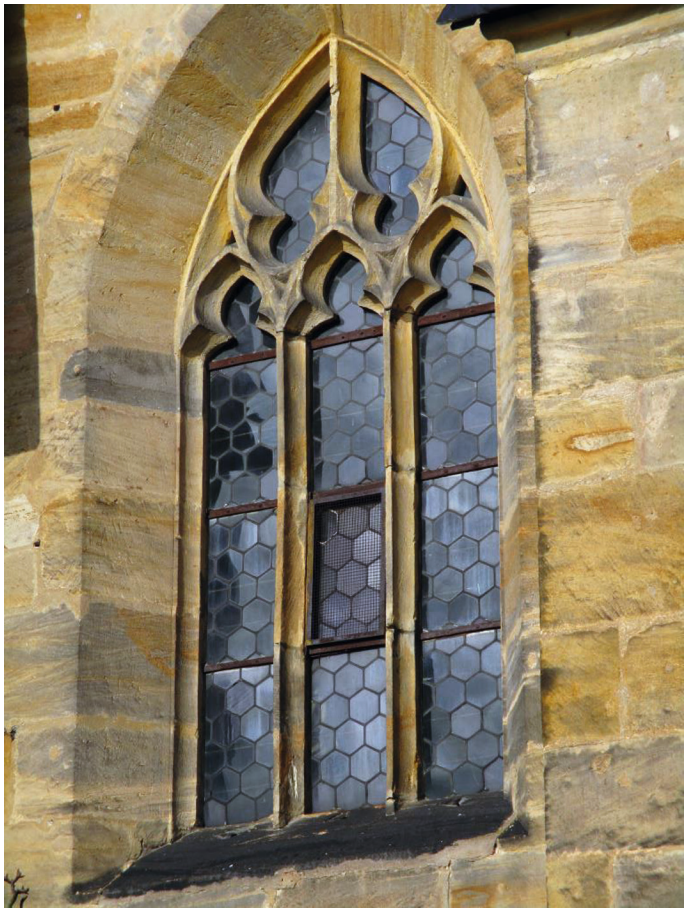


3 Bamberg Klosterkirche St. Michael, Langhaus Südseite mit Fenstern, Zustand ab ca. 1720.

Fenstern gehabt haben, dazu ist jedoch leider nichts überliefert. 1610 mussten Langhaus und Türme nach einem verheerenden Brand in wesentlichen Teilen neu errichtet werden, 1617 konnte die so erneuerte Kirche wieder geweiht werden. Aus dieser Zeit stammen die herausragenden floralen Deckenmalereien, der sog. Himmelsgarten: Die Kappen des Netzgewölbes sind mit der Darstellung von Blumen und Pflanzen dekoriert, die in ihrer botanischen Detailgenauigkeit gewissermassen ein überdimensionales Herbarium bilden.
Bestimmend für den heutigen Eindruck des Innenraumes ist jedoch die Phase der durchgreifenden barocken Umgestaltung seit der Zeit um 1720 nach Plänen der Gebrüder Johann und Leonhard Dientzenhofer (1663–1726 und 1660–1707) mit neuer Stuckierung und erneuerter Ausstattung (Abb. 2–3).

Baumassnahme

Aufgrund herabfallender Putz- und Steinteile sowie der sich daraus abzeichnenden Gefahr von Teileinstürzen wurde die Kirche im November 2012 geschlossen. Der erste Bauabschnitt umfasste die konstruktive Grundsanierung der Kirche. In den nächsten Jahren sind die Instandsetzung der Fassaden (und Fenster) und die Restaurierung des hochwertigen Innenraums mit seiner Ausmalung des Himmelsgartens, der Altäre, Figuren, Gemälde und Grabmäler geplant. Als Grundlage wurden aufwendige restauratorische Voruntersuchungen an der wertvollen Innenausstattung sowie der Raumschale durchgeführt.
Erfreulicherweise wurden in diese restauratorischen Untersuchungen auch die bestehenden Blankverglasungen einbezogen, was durchaus nicht selbstverständlich ist. Die Ergebnisse haben den Aufwand mehr als nur gerechtfertigt: In der ehemaligen Abteikirche am Michaelsberg hat sich augenscheinlich weitestgehend die barocke

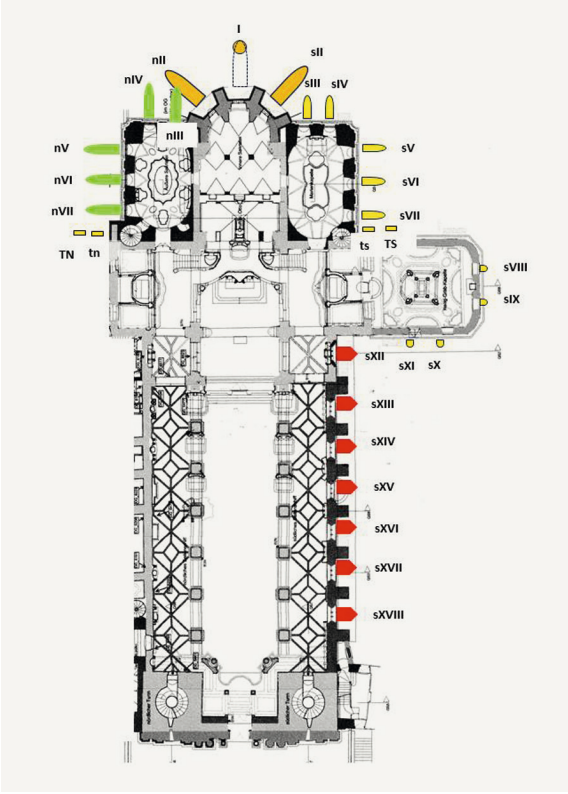


4 Bamberg Klosterkirche St. Michael, Langhaus Südfenster aussen.

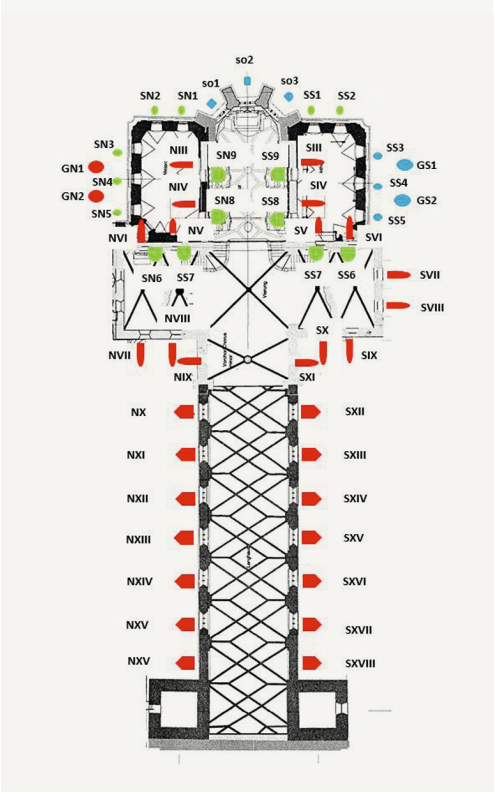
Sechseck-Verglasung aus der Mitte des 18. Jahrhunderts erhalten, die nach Ausweis der Herstellungsspuren aus Mondscheiben gefertigt wurde (Abb. 4). Die Mondscheiben dürften aus der nahegelegenen Glashütte in Schleichach stammen, deren Geschichte für das 18. Jahrhundert sehr gut dokumentiert ist. Die dortige Mondscheiben-Produktion und die Lieferungen sowohl von rechteckigen als auch sechseckigen ›französischen Tafeln‹ für unterschiedliche Bamberger Kirchenbauten sind archivalisch vielfach belegt.

Voruntersuchung – Ergebnisse zum Bestand

Im Zusammenhang mit den notwendigen statischen Arbeiten war die Klosterkirche aussen und innen eingerüstet, alle Fenster konnten somit von aussen und innen genauestens betrachtet werden. Dadurch war bereits 2018 – und damit in ausreichendem zeitlichen Abstand vom geplanten Beginn der Massnahmen an den Fenstern – eine sorgfältige Voruntersuchung möglich. Es wurde in Anlehnung an die übrige Ausstattung auch ein Fachplanungsteam ›Fenster‹ gebildet, bestehend aus einem denkmalerfahrenen Schreiner, einem Glaser sowie einer Glasrestauratorin. Der Auftrag



5 Bamberg Klosterkirche St. Michael, Bestandserfassung der Verglasungen EG.



6 Bamberg Klosterkirche St. Michael, Bestandserfassung der Verglasungen OG.

umfasste sowohl die Befunduntersuchung als auch sämtliche vorbereitenden Arbeiten, konkret die ausführliche Erfassung des gesamten Fensterbestands (Rahmen und Verglasung; Abb. 5, 6) mit detaillierter Schadensdokumentation und darauf aufbauend die Formulierung eines Restaurierungskonzepts, die Bearbeitung von Musterfeldern, die Erstellung von Leistungsverzeichnissen und die fachliche Begleitung des Vergabeprozesses, unter anderem durch die Erstellung einer entsprechenden Matrix für den geplanten Teilnahmewettbewerb eines EU-Verfahrens.

Schon früh war dem Fachplanungsteam aufgefallen, dass die Scheiben innen- und aussenseitig ein ungewöhnliches Reflexionsbild aufwiesen sowie eine besonders hohe Oberflächenqualität und dass so gut wie keine Korrosionsschäden vorhanden waren. Und das erstaunlicherweise nach gut 300 Jahren – denn ebenfalls im Rahmen der Erfassung konnten einige Reparaturritzungen in den Fenstern festgestellt werden; die älteste datiert 1739 und da diese Scheibe das gleiche Bild zeigte wie etwa 95% der Gläser, lag der Schluss nahe, die gesamte Verglasung dieser Entstehungszeit zuzuordnen. Der Befund lässt sich zudem sehr gut in die eingangs kurz erläuterten bau- und ausstattungsgeschichtlichen Zusammenhänge einordnen, Mitte des 18. Jahrhunderts wurden bekanntlich auch Raumschale und Ausstattung einheitlich überarbeitet. Im

Vergleich zeigten zugleich die weiteren geritzten Gläser, die Reparaturen des 19. Jahrhunderts zugeordnet werden konnten, deutlich andere Oberflächen und Reflexionsbilder. Sie waren offensichtlich aus mundgeblasenem Zylinderglas hergestellt, schon im Augenschein gut unterscheidbar und damit klar abzugrenzen vom nahezu einheitlichen barocken Bestand. Eine relativ kleine und ebenfalls hinsichtlich des Augenscheins geschlossene Gruppe bildeten die Holzfenster mit einer Sechseckverglasung aus Tellerscheiben.[3] Im Ausschlussverfahren war damit klar, dass es sich bei den erwähnten 95% der Blankverglasungen weder um Zylinderglas noch um die ebenfalls klar davon zu unterscheidenden Tellerscheiben handeln konnte.

Das auffälligste optische Merkmal in Nah- und Fernsicht war für den nahezu vollständigen Teil der hochtransparenten blanken Gläser – neben ihrer aussergewöhnlich hohen, hochglatten Oberflächenqualität mit weitgehend intakter Feuerpolitur – das erwähnte Reflexionsbild, für das offensichtlich eine Art ›Schüsselung‹ ausschlaggebend ist. Daneben waren in unterschiedlichem Mass konzentrische Rillen ohne Zentrum zu beobachten, deren Radius schnell deutlich machte, dass die einzelnen Sechseckscheiben Teile aus grösseren Glastafeln sein mussten, da sich bei einer virtuellen Rekonstruktion Scheiben von mindestens 90 cm Durchmesser ergeben würden.

Dieser erstaunliche Befund liess eigentlich nur einen Schluss zu, dass sich nämlich in den Fenstern der Klosterkirche auf dem Michaelsberg ein in Umfang und Qualität bislang im deutschsprachigen Bereich einzigartiger Bestand an barocken Mondscheiben erhalten hat. Grössere Sicherheit darüber konnte im Rahmen einer vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege veranstalteten Fachtagung in der Glashütte in Waldsassen erlangt werden:[4] Das Fachplanungsteam hatte einige Scheiben mit besonders typischen Merkmalen zur Diskussion im Kollegenkreis mitgebracht. Sarah Brown und Sebastian Strobl als ausgewiesene Kenner – sowohl hinsichtlich wissenschaftlicher Bearbeitung als auch aus langjähriger restauratorischer Praxis an den in Grossbritannien deutlich häufiger überlieferten Mondscheibenverglasungen – bestätigten die fachliche Einschätzung.[5]

Ein weiterer interessanter Fund im Rahmen der Voruntersuchung waren Hunderte von Fragmenten einer Vorgängerverglasung, die sich im Bauschutt im Bereich der Fensterbänke der Obergadenfenster (aufgrund einer späteren Änderung des Dachansatzes) erhalten hatten. Es sind relativ dunkle, fast moosgrüne Butzenscheiben, die hinsichtlich der Verglasungsform eigentlich leichter in die spätgotischen Masswerkkonstruktionen einzupassen wären als die späteren Sechseckscheiben. Aufgrund der Baugeschichte kann es sich dabei nur um die Verglasung des 1617 geweihten Teilneubaus nach dem Brand handeln und sie kann eigentlich knapp 100 Jahre später nicht flächendeckend so schadhaft gewesen sein, dass ein vollständiger Ersatz des teuren Materials notwendig gewesen wäre. Offensichtlich war aber für die ›modernere‹ Zielsetzung der Barockisierung Mitte des 18. Jahrhunderts die deutlich gesteigerte Lichtdurchlässigkeit der jüngeren Verglasung ausschlaggebend. Die aus Mondscheiben geschnittenen Sechseckscheiben benötigten in der Fläche nicht nur insgesamt einen geringeren Anteil an Bleiprofilen, sondern waren vor allem durch den unterschiedlichen

Herstellungsprozess im Vorteil gegenüber den deutlich grünstichigen, materiell viel dichteren Butzenscheiben. Sebastian Strobl beschreibt im Zusammenhang der »Nachfrage nach möglichst reinen, durchsichtigen Scheiben« diesen Vorteil: »Schliesslich [neben technischen Vorteilen ohne Kühl- bzw. Streckofen] besass das Mondglas, da es mit keinem Streckherd in Berührung kam und insgesamt weniger Manipulationen unterlag, eine glattere Oberfläche und einen grösseren Glanz«.[6] Diese Beschreibung deckt sich mit dem bis heute wahrnehmbaren Erscheinungsbild der Verglasung, ergänzend war wohl die mehrfache Überschmelzung im Herstellungsprozess günstig für die Beständigkeit dieser Eigenschaften.

Nur am Rand sei erwähnt, dass im Bauschutt des später vermauerten Chorscheitelfensters hinter dem Hochaltar auch die Gläser, das Bleinetz mit Windeisen und die Rahmenkonstruktion der ersten barocken Gloriole gefunden wurden. Sie war 1726/27 mit der Aufstellung des barocken Hochaltars eingesetzt und erst 1889 bei einer Baumassnahme zum Otto-Jubiläum durch eine neue Gloriole mit klarem Glas ersetzt worden. Zur ursprünglichen Verglasung der Gloriole gibt es eine schriftliche Quelle, die übertragen auch für die Mondglasscheiben gelten dürfte: »16 fl. zahlte man an Johann Joseph Kissling Glasmachern zu Schleichach für das gelbe Glas zur Glori am obern Altar den 9ten Jan[uar 1727]«.[7]

Die Geschichte der Glashütte in Fabrikschleichach hat Werner Loibl, der ehemalige Direktor des Spessartmuseums in Lohr in einem kenntnisreichen und detailliert recherchierten Werk zusammengefasst.[8] Hier können nur knapp die für die Verglasung am Michaelsberg interessanten Daten vorgestellt werden. 1706 gründet Adam Berger, ein Glasmacher aus dem Bayerischen Wald, im Steigerwald eine neue Glashütte. 1733 werden spezialisierte Mondglasmacher aus der kurmainzischen Spiegelmanufaktur abgeworben, seit 1735 arbeitete zudem Heinrich Georg Beyer als Hüttenmeister; er kannte das Verfahren der Mondscheibenherstellung bereits aus England. Das Gemenge bleibt allerdings an der böhmischen Glasherstellung orientiert und unterscheidet sich von den Gepflogenheiten im Spessart; die Scheiben aus Fabrikschleichach zeichnen sich im Vergleich durch »ungewöhnliche Härte und Dauerhaftigkeit«[9] aus. Seit 1737 gibt es dann einen besonders prominenten Pächter, Balthasar Neumann, den barocken Baumeister, dessen Name eng verbunden ist mit den zahlreichen Bauten der Familie Schönborn und der seit 1729 auch die Stellung als Baudirektor des Bamberger Bistums innehielt. Mit ca. 140 Beschäftigten und rund 40 000 Gulden Jahresumsatz beliefert die Hütte in dieser Zeit u. a. die Würzburger Residenz, Vierzehnheiligen und Baustellen ausserhalb Deutschlands, aber auch, archivalisch belegt, zahlreiche Bauten in Bamberg und Umgebung.[10] Selbst wenn es derzeit für den Michaelsberg noch keinen archivalischen Rechnungsbeleg gibt, ist eine Lieferung aus Fabrikschleichach nicht nur für das gelbe Glas zur Herstellung der Gloriole, sondern auch für die qualitativ besonders hochwertigen Sechseckscheiben aus Mondglas sehr wahrscheinlich. Mit einem Durchmesser von bis zu 150 cm[11] und ihrem wohl auch aufgrund des Gemenges besonders hohen Glanzgrads können die Mondscheiben aus Fabrikschleichach jeder Konkurrenz statthalten.

Musterarbeiten, Restaurierungskonzept und Ersatzmaterial

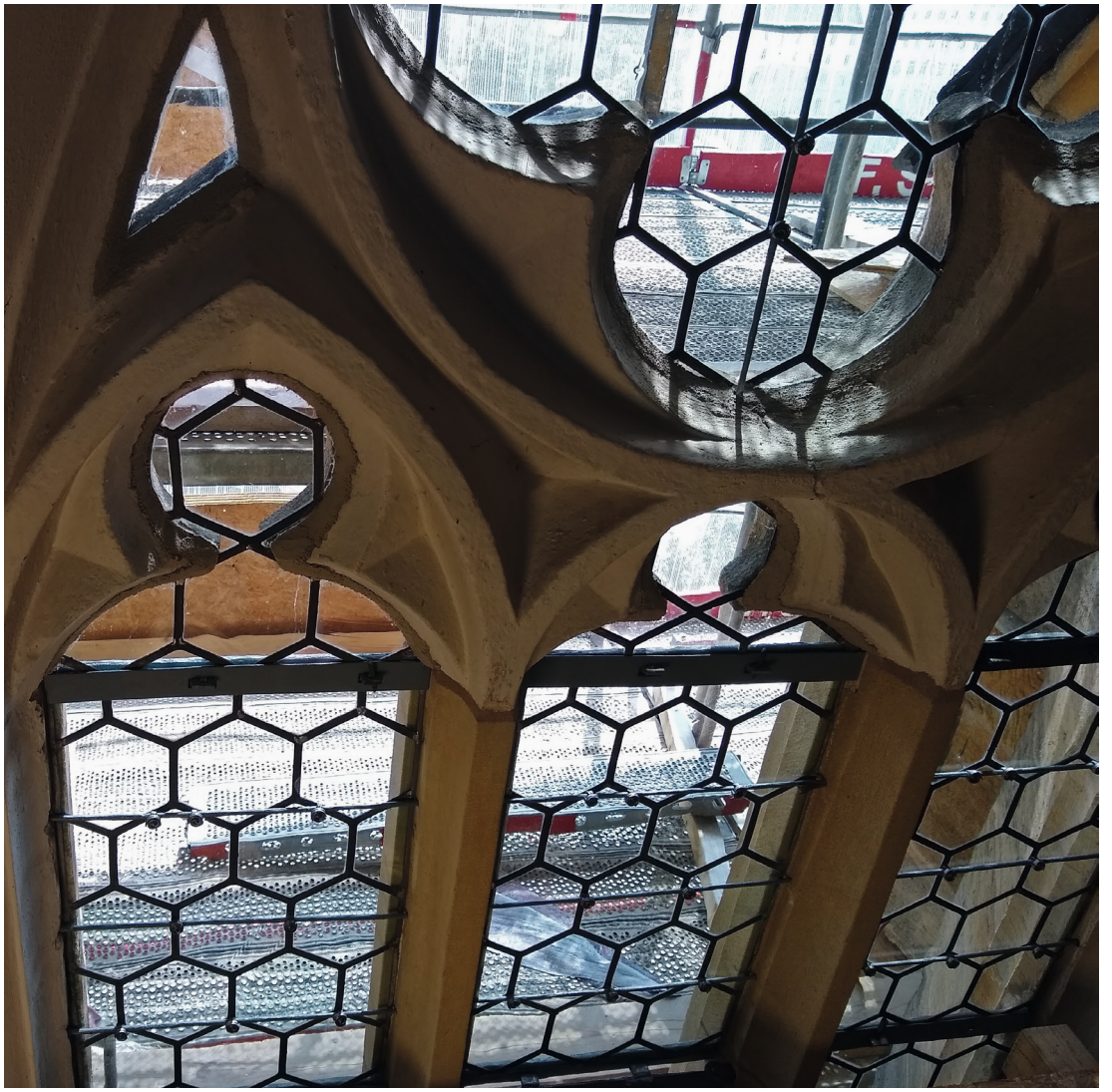
Die bemerkenswerten Ergebnisse der Voruntersuchung wurden im Rahmen der regelmässig tagenden Baukommissionssitzungen vorgestellt. Einvernehmliche Zielvorgabe war in der Folge, den grösstmöglichen Erhalt dieser herausragenden Blankverglasung durch eine möglichst substanzschonende Reparatur mit ausgewiesenen Fachfirmen anzustreben und dies durch entsprechend formulierte Leistungsverzeichnisse auf der Grundlage definierter Musterfelder sicherzustellen. Ein komplettes Langhaus-Fenster der Südseite wurde zur Bearbeitung in der Werkstatt ausgebaut. In diesem Zusammenhang sollten auch mögliche Probleme mit dem Ausbau schon im Vorfeld definiert werden, da bereits feststand, dass alle Verglasungen trotz des eigentlich guten Gesamtzustands der Bleifelder für die unabdingbaren Arbeiten am Stein ausgebaut werden müssen. Erfreulicherweise stellte sich heraus, dass der wohl noch ursprüngliche barocke Mörtel aufgrund des hohen Sandanteils relativ weich und damit grundsätzlich reparaturfreundlich ist. Die Felder sind zudem nicht verkittet, weder an den Bleiprofilen noch an den Eisen; dies wird auch für die Reparaturen übernommen werden. Zusätzlicher Glasbruch in Folge von Ausbauschäden ist demnach kaum zu erwarten. Die wesentlichen Schäden an den Bleifeldern sind heute im Bereich der später überarbeiteten Kondensatrinnen und an wenigen unsachgemässen Reparaturen früherer Massnahmen anzutreffen. Gleichzeitig wurden bereits zu diesem frühen Zeitpunkt die Vorgaben für eine nachvollziehbare Dokumentation der zukünftigen Arbeiten festgelegt. Glücklicherweise war durch die Bestandserfassung klar, dass zwar nur wenig Ersatzmaterial benötigt werden würde, an dieses aber aufgrund der erheblichen Einflüsse auch auf die Fernwirkung ganz besondere Ansprüche zu stellen waren. Zusammen mit der renommierten Flachglashütte Lamberts in Waldsassen erfolgten erste Versuche, mit einem Replikat dem ursprünglichen Gesamtbild möglichst nahe zu kommen. Die erste Idee, den originalen Herstellungsprozess als Grundlage zu nehmen, musste leider schnell verworfen werden. Trotz guter Quellenlage ist die eigentliche handwerkliche Tradition seit langem unterbrochen; erste Versuche ergaben entweder deutlich zu dicke oder viel zu kleine Mondscheiben. Es war klar, dass die ›Nacherfindung‹ der Mondscheibenherstellung weder in einem absehbaren Zeitraum noch mit kalkulierbarem finanziellem Risiko darstellbar sein würde (Ofenaufbau, Gemenge, Arbeitsprozesse). Dies muss also einem zukünftigen Projekt vorbehalten bleiben, das unabhängig vom Bauzeitenplan einer bereits laufenden Grossbaumassnahme gestaltet werden kann. Der nächste Schritt war der Versuch, ein Material herzustellen mit der Vorgabe, dass durch die Ersatzscheiben keine Störung im Gesamtfeld entsteht (wie dies derzeit durch die stellenweise eingebauten Zylindergläser der Fall ist). Die schon erwähnte ›Schüsselung‹ – die ursprünglichen Mondscheiben waren wohl nicht plan, sondern sowohl in der Mitte als auch an den Rändern leicht erhaben – wurde dabei als wichtigstes und gestaltgebendes Element für Nah- und Fernsicht definiert. Grundmaterial dafür ist ein möglichst glattes Zylinderglas, ohne Hobelstruktur, weitestgehend blasenfrei und farblich an den Bestand angepasst (grün-blaustichig).



7 Bamberg Klosterkirche St. Michael, Herstellung der Mondscheibenreplikate in der Werkstatt Eberle in Pfronten.

In einer Versuchsreihe wurden klare runde Scheiben mit ca. 60 cm Durchmesser aus diesem Zylinderglas im Ofen mit einem speziell entwickelten Verfahren verformt (Abb. 7).[12] Die Grösse war sowohl an der Ofengrösse als auch am späteren Zuschnitt (je sechs Sechseckscheiben) orientiert, nachdem die Versuchsreihen gezeigt hatten, dass im Wesentlichen diese Verformung und nicht die ursprüngliche Grösse der Scheiben oder die ohnehin nur stellenweise vorhandenen ›Rillen‹ entscheidend für die spätere Gesamtschau war. Hergestellt werden die Ersatzgläser wie beschrieben als für die spätere Reparatur verpflichtendes, bauseits zur Verfügung gestelltes Material mit etwa 30% Reserve zur Lagerung für spätere Reparaturen (dies gilt im Übrigen auch für die Tellerscheiben).

Nachdem an den Musterfeldern stellenweise das neue Ersatzglas eingebaut worden war, wurde erwartungsgemäss die leichte Trübung der originalen Gläser im Vergleich deutlicher erkennbar. Die älteren Scheiben zeigten eine Art Belag, keine Korrosion, sondern im Wesentlichen vergleichsweise geringfügige Ablauf- und Kondensatspuren in Verbindung mit der üblichen Verschmutzung. Begleitend zu den glastechnischen Musterarbeiten wurden deshalb gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum Denkmalpflege in Bamberg am Lehrstuhl von Prof. Drewello Reinigungsmuster beprobt. In der Testreihe verglich man eine rein mechanische Abnahme, die Verbindung von mechanischer und feuchter Abnahme sowie die Verbindung von mechanischer Abnahme mit einem speziellen Poliermittel. Nach der Überprüfung der Oberflächen unter dem Rasterelektronenmikroskop ergab die dritte Variante die besten Ergebnisse, ohne erkennbare oder messbare Einflüsse auf die Glasoberfläche.



8 Bamberg Klosterkirche St. Michael, Musterfenster Südseite.

Die auf diese Weise reparierten und gereinigten Musterfelder des Südfensters, ergänzt durch eine konstruktiv überarbeitete Kondensatrinne, wurden hinsichtlich der Reinigungs- und Reparaturqualität von der Baukommission konzeptionell beschlossen und eingebaut. Gemeinsam konnte auf diese Weise nach partieller Entfernung der Gerüstabhängung auch die zukünftige Fernsicht angemessen beurteilt werden. Nach Freigabe des Konzepts wurde dieses Südfenster (Abb. 8) als fachliche Basis für das inhaltlich zwischen Bauherrn, Fachplanungsteam und restauratorischer Oberleitung abgestimmte Leistungsverzeichnis und als Referenzmuster festgelegt. Für die notwendige Steinmassnahme wird es allerdings erneut ausgebaut werden müssen.

Ausschreibung und Massnahme

Das europaweite, nicht offene Ausschreibungsverfahren mit vorgeschaltetem Teilnahmewettbewerb hatte wie beschrieben weitgehend eindeutig definierte Vorgaben für die Art der Arbeiten, aber in diesem besonderen Fall auch für das Ersatzmaterial. Die Herstellung der Ersatzgläser ist aufgrund der speziellen Materialbeschaffung als Sondervergabe an die Glashütte Lamberts erfolgt, wobei das Fachplanungsteam an der Auswahl der geeigneten Gläser beteiligt wird. Die anschliessende Verformung der Mondglasreplikate in der Werkstatt Eberle ist gleichermassen eine Sondervergabe und die Auswahl vor Ort erfolgt zur Qualitätssicherung ebenfalls unter weiterer fachlicher Beteiligung. Die Ausschreibungs-Matrix für die Auswahlkriterien des Teilnahmewettbewerbs (u. a. Art der notwendigen Referenzen, Qualifikation der Mitarbeiter:innen) wurde in enger Abstimmung mit dem Fachplanungsteam erstellt. Gleiches galt für die fachliche Beratung im Rahmen der Ergebnisauswertung. Die Arbeiten wurden entsprechend der unterschiedlichen Anforderungen in zwei Lose aufgeteilt: Masswerkfenster mit Mondscheibenverglasung und Holzfenster mit einer Verglasung aus Tellerscheiben. Baubeginn war Anfang 2022 mit dem Ausbau der ersten Fenster, die Fertigstellung ist für 2025 vorgesehen.[13]

Tellerscheiben – im Gegensatz zu den kompakteren Butzen schon deutlich lichthafter – waren schon länger im Fokus von denkmalpflegerisch anspruchsvollen Massnahmen. Mondscheiben dagegen waren in Bayern in erster Linie hinsichtlich ihrer technologischen Aspekte geläufig, die Herstellungsweise des 18. Jahrhunderts aus verschiedenen Quellen bekannt, nicht aber grössere, zusammenhängende Bestände am originalen Ort. Dem hohen Anspruch der Bürgerspitalstiftung Bamberg als Bauherrin zusammen mit ihrem kenntnisreichen und engagierten Baubüro ist es zu danken, dass die Restaurierung der barocken Mondscheibenverglasung am Michaelsberg in der beschriebenen Qualität durchgeführt wird.

Neben dieser herausragenden Einzelmassnahme haben die Untersuchungsergebnisse und in der Folge die höhere Sensibilisierung für eine mögliche Mondscheibenverglasung zusätzlich jetzt schon nach kurzer Zeit dazu geführt, dass auch für einige weitere Kirchen und Schlösser der näheren Umgebung vergleichbare – bislang nicht erkannte – Bestände festgestellt werden konnten. So wird man die Ergebnisse der sorgfältigen Voruntersuchung am Michaelsberg und die konzeptionellen Erkenntnisse in Bezug auf die Bearbeitung vergleichbarer Verglasungen sowie die Herstellung adäquater Ersatzgläser auch auf andere Orte und Massnahmen übertragen können.

1 Zur Geschichte und Baugeschichte von Kloster und Klosterkirche gibt die Publikation von Karin Dengler-Schreiber von 1993 einen sehr guten Überblick, Dengler-Schreiber 1993. Sehr detailliert, mit aktuellen Forschungsergebnissen und ausführlicher Bibliographie dann das 2009 erschienene Grossinventar der Stadt Bamberg (Bd. 4 Michelsberg und Abtsberg) in der Reihe Kunstdenkmäler des Königreichs Bayern, herausgegeben vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Grossinventar Bamberg 2010.

2 Grossinventar Bamberg 2010, 164.

3 Im Übersichtsplan wird die Verteilung der unterschiedlichen Verglasungen deutlich: Tellerscheiben sind in den hölzernen Binnenfenstern eingesetzt sowie in den Fenstern der 1725 angebauten Sakristei nördlich des Chores.
4 Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege und Glashütte Lamberts, Symposium Historisches Glas und UV-Schutzgläser in Waldsassen, im Kloster und in der Glashütte Lamberts, 09.–10. Juli 2018.
5 Strobl 1990.
6 Ebd., 67.
7 Grossinventar Bamberg 2010, 164, Anm. 166: SAB A 232/IV, Nr. 34.627, Klosterbaurechnung 1726/27, fol. 19v.
8 Loibl 2006.
9 Ebd., 724.
10 So z. B. das Katharinenspital in Bamberg 1735/36 mit »400 St. franz tafel« [d. h. Scheiben aus Mondglas geschnitten] und »2000 hellen sechseckige scheuben«, zit. nach Loibl 2006, 734–735.
11 Loibl 2006, 724.
12 Diese Arbeiten erfolgten in der Werkstatt Eberle in Pfronten.
13 Die Massnahme zur Gesamtinstandsetzung des Klosters St. Michael in Bamberg wird gefördert durch die Bundesrepublik Deutschland (Die Beauftragte der Bundesregierung für Kultur und Medien – BKM), den Freistaat Bayern (Entschädigungsfonds Bayern), die Bayerische Landesstiftung, die Städtebauförderung, die Oberfrankenstiftung, die Stadt Bamberg sowie die Stiftung Weltkulturerbe Bamberg.

Bibliografie

DENGLER-SCHREIBER 1993
Karin Dengler-Schreiber, Der Michelsberg in Bamberg, Bamberg: BVB, 1993.

LOIBL 2006
Werner Loibl, (Fabrik-) Schleichach. Die Geschichte der Glashütte im Steigerwald (1706–1869), Bamberg: creo Druck & Medienservice GmbH, 2006.

GROSSINVENTAR BAMBERG 2010
Die Kunstdenkmäler von Bayern. Im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst herausgegeben vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege, Regierungsbezirk Oberfranken, Stadt Bamberg, Bd. 3.4, Immunitäten der Bergstadt, Michelsberg und Abtsberg, Bamberg: BVB und Berlin/München: Deutscher Kunstverlag, 2010.

STROBL 1990
Sebastian Strobl, Glastechnik des Mittelalters, Stuttgart: Gentner, 1990.

14

NEUES GLAS IN ALTER UMGEBUNG
EIN BLICK AUF DAS BAUEN IM BESTAND SEIT 1900

Melchior Fischli

Abstract

This article examines the use of glass historically in the preservation of monuments and in building in the existing fabric *(Bauen im Bestand)*. For obvious reasons, glass was used early on as part of the protection of sculptures, archaeological sites and architectural monuments: it offers protection from the weather, and is translucent and transparent, thereby providing the necessary protection without obstructing the view of the conserved work.
Between the often alleged invisibility of interventions in glass in historical contexts ('it's only glass') on the one hand and the desire to highlight the contrast between old and new on the other, there appear to be rather contradictory explanations for the ideas behind the use of glass in historical contexts. Indeed, architects as well as preservationists soon appreciated the possibility of making additions to monuments out of glass, precisely because these could thus be distinguished as contributions true to their own era, while at the same time conveying respect for existing fabric.
This attitude, which has fallen somewhat out of fashion in recent years, reached its peak between the 1960s and 1980s, when the contrast of new glass in front of old masonry became a leitmotif of architecture in the historic environment. In this context, transparency was no longer the only mode of expression: mirror effects also began to enjoy great popularity from the 1970s, and the soon ubiquitous 'glass joint' marked the approved dividing line between old and new. Particularly vivid examples also demonstrate how such an updating of historic architecture, with its simultaneous emphasis on a monument's past and present, could also be useful in a political context—regardless of whether the accent lay more on the continuity of the institution or on a questioning of the monument's history.

Keywords

Monument preservation, building in the existing fabric, glass in architecture, 20th-century architecture, monuments and historical identity, contrast of old and new

Die Verwendung von Glas für bauliche Interventionen im historischen Kontext bildet ein eigenes Thema innerhalb der Geschichte der Denkmalpflege und des Bauens im Bestand. Fragt man nach den Motiven, zeigt sich ein auffälliger Gegensatz: Weit von der mitunter behaupteten Unsichtbarkeit des Materials entfernt, dient Glas ganz im

Gegenteil oft dazu, neben dem Baudenkmal oder an ihm selbst einen auffälligen neuen Akzent zu setzen.[1] Den Höhepunkt erlebte das Thema des modernen Kontrastbaus zwischen den 1960er- bis 1980er-Jahren, als das »Neue Bauen in alter Umgebung«[2] zu einer Leitfrage der Architekturdebatte avancierte und der Gegensatz von neuem Glas und altem Gemäuer gerne dazu verwendet wurde, die eigene Zeitgenossenschaft zu beglaubigen und dem Baudenkmal gleichzeitig eine neue Bedeutungsschicht hinzuzufügen. Gerade im populären Bereich hat sich die Verbindung von Glas und Baudenkmal in der Folge breit etabliert – vom gläsernen Anbau über die berühmte Glasfuge zwischen Alt und Neu bis zum Spiel glatter Glasflächen neben rustikalem oder gar ruinösem Bruchsteinmauerwerk. Das Phänomen aber ist älter.

Hinterlassenschaften schützen

Aus naheliegenden Gründen kam Glas schon früh in Schutzvorrichtungen für Skulpturen, archäologische Stätten oder Baudenkmäler zum Einsatz: Es bietet einen Witterungsschutz, ist lichtdurchlässig und durchsichtig, konnte folglich den nötigen Schutz bieten, ohne die Betrachtung des zur Konservierung bestimmten Werks zu behindern. Eine Inkunabel zu diesem Thema bildet der Schutzvorbau der »Goldenen Pforte« am Dom von Freiberg in Sachsen. Insbesondere der bekannte Architekturhistoriker Cornelius Gurlitt (1850–1938) hatte hier als treibende Kraft innerhalb der sächsischen Denkmalpflegekommission eine »zeitgemäße« Gestaltung für den Ergänzungsbau gefordert.[3] Diese Zielsetzung brachte der 1902/03 realisierte Entwurf der Dresdner Architekten Schilling & Gräbner zum Ausdruck, der sich mit seinen Jugendstilformen gleichermassen vom spätgotischen Dom wie auch dem berühmten romanischen Stufenportal absetzte. Zusammen mit einer Reihe weiterer Projekte aus dem Umfeld der sächsischen Denkmalpflege um 1900, bei denen Gurlitt seine Forderung nach einer modernen Gestaltung im Umfeld von Baudenkmälern realisieren konnte, steht der Schutzbau damit für die Entstehung einer architektonischen Haltung, die bewusst auf die Imitation alter Stilformen verzichtete und nötige Hinzufügungen in sichtbarer Differenz zum Bestand in zeitgenössischen Formen gestaltete.[4]

Tatsächlich erlebte Glas bis heute im Bereich von Schutzbauwerken für archäologische Ausgrabungen oder andere bauliche Hinterlassenschaften eine breite Karriere: von seitlich verglasten Schutzdachkonstruktionen über bahnsteighallenartige Tonnendächer bis zu extravaganteren Beispielen wie dem schräg über das Limestor von Dalkingen in Baden-Württemberg gestülpten Glaskubus (2010) oder dem riesenhaft aufragenden Glasgiebel über der Kathedralruine von Hamar in Norwegen (1998). Mitunter drängt sich der Eindruck auf, dass die Schutzbauwerke umso auffälliger und spektakulärer ausfallen, je unscheinbarer die Überreste sind, an denen grosse Geschichte festgemacht werden soll.[5] Erst im Lauf der Zeit stellte sich freilich heraus, dass solche Glasdächer genau wie Treibhäuser einen Treibhauseffekt verursachen, der das Wachstum von Moos fördert und damit der konservatorischen Zielsetzung entgegenläuft, weshalb neben dem Witterungsschutz eine ausreichende Belüftung zentral ist.[6]



1 Rom, Schutzbau der Ara Pacis, Vittorio Morpurgo, 1938, im Vordergrund das Augustusmausoleum, Foto: Ernest Nash, um 1938.

Hinterlassenschaften inszenieren

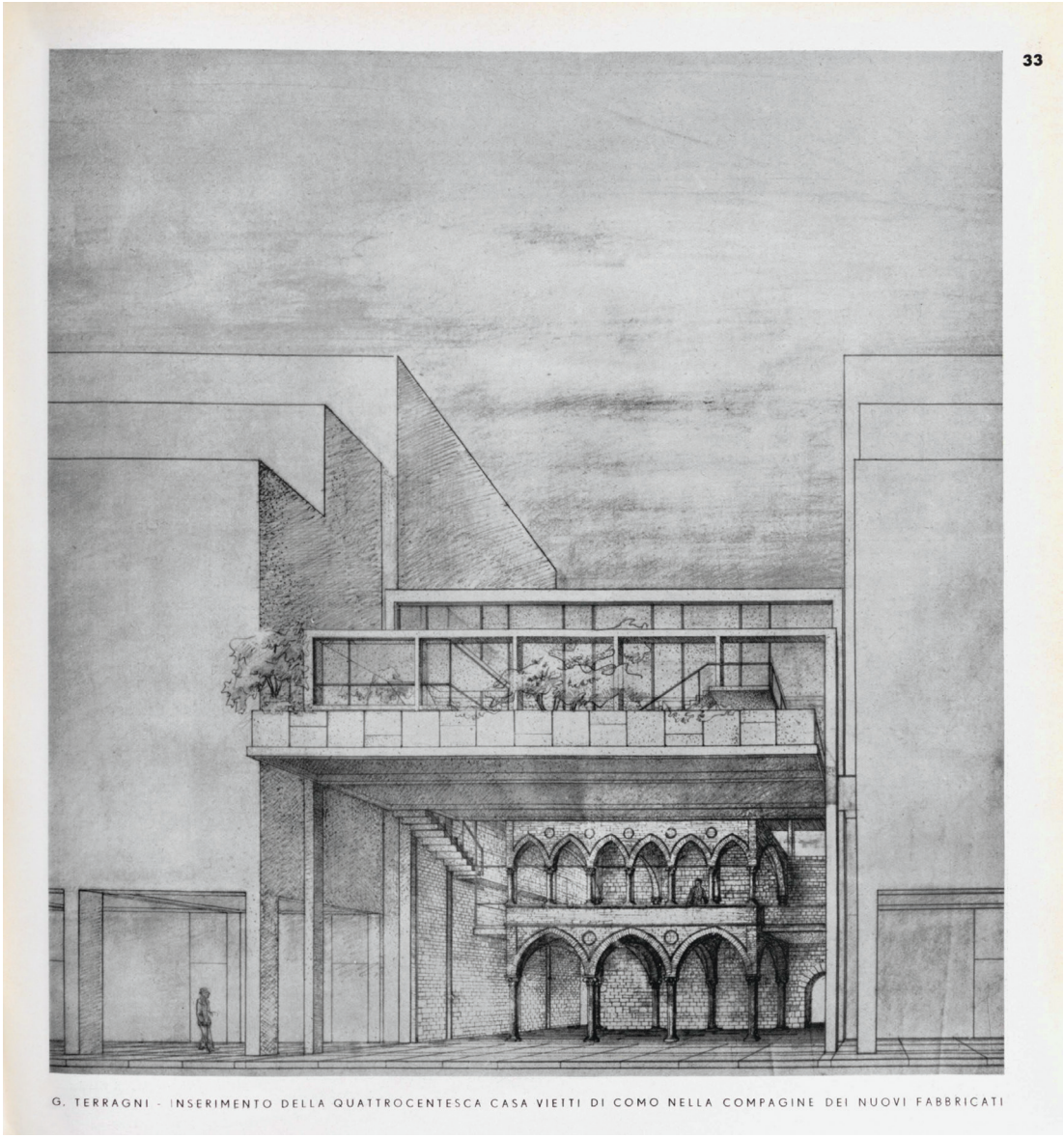
Neben ihrer reinen Schutzfunktion besassen und besitzen solche Bauwerke in mehr oder weniger ausgeprägter Form auch eine didaktische Funktion, die sich im Verlauf des 20. Jahrhunderts gerne auch zur geschichtspolitischen Inszenierung anbot. Einen besonders extremen Fall stellt der Schutzbau der Ara Pacis dar, der 1938 in Rom als Teil grossangelegter Umgestaltungsmassnahmen um das Augustusmausoleum unter der Leitung des Architekten Vittorio Morpurgo (1890–1966) eingeweiht wurde (Abb. 1).[7] Im Zeichen der faschistischen Berufung auf die »romanità« hatte man schon Anfang der 1930er-Jahre beschlossen, das »Bimillenario Augusteo«, den 2000. Jahrestag der Geburt des Augustus 1937/38 festlich zu begehen. Mit der Ausrufung des »Impero« nach der Annexion Abessiniens 1936 wurden der Bezug auf das römische Weltreich und die Identifikation Mussolinis mit Augustus zu umso zentraleren Themen der faschistischen Propaganda. In einer gewaltigen städtebaulichen Operation, der rund 120 Wohnhäuser zum Opfer fielen, wurde zu diesem Anlass nicht nur das Augustusmausoleum freigelegt, um es durch ein neu geschaffenes faschistisches Repräsentationsforum zu rahmen; man verband die Neugestaltung zudem mit dem Prestigeprojekt einer Ausgrabung und Rekonstruktion der aus antiken Beschreibungen bekannten Ara Pacis.

Obwohl der Friedensaltar aus augusteischer Zeit mehrere hundert Meter von seinem neuen Aufstellungsort ergraben wurde und mit diesem nie in einem engeren Zusammenhang gestanden hatte, entschied man sich für eine prominente Präsentation neben dem Augustusmausoleum: Die Ara Pacis besitze »eine Bedeutung, die keineswegs bloss im Archäologischen liege«, wie die zuständige Kommission um Giulio Quirino Giglioli und Antonio Muñoz meinte.[8] Um das rekonstruierte Bauwerk vor der Witterung zu schützen, ihm aber gleichzeitig die gewünschte propagandistische Wirkung im Stadtraum zu sichern, entwarf Morpurgo einen Pavillon, der mit seinem strengen Klassizismus und mit der gleichzeitigen Verwendung von viel Glas zudem als zeitgemässe Bestätigung des ausgestellten Originals erscheinen konnte. Im Jahr 2000 wurde der Schutzbau zugunsten eines Museumsneubaus von Richard Meier (*1934) abgebrochen.

Kontrast

Noch deutlicher als bei den Schutzbauwerken erweist sich Glas bei Umbauten und Ergänzungsbauten als beliebtes Stilmittel, um bauliche Interventionen als genuinen Beitrag der Gegenwart zu kennzeichnen. Ein frühes Beispiel für eine solche Verwendung von Glas zeigt ein nicht realisiertes Projekt von Giuseppe Terragni für seine Heimatstadt Como aus dem Jahr 1939.[9] Im Rahmen einer Tabula-rasa-Sanierung war hier das Stadtviertel Cortesella, das sich mit seiner prominenten Lage zwischen Altstadt und Seeufer für wirtschaftliche Interessen besonders anbot, praktisch restlos abgebrochen worden. Erhalten blieb einzig ein Fragment eines Stadtpalasts aus dem Quattrocento, das auf Betreiben des Mailänder Denkmalpflegers Gino Chierici in letzter Minute unter Schutz gestellt worden war. Dieser beauftragte in der Folge Terragni, gegen den Willen von Stadtverwaltung und lokaler Bauwirtschaft die Integration dieser sogenannten Casa Vietti zu studieren.

Terragni legte ein bemerkenswert originelles Projekt (Abb. 2) vor, das die zweigeschossige mittelalterliche Spitzbogenloggia mit einem ungleich höheren Glashaus überbaute, das sich mit seiner Materialität aufs Deutlichste vom erhaltenen Baudenkmal absetzte, dieses aber gleichzeitig als eigentliches Schaustück gerahmt hätte. Die Ausführung blieb schliesslich im Krieg stecken; bekannt wurde das Projekt über ein Themenheft, mit dem die Architekturzeitschrift *Casabella* noch 1943 unter dem Titel *L'architettura antica e noi* das Thema des modernen Kontrastbaus lancierte. Dass sich Terragni in Como als einziger um die Erhaltung des Architekturfragments bemüht hatte, gab dem Berichterstatter Gelegenheit für polemische Spitzen gegen »die Giovannonis und Ojettis«, lies: die Traditionalisten, die niemals zugeben würden, dass sich hier ausgerechnet ein bekanntermassen kompromissloser Vertreter der Moderne mit seinem Respekt für das Baudenkmal hervorgetan habe.[10] Eine solche innerarchitektonische Debatte war in Italien im Faschismus und während der Kriegsjahre durchaus möglich, und angesichts der in dem Land hoch entwickelten Restaurierungsdebatte ist es kaum ein Zufall, dass unterschiedliche Positionen innerhalb des Bauens im Bestand gerade hier intensiv diskutiert wurden.



2 Como, Integration der Casa Vietti in die Neubebauung des Stadtviertels Cortesella, Giuseppe Terragni, unrealisiertes Projekt, 1939.

In der Nachkriegszeit entwickelte sich eine betont moderne Form des Bauens im Bestand zu einer breiten internationalen Tendenz, wobei wiederum wesentliche Impulse aus Italien kamen. Neben Stahl und Sichtbeton – Materialien, die gerade Carlo Scarpa, der eigentliche Fixstern der Debatte, vielfach benutzte – war dabei weiterhin Glas das Material der Stunde. Ein frühes Beispiel für einen Neubau, der mit einer durchgehenden Glasfront einen auffälligen Kontrapunkt zum Bestand setzte, realisierte der Tessiner Architekt Augusto Jäggli (1911–1999) 1960 am Hauptplatz der Altstadt von



3 Bellinzona, Geschäftshaus (Società Bancaria Ticinese) an der Piazza Collegiata, Augusto Jäggli, 1960.

Bellinzona (Abb. 3).[11] Die Fassade war ganz offensichtlich darauf ausgelegt, zwischen den massiv gemauerten und durch Fassadenmalereien geschmückten Altstadthäusern aufzufallen. Gleichzeitig nimmt das fein austarierte Raster der Stahlprofile mit seinen horizontalen und vertikalen Teilungen Bezug auf Gesimsprofile und Fensteröffnungen der Nachbarhäuser, während sich das abschliessende Flugdach durchaus als Kranzgesims lesen lässt.

Mit der Materialwahl den Kontrast zu suchen, während sich Proportionen und Abmessungen am Bestand orientierten – dies wurde geradezu ein Leitmotiv der Debatte. So liest man im Katalog der breit wahrgenommenen Münchner Ausstellung *Neues Bauen in alter Umgebung* von 1978 etwa zur Stahl-Glas-Fassade eines Bürogebäudes von Gino Valle in Udine von 1964, der Bezug auf den Bestand werde hier »nicht in der Übernahme formaler Details, der Materialien und Konstruktionen gesucht, sondern in der Verwendung übergeordneter Gliederungsmerkmale.«[12] Dass der Respekt für das Baudenkmal als authentisches Dokument der Geschichte bei der Realisierung eines



4 Ipswich (UK), Willis, Faber & Dumas Headquarters, Foster Associates (Norman Foster, Wendy Foster, Michael Hopkins), 1970–75, Aufnahme um 1975.

Ergänzungsbaus nach einem energischen Ausdruck der Gegenwart verlange, war eine Grundüberzeugung des damaligen Architekturdiskurses. »Sie stimmt, wenn sie durch ihre eigene Originalität einen dialektischen Bezug herstellt«, meinte der berühmte Aldo Rossi (1931–1997) 1972 in der schweizerischen Architekturzeitschrift *Werk* zur Frage nach der richtigen Architektur im historischen Kontext.[13] Gefragt war nun gewissermassen ein dialektisches Verhältnis von Neu und Alt, indem die Wertschätzung für das Baudenkmal gerade in der gestalterischen Kontrastierung mit den baulichen Eingriffen der Gegenwart zum Ausdruck kommen sollte.

Spiegelungen und starke Gegensätze

Eine besonders beliebte Möglichkeit, einen Neubau in eine Beziehung zum Bestand zu setzen und sich von diesem gleichzeitig antithetisch abzuheben, boten etwa ab 1970 die damals breit aufkommenden getönten und verspiegelten Gläser.[14] Eine frühe Ikone für dieses Thema realisierte das damals noch junge Architektenpaar Norman (*1935) und Wendy (1937–1989) Foster (geb. Cheesman) 1971–75 mit einem Bürogebäude für den Versicherungskonzern Willis, Faber & Dumas in der Stadt Ipswich nordöstlich von London (Abb. 4).[15] Der vollständig verglaste Bau passte sich nicht nur mit seinem unregelmässigen dreigeschossigen Volumen in die bestehenden Strassenräume



5 Mailand, Palazzo della Ragione, Fluchttreppe, Marco Dezzi Bardeschi, 1999; Gesamtrenovation des Gebäudes 1984–1992.

am Rand der Altstadt ein. Den deutlichsten Bezug auf die Umgebung setzten die gekrümmten Fassaden, die in beständig wechselnden Bildern die historischen Nachbarhäuser reflektieren, während sie nachts den Blick auf das beleuchtete Innere freigeben. Um den schon im Entwurfsprozess angestrebten Spiegelungseffekt zu steigern, entwickelten die Fosters in aufwendiger Zusammenarbeit mit dem Glashersteller Pilkington eine neuartige Fassadenkonstruktion ganz ohne Metallprofile, mit der das Gebäude in der Geschichte der High-Tech-Architektur Bekanntheit erlangt hat. Die abgehängt eingebauten Glasscheiben sind streifenartig jeweils an der obersten Geschossplatte befestigt und nur durch geschraubte Klemmplatten miteinander verbunden; die Aussteifung erfolgt durch Glasschwerter im Inneren. Ganz nach den Intentionen der Architekten begrüsste der Berichterstatter der *Architectural Review* den eben fertiggestellten Bau als »an aid in the dialogue between new and old«, doch warnte er gleichzeitig vor der Verallgemeinerbarkeit des Verfahrens: »But when there are no older buildings to reflect or when opposing buildings are of the same sort the ›conversation‹ […] falls to the ground.«[16]

Materialkontrast und Spiegelung sind in den darauffolgenden Jahrzehnten beliebte Mittel im Spiel von Alt und Neu geblieben. Zwischen Anpassung und architektonischem Gegensatz konnte dabei ein ganzes Spektrum von Möglichkeiten ausgelotet werden. Als besonders strenggläubiger Anhänger des Kontrasts zwischen Alt und Neu hat sich bis zuletzt der vor wenigen Jahren verstorbene Florentiner Architekt und Denkmalpflegetheoretiker Marco Dezzi Bardeschi (1934–2018) hervorgetan, der sogar den Begriff der Restaurierung kategorisch ablehnte. Alles, was über die blosse Konservierung hinausgehe, habe sich unmissverständlich als moderne Zutat zu zeigen und mit dem Alten als solche in einen Dialog zu treten.[17] Besonders prägnant führte Dezzi Bardeschi seine Haltung am Palazzo della Ragione in Mailand vor (Abb. 5): Konsequent liess er bei der Gesamtrenovation des mittelalterlichen Gerichtsgebäudes 1984–1992 nach seinem Credo alles konservieren, was am Bau vorzufinden war – auch die Fehlstellen im Verputz der Aufstockung aus dem 18. Jahrhundert. Eine ziemlich unmissverständliche Zutat realisierte er im Jahr 2000, als im Nachgang der Arbeiten eine neue Fluchttreppe nötig wurde: eine Erschliessungsapparatur aus poliertem Chromstahl und grünem Glas, welche der Architekt gleichermassen als eine Art Belagerungsturm und Aussichtsbalkon auf das Mauerwerk verstanden haben wollte.[18]

Die Distanz zwischen Vergangenheit und Gegenwart überbrücken

Der Materialkontrast dient oft nicht bloss dazu, das Neue als Hinzufügung zu kennzeichnen; mitunter geht es ebenso sehr darum, die zeitliche Distanz zwischen Vergangenheit und Gegenwart zu thematisieren und damit dem Alten eine zusätzliche Bedeutungsschicht zu verleihen. Gerade im Umgang mit Bauernhäusern hat sich Glas als ein beliebtes Mittel erwiesen, alte Bausubstanz architektonisch für das moderne Wohnen herzurichten und gleichzeitig den etwas altväterischen Bautyp ästhetisch in die Gegenwart zu holen. Spätestens seit den 1960er-Jahren bildete etwa die vollflächige Verglasung freigelegter Fachwerkwände eine zunehmend breiter verfolgte Strategie, um mehr Licht in die kleinen Stuben hineinzubringen und sich gleichzeitig die namenlosen Werke der einheimischen Vernakulärarchitektur gestalterisch anzueignen.[19] Auf die Spitze getrieben hat das Verfahren der japanische Architekt Tadao Ando (*1941) vor rund zehn Jahren mit einem kleinen Museumsbau in der Nordpfalz (Abb. 6). Aufgesockelt über drei Meter hohen Sichtbetonwänden thront hier als Schaustück eine 15 Meter lange Fachwerkscheune von 1785, die allerdings nicht an Ort und Stelle gestanden hatte, sondern aus einem Nachbarort transloziert wurde. Beim Wiederaufbau wurden die beiden Stirnseiten anstelle der Ausfachungen mit einer vollflächigen Verglasung versehen, welche das konstruktive Gerüst zu einer Abstraktion seiner selbst verwandelt und gleichzeitig zur Aussteifung des Bauwerks beiträgt.[20]
Gerade umgekehrt kann das Material auch dazu dienen, das Alte als historisches Schaustück zu rahmen und so die Distanz zwischen Vergangenheit und Gegenwart zu betonen. Als man in den 1990er-Jahren daran ging, das damals weitgehend imaginäre Herz von Berlin um den Potsdamer Platz wieder aufzubauen, stand mitten auf der Brache



6 Bad Münster am Stein (Rheinland-Pfalz), Museumsbau Fondation Kubach-Wilmsen, Tadao Ando, 2009/10, unter Verwendung einer Scheune von 1785.

wie eine nicht abgeholte Kommode noch die Kriegsruine des Hotels »Esplanade«.[21] Dabei handelte es sich nicht bloss um einen der wenigen echten Reste der Vorkriegsbebauung, sondern auch um einen Gedächtnisort für die bessere Berliner Gesellschaft der 1920er-Jahre und für den Kreis um den Hitler-Attentäter Graf von Stauffenberg. Die Fragmente des Hotels sollten deshalb in den Baukomplex des Sony Centers einbezogen werden. Weil sie der Neubauplanung aber gleichzeitig teilweise im Weg standen, wurde der berühmte »Kaisersaal« in einer aufwendigen Aktion auf Luftkissen um rund 75 Meter an eine andere Stelle des Bauplatzes verschoben.

Die denkmalpflegerisch sicher nicht ganz orthodoxe Aktion kann sich immerhin anrechnen lassen, dass der Neubau keine Ganzheit suggerierte, sondern die Fragmentierung des bereits arg ramponierten Baukomplexes zum gestalterischen Prinzip erhob: Die in situ erhaltene, von einer Glaswand abgeschirmte ruinöse Fassade wird von einem sechsgeschossigen Apartmenthaus überragt – ein Kraftakt, den der Architekt Helmut Jahn (1940–2021) und der beteiligte Ingenieur Werner Sobek (*1953) mit einem auffälligen Stahlträger sichtbar machten (Abb. 7); die nun im Aussenraum gelegene ehemalige Innenwand des Frühstückssaals platzierte man in einer eigentlichen Vitrine, und auch der in den neuen Innenhof vorspringende Frühstücksaal erhielt eine Art gläserne Bauchbinde. Glas dient hier mit den Worten von Hans-Rudolf Meier als Mittel



7 Berlin, Sony-Center, Helmut Jahn und Werner Sobek, 1996–2000, mit in den Neubau einbezogenen Teilen des ehemaligen Hotels Esplanade. Foto: © Rainer Viertlböck, Gauting.

für eine »demonstrative Musealisierung«, indem die Bauteile durch ihre Präsentation in der Vitrine in gleichem Mass als schutzwürdige wie auch als entrückte Objekte inszeniert werden.[22]

Politisches Glas

Die Inszenierung von Transparenz und Kontrast zum Vorgängerbau muss nicht nur Aussagen zur Baugeschichte des Objekts transportieren; sie kann auch bewusst zur Vermittlung einer politischen Botschaft eingesetzt werden, wenn es darum geht, ein altes Bauwerk mit einer neuen Semantik aufzuladen. Besonders deutlich demonstriert die Umgestaltung des Louvre unter Präsident François Mitterrand die Möglichkeiten, mit Glas in einem derart herausragenden Kontext einen neuen Akzent zu setzen und gleichzeitig die Kontinuität einer grossen Tradition zu vermitteln (Abb. 8). Nachdem Mitterrand und sein Kulturminister Jack Lang 1981 beschlossen hatten, unter den damals konzipierten »Grands Projets« auch eine Modernisierung des Louvre zu realisieren, folgte ein Direktauftrag an den Architekten Ieoh Ming Pei (1917–2019), dem man die Lösung einer derart delikaten Aufgabe zutraute.[23] Als die Öffentlichkeit drei Jahre später von dem bis dahin geheim gehaltenen Projekt erfuhr, war die schliesslich ausgeführte Konzeption bereits gefunden. Man hatte beschlossen, die Dreiflügelanlage von einer unterirdischen Eingangshalle zu erschliessen und dort auch die fehlende Besucherinfrastruktur zu realisieren. In der Mitte der dreiseitig umbauten Cour Napoléon sollte eine gläserne Pyramide ein sichtbares Zeichen der gewaltigen Baumassnahmen im Untergrund setzen.



8 Paris, Louvre, Erweiterungsprojekt »Grand Louvre«, Ieoh Ming Pei, 1981–1999, Pyramide in der Cour Napoléon, 1985–89, Fototermin zum G7-Gipfel, 1989.

Über die Zulässigkeit eines solchen baulichen Akzents im historischen Kontext erhob sich zwar eine erhitzte Debatte; nichts konnte dem Projekt aber schlussendlich etwas anhaben. Dies lag wohl nicht zuletzt daran, dass die gläserne Intervention fraglos als neu erkennbar war, dass sie das Alte mit ihrer Klassizität aber auch keineswegs in Frage stellen sollte. Um dieses Versprechen baulich einzulösen, wurde mit Spezialisten der Firma Saint-Gobain für die Pyramide eigens ein neues, speziell transparentes, hochresistentes und praktisch farbloses Glas entwickelt, das den Durchblick auf das Nationaldenkmal sicherte und hier unerwünschte Spiegelungseffekte ausschloss. Als Tragstruktur wurde ein aufwendiges stählernes Gitternetz entwickelt, das aus lauter gleich dimensionierten Stäben bestand, um der Pyramide so einen homogenen, quasi kristallinen Ausdruck zu verleihen.[24] Umgekehrt demonstriert die technisch avancierte Lösung mit filigranen Chromstahlstäben und Seilverspannungen gerade beim Blick aus dem Inneren der Pyramide Modernität.

Die Fertigstellung dieses symbolischen Hauptstücks innerhalb der Louvre-Erweiterung erfolgte pünktlich auf das 200-jährige Jubiläum der französischen Revolution, während in anderen Bautrakten noch einige Jahre gearbeitet wurde. 1989 durch Mitterrand feierlich eingeweiht, wurde die Louvre-Pyramide sofort und mit einigem Erfolg zur Repräsentation Frankreichs in der Welt verwendet (vgl. Abb. 8). Wohl kaum



9 Nürnberg, Reichsparteitagsgelände, Kongresshalle, Franz Ruff mit Albert Speer, 1935–45; Umbau zu Dokumentationszentrum Reichsparteitagsgelände, Günther Domenig, 1998–2001. Foto: © Gerald Zugmann, Wien.

ein Bauwerk hat es sonst je geschafft, in derart kurzer Zeit zu einem der meistfotografierten Bauten und zu einem Symbol für seine Stadt oder sogar sein ganzes Land zu werden. Das liegt wohl nicht zuletzt an der ebenso simplen und allgemeinverständlichen wie raffinierten Konzeption, die demonstrativ Zeitgenossenschaft zum Ausdruck bringt und gleichzeitig von Kontinuität erzählt.

Wenn das Denkmal hingegen ein problematisches oder »unbequemes« ist, kann genau das Gegenteil gefragt sein: mit einer energischen architektonischen Geste auf vergangenes Unrecht oder vergangene Gewalttaten hinzuweisen. Auch bei dieser erinnerungspolitischen Infragestellung erwies sich Glas wieder als beliebtes Mittel der denkmaldidaktischen Inszenierung. Ein sprechendes Beispiel einer solchen Intervention in ein besonders negativ besetztes Denkmal bildet das Dokumentationszentrum zum Nürnberger Parteitagsgelände, das 1998–2001 vom österreichischen Architekten Günther Domenig (1934–2012) in einem Trakt der Kongresshalle aus der Nazizeit eingerichtet wurde (Abb. 9).[25] Das nach einem Entwurf des Nürnberger Architekten Franz Ruff (1906–1979) unter Beteiligung von Albert Speer (1905–1981) 1935 begonnene gigantische Bauwerk hatte es bis 1945 nur zur Bauruine geschafft. Nach dem Krieg wurde es vor allem deshalb nicht gesprengt, weil es mit verhältnismässigem Aufwand schlicht unzerstörbar war. Nach jahrzehntelanger Vernachlässigung und behelfsmäs-

sigen Nutzung fiel der Entscheid, die Geschichte des Parteitagsgeländes an Ort und Stelle in Form einer musealen Inszenierung der Bauruine zu vermitteln. Domenigs Antwort auf die schwierige Entwurfsaufgabe in einem historisch derart kontaminierten Bauwerk bestand darin, einen aus Stahl und Glas konstruierten Keil in das ebenso wuchtige wie massive Bauvolumen hineinzutreiben und dieses quasi aufzuschlitzen. Tatsächlich erscheint der seinerzeit allgemein verbreitete Dekonstruktivismus hier einmal auch aus denkmalpflegerischer Sicht als die Architektursprache der Wahl: Die Furcht einflössende und Ehrfurcht heischende Architektur wird mit dem sie durchstossenden Keil effektvoll in Frage gestellt, bleibt aber trotzdem ausreichend lesbar als das, was sie war. Jedem Betrachter wird einleuchten, dass hier nicht einer glorreichen Vergangenheit ein weiteres unproblematisches Kapitel hinzugefügt wird, sondern dass man es mit einem unbequemen Denkmal zu tun hat, mit dessen Geschichte man sich auseinandersetzen soll.

1 Euler-Rolle 2007.
2 So der Titel einer breit wahrgenommenen Ausstellung von 1978 (vgl. Neues Bauen 1978).
3 Magirius 1989, 266.
4 Euler-Rolle 2007, 147; Magirius 1989, der dieser Haltung betont kritisch gegenübersteht, 144–147 (zu Gurlitt) sowie 269 (zum Freiberger Dom).
5 Einen guten Überblick über Schutzbauten (nicht nur gläserne) in Deutschland, Österreich und der Schweiz bietet Haas 2014; zu Hamar: Vernebygg for Hamar Domkirkeruiner 2018.
6 Haas 2014, 116–117.
7 Kallis 2011; Kostof 1978.
8 Kallis 2011, 819 (Übersetzung M.F.).
9 Longatti 2013, 390–393; Ciucci 1996, 603–607.
10 Pica 1943, 32 (Übersetzung M.F.).
11 Fumagalli 1999.
12 Neues Bauen 1978, 43.
13 Rossi 1972, 688.
14 Zum Aufkommen verspiegelter Gläser vgl. Schittich et al. 1998, 39–40.
15 Vgl. zum Bau allgemein Lambot 1989, 20–55; Schittich et al. 1998, 50–51; Ishida 2020, 38–70.
16 Ipswich Reflections 1975, 132.
17 Dezzi Bardeschi 1991.
18 Gioeni 2011.
19 Vgl. als frühes Beispiel einen Umbau des Zürcher Architekten Eduard Neuenschwander in Toggwil bei Meilen (Kanton Zürich) von 1960: Moll/Simon 2009, 32–35, 46–49; Umbau eines Bauernhauses 1961.
20 Ando/Kato 2015, 112–131; Beton und Holz 2010.
21 Meier 2020, 163–165.
22 Ebd., 163–164.
23 Baugeschichte nach Bezombes 1993.
24 Schittich et al. 1998, 42–43.
25 Vgl. Täubrich 2014.

Bibliografie

ANDO/KATO 2015
Tadao Ando und Toru Kato (Hg.), Tadao Ando, Bd. 4: New Endeavors, Tokio: TOTO Publishing, 2015.

BETON UND HOLZ 2010
Anonym, »Beton und Holz für geformten Stein. Steinskulpturenmuseum in Bad Münster am Stein von Tadao Ando«, Deutsche BauZeitschrift, 58.12, 2010, 12.

BEZOMBES 1993
Dominique Bezombes (Hg.), Le Grand Louvre. Histoire d'un projet, Paris: Grand Louvre, 1993.

CIUCCI 1996
Giorgio Ciucci (Hg.), Giuseppe Terragni. Opera completa, Milano: Electa, 1996.

DEZZI BARDESCHI 1991
Marco Dezzi Bardeschi, Restauro: punto e da capo. Frammenti per una (impossibile) teoria, Mailand: F. Angeli, 1991.

EULER-ROLLE 2007
Bernd Euler-Rolle, »›Moderne Denkmalpflege‹ und ›Moderne Architektur‹. Gemeinsame Wurzeln, getrennte Wege?«, Österreichische Zeitschrift für Kunst und Denkmalpflege 61, 2007, 145–161, 383.

FUMAGALLI 1999
Paolo Fumagalli, »La ›Città Nuova‹ di Augusto Jäggli«, Archi 2.5, 1999, 44–47.

GIOENI 2011
Laura Gioeni, »Marco Dezzi Bardeschi: teoria e pratica della conservazione dell'architettura«, in: Giuseppe Fiengo und Luigi Guerriero (Hg.), Monumenti e documenti. Restauri e restauratori del secondo Novecento, [Neapel]: Arte Topografica, [2011], 327–348.

HAAS 2014
Stefanie Haas, Schutzbauten über archäologischen Stätten, Diplomarbeit, TU Wien, Institut für Kunstgeschichte, Bauforschung und Denkmalpflege, 2014, https://doi.org/10.34726/hss.2014.25164 (aufgerufen am 14.01.2021).

IPSWICH REFLECTIONS 1975
Anonym, »Ipswich Reflections«, The Architectural Review Magazine, 158.943, 1975, 130–154.

ISHIDA 2020
Aki Ishida, Blurred Transparencies in Contemporary Glass Architecture. Material, Culture, and Technology, New York: Routledge, 2020.

KALLIS 2011
Aristotle Kallis, »›Framing‹ Romanità: The Celebrations for the Bimillenario Augusteo and the Augusteo-Ara Pacis Project«, Journal of Contemporary History, 46.4, 2011, 809–831.

KOSTOF 1978
Spiro Kostof, »The Emperor and the Duce: The Planning of Piazzale Augusto Imperatore in Rome«, in: Henry A. Millon und Linda Nochlin (Hg.), Art and Architecture in the Service of Politics, Cambridge, Mass./London: MIT Press, 1978, 270–325.

LAMBOT 1989
Ian Lambot (Hg.), Norman Foster, Foster Associates. Buildings and Projects, Bd. 2: 1971–1978, Hong Kong: Watermark, 1989.

LONGATTI 2013
Alberto Longatti, »Como tra eclettismo e razionalismo«, in: Comune di Como (Hg.), Piano delle regole [Bericht zur städtebaulichen Rahmenplanung, 2013], 386–398, https://www.comune.como.it/it/comune/territorio/pgt/documentazione/relazione-piano-delle-regole.html (aufgerufen am 07.12.2021).

MAGIRIUS 1989
Heinrich Magirius, Sachsen. Von den Anfängen bis zum Neubeginn 1945, Geschichte der Denkmalpflege 1, Berlin (Ost): Verlag für Bauwesen, 1989.

MEIER 2020
Hans-Rudolf Meier, Spolien. Phänomene der Wiederverwendung in der Architektur, Berlin: Jovis, 2020.

MOLL/SIMON 2009
Claudia Moll/Axel Simon, Eduard Neuenschwander. Architekt und Umweltgestalter, Zürich: gta Verlag, 2009.
NEUES BAUEN 1978
Neues Bauen in alter Umgebung, Ausstellungskatalog, München 1978, München: Staatliches Museum für angewandte Kunst, 1978.
PICA 1943
Agnoldomenico Pica, »L'architettura antica e noi«, Casabella, 16.182, 1943, 1–48, 54.
ROSSI 1972
Aldo Rossi, »Architektur und Stadt. Vergangenheit und Gegenwart«, werk, 59.12, 1972, 688–691.
SCHITTICH ET AL. 1998
Christian Schittich et al., Glasbau Atlas, Basel/Boston/Berlin: Birkhäuser, 1998.
TÄUBRICH 2014
Hans-Christian Täubrich (Hg.), Die Kongresshalle Nürnberg. Architektur und Geschichte, Petersberg: Imhof, 2014.
UMBAU EINES BAUERNHAUSES 1961
Anonym, »Umbau eines Bauernhauses in Toggwil«, Werk, 48.6, 1961, 202–205.
VERNEBYGG FOR HAMAR DOMKIRKERUINER (2018)
Anonym, »Vernebygg for Hamar Domkirkeruiner«, Arkitektur N, 2018, https://arkitektur-n.no/prosjekter/vernebygg-for-hamar-domkirkeruiner?cat=22 (aufgerufen am 13.05.2022).

15

PROBLÉMATIQUE DE LA CONSERVATION-RESTAURATION DES VERRES IMPRIMÉS EMPLOYÉS DANS LE DOMAINE ARCHITECTURAL EN FRANCE

Emma Groult

Abstract

In 1880, a new glass product from England arrived on the European market, complying with hygienist standards and at the same time offering low-cost décor: printed glasses with a repetitive ornamental pattern, regular or not, on one or both sides. From then on, manufacturers developed technology specific to this glass and a wide range of different patterns: about 150 of them are listed in French commercial catalogues in 1929. This glass was very popular with architects of the time. Artists such as Louis Barillet and Jacques Gruber exploited printed glasses for their graphic qualities: the pattern of the glass and the refraction and diffraction of the light on its surface. Lead became the artist's pencil.
Glass is a fragile material and mechanical stress is one of the main causes of damage to glass in architectural contexts. Damaged glass can be repaired by replacing missing pieces or restored by gluing breaks. When working however with ornamented glass that is used for its aesthetic qualities, the question of which of the two solutions is more appropriate becomes crucial. While adhesions leave visible traces, replacement pieces usually fail to match the existing glass. New technologies, such as thermoforming, resin printing or 3D printing, offer feasible alternative solutions and produce results that are more or less true to the original.

Keywords

Rolled-plate glass, pattern, stained-glass windows, conservation, restoration

L'origine du verre imprimé

Les verres imprimés en France apparaissent dans un contexte particulier où le mouvement hygiéniste prend peu à peu une place particulière dans la société et auprès des bâtisseurs. À la recherche de matériaux offrant à la fois une luminosité tout en étant facilement lessivables, le verre apparaît comme essentiel dans les architectures nouvelles. Il se décline sous différents produits comme le verre perforé qui permet un double avantage avec une luminosité et une aération simultanée. La recherche autour de ces matériaux est riche et les dépôts de brevets se multiplient et s'accélèrent durant la seconde moitié du XIXe siècle. Le verre dans sa « saine beauté » investit tous

types d'édifices privés ou publics ;[1] ces derniers étant en plein bouleversement avec l'accroissement des administrations, des industries, des commerces et des transports.

Les recherches engagées au cours du XIXe siècle permettent au verre, dans son application architecturale, de connaître une seconde existence induite par le bouleversement sociétal mais également par l'industrialisation. Cependant, le verre simple, transparent, n'est pas suffisamment enthousiasmant pour investir les fenêtres des intérieurs bourgeois. Pour être adopté, sa décoration est indispensable. C'est l'aube du verre ornemental et du vitrail civil.

L'objectif des verres ornementaux est de passer de la transparence à la translucidité par une fabrication spécifique et non pas par un traitement de surface. Dans son ouvrage, Péligot mentionne la présence lors de l'Exposition Nationale française de 1839 d'un échantillon de verre dit mousseline.[2] Ce verre présente un traitement de surface ayant pour but de décorer et de rendre translucide le verre. Cette production nouvelle est présentée comme le premier décor sur verre exclusivement civil. Le verre est alors plat avec un décor apposé à sa surface. Différents modèles existent et sont présentés sous la forme de catalogue dès 1873.[3] Quelques années plus tard, un nouveau procédé de fabrication apparaît en France : les verres coulés dits « anglais » ou « laminés ». Il s'agit alors de verres portant un motif irrégulier brouillant la vision. De fabrication semi-mécanique, ces verres sont progressivement appelés imprimés à mesure que des motifs de plus en plus évolués apparaissent à leur surface. La technique de production consiste à couler le verre en fusion entre des rouleaux lamineurs, dont au moins un possède des motifs gravés en relief se reportant ainsi sur le verre avant sa recuisson. Découlant des verres de toiture, le verre imprimé est un verre possédant un motif ornemental répétitif, régulier ou non, en relief sur l'une ou les deux faces.

Comme dans l'ensemble des domaines industriels au XIXe siècle, l'Angleterre joue un rôle primordial dans l'apparition et l'évolution de cette technologie. Trois verreries anglaises participent à l'essor de ce procédé. Parmi elles se trouvent l'entreprise Pilkington Brothers, fondée en 1829, et la British Crown Glass Company, créée en 1815 et rachetée en 1825 sous le nom de Chance Brothers & Company.[4] Après un passage au sein de la Chance Brothers & Company, James et John Hartley fondent à leur tour la James Hartley & Company en 1836 à Sunderland, dans le nord de l'Angleterre.

Plusieurs sources désignent James Hartley comme l'inventeur des verres coulés à relief, avec le dépôt de son brevet en 1847 pour le « rolled-plate glass ».[5] Ce procédé rencontre un vif succès. Il consiste à utiliser le verre brut issu de la coulée sans aucun traitement de polissage. Commercialisé sous le nom de « rolled-plate glass » dans les pays anglo-saxon, il est désigné sous le terme de verre brut coulé en France. Le verre est de faible épaisseur et présente sur l'une ou les deux faces, une légère ondulation irrégulière le rendant translucide.[6]

Le premier modèle de ce verre brut, dit coulé ou à relief, issu de cette production est nommé par son inventeur « cathedral ». Il a conservé ce nom jusqu'à nos jours. Le relief est obtenu par le contact du verre en fusion sur le métal froid. Dans un premier temps,

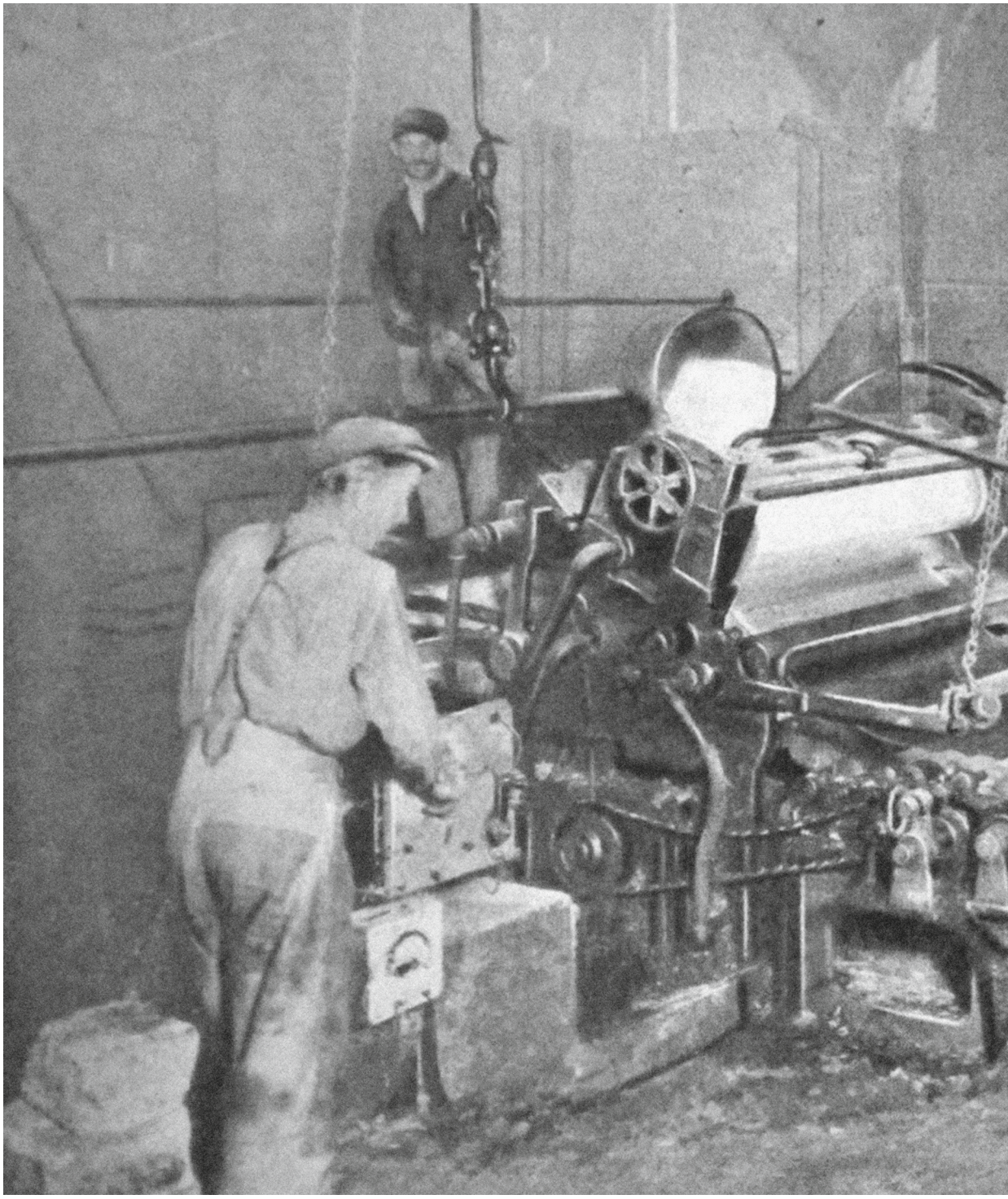
ce verre ne fait que troubler la vision irrégulièrement. Mais à l'instar des autres industries, textiles ou de papiers peints, les verriers introduisent progressivement tout un répertoire de motifs ornementaux sur des rouleaux lamineurs, gravés manuellement, pour reporter sur le verre en fusion un dessin répétitif. Les modèles se complexifient au fil des années pour arriver à des motifs végétaux entrelacés particulièrement élaborés, des zones texturées de façon différentes sur un même verre (pointillés, aplats, etc.). Ils participent à ce qui est appelé « le beau dans l'utile » comme le souhaitaient des artistes tels que William Morris, fervent partisan de la recherche de la beauté dans les objets usuels du quotidien.

Le procédé et son invention

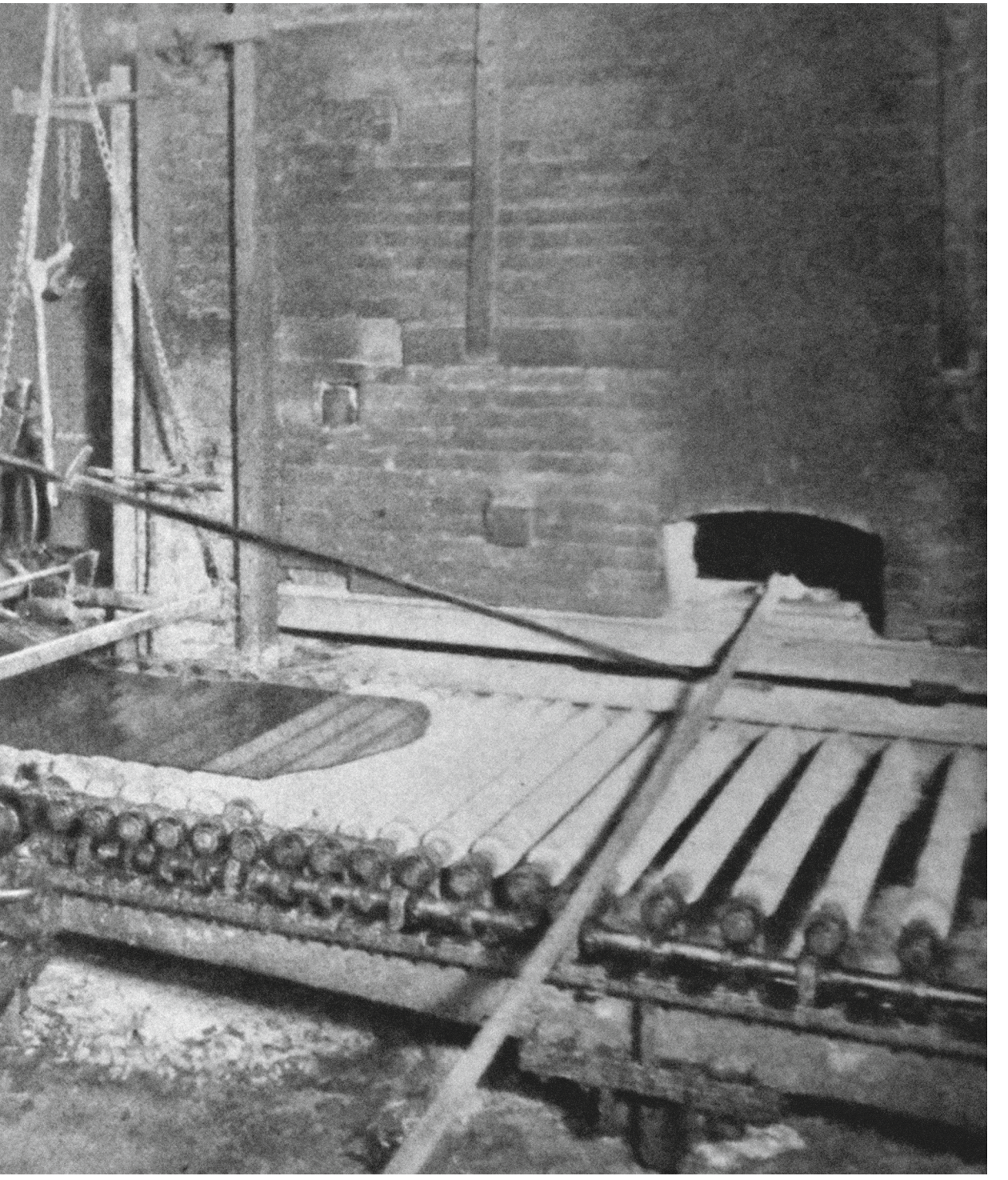
A mi-chemin entre le coulage et le moulage, cette technique d'impression consiste à utiliser le rouleau métallique comme outil de pression pour permettre au verre de s'immiscer dans les reliefs de la table ou dans ceux du rouleau métallique. On obtient alors le dessin en positif, imprimé à la surface du verre. Le premier motif ainsi réalisé est le verre cannelé. Afin d'asseoir son emprise, l'entreprise Chance Brothers & Company se tient étroitement informée des innovations qui touchent la production des verres à reliefs. Ainsi, lorsque deux de ses anciens employés, Frédérick Masson et John Conqueror, mettent au point un nouveau système pour leur fabrication, Chance Brothers en achète aussitôt le brevet.[7] Masson et Conqueror créent une machine à laminer le verre permettant de parer aux défauts induits par son écoulement sur la table métallique. Leur brevet pour cette machine préconise l'emploi d'une technologie où le contenu du creuset est versé non pas directement sur une table métallique mais sur un plan incliné. Le verre passe alors entre deux rouleaux gravés selon le motif désiré (fig. 1).

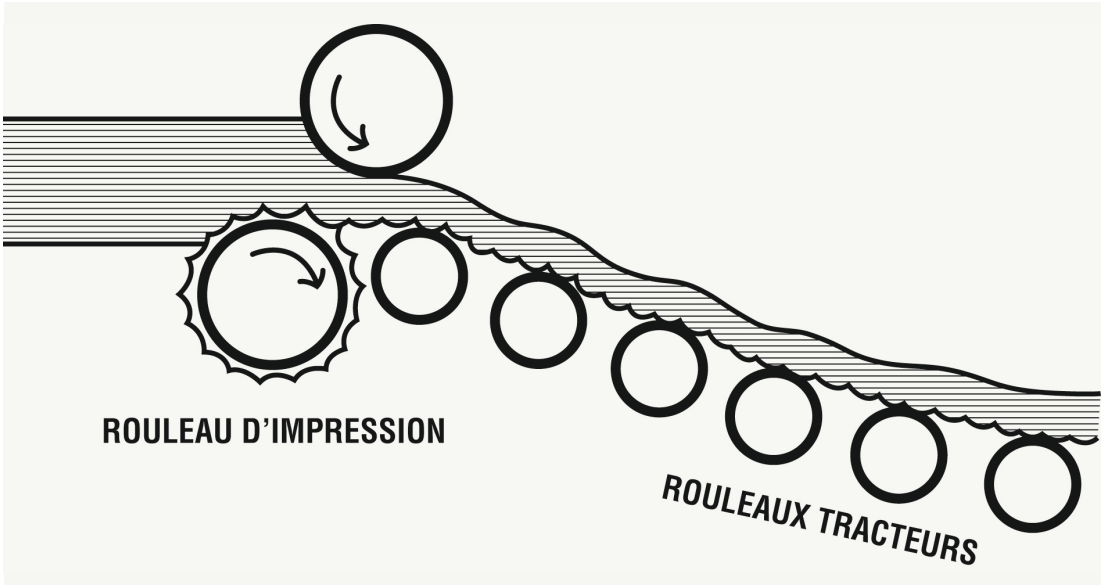
Suite à l'achat du brevet de Masson et Conqueror en 1885 par la compagnie Chance Brothers, techniciens et scientifiques améliorent le procédé par l'ajout d'une seconde paire de rouleaux permettant d'adapter la machine à un usage industriel. La feuille de verre est préformée par deux rouleaux lisses puis passe entre une deuxième paire de rouleaux métalliques, pouvant être gravée (fig. 2). Ce procédé permet d'obtenir un verre ayant une épaisseur régulière et entièrement contrôlée. L'instrument dit « machine Chance » est une invention révolutionnaire dans le domaine de la verrerie : désormais il est possible de réaliser glaces, verres à vitres et verres à relief à l'aide d'outils identiques.

Les grandes verreries du monde entier investissent dans cette technologie innovante leur permettant d'accroître leur production tout en augmentant leur rentabilité. Désormais, les verreries sont étroitement liées à l'entreprise Chance Brothers, producteur de la machine et principal fournisseur des rouleaux devenant à la fois support de la coulée et outil de laminage. L'introduction de cette machine entraîne la standardisation des rouleaux qui deviennent mobiles et interchangeables (fig. 3). Dans le cas de la production des verres à relief, le rouleau est gravé et son diamètre varie en fonction



1 La coulée du verre sur la machine Chance, 1928.



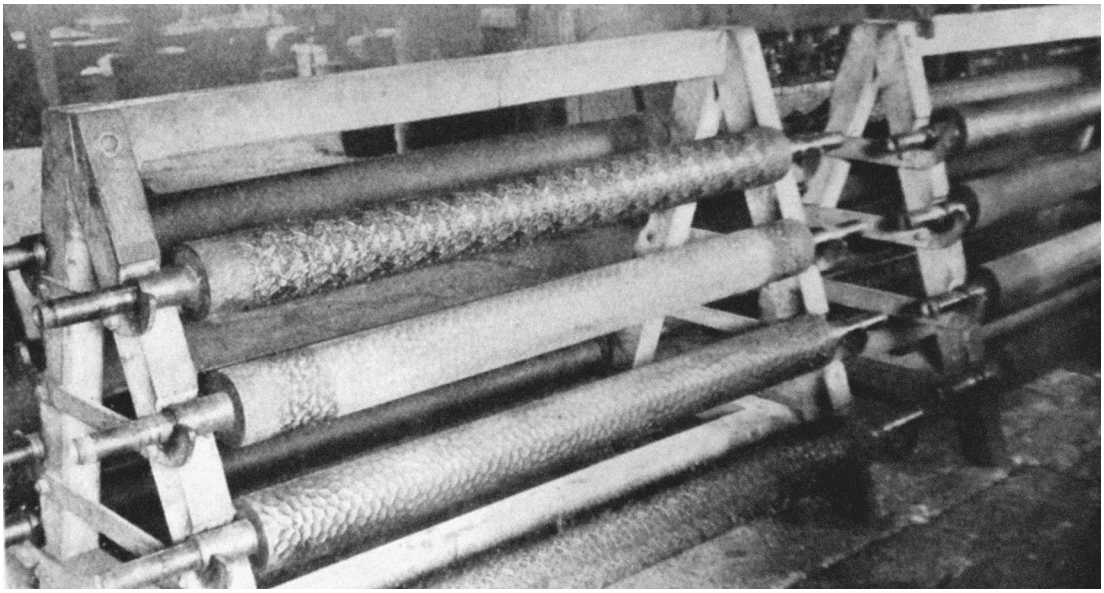


2 Schéma de montage des rouleaux.

du motif représenté. Chaque modèle possède un diamètre spécifique de rouleau métallique défini par un numéro. Les entreprises commandent ainsi un modèle de verre référencé par rapport au diamètre. Si la production des rouleaux est dominée par l'entreprise Chance, deux autres fournisseurs font leur apparition : la Glasgow Company et Offenbacher en Allemagne.[8] En tant que producteurs des rouleaux, ils en réalisent les motifs représentés et en sont les propriétaires.

La diffusion et commercialisation du verre coulé à relief et du verre imprimé

Le « rolled-plate glass » est présenté par James Hartley pour la première fois lors de l'Exposition Universelle de Londres en 1851. Connaissant un vif succès, les deux manufactures de l'époque, à savoir Chance et Pilkington, décident d'en exploiter la production les années suivantes. Les accords commerciaux conclus entre la compagnie Chance et Hector Bivet, futur directeur de la manufacture de Saint-Gobain, permettent l'introduction des verres coulés en France. Il faudra attendre l'Exposition Universelle de 1889 à Paris pour découvrir les premiers verres à reliefs produits par Saint-Gobain. Face à l'engouement des constructeurs, des critiques et du public, les entreprises françaises concurrentes commencent à se munir des instruments nécessaires à cette production et proposent à leur tour des verres à relief. Dans un contexte d'échanges commerciaux, la concurrence devient vite internationale. Il est alors temps pour les verreries françaises de s'organiser.
La riposte prend forme en 1903 avec la création du Comptoir général des ventes. Cette association regroupe la Société Anonyme des Manufactures de Glaces et Produits Chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey mais également des verreries régionales comme la Société Anonyme des verreries et manufactures de glaces d'Aniche, située

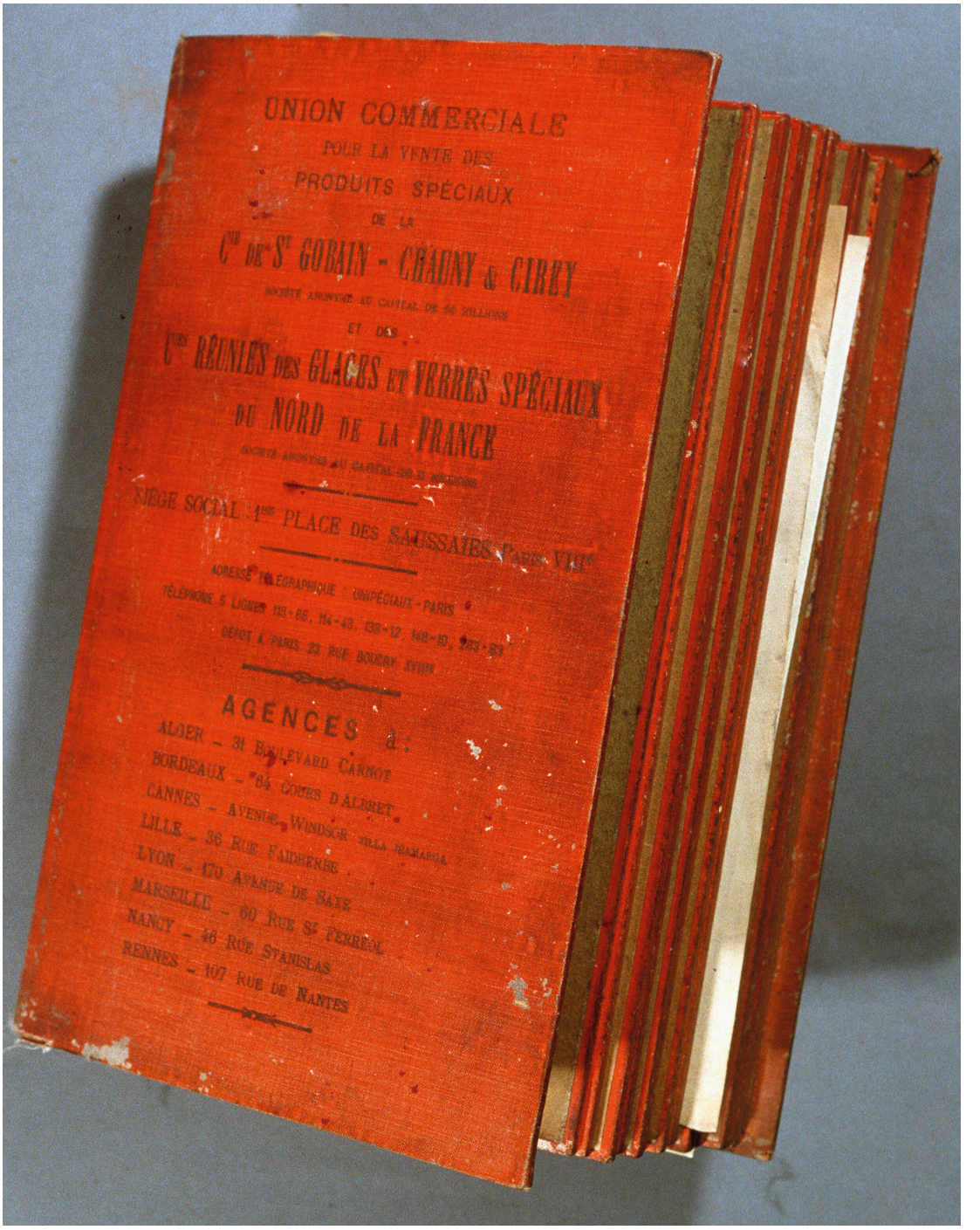


3 Les rouleaux lamineurs gravés, 1928.

dans le nord de la France. Le Comptoir général des ventes s'étend au niveau national. Il produit uniquement des verres spéciaux et ainsi n'entrave pas l'autonomie des verreries qui restent indépendantes.
Ce regroupement permet aux entreprises de supprimer la concurrence entre elles et d'investir le marché européen, jusque-là impénétrable. Par ce système, tous les produits sont réunis dans un même lieu de vente puis écoulés en fonction de la demande. En l'espace de 10 ans, la diversité des modèles de verres proposés à la vente a considérablement augmenté. Chaque graphisme est acheté auprès des producteurs de rouleaux majoritairement anglais. La propriété des modèles est alors revendiquée par le dépôt du dessin auprès du Secrétariat du Conseil des Prud'hommes de la ville de Paris. C'est grâce à ces dépôts que l'on peut déterminer précisément la paternité des motifs à l'une ou l'autre entreprise. Les fabricants offrent une gamme variée de modèles dont l'évolution est notable dans les catalogues commerciaux du Comptoir (fig. 4).
Ainsi, la consultation des catalogues commerciaux permet de comprendre l'organisation régissant le Comptoir.[9] Couvrant une période de plus de cinquante ans, s'étendant de 1880 à 1940, les catalogues évoluent en même temps que la demande. Certains modèles sont délaissés quand d'autres persistent tout au long de ces années.

La diversité des verres imprimés : les catalogues de vente

Les catalogues sont tous réalisés sur le même modèle : une courte introduction exposant le rôle des verres spéciaux et les conditions de vente, à savoir l'achat en mesure libre ou en feuille prédécoupées. Cette introduction est suivie de la représentation graphique ou photographique des verres. Ils exposent aussi bien les verres dits



4 Catalogue produit entre 1920 et 1925 par le Comptoir Général des ventes et incorporant des échantillons des verres.

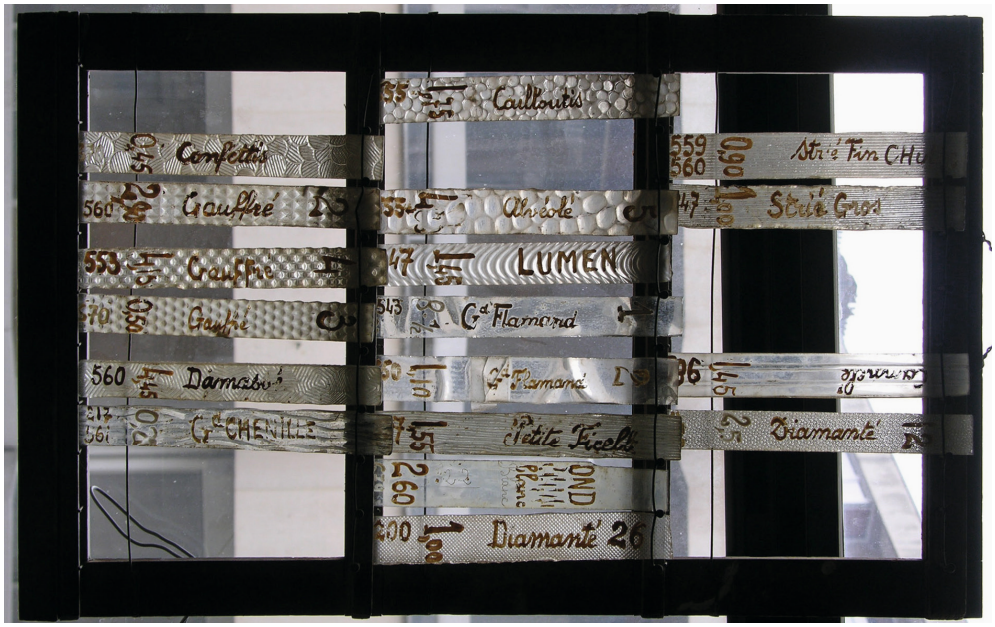
« imprimés », « diamantés » que les verres bruts coulés ou encore les verres armés et les ardoises.[10] Ces 11 catalogues, tous publiés par le Comptoir Général des Ventes, reflètent une partie de la production verrière de ces années. Un catalogue français daté entre 1920 et 1925 présente des échantillons de verres, il est conservé aux archives de Saint-Gobain à Blois. Un autre catalogue français est actuellement conservé au Vitromusée Romont et a été exposé lors de l'exposition « Du précieux au quotidien. Le verre plat dans l'architecture ».

Une augmentation croissante du nombre de modèles de verres à relief est observée jusqu'en 1929, elle est suivie d'une réduction de l'offre se manifestant au sein des catalogues. Plusieurs catégories de verres décoratifs se distinguent dans les catalogues de vente du Comptoir. Le type de verre le plus répandu est le verre « imprimé », dont l'appellation apparaît dès 1897. Il sera présent dans l'ensemble des catalogues consultables. Les verres dits « diamantés » constituent également une catégorie conséquente. Ce terme apparaît pour la première fois dans le Catalogue Modèle de l'Architecte de 1913–1916.[11] Ces deux catégories de verres présentent des motifs ornementaux issus d'une production identique, dont certains modèles s'avèrent graphiquement très similaires et sont présents parfois la même année dans le même catalogue. Certes, ces correspondances ne reflètent pas l'ensemble des verres, mais cela pose des questions relatives à une éventuelle distinction entre les deux catégories de verres. Les différents modèles sont tous désignés par un numéro, cependant, on constate l'adjonction d'une appellation pour certains verres dès 1909, comme le verre « océanic » correspondant au n° 25 ; ou encore les noms de « marocco » et « granitic » respectivement pour les verres n° 23 et n° 24 du catalogue de 1923. Néanmoins, cela reste épisodique.

Les termes « verres spéciaux » et « verres bruts coulés » sont synonymes et correspondent dans les catalogues aux mêmes modèles de verres. On relève dans cette catégorie les verres « prismatiques » et les verres « parasol », qui sont des verres à rayures offrant un angle de réfraction de la lumière savamment étudié pour diffuser un maximum de lumière dans la pièce, mais également les verres « martelés dit cathédrale », « striés ordinaires », « striés à rayures fines », « petits losanges ordinaires », « petits losanges allongés » ou encore les « grands losanges dit verre à vitraux ».

Parmi toutes ces appellations, déjà difficiles à distinguer, il en existe d'autres. L'emploi des verres imprimés et diamantés par les artistes verriers, les a amenés à employer des appellations particulières, souvent sans rapport avec celles des catalogues des fabricants : « chagriné », « chenillé », « crocodilé », « drapé » ou « maroquiné » comptent parmi les riches adjectifs composant ce vocabulaire. Les artistes n'hésitent pas à donner des noms associés à des sensations ou des définitions succinctes du motif (fig. 5).

Par souci de clarté et pour fédérer le vocabulaire en usage, nous avons tenté de constituer un tableau catalogue de ces verres. L'établissement d'une base historique répertoriant les appellations officielles des verres indiquées dans les catalogues, complétées par celles données par les verriers, ainsi que l'ensemble des informations



5 Echantillonier de la maison Simon-Marcq.

collectées, peut être envisagé. Il ne fait nul doute que cette question ne peut être résolue sans effectuer une plongée au sein des ateliers et de leurs archives mais également autour de discussions avec les verriers et l'ensemble des professionnels concernés. Une méthodologie doit être appliquée pour pouvoir permettre l'exploitation des données par le plus grand nombre de professionnels. Ce travail, commencé lors de la rédaction de mon mémoire qui, je l'espère, verra son aboutissement, sera également une source d'informations pour les conservateurs-restaurateurs, toujours en quête d'un moyen de restauration satisfaisant pour ces verres.[12]

Restauration et préservation d'un patrimoine fragile ?

Les problématiques de conservation touchant les verres imprimés sont essentiellement mécaniques : lacunes et casses de verres. Or, ce matériau étant employé pour ses propriétés de réfraction et de diffusion de la lumière, la présence d'un complément en verre ou d'un comblement en résine, moyen traditionnellement employé en restauration de vitraux pour la restitution des lacunes, entrave cette recherche esthétique et endommage la lisibilité de l'œuvre et son intégrité.
Actuellement, les restaurateurs ont plusieurs possibilités pour traiter les lacunes de verres imprimés :

- L'insertion d'un verre possédant un motif identique. Il s'agit de la recherche du motif auprès des fournisseurs qui trop souvent ne peuvent satisfaire aux besoins en raison de l'arrêt de la production de la majorité des modèles de verres existants entre 1880 et 1940.

- Le thermoformage d'un verre lisse sur un moule en plâtre réalisé à partir du motif original. Il s'agit d'un traitement thermique nécessitant une parfaite maîtrise de l'ensemble des paramètres. La réalisation de nombreux essais est souvent utile pour obtenir un verre possédant à la fois le motif, sa vibration lumineuse et sa transparence.
- Le moulage à l'aide d'une résine. Ce procédé permet à la fois de conserver le motif et son relief.
- Le moulage à partir d'une imprimante 3D. Cette technologie nouvelle permet l'obtention très précise d'un moule, la résine de coulée doit là encore être adaptée pour répondre au besoin de translucidité et de brillance du matériau. Cette technique est toutefois encore onéreuse et ne peut être utilisée pour un ensemble de modèles de verre à reproduire, bien qu'elle soit en train de se démocratiser.
- La réalisation d'un verre imprimé à partir du coulage du verre entre deux rouleaux métalliques. Cette méthode est très onéreuse et nécessite une logistique de grande ampleur en constante concertation avec les différents intervenants. Cependant, des fabricants commencent à développer des rééditions de verres imprimés, comme c'est le cas actuellement de la verrerie allemande Lamberts.[13] Ces recherches offrent une gamme étendue de possibilités mais qui ne sont cependant pas entièrement satisfaisantes du point de vue esthétique, la vibration lumineuse ne parvenant pas à être recrée. La recherche d'une méthode de restauration adaptée doit être poursuivie en vue de préserver ce patrimoine fragile qui fait l'objet, depuis plusieurs années, de programmes de restauration de plus en plus importants.

La réalisation d'un corpus des verres ornementaux à reliefs, dits « imprimés », est un travail de longue haleine demandant l'aide et le soutien de chaque partenaire. Ces verres industriels représentent une partie importante de notre patrimoine. Il est indispensable de les étudier pour mieux les préserver. Par l'étude des archives, il est possible d'obtenir un grand nombre d'informations sur chaque modèle de verre imprimé, pouvant être une source indispensable pour les historiens, les conservateurs, mais aussi les restaurateurs. Dans cette même démarche, les fonds d'ateliers représentent un véritable trésor, ils doivent être exploités en vue de la recherche touchant les problématiques de restitution des verres imprimés. Cet effort est indispensable pour la préservation de ce patrimoine, trop souvent dénaturé par l'utilisation de verres de compléments inappropriés. Il pourrait, à plus long terme, permettre la fabrication de verres imprimés en réédition pour permettre de satisfaire les besoins croissants en matière de restaurations de ces verres et offrir ainsi une rénovation des vitraux en cohérence avec la déontologie régissant la profession de conservateur-restaurateur, et dans le respect de l'intégrité de l'œuvre.

1 Pascal 1934.
2 Peligot 1877, 190.
3 Gugnon 1873.

4 Pilkington Brothers est fondée par William Pilkington et Peter Greenall sous le nom de St Helens Crown Glass Company à Cowley Hill. Après le départ de Peter Greenall en 1849, l'entreprise prends le nom de Pilkington Brothers. La British Crown Glass Company est fondée par Thomas Shutt à Spoon Lane. À sa mort en 1822, la compagnie est mise en vente et est rachetée en 1925 par Robert Lucas Chance.

5 Blondel 1993, 196 ; Carré-Coursaris 1998, 42–43 ; Hermes 1928, 3–5.

6 « MM. Hartley & Cie en ont mis en pratique un autre [procédé de coulage] qui n'exige pas un aussi grand capital. Ils fabriquent du verre ‹ le rolled-plate › qui se produit, en feuilles minces de 3 mm », Flamm 1862, 297.

7 Le brevet est enregistré le 3 octobre 1884 sous la référence n° 13119.

8 Archives de Saint-Gobain 1904.

9 Archives de Saint-Gobain 1880–1940.

10 Ces deux derniers types de verres sont le fruit d'une production différente et ils ne sont pas évoqués dans la suite de cet article.

11 Catalogue Modèle de l'Architecte 1913.

12 Groult, en préparation.

13 Glashütte Lamberts, https://www.lamberts.info/fr/ (consulté le 9 janvier 2023).

Bibliographie

ARCHIVES DE SAINT-GOBAIN 1904
Archives de Saint-Gobain, Recueil de recensement des rouleaux pour verres imprimés, 1904.

ARCHIVES DE SAINT-GOBAIN 1880–1940
Archives de Saint-Gobain, Catalogues de verres spéciaux imprimés brevetés, 1880, 1897, 1900, 1913, 1922, 1923, 1929, 1940.

BLONDEL 1993
Nicole Blondel, Le vitrail : vocabulaire typologique et technique. Paris : Editions du Patrimoine, 1993.

CARRÉ-COURSARIS 1998
Anne-Laure Carré-Coursaris, Construire en verre, de nouveaux matériaux pour l'architecture 1881–1937. Thèse de doctorat, Paris IV-Sorbonne, 1998.

CATALOGUE MODÈLE DE L'ARCHITECTE 1913
Catalogue Modèle de l'Architecte publié avec l'approbation de la Société centrale des architectes, la Société des architectes diplômés par le gouvernement, l'association provinciale des architectes français, Tome II, Paris : [sans éditeur], 1913.

FLAMM 1862
Pierre Flamm, Le verrier du XIXème siècle, Paris : A. Lepage, 1862.

GROULT, EN PRÉPARATION
Emma Groult, Caractérisation des verres imprimés employés en vitrail entre 1880 et 1940 : problématique d'une conservation-restauration, Mémoire de Master CRBC, Paris I-Sorbonne.

GUGNON 1873
A. Gugnon, Verres à vitres, notice sur la décoration, Paris : Seringe frères, 1873.

HERMES 1928
Hermes, « La fabrication des verres coulés à reliefs », Glaces et Verres 7, 1928, 3–10.

PASCAL 1934
Georges Pascal, Préface Le verre, la mosaïque et l'émail, exhibition catalogue (Musée Galliera, Ville de Paris, 1934), Paris : Frazier-Soye, 1934.

PÉLIGOT 1877
Eugène Melchior Péligot, Le verre, son histoire, sa fabrication, Paris : Masson, 1877.

16

EIN PRAXISORIENTIERTER LEITFADEN FÜR DEN RESSOURCENSCHONENDEN UMGANG MIT HISTORISCHEN GLÄSERN UND FENSTERN PROFANER GEBÄUDE

Paul Bellendorf, Ruth Tenschert, Alexandra Schmölder, Katrin Lenz, Ralf Kilian, Stefan Bichlmair, Christine Milch, Olivia Jorgji und Matthias Fischer

Abstract

From October 2018 to August 2021, the University of Bamberg, in collaboration with the Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP) researched innovative solutions to improve the energy efficiency of historic glazing and glass windows. One reason for the project was the fact that in the preservation of secular monuments, historic glazing and windows from the era of industrialization are today still considered to be of little value, often being regarded as disposable assets. On the other hand, the production of glass requires considerable resources and energy. The aim of the project was to increase the value of industrially produced flat glass installed in secular buildings and to investigate the relationship between the resource-saving improvement of existing windows and their replacement. For this purpose, the life cycle of glazings was analysed. The key criteria of this evaluation were the consumption of material resources and primary energy, and the recycling rate of glazings.
During the project, the improvement of existing windows was tested, climatically monitored and evaluated using examples of adaptive (retrofitted) window systems. The test site was the Alte Schäfflerei in Benediktbeuern. The advantage of retrofitting windows is the resource-saving preservation of the existing windows. The measure allows to minimize heat losses and thus lowers the demand for heating energy as well as the CO_2-footprint.
The results were summarized in a practice-oriented guideline on the resource-friendly handling of historic glass and historic windows. The guideline presents a suitable procedure for the quality assurance in the handling of existing buildings and considers aspects of resource efficiency and environmental balance.

Keywords

Historic sheet glass, window, retrofitting, life-cycle assessment

Zugrundeliegende Problemstellung

Der optische Eindruck eines Gebäudes wird massgeblich von der Fassade geprägt. Fensteröffnungen und deren Verschluss sind hierbei wesentliche und stilprägende Elemente (Abb. 1). Die Art und die Materialauswahl von Fenstern haben damit auf die Wahrnehmung eines Gebäudes einen essenziellen Einfluss. Kommt es z. B. im Zuge einer energetischen Sanierung zu einer »Ertüchtigung« der Fenster kann damit der



1 Fassade eines Hauses um 1900 in der Herzog-Max-Strasse, Bamberg, mit historischer Verglasung.

Charakter eines Gebäudes massiv verändert werden (Abb. 2). Vielfach werden bei solchen Massnahmen – auch bei eigentlich erhaltenswerter Bausubstanz – nicht nur die originalen Rahmen aus Holz durch solche aus Kunststoff ersetzt, sondern es wird auch die originale Glasscheibe durch eine energetisch günstigere Mehrfachverglasung aus moderner Floatglasproduktion ausgetauscht. Dieser Wechsel ist aus zweierlei Gründen problematisch: Zum einen geht dabei aus denkmalpflegerischer Sicht ein erheblicher Anteil der originalen Substanz und des ursprünglichen Erscheinungsbildes der Fassade verloren. Zum anderen werden aus der Perspektive der Nachhaltigkeit die bereits für die Herstellung verwendeten Ressourcen wie Rohstoffe und Energie vernichtet. Aufgrund der unbekannten Materialzusammensetzung werden heute historische Gläser nur in seltenen Fällen dem Recycling zugeführt; sie werden deponiert und damit dem Materialkreislauf entzogen.

Das »KlimaGlas«-Forschungsvorhaben

Ein interdisziplinär zusammengesetztes Forscherteam, bestehend aus Expertinnen und Experten der Restaurierungswissenschaft am Kompetenzzentrum für Denkmal-



2 Fassade eines Hauses um 1900 in der Herzog-Max-Strasse, Bamberg, mit neuen modern geteilten Alufenstern.

wissenschaften und Denkmaltechnologien (KDWT) der Universität Bamberg sowie vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) Holzkirchen und Stuttgart, hat sich dieser Problemstellung angenommen. Mit Finanzierung des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz wurde unter dem Titel »Innovative Lösungen für die energetische Ertüchtigung historischer Gläser und Glasfenster – Praxisversuche in der Alten Schäfflerei, Kloster Benediktbeuern« von Oktober 2018 bis August 2021 an möglichen Lösungen geforscht.[1]

Aufgabenstellung des Forschungsvorhabens

In den 1960er-Jahren wurde die industrielle Produktion von Flachglas nach dem Floatverfahren eingeführt[2] und löste die historische Flachglasherstellung und ihre Produkte sukzessive ab. Bereits davor konnte zwar Flachglas in einem kontinuierlichen Prozess aus einer Schmelzwanne heraus hergestellt werden, allerdings sind mit diesen »Ziehverfahren« keine wirklich perfekten Produkte erzielt worden. Einschlüsse wie kleine Luftblasen oder von den Rollen aus dem Ziehprozess stammende Dickenunterschiede erzeugen winzige Störungen auf und im Glas.[3] Diese Unregelmässigkeiten sind ver-

antwortlich dafür, dass ein historisches Flachglas massgeblich zur Lebendigkeit der Fassade beiträgt (Abb. 1).
An unsanierten Gebäuden aus der Zeit vor den 1960er-Jahren lassen sich heute noch die nach den historischen Ziehverfahren produzierten Gläser finden. Aufgrund der Verwendung als Einscheibenverglasung können diese Fenster heute nicht mehr den energetischen Anforderungen und Vorgaben entsprechen. Eine Folge ist der Austausch der alten Fensterrahmen und Gläser durch moderne Systeme. Damit geht unweigerlich auch der Verlust an historischen Zeugnissen der traditionellen Flachglasherstellung einher. Aus denkmalpflegerischer Sicht entsteht daraus ein Antagonismus zwischen Denkmalerhalt und Ortsbildpflege auf der einen und Energieeinsparung auf der anderen Seite; für das Forschungsvorhaben ergaben sich folgende Fragen:

1. In welchem Verhältnis steht eine die Ressourcen schonende Ertüchtigung von historischen Bestandsfenstern im Vergleich zu deren Austausch?
2. Welche Optionen einer Erhaltung und Ertüchtigung gibt es und wie stellen sich diese bauphysikalisch und ökologisch dar?

Ziel war es, energetische Sanierungsmöglichkeiten aufzuzeigen, damit Bestandsgläser und Fensterkonstruktionen aus der Zeit vor 1960 sowohl den heutigen energetischen als auch denkmalpflegerischen Kriterien genügen und weiterverwendet werden können.

Zur Methodik des Projekts

Zur Beantwortung der beiden Forschungsfragen wurden an der Alten Schäfflerei des Klosters Benediktbeuern (Abb. 3) modellhaft zeitgemässe Konstruktionen entwickelt, eingebaut sowie messtechnisch beurteilt. Zum Einsatz kamen zum einen adaptiv vorgesetzte Fenster, zum anderen wurde versucht, die originalen Scheiben u. a. durch eine Erweiterung zum Isolierglas zu modifizieren und dadurch energetisch zu optimieren.
Parallel dazu wurde der Lebenszyklus von historischen Gläsern in einer ökologischen Bilanzierung (Ökobilanz) untersucht, mit einem Schwerpunkt auf der Abbildung der traditionellen Methoden der Glasherstellung. Die hierfür notwendigen Schlüsselindikatoren wie Ressourcenverbrauch in Form des Rohstoff- und Energieeinsatzes, der mögliche Beitrag zum Klimawandel und das Potenzial zur stofflichen Verwertung (Recycling) lagen zu Projektbeginn nicht in Datenbanken vor, sondern mussten anhand einer gezielten Literatur- und Archivrecherche für historische Gläser erst ermittelt werden.
Auch wenn der denkmalverträglichen Ertüchtigung oberste Priorität einzuräumen ist, sind die originalen Gläser, z. B. aufgrund grösserer Beschädigungen, nicht immer zu halten und es stellt sich die Frage nach den Möglichkeiten des Recyclings bauzeitlicher Gläser. Historische Rezepturen konnten aufgrund einer eher unstetigen Zusammensetzung der Ausgangsrohstoffe nicht in dem Masse standardisiert werden, wie



3 Die Fassade der Alten Schäfflerei in Benediktbeuern wird, wie viele andere Denkmalfassaden, von verschiedenen Fenstertypen geprägt.

das für heutige Produkte gilt. Die Zusammensetzung historischer Gläser ist in der Regel nicht bekannt. Da selbst kleinste Beimengungen von Schwermetallen die Qualität, etwa die Glasfarbe, die Oberflächencharakteristika oder die optischen Eigenschaften (negativ) beeinflussen können, ist eine Rückführung in die moderne Produktionskette damit quasi ausgeschlossen. Falls die Deponierung aber keine Option darstellen sollte, kann man die zur ursprünglichen Produktion der Gläser notwendigen Rohstoffe und Ressourcen nur dann im Kreislaufsystem behalten, wenn eine Ertüchtigung stattfinden kann. Folgerichtig wurden als Alternative zu Deponie und Entsorgung die Möglichkeiten der Ertüchtigung von Bestandsfenstern mittels einer adaptiv vorgesetzten Fensterebene getestet, messtechnisch analysiert sowie ökologisch bilanziert.

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Vorhabens mündeten in einem online frei verfügbaren »Leitfaden zur energetischen Ertüchtigung von Bestandsfenstern und Gläsern in historischer Bausubstanz als Beitrag zum Klimaschutz« (Abb. 4).[4] Der Leitfaden richtet sich primär



4 Titelseite des Leitfadens zur energetischen Ertüchtigung von Bestandsfenstern und Gläsern in historischer Bausubstand als Beitrag zum Klimaschutz.

an Akteure der Sanierung historischer Bauwerke und Denkmale und will Lösungsvorschläge für die unterschiedlichen Fragestellungen rund um den Erhalt und die Ertüchtigung historischer Fenster geben.
Die Publikation ist in mehrere Teile untergliedert. Es beginnt mit der denkmalpflegerischen Relevanz von Fenstern im Altbau, gefolgt von einer Betrachtung des Denkmalschutzes als aktiven Ressourcen- und Klimaschutz. Im Anschluss werden mehrere Varianten der Sanierung zur Erhaltung historischer Fenster vorgestellt. Die Ergebnisse der Ökobilanz werden im Abschnitt »Umweltpotenziale der Sanierung historischer Fenster« vorgetragen. Die Kernaussagen des Leitfadens werden im Folgenden wiedergegeben.[5]

Denkmalschutz als aktiver Ressourcen- und Klimaschutz

Am 1. Januar 2016 trat das ambitionierte Programm »Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung«[6] der Vereinten Nationen in Kraft. Es hat eine Laufzeit von 15 Jahren und beinhaltet 17 Oberziele mit 169 Unterzielen für eine nachhaltige Entwicklung (Englisch »Sustainable Development Goals«, SDGs).[7] Die Ziele richten sich an die komplette Staatengemeinschaft und haben eine ökonomische, soziale und ökologische Dimension. An mehreren Stellen in den SDGs gibt es konkrete Schnittpunkte mit der Baudenkmalpflege, so z. B. im Zusammenhang mit der Energieeffizienz (Ziel 7.3), der effizienten Nutzung natürlicher Ressourcen und bei der Abfallvermeidung (Ziel 12.2 und 12.5) oder ganz konkret beim Ziel 11.4, bei dem die gesamte Staatengemeinschaft aufgefordert wird, die Anstrengungen zum Erhalt von Weltkultur und -naturerbe zu verstärken.[8]
Dem Baudenkmal kommt beim Gebäudebestand eine besondere Bedeutung zu. Zum einen ist es gelebte Nachhaltigkeit, da beim Bau vor allem nachwachsende Rohstoffe zum Einsatz kamen, die heute gut der Wiederverwendung zugeführt werden können. Darüber hinaus waren und sind die Materialien über einen sehr langen Zeitraum in der Verwendung. All dies sorgt dafür, dass die Bilanz der zur Erstellung eines heutigen Baudenkmals eingesetzten Materialien äusserst positiv zu bewerten ist. Dem gegenüber steht allerdings die vielfach deutlich schlechtere Energiebilanz in der Nutzung. Betrachtet man ein Baudenkmal ausschliesslich von Seiten des Energiebedarfs während der Nutzung, wäre ein solches Gebäude mit den Zielen der nachhaltigen Entwicklung nicht vereinbar.
Die zum Verschluss der Fensteröffnungen verwendeten Gläser sind ein Produkt der zur Herstellung benötigten Rohstoffe (Sand, Soda und Kalk) sowie der zum Schmelzen eingesetzten Energie. Kommt es aufgrund von energetischen Massnahmen zum Austausch der Scheiben, werden die stofflich gebundenen Rohstoffe und die aufgewendete Energie nicht nur dem Denkmal entzogen, sondern es werden für die Herstellung der Ersatzmaterialien ähnliche Rohstoffe und Energien ein weiteres Mal benötigt. Aufgrund der geringen Recyclingquote von Flachglas fällt darüber hinaus Schutt an. Im Sinne der Ziele der nachhaltigen Entwicklung wäre also die langfristige Erhaltung der bereits eingesetzten Rohstoffe wünschenswert.

Varianten der Sanierung zur Erhaltung historischer Fenster

An der Alten Schäfflerei in Benediktbeuern (Abb. 3) wurden vier unterschiedliche Varianten der energetischen Fensteroptimierung modellhaft umgesetzt und messtechnisch untersucht. Die jeweiligen Varianten werden im Leitfaden ausgiebig, teilweise mit Konstruktionszeichnungen, vorgestellt, sodass hier nur eine kurze Zusammenfassung der Varianten gegeben wird.
Bei der Ertüchtigung der bestehenden Einfachverglasung durch Scheibenaustausch oder Erweiterung zum Isolierglas wird der vorhandene Fensterrahmen erhalten. Beim Scheibentausch geht allerdings die originale Glasfläche verloren und wird durch ein

modernes Wärmeschutzglas mit geringem Scheibenzwischenraum ersetzt. Es besteht aber auch die Möglichkeit, das originale Glas in ein Wärmeschutzglas, dann als äussere Scheibenebene, zu integrieren. Dies ermöglicht es, die originale Ästhetik der Glasfassade zu erhalten. Die Auswirkungen der Sanierungsvariante auf die Bausubstanz ist gering. Gegebenenfalls muss die Glasfalztiefe angepasst werden. Sowohl beim Scheibenaustausch als auch bei der Erweiterung zum Isolierglas müssen Rohstoffe und Energie für die Produktion der zusätzlichen Gläser aufgebracht werden. Hinsichtlich der Ressourcenschonung sollte bei der Erweiterung zum Isolierglas das Bestandsglas erhalten werden, wie es heute bereits vereinzelt durch Fachfirmen angeboten wird.

Besonders bei tieferen Fensterlaibungen, wie sie im Altbau häufig anzutreffen sind, kann die Erweiterung des bestehenden Einfachfensters durch ein inneres Vorsatzfenster (Metall- oder Holzrahmen) mit moderner Wärmeschutzverglasung in Betracht gezogen werden. Dabei wird raumseitig niveaugleich ein Vorsatzfenster platziert, das aus einem Isolierglas bestehen kann (Abb. 5). Das historische Fenster verbleibt an seinem ursprünglichen Ort und bekommt eine vitrinenartige Erweiterung. Für die Installation ist gegebenenfalls ein lotrechtes Anpassen der Wandoberfläche notwendig, um einen ebenen Verschluss zu ermöglichen. Für die Anpassung und Installation des Vorsatzfensters muss unter Umständen lokal der Putz oder die Dämmschicht entfernt werden, um eine Befestigung zu verankern. Das Zusatzfenster stellt eine notwendige Ressource für Rahmen und Glasebene(n) dar. Hinsichtlich der Ressourcenschonung wäre ein Rahmen aus Holz einem aus Metall zu bevorzugen. Das originale Fenster kann vollständig erhalten und weiter genutzt werden.

Die Erweiterung des bestehenden Einfachfensters zum Kastenfenster mit neuer Wärmeschutzverglasung stellt eine substanzschonende Variante zur energetischen Optimierung von historischen Fenstern dar. Dabei wird das bestehende Fenster in der Fensternische zu einem zweiflügeligen Holz-Kastenfester ausgebaut. Die Variante liefert einen hohen Grad an Ressourcenschonung am Bestand, allerdings werden Ressourcen für die zusätzliche Glasebene benötigt. Beim Einbau des Fensters sollte statt moderner Schaumsysteme bevorzugt die traditionelle Methode der Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen zur Anwendung kommen. Gegebenenfalls ist eine Anpassung der Fensterlaibung sowie des Sturzes zum Einbau des tieferen Kastenfensters notwendig.

Ein Einfachkastenfenster kann zum Kastenfenster mit Wärmeschutzverglasung, mit zusätzlicher Ertüchtigung der Bestandsscheibe zu einem Isolierglas, erweitert werden. Bei dieser Variante wird die bestehende historische Glasebene hin zu einem Isolierglas energetisch optimiert. Die originale Scheibe kann dabei erhalten werden, was sich positiv auf den Ressourcenverbrauch auswirkt. Allerdings werden Rohstoffe und Energie für die Produktion der zusätzlichen Scheibenebene benötigt. Die Eingriffe in die bestehende Bausubstanz sind gering, ggf. kann es zur Anpassung der Glasfalztiefe kommen.

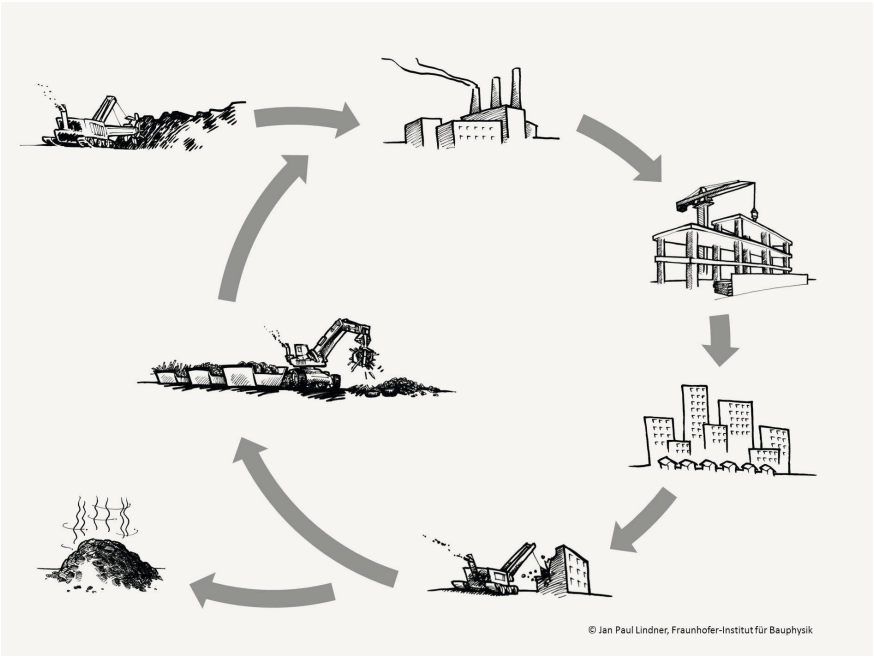


5 Vorsatzfenster mit Metallrahmen, bündig mit der inneren Wandoberfläche montiert.

Umweltpotenziale der Sanierung historischer Fenster

Um die ökologischen Effekte und Umweltpotenziale der unterschiedlichen Varianten historischer Fenster aus der alten Schäfflerei in Benediktbeuern beurteilen zu können, wurde dazu eine Ökobilanz erstellt.[9] Diese berücksichtigte den gesamten Produktlebenszyklus inklusive Herstellung und Gebäudebetrieb (Abb. 6). Mittels der Ökobilanz sollte die ökologisch vorteilhafteste Variante der Sanierung über den Lebenszyklus identifiziert werden. Weiterhin wurden Einsparpotenziale von treibhausgasrelevanten Emissionen über den Beitrag zur globalen Erwärmung (GWP) und Potenziale zur Minimierung des Verbrauchs von primärenergetischen fossilen Energieträgern und Ressourcen (PENRT) benannt.
Untersucht wurden drei Varianten, wobei zwei mit jeweils zwei Subvarianten vertreten waren.

- Variante 1a: Scheibenaustausch: Die historische Glasscheibe wurde durch eine moderne Isolierglasscheibe ersetzt.
- Variante 1b: Kopplung mit Isolierglas: Die historische Glasscheibe wurde mit einem Isolierglas gekoppelt, das historische Fenster also in einem Scheibenaufbau zur Wärmeschutzverglasung integriert.



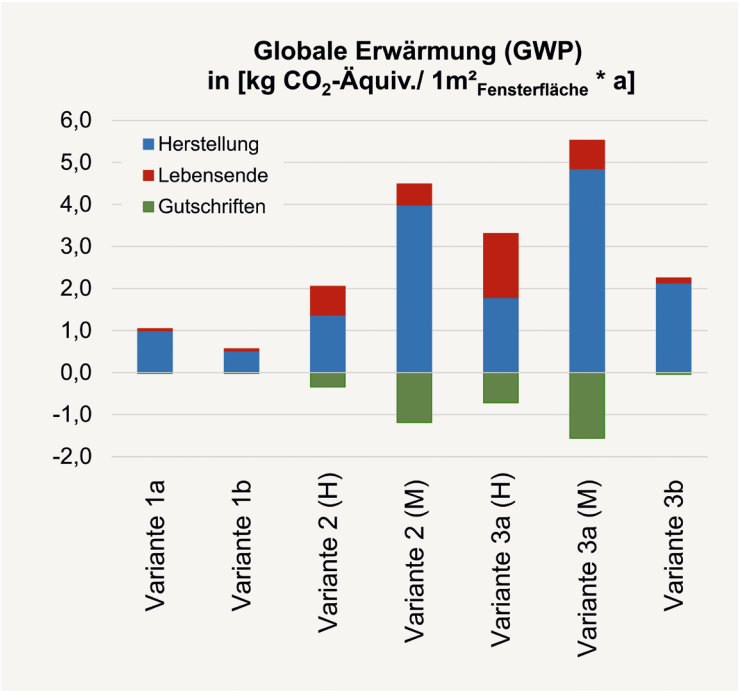
6 Lebenszyklus von Bauprodukten.

- Variante 2: Inneres Vorsatzfenster; entweder mit Metallrahmen (M) oder Holzrahmen (H).
- Variante 3a: Erweiterung des historischen Fensters zum Kastenfenster mit Metallrahmen (M) oder Holzrahmen (H).
- Variante 3b: Die in einem existierenden historischen Kastenfenster vorhandenen historischen Gläser wurden durch moderne Isolierglasscheiben ersetzt.

Für die Berechnung der globalen Erwärmung wurden für die unterschiedlichen Varianten die Anteile von »Herstellung«, »Lebensende« sowie »Gutschriften« berechnet und aufsummiert (Abb. 7). Konstruktionsbedingte Umweltpotenziale sind als Herstellung und Lebensende definiert. Bei den Gutschriften handelt es sich um positive Effekte, die gegebenenfalls aus dem Recycling resultieren.
Der Betrieb wird separat als »betriebsbedingte Potenziale« ausgewiesen (Abb. 8). Als Annahme wurden hier drei unterschiedliche energetische Niveaus der Sanierung über einen Zeitraum von 30 Jahren betrachtet. Die Annahmen definieren sich wie folgt:

- Referenz: Gebäudehülle und Fenster unsaniert, Wärmebereitstellung über dezentralen Ölofen, Endenergiebedarf 315 kWh/m²•a.
- Niveau 1: Teilsanierung Gebäudehülle und Sanierung Fenster, Wärmebereitstellung über dezentralen Ölofen, Endenergiebedarf 185 kWh/m²•a.
- Niveau 2: Teilsanierung wie Niveau 1, Wärmebereitstellung über zentralen Hackschnitzelkessel, Endenergiebedarf 192 kWh/m²•a.

Wie erwartet ergeben sich die grössten konstruktionsbedingten Unterschiede der Umweltpotenziale für die globale Erwärmung aus den unterschiedlichen zusätzlich

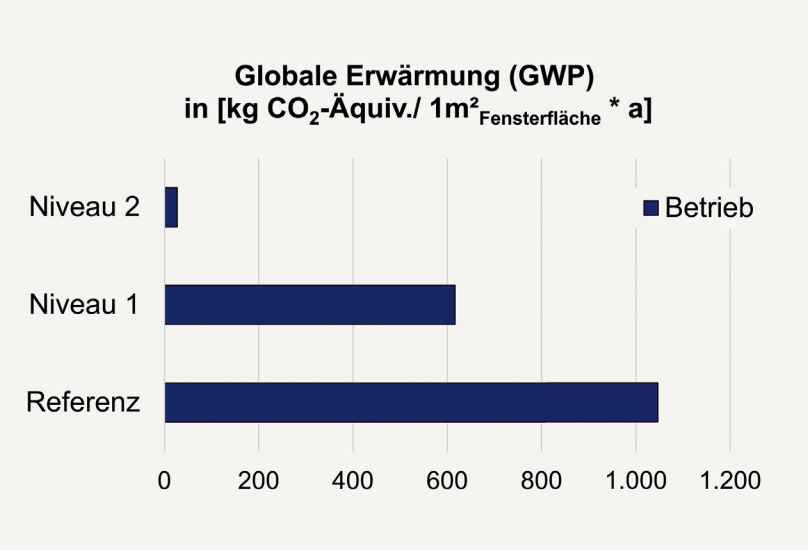


7 Konstruktionsbedingte Umweltpotenziale der Sanierungsvarianten, »Global Warming Potential« (GWP).

benötigten Materialmassen, vor allem aus Konstruktionselementen (Abb. 7). Besonders die Varianten mit Metallrahmen [Variante 2 (M) sowie 3a (M)] schneiden hier ungünstig ab. Die Gutschriften aus dem Recycling haben zwar einen positiven Effekt, liegen aber deutlich über dem Mehraufwand bei der Herstellung. Die Ergebnisse der ökologischen Analyse für die Optionen der Ertüchtigung sind unter Lebenszyklusperspektive vergleichbar. Bei Präferenz einer ressourcenschonenden Ertüchtigung und niedriger konstruktionsbedingter Umweltwirkungen können die Optionen 1b (Kombination aus historischer Glasscheibe mit modernem Isolierglas) und/oder 2 (inneres Vorsatzfenster mit Holzrahmen) aufgrund der vorliegenden Ergebnisse als ökologisch vorteilhaft empfohlen werden.
Bereits eine energetische Sanierung auf dem Niveau 1 führt zu einer Reduktion des Beitrags zur globalen Erwärmung um ca. 41%. Durch eine weitergehende Optimierung kann sogar eine Verringerung von ca. 96% erreicht werden (Niveau 2) (Abb. 8).
Die ökologische Analyse hat gezeigt, dass historische Gebäude ihren Anteil zum Klimaschutz beitragen können. Bereits heute existieren ressourcenschonende Varianten der Sanierung für historische Fenster, die sowohl gut für das Klima sind als auch den denkmalpflegerischen Aspekt berücksichtigen.

Zusammenfassung

Historische Fensterkonstruktionen mit ihren nach traditionellen Herstellungstechniken gefertigten Gläsern stellen besonders prägende Elemente jeder Fassade dar, insbesondere von Denkmälern oder anderen kulturell bedeutenden Bauten. Durch die



8 Umweltpotenziale im Betrieb der Varianten der Sanierungsvarianten, »Global Warming Potential« (GWP).

denkmalpflegerische Herangehensweise des Erhaltens und Ertüchtigens des überkommenen Fensterbestands wird das einzigartige Erscheinungsbild eines Denkmals bewahrt, wobei der sparsame Umgang mit natürlichen Ressourcen als Leitidee fungiert. Die praktischen Ertüchtigungsversuche in der Alten Schäfflerei in Benediktbeuern waren durch ein umfassend angelegtes bauphysikalisches Untersuchungskonzept unterlegt und wurden kontinuierlich begleitet. Durch Praxiserprobung konnte demonstriert werden, dass durch die Ertüchtigung historischer Fenster in verschiedenen Varianten Energie im Gebäudebetrieb eingespart werden kann. Im Gegensatz zum einfachen Fensteraustausch wurde durch eine Erhaltung der bestehenden Scheiben und ihrer vergleichbaren energetischen Ertüchtigung aber auch gezeigt, dass der Einsatz neuer Ressourcen für konstruktive Aspekte bei der Sanierung deutlich verringert und Nachhaltigkeitsaspekte bewusst berücksichtigt werden können. Die Erkenntnisse aus dem Vorhaben wurden durch eine Ökobilanz untermauert, in der der Lebenszyklus von Gläsern und Fenstern Gegenstand der Analyse war und in der mögliche Szenarien der energetischen Ertüchtigung vergleichend bilanziert wurden.
Das Projekt hat gezeigt, dass ein wissensgeleiteter Umgang mit historischen Gebäuden einen wertvollen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann und ressourcenschonende Varianten der Sanierung historischer Fenster auf dem Weg hin zu einem klimaneutralen Konzept bereitstehen und bereits jetzt genutzt werden können. Einsparungspotenziale und Vorteile sind in einem Leitfaden zusammengefasst worden, der jetzt allen Akteuren der Sanierung des historischen Gebäudebestandes zur Verfügung steht. Die Übertragbarkeit auf jegliche Bestandsbauten zeigt darüber hinaus neue Möglichkeiten in der ressourcenschonenden Gebäudesanierung auf dem Weg zur klimaneutralen Gesellschaft auf. Die Forschungsergebnisse zeigen, dass maximaler Substanzerhalt denkmalpflegerisch die wünschenswerte Variante darstellt. Ein solcher Erhalt ist zugleich aus Sicht der Nachhaltigkeit von Ressourcen und als eine klimaschonende Massnahme optimal.

1 Förderkennzeichen TLK01U-64547.
2 Barker 1977, 419; Spoerer et al. 1988, 178.
3 König 1934.
4 Bellendorf et al. 2021.
5 Der nachfolgende Text basiert weitgehend auf dem des Leitfadens.
6 Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Neuauflage 2016, 22, https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975292/730844/3d30c6c2875a9a08d364620ab7916af6/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-neuauflage-2016-download-bpa-data.pdf?download=1 (aufgerufen am 25.01.2024).
7 UN General Assembly, Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. 25. September 2015, https://sdgs.un.org/2030agenda (aufgerufen am 30.04.2022).
8 Bellendorf 2020.
9 Die ökologische Bilanz wurde gemäß DIN EN ISO 14040 und 14044 berechnet. Die Ergebnisse sind damit objektiv und vergleichbar.

Bibliografie

BARKER 1977
Theodore Cardwell Barker, The Glassmakers. Pilkington: The Rise of an International Company 1826–1976, London: Weidenfeld and Nicolson, 1977.

BELLENDORF 2020
Paul Bellendorf, »Denkmalschutz und Ressourcenschutz: Denkmale und historische Profanverglasungen unter dem Gesichtspunkt der Ziele nachhaltiger Entwicklung«, in: Wolfgang Brassat (Hg.), Komplexität und Diversität des kulturellen Erbes. Forschungsbeiträge aus dem Institut für Archäologische Wissenschaften, Denkmalwissenschaften und Kunstgeschichte, Bamberg: University of Bamberg Press, 2020, 145–152.

BELLENDORF ET AL. 2021
Paul Bellendorf, Ruth Tenschert, Alexandra Schmölder, Katrin Lenz, Ralf Kilian, Stefan Bichlmaier, Christine Milch, Olivia Jorgji, Leitfaden zur energetischen Ertüchtigung von Bestandsfenstern und Gläsern in historischer Bausubstanz als Beitrag zum Klimaschutz, https://fis.uni-bamberg.de/entities/publication/c450fda1-95dc-4713-a450-8fcceb7e1b5e/details (aufgerufen am 15.11.2023), Otto-Friedrich-Universität Bamberg, 2021.

KÖNIG 1934
Walther König, »Fensterglas«, in: Walther König, Lambert von Reis und Rudolf Simon (Hg.), Flachglas, Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft M. B. H., 1934, S. 3–40.

SPOERER 1977
Mark Spoerer, Albert Busl, Heinz W. Krewinkel, 500 Jahre Flachglas. 1487–1987. Von der Waldhütte zum Konzern. 2. Aufl., Schorndorf: Hofmann, 1988.

17

DIE ERHALTUNG VON BEMALTEN ISOLIERGLASSCHEIBEN IM SCHWIMMBAD VON STUTTGART-FEUERBACH
EINE RESTAURATORISCHE UND TECHNOLOGISCHE HERAUSFORDERUNG

Dunja Kielmann und Angelika Reiff

Abstract

The standard guarantee for modern insulated glass is approximately 2–5 years, and its expected life-span is about 30 years. Some of the more recent monuments of our built heritage feature insulated glass panels that are about 60 years old. If the preservation of these glass panels is a goal, how can this be done if the sealing fails and the glass panels no longer insulate? The renovation of the swimming pool in Stuttgart-Feuerbach was a challenge in this regard. The building was constructed from 1958 to 1964 by the architect Manfred Lehmbruck (1913–1992). It consists of large-scale glass façades that are decorated in part by the artist HAP Grieshaber (1909–1981). In total, 72 painted-glass panels were mounted into an insulated double-pane system, with the painted surface facing towards the inner space between the two glass sheets. After only ten years, it was noticed that the glass façade had acquired a cloudy appearance, which worsened over the following years. This led to a succession of glass panels being exchanged. Because the building itself became unsafe, the swimming pool was closed in 2012. The goal for the renovation campaign from 2016 to 2019 was to make the swimming pool fit for modern use by eliminating structural issues while at the same time taking the original architecture into consideration. Special status was given to the painted-glass panels, as they are some of the few extant glass-paintings by Grieshaber. The Fraunhofer Institute for Silicate Research (ISC) developed a conservation concept that entailed cleaning and preserving the painted glass (which was carried out by different glass ateliers), and, after conservation, building the glass panels into a new insulated system. Unfortunately, the original aluminum façade had to be replaced with a more suitable construction system. This project demonstrates that the preservation of insulated glass panels is possible, but almost inevitably involves compromise.

Keywords

Insulated glass panels, glass-painting, preservation

Die Standardgarantie für modernes Isolierglas liegt bei 2–5 Jahren, bei einer zu erwartenden Lebensdauer von bis zu 30 Jahren. Die jüngeren Baudenkmäler besitzen zum Teil Isolierglasscheiben, die bis zu 60 Jahre alt sind und damit zu den frühesten ihrer Art zählen. Wie aber kann das Ziel der Erhaltung dieser Scheiben umgesetzt



1 Hallenbad in Stuttgart Feuerbach, 1958–64, Manfred Lehmbruck, Aussenansicht von 2014/15.


Alle Richtungen
S-Weilimdorf
S-Zuffenhausen
Ortsmitte
S-Zentrum
Parkschein-
automat
nur mit
Parkschein
Mo-Fr 8-18h
Sa 8-14h

werden, wenn der Randverbund versagt und damit die Funktionalität der Scheiben nicht mehr gewährleistet ist?
Die Sanierung des Hallenbads Feuerbach in Stuttgart-Feuerbach von 2016–2019 war diesbezüglich vor eine besondere Herausforderung gestellt. Die korrodierten Isolierglasscheiben sind zum Teil künstlerisch von Helmut Andreas Paul (HAP) Grieshaber (1909–1981) gestaltet. Es handelt sich dabei um eine der wenigen Glasmalereien Grieshabers, sie besitzen Seltenheitswert. Bereits 2012 wurde das Schwimmbad aufgrund von Sicherheitsmängeln geschlossen. 2014 entschloss sich das Hochbauamt Stuttgart zu der Sanierung, die eine Anpassung an die zeitgemässen Anforderungen des Schul- und Vereinssports unter Behebung von bauphysikalischen, bautechnischen und baurechtlichen Problemen zum Ziel hatte. Daneben war die Rücksichtnahme auf das eindrucksvolle Nachkriegsgebäude essenziell, eines Baus, der aufgrund seiner architektur- und kunstgeschichtlichen Bedeutung im Jahr 2000 in die Liste der Stuttgarter Kulturdenkmäler aufgenommen wurde.

Baugeschichte

Das Stadtbad wurde zusammen mit der angrenzenden kaufmännischen Berufsschule als Gebäudekomplex durch den renommierten Architekten Manfred Lehmbruck (1913–1992) entworfen und 1958–64 als Stahlbetonbau umgesetzt. Innovativ für diese Zeit sind das sphärisch geschwungene Dach, das den Raum segelförmig überspannt und die an drei Seiten schräggestellten Glasfassaden, die der Schwimmhalle Leichtigkeit verleihen (Abb. 1). Da sich das Schwimmbad zwischen Schulhof und Wohngebäuden befindet, war ein Sichtschutz erwünscht, um die Einsicht von aussen nach innen, von der Strasse, den Nachbarhäusern und der Schule zu hemmen. Der Ausblick von innen nach aussen sollte auf die Grünanlagen im Süden gelenkt werden, die unerfreulichen Teile der Umgebung hingegen sollten »unscharf« erscheinen, wie der technische Ausschuss des Gemeinderats 1962 anmerkte. Weiter heisst es: »Es ist beabsichtigt, dies in künstlerisch gestalterischer Form zu erreichen, um damit der Schwimmhalle zusätzlich eine farbig heitere Note zu geben.«[1] Der darauffolgende Künstlerwettbewerb wurde von HAP Grieshaber gewonnen, der bereits beim Bau der Buntweberei und Textildruckerei Pausa in Mössingen (1951–1961) sowie bei der Grundschule in Mössingen (1954–1957) erfolgreich mit Lehmbruck zusammengearbeitet hatte.

Kunst auf Glas

Die Glasmalerei Grieshabers basiert auf einem Mappenwerk mit Farbholzschnitten und Steingravuren, das er 1962 zusammen mit dem Schriftsteller Helmut Heissenbüttel (1921–1996) unter dem Titel *O du mein Neckar* herausgab. Die mystischen Gestalten aus dem Neckartal, die auf die griechische Mythologie zurückgehen, setzt er in Feuerbach in Glasmalerei um. Wie Grieshaber selbst betonte: »Ich holte also meine schwäbisch-attischen Ungeziefer wieder hervor und versuchte, es mit transparenten Farben



2 Ausschnitt aus Ostfassade, Innenansicht, 1962–64, HAP Grieshaber.

dem Sonnengott mitten ins Gesicht zu malen«[2]. Bei der Bemalung der Glasfassaden betrat Grieshaber Neuland. Auf Anraten von Egon Eiermann wandte er sich an das Germania Werk Porz in Gelsenkirchen-Schalke, wo er zusammen mit seinen Schülern die grossflächigen Scheiben bemalte.

Dabei wurde darauf geachtet, bei den drei Glasfassaden unterschiedliche Farbtöne zu verwenden. Die Ostfassade ist in blau-grünen (Abb. 2), die Südfassade in blau-gelben (Abb. 3) und die Westfassade in grünen, violetten, blauen und roten Farben (Abb. 4) gestaltet. Diese transparenten Schmelzfarben wurden während des thermischen Vorspannens auf das Glas eingebrannt. Bei diesem Vorgang erhitze man die Scheiben auf ca. 650°C und kühlte diese mit einem kühlen Luftstrom sehr schnell ab. Es entsteht eine konvex-konkave bruchstabile Spannung innerhalb der Scheibe zwischen Glasoberfläche und Glasmitte. Während dieses Prozesses wurden die Scheiben von speziellen Haltern gegriffen, die punktförmige Vertiefungen auf den Schmalseiten der Scheiben hinterliessen. Die unterschiedlichen Verkrümmungen der Einzelscheiben ist vermutlich auch auf die Herstellungsweise zurückzuführen.

Von den insgesamt 228 Einzelscheiben des Schwimmbads sind 72 bemalt. Die trapezförmigen Einzelscheiben variieren in ihrer Grösse bis zu ca. 200×400 cm mit einer Dicke von 21 mm. Sie wurden als 2-faches Verbundsystem mit einem thermophanen Verfahren zusammengefügt. Dabei fungierten die bemalten Scheiben als Innenscheiben mit der bemalten Oberfläche zum Zwischenraum. Der Einbau der Verbund-



3 Ausschnitt aus Südfassade, Innenansicht, 1962–64, HAP Grieshaber.



4 Ausschnitt aus Westfassade, Innenansicht, 1962–64, HAP Grieshaber.

gläser erfolgte vor Ort in Aluminium-Fassaden mit Glashalteleisten und Kitt-Verbindungen (Abb. 5).

Zustand der Gläser

Schon ca. zehn Jahre nach der Einweihung des Gebäudes bemerkte man ein milchigtrübes bzw. streifiges Erscheinungsbild der Glasfassade, das sich in den darauffolgenden Jahren verschlimmerte (Abb. 6). Dies führte zu einem sukzessiven Austausch von Scheiben, die man teilweise im Keller einlagerte. 2016 wurde das Fraunhofer Institut für Silicatforschung (ISC) in Bronnbach mit einer Machbarkeitsstudie zur Restaurierung und Sicherung der künstlerisch wertvollen Glasfassade von HAP Grieshaber beauftragt. Anhand von zwei Probescheiben (einer bemalten und einer unbemalten) wurden die unterschiedlichen Oberflächen der Innen-und Aussenseite der jeweiligen Scheibe untersucht. Zunächst wurden eine intensive Schadenscharakterisierung und Schadensursachenerforschung durchgeführt.
Durch die klimatischen Bedingungen des Hallenbads mit einer ständig hohen Luftfeuchtigkeit entwickelte sich eine Kondensatbildung an der Glasoberfläche. In Kombination mit der chlorhaltigen Luft beschädigte diese mit der Zeit auch den Randverbund,



5 Detail der originalen Aluminiumfassade, Aussenansicht.



6 Milchig-trübes Erscheinungsbild der Glasfassade, Innenansicht von 2014/15.

sodass Schadstoffe und Feuchtigkeit in den Zwischenraum der Scheiben eindringen, aber nicht mehr entweichen konnten. Die Dauerfeuchtigkeit führte zu einer Auslaugung der Glasoberfläche. Das Glas zersetzte sich in verschiedene kristalline Verbindungen, die eine Oberflächentopografie mit bis zu ca. 20 µm grossen Zerklüftungen hinterliessen. Diese erschienen in sichtbarer Form als Irisierungen, Lochfrass, Auflagerungen und Ablaufspuren. An unterschiedlichen Positionen der Scheiben, besonders im unteren Bereich der Glasfelder, traten unterschiedliche Schadensbilder parallel auf. Dabei war auffällig, dass die bemalten Glasscheiben weniger beschädigt waren als die unbemalten, was vermutlich darauf zurückzuführen ist, dass sie doppelt gebrannt worden waren. Einvernehmlich wurde der Entschluss gefasst, die originalen bemalten Scheiben zu erhalten und zu bewahren, die unbemalten Scheiben jedoch zu erneuern.

Restaurierung der Glaskunst

Der Ausbau der Einzelscheiben erfolgte mithilfe von Saugnäpfen und sofortiger Gurtsicherung. Um eine Anlagerung von Feuchtigkeit im Zwischenraum zu vermeiden, wurde der Randverbund vor Ort gelöst. Damit war eine trockene Lagerung gewährleistet. Auf Grundlage der Schadensanalyse entwickelte das Fraunhofer Institut ein Restaurierungskonzept der bemalten Scheiben, das anhand einer Musterscheibe grossflächig erprobt und von drei verschiedenen Glaswerkstätten umgesetzt wurde.



7 Zustand 2019/20, Aussenansicht.

Zunächst überprüfte man die Malschichten mikroskopisch auf ihre Stabilität. Eine erste mechanische Abnahme bzw. Ausdünnung der oberflächlichen Ablagerungen fand mittels Schwamm und/oder Skalpell statt. Danach wurden die Scheiben beidseitig mit Wasser gereinigt und anschliessend getrocknet. Die noch verbliebenen Schlieren der Glasoberflächen liessen sich nur mit dem Einsatz einer hoch aufgelösten Säure entfernen. Da die Malschichten vor einem Eindringen der Säure geschützt werden mussten, wurden sie in den betreffenden Bereichen mit einem Kaptonband abgeklebt. Ein Teil der Malereien reagierte empfindlich auf diese Abklebung und musste zuvor gefestigt werden. Als Trennmittel zwischen Malschicht und Kaptonband bewährte sich letztendlich Magnesiumpulver, das die Klebefestigkeit des Kaptonbandes verringerte und die porösen Malschichten auch ohne Vorfestigung schützte.
Die Reinigung der unbemalten Flächen der bemalten Scheiben erfolgte mit 10–20-prozentiger Essigsäure als Kompressenauflage. Nach einer Einwirkzeit von ca. 30 Minuten wurden die Scheiben mit Wasser abgespült, um die saure Lösung auf der Oberfläche zu entfernen. Dabei fand eine Kontrolle des pH-Werts der Oberfläche mittels Indikator-Teststreifen statt. Dieser Vorgang wurde, wenn erforderlich, mehrmals wiederholt. Nach erfolgreicher Reinigung nahm man das Kaptonband mechanisch ab und beseitigte die Kleberückstände auf den Malschichten mit Ethanol.
Die Rückstände des metallischen Randverbunds liessen sich mechanisch und mithilfe von Bimsmehl entfernen. Eine abschliessende Politur der Glasoberfläche fand mit einem sauberen Tuch statt. Auch wenn nicht alle Schlieren der Glasoberfläche



8 Zustand 2019/20, Innenansicht.



entfernt werden konnten, erreichte man eine deutlich sichtbare Transparenz der Scheiben. Das Fraunhofer Institut erprobte eine ganzflächige Beschichtung der Glasoberfläche, um sie zu glätten und damit die irreversiblen Schlieren ästhetisch zu minimieren. Bei der Durchführung eines Praxistests an einer Musterscheibe zeigten sich minimale Ablösungen dieser Beschichtung. Weitere Tests waren im Rahmen des Projekts und der Projektlaufzeit nicht mehr umsetzbar, weshalb man sich in diesem Fall gegen eine Beschichtung aussprach. Sämtliche Massnahmen wurden schriftlich, fotografisch und grafisch dokumentiert.

Neuer Isolierverbund

Aufgrund des Herstellungsverfahrens der originalen Scheiben entstand eine irreversible Verformung der Scheiben, die von den heute vorgeschriebenen Normen abweicht. Das hatte Einschränkungen bei der Gewährleistung des neuen Isolierglasverbundes zur Folge. Ein Versuch des Fraunhofer Instituts zur Rückformbarkeit der Scheiben erwies sich als zu riskant. Der Grad der Durchbiegung wurde bei dem Ausbau der Scheiben aufgenommen und in drei Kategorien aufgeteilt. Bei einer geringfügigen Durchbiegung von unter 3 mm bedeutete das fünf Jahre Garantie, eine erhöhte Durchbiegung von unter 5 mm bekam zwei Jahre und bei erheblichen Abweichungen von über 5 mm konnte keine Garantie übernommen werden. Trotz dieser beeinträchtigten Gewährleistung entschied man sich für den Einbau und damit Erhalt der bemalten Scheiben. Die Verarbeitung der Einzelscheiben zu einem Verbundglas musste aufgrund der Gegebenheiten händisch statt maschinell erfolgen. Die unbemalten Scheiben wurden durch neue Isolierglasscheiben ersetzt, die eine leichtes Grau als Sonnenschutzbeschichtung erhielten.

Wiedereinbau der Isolierglasscheiben

Zugunsten der Glaskunst wurde unter Berücksichtigung bautechnischer und bauphysikalischer Gesichtspunkte die Entscheidung zur Erneuerung der zur Bauzeit innovativen Fassadenkonstruktion beschlossen. Die originale als Pfosten- und Riegelkonstruktion erbaute Aluminiumfassade hatte Probleme aufgrund von stehendem Kondenswasser und fehlenden Wärmebrücken. Ausserdem war zu wenig Platz zwischen Konstruktion und Randverbund der Isolierverglasung vorhanden, sodass das erneute Eindringen von Kondenswasser zwischen den Scheiben nicht ausgeschlossen werden konnte. Schweren Herzens entschloss man sich für eine neue Aluminiumfassade, die weitestgehend die Abmessungen der Originalfassade übernimmt (Abb. 7). Mit dem nun belüfteten und entwässerten Glasfalz ist das Risiko von Schäden am Randverbund im Vergleich zur historischen Fassade minimiert. Dadurch, dass die Scheiben nun einzeln entnehmbar sind, wird eine zukünftige Wartung und ein eventueller Austausch von Einzelscheiben erleichtert.

Resümee

In allen Sanierungsphasen rangen die Beteiligten gemeinsam um Lösungen, um die unterschiedlichen Belange und Anforderungen in Einklang zu bringen. Da für die Glaskunst Grieshabers nicht auf evaluierte Restaurierungserfahrungen zurückgegriffen werden konnte, waren die Untersuchungen des Fraunhofer Instituts für Silicatforschung von entscheidender Bedeutung. Die Ergebnisse der Forschungen wurden an Musterscheiben getestet. In der Restaurierungsphase berücksichtigte man ausserdem die Erfahrungen und Erkenntnisse der beauftragten Restauratoren. Das gemeinsam erarbeitete Restaurierungsergebnis lässt die Durchlässigkeit der Glasfassaden wieder erlebbar werden und im Vergleich zum Vorzustand ist nun eine deutliche Verbesserung für die Sichtbarkeit der Glasmalerei gegeben (Abb. 8). Anhand dieses Beispiels wird deutlich, dass eine Erhaltung von Isolierglasscheiben im Ausnahmefall möglich ist, aber bei derzeitigem Forschungsstand immer noch der Kompromisslösungen bedarf.
Land und Bund konnten durch Zuwendungen aus Denkmalförderprogrammen die umfangreichen Untersuchungen und die Umsetzung der Restaurierungsarbeiten unterstützen. Gemeinsam ist es gelungen, die Glaskunst Grieshabers in der Schwimmhalle als massgeblichen Bestandteil der architektonischen Gestaltung zu bewahren. Nach der Wiedereröffnung des Hallenbads schrieb Ulla Hanselmann als Redakteurin im Kulturressort der *Stuttgarter Zeitung* am 26. Februar 2020: »Nach der Sanierung kommt die herausragende Nachkriegsarchitektur von Manfred Lehmbrucks Hallenbad in Feuerbach wieder voll zur Geltung.«[3]

1 Gemeinderat Stuttgart 1962.
2 Femppel 2014a, 158.
3 Hanselmann 2020.

Bibliografie

FEMPPEL 2014A
Kurt Femppel (Hg.), HAP Grieshaber: Kunst am Bau, Tübingen: Gulde Druck, 2014.

FEMPPEL 2014B
Kurt Femppel, »Schwimmen bei griechischen Mythen«, in: ders. (Hg.), HAP Grieshaber, Kunst am Bau, Tübingen: Gulde Druck, 2014, 158–161.

GEMEINDERAT STUTTGART 1962
Verhandlung des technischen Ausschusses des Gemeinderats Stuttgart vom 20.06.1962, Archiv der Bäderbetriebe Stuttgart, Archivnummer: BBS 19631122.

HANSELMANN 2020
Ulla Hanselmann, »Kraulen im Kulturdenkmal«, Stuttgarter Zeitung, 26.02.2020, https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.architekturjuwel-hallenbad-feuerbach-kraulen-im-kulturdenkmal.93885d9f-fe5e-4be3-94f0-8aaa57d0ae03.html?reduced=true (aufgerufen am 06.09.2022).

LANDESHAUPTSTADT STUTTGART 2020
Website der Landeshauptstadt Stuttgart, Abgeschlossene Bauprojekte: Generalsanierung des Hallenbads Feuerbach, https://www.stuttgart.de/leben/bauen/bauprojekte/generalsanierung-des-hallenbads-feuerbach.php (aufgerufen am 31.05.2022).

REIFF 2019
Angelika Reiff, »Kunstgenuss im Hallenbad«, in: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsdium Stuttgart (Hg.), Erforschen und Erhalten. Jahresbericht der Bau- und Kunstdenkmalpflege in Baden-Württemberg 2019, Ostfildern: Thorbecke Verlag, 2020, 188–191.
RUHNAU 2021
Dagmar Ruhnau, »Baden mit Manfred Lehmbruck«, db deutsche Bauzeitung, 24.01.2021, 70–71.
WAGNER 2006
Sebastian Wagner, Manfred Lehmbruck – Ein Architekt der Moderne, Dissertation, Bauhaus Universität Weimar, 2006, https://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/deliver/index/docId/739/file/001_Diss_2-3_pdfa.pdf (aufgerufen am 06.09.2022).
ZEHLE/EUSTRUP 2019
Marcus Zehle und Heinrich Eustrup, »Baden im Denkmal, Generalsanierung des Hallenbades in Stuttgart-Feuerbach durch ARGE HSP/PBR«, AIT Gesundheit und Wellness, Health and Spa, 11, 2019, 128–131.
ZEHLE/EUSTRUP 2020
Marcus Zehle und Heinrich Eustrup, »Denkmalgerechte Generalsanierung des Hallenbades Stuttgart-Feuerbach«, AB Archiv des Badewesens, September 2020, https://www.dgfdb.de/unser-angebot/artikeldatenbank/detail/denkmalgerechte-generalsanierung-des-hallenbades-stuttgart-feuerbach (aufgerufen am 06.09.2022).

18

INNOVATIONS IN INSULATED GLAZING IN THE 21ST CENTURY
MATERIAL AND TECHNICAL BARRIERS TO REPARABILITY AND RECYCLABILITY

Esther Geboes, Waldo Galle and Niels De Temmerman

Abstract

Since its introduction in the mid-20th century, insulated glazing has radically improved the acoustical and thermal insulation of building façades compared with single glazing. After decades of optimizing its energy performance, installing insulated glazing has become standard practice. The most common type is the insulating glass unit (IGU). It has two (or more) panes with one (or more) cavities filled with dry air or insulating gas, typically argon. However, its design has also introduced new complications: it has a shorter life span and it is difficult to repair or recycle at the end of its service life. It therefore has a significant environmental impact. In fact, end-of-life insulated glazing is almost never recycled into glass products but is rather downcycled or put into landfill. To step away from this 'take, make, waste' approach, this paper examines the reparability and recyclability of insulated glazing products that have been developed over the past two decades.

A history of the diverse recent insulated glazing applications in Belgium—one of the major players in the European glass industry—is outlined here through an extensive study of journals, reports, norms and regulations, books, and Belgian catalogues of insulated glazing. Two questions are raised as to this glazing's trajectory. Firstly, how did the design and assembly of the IGU evolve with improvements in its thermal properties? Secondly, how did this affect the ways in which these units can be recycled or repaired? Material and technical obstacles that contribute to the non-recyclability and non-reparability of IGU design, such as glued connections, aluminium spacer bars and porous seals, are identified, and new technical insights are offered.

Although the current era is characterized by glazing that is not designed to be repaired or recycled, some (niche) developments—for example, replacing organic seals and aluminium spacer bars with a furnace-proof material, or the use of a detachable seal—are opening up new opportunities for conventional practice to shift towards greater reparability and recyclability in Belgium's built heritage.

Keywords

Insulated glazing, circular economy, recycle, repair, waste management, barriers

The insulating glass unit (IGU) consists of two (or more) glass panes separated by one (or more) cavities filled with dry air or gas. The first units were introduced in the aftermath of the Second World War. They offer radical improvements in acoustical and

thermal insulation compared with single glazing. When in 1974 the first thermal regulations came into effect in Belgium, installing insulated glazing became more important.[1] Today, after decades of further optimization of the thermal performance of this product, the replacement of single glazing with double or triple glazing has become standard practice. Yet, the design characteristics specific to IGUs have also introduced new complications. One of these is condensation in the cavity,[2] which occurs when the seal is degraded (and indicates that the unit is no longer airtight); humid air can then find its way into the cavity, where it condenses when there are high temperature differences between the inside and the outside of the IGU. Another complication is the unit's complexity in terms of materials and assembly, which make repair or recycling, practices that were common with single glazing, difficult or even impossible.[3] Indeed, end-of-life IGUs units today are almost never repaired or recycled into new glass products: they are instead put into landfills or downcycled to low-value applications.[4]

Recycling and repair strategies have significant environmental advantages. For example, of all the materials added to the furnace, every 10% of cullet (the term for recycled glass) produces an energy saving of 3%.[5] In other words, increasing the recycled content of float glass to 100% would lead to a saving of about 30% in energy consumption. Yet in earlier research into reuse and recycling practices for façade components, industry actors, among them demolition contractors, architects, building clients, and manufacturers, indicated that they encountered several barriers.[6] The most recurring themes were material and technical barriers (for example, complex disassembly), organizational barriers (for example, timing and logistics), financial aspects (for example, labour-intensive strategies), legal aspects (for example, warranty), behavioural aspects (for example, expectations), and uncertainties (for example, about costs, technical approaches, etc.).[7] This chapter focuses on the material and technical constraints affecting the reparability and recyclability of the insulated glazing marketed in the last two decades in Belgium. The questions asked here are: how did the design and assembly of insulated glazing evolve with improvements in thermal properties? And how did this affect its reparability and recyclability? With these insights, the chapter creates a better understanding of the reparability and recyclability of the IGUs already present in our built environment, thus anticipating end-of-life problems and contributing to the achievement of a closed material loop for insulated glazing.

A history of the diverse recent insulated-glazing applications in Belgium is outlined here through an extensive study of journals, reports, norms and regulations, books, and Belgian catalogues of insulated glazing of two major float-glass manufacturers: AGC Flat Glass Europe[8] and Saint-Gobain Glass.[9] Catalogue selection was based on availability online and in AGC's archive. The data selected was published between 1999 and the present; the starting date chosen is that of the EU Landfill Directive,[10] which introduced the first stringent technical requirements aimed at reducing the amount of waste ending up in landfill.

Insulated Glazing: A Recent History of Technical Innovations

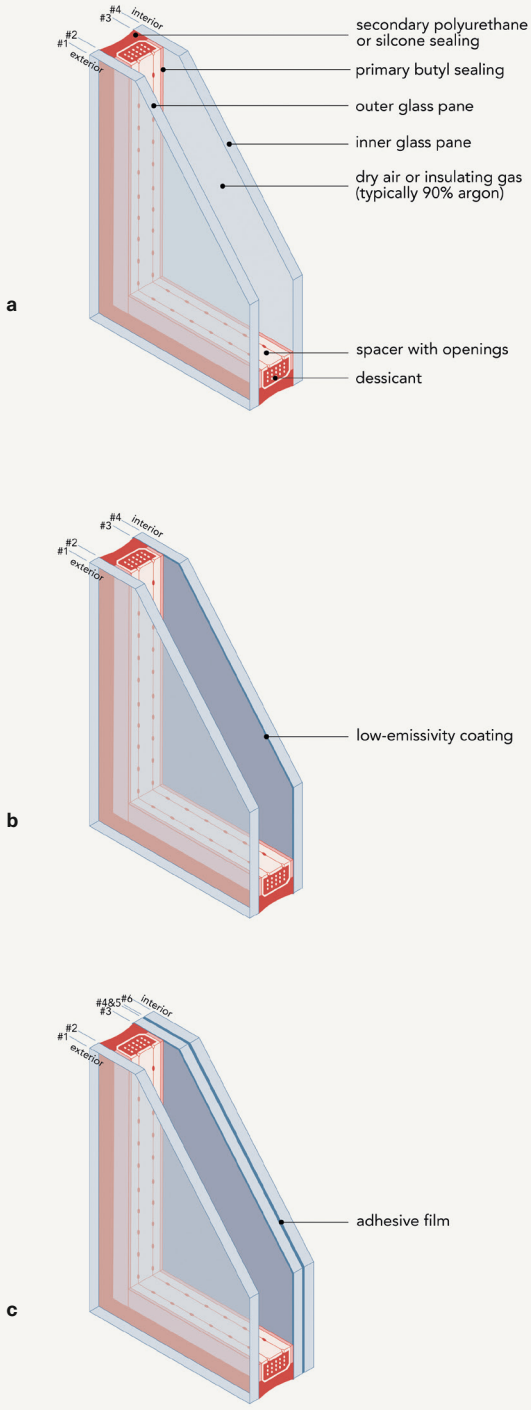
The concept of double glazing was developed in the late 1940s. Van de Voorde et al. write: 'Double glazing became very popular because of its insulation capacities, both thermal and acoustic. It reduced heat loss by 50% over single glazing.'[11] The use of double glazing experienced a real breakthrough during the energy crisis of the 1970s.[12] From the post-war period until today, traditional double glazing has been further developed and improved. A great variety of insulated glazing is now available, for example, with coated glass, laminated glass, tempered glass, and even glass with integrated blinds, LEDs, and photovoltaics; they are often used in combination.[13] This has led to a significant increase in light and acoustic comfort, thermal insulation, less overheating, and built-in safety and security performance. The existing sales catalogues show however that the principle of the assembly of IGUs has remained more or less the same.

The assembly of insulated glazing

IGUs represent approximately 40–50% of the total flat-glass market.[14] The unit consists of the following components: two or more glass panes; a spacer (typically metallic) that separates the panes; a cavity between the panes filled with dehydrated air or thermal insulating gas (typically argon or krypton); a primary butyl seal; a secondary silicon or polyurethane seal that limits water and moisture infiltration; and finally, a desiccant added to the spacer to dry the cavity/cavities and absorb any water vapour retained during manufacture. By convention, the surfaces of the glass panes are numbered (for double glazing) from position 1 (outside) to 4 (inside) (Fig. 1a).[15]

The IGU needs to be absolutely airtight to ensure improved thermal performance. If this is not the case, the insulating gas can escape the cavity, allowing humid external air to enter. This results in a decline in thermal performance and may cause condensation issues inside the cavity. Yet airtightness cannot be guaranteed eternally, as movement and deformation of the panes during the unit's service life—as a result of air pressure and temperature differences—slowly lead to more porous seals.[16] Hartwell and Overend suggest 'that at 25 years, it would be expected that at least 86% of IGU units would fail to meet their initial functional performance requirements'.[17]

The use of dry air or insulating gas has an influence on thermal performance. For example, with a set-up of two 4 mm glass panes and a cavity of 15 mm filled with dry air (4/15/4), a thermal transmittance (also called U-value) of about 2.8 W/m^2K is achieved. By replacing dry air with an inert gas, the U-value can be improved by 0.2 (to 2.6 W/m^2K) for argon and 0.3 (to 2.5 W/m^2K) for krypton.[18] To improve thermal properties further, an additional pane and cavity can be added. Such triple glazing is today gradually replacing double glazing. Over the past twenty years, in order to enhance thermal and visual comfort, solar and acoustic control, and the safety of insulated glazing, new coatings and films have been developed, and spacers and glass panes have been optimized. The main developments are briefly outlined in the following sections.



1 **a**: assembly of double glazing; **b**: double glazing with a low-E coating at position 3; **c**: double glazing with a laminated pane on the interior side of the IGU.

Development of coatings and films

After the energy crisis in 1974, the first IGUs with a low-emissivity coating (also known as a low-E coating) appeared, produced by the companies Glaverbel and Pilkington. This coating allows the amount of solar energy entering a building to be limited without reducing light levels. It prevents UV and infrared radiation from passing through while letting in visible light.[19] For the Belgian climate, these coatings are conventionally installed at position 3 for double glazing to prevent heat loss (Fig. 1b). However, they can also be sited at position 2 to avoid heat gain, for instance in all-façade office buildings with a high risk of overheating. In 2014, a new type of low-E coating was marketed with an emissivity of only 0.1. These coatings have made it possible to lower the thermal transmittance of double glazing with argon (see above) from 2.6 W/m^2K to 0.9 W/m^2K.[20] Today, these low-E coatings are essential in insulated glazing to meet energy standards.[21]

The safety regulations introduced in 2010 to establish new preventative measures against personal injury led to the further development and integration of adhesive films. Since then, all glazing with a parapet height lower than 90 cm have to be strengthened with laminated glass facing the inside of the building.[22] Laminated glass consists of two glass panes with a self-adhesive plastic film between (Fig. 1c). If the glass cracks, the set-up tends not to shatter, with the glass adhering to the interlayer.[23]

Development of warm-edge spacers

Warm-edge spacers, made from polymers and marketed between 2005 and 2010, are slowly replacing conventional aluminium spacers. Compared with warm-edge spacers, metal spacers have much higher thermal conductivity, thereby causing greater heat loss at the edges than in the centre of the glazing. Warm-edge spacers therefore contribute to improved thermal insulation of the entire window.[24]

Qualities of glass panes

The enormous variety in the quality and colour of glass panes is remarkable. Amongst others, clear glass, extra-clear glass, grey glass, brown glass, and green glass are available from Belgian insulated-glazing catalogues. Each quality and colour of glass is manufactured in a different float line, as the raw materials are specific to each.

Other developments

Other developments in insulated glazing for which this period is known include IGUs with integrated blinds, integrated LEDs or integrated photovoltaics. The first of these house blinds inside the unit's cavity that can be adjusted manually or electronically. The latter two consist respectively of LEDs and photovoltaics sandwiched between two sheets of laminated glass.[25]

Reparability and Recyclability

IGUs are often replaced and disposed of before the end of their technical life is reached. In Fig. 2, for example, we can see double glazing from the renovation of a private house ready to be thrown away; it was only twenty-five years old. Repairing the unit would extend its life-cycle and minimize waste production. Depending on the unit's state of preservation, the repair strategy could include, for example, cleaning the cavity, upgrading or restoring thermal performance by adding insulating gas, and re-sealing the unit. The repair of IGUs is however still the exception: Souviron and Khan state that 'repair practices persist only in some renovation projects where the windows have a significant heritage value'.[26]

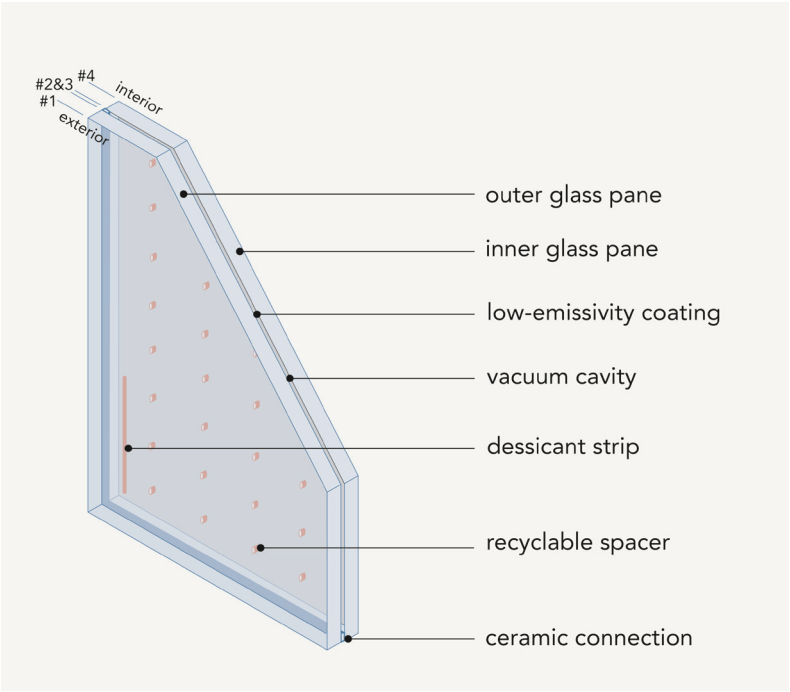
In theory, sheet glass is a 100% recyclable material; it can be remelted an infinite number of times without any loss of quality. Westbroek et al. assert that therefore 'Glass [...] could be a key material in a future circular economy where waste no longer exists, material loops are closed, and products are recycled indefinitely.'[27] The reality is that IGUs are almost never repaired or high-value recycled. In Flanders, only 26% of flat glass from deconstruction or renovation projects is open-loop recycled, which means that the glass is processed—or rather downcycled—to packaging glass, glass-wool insulation, or foam glass.[28] The priority however should be closed-loop recycling rather than downcycling, which would imply the introduction of recycled sheet glass into the manufacturing process of new flat-glass products.[29]

Non-reparability

The non-reparability of the IGU is directly linked to its complex (dis)assembly. The glass panes and the spacers are firmly glued together by the seals to ensure the airtightness of the cavity. It is therefore technically difficult to separate the components without breaking the panes. Glass is fragile and may cause injuries, so the disassembly of these units is a hazardous operation for which precautions must be taken. In the late 1980s, several patents were registered for the repair of IGUs. The cost of the repair however far exceeds that of the new product, with the result that these repair techniques have hardly ever been used.[30] The only systemic initiative to date to repair IGUs for reuse was introduced in 2021 by a Dutch insulated-glazing manufacturer, GSF Glasgroep.[31] They 'harvest' IGUs from renovation and deconstruction sites and disassemble them with a tailor-made saw in the assembly hall. The spacers are removed, the panes are cleaned and cut to the desired dimensions, and then reassembled with a new spacer, sealing components, and insulating gas. This practice currently meets limitations when it comes to hardened glass, as this is impossible to recut, at least without thermal-conduction treatment to undo the hardened properties. The practice also encounters constraints with coated glass: firstly, the quality of the existing coating has to be reassessed, and secondly (where the coating is absent), a new coating needs to be applied that meets energy regulations. In theory, it should be technically feasible to polish and recoat old panes; this would however be extremely costly in terms of infrastructure.



2 Double glazing is disposed of after only twenty-five years.



3 Assembly of vacuum insulated glazing 'FINEO'.

Non-recyclability

To recycle an IGU, selective collection and disassembly of the unit is required. Parts that can contaminate the glass melt, such as the metal or warm-edge spacers, stone or brick materials from the building site, etc., have to be taken out. The quality requirements of flat-glass manufacturers are high, because the smallest contamination in collected flat-glass waste can cause severe losses in the aesthetic and technical quality of the new product.[32] Furthermore, because of safety regulations (see above), some units contain laminated safety glass. The recycling process here involves the removal of the plastic film—an additional procedure that complicates the technical process of closed-loop recycling.[33] Similarly, if the IGUs contain integrated blinds, LEDs, or photovoltaics, these need to be removed prior to recycling. Additionally, these systems may need to be replaced early, owing to the failure of the electronic components. Furthermore, it is important to note that the wide variety in composition, quality, and colour of glass panes can impede recycling. For instance, adding clear flat-glass waste to an extra-clear float line will lower the quality of the end-product. A similar logic applies to coloured glazing. Collection needs to be carried out on a selective basis (taking composition, quality, and colour into account), but in practice this is organizationally and financially challenging.

Design innovations to improve reparability and recyclability

Research has been undertaken to adapt the design and assembly of the standard IGU to improve its reparability and recyclability. For instance, research by Juliette Mohamed

has led to the concept of the Re-Seal Window (not commercially available).[34] She developed a redesigned edge-seal system to facilitate the repair of IGUs on site. By introducing a detachable butyl seal, the weakest part of the glazing unit—the seal—can easily be replaced every ten years, so that the service life of the glazing panes can be extended by more than a century.[35] Moreover, the flat-glass manufacturer AGC Flat Glass Europe has recently developed a new generation of vacuum-insulated glazing (VIG) named 'FINEO' that facilitates recyclability of the whole unit. Like the IGU, vacuum-insulated glazing consists of two glass panes, but the panes are separated by a vacuum gap of only 0.1 mm (Fig. 3). Tiny recyclable spacers are used in the vacuum cavity to prevent the panes from touching. Instead of the traditional primary and secondary seal, a very small amount of ceramic is affixed to the glass panes. This is intended, on the one hand, to ensure a constant U-value over a long period of time and, on the other, to make the unit completely and directly recyclable in the (flat) glass furnace.[36]

Conclusion

A recent history of the insulating glass unit (IGU) has been outlined, based on literature research in journals, reports, norms and regulations, books, and Belgian catalogues of insulated glazing from Saint-Gobain and AGC Flat Glass Europe. The main evolutions in the design and assembly of insulated glazing have been highlighted, such as the introduction of the warm-edge spacer, improved low-E coatings, and improved glass quality, as well as the increasing use of triple glazing and laminated glass, and the invention of integrated blinds, LEDs, and photovoltaics. The improvements made have clearly focused on the functionality of the IGU during its service life (for example, safety, visual comfort, thermal comfort, etc.), while the end of its service life has not been considered in the design. This is reflected by the unit's low reparability and recyclability. The main technical constraints are complex (dis)assembly (for example, irreversible glued connections) and certain material properties of glass (for example, fragility and the concomitant risk of injury). Additional constraints for repair are the limited possibilities for recoating; the diversity in composition, quality, and colour of the glass; and the presence of contaminating components in the assembly (for example, seals, desiccant, spacer, and some coatings and films), which complicate recycling. These technical constraints are, however, not insurmountable. Current practices show that whether IGUs are repaired or simply replaced is mainly a financial question revolving around labour-intensive collection, disassembly, and cleaning procedures.

So far, little has changed in the design of insulated glazing to ensure reparability and recyclability. Yet the replacement of seals and spacers with a furnace-proof material (for example, the vacuum-insulated glazing 'FINEO') and the use of detachable seals (for example, the Re-Seal Window) are opening new possibilities for conventional practice to shift towards greater reparability and recyclability in Belgium's built heritage.

By looking at the technical specifications of IGUs in tendering documents in Belgium,

a more general understanding could be gained into the types of insulated glazing present in the built environment. Further research is necessary to develop repair and recycling strategies. Among other things, this research should address the question of how to tackle the other five barriers of behaviour, uncertainties, and financial, legal, and organizational constraints in order to close the glass loop.

Acknowledgements

This research was funded by the Fonds Wetenschappelijk Onderzoek (FWO), grant number 1S20724N.

1 Souviron 2021, 322.
2 Souviron 2022, 81.
3 Souviron 2021, 324; Souviron/Khan 2020, 5.
4 Hestin/de Veron/Burgos 2016; Debacker et al. 2021; Westbroek et al. 2021.
5 Scalet et al. 2013, 93.
6 Geboes 2020; Geboes/Galle/De Temmerman 2022; Geboes/Galle/De Temmerman 2023.
7 Hartwell/Macmillan/Overend 2021; Geboes/Galle/De Temmerman 2023.
8 AGC Glass Europe 2007; AGC Glass Europe 2010; AGC Glass Europe 2015; AGC Glass Europe 2018; Glaverbel 2000.
9 Saint-Gobain Glass 2010; Saint-Gobain Glass 2017.
10 European Council 1999.
11 Van de Voorde/Bertels/Wouters 2015, 142.
12 BBRI 2009; Souviron 2021, 322.
13 AGC Glass Europe 2015.
14 Dubois et al. 2013, 18; Scalet et al. 2013, 15.
15 BBRI 1999.
16 Ibid.
17 Hartwell/Overend 2020, 11.
18 BBRI 1999.
19 Gläser 2008.
20 Flamant/Detremmerie 2014.
21 AGC Glass Europe 2015.
22 Saint-Gobain Glass 2010.
23 BBRI 1999.
24 Saint-Gobain Glass 2017.
25 AGC Glass Europe 2010.
26 Souviron/Khan 2020, 6.
27 Westbroek et al. 2021, 333.
28 Debacker et al. 2021; Geboes/Galle/De Temmerman 2023.
29 Glass for Europe 2013; Debrincat/Babic 2018.
30 Souviron/Khan 2020; Souviron 2022.
31 GSF Glasgroep, https://gsfglasherstel.nl/circulair/ (accessed 28 May 2022); Groothoff 2022.
32 Glass for Europe 2013; Debacker et al. 2021; Geboes/Galle/De Temmerman 2023.
33 Westbroek et al. 2021; Geboes/Galle/De Temmerman 2023.
34 Mohamed 2020.
35 Ibid.
36 FINEO Glass, https://www.fineoglass.eu/ (accessed 28 May 2022).

Bibliography

AGC GLASS EUROPE 2007
AGC Glass Europe, 'AGC Your Glass Pocket', AGC Glass Europe, 2007.

AGC GLASS EUROPE 2010
AGC Glass Europe, 'AGC Your Glass Pocket', AGC Glass Europe, 2010.

AGC GLASS EUROPE 2015
AGC Glass Europe, 'Glass Unlimited – Your Glass Pocket', AGC Glass Europe, 2015.

AGC GLASS EUROPE 2018
AGC Glass Europe, 'Glass Unlimited – Your Glass Pocket', AGC Glass Europe, 2018.

BBRI 1999
BBRI, 'Glas en glasproducten: Functies van beglazing', Technische Voorlichting, Brussels: Belgian Building Research Institute, 1999.

BBRI 2009
BBRI, 'Glas en zijn toepassingen ... een succesverhaal!', Brussels: Belgian Building Research Institute, 2009.

DEBACKER ET AL. 2021
Wim Debacker, Jeroen Vrijders, Jonas Voorter, Aline Vergauwen, Jef Bergmans and Peter Stouthuysen, 'Urban Mining van gebouwen. Naar het creëren van waarde via het sluiten van materiaalstromen', OVAM, 2021.

DEBRINCAT/BABIC 2018
Graeme DeBrincat and Eva Babic, 'Re-Thinking the Life-Cycle of Architectural Glass', ARUP, 2018.

DUBOIS ET AL. 2013
Maarten Dubois, Maarten Christis, Ann Crabbé, Thomas De Römph, Sander Happaerts, Rob Hoogmartens, Sofie Huysmans, Inge Vermeersch, Anne Bergmans, Marc Craps and Karel Van Acker, 'Duurzaam beheer van vlakglas in de bouw: Een stand van zaken', Leuven: Steunpunt Duurzaam Materialenbeheer, 2013.

EUROPEAN COUNCIL 1999
European Council, 'Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the Landfill of Waste', Official Journal of the European Communities, L182, 1999, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A31999L0031 (accessed 27 November 2023).

FLAMANT/DETREMMERIE 2014
Gilles Flamant and Vincent Detremmerie, 'De energieprestaties van glasfolies', Brussels: Belgian Building Institute, 2014.

GEBOES 2020
Esther Geboes, Architectural Flat Glass: Understanding the Current Barriers of the Closed-Loop Alternatives to Support the Transition towards a Circular Life-Cycle of Flat Glass, unpublished master's thesis, Vrije Universiteit Brussel, 2020.

GEBOES/GALLE/DE TEMMERMAN 2023
Esther Geboes, Waldo Galle and Niels De Temmerman, 'Make or break the loop: a cross-practitioners review of glass circularity', Glass Structures & Engineering, 2023, 193–210, https://doi.org/10.1007/s40940-022-00211-y.

GEBOES/GALLE/DE TEMMERMAN 2022
Esther Geboes, Waldo Galle and Niels De Temmerman, 'Value network mapping applied to the flat glass sector: constraints and leverage points for circularity', in: IOP Conference Series Earth and Environmental Science, 2022, https://doi.org/10.1088/1755-1315/1122/1/012033.

GLÄSER 2008
Hans Gläser, 'History of the Development and Industrial Production of Low Thermal Emissivity Coatings for High Heat Insulating Glass Units', Applied Optics 47/13, 193–199, 2008, https://doi.org/10.1364/AO.47.00C193.

GROOTHOFF 2022
Marco Groothoff, 'GSF Glasgroep geeft oud isolatieglas nieuw leven', Bouwwereld, 2022. https://magazine.bouwwereld.nl/view/48280#10 (accessed 6 February 2024).

GLASS FOR EUROPE 2013

Glass for Europe, 'Recycling of End-of-Life Building Glass', Brussels: Glass for Europe, 2013.

GLAVERBEL 2000

Glaverbel, 'Catalogus 2000', Glaverbel, 2000.

HARTWELL/MACMILLAN/OVEREND 2021

Rebecca Hartwell, Sebastian Macmillan and Mauro Overend, 'Circular Economy of Façades: Real-World Challenges and Opportunities', Resources, Conservation & Recycling 175, 2021, https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105827.

HARTWELL/OVEREND 2020

Rebecca Hartwell and Mauro Overend, 'End-of-Life Challenges in Façade Design: A Dissassembly Framework for Assessing the Environmental Reclamation Potential of Façade Systems', in: Façade Tectonics, Newington, CT Los Angeles CA, 2020, https://www.facadetectonics.org/papers/end-of-life-challenges-in-facade-design#entry:39954@1:url (accessed 15 November 2023).

HESTIN/DE VERON/BURGOS 2016

Mathieu Hestin, Sarah de Veron and Stephanie Burgos, 'Economic Study on Recycling of Building Glass in Europe', Brussels: Deloitte Sustainability, 2016.

MOHAMED 2020

Juliette Mohamed, The Re-Seal Window: A Redesign of the Edge Seals of Insulated Glass Units to Facilitate Easy and Fast Re-Manufacturing, unpublished master's thesis, TU Delft, 2020.

SAINT-GOBAIN GLASS 2010

Saint-Gobain Glass, 'Veiligheidsglas volgens nieuwe NBN S 23-002. Bescherming van personen tegen verwondingen en doorvallen', Sambreville: Saint-Gobain Glass BeNeLux N.V., 2010.

SAINT-GOBAIN GLASS 2017

Saint-Gobain Glass, 'The Ultimate Warm-Edge Spacer', Vetrotech Saint-Gobain, 2017.

SCALET ET AL. 2013

Bianca Maria Scalet, Marcos Garcia Muños, Aivi Querol Sissa, Serge Roudier and Luis Delgado Sancho, 'Best available techniques (BAT) reference document for the manufacture of glass', Sevilla: Joint Research Centre of the European Commission (JRC), 2013, https://doi.org/10.2791/69502.

SOUVIRON 2021

Jean Souviron, 'The Construction of Efficiency: Glazing Insulation in France and Belgium since 1945', in: History of Construction Cultures, 2021, 321–328, https://doi.org/10.1201/9781003173359-42.

SOUVIRON 2022

Jean Souviron, Glazing Beyond Energy Efficiency: An Environmental Analysis of the Socio-Technical Trajectory of Architectural Glass, unpublished doctoral thesis, Université Libre de Bruxelles, 2022.

SOUVIRON/KHAN 2020

Jean Souviron and Ahmed Khan, 'Managing Glass Waste in Energy Efficient Building Retrofitting: Barriers and Opportunities for a Circular Economy', in: Earth and Environmental Science, 2020, https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/3/032001.

VAN DE VOORDE/BERTELS/WOUTERS 2015

Stephanie Van de Voorde, Inge Bertels and Ine Wouters, Post-War Building Materials in Housing in Brussels 1945–1975, Brussels: Vrije Universiteit Brussel, 2015.

WESTBROEK ET AL. 2021

Coenraad Westbroek, Jennifer Bitting, Matteo Craglia, José M. Azevedo and Jonathan M. Cullen, 'Global Material Flow Analysis of Glass: From Raw Materials to End of Life', Journal of Industrial Ecology 25, 2021, 333–343, https://doi.org/10.1111/jiec.13112.

BIOGRAPHIES OF CONTRIBUTORS

Océane Bailleul is an architect who graduated from the École nationale supérieure d'architecture et de paysage de Lille in spring 2022. In 2020–2021, she undertook the first research of its kind to be conducted on *Émalit*®, as part of the 'Archéologie du projet' MA directed by Catherine Blain and Éric Monin.

Paul Bellendorf studied materials science in Erlangen and subsequently heritage conservation in Bamberg, where he also completed his dissertation in the field of building-preservation science. He worked for three years at the Fraunhofer Institute for Silicate Research in Würzburg, Bronnbach branch, as head of the 'Environmental Monitoring and Protection of Cultural Heritage' department. He then spent six years as head of the 'Environment and Cultural Heritage' department at the Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Since October 2018, he has been Professor for Materials and Preservation Science at the Otto Friedrich University of Bamberg.

Catherine Blain, who holds a PhD in Planning and Urbanism, is an architect and research engineer at IPRAUS- UMR AUSser (CNRS 3329), École nationale supérieure d'architecture de Paris-Belleville. Her research and publications focus on the history of architecture and urban planning since 1945, and she has a particular interest in modernist projects and theories, the history of new towns, and the challenges inherent in the conservation and preservation of built heritage of the period 1950–1980. In collaboration with Éric Monin (professor at the École nationale supérieure d'architecture et de paysage de Lille), she developed a research programme and MA course on second-work components of 20th-century architecture, which they have led since 2013.

Anne-Laure Carré graduated from the University of Paris IV Sorbonne in 1998, where her thesis was on the history of technology focused on the use of glass in architecture ('Construire en verre, de nouveaux matériaux pour l'architecture, 1881–1937'). Since

2005, she has been a research engineer at the Musée des arts et métiers, with responsibilty for the 'Matériaux' collection. From 1995 to 2000, she directed the programming and curated the permanent exhibition for the 'Matériaux' and 'Construction' collections. Since 2018, she has particpated in the European Commission 'Mingei' project on the preservation of non-material know-how, the 'Representation and Preservation of Heritage Crafts' (EU grant agreement n° 822336). She is Vice-President of the Association Verre & Histoire, and was co-convenor of the study day on 20 November 2019 at the Institut national d'histoire de l'art entitled 'du miroir à la maison de verre'. In 2020, she mounted the exhibition 'Top Modèles. Une leçon princière au XVIIIe siècle' at the Musée des arts et métiers.

Susanne Fischer is State Conservator at the Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege. She studied art history, Classical archaeology and auxiliary historical sciences at the Ludwig-Maximilians-Universität Munich and did her dissertation on the late Gothic stained-glass windows of the Frauenkirche in Munich. At the same time, she completed an apprenticeship and a journeyman's examination in the glass trade, with a focus on art glazing and framing. She has been working at the Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege since 1993, initially as a regional conservator and cross-sectional conservator for the glass department. Since 2017, she has been head of the *Bau- und Kunstdenkmalpflege*. She is a member of the German national committee of ICOMOS and the German national committee of the Corpus Vitrearum Medii Aevi.

Melchior Fischli is a historian of art and architecture in Zurich and lecturer in architectural history and monument preservation at the Bern University of Applied Sciences BFH in Burgdorf. He studied art history and history in Zurich and Berlin. After various activities in the academic field (University of Bern, Kunsthistorisches Institut Florenz, Accademia di Architettura, Mendrisio), he worked for the Kantonale Denkmalpflege of the Swiss canton of Aargau (2014–2020). His research and publications focus on the history of urban planning, architectural history and monument preservation.

Ueli Fritz trained as a painter (1973–1976) and joined the family business in its fourth generation. In 1981–1984, he studied restoration and preservation with Prof. Dr. Ulrich Schiessl at the Bern University of Applied Sciences BFH. In subsequent years, he established himself as an independent restorer, with a particular focus on building research. From 1997 onwards, he served as lecturer for the Master's course in Applied Sciences in Monument Preservation and Conservation in Burgdorf, and from 1999 as Professor of Restoration and Conservation at the Bern University of Applied Sciences BFH; he held both posts until 2021.

Josef Ganka is a master-glazier in Germering. After his apprenticeship, journeyman's and master's examination in the glass trade with a focus on art glazing and framing, in 1994 he took over an art glass-works and framing workshop. Since 2000, he has spe-

cialized in the restoration and repair of historical glazing. He focuses on the development of restoration concepts including the examination of materials and techniques, damage assessment and restoration trials (for example, at the Marienmünster in Diessen, and at the former abbeys of Schlehdorf and Raithenhaslach). Since 2015, he has lectured at *Thierhaupten Bauarchiv* of the *Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege*. His main topics are historical secular glazing and lead glazing in the preservation of monuments. In 2015, he received the Federal Prize for Handicraft in the Preservation of Monuments. Since 2017, he has been part of the restoration management team at Neuschwanstein Castle, and since 2018, he has been a member of the specialist planning team at St Michael's monastery in Bamberg.

Esther Geboes is a PhD researcher at VUB Architectural Engineering at the Vrije Universiteit Brussel. Her research, under the supervision of Prof. Niels De Temmerman and Prof. Waldo Galle, focuses on circular alternatives for end-of-life flat glass in demolition and renovation projects. In 2020, she obtained an MSc in Architectural Engineering and published her well-received master's dissertation 'Architectural flat glass: understanding the current barriers of the closed-loop alternatives towards a circular life-cycle of flat glass'. This is the first work to identify the barriers to glass circularity by combining theoretical and practical findings.

Francine Giese is director of the Vitrocentre Romont and member of the Swiss committee of the Corpus Vitrearum (CV). From 2014 to 2019, she held a Swiss National Scientific Foundation (SNSF) professorship at the Institute of Art History of the University of Zurich, where she led the research project 'Mudejarismo and Moorish Revival in Europe' (SNSF, 2014–2019). Her latest research project, 'Luminosity of the East' (SNSF, 2020–2024), explores Islamic coloured-glass windows held in Western museum collections, focusing on their typology, production techniques and materials as well as their provenance. Her research interests are the transfer and exchange processes between the Islamic World and the West, architectural Orientalism, materiality, and the glass arts.

Emma Goult holds a Master in CRBC *(Conservation et Restoration des Biens Culturels)* with a specialization in stained-glass windows from the University of Paris 1 – Panthéon Sorbonne. She runs the Atelier MurAnése based near Paris. Her professional skills and experience extend to all areas of the restoration of stained-glass windows, although her main focus is the study and conservation of stained-glass windows of the 19th and 20th centuries. This was also the subject of her Master's thesis 'the characterization of printed glasses used in stained glass windows between 1880 and 1940: issues of conservation-restoration', undertaken under the direction of Claudine Loisel and Fanny Bauchau of the *Laboratoire de recherche des monuments historiques*. Since then, she has been working for *Monuments Historiques* and many museums in France and elsewhere in Europe. In particular, she has been involved in the coordination of safeguarding and preservation of the stained glass at Notre-Dame de Paris.

Florin Gstöhl studied conservation and restoration at the Bern Academy of the Arts and architectural history at the University of Bern. From 2017 to 2022, he was a research assistant and PhD candidate on the Swiss National Science Foundation research project 'Otto Rudolf Salvisberg – Architect of the Modern Era', under the supervision of Prof. Dr. Bernd Nicolai at the Institute of Art History, University of Bern. His dissertation deals with the significance and meanings of materials in architectural development between 1900 and 1940. His research interests are topics on materiality and mediality in 19th- and 20th-century architecture, as well as related questions of monument restoration and preservation. Since 2021, he has run his own office *bau[stoff]geschichte* in the field of preservation of built heritage.

Isabel Haupt is specialized in architectural history and architectural conservation. She studied architecture at the Technische Universität (TU) Munich and received her doctorate from ETH Zurich. She has taught at the TU Dresden, the University of Zurich and ETH Zurich, and worked as Vice-Director of the Kantonale Denkmalpflege Aargau in Switzerland. She is lecturer at Bern University of Applied Sciences BFH on the MAS Programme 'Historic Preservation and Reuse' and at the Accademia di architettura, Università della Svizzera italiana. In 2022, she founded the Zurich-based architectural conservation studio *Büro für Architekturgeschichte & Denkmalpflege*.

Laura Hindelang is Assistant Professor of Architectural History and Preservation and Director of the 'Monument Preservation and Monument Management' Master's programme in the Department of Art History, University of Bern, Switzerland. In 2020–2022, she conducted a research project on modern stained glass, intermediality and art in architecture at the Vitrocentre Romont. In 2020, she completed her PhD at the Freie Universität Berlin; this was published as *Iridescent Kuwait: Petro-Modernity and Urban Visual Culture since the Mid-Twentieth Century* by De Gruyter (2022). Her current project focuses on questions of gender in architecture and its historiography before 1900 from a cross-cultural perspective.

Hauke Horn is an architect and art historian. He currently holds the professorship of Architectural Theory at the Technical University of Darmstadt. Horn has taught and conducted research at universities in Braunschweig, Darmstadt, Kaiserslautern, Las Palmas de Gran Canaria, Mainz and Strasbourg. He obtained doctorates in art history (Dr. phil., 2012) and architecture (Dr.-Ing., 2015) with award-winning theses on medieval architecture and memory culture, as well as a Habilitation (2020) in Mainz with a book on architecture as a means of communication in 20th century corporate architecture. His research focuses on architecture and visual communication, architectural concepts of reuse and transformation, corporate architecture and the history of building technology.

Peter Heinrich Jahn is currently a research fellow in the Department of Art History at the TU Dresden. He studied art history at the Ludwig-Maximilians-Universität Munich

from 1989 to 1996 and received his doctorate from the University of Augsburg in 2006. Since 2016, he has been working on residential planning in Dresden during the reign of Augustus the Strong, funded by the Fritz Thyssen Stiftung für Wissenschaftsförderung and subsequently by the Gerda Henkel Stiftung. Jahn has been pursuing research on the Dresden Zwinger in particular since 2008, initially as part of a 3D-modelling project run by the Staatliche Schlösser, Burgen und Gärten Sachsen GmbH and the Dresden University for Applied Sciences (HTW). In the meantime, from 2010 to 2012, Jahn has also been a postdoctoral fellow in the 'Tools of Design' research fellow programme at the Internationales Kolleg für Kulturtechnikforschung und Medienphilosophie (IKKM) of the Bauhaus University Weimar.

Dunja Kielmann pursued a three-year traineeship as a glass and ceramic painter at the glass school in Rheinbach, Germany. She then undertook another three years of internship in various institutions to gain experience in the fields of stone, wall-painting and glass conservation. In 2005, she graduated from the Department of Conservation and Restoration at the University of Erfurt, with a specialization in glass-painting and glass windows. She has worked in different conservation studios, including in Linnich (Germany), York (England) and Prestwick (Scotland). Eventually, a research project (2016–2018) about the Reformation windows in Ravensburg brought her back to Germany. Since 2018, she has been employed as a glass conservator at the Landesamt für Denkmalpflege in Baden-Württemberg (Germany).

Anne Krauter studied European and East Asian art history as well as Classical archaeology and philosophy in Stuttgart, Heidelberg and Basel. She has taught in Germany at the University of Landau, and in Switzerland at the University of St. Gallen, and the *Schule für Gestaltung Zürich* and the *Schule für Gestaltung Basel*. From 1999, she worked as a lecturer in art history in the Department of Conservation and Restoration and as a researcher at the Institute for Materiality in Art and Culture at the Bern University of Applied Sciences BFH, Bern Academy of the Arts HKB. She has led several research projects, for example, as section head in the project 'Facade Glass – Criteria for a Responsible Treatment of Modern Building Materials in Architecture', which was directed by Dr. habil. Dieter Schnell and carried out jointly with the School of Architecture of Bern University of Applied Sciences BFH (2008–2009). From 2015 to 2019, she was head of the interdisciplinary project 'The Digitale Kunstpforte: an Interdisciplinary Online Platform for Art Technological Source Research and Experimental Reconstructions', which was financed by the Swiss National Science Foundation.

Giulia Marino is professor at the UCLouvain (Louvain Research Institute for Landscape, Architecture, Built Environment, Brussels, Belgium), and researcher at the Laboratory of the Techniques and Preservation of Modern Architecture (École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland). Her scientific interests are centred on the conservation of modern and contemporary heritage, and on the history of 20th-century

construction techniques and building services. As well as studying the monumental heritage of the interwar period (for example, Le Corbusier's studio apartment at 24NC, commissioned by the Foundation Le Corbusier with a grant from the Getty Foundation), she has developed these two main strands of research in the extensive corpus of architectural production in the years 1945–1975. She has won several awards for her research and involvement in major restoration projects (for example, Cité du Lignon restoration, 2009–2012, Europa Nostra Award, 2013; SIA-Umsicht Award, 2013; Docomomo Rehabilitation Award, 2021). Her most recent books are the monographs *Les multiples vies de l'appartement-atelier: Le Corbusier* (2017), *La buvette d'Évian: Novarina, Prouvé, Ketoff* (2018), and *Avanchet-Parc* (2020). She is Vice-President of Docomomo Switzerland and member of ICOMOS.

Angelika Reiff studied architecture at the University of Stuttgart from 1979 to 1982 and graduated with a diploma in building engineering. Before, during and after her studies, she worked in different architectural practices, including Johannes Manderscheid Architects, Stuttgart. From 1988 to 2022, she was employed at the Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg. Initially, she was engaged in the inventory department and then from 2000 as an area officer for the preservation of built and artistic heritage in various districts. With the responsibility for Stuttgart from 2011 to 2022, she developed a focus on the care of recent cultural monuments from the second half of the 20th century. In addition, she has been involved with the Baden-Württemberg Chamber of Architects, firstly, through her participation in the 'Bauen im Bestand' working group; secondly, with a lecture course entitled 'Umgang und Methoden der Instandsetzung' as part of the advanced course 'Energieoptimiertes Bauen'; and thirdly, in collaboration with the *Institut Fortbildung Bau*, through her organization of the 'Denkmalpflege im Dialog' event.

Alexandra Schmölder started off as a press officer at Christie's auctioneers in London after graduating in art history from Birkbeck College (University of London). Following a period during which she focused on her family, she obtained a Master's degree in heritage conservation at Bamberg University in 2012, majoring in world heritage issues and cultural landscape inventory. This led to several freelance projects. Since 2016, she has been working as a research assistant at the Centre for Heritage Conservation Studies and Technologies (KDWT, University of Bamberg). After her engagement in the EU Horizon 2020 Nano-Cathedral project, she focused on improving the energy performance of historical windows. Her research into historical manufacturing methods for clear window glass resulted in a doctoral thesis. This was followed by a project for the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) focussing on window glass produced before 1960.

Logan Sisley was born in New Zealand and studied art history at the University of Otago (Dunedin) and the University of Auckland. He has previously worked at the Scot-

tish National Gallery of Modern Art, Edinburgh College of Art, and National Gallery of Ireland. From 2007 to 2018, he was exhibitions curator at Hugh Lane Gallery, Dublin, where he is now Acting Head of Collections. He has contributed to numerous exhibition catalogues and published articles in *The Modernist*, *Architecture New Zealand* and *Building Material: Journal of the Architectural Association of Ireland*, among others. He has spoken on modern and contemporary art and architecture at conferences and seminars at the Musée d'Orsay, Tate Britain, the All-Ireland Architectural Research Group and Victoria University of Wellington, among others.

Helen Spencer received a BSc (Hons) in archaeological science from the University of Bradford and an MA in the Conservation of Historic Objects (Archaeology) from the University of Durham. Helen achieved her PhD at Heriot Watt University in 2020 on the scientific analysis of medieval and post-medieval window glass in Scotland. She worked at National Museums Scotland for thirteen years, before becoming a freelance museum consultant in 2012. Since 2018, she has been the project manager for the Scottish Archaeological Research Framework, based at the Society of Antiquaries of Scotland, and continues to research glass from across Scotland.

Vitaly Volkov is a PhD student at the University of Antwerp, Belgium. He is currently researching the history of the window-glass industry in Belgium in the 19th century. He has studied mechanical engineering at KaHo Sint-Lieven, Ghent, and history at the Vrije Universiteit Brussel. He has a strong preference for the interdisciplinary, comparative and transnational approaches. His areas of interest include the history of technology, business history and urban history of the 19th and 20th centuries in Belgian as well as international (European and global) contexts.

Sophie Wolf studied geology and mineralogy at the Universities of Cologne and Bonn (Germany). During her doctoral thesis and subsequent research career, she specialized in the analysis of ancient glass and ceramics. She has been working for the Vitrocentre Romont since 2010. Her main interests are the history, technology and conservation of glass, stained glass and reverse paintings on glass. Sophie is member of the Board of the International Scientific Committee for the Conservation of Stained Glass (ISCCSG), member of the Swiss committee of the Corpus Vitrearum and of the Scientific Committee of the Association internationale pour l'histoire du verre (AIHV).

IMAGE CREDITS

Introduction

The Production and Use of Glass in Architecture: A Brief History

Sophie Wolf and Laura Hindelang

Fig. 1: Archaeological Services of the canton of Aargau (glass: inv. nos. 32:1869, 56:259, 36:1199, 37: 2904a, 37:2904b, 33:659 and 42:165; wood: inv. nos. 2756, 9705, V.03.50/ 0.480 and V.03.50/0.486). © Kantonsarchäologie Aargau, photo: Deborah Tretola.
Fig. 2: © Yael Gorin-Rosen, Israel Antiquities Authority, photo: Jochai Rosen.
Fig. 3: © RMN, photo: Jean-Gilles Berizzi.
Fig. 4: © Vitromusée Romont, photo: Astrid Kaiser.
Fig. 5: Édition Numérique Collaborative et Critique de l'Encyclopédie de Diderot, de D'Alembert et de Jaucourt (1751–1772). © ENCCRE, Académie des sciences.
Fig. 6: © Musée du Verre de Charleroi.
Fig. 7: © Vitromusée Romont, photo: Astrid Kaiser.
Fig. 8a: © Patrimoine Glâne, photo: Sophie Wolf.
Fig. 8b: © Patrimoine Glâne, photo: Gaston de Jongh, Lausanne.
Fig. 9: US Patent no. 710357A, https://patents.google.com/patent/US710357A. © CC 4.0.
Fig. 10: © Authors, photo: Laura Hindelang.
Fig. 11: © Authors, photo: Sophie Wolf.

From France to Franconia: The Technical Innovation of Crown Glass

Alexandra Schmölder

Fig. 1: Anonymous drawing, Lerner 1981,75, with kind permission from the publisher.
Fig. 2: © Bayerische Staatsbibliothek München, 2 Bibl.Mont. 7-3,10, Verrerie en bois XIV, urn:nbn:de:bvb:12-bsb10710701-9.
Fig. 3: © Bayerische Staatsbibliothek München, 2 Bibl.Mont. 7-3,10, Verrerie en bois XV, urn:nbn:de:bvb:12-bsb10710701-9.
Fig. 4: © Bayerische Staatsbibliothek München, 2 Bibl.Mont. 7-3,10, Verrerie en bois XVI, urn:nbn:de:bvb:12-bsb10710701-9.
Fig. 5: Tabor 1818, table V, annex.
Fig. 6: © Bürgerspitalstiftung Bamberg, photo: Lara Müller 2023.

Scottish Window Glass: A New Industry in the 17th and 18th Centuries

Helen Spencer

Fig. 1: © Andrew Spratt.
Fig. 2: © Crown Copyright.
Fig. 3: © As drawn by Jan Dunbar for Turnbull 2001.
Fig. 4: © Helen Spencer.
Fig. 5: A generalization of English window-glass types, adapted from Dungworth/Girbal 2011 and Kennedy et al. 2013.
Fig. 6: © Helen Spencer.
Fig. 7: © Helen Spencer.
Fig. 8: © Helen Spencer.

Technological Innovations and Craft Traditions in the 19th-Century Belgian Window-Glass Industry

Vitaly Volkov

Fig. 1: © Musée du Verre de Charleroi, Collection iconographique.
Fig. 2: © Musée du Verre de Charleroi, Collection iconographique.
Fig. 3: © Musée du Verre de Charleroi, Collection iconographique.
Fig. 4: © Musée du Verre de Charleroi, Collection iconographique.
Fig. 5: © Musée du Verre de Charleroi, Collection iconographique.
Fig. 6: © State Archives of Belgium-2, dépôt Joseph Cuvelier, brevets d'invention.
Fig. 7: © Musée du Verre de Charleroi, Collection iconographique.
Fig. 8: © Musée du Verre de Charleroi, Collection iconographique.

Du matériau au produit : le verre perforé

Anne-Laure Carré

Fig. 1 : © Archives INPI.
Fig. 2 : © Archives INPI.
Fig. 3 : © Cnum – Conservatoire numérique des Arts et Métiers – http://cnum.cnam.fr.
Fig. 4 : © Musée des Arts et Métiers, CNAM, no. inv. 10924, photo : Service de l'inventaire.
Fig. 5 : © Cnum – Conservatoire numérique des Arts et Métiers – http://cnum.cnam.fr.
Fig. 6 : © Vitromusée Romont, no. inv. VMR_487, emprunt permanent Historisches Museum Basel (no. inv. 1989.5008), photo : Anna Salamin.
Fig. 7 : © auteure, photo : Anne-Laure Carré.

Le plus agréable spectacle du monde: Flachglas als prägendes Architekturelement des Dresdner Zwingers

Peter Heinrich Jahn

Abb. 1: © Staatliche Burgen, Schlösser und Gärten Sachsen gGmbH/Fotos: Sylvio Dittrich, 2000 (o.), Jan Windisch, 2018 (u. li.), und Michael Nitzschke, 2017 (u. re.).
Abb. 2: © Collezione Verzelloni, Caravaglio (Scan aus Bestandskatalog Pelissetti 2010, Taf. 84).
Abb. 3: © links: Böhme & Wiedemann – Büro für Bauuntersuchung und Restaurierung, Dresden, rechts: Franck Devedjian & Hervé Grégoire, 2020, CC-BY-SA-4.0.
Abb. 4: © links: Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Kupferstich-Kabinett, Inv. Nr. Ca 2013-1/25 (Ausschnitt), rechts: Staatliche Burgen, Schlösser und Gärten Sachsen gGmbH/HTW Dresden/m box.
Abb. 5: © Staatliche Museen Preußischer Kulturbesitz – Kunstbibliothek, Hdz 1153.
Abb. 6: © links: Autor, 2018, rechts: Staatliche Burgen, Schlösser und Gärten Sachsen GmbH, Schloss Pillnitz, Inv. Nr. 667.

Abb. 7: © links: Staats- und Stadtbibliothek Augsburg, Sign. 2 Gs 364, rechts: Autor, 2022.
Abb. 8: © links: Staatliche Burgen, Schlösser und Gärten Sachsen gGmbH, Schloss Pillnitz, Inv. Nr. 667, rechts: Sächsische Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek, KS B1976.
Abb. 9: © Staatliche Kunstsammlungen Dresden, Gemäldegalerie Alte Meister, Gal.-Nr. 629.

Warum haben Fenster Holzsprossen? Eine Spurensuche

Ueli Fritz

Abb. 1: Fotos aus: Frans J.P.M. Kwaad, Geveltypen en bouwstijlen van historische woonhuizen in Hoorn, 1540–1940. https://www.kwaad.net/Hoorn-Gevels.html (Zugriff 30. November 2022).
Abb. 2a und 2b: Fotos: U. Fritz.
Abb. 3: Foto: U. Fritz.
Abb. 4: Foto: U. Fritz.
Abb. 5: © Public Domain. The Cloisters Collection, 1956, accession no. 56.70a–c. https://www.metmuseum.org/art/collection/search/470304.
Abb. 6: © Public Domain, CC0 1.0 Deed. Musée Carnavalet, Inv. Nr. G.39230-28. https://www.parismuseescollections.paris.fr/fr/musee-carnavalet/oeuvres/les-peintures-de-charles-le-brun-et-d-eustache-le-sueur-de-l-hotel-30.
Abb. 7a und 7b: Fotos: U. Fritz.
Abb. 8: Zeichnung: U. Fritz.

The Glass House of Antoine de Paris

Logan Sisley

Fig. 1: © Ministère de la Culture (France), Médiathèque de l'architecture et du patrimoine, diffusion RMN-GP.
Fig. 2: Courtesy of Narodowe Archiwum Cyfrowe.
Fig. 3: https://gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France.
Fig. 4: © Ministère de la Culture (France), Médiathèque de l'architecture et du patrimoine, diffusion RMN-GP.
Fig. 5: © Ministère de la Culture (France), Médiathèque de l'architecture et du patrimoine, diffusion RMN-GP.
Fig. 6: © Ministère de la Culture – Médiathèque du patrimoine et de la photographie, Dist. RMN-Grand Palais; © Estate of Thérèse Bonney / Courtesy Bancroft Library, University of California; Kees Van Dongen © ADAGP, Paris; Sarah Lipska © Estate of Sarah Lipska.
Fig. 7: Courtesy of Narodowe Archiwum Cyfrowe.
Fig. 8: https://gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France.

Ideologie und Baupraxis: Vom Aneignungsprozess des Glases in der Architekturmoderne

Florin Gstöhl

Abb. 1. Foto: ETH Baubibliothek
Abb. 2. Foto: ETH Baubibliothek.
Abb. 3. Foto: Baugeschichtliches Archiv, Zürich, BAZ_100466.
Abb. 4. Bildarchiv Foto Marburg, Bilddatei-Nr. fm1064952. © Bildarchiv Foto Marburg / Foto: unbekannt.
Abb. 5. Foto: F. Gstöhl.
Abb. 6. Foto: F. Gstöhl.
Abb. 7. Foto: F. Gstöhl.
Abb. 8. Foto: F. Gstöhl.
Abb. 9. Foto: ETH Baubibliothek.

Symbolic Transparency: Glass in the Representative Corporate Architecture of the 20th Century

Hauke Horn

Fig. 1: Photograph in Riley/Bergdoll 2001.
Fig. 2: Photograph in Krohn 2014.
Fig. 3: Photograph in Krinsky 1988.
Fig. 4: Photograph in SOM 1962.
Fig. 5: © Autor, photo: Hauke Horn, 2019.
Fig. 6: © Autor, photo: Hauke Horn, 2015.
Fig. 7: Photograph in Schweer/Thieme 1998.
Fig. 8: Photograph in Briegleb 2000.

Émalit®: The Challenge Posed by a Tempered and Enamelled Sheet Glass for the Glass Façade

Catherine Blain and Océane Bailleul

Fig. 1: © Archives Saint-Gobain.
Fig. 2: © Archives Saint-Gobain.
Fig. 3: © Archives Saint-Gobain.
Fig. 4: © Archives Saint-Gobain.
Fig. 5: © Archives Saint-Gobain.
Fig. 6: © Archives Saint-Gobain.
Fig. 7: © agence C+D.

Le *curtain wall* à l'européenne : Histoire, techniques et sauvegarde des vitrages antisolaires

Giulia Marino

Fig. 1 : © K. Gatz, 1961.
Fig. 2 : © Architectural Forum, 1948.
Fig. 3a : © Dans le sens des aiguilles d'une montre : Werk-Archithese, 1977 ; Habitation, 1970 ; archives OMPI, Genève ; Habitation, 1974.
Fig. 3b : © Photo Giulia Marino.
Fig. 3c : © Alessandro Di Renzo.
Fig. 4 : © Bauen + Wohnen, 1966.
Fig. 5 : © Archives privées.
Fig. 6 : © Photo Zacharie Grossen [CC BY-SA 3.0].
Fig. 7 : © Claudio Merlini.
Fig. 8 : © F. Graf, G. Marino, Les enveloppes de l'OMPI, études préalables à la restauration, EPFL-TSAM, 2022.

Altglas? Anmerkungen zum Umgang mit Flachglas bei Baudenkmalen

Isabel Haupt

Abb. 1. © Foto: Isabel Haupt.
Abb. 2. Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Merkblatt zum Thema Fenster, 1955.
Abb. 3. © Foto: Isabel Haupt.
Abb. 4. © Foto: Isabel Haupt.
Abb. 5. © Fotos: Empire State Realty Trust, Skizze: Vereinfachung einer Schemadarstellung von retrofitmagazine.com durch Isabel Haupt.
Abb. 6. © Foto: Mark Niedermann Photography, Riehen.

Abb. 7. © Skizze Bestand: Vitrocentre Romont, Stefan Trümpler, Mai 2018; Skizze Ertüchtigung: Beer Merz Architekten, Basel.
Abb. 8. © Foto: Martin Zeller.
Abb. 9. © baubüro in situ ag, Basel.

Die Mondscheibenverglasung der Klosterkirche St. Michael in Bamberg: Würdigung, Vorprojekt und Restaurierung der barocken Blankverglasung im Rahmen der Gesamtinstandsetzung

Susanne Fischer und Josef Ganka

Abb. 1: © Bürgerspitalstiftung Bamberg, Foto: Jürgen Schraudner.
Abb. 2: © Bürgerspitalstiftung Bamberg, Foto: wahrscheinlich Stadt Bamberg 2009.
Abb. 3: © Bürgerspitalstiftung Bamberg, Foto: Immobilienmanagement Stadt Bamberg.
Abb. 4: © Bürgerspitalstiftung Bamberg, Foto: Jürgen Schraudner.
Abb. 5: © Dipl.-Rest Martha Hör, Plan: Dipl.-Rest Martha Hör.
Abb. 6: © Dipl.-Rest Martha Hör, Plan: Dipl.-Rest. Martha Hör.
Abb. 7: © Josef Ganka, Foto: Josef Ganka.
Abb. 8: © Dipl.-Rest Martha Hör, Foto: Dipl.-Rest. Martha Hör.

Neues Glas in alter Umgebung: Ein Blick auf das Bauen im Bestand seit 1900

Melchior Fischli

Abb. 1: Foto: © American Academy in Rome, Photographic Archive, Fototeca Unione. Abb. 2: Casabella 16.182, 1943, 33.
Abb. 3: Foto: M. Fischli, 2011.
Abb. 4: Foto: © Norman Foster Foundation Archive, Madrid.
Abb. 5: Foto: M. Fischli, 2011.
Abb. 6: Foto: © Uli Holzhausen, Norheim.
Abb. 7: Foto: © Rainer Viertlböck, Gauting.
Abb. 8: Foto: © Institut François Mitterrand, Paris.
Abb. 9: Foto: © Gerald Zugmann, Wien.

Problématique de la conservation-restauration des verres imprimés employés dans le domaine architectural en France

Emma Groult

Fig. 1: Issu de Hermes 1928, p. 6.
Fig. 2: © Emma Groult.
Fig. 3: Issu de Hermes 1928, fig. 3.
Fig. 4: © Emma Groult.
Fig. 5: © Michel Hérold.

Ein praxisorientierter Leitfaden für den ressourcenschonenden Umgang mit historischen Gläsern und Fenstern profaner Gebäude

Paul Bellendorf, Ruth Tenschert, Alexandra Schmölder, Katrin Lenz, Ralf Kilian, Stefan Bichlmair, Christine Milch, Olivia Jorgji und Matthias Fischer

Abb. 1: © Ruth Tenschert, Universität Bamberg.
Abb. 2: © Ruth Tenschert, Universität Bamberg.
Abb. 3: © Fraunhofer IBP.
Abb. 4: © Bellendorf et al. 2021, 1.

Abb. 5: © Fraunhofer IBP.
Abb. 6: © Jan Paul Lindner, Fraunhofer IBP.
Abb. 7: © Fraunhofer IBP.
Abb. 8: © Fraunhofer IBP.

Die Erhaltung von bemalten Isolierglasscheiben im Schwimmbad von Stuttgart-Feuerbach: Eine restauratorische und technologische Herausforderung

Dunja Kielmann und Angelika Reiff

Abb. 1: © LAD, Iris Geiger-Messner.
Abb. 2: © LAD, Iris Geiger-Messner.
Abb. 3: © LAD, Iris Geiger-Messner.
Abb 4: © LAD, Iris Geiger-Messner.
Abb. 5: © LAD, Iris Geiger-Messner.
Abb. 6: © LAD, Iris Geiger-Messner.
Abb. 7: © LAD, Iris Geiger-Messner.
Abb. 8: © LAD, Iris Geiger-Messner.

Innovations in Insulated Glazing in the 21st Century: Material and Technical Barriers to Reparability and Recyclability

Esther Geboes, Waldo Galle and Niels De Temmerman

Fig. 1: © Esther Geboes.
Fig. 2: Photo: Esther Geboes.
Fig. 3: © Esther Geboes.