

Zeitschrift: Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte =
Revue suisse d'art et d'archéologie = Rivista svizzera d'arte e
d'archeologia = Journal of Swiss archeology and art history

Herausgeber: Schweizerisches Nationalmuseum

Band: 30 (1973)

Heft: 2

Artikel: Konservierungsprobleme bei dünnen Holztafelbildern : ein am
Schweizerischen Landesmuseum entwickeltes Behandlungsverfahren

Autor: Imhoff, H.C. von / Voûte, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-165974>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 09.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Konservierungsprobleme bei dünnen Holztafelbildern

Ein am Schweizerischen Landesmuseum entwickeltes Behandlungsverfahren

von H. C. von IMHOFF

mit einem Beitrag von A. VOÛTE

Ein Tafelbild des sogenannten Veilchenmeisters aus dem Kreis der Nelkenmeister in Zürich aus dem frühen 16. Jahrhundert¹, mit der Darstellung des hl. Johannes und der hl. Magdalena vor einer Landschaft, wies im Holz Sprünge und Risse aus jüngster Zeit auf (Abb. 1, 2). Eine konser-

vierende Behandlung, die ein weiteres Reißen der durchschnittlich 5 mm dünnen Holztafel verhindern sollte, war unumgänglich. Diese Tafel stellt die eine Bildseite einer beidseitig bemalten Altartafel dar; das Gegenstück, abgetrennt im 19. Jahrhundert, erkennen wir in dem Ge-



Abb. 1 Veilchenmeister aus Zürich. Hl. Magdalena und hl. Johannes vor einer Landschaft. Öl auf Nadelholz, H. 100,5 cm, Br. 120,5 cm. Um 1506 (DEP. 841)



Abb. 2 Detail der Veilchenmeistertafel mit Rissen und großem Bruch. Die nummerierten Pfeile weisen auf Meßstellen

mälde mit der Darstellung der drei Zürcher Stadtheiligen, ebenfalls im Schweizerischen Landesmuseum (Depositum Nr. 839).

TECHNISCHER AUFBAU

Auf einer ehemals etwa 25 mm dicken Tannenholztafel, die aus fünf Brettern zusammengeleimt ist, eine Höhe von 100,5 cm und eine Breite von 120,5 cm aufweist, ist beid-

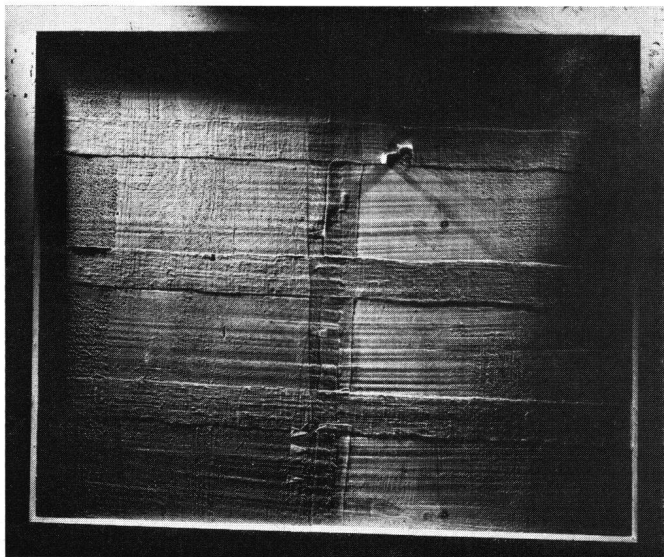


Abb. 3 Aufnahme der Veilchenmeistertafel in starkem Streiflicht von oben, Rückseite. Die Sägeschnitte, die bei der Trennung der Tafel geführt worden sind, lassen sich deutlich erkennen, ebenso der Bruch der Tafel neben dem senkrechten Leinwandstreifen (vgl.: «Folgen der früheren Behandlung»)

seitig eine Grundierung in mehreren Schichten aufgetragen. Die magere weiße Kreidegrundierung wurde für die Nimben der Heiligen leicht plastisch ausgeformt und vergoldet. Die Malerei auf den übrigen, glattgrundierten Partien ist teilweise sehr dünn ausgeführt. Die Darstellung ist im Querformat gegeben, die Holzfaser verläuft senkrecht.

BESCHREIBUNG FRÜHERER BEHANDLUNGEN

Im 19. Jahrhundert wurde die beidseitig bemalte Tafel auseinandergenommen, damit die beiden Darstellungen unabhängig voneinander ausgestellt werden könnten.



Abb. 4 Veilchenmeistertafel, aufgenommen mit Streiflicht von rechts. Erkennbar sind die lokalen Verwölbungen, besonders in der Mittelzone des Bildes. Der scharfe Schatten in der Mitte geht von der Kante der winkligen Verleimung des 19. Jh. bis zum spannungslösenden Bruch von 1966/67 (linke Begrenzungslinie)

Man sägte die Tafel zwischen den beiden Heiligen entzwei und teilte dann die beiden Tafelseiten, indem man mit einer Säge (mit großem Blatt) die Bretter vom oberen zum unteren Bildrand hin in der Mitte der Brettdicke durchsägte. Die Spuren dieser Arbeit zeigt das Streiflichtphoto (Abb. 3).

Danach wurden die je einer Schauseite zugehörigen Teile wieder seitlich zusammengefügt und mit der Rückseite auf einen starken, mit dem Tafelrand bündigen Holzrahmen aufgeleimt. Die Johannes-/Magdalena-Seite wurde so unsorgfältig verleimt, daß die beiden Tafelteile gegen die Rückseite hin einen schwachen Winkel bilden. Um die Tafel trotzdem mit dem Holzrahmen verstärken

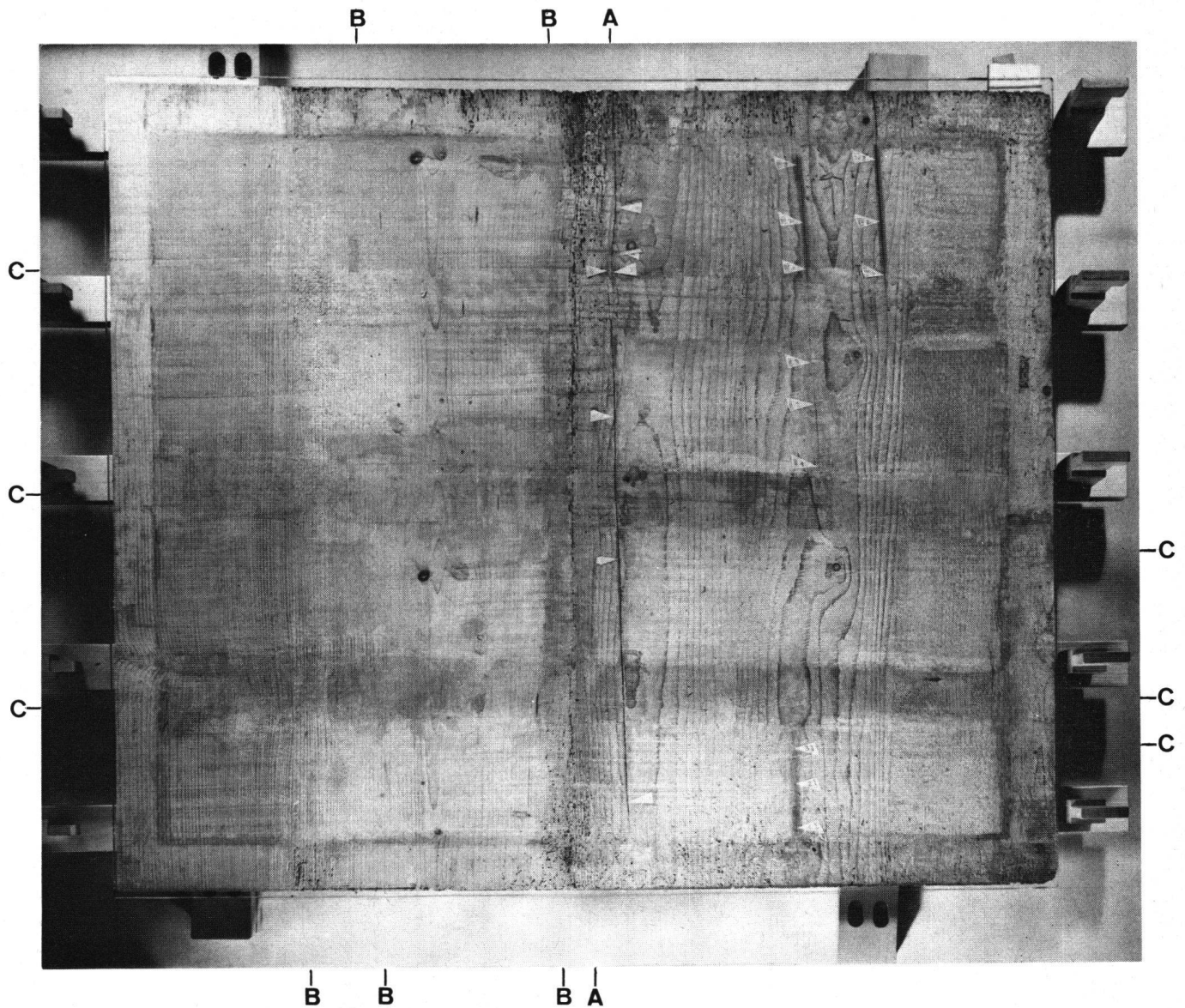


Abb. 5 Rückseite der Veilchenmeistertafel nach dem Entfernen des geklebten Holzrahmens, der Leinwandstreifen und der als Schutz gedachten ockrigen Ölfarbenbemalung. Die Pfeile weisen auf Meßstellen entlang den Brüchen. Gut erkennbar sind die Zonen mit starkem Wurmbefall, die verschiedenartige Qualität der für die Tafelherstellung verwendeten Bretter und die Sägeschnitte c). A – Leimfuge des 19. Jh. B – Risse mit Meßpunkten (vgl. Abb. 4)

zu können, mußte die Verleimung unter Druck geschehen. Dies hatte Spannungen in der Tafel zur Folge (siehe unten). Die Rückseite wurde mit einigen Leinwandstreifen verklebt und zum Schutze vor allzustarkem Feuchtheitsaustausch mit Ölfarbe angestrichen.

FOLGEN DER FRÜHEREN BEHANDLUNG

Nach dem Auseinandertrennen der beidseitig bemalten Tafel sind die zwei entstandenen Holztafelbilder heute

nur je 4 bis 7 mm dick. Gemäß der verschiedenen Beschaffenheit der zur Tafelkonstruktion verwendeten Bretter («Riemen») (enge und weitere Jahrringabstände in unterschiedlichem Neigungswinkel zum jeweiligen Brett) hat eine unterschiedliche Verwölbung der einzelnen Tafelbahnen stattgefunden (Abb. 4). Die geringere Dicke erlaubte eine schnellere Reaktion des Holzes auf klimatische Veränderungen. Diese Reaktion durch Verwölbung wurde in den Randzonen des Bildes unterbunden, weil die Verleimung des Holzrahmens stärker war als die verwölbende Kraft. So entstanden zwischen den Randpar-

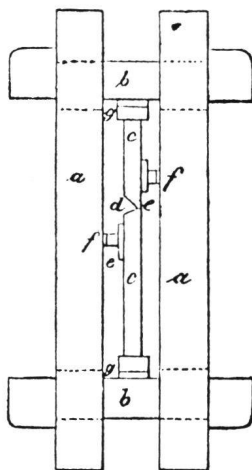


Fig. 8.

a, le traverse longitudinali; *b*, le traverse trasversali; *c*, le due tavole disgiunte; *d*, il canaletto formatosi con lo smussare i labbri; *e*, le assicelle poste a difesa delle tavole; *f*, i cunei da battere per mandare al loro posto le tavole; *g*, gli altri cunei che obbligano le due tavole a combaciare.

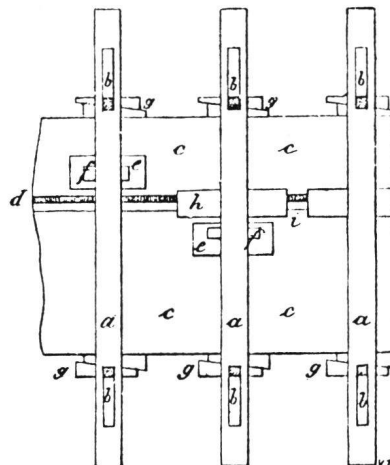


Fig. 9.

a, le traverse longitudinali; *b*, i capi sporgenti delle traverse trasversali; *c*, le due tavole che si vogliono ricongiungere; *d*, il canaletto formatosi con lo smussare i labbri; *e*, le assicelle poste a difesa delle tavole; *f*, i cunei da battere per mandare a posto le tavole; *g*, gli altri cunei che obbligano le due tavole a combaciare; *h*, i pezzi del regoletto triangolare messi a luogo; *i*, gli spazi che rimangono vuoti fra l'uno e l'altro pezzo del regoletto.

Abb. 6 (Vgl. Lit. 5, S. 80 und 81.) Schemazeichnung des verwendeten Spanngestells zur Verleimung und korrigierenden Beeinflussung der Tafelverwölbungen



Abb. 7 Beim Entfernen des verleimten Holzrahmens von der Rückseite der Veilchenmeistertafel. Das Bild ist in die Holzrahmenkonstruktion (vgl. Abb. 6) eingespannt

tien und dem Mittelteil weitere starke Spannungen (siehe oben), die sich durch das Reißen der Tafel teilweise lösen. Infolge dieser Spannungen war es nicht nur zu einer plastischen Deformation des Bildträgers² gekommen, sondern auch zu Verletzungen der Farbschicht, indem die entstandenen Risse auch gleichzeitig Risse der Malschicht sind. Die Tafel ist aber nicht nur dünner, sondern auch schwächer geworden, da beim Durchtrennen der originalen Tafel wurmzerfressene Teile freigelegt worden waren, die für Grundierung und Malerei keine ausreichend sichere Unterlage mehr boten (Abb. 5).

ERSTE MASSNAHMEN

Zu Beginn der Konservierung wurde das Bild in eine Rahmenkonstruktion gelegt, die aus fünf unabhängigen Holzrahmen (Abb. 6) besteht und die Tafel von vorne und rückseitig, quer zur Faserrichtung, umfaßte³. Die Tafel wurde darin von oben und unten mit gegenläufigen Keilen über einem mit expandiertem Polystyrol und Melinex beschichteten Preßspanplättchen unter leichtem Druck gehalten. Mit 80 Doppelkeilpaaren wurde die

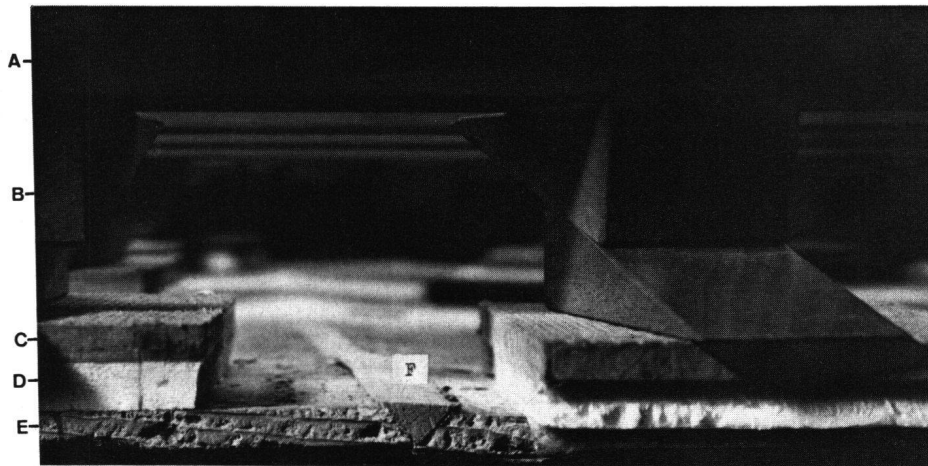


Abb. 8 Detailaufnahme der Verkeilung der Veilchenmeistertafel im Spanngestell. A – Spanngestell; B – Keilpaare; C – Preßspanplättchen, beschichtet mit expandiertem Polystyrol; D – und Polyesterfilm Melinex (nicht sichtbar); E – Bildtafel von der Seite gesehen; F – Balsastück zur Verklebung des Risses (vgl.: «Erste Maßnahmen»)

augenblickliche Lage der Tafel – noch unter der Spannung des aufgeklebten Rahmens – fixiert. So gesichert, wurden der aufgeklebte Holzrahmen in vorsichtiger Arbeit entfernt (Abb. 7), die Leimschicht enzymatisch aufgeweicht und abgesogen⁴, die Ölfarbschicht chemisch angelöst und entfernt und die Leinwandstreifen abgelöst.

Die rückwärtig gereinigte Tafel wurde während mehrerer Monate beobachtet, und die Veränderung der Rißbreiten wurde gemessen (Abb. 2, 5). Gleichzeitig wurde laufend durch die Einwirkung der Keile eine leichte Begradigung der deformierten Partien angestrebt. Dieser Prozeß erstreckte sich über mehr als ein Jahr.

Mit dieser Konservierung sollte keine Restaurierung verbunden werden. Dazu hätten die winklige Verleimung gelöst und die Tafelteile durch plastische Deformation

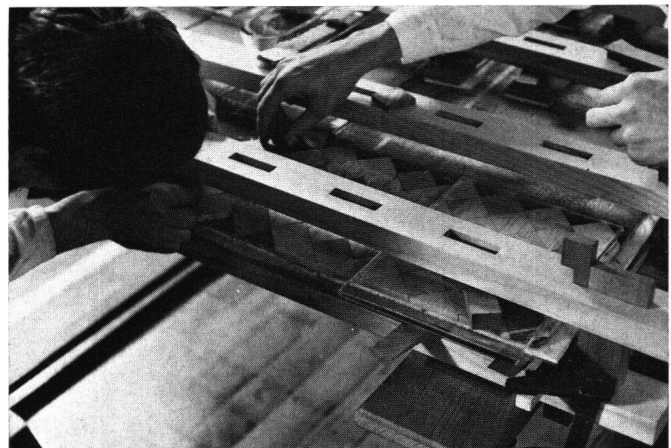


Abb. 10 Veilchenmeistertafel, eingespannt im Verkeilrahmen, mit der Rückseite nach oben, während der Beschichtung mit Mastermodellpaste und Balsaklötzchen. Die erste Arbeitsfläche (vgl.: «Konservierungsmaßnahmen») ist bereits unter einer Glasplatte verkeilt

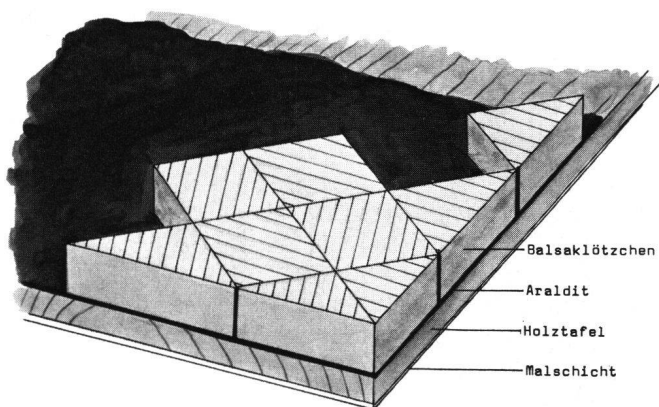


Abb. 9 Schematische Darstellung des Mastermodellpaste-Balsaaufbaus auf der Rückseite des Tafelbildes (vgl.: «Konservierungsmaßnahmen»)

begradigt werden müssen; nur so hätte man sie danach wieder – und diesmal richtig – zusammenleimen können.

Durch seitliches Einwirken von Keilpaaren gelang es jedoch, die Rißbreiten stark zu verkleinern. Als das Optimum erreicht war, wurden von der Bildrückseite her Einkerbungen vorgenommen, deren Verlauf den Rissen folgte. Die Seitenkanten waren im Winkel von 45° abgeschragt (Abb. 8). Die Einkerbungen wurden bis 1 mm vor die Grundierung geführt. Entsprechend geformte Balsaholzstücke von 3 cm Länge mit gleichem Faserverlauf wie die Tafel wurden mit Akrylkleber (Acronal 14 D)⁵ eingeleimt und der Oberfläche der Bildrückseite angeglichen. Da die herkömmliche Methode zur Behebung von Defor-

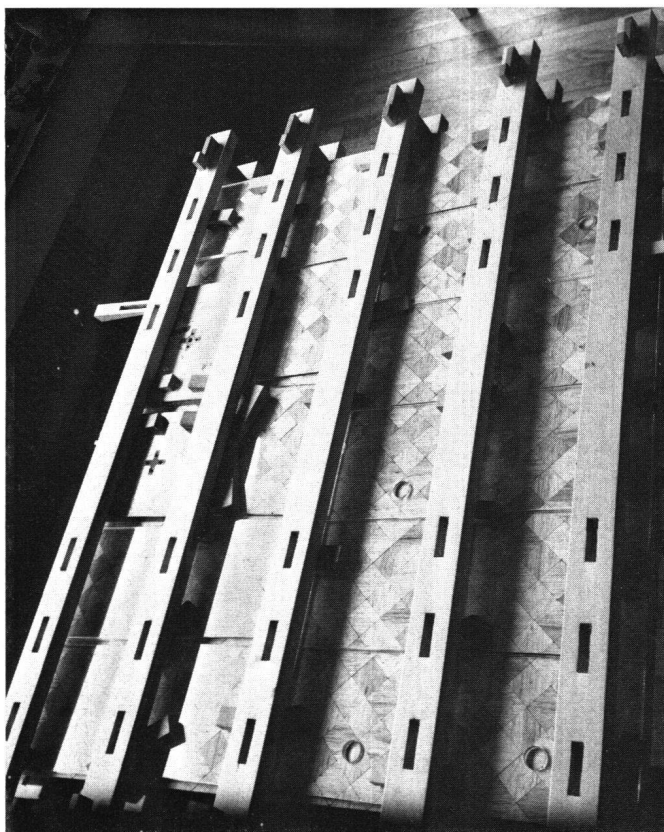


Abb. 11 Die Veilchenmeistertafel (rückseitig mit Balsaklötzchen beschichtet) während des Aushärtens. Alle Arbeitsflächen unter Glas, im Spannrahmen durch Keile gehalten

mationsschäden an Holztafelbildern (vgl. Anhang II) nicht in Frage kam, wurde im eigenen Betrieb das nachfolgend geschilderte Verfahren entwickelt.

KONSERVIERUNGSMASSNAHMEN

Immer noch gehalten durch die Verkeilrahmen (Abb. 6), wurden, von einer Ecke aus, Flächen von jeweils etwa 20×30 cm mit dem Zweikomponenten-Epoxyharz Araldit SV 426/HV 426⁶ beschichtet. Die gut durchgemischte Masse wurde mit einem in heißem Wasser gewärmten feuchten Japanspachtel aufgetragen und verstrichen, bis die dünnste und günstigste Verteilung erreicht war (vgl. Abb. 9, 10). Mit diesem Arbeitsgang konnten auch Niveauunterschiede in der Tafelrückseite, z.B. Sägespuren (vgl. Abb. 3) ausgeglichen werden. Darauf wurden jeweils sofort Balsaholzklötzchen (Länge: 4 cm, Breite: 4 cm, Tiefe: 8 mm) gedrückt. Diesen sehr präzise gesägten Klötzchen waren die Kanten mit feinem Schleifpapier gebrochen worden, bevor sie für etwa 48 Stunden in 4prozentiges Paraloid B 72 gelegt wurden. Nachdem kein Austritt von Luftblasen mehr festgestellt werden konnte,

nahm man sie heraus, ließ das Lösemittel verdunsten und verarbeitete sie. Die rechten Winkel der Seiten des jeweiligen Täfelchens stehen 45° zur Faserrichtung des Balsaholzes. Diese Klötzchen wurden abwechselnd parallel und senkrecht zur Faserrichtung des Tafelbildes aufgesetzt. Dies war notwendig als Sicherung gegen ein Brechen des Tafelbildes, hätte jedoch bei der Verwendung dickerer Plättchen eventuell unterbleiben können.

Durch die Aufteilung der Tafelrückseite in Arbeitsflächen wurde vermieden, daß das Araldit auf der gesamten Bildrückseite gleichzeitig aushärtete. Der Volumenverlust hätte sich als Spannung auf die ganze Tafelfläche übertragen, was neue Verwölbungen verursacht haben würde. Nach Angaben des Produzenten beträgt die lineare Verkürzung beim Aushärten der MASTERMODEL-Paste auf 420 cm weniger als 1 mm. Umgerechnet auf ein lineares Maß der Tafel von 100 cm ergibt das, bei einer Distanz von 4 mm von der Brettmitte bis zur Mitte der Beschichtung, 3,5 mm Verwölbung (siehe Anhang I, «Verwölbungsberechnung», S. 96f., Teil 2). Da die Fläche der Tafel jedoch in Arbeitseinheiten unterteilt worden war, auf deren Länge von 30 cm die Verwölbung kaum $\frac{1}{3}$ mm ausmacht – und das in einem für die Berechnung als ideal homogen und elastisch angenommenen Material –, könnten diese Werte praktisch vernachlässigt werden. Wichtig ist, daß das Mischen der beiden Komponenten MASTERMODEL-Paste erst direkt vor ihrer Verarbeitung erfolgt.

Wenn die Arbeit auf einer Teilfläche beendet war, wurde diese mit einer dicken Glasscheibe gleicher Größe beschwert und unter dem Rahmen verkeilt (vgl. Abb. 10, 11). Nachdem die gesamte Tafelrückseite mit den Klötzchen beschichtet und unter Glasplatten verkeilt war, wurden genaue Messungen durchgeführt, welche die augenblickliche Lage der Tafel erfaßten. Nach einer Sicherheitsfrist von zwei Tagen zur Aushärtung der Aralditmasse wurden die oberen Leisten des Verkeilrahmens (vgl. Abb. 12) abgenommen und durch eine erneute Messung die eventuelle Veränderung der Verwölbung festgestellt. Das Resultat ist auf einer Tabelle festgehalten. Die Tafelränder bewegten sich parallel zum Faserverlauf gegenüber der Tafelmitte auf eine Länge von 120 cm um maximal 1,5 mm gegenüber der gemessenen Gesamtverwölbung vor der Behandlung. Die Tafel ist so elastisch geblieben, daß ohne Gefahr beschränkte Bewegungen nach vorne und hinten durch leichten Druck verursacht werden können. Bei einer gewaltsamen rückwärtigen Verwölbung stößt man bald auf Widerstand, da in diesem Moment die nicht verklebten Seitenflächen der nur zur Bildseite hin verbundenen Balsaplättchen eine weitergehende Verbiegung blockieren (vgl. Anhang I, S. 97, Abb. 15). Bei welchem Grad der Verwerfung der Widerstand einsetzt, ist abhängig von der gewählten Dicke dieser Klötzchen, ihrem genau winkligen Schnitt und der präzisen Verklebung mit der Tafel.

MASTERMODEL-Paste ist ein Produkt, das für den Automodellbau, im speziellen für den Karosserieentwerfer, entwickelt wurde, der mit dieser Masse sein originalgroßes Modell erarbeitet, das nachher auch als Vorlage für die Stanzmaschinen dient. Diese Masse härtet mit ganz geringem Schwund (siehe oben) aus und kann beliebig angestückt, gehobelt, geschnitzt und geschliffen werden.

Die Wahl zwischen den zwei angebotenen Pasten Araldit® SV 426/HV 426 und SV 427/HV 427 hat sich nach den Gegebenheiten des Objektes zu richten. Soll die Paste fließfrei sein und nur der Oberfläche verhaften, wählt man SV 427/HV 427. Ist ein geringes Nachfließen während des Aushärtens erwünscht, z.B. ein Eindringen in offene Wurmgänge zur Verfestigung der zerfressenen Holzpartien im Sinne eines klebenden Ausfüllens, so verwendet man SV 426/HV 426. Härte, Aushärtungszeit und Fließvermögen können zusätzlich auch noch, sofern besondere Fälle dies erfordern, durch Verwendung anderer Härter (anstelle oder in Verbindung mit der HV-Komponente) in bestimmten Bereichen beeinflusst werden. Eine leichtere Verarbeitung in Verbindung mit stärkerem Fließvermögen ergibt sich z.B. durch einen 10prozentigen Zusatz des ausgemischten Laminierharzes Araldit LY/HY 554 zur MASTERMODEL-Paste.

MASTERMODEL-Paste bleibt auf Grund ihrer Komposition schnitzbar und kann gegebenenfalls nach Abspänen der Balsaplättchen mechanisch leicht entfernt werden. Eine Reversibilität durch Chemikalien ist in diesem Fall nicht vorzuziehen, da ein Lösen der Masse durch flüssige Lösungsmittel die entstehende Lösung in das Holz und, je nach Struktur der Tafel, in die Malschicht einschwemmen könnte und damit eine Verfärbung, d.h. eine Veränderung der originalen Materie, riskiert würde.

Spätere, heute vielleicht noch unbekannte Methoden und Maßnahmen zur Konservierung von Holz und Holztafeln werden durch diese Behandlung nicht beeinträchtigt, da die Beschichtung keinen Eingriff in die Struktur des Holzes bedeutet und da dieses nicht verändert wird.

ERGEBNIS

Die Tafel trägt sich nach der Behandlung wieder selbst (Abb. 15b). Sie ist weder wie in den konventionellen Verfahren (vgl. Anhang II) nur lokal an den Klebstellen der verschiedenen Parkettierungstypen belastet noch starr mit einem mehrschichtigen Träger verklebt. Das schließt eine flächeninterne, durch die Konservierungsmaßnahmen bedingte Deformation der Bildtafel aus. Die Bruchgefahr entlang den Rissen ist praktisch ausgeschlossen, da die aufgetragenen Klötzchen in ihrer Laufrichtung abwechselnd quer und längs zur Laufrichtung des Holzes der Tafel verklebt wurden.

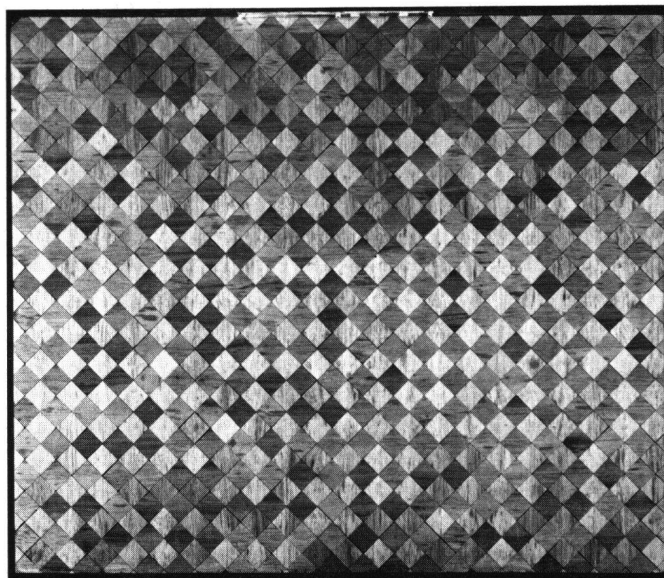


Abb. 12 Die Veilchenmeistertafel von der Rückseite, nach Aushärtung der Klebmasse

Die Gesamtverwölbung nach hinten kann planmäßig gesteuert werden, indem man durch die Berechnung der Dicke der zu applizierenden Klötzchen der Tafel ein bemessenes Spiel gibt (vgl. Anhang I, S. 97). Dieser «Klemmeffekt» wirkt nicht nur gegen Bewegungen quer zur Laufrichtung der Tafel, sondern – noch direkter – gegen Verwerfungen in allen diagonalen Achsen, da die Seitenkanten der Hölzchen den 45°-Achsen der Tafel parallel laufen.

Nach Formel 6 (vgl. Anhang I) ergibt sich für diese Tafel bei einer zugelassenen Maximalverwölbung von beispielsweise 3 cm und einer Klötzchendistanz von $\pm 0,05 \text{ mm}^7$ eine ideale Klötzchendicke von 12 mm⁸.

Dem Schrumpfungsprozeß des Holzes quer zu seiner Laufrichtung steht nichts entgegen, da die dünne Aralditschicht leicht elastisch ist und der Zwischenraum zwischen den aufgeleimten Klötzchen, auf die ganze Bildlänge addiert, einige Millimeter Schwund zuläßt.

Da die Bildrückseite durch MASTERMODEL-Paste und Balsaklötzchen geschlossen ist, besteht kaum die Gefahr eines lokal verschiedenen Wasserdampfdruckausgleichs⁹. Dieser kann nach Auskunft des Produzenten nach wie vor durch die MASTERMODEL-Paste und das Balsaholz stattfinden, allerdings wesentlich verlangsamt, denn die applizierten Materialien haben eine verzögernde Wirkung.

Den gleichmäßigen Wasserdampfaustausch zwischen Objekt und Umgebung zu unterbinden – indem man die Bildrückseite absolut wasserdampfundurchlässig machen wollte –, ist nicht ratsam. Das Craquelé der Malschicht bietet dem Wasserdampf genug Austauschmöglichkeiten, um neue Bewegungen im Holz hervorrufen zu können.

Ein verstärkter Austausch kann andere Schäden in der Bildschicht bewirken.

Vorversuche mit kleineren Holztafeln in gleicher Dicke mit gleichen Charakteristika wie die Veilchenmeister-tafel, in der beschriebenen Weise mit Balsa aufgedoppelt und vorderseitig grundiert, zeigen bei starkem Luftfeuchtigkeitseinfluß von vorne eine deutliche Bombierung bis

zum möglichen Maximum, die im Verlauf eines Tages nach der Normalisierung der klimatischen Bedingungen jedoch vollständig zurückgeht. Luftfeuchtigkeitseinwirkungen von der Rückseite bewirken nach längerer Zeit eine sehr schwache Verwölbung der Probe, die sich unter normalisierten Umständen innert Stunden wieder völlig ausgleicht.

Anhang I

VERWÖLBUNGSBERECHNUNG FÜR HOLZTAFELN VON ALEXANDER VOÛTE

Um verwertbare, einfache Formeln für die Berechnung der verschiedenen Faktoren zu finden, die bei der Verwölbung von Tafeln wirken, müssen wir verschiedene vereinfachende Annahmen machen. So werden material-spezifische Eigenschaften außer acht gelassen. Die Tafeln werden als Hohlkörper mit ideal dünnen Wänden angenommen. Ferner wurde die Malschicht in der Berechnung nicht berücksichtigt, da sie in craqueliertem Zustand bei rückwärtiger Verwölbung¹⁰ die auftretenden Spannungen kräftemäßig nicht beeinflusst.

1. Der einfache tafelförmige Hohlkörper

Wenn sich eine Tafel, deren Vorder- und Rückseite den Abstand D_E haben, in einer Achse biegt, wenn also eine Seite schwindet, dann gilt für den Zusammenhang zwischen Verkürzung und Verwölbung (Abb. 13):

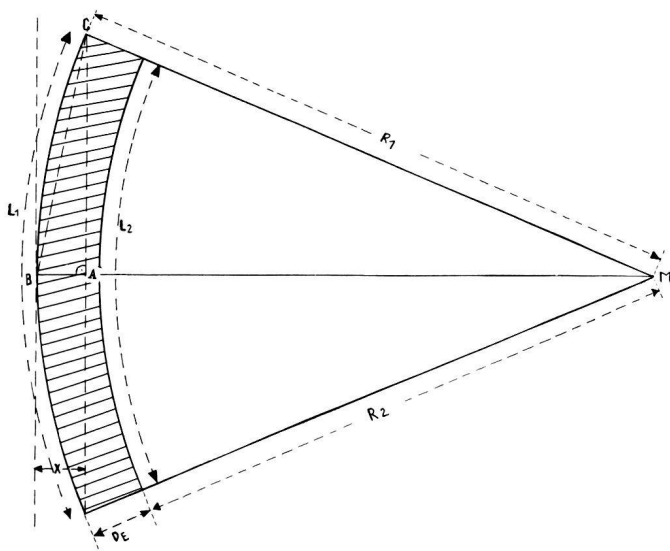


Abb. 13

$L_1 : L_2 = R_1 : R_2$, und weil $R_1 - R_2 = D_E$ ist, ergibt sich für die Verkürzung der einen Seite:

$$(L_1 : R_1) D_E = L_1 - L_2 \quad (1)$$

Weiter gilt: $\overline{AB} = X$, $X^2 = (\overline{BC})^2 - (\overline{AC})^2$ und $(\overline{AC})^2 = (\overline{MC})^2 - (\overline{AM})^2$ oder, da für kleine Verwölbungen $\overline{BC} = \frac{1}{2} L_1$ ist und $\overline{MC} = R_1$ sowie $\overline{AM} = R_1 - X$,

$$\begin{aligned} X^2 &= \frac{1}{4} L_1^2 - R_1^2 + R_1^2 - 2 R_1 X + X^2 \\ X &= \frac{1}{8} (L_1^2 : R_1) \end{aligned} \quad (2)$$

Aus (1) und (2) ergibt sich:

$$X = \frac{1}{8} \frac{L_1 (L_1 - L_2)}{D_E} \quad (3)$$

$$\text{Verwölbung} = \frac{\text{Länge} \cdot \text{Schwund}}{8 \cdot \text{Tafeldicke}}$$

2. Der einseitig beschichtete, tafelförmige Körper

Wenn eine Tafel auf einer Seite mit einer Masse beschichtet wird, die beim Aushärten um einen festen Betrag schwindet, dann läßt sich das Verhältnis zwischen Verkürzung und Verwölbung mathematisch erfassen. Eine so beschichtete Tafel kann wiederum als Hohlkörper (siehe 1) behandelt werden, wenn die in 1 erwähnte Vorder- und Rückseite durch die Mittelebenen der Tafel und der Beschichtung gebildet wird. Anstelle von D_E in Formel (3) wird nun $D_B/2$ eingesetzt. D_B ist die Gesamtdicke. In Formel (3) ist weiter $L_1 - L_2$ der Schwund der Beschichtung (Abb. 14).

$$X = \frac{L_1 (L_1 - L_2)}{8 \cdot D_B/2} \quad X = \frac{L_1 (L_1 - L_2)}{4 \cdot D_B}$$

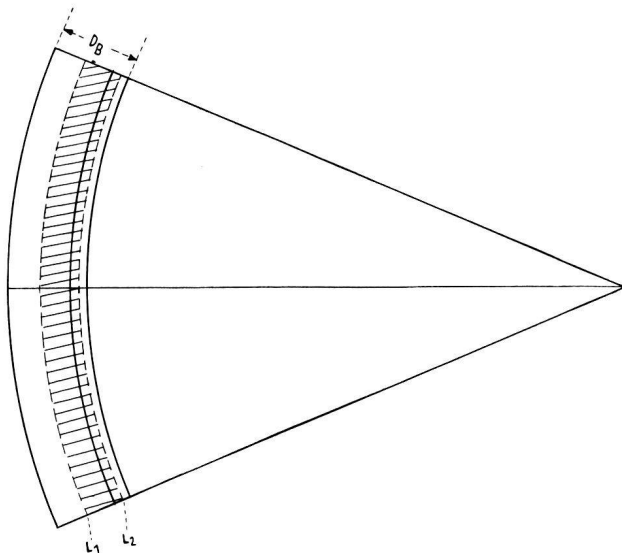


Abb. 14

Anders ausgedrückt:

$$\text{Verwölbung} = \frac{\text{Länge} \cdot \text{Schwund}}{4 \cdot \text{Gesamtdicke}}$$

3. Der einseitig beschichtete, tafelförmige Körper mit auf die Beschichtung aufgeklebten Klötzchen

Wird eine Holztafel mit einer Klebmasse beschichtet und werden darauf Klötzchen appliziert (Abb. 12, 18, 19), zeigt ferner die Klebmasse beim Aushärten Schwund, dann kann sich die Tafel höchstens bis zum Zusammenstoß der Klötzchen verwölben (Abb. 15, 16).

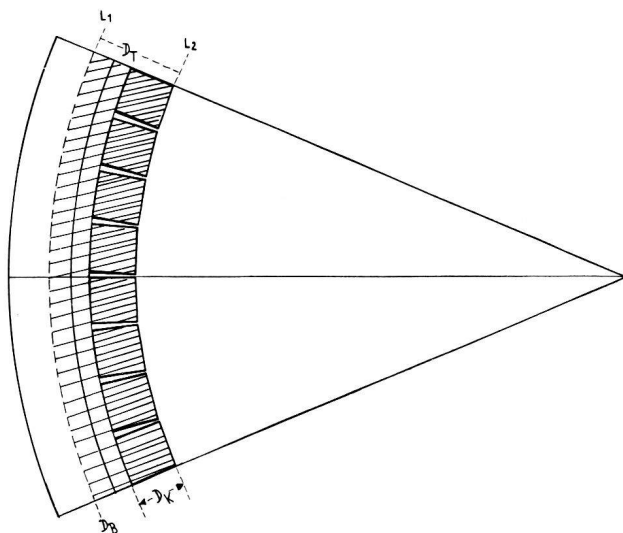


Abb. 15

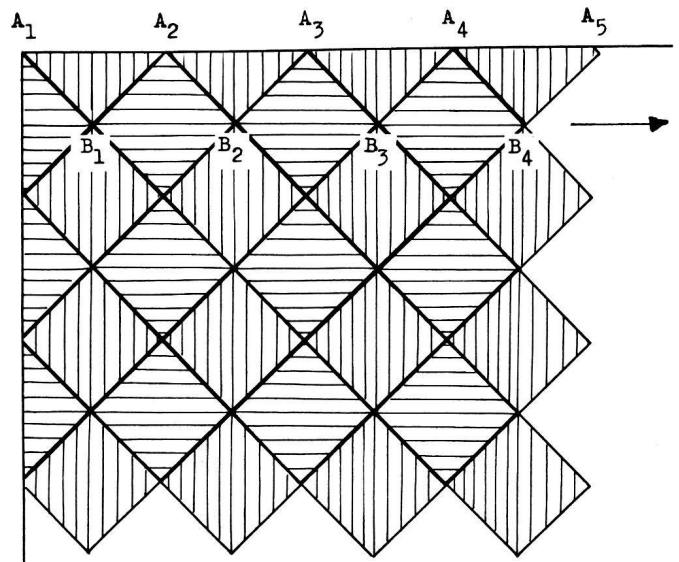


Abb. 16

Der Einfluß der Dicke der Klötzchen auf den Grad der Verwerfung läßt sich, ausgehend von den gleichen Überlegungen, wie in Abschnitt 2, wie folgt berechnen:

In Formel (3) muß in diesem Fall für D_E der gleiche Wert eingesetzt werden wie in 2, also $D_B/2$ plus die Dicke der Klötzchen D_K :

$$D_B/2 + D_K = D_T \quad (4)$$

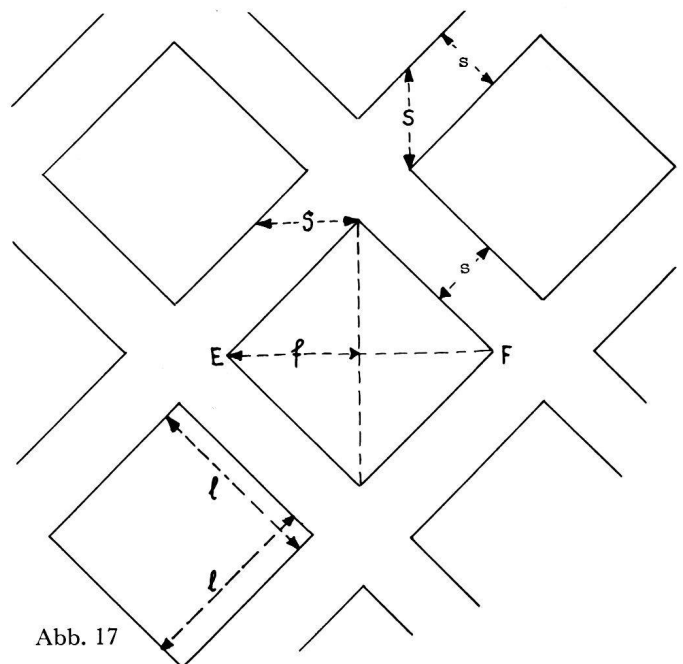


Abb. 17

Bezeichnungen (Abb. 17):

s = Spaltbreite zwischen den Klötzchen

S = maximale Bewegungsfreiheit bei Bewegungen in der senkrechten Achse (45° zum Spaltverlauf)

l = Kantenlänge der Klötzchen

f = halbe Länge der Verbindung EF

Es ergibt sich $S = s \cdot \sqrt{2}$; ferner: $f = l/\sqrt{2}$.

Die Anzahl sämtlicher Strecken $\overline{A_1B_1}$, $\overline{B_1A_2}$, $\overline{A_2B_2}$, $\overline{B_2A_3}$, $\overline{A_3B_3}$, $\overline{B_3A_4}$ usw. (siehe Abb. 16, in Pfeilrichtung), d.h. die Zahl der auf der ganzen Tafelbreite wirkenden Spalten, wird mit K bezeichnet.

$$\text{Für } K \text{ läßt sich einsetzen: } K = \frac{L_1}{f} = \frac{L_1 \cdot 2}{l}$$

Die mögliche Maximalverkürzung läßt sich folgendermaßen ausdrücken:

$$(L_1 - L_2)_{\max} = K \cdot S$$

$$(L_1 - L_2)_{\max} = 2 \frac{L_1 \cdot s}{l} \quad (5)$$

In Formel (3) eingesetzt, ergibt sich aus (4) und (5) für die Berechnung der Verwölbung bei bekannter Klötzchendicke

$$X_{\max} = \frac{L_1^2 \cdot s}{4l(D_B/2 + D_K)}$$

anders ausgedrückt:

Maximale Verwölbung =

$$\frac{(\text{Tafellänge})^2 \cdot \text{Spaltbreite}}{4 \cdot (\text{halbe Tafel- und Beschichtungsdicke} + \text{Klötzchendicke}) \cdot \text{Klötzchenseitenlänge}}$$

und für die Berechnung der Klötzchendicke bei feststehender Verwölbungslimite X_{\max}

$$D_K = \frac{L_1^2 \cdot s}{4 X_{\max} \cdot l} - \frac{D_B}{2} \quad (6)$$

Anders ausgedrückt:

Klötzchendicke =

$$\frac{1}{4} \cdot \frac{(\text{Tafellänge})^2 \cdot \text{Spaltbreite}}{\text{Verwölbungslimite} \cdot \text{Klötzchenseitenlänge}} - \text{halbe Tafel- und Beschichtungsdicke}$$

Die Anwendung der Formeln zeigte, daß diese, trotz der vereinfachenden Annahmen, den Anforderungen voll genügten.

Anhang II

KONVENTIONELLE METHODEN ZUR BEHEBUNG VON DEFORMATIONSSCHÄDEN AN HOLZTAFELBILDERN VON H. C. VON IMHOFF

Bis vor wenigen Jahren wurde in der sogenannten Parkettierung die geeignetste Möglichkeit gesehen, Deformationsschäden an Holztafelbildern zu beheben. Entlang der Laufrichtung des Holzes wurden unter Druck von rückwärts Holzleisten parallel aufgeleimt, die – im Abstand von einigen Zentimetern – zur Bildrückseite hin rechteckige Ausschnitte quer zur Laufrichtung hatten, durch die freibewegliche Holzleisten eingeschoben wurden (Abb. 18). Diese sollten ein Verkrümmen nach vorne und hinten verhindern. Holz bewegt sich dauernd auf Grund des stetigen Feuchtigkeitsaustausches unter den Faserzellen des Holzes selbst und zwischen der Holzoberfläche und der umgebenden Luft zum Ausgleich des Wasserdampfdruckes. Da durch die Parkettierung die verklebten Teile der Holztafel nur noch sehr beschränkt Wasserdampf mit der Umgebung austauschen, die nicht

verklebten Teile dies jedoch frei und schnell durchführen können, zeichnen sich Parkettierungen mit der Zeit auf der Vorderseite durch, indem in der Bildoberfläche eine Buckelbildung auftritt (Abb. 19).

Die Größe der lokalen Verwölbungen richtet sich nach dem zwischen den einzelnen Parkettierungsleisten freigelassenen Raum und der Stärke der Feuchtigkeits- und Temperaturschwankungen: je höher die Temperatur, desto schneller vollzieht sich der Wasserdampfaustausch¹¹. Diese Verwölbungen verändern den optischen Eindruck der Bildfläche und damit die Erscheinung der Originalmaterie so stark, daß eine Verfälschung entsteht.

Durch die Verwölbung entsteht auch materieller Schaden. Die lokalen Deformationen finden entlang der verleimten Parkettleisten ihren Ansatz. Die sich nach vorne verwölbende Holztafel «zermalmt» dort die Malschicht,

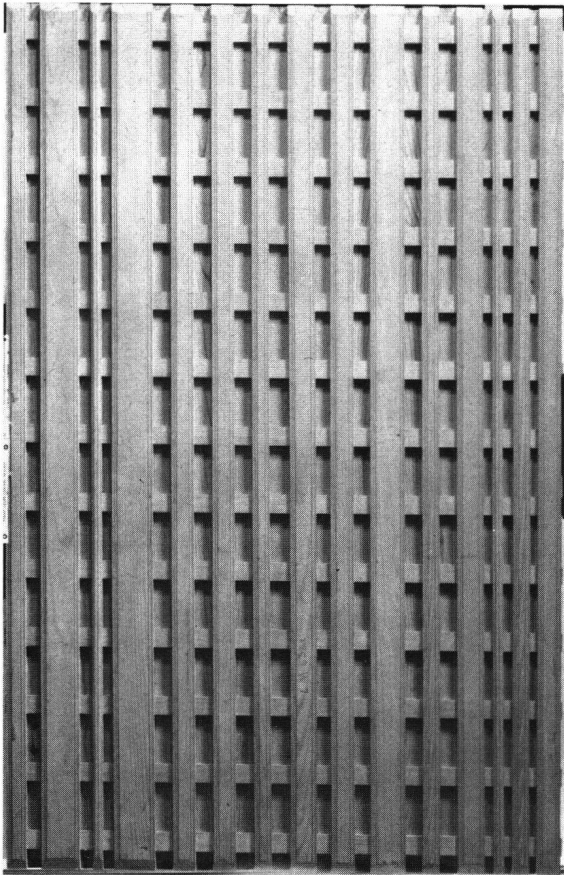


Abb. 18 Parkettage einer Holztafel (LM 6324.2). Die senkrechten, profilierten Leisten sind entlang dem Holzverlauf verleimt. Durch die Einschnitte in den verleimten Leisten verlaufen waagrecht die Schubleisten. Diese stehen rechts und links leicht über das Bild hinaus. Dies ist ein klares Anzeichen dafür, daß das Bild seit dieser Behandlung (um 1925) den besprochenen Schrumpfprozeß fortgesetzt hat (vgl.: «Die ‚klassischen‘ Methoden»)

wo deren Haftung stark ist (Abb. 19, Sit. II) und sich die Spannung nicht durch Reißen mit nachfolgendem Aufstehen und Abblättern der Farbschollen lösen kann (Abb. 19, Sit. I)¹².

Eine andere, radikale und heute noch häufig angewandte Methode ist ebenfalls sehr gefährlich. Die Bildtafel wird dünn gehobelt und dann auf eine Holz-, Preßspan- oder Tischlerplatte aufgeleimt. Berühmte Beispiele hierfür sind das (durch Eigner um 1865 restaurierte) «Abendmahl»¹³ und die «Solothurner Madonna», beide von Hans Holbein d.J.¹⁴. In beiden Fällen wurde das dünn gehobelte Tafelbild oder Teile davon (siehe Anm. 7) später auf eine neue Holztafel geleimt, deren Faserverlauf quer zu dem der Originaltafel läuft. Zur weiteren Absicherung, in der Meinung, damit jede Holzbewegung zu unterbinden, wurden dann nochmals zwei Holztafeln, jeweils quer zur Faserrichtung der zuvor verleimten, aufgedoppelt¹⁵.

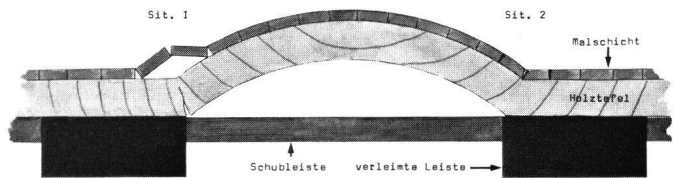


Abb. 19 Schematische Darstellung eines Querschnittes durch ein parkettiertes Holztafelbild mit lokaler Deformation. Sit. I – Schwache Haftung der Bildschicht auf der Holztafel. Die Farbschollen weichen dem Seitendruck durch Aufstehen oder/und Abblättern. Sit. II – Starke Haftung der Bildschicht auf der Holztafel. Die Farbschollen stehen unter schräg seitlichem Druck, wodurch kleinste Partikeln abgesprengt werden, zuerst aus den oberen Schichten, also der Firnis- und Farbschicht, und dann, je nach Größe des Winkels, aus den Grundierschichten (vgl.: «Die ‚klassischen‘ Methoden»)

Da Holz beim Altern quer zur Faserrichtung einen Schrumpfprozeß durchmacht¹⁶, die Farbschicht aber unelastisch ist und sich nicht verkleinert, kann diese dem Schwinden des Holzes nur durch Aufstehen ausweichen (vgl. Abb. 20c), falls die Haftung der ganzen Schicht nicht stärker ist. Ist die Haftung der Grundierung am Bildträger gut, so entsteht entlang des natürlichen Craquelés eine Druck- und Reibbewegung, die kleinste Farbschollen zerquetscht und absprengt (vgl. Abb. 20b).

Verleimtes Holz kann diese Spannungen durch Zerrsprünge an schwächer verleimten Stellen lösen¹⁷ (vgl. Abb. 20a). Schwache oder relativ elastische Verleimungen vermögen diese Spannung je nachdem auszugleichen¹⁸.

Eine dritte, in den letzten Jahren häufig mit Erfolg angewandte Sicherungsmethode besteht darin, daß auf der Tafelrückseite zwei Lagen Balsaklötzchen mit einer Wachs-Harz-Mischung verleimt werden¹⁹.

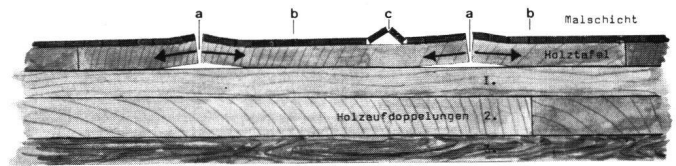


Abb. 20 Schematische Darstellung eines Querschnittes durch eine mehrfach aufgedoppelte Holztafel, System Eigner, aus der Zeit um 1870. Unter a – Stellen schwacher Verleimung der Holztafel mit der neuen Platte. In Pfeilrichtung wirken die Schrumpfkkräfte. Die Spannung löst sich durch Reißen und Aufstehen der frei werdenden Partien. b zeigt die Wirkung der Holzverkleinerung auf die Farbschichtschollen bei guter Haftung auf dem Holz, c bei schlechter Haftung (vgl.: «Die ‚klassischen‘ Methoden»)

Die Dünne der Tafel unseres Veilchenmeisterbildes sowie größere, stark wurmzerfressene Partien des Holzes ließen diese Methode ebenfalls als ungeeignet erscheinen. Der Bildträger hätte bei dieser Behandlung keine genügende Festigkeit erhalten. Entscheidend gegen diese Methode sprach weiter, daß das zum Verkleben notwendige Wachs-Harz-Gemisch heiß verwendet werden muß und

in diesem Zustand flüssig ist. Entlang der Wurmgänge wäre es sofort bis zur weißen Grundierung durchgedrungen und hätte sie, wachsig-schmierseifig wirkend, entfärbt. Das hätte größere Partien der Malerei optisch erheblich dunkler und dumpfer erscheinen lassen und damit den Aspekt auf unkontrollierte Art und irreversibel ändern können.

ANMERKUNGEN

- ¹ Inventarisiert unter Depositum Nr. 841 im Schweizerischen Landesmuseum (Eigentum der Zentralbibliothek, Zürich). L. H. WÜTHRICH: *Spätgotische Tafelmalerei (1475 bis 1520)*. Aus dem Schweizerischen Landesmuseum, Heft 23, Verlag Haupt, Bern 1969, S. 14.
- ² R. D. BUCK: *Some Applications of Rheology to the Treatment of Panel Painting*, Paper der IIC-Konferenz New York 1970, in: *Studies in Conservation* 17, Nr. 1, 1972, S. 1–11.
- ³ G. SECCO-SUARDO: *Il Restauratore dei Dipinti*, Terza Edizione, Ulrico Hoepli, Milano 1918, S. 80f.
- ⁴ U. DIX: *Die Restaurierung eines Bildes von Luca Giordano*, Maltechnik Nr. 2, 1966, S. 36.
- ⁵ Hersteller: BASF.
- ⁶ Hersteller: Ciba-Geigy.
- ⁷ An sorgfältig gearbeiteten Probestücken wurde mit einer Lehre nachgemessen, daß sich Klötzchendistanzen von 0,05 mm und sogar weniger ohne besonderen Aufwand erreichen lassen.
- ⁸ Eine Möglichkeit, diese Faktoren in einer Berechnung auszuwerten, wurde erst nach der Fertigstellung der Veilchenmeister Tafel gesucht und gefunden.
- ⁹ R. D. BUCK: *The Use of Moisture Barriers on Panel Painting*, in: *Studies in Conservation* 6, Nr. 1, 1961.
- ¹⁰ Verwölbungen nach vorne kommen bei Holztafelbildern nur selten vor und sind auf spezielle Umstände zurückzuführen. Das geschilderte Konservierungsverfahren und die Berechnungen gelten in der vorgetragenen Form nicht für solche Bilder.
- ¹¹ BUCK (vgl. Anm. 9).
- ¹² R. D. BUCK: *Some Applications of Mechanics to the Treatment of Panel Painting*, Paper der IIC-Konferenz Rom 1961, in: *Recent Advances in Conservation*, London, Butterworth, 1963, S. 156ff.
- ¹³ P. GANZ: *Hans Holbein, Die Gemälde*, Basel 1950, S. 201 (Kat. Nr. 13). – M. NETTER: *Zur Restaurierung zweier Holbeinbilder im Kunstmuseum Basel*, in: *Werkzeitung Geigy* 6/7, 1960.
- ¹⁴ GANZ (vgl. Anm. 13), S. 206 (Kat. Nr. 21). – T. BRACHERT: *Die Solothurner Madonna von Hans Holbein aus dem Jahr 1522*, in: *Maltechnik-Restaur* 1, 1972.
- ¹⁵ BRACHERT (vgl. Anm. 8), S. 17, Abb. 6.
- ¹⁶ R. D. BUCK: *Is Cradling an Answer?*, in: *Studies in Conservation* 7, Nr. 3, 1962.
- ¹⁷ BRACHERT (vgl. Anm. 8), S. 14, Abb. S. 21.
- ¹⁸ R. E. STRAUB: *Konservierung und Denkmalpflege*, Verlag Berichtshaus Zürich, 1965, Teil I, g.
- ¹⁹ Dieses Verfahren wurde z.B. zur Konservierung der Solothurner Madonna angewandt, vgl. Anm. 8.

ABBILDUNGSNACHWEIS

Alle Photographien und Zeichnungen: Schweizerisches Landesmuseum, Zürich