

Lokaler Klimaschutz am Tafelbild

Von Walfried Brandt, Stuttgart

Unser Wissen über die Möglichkeiten, Kunstgut gegenüber Klimaeinflüssen zu schützen, hat sich in den letzten Jahren erheblich erweitert. Aus diesem umfangreichen Problembereich sollen hier jene Maßnahmen herausgegriffen werden, welche einem Kunstwerk einen lokalen Klimaschutz verschaffen können, der von einer Großraumklimatisierung weitgehend unabhängig sein kann. Natürlich ist letztere in Form einer Klimaanlage mit Feuchtigkeits- und Wärmekontrolle sowie Luftreinigung die ideale Methode, um die Bewegung des Materials bei Gemälden und Skulpturen zu beherrschen. In vielen Fällen jedoch ist eine Großraumklimatisierung nicht möglich. Nicht selten steht der Restaurator beispielsweise in Kirchen vor dem Problem der Erzielung eines günstigen Klimas, was paradoxerweise gerade durch die moderne Technik schwierig geworden zu sein scheint. Das Übel liegt in der mittels moderner Heizungsanlagen erreichten hohen Raumtemperatur und entsprechenden Lufttrockenheit. In früheren Zeiten herrschte in Kirchen das bekannte und geschätzte gleichmäßige Klima. Merkliche Schwankungen von Temperatur und Feuchtigkeit konnten eigentlich nur beim Übergang von der warmen zur kalten Jahreszeit oder umgekehrt festgestellt werden. Dieser Wechsel ging allmählich vor sich und erstreckte sich über mehrere Wochen. Die heute je nach Bedarf in verschiedenen Zeitabständen meist nur wenige Tage geheizten Kirchenräume bringen das Kunstgut in Gefahr. Wie die praktischen Erfahrungen zeigen und Untersuchungen bestätigen, sind neben der Temperatur und Luftfeuchtigkeit die zeitlichen Abstände, in denen sich Klimaschwankungen ergeben, von großer Bedeutung. Richard D. Buck¹ berichtet, daß man im nördlichen Drittel der Vereinigten Staaten bei ca. 120 Sommertagen mit feuchter Atmosphäre von etwa 65 % relativer Feuchtigkeit in der kalten Heizsaison (180 Trockentage) in nicht klimatisierten Räumen mit durchschnittlich 25 % relativer Luftfeuchtigkeit rechnet. Das bedeutet: Ein Gemälde mit einer ursprünglichen Breite von 1 m kann um 1 cm schmaler oder breiter werden. Stellen wir uns die hier am Beispiel eines jahreszeitlichen Zyklus verdeutlichten Vorgänge einmal vor, übertragen auf die bei uns in kürzeren Zeiträumen möglichen Klimaschwankungen, wie sie bei unregelmäßig geheizten und schlecht klimatisierten Kirchen möglich sein können. Die Wirkung wäre katastrophal: Kein Bild behielte seine Grundierung und Malschicht, keine Skulptur hätte mehr eine Fassung. In diesem Zusammenhang ist auch an die enormen klimatischen Gegensätze zu denken, die infolge des immer gebräuchlicher werdenden Lufttransportes auf Kunstgegenstände in wenigen Stunden einwirken können. So wurden im Monat Juli in London 88 % relative Feuchtigkeit, in Rom hingegen 52 % gemessen, ein Kontrast, der bei der Beförderung mit dem Flugzeug in wenigen Stunden zustande kommen kann. Ein Beispiel aus dem europäischen Winter gibt ein Vergleich von Stockholm und Wien, wo beim Transport ein Kunstgegenstand immerhin eine relative Feuchtigkeitsdifferenz von 11 % auszuhalten hat.

Wenn also die Klimatisierung eines ganzen Raumes nicht möglich ist, kommt man zwangsläufig auf die Lösung, dem Kunstwerk einen unmittelbaren Schutz gegen Klimaschwankungen zu verschaffen. Es gibt die Möglichkeit, einem Gemälde einen Mantel in Form eines Überzuges mit feuchtigkeitsabstoßenden Substanzen umzulegen oder es in einem schützenden durchsichtigen Kasten unterzubringen. Im folgenden soll von diesen lokalen Klimatisierungsmöglichkeiten und ihren Wirkungen die Rede sein.

Feuchtigkeitsbarrieren mit Filmcharakter

Mehrere Methoden können angewendet werden, um die Bewegung des Holzes zu vermindern und die Verwerfung, Schrumpfung und das Reißen auf ein Mindestmaß zu bringen. Daß die Bemalung eines Bildes auf der Vorderseite ohne weiteres als Barriere gegen Feuchtigkeitsaustausch wirkt, ist in der vorstehenden Arbeit von R. E. Straub dargelegt. Um einen entsprechenden Schutz von der Rückseite zu erreichen, wird man sich logischerweise eines Anstrichs mit Stoffen bedienen, deren Isolierwirkung bekannt ist. Dieser Durchlässigkeitswert sollte niedrig sein und dem der bemalten Seite möglichst gleichkommen. Keinesfalls darf die Barriere auf der Rückseite eine völlige Versiegelung bewirken, damit der Feuchtigkeitsaustausch sich nicht ausschließlich durch die Malschicht vollzieht. Wir können uns in diesem Zusammenhang auf Versuche stützen, die Christian Wolters² mit einigen Feuchtigkeitsbarrieren durchgeführt hat. Das Prüfverfahren besteht darin, daß Klötzchen von Fichten- und Eichenholz mit den in der Tabelle angegebenen Materialien überzogen werden. Die Holzstücke werden vor dem Anstrich und zehn Tage danach gewogen, also wenn sich das Verdünnungsmittel des Anstrichs verflüchtigt hat und lediglich der als Barriere fungierende Stoff zurückbleibt. Diese Präparation geschieht bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 38 %. Eine Überführung der Versuchshölzer in die Atmosphäre von 87 % relativer Luftfeuchtigkeit bei 22° C für zwei Tage läßt aufgrund der eintretenden Gewichtszunahme auf die Wirksamkeit des Anstrichs als Feuchtigkeitsbarriere schließen. Je kleiner die prozentuale Gewichtszunahme des Holzes ist, desto größer ist die Wirksamkeit des entsprechenden Anstrichs als Feuchtigkeitsbarriere oder umgekehrt.

Wie die Tabelle (Abb. 1) zeigt, fand Wolters auf diese Weise, daß Bienenwachs, mit Infrarotlampen oder mit dem Bügel-eisen in die Holzoberfläche eingeschmolzen, Fußbodenversiegelungslack nach sechsmaligem Anstrich, 0,08 mm starke PVC-Folie und wiederholte Versiegelung mit konzentrierter Schellacklösung die wirksamsten Feuchtigkeitsbarrieren bilden. Wird die Oberfläche des mit Bienenwachs bearbeiteten Holzes mit Testbenzin abgewaschen, so vermindert sich die Bremswirkung um das Fünf- bis Sechsfache. Auch eine auf das Holz aufgetragene 33prozentige Bienenwachslösung in Testbenzin zeigt nur etwa ein Drittel der Wirksamkeit von heiß eingelas-

Abb. 1 (Tabelle)

Als Feuchtigkeitsbarriere verwendetes Material	Gewicht des Anstrichs nach 10 Tagen; 38% rel. Luft- feuchtigkeit mg / cm ²		Prozentuale Ge- wichtszunahme nach zwei Tagen Aufenthalt in Feuchtigkeits- kammer bei 87% rel. Luftfeuch- tigkeit, 22° C	
	Fichte	Eiche	Fichte	Eiche
Bienenwachs mit Infrarotlampen eingelassen; Oberfläche mit Test- benzin abgewaschen	4,1	4,5	0,5	0,5
Bienenwachs mit Infrarotlampen eingelassen; Oberfläche nicht abge- waschen	6,0	8,5	0,1	0,1
Bienenwachs eingebügelt; Ober- fläche mit Testbenzin abgewaschen	4,5	5,3	0,6	0,4
Bienenwachs eingebügelt; Ober- fläche nicht abgewaschen	6,5	7,7	0,09	0,07
33prozentige Lösung von Bienen- wachs in Testbenzin	0,1	0,1	0,3	0,4
33prozentige Lösung von Dammar in Testbenzin	0,7	0,7	0,9	0,8
Fußbodenversiegelungslack der Firma Flamuco;				
a) 2 Anstriche	2,7	2,8	0,3	0,3
b) 4 Anstriche	9,4	9,4	0,2	0,2
c) 6 Anstriche	15,1	13,8	0,1	0,1
Selbstklebende PVC-Folie 0,08 mm Imprägnierung mit Schellacklösung	14,1	14,1	0,1	0,1
Imprägnierung mit Schellacklösung; Oberfläche mit konzentrierter Schellacklösung versiegelt	13,0	9,3	0,1	0,2
Imprägnierung mit Schellacklösung; 3 Wochen mit UV-Licht bestrahlt	7,0	7,0	5,5	3,8
Imprägnierung mit Schellacklösung; Oberfläche mit konzentrierter Schellacklösung versiegelt, 3 Wo- chen mit UV-Licht bestrahlt	11,5	11,3	1,26	0,9
Leinölfirnis mit Sikkativ	6,1	5,5	1,1	1,1
Leinölfirnis mit Sikkativ und Men- nige	29,9	31,0	0,6	0,6
Leinölfirnis mit Sikkativ und Eisen- oxidrot	12,6	10,9	0,8	0,9
Ohne Anstrich			6,1	4,4

nach C. Wolters

senem Bienenwachs und entspricht ungefähr einem zweimaligen Anstrich mit Fußbodenversiegelungslack. Überzüge von unpigmentiertem Leinölfirnis, Leinölfirnis mit Mennige, Leinölfirnis mit Eisenoxidrot sowie einer 33prozentigen Lösung von Dammar in Testbenzin lassen in derselben Zeit sechs- bis elfmal mehr Feuchtigkeit diffundieren als heiß eingelassenes Bienenwachs. Wachs, Schellack, Fußbodenversiegelungslack und PVC-Folie als wirksamste Barrieren vermindern den Feuchtigkeitsaustausch gegenüber unbehandeltem Holz unter den gegebenen Versuchsbedingungen, also innerhalb der ersten beiden Tage, um 97 bis 98%.

Man muß sich jedoch immer darüber im klaren sein, daß die Gefahr besteht, des Guten zuviel zu tun durch Verwendung stark abdichtenden Materials. Metallfolien oder Anstriche mit Aluminiumfarbe hemmen den Austausch auf der Rückseite derart, daß die Feuchtigkeitspassage sich ausschließlich durch die Malschicht vollzieht. Kondenswasserbildung in der Grundierung, chemische Zersetzung von Bildträger und Farbe sowie Bakterien- und Pilzwucherungen wären die Folge.

Es gibt demnach eine ganze Auswahl von Materialien, durch die man den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die verschiedenen Holzarten hemmen kann. Keinesfalls darf man sich jedoch vorstellen, daß Überzüge einen absoluten Schutz gegen Schrumpfung oder Quellung der als Bildträger verwendeten Hölzer darstellen. Entscheidend für die Brauchbarkeit ist der Zeitfaktor, indem eine deutliche Verzögerung der Geschwindigkeit des Feuchtigkeitseintritts oder -austritts am Holz bewirkt wird. In diesem Sinne können Anstriche von geringer Feuchtigkeitsdurchlässigkeit Feuchtigkeitsbarrieren genannt werden.

Die Faktoren, welche die Geschwindigkeit des Feuchtigkeitsüberganges zwischen Luft und Holz beeinflussen können, hat Buck¹ wie folgt zusammengefaßt:

1. die *innere Struktur* des Holzes, d. h. die Zellwanddicke und der Zellhohlraum.
2. das *Verhältnis der Oberfläche zum Volumen des Holzes*. So reagieren dünne Tafeln schneller als dicke, womit nicht gesagt ist, daß dünne Tafeln sich *mehr* verwerfen als dickere.
3. die *Temperatur*. Je höher die Temperatur ist, um so schneller geht der Feuchtigkeitsaustausch mit der Umgebung vor sich.

4. die Größe der *Feuchtigkeitschwankungen* in der die Tafel umgebenden Luft. Je größer die Änderung der relativen Luftfeuchtigkeit, desto schneller ist die Geschwindigkeit des Feuchtigkeitsüberganges.

5. ist die *Feuchtigkeitsbarriere* ein wichtiger Faktor, um die Geschwindigkeit des Feuchtigkeitsüberganges zwischen Luft und Holz zu beeinflussen. Dabei ist die Natur des Anstrichs oder Überzugsmaterials, die Art des Auftrages und die Schichtdicke von Wichtigkeit.

Wahrscheinlich dringen weder Flüssigkeiten noch heiße Wachse mehr als wenige Millimeter in das Holz ein. Die meisten feuchtigkeitschützenden Materialien sind hydrophob und netzen die Oberfläche der Zellulosekristalle nicht überall gleichmäßig. Daher kann eine Imprägnierung das Eindringen von Wassermolekülen in die Zwischenräume der Kristalle nicht verhindern. Dazu kommt noch, daß eine glatte Holzoberfläche einen Anstrich geschlossener aufnimmt als eine rauhere, beispielsweise gesägte Tafel, die auch bedeutend mehr Überzugsmaterial erfordert. Eine solche rauhe Oberfläche besitzt eine dickere Feuchtigkeitsbarriere. Die großen Gefäße von Hölzern, wie Eiche, Esche, Kastanie, lassen sich durch eine einzige Schicht nicht überbrücken. Hier sind mehrere Deckschichten erforderlich, selbst wenn die Oberfläche glatt gehobelt ist. Eine Zugabe von Pigment zum Überzug kann benutzt werden, um die kleinen Poren besser zu füllen.

Da die Eigentümlichkeiten der Objekte ausschlaggebend sind für die Wahl der Behandlungsmethoden, können allgemeine Anwendungsverfahren eigentlich nicht empfohlen werden. Es gibt Leute, welche einer Umhüllung eines Holztafelgemäldes mit Feuchtigkeitsbarrieren mißtrauen. Sie behaupten, daß das Holz atmen müsse oder daß die Hülle die Trockenfäule anrege. Offenbar wird aber keine dieser Bemerkungen durch den objektiven Augenschein gestützt. Es wurde z. B. die Befürchtung geäußert, daß eine sehr wirksame Feuchtigkeitsbarriere auf der Rückseite eines Tafelgemäldes mit der Zeit zu einer konkaven Verwerfung auf der bemalten Seite führen könnte. Eine dauernde Verwerfung entwickelt sich in der Tat als Ergebnis eines stark variierenden Feuchtigkeitsgehaltes auf der Vorder- und Rückseite eines Gemäldes. Wenn sowohl die Vorder- wie die Rückseite und die Ränder eines Gemäldes einen Überzug haben, dann ist der Betrag der Feuchtigkeitsaufnahme vermindert und es dauert länger, bis die Feuchtigkeit durch das ganze Holzvolumen diffundiert ist. Es kommt somit zu einem allmählichen Ausgleich des Feuchtigkeitsgehaltes innerhalb der gesamten Holzmasse, und die Tendenz der Verformung wird auf ein Minimum reduziert. Erfahrungsgemäß kommen trotz mäßiger Ungleichheiten in der Wirksamkeit der Barrieren, einerseits der Bemalung, andererseits des Schutzanstrichs, keine wesentlichen Verwerfungen zustande.

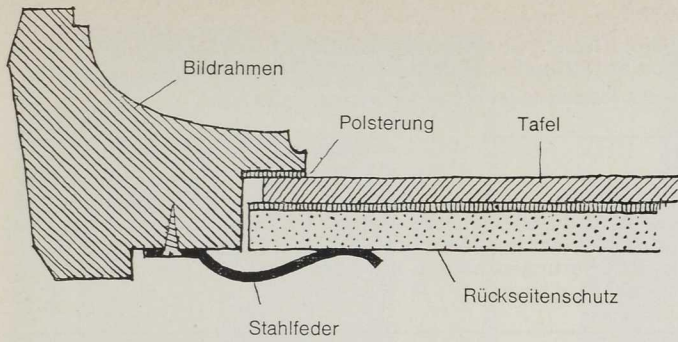
Über die *Halbbarkeit* der Feuchtigkeitsbarrieren wäre zu sagen, daß bestimmte Wachse die Neigung haben, besonders bei Kälte, mit der Zeit zu kristallisieren. Sie können eine Mikroporosität entwickeln, welche ihre Wirksamkeit als Barriere vermindert. Polieren und Neubeschichten in gewissen Zeitabständen kann erforderlich sein, um die Funktion aufrechtzuerhalten. Eine ähnliche Verschlechterung ist zu erwarten bei der Beschichtung mit amorphen Stoffen, welche beim Altern feine Risse bilden.

Die Anwendung von Wärme bei der Bekleidung von Holztafelbildern kann problematisch sein. Jedes Material, welches eine Anwendung in Form einer warmen Schmelze erfordert, hat die Neigung, das Holz auszutrocknen und eine zeitweilige Schrumpfung zu verursachen. Aus diesem Grunde sollte die Einwirkung von Wärme beschränkt werden. Längeres Behandeln mittels Heitzisch oder Infrarotlampe ist zu vermeiden.

Schließlich muß man vor einem zu blinden Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der Feuchtigkeitsbarrieren als Stabilisierungsmittel warnen. Selbst bei richtiger Anwendung geeigneter Werkstoffe findet man noch eine hohe prozentuale Dimensionsveränderung. Die Hauptaufgabe von Feuchtigkeitsbarrieren liegt darin, daß sie plötzliche und kurzzeitige Klimaschwankungen ausgleichen und das Bild vor den Folgen rascher Veränderungen der relativen Luftfeuchtigkeit und Wärme schützen sollen. Langsame, etwa durch Jahreszeiten und Heizperioden bedingte Klimaschwankungen können Feuchtigkeitsbarrieren dagegen nicht ausgleichen.

Hinterlegen mit hygroskopischen Platten

Ein Hinterlegen dünner Holztafelbilder mit einer Faser- oder Sperrholzplatte wirkt sich im gleichen Sinne, wenn auch vielleicht nicht in gleicher Stärke aus, wie die eben erwähnte Beschichtung. Abb. 2 zeigt, wie die Schutzplatte mit Hilfe einer Stahlfeder elastisch gegen die Bildtafel gedrückt wird. Auf diese Weise entsteht zusammen mit dem Bilderrahmen eine Art Box, die der Tafel gegen Klimaschwankungen einen gewissen



Schutz gewährt³. Diese recht simple Schutzvorrichtung kommt in der Praxis eigentlich nur für kleinere Bildformate in Frage. Bei größeren Tafeln wirkt sich das Gewicht nachteilig aus. Das gleiche mechanische Prinzip der Schutzplatte läßt sich auch bei Gemälden auf Leinwand anwenden. Leinwand ist den Einflüssen von Klimaschwankungen ebenso unterworfen wie ein Holzbildträger, wenn auch dieser Einfluß sich in anderer Form manifestiert. Deshalb hat man im Beispiel Abb. 3 am Keilrahmen eines Leinwandbildes eine Platte befestigt. Im Gegensatz zu Abb. 2 befindet sich hier zwischen Platte und Bildträger ein Luftraum. Um zwischen diesem und der äußeren Luft einen Austausch zu gewährleisten, wurden kreisförmige Öffnungen angebracht. Durch diese Maßnahme ist der Luftaustausch zwischen Bildrückseite und Umgebung zwar ermöglicht, gleichzeitig jedoch dergestalt verzögert, daß plötzliche Klimaschwankungen das Gewebe nicht treffen können.

Am vorliegenden Beispiel wird deutlich, wie es darauf ankommt, den Zeitfaktor der das Kunstwerk treffenden Klimaschwankungen zu beeinflussen. Auch in der Museumspraxis kam man mit dieser Methode zu guten Ergebnissen. Nachdem z. B. in der Galerie von Göteborg alle Leinwandbilder auf der Rückseite mittels Platten geschützt waren, hörte das bis dahin durch Klimaschwankungen bedingte Spannen und Schlassen der Gewebe praktisch auf.

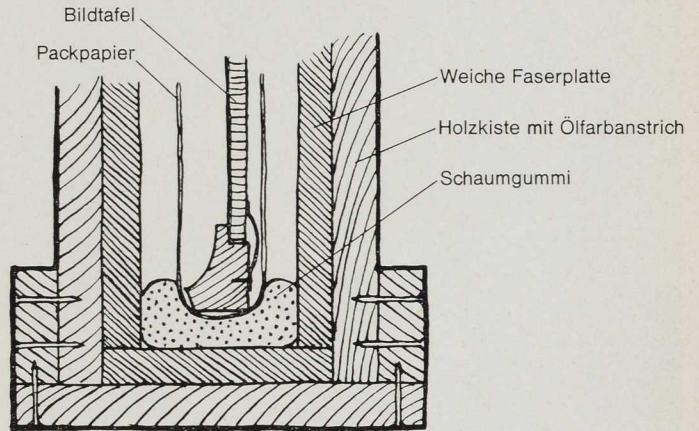
Klimaschutz beim Transport

Das Problem der Klimatisierung mit hygroskopischen Stoffen spielt eine große Rolle, wenn es darum geht, Kunstwerke über große Entfernungen zu transportieren. Grundsätzlich hat man, wie eingangs schon erwähnt, auf dem Versandwege mit erheblichen Änderungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu rechnen. Besonders krasse Gegensätze sind selbstverständlich zu erwarten, wenn der Transport in eine andere Klimazone geht. Die Veränderung der relativen Luftfeuchtigkeit innerhalb der Verpackung, die durch einen Temperaturwechsel her-

Die hinterlegte Platte schützt das Holzgemälde vor Klimaschwankungen und mechanischen Beschädigungen.

rechts Abb. 4

Transportkiste für Gemälde mit hygroskopischen Stoffen, die die Feuchtigkeitsschwankungen im Innern ausgleichen (nach Stolow).



vorgerufen wird, ist außerordentlich hoch. Wenn z. B. in einer Bilderkiste eingeschlossene Luft bei 18° C eine relative Luftfeuchtigkeit von 60% aufweist, so sinkt beim Passieren einer Zone von 30° C die relative Feuchtigkeit innerhalb des Behälters auf 30%. Wenn dagegen die gleiche Bilderkiste in eine kalte Region mit einer Temperatur von 0° C kommt, überschreitet die eingeschlossene Luft ihren Sättigungspunkt ganz erheblich. Der Überschuß muß sich dann als Kondenswasser im Innern des Behälters niederschlagen. Es gibt daher kaum eine verkehrtere Maßnahme, als Bildtafeln in Materialien, wie Zinkblech, Polyäthylenfolie, Wachs- oder Ölpapier, luft- und wasserdicht für den Transport zu versiegeln, ohne daß Stoffe mit eingeschlossen werden, die für einen Feuchtigkeitsausgleich sorgen⁴. Die von Stolow⁵ entwickelte Verpackungsmethode hat sich beim Versand von Tafelbildern von Ottawa nach Winnipeg (Entfernung etwa 3000 km) trotz der Temperaturschwankungen des kanadischen Winters von -3° C bis -30° C als bemerkenswert sicher erwiesen. Die relative Luftfeuchtigkeit innerhalb der Versandkisten, die man für Transportexperimente baute, blieb während der ganzen Reise praktisch unverändert.

Abb. 4 zeigt einen solchen Transportbehälter im Schnitt. Die hölzernen Bilderkisten waren außen mit einem Ölfarbanstrich versehen und innen mit einer weichen hygroskopischen Faserplatte ausgeschlagen, während die Bilder selbst in Packpapier eingehüllt und mit Schaumgummipolstern gesichert wurden. Vor der Verpackung hatte man alle Teile bei einer Temperatur von 21° C und einer relativen Feuchtigkeit von 48% klimatisiert. Die Faserplatten bilden eine wärmeisolierende, hygroskopische Hülle um das Gemälde, die durch ihre klimatische Pufferwirkung einen Feuchtigkeitsausgleich innerhalb des Behälters bewirkt. Das Packpapier dient durch seine hygroskopische Eigenschaft als zusätzlicher Feuchtigkeitspuffer und daneben als Schutz gegen mechanische Einflüsse.

Klimatisierte Vitrinen

Es bleibt schließlich noch die Erörterung von stationären Einrichtungen, die dem Schutz besonders empfindlicher Gemälde oder Skulpturen dienen, wie sie hauptsächlich für Museen in Betracht kommen. Solche sogenannten Klimavitrinen oder Klimakästen sind mehrfach gebaut worden.

Um einen der frühesten Versuche handelt es sich bei der Klimavitrine⁶ (Abb. 5), die man an der Nationalgalerie von Schottland in Edinburgh ausführte. Das beidseitig bemalte und

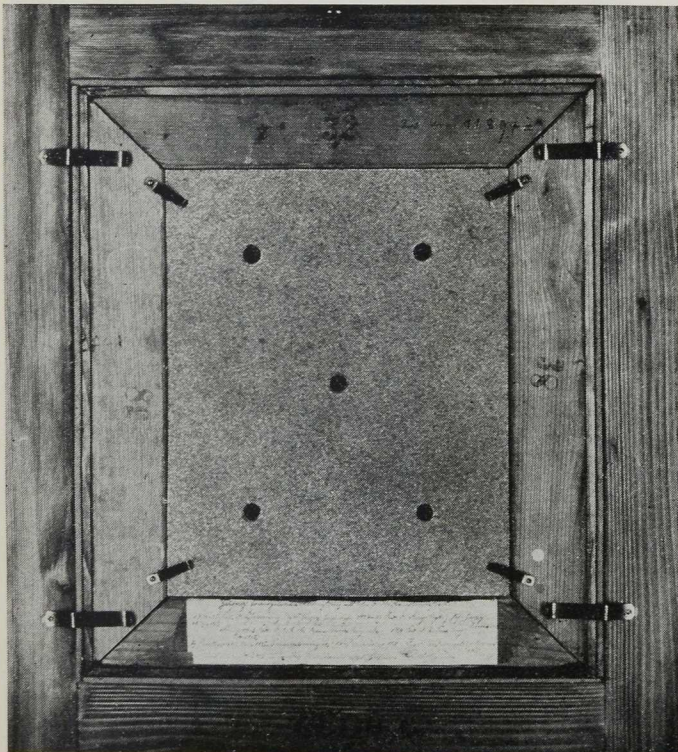


Abb. 3

Befestigung einer Schutzplatte auf dem Keilrahmen eines Leinwandbildes, um sowohl die kurzzeitigen klimatischen Einflüsse als auch mechanische Beschädigungen abzuhalten.

Aufn. Institut für Technologie der Malerei, Stuttgart

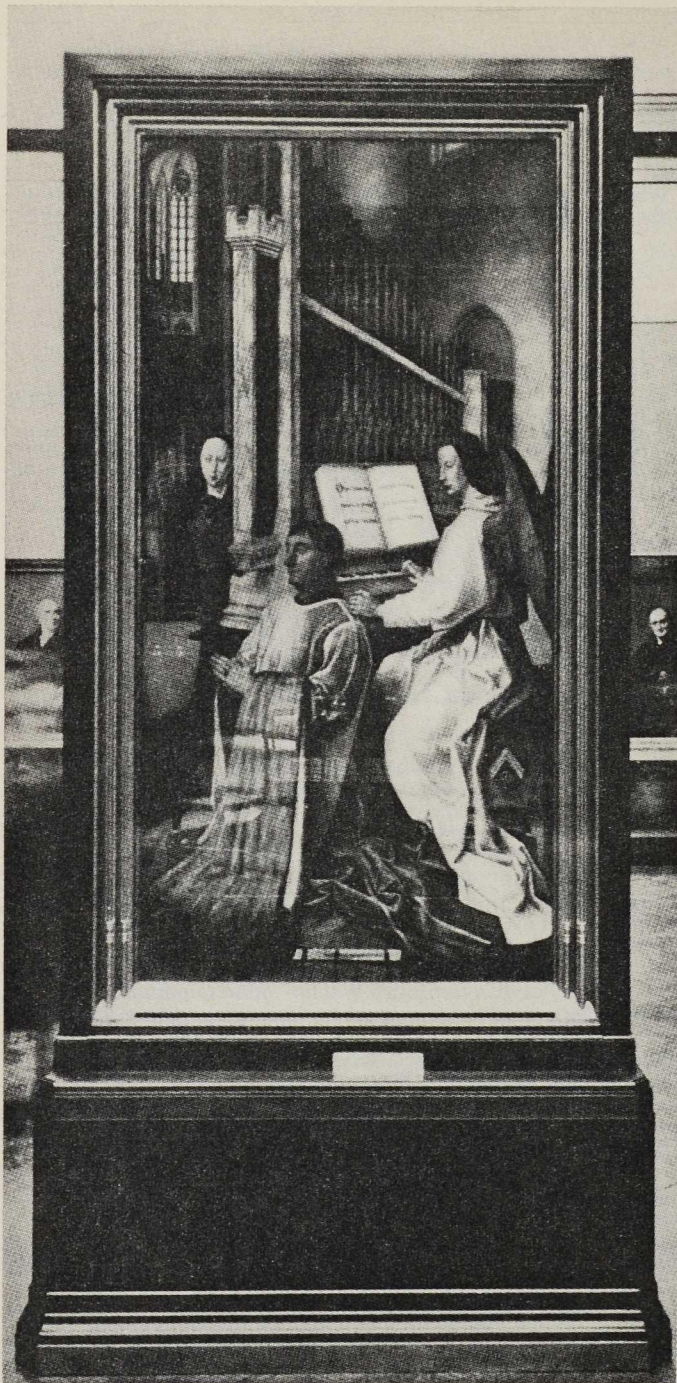


Abb. 5

Klimatisierte Gemäldevitrine in der Nationalgalerie von Schottland in Edinburgh.

Aufn. Nationalgalerie von Schottland, Edinburgh

langen Schlitz am unteren Rahmenschenkel an der Vorder- und Rückseite des Bildes empor und kann am oberen Rahmenschenkel durch mehrere kleine Öffnungen heraustreten. Auf der Oberseite des Klimakastens ist ein Glasfenster, durch das man Ablesungen an den im Innern befindlichen Hygrometern vornehmen kann.

Abb. 6 (Tabelle)

Paarweise Hydratkombinationen	Relative Luftfeuchtigkeit in %		
	bei 10° C	bei 15° C	bei 21° C
Zinksulfate: Zn SO ₄ + 6 H ₂ O (Hexahydrat) und Zn SO ₄ + 5 H ₂ O (Pentahydrat) . . .	47	52	57
Zinksulfate: Zn SO ₄ + 7 H ₂ O (Heptahydrat) und Zn SO ₄ + 6 H ₂ O (Hexahydrat) . . .	49	55	61

nach S. Cursiter

Im vorliegenden Falle wurde die zirkulierende Luft durch Kristallsalzkombinationen unter Kontrolle gebracht (Abb. 6). Die zur Feuchtigkeitsregulierung ausgewählten Salze sind das Heptahydrat und das Hexahydrat des Zinksulfats, wie aus dem unteren Teil der Tabelle zu ersehen ist. Wenn die in den Sockel eintretende Luft zu trocken ist, dissoziiert ein Teil des Heptahydrats, gibt Feuchtigkeit ab und bildet Hexahydrat. Wenn umgekehrt die Feuchtigkeit zu hoch ist, nimmt ein Teil des Hexahydrats Wasser aus der Luft auf und bildet Heptahydrat. Die Salze sind bei einer Atmosphäre von 55 % relativer Feuchtigkeit und 15° C im Gleichgewicht. Die notwendige Kontrolle wird mit einer verhältnismäßig geringen Menge dieser Salze erreicht, wenn die Größe der Änderung der Luftfaktoren sich in Grenzen hält. Die Behälter, in denen die Salze gelagert werden, sind übereinander im Sockel untergebracht (Abb. 7),

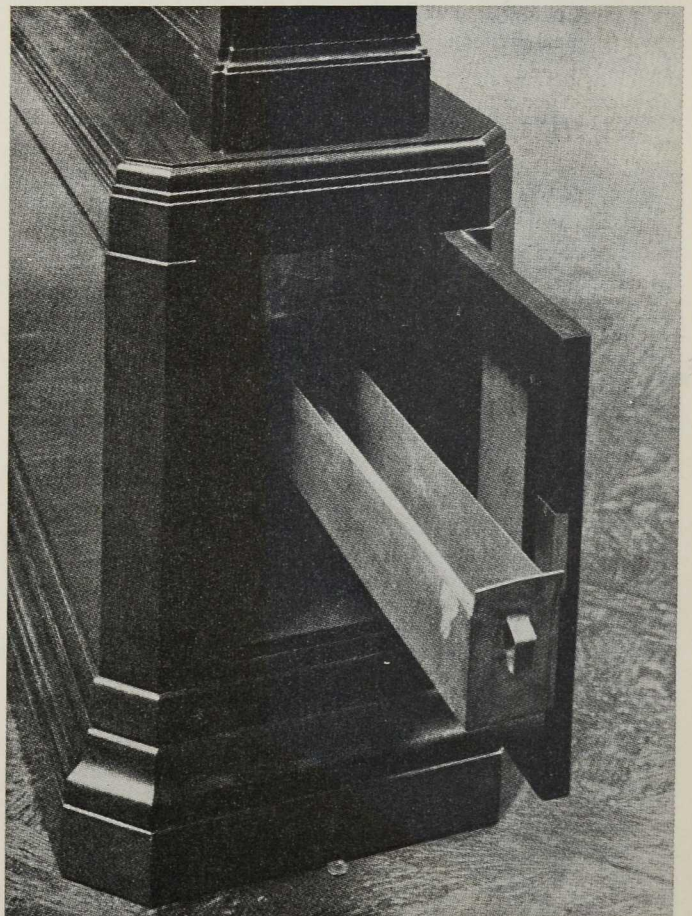
sehr gefährdete Holztafelbild hatte man zunächst zwölf Monate lang einer genauen Klimabeobachtung unterzogen. Die Schwankungen im Museum lagen zwischen 35 und 90 % relativer Luftfeuchtigkeit. Zu großer Sorge Anlaß gab die während der Messung beobachtete Blasenbildung in der Grundierung und ein sich öffnender und schließender Riß im Holz. Bei einer Reihe von Messungen stellte sich heraus, daß die Feuchtigkeitsschwankungen innerhalb eines geschlossenen oder teilweise geschlossenen Kastens beträchtlich geringer waren als in den umgebenden Galerieräumen. Mindestens war eine zeitliche Verzögerung der Schwankungen zu verzeichnen. Besonders wirkungsvoll und günstig wurden die Ergebnisse, wenn im Innern des Klimakastens reichlich absorbierende, hygroskopische Materialien, wie ungefirnistes Holz und Textilien, untergebracht waren.

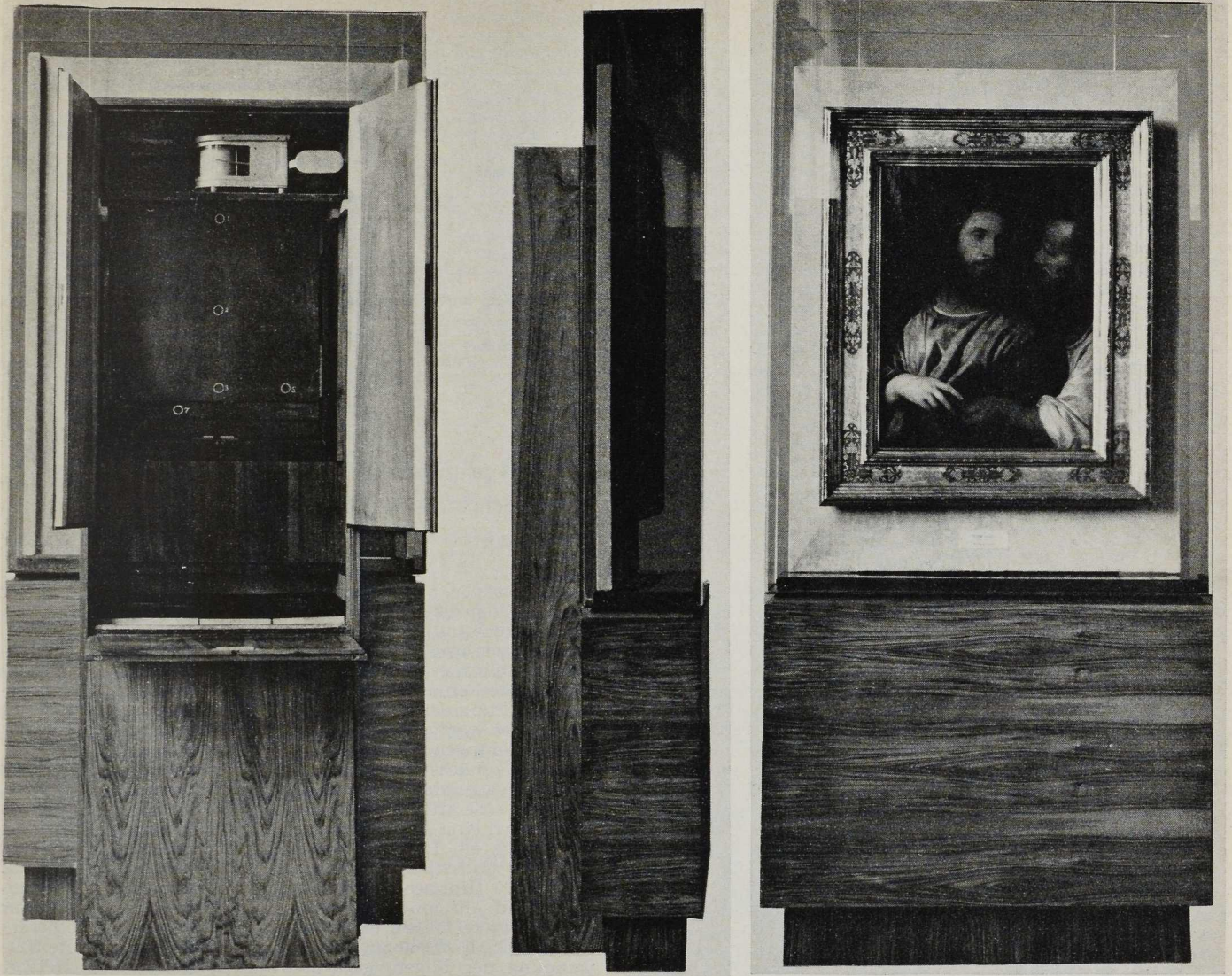
Der Rahmen ist auf einem Sockel befestigt (Abb. 5). Das Bild liegt unter Glas. Am Sockel sind seitlich Öffnungen, durch die die Luft eindringen kann. Sie zirkuliert durch einen schmalen,

Abb. 7

Die übereinanderliegenden Behälter für die Unterbringung der Hydratkombination im Sockel der Edinburgher Klimavitrine.

Aufn. Nationalgalerie von Schottland, Edinburgh





links Abb. 8. Die geöffnete Rückseite der Klimavitrine des „Zinsgroschen“. Mitte. Seitenansicht der Vitrine.

Im Sockel befinden sich die Schalen mit der Natriumchloridlösung. Ein Hygrograph im oberen Teil der Vitrine zeigt die relative Luftfeuchtigkeit an.

rechts Abb. 9 Tizians „Zinsgroschen“ der Dresdner Galerie in der luftdichten klimatisierten Vitrine.

Aufn. Klischees Calwey-Verlag, München

so daß die Feuchtigkeit der eintretenden Luft hier direkt reguliert wird.

Zu der wesentlichen Frage der Luftzirkulation hat Tim Padfield^{7,8} anlässlich der IIC-Konferenz in London 1967 genaue Angaben gemacht. Nach seinen Untersuchungen sollte sich die gesamte Luft innerhalb eines Kastens etwa einmal im Monat erneuern. Für den Austausch von 1 m³ Luft benötigt der Kasten eine Öffnung von 5 cm Durchmesser. Um den Eintritt verunreinigter Luft zu verhindern, ist es ratsam, ein Staubfilter anzubringen.

Vergleicht man die in Edinburgh gefundene Lösung mit derjenigen, die kürzlich für die Klimatisierung von Tizians „Zinsgroschen“ in der Dresdner Galerie⁹ entwickelt worden ist, so läßt sich daraus beispielhaft ersehen, wie individuell man die Fragen der lokalen Klimatisierung behandeln kann. Vor fünf Jahren wurde Tizians „Zinsgroschen“ aus dem Bestand der ausgestellten Werke der Dresdner Galerie herausgenommen, da der schlechte Erhaltungszustand zu erneuten Maßnahmen zwang. Bereits 1827 liest man in den Akten des Museums, daß die Grundier- und Farbschicht sich vom Bildträger löste. Mehrmals wurde das Bild aus diesem Grunde einer Galeriekommission vorgelegt, und etwa ein dutzendmal restaurierte man die Schäden. Zuletzt wurden die losen Farbschollen 1963/64 niedergelegt, nachdem das Holzgemälde zwei Jahre lang in horizontaler Lage im Depot bei etwa 65 bis 70 % relativer Feuchtigkeit

und 20 bis 22° C auf einfache Weise klimatisiert worden war. Seit der Restaurierung 1964 hat das Bild keine Farbhebungen oder andere nachteilige Erscheinungen mehr gezeigt, so daß man annehmen konnte, diese Werte seien zur Erhaltung des inneren Gleichgewichts von Holz und Grundierung geeignet.

Bevor man die in Abb. 8 gezeigte Klimavitrine baute, wurde ein Versuch unternommen. Die Luft in der nicht abgedichteten Probevitrine wurde durch angewärmtes Wasser befeuchtet. Eine Automatik schaltete nach Erreichen des Feuchtigkeitsmaximalwertes wieder aus. Temperaturwächter verhüteten eine Überhitzung des Wassers, das von Hand nachgefüllt werden mußte. An den auf der Tafelrückseite bezeichneten Meßpunkten wurde mit elektrischen Geräten die relative Holzfeuchtigkeit kontrolliert. Diese Probeapparatur arbeitete ein Jahr ohne Beanstandungen und hielt die Werte auch bei einer Differenz von 30 % zwischen Innen- und Außenfeuchtigkeit noch ausgeglichen. Die verhältnismäßig kurzfristigen Wartungen, z. B. das täglich nachzufüllende Wasser und die bei dem notwendigen Dauerbetrieb relativ kostspieligen Neuananschaffungen von Apparaten, stellten diese Konstruktion in Frage.

Die während dem Bau der Probevitrine bekanntgewordenen Ergebnisse Stolows¹⁰ über Befeuchtung von Ausstellungsvitrinen für Gemälde unter Verwendung von Gelen oder geeigneten Salzen gaben den Staatlichen Kunstsammlungen

Dresden Veranlassung, sein Verfahren vorzuziehen. Somit wurden im Sockel der Vitrine Schalen mit Natriumchloridlösung untergebracht. Die gesättigte Lösung bewirkt bei 20° C eine relative Luftfeuchtigkeit von 76 %.

Auffallend ist, daß die Klimavitrine des Zinsgroschens (Abb. 9) vollkommen geschlossen ist, d. h. es findet kein Luftaustausch mit der Umgebung statt. Sie besteht aus verkitteten Glasplatten und furniertem Holz. Die Höhe beträgt 2,42 m, die Breite 1,10 m und die Tiefe 0,50 m, um nur einen Begriff der Größenverhältnisse zu geben. Der zu befeuchtende Raum ist 0,69 m³. Die Abdichtung der ganzen Vitrine geht soweit, daß je nach relativem Luftfeuchtigkeitsgehalt der inneren und äußeren Luft wöchentlich nur 50 bis 180 g Wasserdampf verlorengehen. Es befinden sich jeweils etwa 7 Liter gesättigte Kochsalzlösung im Bodenkörper. Dieser Vorrat reicht für mehrere Monate. Erwähnenswert ist schließlich, daß man Vorsorge getragen hat, bei einem solchen fast absolut geschlossenen Raum mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit der Entwicklung von Bakterien und Pilzen entgegenzuwirken. Dies geschieht mit Thymolkristallen, die in einem kleinen Schälchen im Sockel untergebracht sind.

Literatur

- 1 Buck, R.: The use of moisture barriers on panel paintings; in: *Studies in Conservation* 6 (1961), S. 9.
- 2 Wolters, Chr.: Treatment of warped wood panels by plastic deformation; moisture barriers; elastic supports. In: *Recent Advances in Conservation*, London 1963, S. 163. Zusammenfassung in: *Studies in Conservation* 6 (1961), S. 141.
- 3 Straub, R. E.: Über die Erhaltung von Holztafelbildern. In: *Über die Erhaltung von Gemälden und Skulpturen*, Zürich/Stuttgart 1963, S. 148.
- 4 Toishi, K.: Damage of a Japanese painting during transit; in: *II C News* 1 (1960) Nr. 2, S. 18.
- 5 Stolow, N.: Some studies on the protection of works of art during travel. In: *Recent Advances in Conservation* 1963, S. 9.
- 6 Cursiter, S.: Control of air in cases and frames; in: *Technical Studies* 5 (1963), S. 109.
- 7 Padfield, T.: The design of museum show-cases. In: *Bulletin 1967 London conference on museum climatology*, S. 119.
- 8 Padfield, T.: The control of relative humidity and air pollution in show-cases and picture frames; in: *Studies in Conservation* 1 (1966), S. 8.
- 9 Weber, K. H.: Der „Zinsgroschen“ von Tizian wieder aufgestellt; in: *Maltechnik* 4 (1967), S. 100.
- 10 Stolow, N.: Fundamental case design for humidity sensitive museum collections; in: *Museum News Technical Supplement* 1966, No. 11, S. 45.