

Die Glasmalereien des 19. Jahrhunderts

Charakteristika der verwendeten Materialien



5b (1)

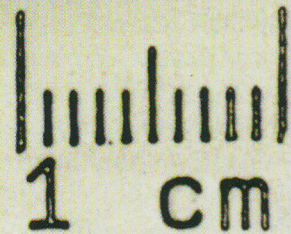


Abb. 1: Glasprobe aus einer Glasmalerei, Lukaskirche Zwickau-Planitz, Malschichtkonturen mit Haftverlusten

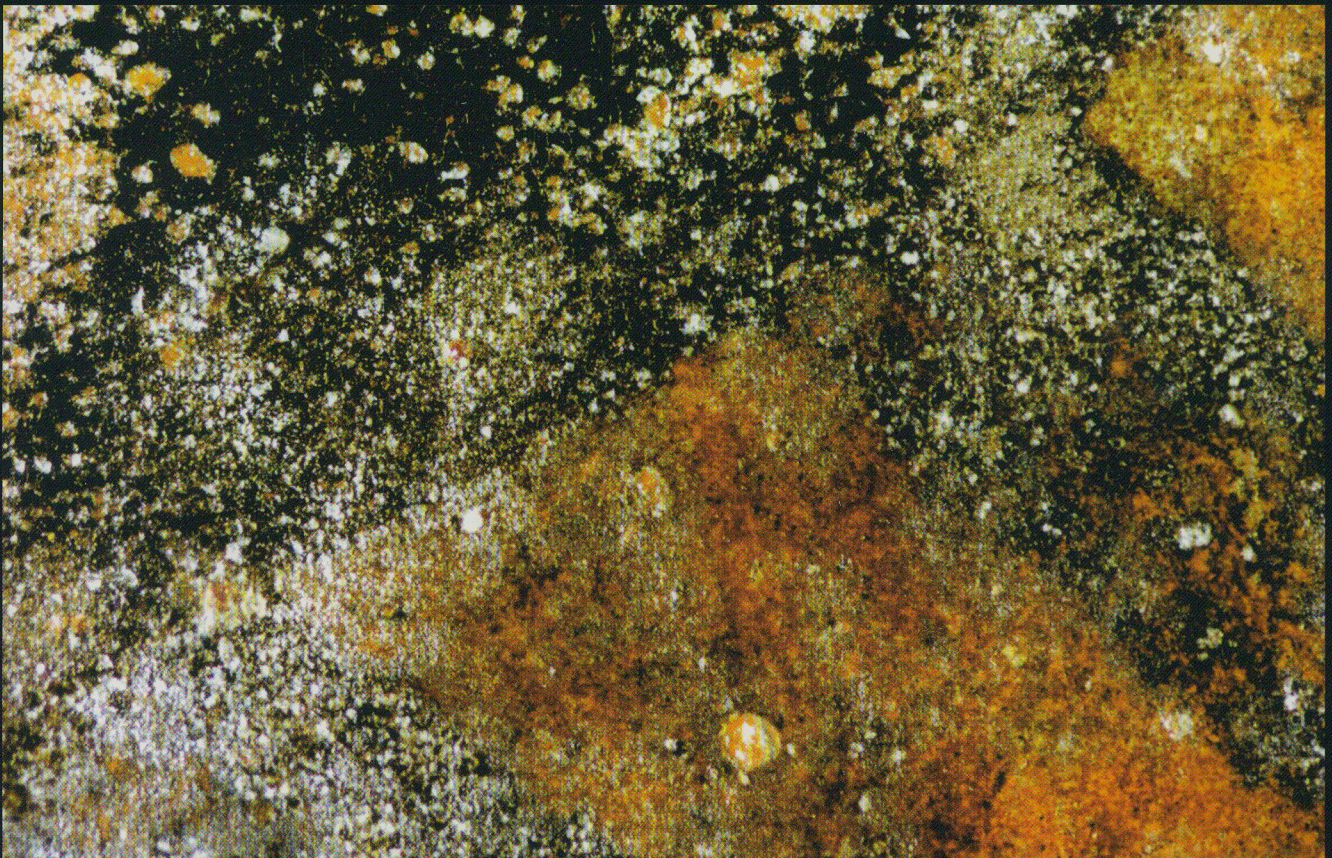


Abb. 2: Detail aus Abb. 1, deutlich sichtbare Salzbildung durch chemische Umwandlung der Malschichtsubstanz, 70-fache Vergrößerung

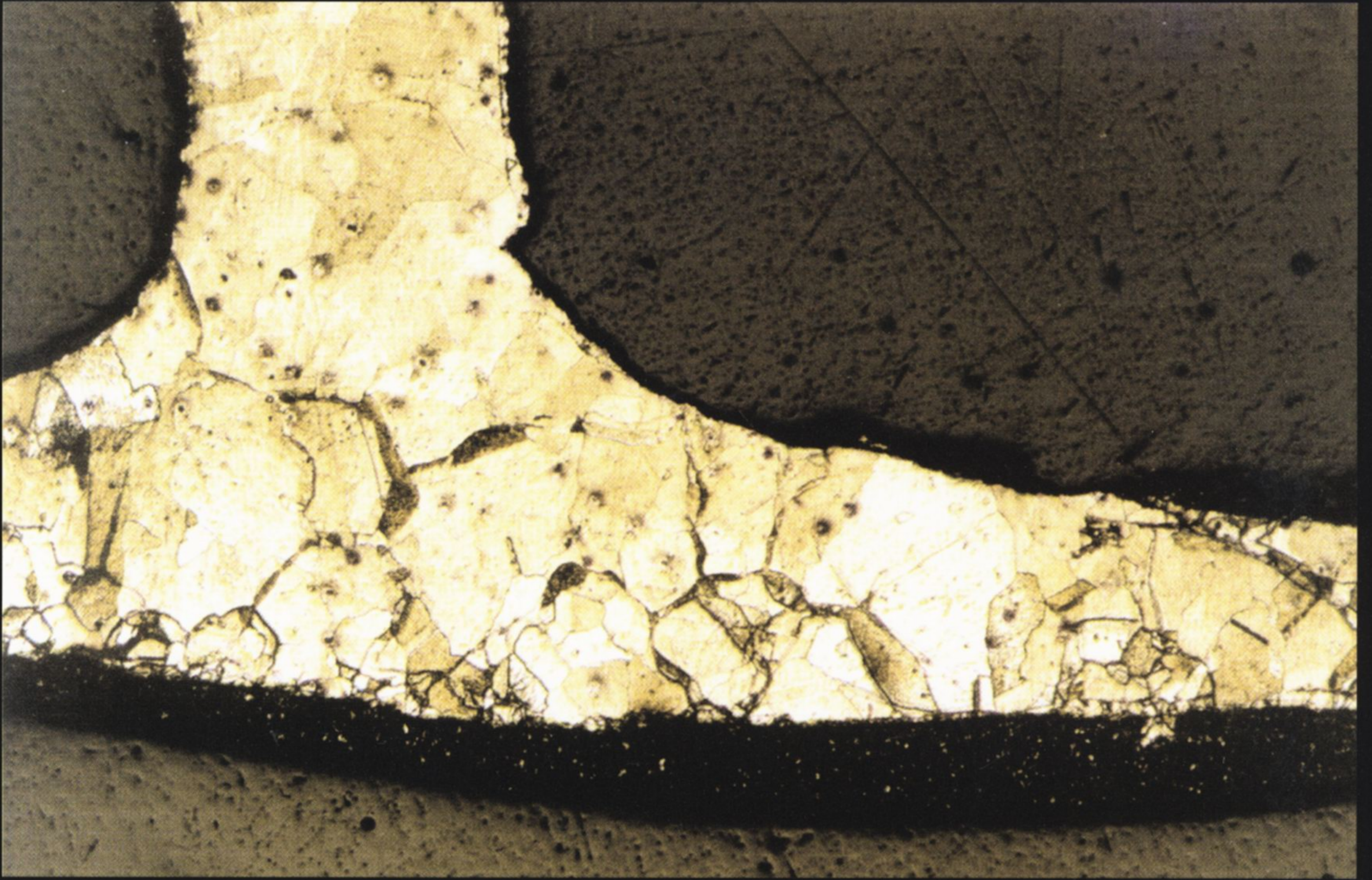


Abb. 3: Geätzter Anschliff eines historischen Bleies, 70-fache Vergrößerung



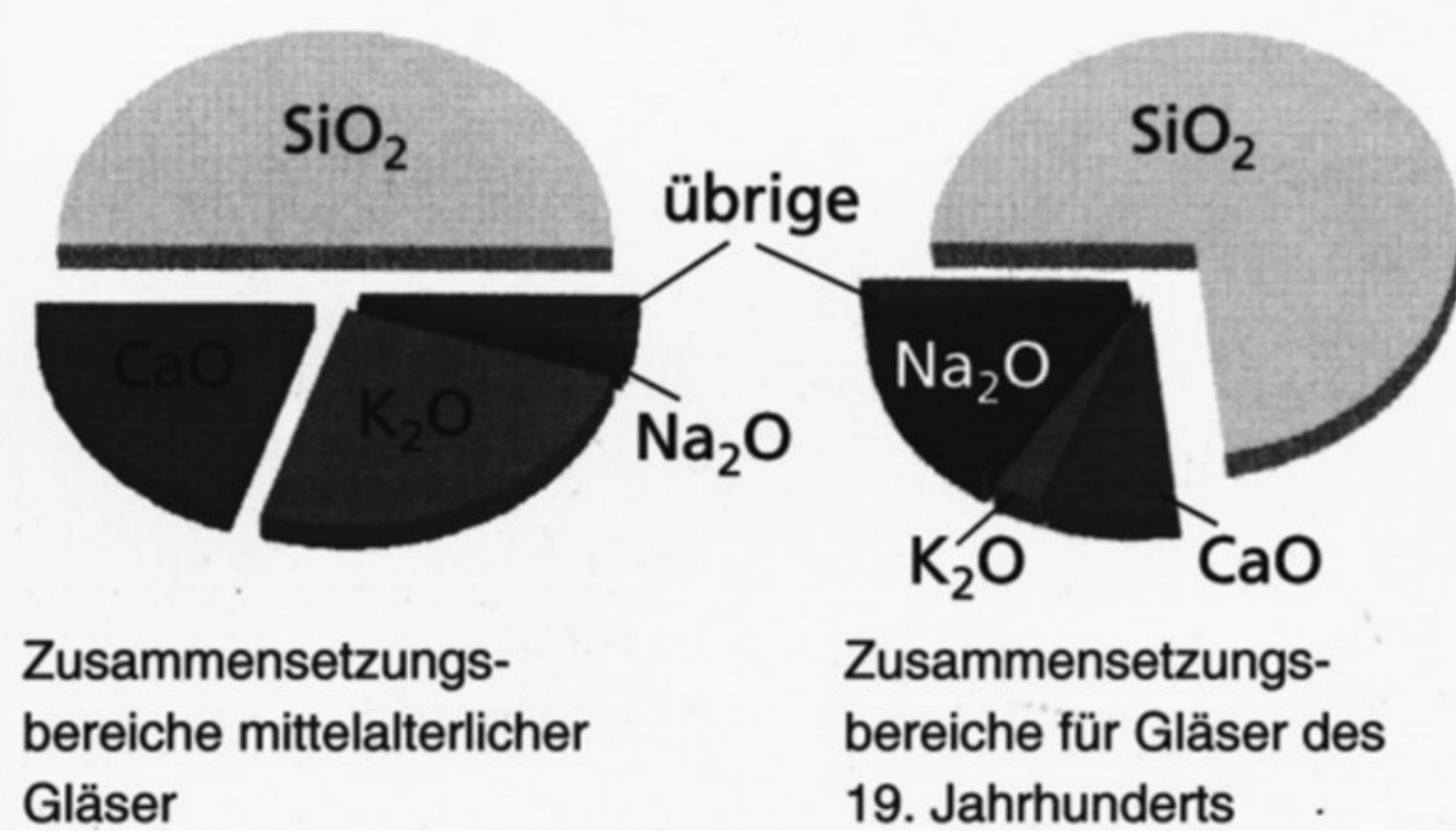
Abb. 4: Blasige Schwarzlotkontur, 35-fache Vergrößerung

Die Glasmalereien des 19. Jahrhunderts

Charakteristika der verwendeten Materialien

A) GLÄSER

Die im 19. Jahrhundert hergestellten farblosen und farbigen Flachgläser sind im Gegensatz zu denen früherer Epochen chemisch gut beständig. Sie unterliegen nicht wie die mittelalterlichen einer sichtbaren Auflösung und Bildung von Korrosionsprodukten (Blindwerden, Wet-



tersteinbelag), sondern zeigen allenfalls ein leichtes Irisieren der Oberfläche. Der Grund für die Unterschiede liegt in der chemischen Zusammensetzung, die bei den Gläsern des 19. Jahrhunderts derjenigen unseres heutigen, modernen Flachglases sehr nahe kommt.

An insgesamt 93 Glasproben aus Glasmalereien des 19. Jahrhunderts wurden chemische Analysen vorgenommen. Die Ergebnisse sind als Oxid-Gehalte angegeben. Die jeweiligen Mittelwerte wurden nach drei Herstellungsperioden geordnet und mit mittelalterlichen und heutigen Durchschnittswerten verglichen in Tabelle 1 dargestellt.

Keines dieser Gläser hat sichtbare Schäden durch chemische Zersetzungsprozesse erlitten, obwohl einzelne Proben in ihrer Zusammensetzung stark vom Mittelwert abweichen (siehe Tabelle 2).

Craquelée

Eine Ausnahme sind die craquelierten Gläser. Gezielt wurden Proben aus insgesamt sieben Glasmalereien des 19. Jahrhunderts für die Bestimmung der chemischen Zusammensetzung ausgewählt, die durch eine Vielzahl von netzartig verlaufenden Sprüngen auffielen. Diese als Craquelée bekannte Erscheinung ist weitgehend auf eine spezielle Glassorte von bräunlich gelber Farbe beschränkt. Die Analysen ergaben sehr hohe Alkaligehalte ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) von stets über 22 Masse-% bei relativ geringem Kalkgehalt (CaO) von ca. 5 % (Tabelle 3).

Tabelle 1:
Glaszusammensetzungen in Masse-% (gerundete Mittelwerte)

Zeitraum	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Probenzahl
Mittelalter	50	-	20	20	3	3	2	~ 600
19. Jh. < 1860	72	14	2	9	0,5	1	-	7
1860 - 1890	71	14	1,5	10	0,5	1	-	30
> 1890	71	15	1	10	0,5	1	-	56
Flachglas, heute	71	14	1	9	4	1	-	

Tabelle 2:
Glaszusammensetzungen, Mittel- und Extremwerte (Masse-%)

Zeitraum		SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Probenzahl
19. Jh. < 1860	Ø	72,2	13,8	1,8	8,7	0,6	0,8	7
	Max.	74,8	17,5	7,8	11,2	3,1	1,3	
	Min.	70,1	10,4	-	6,4	-	-	
1860 - 1890	Ø	71,4	14,0	1,4	9,7	0,4	1,2	30
	Max.	75,8	17,4	10,5	13,4	1,8	3,3	
	Min.	63,9	7,3	-	4,8	-	-	
> 1890	Ø	71,2	14,8	0,7	9,8	0,4	0,9	56
	Max.	75,8	18,8	7,0	15,3	2,8	4,5	
	Min.	65,7	11,0	-	4,2	-	-	

Tabelle 3:

Glaszusammensetzungen craquelierter Gläser (Masse-%)

	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
Ø	69,4	15,8	8,5	5,1	0,1	0,7
Max.	73,0	23,0	22,0	6,2	0,8	1,3
Min.	65,5	4,5	-	4,6	-	-

Die Schäden haben ihre Ursache in einer Alkali-auslaugung an der Oberfläche, die zur Bildung von Rissen führt. Anders als bei den SiO₂-ärmeren mittelalterlichen Gläsern, bei denen die ebenfalls gebildeten Risse meist in der Gelschicht an der Glasoberfläche bleiben, pflanzen sie sich bei den craquelierten Gläsern ins Glas hinein fort und führen zu nicht reparablen Schäden.

Glasschäden durch Oberflächenbehandlung

Wenn weitere Schäden an Gläsern des 19. Jahrhunderts auftreten, so liegen die Ursachen immer in Oberflächenmodifizierungen, die eine Schwächung der chemischen Beständigkeit bewirken, zum Beispiel

- Aufrauung durch mechanischen Oberflächenabtrag (Sandstrahlen)
- Ätzen mit Säuren
- Aufbringen und Einbrennen eines farblosen, bleioxidreichen Flusses (z. B. Mousselin-Glas)
- Aufbringen und Einbrennen dünner Malerschichtlasuren zur Lichtdämpfung

In den beiden ersten Fällen wird die feuerpolierte und dadurch alkaliverarmte Oberflächenschicht abgetragen, die deutlich beständiger als das Kernglas ist; in den zwei weiteren Fällen wird die Beständigkeit durch die Verschmelzung mit einem hydrolysegefährdeten Fluss geschwächt.

Gebrauchliche Bezeichnungen („Glasarten“)

Eine Liste der „Begriffe für Glaserzeugnisse“ enthält die DIN 1259, Teil 2.

Einige der in Glaswerkstätten gebräuchlichen Bezeichnungen sind in der Norm erläutert:

Flachglas

Flachglas ist der Oberbegriff für alle ebenen und gebogenen Scheiben, farblos, aber auch farbig.

Tafelglas

Tafelglas (auch Fensterglas genannt) ist ein Al-

kali-Kalk-Glas, plan und durchsichtig. Es wird maschinell im Ziehverfahren hergestellt, ist gleichmäßig dick und seine beiderseits feuerblanken Oberflächen sind nahezu eben.

Antikglas

Antikglas zeigt die besonderen Merkmale alter Gläser, wie z. B. Blasen, Schlieren, Hobelung, rauhe Stellen, Schürfer, Kratzer. Nach der angewandten Fertigungstechnik sind „Mundgeblasenes Antikglas“ und „Maschinengefertigtes Antikglas“ zu unterscheiden, die spezifische Merkmale aufweisen (Echtantikglas, Gussantikglas).

Gussglas

Gussglas ist ein durchscheinendes, jedoch nicht durchsichtiges Glas, das durch ein Maschinenwalzverfahren mit oder ohne Ornamentierung auf der Oberfläche hergestellt wird.

Kathedralglas

Kathedralglas wird ein Gussglas bestimmter Dicken mit unregelmäßiger, klein oder grobgehämmerter Oberfläche genannt.

Kristallglas

Kristallglas oder Kristallspiegelglas sind aufwertende Benennungen für Spiegelglas, das aus gegossenem oder gewalztem Alkali-Kalk-Glas besteht und durch anschließendes Schleifen und Polieren eine sehr plane Oberfläche erhält.

Floatglas

Floatglas ist ein Spiegelglas, das durch Fließen der geschmolzenen Glasmasse auf einem Metallbad hergestellt wird.

Goetheglas

Goetheglas ist ein altes Fensterglas, ähnlich dem mundgeblasenen Antikglas. Es kann Strukturen und einzelne Blasen aufweisen.

Danziger Glas

Danziger Glas ist ein mundgeblasenes Glas mit geschlierter Oberfläche und striemenartigen Adern. Es kann handtellergroße Blasen (Ochsenaugen) aufweisen.

Überfangglas

Überfangglas besteht aus einem Grundglas (Trägerglas) und einem dünneren Überzug aus Farbglas.

Opakglas

Opakglas ist ein undurchsichtiges, höchstens schwach durchscheinendes Gussglas (Trübglass).

Tabelle 4:

Beispiele für Malfarbenrezepturen [2]

	Bezeichnung	Grundbestandteile	Färbungsprinzip	Anwendungstechnik
1	Emailfarben a) transparent	20-30 Teile Glasfluss (14-15 SiO ₂ , 40-60 PbO, 15-30 B ₂ O ₃) und 1 Teil Farboxid	Farbigkeit durch im Glasfluss ionogen gelöstes Farboxid	Farboxid wird bereits bei Herstellung des Glasflusses dem Rohstoffgemisch zugesetzt
	b) opake	20-30 Teile Glasfluss (wie a, dazu 10-15 SnO ₂ oder Sb ₂ O ₃ oder Kaolin als Trübungsmittel) und Teil Farboxid	Farbigkeit durch im getrühten Glasfluss umschlossenes, weitgehend ungelöstes Farboxid	farbloser, trüber Glasfluss wird gepulvert, mit Farboxid gemischt und aufgebrannt
2	Flach-, Deck- und Mattfarben	6-8 Teile Glasfluss (10-12 SiO ₂ , 60-70 PbO, 20-30 B ₂ O ₃) und 1 Teil Farboxid; Deckfarben nur 3-4 Teile Glasfluss; Mattfarben mit Trübungszusätzen (SnO ₂)	Farbigkeit durch im Glasfluss umschlossenes, ungelöstes und teilweise gelöstes Farboxid	wie 1b, insbesondere auch zur Bedeckung auf vorgelegten Emailfarbenschichten zur optischen Verdichtung

Rillenglas

Rillenglas besitzt durch seine gerillte Oberfläche eine besondere optische Wirkung.

Tonglas

Den Begriff „Tonglas“ gibt es laut DIN nicht. Gemeint ist damit einfach ein farbiges Flachglas mit glatter Oberfläche und ohne bewusst eingebrachte Strukturierungen.

Ferner sind einige Begriffe für Flachglaserzeugnisse im Gebrauch, die mit speziellen historischen Herstellungstechniken im Zusammenhang stehen:

Butze

Butze ist eine runde bis unrunde Glasscheibe kleinen Durchmessers, 60 - 150 mm, farbig oder farblos, mit einem Mittelteil (Nabel), der nicht immer zentrisch sitzt. Nach der Herstellung sind zu unterscheiden:

Echte Butze

Die echte mundgeblasene Butze wird aus einer geblasenen Kugel gearbeitet und besitzt einen äußeren gebördelten Wulstrand und einen echten Mittelteil, den Nabel.

Handgefertigte Butze

Handgefertigte Butze ist eine in Formen von Hand geschleuderte Butze mit glattem Rand und echtem Nabelansatz.

Gepresste Butze

Gepresste Butze ist eine der echten Butze nachempfundene Butze mit glattem Wulstrand und imitiertem kleinen Nabel.

Mondscheibe

Mondscheibe ist der aus einem flach zylindrischen Gefäß aus mundgeblasenem Glas ausgeschnittene Boden mit spiraliger Struktur. (Der Begriff Mondglas ist nicht DIN-gerecht.)

Weitere gebräuchliche Bezeichnungen wie Goldglas, Glassteindruck oder Mousselinglas sind nur Begriffe für durch Oberflächenmodifizierungen veränderte Gläser (siehe auch „Glaschäden durch Oberflächenbehandlung“).

Der Vollständigkeit halber soll erwähnt werden, dass in Glasmalereien gelegentlich auch Surrogate wie bemaltes Pergament, Seide, Leinwand und ölgetränktes Papier verwendet worden sind.

B) MALSCHICHTEN

Während die Gläser des 19. Jahrhunderts in der Beständigkeit denen früherer Epochen weit überlegen sind, haben Malschichten und Schwarzlote oft sogar schlechtere Verwitterungseigenschaften. Auch hier liegt die Ursache vor allem in der chemischen Zusammensetzung der Materialien.

Schmelzverbesserer

Die Malschichten müssen auf das Trägerglas aufgeschmolzen werden („Einbrennen der Farbe“), ohne dass die Scheibe deformiert wird, das heißt der Fluss – im allgemeinen ein Glas aus Bleioxid und Sand (siehe auch Tabelle 4) – muss bei relativ niedriger Temperatur flüssig sein. Im Vergleich zu den Sand/Pflan-

zenasche-Gläsern des Mittelalters sind die Sand/Soda/Kalk-Gläser des 19. Jahrhunderts etwas niedriger erweichend, so dass die Brenntemperaturen für die Malschichten weiter gesenkt werden mussten. Das geschah entweder durch eine Erhöhung des PbO/SiO_2 -Verhältnisses oder durch weitere Zusätze zum Fluss. Als „Schmelzverbesserer“ wurden Borsäure, Borax, Salpeter, Potasche oder Soda verwendet. Damit erhöht sich die Empfindlichkeit gegen den korrosiven Angriff durch wässrige Medien erheblich (s. Tabelle 4).

Analytisch ist die Charakterisierung einer Malschicht schwieriger als die eines Glases, da es sich stets um sehr inhomogenes Material handelt, so dass an mehreren Stellen gemessen und ein Mittelwert gebildet werden muss. Eine ungefähre Einschätzung der Beständigkeit ist dennoch aus dem PbO/SiO_2 -Verhältnis und der Anwesenheit von „Schmelzverbesserern“ möglich.

Beständigkeitstest

Die Malfarben und Schwarzlote des 19. Jahrhunderts sind oft stark von chemischen Umwandlungen betroffen (Abb. 1, 2). Bereits vor über 100 Jahren war die Gefahr erkannt worden. Es wurde vor zu hohen Boraxzusätzen gewarnt [1]. Dennoch enthalten auch heutige Malfarben mitunter recht hohe Anteile von Schmelzverbesserern.

Mit einem einfachen Test kann geprüft werden, welche Malfarben den Bewitterungsbelastungen an der Außenluft nicht über längere Zeit standhalten. Es sollten nur solche Malfarben Verwendung finden, die im eingebrannten Zustand eine Wasserlagerung von einigen Wochen ohne sichtbare Veränderungen (Auflösung, Salzbildung, Verfärbung) überstehen.

Historische Malschichten sollten unbedingt vor längeren Feuchteinwirkungen geschützt werden (Vermeidung von Kondensation; Schutzverglasung).

Literatur:

[1] Jaenicke, Friedrich: Handbuch der Glasmalerei, Stuttgart 1898, 2. Aufl.

[2] Müller, W.; Torge, M.; Kruschke, D.; Adam, K.: Sicherung, Konservierung und Restaurierung historischer Glasmalereien. Forschungsbericht 217, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Berlin, 1997, S. 77, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven

C) BLEIE

Schadensursachen

Elastische und plastische Verformungen der Bleinetze führen über längere Zeit stets zu Ermüdungsbrüchen. Man findet sie deshalb – allerdings in sehr unterschiedlicher Häufigkeit – in fast jedem historischen Glasmalereifeld. Ein typisches Schadensbild sind Brüche in und unmittelbar hinter den Lötstellen (Titelabb.). Von den möglichen Ursachen, der elektrochemischen Korrosion oder einer mechanischen Belastungsspitze, kommt letzterer die größere Wahrscheinlichkeit zu, da an den Bruchstellen nahe der Lötstelle keine stärkeren Korrosionsanzeichen gefunden werden als auf den übrigen Bleioberflächen.

Die mechanische Festigkeit der Bleie ist stark vom Kristallgefüge abhängig, das wiederum in erster Linie von den Fremdmittelgehalten bestimmt wird, ferner aber auch von der Formgebung (Gießen, Ziehen) und von Rekristallisationsvorgängen im Anschluss an diese Prozesse.

Seit Jahrhunderten ist man in der Lage, sehr reines Blei herzustellen, das allerdings aufgrund seines grobkörnigen Kristallgefüges nur eine geringe Festigkeit besitzt. Um sie zu erhöhen werden deshalb andere Metalle zulegiert (Zinn, Antimon). Durch die Ausscheidung einer Fremdphase (Titelseite, eingeklinkte Abb.) wird das Gefüge feinkörniger ausgebildet. Bei geeigneter konstruktiver Anordnung der Fenster werden übermäßige Biegebelastungen vermieden. So kann das Bleinetz dauerhaft ohne Schäden bestehen. Eine durchgängige Verzinnung der gesamten sichtbaren Bleioberfläche gibt zusätzliche Stabilität und sollte deshalb bei Neuverbleiungen immer erfolgen.

Titelabbildung:

Brüche in einem Bleinetz des 19. Jahrhunderts; eingeklinktes Bild: geätzter Anschliff eines historischen Bleies mit Zinnausscheidungen in der Kornstruktur, 200-fache Vergrößerung

Fotos: BAM, Berlin

HINWEISE ZUR SANIERUNG HISTORISCHER FARBVERGLASUNGEN

Faltblatt 4

Die Glasmalereien des 19. Jahrhunderts Charakteristika der verwendeten Materialien

Teil des Förderprojektes der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (Az 10657)
„Entwicklung und Anwendung modellhafter Methoden zum Schutz national wertvoller Glasmalereien
in Sachsen und Polen – vornehmlich aus dem 19. Jahrhundert – vor negativen Umwelteinflüssen.
Schaffung von themenbezogenen Informationsquellen für Eigentümer, Architekten, Denkmalpfleger
sowie Restauratoren und für mittelständische Handwerksbetriebe aus dem Glas- und Metallbereich“

Herausgegeben von der Arbeitsstelle für Glasmalereiforschung des CVMA, Potsdam, an der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, in Zusammenarbeit mit dem Laboratorium IV.21 an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

In gleicher Reihe erschienen:

Faltblatt 1

Die isothermische Schutzverglasung – ein wirksames Mittel zur Verhinderung von Umweltschäden

Faltblatt 2

Halterungssysteme für Schutzverglasungen

Faltblatt 3

Ausschreibung

Das differenzierte Leistungsverzeichnis – Voraussetzung für denkmalpflegegerechte Maßnahmen

Faltblatt 5

Lagerungsbedingungen

Anschriften:

Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften
Arbeitsstelle für Glasmalereiforschung des CVMA
Am Neuen Markt 8, 14467 Potsdam
Tel.: 0331 27 96 - 110/114
Fax: 0331 27 96 - 130
e-mail: konrad@bbaw.de

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Laboratorium IV.21
Richard-Willstätter-Strasse 11, 12489 Berlin
Tel.: 030 63 92 - 59 60
Fax: 030 63 92 - 59 73
e-mail: wolfgang.mueller@bam.de

Text: Wolfgang Müller
Gestaltung: Dietrich Otte, Berlin
Druck: Druckhaus Köthen 2000