

东亚漆 - 兵马俑彩绘的底色材料

兵马俑着色层系用东亚漆(中文:漆)打的底子,局部表现皮甲也使用了东亚漆。埋藏在湿润的泥土下达2000多年之久的漆层一经出土,便很快与兵马俑表面分离,面临剥落。图1可见底色层在干燥过程中的活动。失水导致漆层(大约10%)的极度收缩,因此造成巨大的裂隙和漆层碎片的翘起。双层涂漆的这种行为,对于东亚漆来说,并不典型。可能漆中掺兑了其它有机成份,这些添加物也许能够说明底色层明显强大的张力。

兵马俑彩绘所使用的绘画材料,或是可从自然资源中大量获取,或是可用简易方法人工制造。漆的生产和使用在秦代早已是不言而喻:很明确,“有几件有铭文的漆器为证,公元前一世纪处于高度繁荣的髹漆艺术,当时已有相当长的历史”。¹《史记》记载一事,足以说明漆的利用:秦二世(秦始皇之子)欲用东亚漆涂刷他的城墙。该意图最后没有实现,问题并没出在生漆不足,而是环境湿度不够,不能使漆硬化。²

《史记》报导,汉代反复多次“在原生漆树之地,复栽漆树”。³用木伐树可能造成这个时期漆树的减少。此外,无情地和一次性地尽量割取生漆的作法亦导致漆树的枯萎。若用这种方式满足对生漆的大量需求,可以设想,整片漆林将枯死殆尽。⁴《史记》中谈到,在一个漆树贫乏地区,很早便时行建漆园,使漆树受到保护。⁵

在专业文献中,常见对东亚漆中添加有机粘合剂的说明。为了稀释从而使宝贵的生漆数量增多,另外为了改善成千真人大陶俑的施彩效果,在兵马俑身上很可能使用了这种添加剂。估计涂刷一件陶俑大约需要140克生漆。⁶根据威廉(Jenyms/Watson)的研究,“在中国,人们指望一千棵树平均产漆20磅”⁷,也就是说,每棵树产漆约10克。这样粗略估算一下,涂刷秦始皇的兵马俑,需要15万至20万棵漆树的产量。这样大量的需求,使人容易想象,漆是用有机粘合剂“稀释”过了。

有机添加剂又是如何影响漆的特性的呢?究竟使用了哪些有机添加剂?它们又是如何加工的?东亚漆

- 1 JENYNS/WATSON 1963, S. 278.
- 2 MÄNCHEN-HELFEN 1937, S. 37. Vgl. Beitrag von LIN CHUNMEI, *Lack und Lackverwendung auf Ton im frühen China*, in diesem Arbeitsheft.
- 3 MÄNCHEN-HELFEN 1937, S. 37.
- 4 Ebd. 1937, S. 34: „Er [der Lackbaum] wird einmal dem schon früh einsetzenden Holzhunger zum Opfer gefallen sein, zum anderen dürfte ihn die alte, stellenweise heute noch geübte Form des Raubbaus vernichtet haben, jene rohe Form der Anzapfung, die auf einmal möglichst viel Saft gewinnen will und den Baum zerstört.“
- 5 MÄNCHEN-HELFEN 1937, S. 35.

*

- 1 JENYNS/WATSON 1963, p. 278.
- 2 MÄNCHEN-HELFEN 1937, p. 37. Compare the article by LIN CHUNMEI, *Lacquer and its Use on Clay in Early China*, in this publication.
- 3 MÄNCHEN-HELFEN 1937, p. 37.
- 4 Ibid. 1937, p. 34: 'On the one hand it (the lacquer tree) would have fallen victim to a hunger for wood, which already had commenced at an early date; on the other hand it must have been devastated by the old manner of ruinous exploitation (still practiced in some places today) in which the tree is crudely tapped to get as much sap as possible at one time but is thus destroyed.'
- 5 MÄNCHEN-HELFEN 1937, p. 35.
- 6 The surface of a terracotta warrior is about 2 m², the lacquer layer is c. 0.05 mm thick. This means that c. 100 g of hardened lacquer or c. 140 g of raw lacquer would have been applied to each figure.
- 7 STEPHAN 1927, p. 16.

*

- 1 JENYNS/WATSON 1963, 278 页。
- 2 MÄNCHEN-HELFEN 1937, 37 页。参见本集林春美中国古代的漆与漆彩陶一文。
- 3 MÄNCHEN-HELFEN 1937, 37 页。
- 4 MÄNCHEN-HELFEN 1937, 34 页。“它(漆树)一是会毁于很早即流行的大兴土木,另外,古老的、在某些地方迄今可见的掠夺式开采,即那种原始的割漆方式,一次割漆,愈多愈善的作法,亦会将漆树残杀。”
- 5 MÄNCHEN-HELFEN 1937, 35 页。
- 6 一件陶俑的表层面积大约为 2 平方米,漆层厚约 0.05 毫米。这意味着,每件俑身上涂刷了大约 140 克生漆,相当于 100 克干漆。
- 7 STEPHAN 1927, 16 页。

Ostasiatischer Lack

Das Grundierungsmaterial für die Farbfassung der Terrakottaarmee

East Asian Lacquer

The Ground Layer for the Polychromy on the Terracotta Army

Ostasiatischer Lack (chin. *qi*, jap. *urushi*) ist bei der Terrakottaarmee als Grundierung der pigmentierten Schichten und partiell für die Darstellung von Leder eingesetzt. Nach der Ausgrabung lösen sich die seit über 2 000 Jahren in feuchter Erde liegenden Lackschichten sehr schnell von der Terrakottaoberfläche und drohen abzufallen. In Abbildung 1 ist die Bewegung zu erkennen, die bei der Austrocknung der Grundierung entsteht. Der Wasserverlust verursacht eine extreme Schrumpfung der Lackschicht (ca. 10 %), die zu drastischen Rissen und zur Verwölbung der so entstandenen Lackschollen führt. Dieses Verhalten des zweischichtig aufgetragenen Lacks ist an sich untypisch für ostasiatischen Lack. Dem Lack wurden vermutlich weitere organische Bestandteile zugemischt. Eventuell erklären diese Zugaben die auffällig extremen Spannungen der Grundierung.

Die zur Fassung der Terrakottaarmee verwendeten Malmaterialien müssen in großen Mengen entweder aus natürlichen Ressourcen zu gewinnen oder in einfachen Verfahren künstlich herzustellen gewesen sein. Verfügbarkeit und Verwendung von Lack waren in der Qin-Zeit bereits selbstverständlich: Es steht fest, „daß die Lackkunst, die nach Ausweis von Stücken mit Inschriften im 1. Jh. v. Chr. in hoher Blüte stand, damals bereits eine verhältnismäßig lange Geschichte hatte“.¹ Die Verfügbarkeit des Lacks mag folgende Geschichte im *Shiji* erhellen: Der Zweite Kaiser Er Shi Huangdi (Sohn des Ersten Kaisers) wollte seine Stadtmauer mit ostasiatischem Lack überziehen lassen. Die Schwierigkeiten bei der Realisierung dieses Vorhabens lagen nicht etwa in der geringen Menge des Rohmaterials, sondern im Mangel an einer ausreichend feuchten Atmosphäre zur Aushärtung des Lacks.²

Für die Han-Zeit überliefert das *Shiji*, daß es wiederholte Versuche gab, „den Lackbaum in Gegenden, in denen er früher einmal vorgekommen war, wieder einzuführen.“³ Der Rückgang von Lackbäumen schon in dieser Zeit kann durch das Abholzen zur Holzgewinnung verursacht worden sein. Weiterhin verursacht eine rigorose und einmalige Ernte einer möglichst großen Menge von Lacksaft das Absterben des Baumes. Es ist anzunehmen, daß bei einem hohen Bedarf an Lack auf diese Weise ganze Wälder abstarben.⁴ Im *Shiji* wird berichtet, daß Lackgärten als Schonpflanzung schon sehr früh in einem an Lackbäumen verarmten Gebiet angelegt wurden.⁵

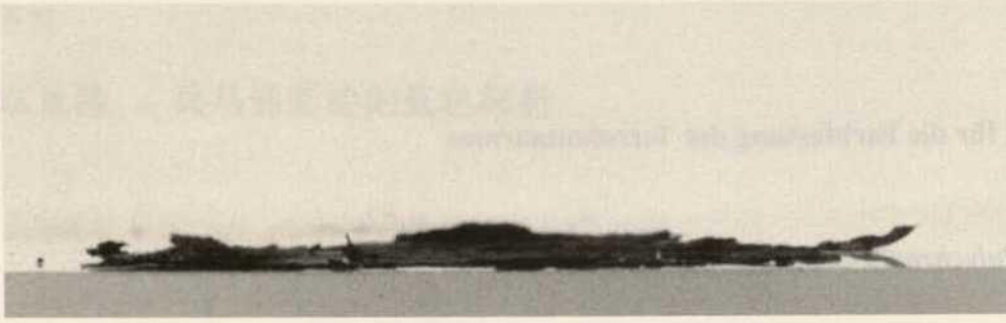
Der Zusatz organischer Bindemittel zum ostasiatischen Lack ist in der Literatur häufig beschrieben worden. Im Falle der Terrakottaarmee könnten solche Zusätze zum einen zum Strecken des wertvollen Lacks eingesetzt worden sein, zum anderen zur Beeinflussung der maltechnischen Eigenschaften für die Fassung von tausenden lebensgroßer Figuren. Für die Fassung eines einzelnen Tonkriegers waren schätzungsweise 140 g Rohlack notwendig.⁶ Nach Jenyns/Watson „rechnet man in China auf

East Asian Lacquer (Chinese: *qi*; Japanese: *urushi*) is used on the terracotta sculptures as the ground for the pigment layers; in some places it also serves to represent leather. The lacquer layers, which were covered with moist earth for more than 2 000 years, separate very quickly from the terracotta surface after excavation and threaten to drop off. Figure 1 shows the movement that takes place as the lacquer ground dries out. The loss of water causes an extreme shrinkage of the lacquer layer (c. 10 %), which leads to severe cracks and to buckling of the lacquer. This behavior is not typical for East Asian Lacquer. Presumably other organic components were mixed with the lacquer, which was applied in two coats, and these additives possibly explain the extreme tensions within the ground.

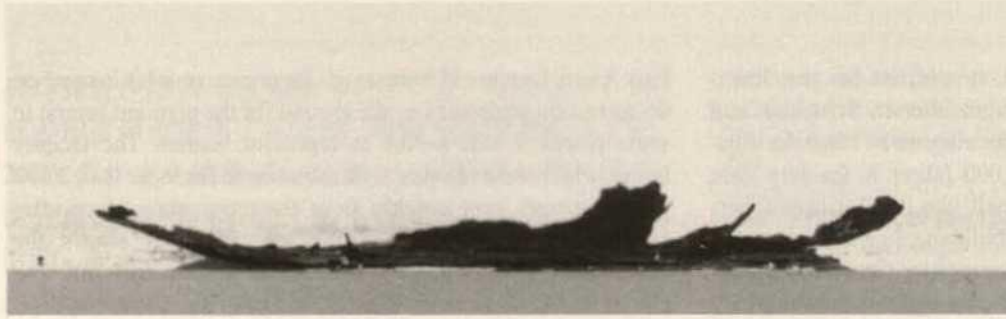
The materials used to paint the terracotta army had to have been obtainable in large quantities from natural resources or to have been man-made in simple processes. Lacquer was certainly available and in use by the time of the Qin era; it is known that 'the art of lacquer, which was flourishing according to the evidence provided by pieces with inscriptions from the first century BC, at that time already had a relatively long history.'¹ The availability of lacquer is illustrated by the following story in the *Shiji*: The second emperor, Er Shi Huangdi (son of the First Emperor), wished to have his city walls coated with East Asian Lacquer. The difficulties in carrying out this plan did not involve problems in acquiring enough raw material, but rather were caused by a lack of sufficient moisture in the atmosphere for hardening the lacquer.²

The *Shiji* reports that in the Han era there were repeated attempts 'to re-introduce the lacquer tree in regions in which it had formerly been present'.³ The decline of the lacquer tree already at that time could have been caused by deforestation for acquisition of wood. Moreover, a single rigorous harvest of as much lacquer sap as possible also causes the death of the tree; where there was a great demand for lacquer, it can be assumed that entire forests died in this manner.⁴ According to the *Shiji* already at an early date lacquer gardens were planted for beautification in a region that had lost its lacquer trees.⁵

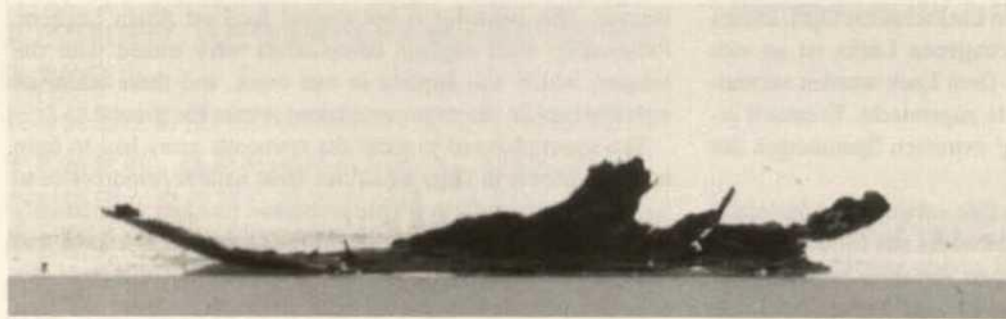
The addition of organic binding media to East Asian Lacquer is frequently described in the literature. In the case of the terracotta army such additives could have been used to stretch the valuable lacquer or to influence its properties in regard to painting thousands of life-sized figures. An estimated 140 grams of raw lacquer were necessary to decorate a single clay warrior.⁶ According to Jenyns/Watson 'in China one can calculate an average of 20 pounds of lacquer for 1000 trees,'⁷ or about 10 grams per lacquer tree. Thus a rough estimate indicates that the yield of 150 000-200 000 lacquer trees was necessary to paint the First Emperor's terracotta army. These enormous



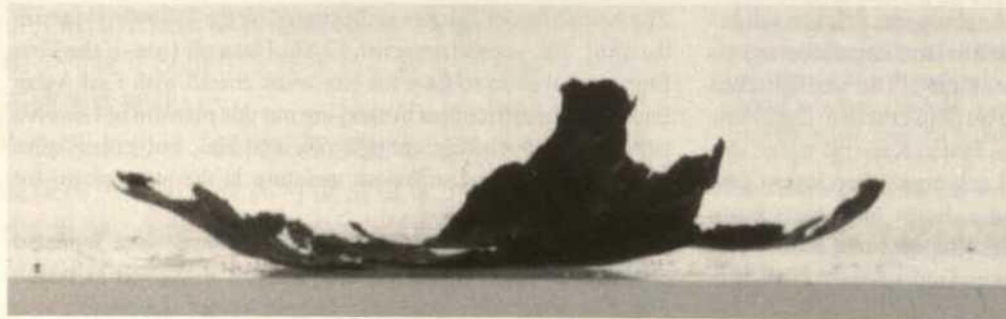
Ausgangssituation bei 100 % rF
Starting point at 100 % rh
初始状态, 100 %的相对湿度



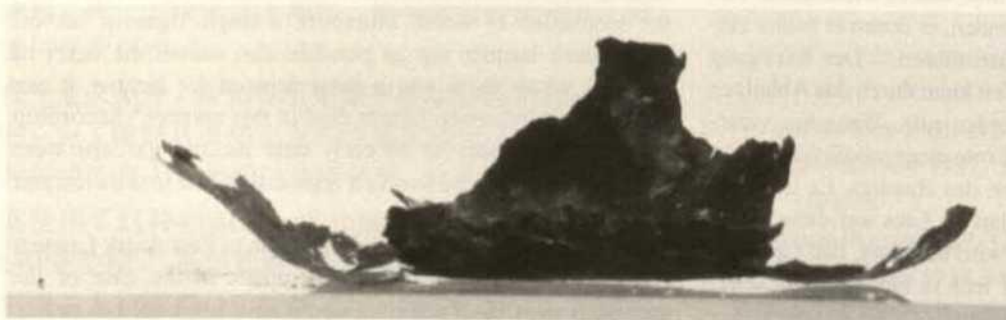
Nach einer Minute
After one minute
一分钟之后状态



Nach zwei Minuten
After two minutes
二分钟之后状态



Nach zweieinhalb Minuten
After two and a half minutes
二分半钟之后状态



Nach vier Minuten
After four minutes
四分钟之后的状态

Abb. 1. Extreme Verformung einer originalen Lackscholle durch Wasserverlust: Die 12 mm lange Scholle wurde aus ca. 100 % rF in ein Raumklima von ca. 60 % rF verbracht; die sichtbare Reaktion erfolgte innerhalb von vier Minuten

Fig. 1. Extreme deformation of a patch of the original lacquer during the loss of water: the patch, 12 mm in length, was moved from an environment of 100 % rh to the room environment of c. 60 % rh; the visible reaction occurred within four minutes

图 1. 此组照片揭示了原始漆层碎块由于失水而极度变形。将 12 毫米长的漆层碎块由大约 100 %的相对湿度转到大约为 60 %的相对湿度的房间。4 分钟之内即见反应。

tausend Bäume im Durchschnitt 20 Pfund Lack⁶, d. h. ca. 10 g pro Lackbaum. Grob geschätzt war demnach der Ertrag von 150 000-200 000 Lackbäumen für die Bemalung der Terrakottaarmee des Ersten Kaisers notwendig. Dieser große Bedarf macht es gut vorstellbar, daß der Lack mit organischen Bindemitteln gestreckt worden ist.

Wie beeinflussen organische Zusätze die Eigenschaften des Lacks? Welche organischen Zugaben wurden verwendet? Wie wurden diese organischen Zusätze aufbereitet und welche Mengen an organischen Zusätzen und/oder Wasser kann der ostasiatische Lack aufnehmen? Organische Zusätze könnten bei der Verwendung auf den Figuren der Terrakottaarmee die Eigenschaften des Lacks in Hinblick auf Saugfähigkeit und Trocknung,⁸ Applikationsmöglichkeiten oder Haftung der einzelnen Schichten⁹ positiv beeinflussen.

In naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurde als Material der Grundierung der Tonsoldaten nur ostasiatischer Lack (*Rhus vernicifluum*) nachgewiesen, organische Zusätze konnten bislang analytisch nicht bestimmt werden. Schwierigkeiten bei der Bestimmung resultieren zum einen aus den nur begrenzt vorhandenen Referenzproben und den technisch-analytischen Möglichkeiten, zum anderen daraus, daß altchinesische Malmaterialien bislang nur wenig erforscht sind. Kenntnisse über organische Bindemittel im frühen China, ihre Verarbeitungstechniken, Alterungserscheinungen etc. sind nur unzureichend vorhanden. Allein im Süden Asiens (Inselregion) sind z. B. hunderte Sorten von Harzen und Gummen verschiedener Pflanzen festgestellt und untersucht worden.¹⁰ Ferner gibt es unterschiedliche Lackbaumarten.¹¹

Über das Verhalten und Aussehen gealterter Lackfilme, rein oder mit Zusätzen, liegen nur wenige Informationen vor. Es ist kaum bekannt, wie sie verspröden, craquelieren, auf Klimaschwankungen und Wassereinwirkung reagieren oder wie sich Volumen und Form ändern können. Bei antiken Lackwaren aus archäologischen Funden ist häufig die Lackschicht gut erhalten, die Konservierungsprobleme treten hauptsächlich am Trägermaterial (Holz oder Gewebe) auf. Da die Grundierung der Tonsoldaten empfindlich gegen dampfförmiges und flüssiges Wasser ist und auf Wasserentzug mit extremem Volumenschwund

requirements make it easily imaginable that the lacquer was extended with organic binding media.

How do organic additives affect the properties of the lacquer? What organic additives were used? How were these organic additives prepared and what amounts of organic additives and/or water can East Asian Lacquer absorb? Organic additives used in the lacquer on the terracotta army could have had a positive influence on the properties of the lacquer in regard to absorption and hardening,⁸ application, or the adhesion of individual layers.⁹

In scientific experiments the only material identified so far in the ground on the terracotta figures was East Asian Lacquer (*Rhus vernicifluum*); no organic additives could be determined in analyses so far. Difficulties in identification arise from the limited number of available reference samples and from the analytical techniques that can be applied, as well as from that fact that there is very little research so far into ancient Chinese painting materials. Knowledge of organic binding media and their processing in early China, of aging characteristics, etc. is insufficient. In southern Asia alone (the island region), for example, hundreds of kinds of resins and gums from different plants have been identified and studied.¹⁰ Moreover there are various types of lacquer trees.¹¹

There is very little information on the behavior and appearance of aged lacquer films, whether pure or with additives. Hardly anything is known about how they become brittle and develop craquelure, how they react to variations in climate or to the effect of water, or how their volume and form can change. On ancient lacquerware from archaeological sites the lacquer layer is often well preserved; conservation problems mostly develop on the support material (wood or textile). Since the ground on the terracotta soldiers is sensitive to vaporous or liquid water and reacts to dehydration with an extreme decrease in volume, the question arises as to what extent added organic binding media could have changed the 'super-durable' property¹² of the lacquer. The behavior of the lacquer ground on the terracotta army during dehumidification is unique; no comparable examples are known so far.

The quality and processing of the raw lacquer used in the Qin era are also important factors regarding the properties of the

6 Die Oberfläche eines Tonkriegers beträgt ca. 2 m², die Lackschicht ist ca. 0,05 mm dick. Das bedeutet, daß ca. 100 g ausgehärteter Lack, bzw. ca. 140 g Rohlack auf jede Figur aufgetragen worden sind.

7 STEPHAN 1927, S. 16.

8 Edb. 1927, S. 34, schreibt, wenn der Anstrich nur wenig Lackzusatz enthalte, dürfe das Trocknen „an freier Luft oder im direkten Sonnenlicht erfolgen.“

9 Der reine Lack ist wasserabstoßend, zeigt eine dichte Oberfläche und schließt die Anwendung von wäßrigen Bindemittelsystemen für eine darauffliegende Schicht aus. Die originale pigmentierte Schicht ist heute wasserlöslich und war vermutlich wäßrig gebunden.

10 GIANNO 1987.

11 Siehe hierzu PRASSE, *Der Orientalische Lackbaum Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) Barkley, und ZHANG JIZU/SHANG ZANGGYAN/LI RUJIAN, *Zur Herkunft des Lackes auf den Soldaten der Terrakottaarmee des ersten Kaisers Qin Shihuang*, in diesem Arbeitsheft.

8 STEPHAN 1927, p. 34, writes that if the coating contains only a little lacquer then drying can occur 'in the open air or in direct sunlight'.

9 Pure lacquer is water repellent, exhibits a dense surface and precludes the use of aqueous binding media for the layer over top it. The original pigmented layer is water soluble today and presumably was aqueously bound.

10 GIANNO 1987.

11 PRASSE, *The Oriental Lacquer Tree Toxicodendron vernicifluum*, and ZHANG JIZU/SHANG ZANGGYAN/LI RUJIAN, *On the Origin of the Lacquer on the Warriors of the Terracotta Army of the First Emperor Qin Shihuang*, in this volume.

12 KUMANOTANI 1978, p. 51.

reagiert, stellt sich die Frage, wie weit beigemischte organische Bindemittel die „superdurable“¹² Eigenschaften des Lacks verändert haben könnten. Das Verhalten der Lackgrundierung der Terrakottaarmee bei der Entfeuchtung ist einzigartig; Vergleichsbeispiele sind uns bislang unbekannt.

Für die Eigenschaften der Lackgrundierung sind auch die Qualität des in der Qin-Zeit verwendeten Rohlacks und dessen Verarbeitung wichtige Faktoren. Die Zusammensetzung¹³ und damit die Qualität des ostasiatischen Lacks ist u. a. abhängig von den natürlichen Gegebenheiten wie Baumart, Anbaugesamt (Bodenverhältnisse, Klima), der Gewinnung von wild wachsenden oder in Plantagen kultivierten Bäumen, dem Alter des Lackbaums und davon, ob es sich um Ast- oder Stammlack handelt.¹⁴ Lack von wild wachsenden und älteren Bäumen zeigt erhebliche Schwankungen in der Qualität. Mänchen-Helfen vermutet für den im Buch (*Riten der Zhou-Dynastie*) genannten „Waldlack“, daß dieser der „von wilden Lackbäumen [der Wälder] gewonnene Lacksaft sein könnte.“¹⁵ Die Verwendung dieses Waldlacks ist auch in der Qin-Zeit denkbar. Bis zum Beginn der Han-Zeit sollen Lackbäume in der Provinz Henan und im südwestlichen Teil von Shandong wild gewachsen sein.¹⁶

Bonani schrieb 1720, in Japan müßten die Lackbäume sieben Jahre „bebaut und gewartet werden, ehe man Firnis daraus ziehen kann; anstatt den chinesischen alle Jahre sammelt, welche aus so groß als die Tannen und Fichten-Bäume in Europa seyn.“¹⁷ Als Grundierungsmaterial fanden auch schlechtere Lacksorten Anwendung, z. B. Astlack, der mit Wasser gemischt aufgestrichen wurde; er blieb nach dem Trocknen schwarzbraun.¹⁸

Erntezeit¹⁹, Lagerung, Reinigung, Entwässerung²⁰, organische und anorganische Zusätze, Aushärtungsprozeß²¹, Applikationstechniken, Wechselwirkungen mit dem Trägermaterial u. a. sind weitere Faktoren für die Qualität des Lacks.²² Kumanotani stellte fest, „daß sich die festen Filme aus Rohlack stark veränderten, während die aus Lack hergestellten sich nicht veränderten.“²³ Er gibt jedoch keine näheren Hinweise auf Art oder Ursachen dieser Veränderungen. Kenjo schreibt: „Indem der Wassergehalt abnimmt, wird der Lackfilm transparent, der Glanz nimmt zu und die Farbe wird heller.“²⁴

Es ist nicht bekannt, ob für die Fassung der Tonkrieger der Rohlack entwässert worden ist. In der Qin-Zeit soll die Entwässerung von Rohlack bereits bekannt gewesen sein. Nach Hu Jigao war die Entwässerung von Rohlack bereits in der Periode der Frühlings- und Herbstannalen (8. Jh. v. Chr.) bekannt.²⁵ Auch darüber, ob in der Qin-Zeit dem Lack organische Zusätze zugegeben wurden, finden sich kaum Informationen. Im *Shiji* wird die Formulierung, wie „Leim und Lack zusammenhalten“ gebraucht und erklärt, daß sie eine „unzertrennliche Freundschaft“²⁶ bilden. Offen ist, was Leim hier genau bezeichnet, denn heute wird im Chinesischen der Begriff Leim auch für pflanzliche Gummen verwendet. Unklar ist auch, ob eine Mischung gemeint ist oder übereinanderliegende Schichten. Eine korrekte Interpretation der Begriffe ist schwierig. Nach Williams wurden schlechtere Lacksorten mit dem Saft anderer Bäume „oder mit Substanzen wie Schweineblut versetzt.“²⁷

Versuche mit ostasiatischem Lack

Zum besseren Verständnis unserer Fragestellungen zum Verhalten der Grundierung wurde chinesischer, mit verschiedenen

12 KUMANOTANI 1978, S. 51.

13 Die Zusammensetzung und die prozentualen Verhältnisse der Bestandteile von ostasiatischem Lack werden in der Literatur unterschiedlich angegeben. STEPHAN 1927, S. 33: „1. Eine flüchtige Säure in sehr geringer Menge (...) 2. Wasser in veränderlichen Mengen von 10 bis 34 %, je nachdem ob der Rohlack von jungen oder alten Lackbäumen, Stämmen oder Ästen gewonnen wird (...) 3. Eine stickstoffhaltige Substanz, die nach Korschelts Meinung den Eiweißkörpern zuzuschreiben ist. Ihre Menge wechselt von 1,7 bis 3,5 %. (...) 4. Gummi, das in allen wesentlichen Merkmalen mit Gummi Arabicum übereinstimmt und 3 bis 6,5 % ausmacht (...) 5. Lacksäure oder Urushinsäure [Urushiol], der vorwiegende und wichtigste Bestandteil, dessen Menge in der Regel zwischen 60 und 80 % des Gesamtgewichtes beträgt“. SHEN FUWEN 1957, S. 19 (Übersetzung von LIN CHUNMEI 1992, S. 2): „Der Rohlack besteht aus einem Säureanteil [Urushiol] (68,61 %), Protein (1,89 %), Gummen (6,78 %) und Wasser (22,72 %)“. KUMANOTANI 1979, S. 3: „Urushiol 65-70 %, Polysaccharide [Gummen] 5-7 %, Laccase 1 %, Wasser 20-25 %“. Vgl. auch Beitrag von RING, *Chemische Untersuchungen an ostasiatischem Lack (Qi-Lack)*, in diesem Arbeitsheft.

Die Abhängigkeit der Zusammensetzung von den natürlichen Gegebenheiten nennen BURMESTER/BRANDT 1982, S. 223.

14 Astlack wird aus Ästen und oberen Stammteilen gewonnen, Stammlack aus dem unteren Teil des Stammes. Astlack gilt als die schlechtere, Stammlack als die bessere Sorte.

15 MÄNCHEH-HELFFEN 1937, S. 35.

16 Ebd. 1937, S. 35. JENYNS/WATSON 1963, S. 276: „Seine Wildform ist fast ganz auf Hügelgebiete zwischen 400 und 500 Meter Höhe beschränkt, doch dürfte sie ehemals ein viel größeres Verbreitungsgebiet bis in die Ebenen hinunter gehabt haben, aus denen sie längst verschwunden ist.“

17 VIETSCH 1744, S. 55.

18 STEPHAN 1927, S. 38.

19 Ebd. 1927, S. 12: „Am geringsten geschätzt ist der im Frühjahr gewonnene Lack, weil er sehr wässrig ist. Viel dickflüssiger, zugleich aber körnig und schwer austretend ist das im Herbst gesammelte Produkt. Als beste Zeit der Lackernte gilt der Hochsommer, da in ihm Quantität und Qualität des Materials den Anforderungen am meisten entsprechen.“

20 Es gibt unterschiedliche Verfahren zur Entwässerung des Rohlacks. Nach SHEN FUWEN 1957 (Übersetzung von LIN 1992, S. 2) „wird der gereinigte Lack in ein Holzfaß gefüllt und zum Trocknen in die Sonne gestellt. Gleichzeitig rührt man den Saft mit einem Holzstock, um den Wasseranteil freizusetzen. Nachdem etwa 30 % des Wasseranteils verdunstet sind, wird der graue milchige Rohlack halbdurchsichtig braun (...). Der Rohlack wird mit Feuer gekocht. Da aber durch das Kochen der Wasserverlust zu hoch ist, verliert der Rohlack seine Trocknungseigenschaft. Um diese wieder herzustellen, „kann man jedoch 20-30 % Rohlack zugeben.“ STEPHAN 1927, S. 24: „Erwärmung über Kohlenfeuer“ (unter 60° C).

21 Im *Shiji* (zitiert nach MÄNCHEH-HELFFEN 1937, S. 37) wird über die Trocknungsorte gelackter Waren berichtet: „Der Raum, in dem man frischgelackte Gegenstände tagsüber hielt, eine laubbedeckte Grube, hieß, 'das Schattenhaus'.“ Es gibt unterschiedliche Methoden zur Härtung des Lackfilms: SHEN FUWEN 1957 (Übersetzung von LIN 1992, S. 2): „a. Natürliche Trocknung: Nachdem ein Gegenstand gestrichen worden ist, wird er in eine klimatisierte Umgebung gebracht (74-85 % rF, 25-30° C). (...) b. Aushärten mit hoher Temperatur. (...) Der Lack wird bis 150° C erhitzt. Der Lack ist nach etwas mehr als 10 Minuten ausgehärtet. Wenn die Temperatur über 250° C steigt, verkohlt die Lackoberfläche. Diese Methode des Härtens ist leicht und schnell, aber der so entstandene Glanz ist nicht so schön wie der durch natürliches Trocknen erzielte.“ Nach KENJO 1976, S. 2, unterscheiden sich die Trocknungszeiten von japanischen, taiwanesischen und burmesischen Lacken deutlich.

22 KUMANOTANI 1979, S. 5: „Aus der Erfahrung ist bekannt, daß Lack guter Qualität von der Kontrolle des Wassergehalts bei der Herstellung abhängig ist.“

23 KUMANOTANI 1979, S. 6: „Ein häufig gebrauchter Lack wird im Allgemeinen so hergestellt, daß man den Rohlack bei 30-40° C in einem Behälter, der mit einer besonderen Rührvorrichtung versehen ist, 7-8 Stunden rührt. Bei diesem Prozeß tritt ein Verdampfen des

- 13 The composition and proportions of the components of East Asian lacquer are differently specified in the literature. STEPHAN 1927, p. 33: '1. A volatile acid in very small amounts (...) 2. Water in different amounts from 10 to 34 %, depending on whether the raw lacquer has been extracted from young or old trees, from trunks or branches (...) 3. A nitrogenous substance, which in Korschelt's opinion is to be ascribed to the albumin. The amount ranges from 1.7 to 3.5 % (...) 4. Gum, which corresponds in all its important properties to gum arabic and amounts to 3 to 6.5 % (...) 5. Lacquer acid or urushiol (urushiol), the predominant and most important component, the amount of which is usually between 60 and 80 % of the total weight.' SHEN FUWEN 1957, p. 19 (German translation by LIN CHUNMEI 1992, p. 2): 'The raw lacquer consists of an acid component (urushiol) (68.61 %), protein (1.89 %), gums (6.78 %) and water (22.72 %).' KUMANOTANI 1979, p. 3: 'Urushiol 65-70 %, polysaccharides (gums) 5-7 %, laccase 1 %, water 20-25 %.' See also RING, *Chemical Analysis of East Asian Lacquer (Qi-Lacquer)*, in this publication.
- BURMESTER/BRANDT 1982, p. 223, mention the dependence of the composition on natural conditions.
- 14 Branch lacquer is extracted from branches and upper parts of the trunk, trunk lacquer from the lower part of the trunk. Branch lacquer is considered the poorer, trunk lacquer the better type.
- 15 MÄNCHEN-HELFFEN 1937, p. 35.
- 16 Ibid. 1937, p. 35. JENYNS/WATSON 1963: p. 276: 'Its wild form is almost totally limited to hilly regions at elevations of between 400 and 500 meters, but it must have once had a much larger range reaching down to the plains, from which it has long disappeared.'
- 17 VIETSCH 1744, p. 55.
- 18 STEPHAN 1927, p. 38.
- 19 Ibid. 1927, p. 12: 'The lacquer that is extracted in the spring is valued least because it is very watery. The product that is collected in the fall is much more viscous, but also grainy and hard to exude. Midsummer is considered the best time for harvesting lacquer because then the quantity and quality of the material best correspond to the demands made on it.'
- 20 There are various procedures for dehydrating raw lacquer. According to SHEN FUWEN 1957 (German translation by LIN 1992, p. 2) the cleaned lacquer is put in a wooden barrel and placed in the sun to dry. At the same time the sap is stirred with a wooden stick in order to release the water components. After about 30 % of the water has evaporated the gray, milky raw lacquer becomes a translucent brown (...). The raw lacquer is boiled by fire. But since the loss of water from the boiling is too high the raw lacquer loses its hardening property. In order to reestablish this '20-30 % raw lacquer can be added.' STEPHAN 1927, p. 24: 'Heating over a coal fire' (below 60° C).
- 21 In the *Shiji* (quoted from MÄNCHEN-HELFFEN 1937, p. 37) there is an account of where lacquered objects are dried: 'The place in which freshly lacquered objects are kept during the day, a leaf-covered pit, was called 'the shadow house.' There are different methods for hardening the lacquer film. Shen Fuwen (German translation by LIN 1992, p. 2): 'a. Natural drying: after an object is painted it is placed in a climate-controlled environment (74-85 % rh, 25-30° C). (...) b. Hardening at a high temperature (...) The lacquer is heated to a temperature of up to 150° C. The lacquer is hardened after a little longer than 10 minutes. If the temperature goes over 250° C; the lacquer surface carbonizes. This method for hardening is easy and fast but the gloss that is achieved is not as beautiful as from natural drying.' According to KENJO 1976, p. 2, there are definite differences in the drying times for Japanese, Taiwanese and Burmese lacquers.
- 22 KUMANOTANI 1979, p. 5: 'Experience has shown that lacquer of good quality depends on controlling the water content during processing.'
- 23 KUMANOTANI 1979, p. 6: 'A commonly used lacquer is generally prepared by stirring the raw lacquer for 7-8 hours at 30-40° C in a vessel that has a special stirring mechanism. During this process water evaporates, the urushiol polymerizes and there is a reaction between the urushiol and the plant gum. Lacquer that is prepared in this manner has a water content of about 3 %.'
- 24 KENJO 1979, p. 11.
- lacquer ground. The composition¹³ and thus the quality of East Asian Lacquer depend among other things on natural conditions such as the type of tree, the area in which it was grown (soil conditions, climate), the age and year of the tree, and whether extraction was from wild or cultivated trees, from a branch or from the trunk.¹⁴ Lacquer from trees growing in the wild and from older trees shows substantial deviations in quality. Mänchen-Helfen presumes that the 'forest lacquer' mentioned in the book *Chou li (Rites of the Zhou Dynasty)* could be 'lacquer sap extracted from wild lacquer trees (of the forest).'¹⁵ The use of 'forest lacquer' is also possible in the Qin era. Up until the beginning of the Han era lacquer trees supposedly grew wild in the Henan Province and in the southwestern part of Shandong.¹⁶
- Bonani wrote in 1720 that in Japan the lacquer trees had to be 'cultivated and maintained for seven years, before varnish can be taken from them; instead the Chinese collect (lacquer sap) every year from trees as big as firs and pines in Europe.'¹⁷ Poorer quality lacquer was also used as the material for ground layers; for example lacquer extracted from a branch and mixed with water remained blackish-brown after a coating had dried.¹⁸
- Additional factors affecting the quality of the lacquer include harvest time,¹⁹ storage, cleaning, dehydration,²⁰ organic and inorganic additives, the hardening process,²¹ techniques of application, interaction with the support material, etc.²² Kumanotani established that 'the hard films made of raw lacquer changed considerably whereas films made out of processed lacquer did not change.'²³ However he gives no further details on the type or the cause of these changes. Kenjo notes that 'as the water content is reduced the lacquer film becomes transparent, the gloss increases and the color becomes lighter.'²⁴
- It is not known if the raw lacquer was dehydrated for use on the clay warriors, although the process of dehydrating would have been known in the Qin era. According to Hu Jigao, dehydration of raw lacquer was already known in the period of the Spring and Autumn Annals (8th century BC).²⁵ There is hardly any information as to whether organic additives were added to lacquer in the Qin period. The formulation 'glue and lacquer hold together' is used in the *Shiji*, where it is said that they form an 'inseparable friendship'.²⁶ But what 'glue' means in this context is an open question because in Chinese the term 'glue' is also used today for plant gums. It is also unclear if reference is to a mixture or to layers on top of one another. A correct interpretation of the terms is difficult. According to Williams poorer types of lacquer were mixed with the sap of other trees 'or with substances such as pig blood.'²⁷

Experiments Using East Asian Lacquer

To gain a better understanding of the problems concerning the behavior of the ground layer on the terracotta army, Chinese lacquer was mixed with various binding media, applied to different types of supports, and its behavior in various climatic cycles was studied. In this manner a collection of materials was produced that can be used for comparative purposes in identifying materials and in experiments²⁸; it further offers information on the technological and painting properties of lacquer during processing and preparation and on reactions during hardening. The behavior of the lacquer coatings during absorption and release of moisture can be compared with the

Bindemitteln vermischter Lack auf unterschiedliche Träger aufgestrichen und ihr Verhalten in verschiedenen Klimazyklen untersucht. Auf diese Weise wurde eine Materialsammlung hergestellt, die als Vergleichsmaterial für naturwissenschaftliche Materialbestimmungen und Untersuchungen dient²⁸ und Informationen zu technologischen und maltechnischen Eigenschaften bei der Verarbeitung und Vorbereitung sowie zu Reaktionen während des Aushärtens des Lacks bietet. Das Verhalten der Aufstriche bei Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe kann mit dem Verhalten der originalen Grundierung verglichen werden; ferner ist eine Untersuchung der optischen Eigenschaften, der Farbigkeit, des Oberflächencharakters und der Sprödigkeit bzw. Elastizität der Lackfilme möglich. Die angefertigten Aufstriche beschränken sich auf wenige Mischungen. Andere Mischungsverhältnisse, Verarbeitungstechniken und Aushärtungsbedingungen können zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Versuchsdurchführung

Für die Aufstriche wurde chinesischer Rohlack aus Qingling²⁹ (im Süden der Provinz Shaanxi gelegen), direkt vom Baum geerntet, verwendet, eine grauweiße, dickflüssige Emulsion, die sich an der Luft in wenigen Sekunden ockerbraun und später schwarz verfärbte. Nähere Charakteristika des benutzten Lacks, etwa ob Astlack oder Stammlack, die genaue Sorte und das Alter des Lackbaums sowie die Erntezeit waren unbekannt. Die Aufstriche wurden zusammen mit Frau Piert-Borges in Köln ausgeführt.³⁰

Filterierung: Der Lack wurde durch drei Schichten Japanpapier filtriert und gepreßt, um ihn von Verunreinigungen (Rindenteilchen u. a.) zu befreien.³¹ Der filtrierte Rohlack wurde für die Versuche nicht entwässert.³²

Zugemengte Bindemittel: Es wurden in der Literatur häufig genannte organische Zugaben ausgewählt: Stärke und Kleister (Weizenmehl, Reiskleister), Gummen (Gummi Arabicum, Kirschgummi), eiweißhaltige Stoffe (Hühnereiweiß, Schweineblut), Glutinleime (Hasenleim), trocknende Öle (Tungöl)³³, organische Verdünnungsmittel³⁴ und Campher³⁵.

Rezepturen: Die Mischungsverhältnisse resultierten aus praktischen Erfahrungen, abhängig von der Aufnahmefähigkeit des Rohlacks. Empirisch ermittelt wurden Mischbarkeit, Emulsionsbildung etc. Die Prozentangaben sind in Gewichtsteilen angegeben (Tab. 1).

Versuchsträger: Die Lackmischungen wurden auf drei unterschiedliche Träger aufgestrichen: Terrakottaplättchen³⁶, Objektträger aus Glas und Hostaphanfolie (Polyterephthalat-[PETP]-Folie). Die Verwendung dieser unterschiedlichen Trägermaterialien ermöglichte es, diverse Eigenschaften des Lacks während der Applikation und beim Aushärten zu beobachten, ebenso waren Versuche mit Wasserdampf und Wasser möglich.³⁷ Die Struktur der Aufstriche auf den Objektträgern ist im Durchlicht sichtbar. Auf der Folie konnten sich die Aufstriche während der Aushärtung entsprechend ihren Spannungen relativ „frei“ bewegen.

Werkzeuge: Der Lack und die jeweiligen Bindemittel wurden mit einem Holzspatel auf einer Glasplatte gemischt und mit einem breiten, dünnen und kurzhaarigen Pinsel (Menschenhaar) aufgestrichen.

Aushärtung: Die Lackaufstriche härteten bei einer Feuchte von über 70 % rF in einer entsprechend konditionierten Holzkieste innerhalb von 12 Stunden aus.

Wassers, die Polymerisation von Urushiol und die Reaktion zwischen Urushiol und dem Pflanzengummen ein. In dem auf diese Weise hergestellten Lack sind etwa 3 % Wasser enthalten.“

24 KENJO 1979, S. 11.

25 HU JIGAO 1978, S. 111: „The prepared urushi was already in use (...) in the Period of Spring and Autumn and Warring States. (...) In making coloured lacquerwares, prepared urushi must be used. If raw urushi is used, it will become dark when dry.“

26 MÄNCHEN-HELFEN 1937, S. 36.

27 WILLIAMS 1963, S. 276.

28 Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurden von Prof. Hans Langhals und von Dr. Ulrike Ring am Institut für Organische Chemie der Ludwig-Maximilians-Universität München durchgeführt.

29 Der Rohlack wurde im September 1991 in China erworben.

30 Frau Barbara Piert-Borges, Köln, für deren Hilfe wir uns herzlich bedanken.

31 WANG SHIXIANG 1983, S. 50, nennt auch Leinen und Baumwollstoff.

32 Lediglich Probe 14 wurde mit entwässertem Lack durchgeführt.

33 RÖMPP 1983, Stichwort Holzöl: „Sammelbezeichnung für hellgelbe bis dunkelbraune, schweinefettartig riechende Öle, die aus den zerkleinerten Samenschalen und Kernen der in China, Japan und Indochina (...) verbreiteten baumartigen Aleurites-Arten (Wolfsmilchgewächse) kalt gepreßt oder extrahiert werden können. An der Luft erstarrt ein Anstrich mit Holzöl unter Sauerstoffaufnahme zu einer matten, rissigen Schicht; Holzöl gehört also zu den trocknenden Ölen. Durch Erhitzen mit Leinöl, durch Harzzusatz (...) erhält man aus dem Holzöl Öle und Firnisse, die harte, wasserbeständige Aufstriche geben.“

34 STEPHAN 1927, S. 20: „Andererseits ist neben Wärme der Campher oder Shono das einzige, den Japanern schon früher bekannte und von ihnen noch immer angewandte Verdünnungsmittel des Lacks. Derselbe wird in seinem gewöhnlichen kristallinen Zustand mittels des Spatels mit dem Lack vermischt, zerdrückt und dadurch flüssig gemacht.“

35 RÖMPP 1983, Stichwort Campher: „Farblose oder weiße, weiche, charakteristisch riechende, flüchtige Stücke. [...] In China und Japan gewinnt man den Campher durch Wasserdampfdestillation des zerkleinerten Holzes von 40-50jährigen Campher-Bäumen (*Cinnamomum camphora*, bis 12 m hohes Lorbeergewächs) und anschließende, wiederholte Sublimation (...). In Wasser ist Campher wenig, in Alkohol, Ether, Aceton, Chloroform und Ölen leicht löslich.“

36 Bei der Vorbereitung der Terrakottaplättchen (ca. 0,5x5x7 cm) wurde die Oberfläche der mittelkörnigen Masse mit den Fingern verdichtet, um eine den originalen Fragmenten ähnliche Oberflächenstruktur zu erreichen. Die Brenntemperatur lag bei ca. 900° C. Physikalische Eigenschaften des Tonmaterials: Plastische keramische Masse S 4015, Trockenschwund: 4,5 %; Einsatztemperatur: 1000° C; Wasseraufnahme: 13 %; Brennschwund bei 1000° C: 1 %; Brennfarbe: dunkelbraun. Bezugsquelle: Fachhandel.

37 Bei der Polymerisation des Lacks ist der Wassergehalt wichtig. Je mehr Wasser enthalten ist, desto schneller trocknet der Film. Wenn zuviel Wasser enthalten ist, trocknet der Film unregelmäßig und matt. Der Wasseranteil beeinflusst die Eigenschaften der Aufstriche. Die poröse Terrakotta entzieht einen Teil des Wassers und beeinflusst die optischen Eigenschaften des Aufstrichs.

- 25 HU JIGAO 1978, p. 111: 'The prepared urushi was already in use (...) in the Period of Spring and Autumn and Warring States (...) In making coloured lacquerwares, prepared urushi must be used. If raw urushi is used, it will become dark when dry.'
- 26 MÄNCHEN-HELFEN 1937, p. 36.
- 27 WILLIAMS 1963, p. 276.
- 28 The scientific investigations were carried out by Prof. Langhals and Dr. Ring at the Institute for Organic Chemistry at the Ludwig Maximilian University in Munich.
- 29 The raw lacquer was obtained in China in September 1991.
- 30 Barbara Piert-Borges, Cologne, for whose help we are very grateful.
- 31 WANG SHIXIANG 1983, p. 50, also lists linen and cotton.
- 32 Only sample 14 used dehydrated lacquer.
- 33 RÖMPP 1983, wood oil: 'General term for light yellow to dark brown oils that smell like pig fat; they can be cold-pressed or extracted from the crushed seed coats and kernels of tree-like types of spurge plants found in China, Japan and Indochina. Through oxygen absorption on exposure to air a coating with wood oil hardens to a matt, cracked layer; wood oil thus is one of the drying oils. Oils and varnishes that yield a hard, water resistant coating can be obtained from wood oil by heating with linseed oil or by adding resin.'
- 34 STEPHAN 1927, p. 20: 'On the other hand, besides heat, camphor or shono is the only thinning agent for lacquer that was known to the Japanese at an early time and is still used. In its common crystalline state it is mixed with a spatula with the lacquer, crushed and thus liquefied.'
- 35 RÖMPP 1983, camphor: 'Colorless or white, soft, volatile pieces with a characteristic odor (...). In China and Japan camphor is obtained by steam distillation of the crushed wood of 40-50 year old camphor trees (*Cinnamomum camphora*, a laurel plant of up to 12 meters), followed by repeated sublimation (...). Camphor is hardly soluble in water, readily soluble in alcohol, ether, acetone, chloroform and oils.'
- 36 In preparing the terracotta plates (c. 0.5 x 5 x 7 cm) the surface of the medium-grained mass was compressed with the fingers in order to achieve a surface structure similar to that of the original fragments. The firing temperature was c. 900° C. Physical properties of the clay material used (source: specialist trade): plastic ceramic mass S 4015, drying shrinkage 4.5 %; firing temperature: 1000° C; water absorption: 13 %; firing shrinkage at 1000° C: 1 %; firing color: dark brown.
- 37 The water content is important during polymerization of the lacquer. The higher the water content, the faster the film dries. If the water content is too high, the film dries irregularly and is matt. The water component influences the properties of the coating. The porous terracotta withdraws part of the water and influences the optical properties of the coating.
- 38 HERM 1992.
- 39 *Ibid.*: Two methods of IR spectroscopy were employed: micro-hydro-pyrolysis and a solution with hydrogen peroxide/ammonia.

behavior of the original ground on the terracotta figures; in addition it is possible to study the optical properties, the color, the character of the surface and the brittleness or elasticity of the lacquer film. The lacquer coatings that were produced are limited to a few mixtures. The use of other mixing ratios, processing techniques or conditions for hardening could lead to different results.

Execution of the Experiments

Chinese raw lacquer from Qingling²⁹ (in southern Shaanxi Province), harvested directly from the tree, was used for the coatings; it is a grayish white, viscous emulsion that discolors to ochre brown and later to black within a few seconds upon exposure to air. More detailed characteristics of the lacquer that was used (for example whether it was branch lacquer or trunk lacquer, the exact sort and age of the lacquer tree, the time of harvesting) were not known. The coatings were made together with Ms. Piert-Borges in Cologne.³⁰

Filtering: The lacquer was filtered and pressed through three layers of Japanese vellum in order to free it from pollutants (pieces of barks, etc.).³¹ The filtered raw lacquer was not dehydrated for the experiments.³²

Added binding media: Organic additives that are frequently mentioned in the literature were selected: starch and size (wheat flour, rice starch), gums (gum arabic, cherry gum), albuminous materials (chicken egg whites, pig blood), glutin glues (rabbit glue), drying oils (tung oil),³³ organic thinners³⁴ and camphor.³⁵

Recipes: The mixing ratios resulted from practical experience, depending on the absorption capacity of the raw lacquer. Mixability, emulsion formation, etc. were empirically determined. The percentages are given in weights (tab. 1).

Supports: The lacquer mixtures were applied to three different supports: small terracotta plates,³⁶ glass slides and Hostaphan foil (polyterephthalate [PETP] foil). The use of these different support materials made it possible to observe diverse properties of the lacquer during application and hardening; moreover experiments with steam and water were possible.³⁷ The structure of the coatings is visible on the slides in transmitted light. On the foil the coatings could move relatively 'freely', in accordance with their tensions, during hardening.

Instruments: The lacquer and the binding medium were mixed on a glass plate using a wooden spatula and were applied with a broad, thin, short-haired brush (human hair).

Hardening: The lacquer coatings hardened within 12 hours at a humidity of over 70 % rh in an appropriately conditioned wooden box.

Results

Analyses of the Lacquer Coatings

FT-IR spectra were made of the prepared mixtures of East Asian Lacquer and organic binding media.³⁸ The spectra were compared with those of pure lacquer and with those from the ground layer on the terracotta army. It was not possible to identify the additives, even if they were present in high concentrations (for example gum arabic). This indicates that possible additives to the lacquer on the original samples from the terracotta army probably could not be revealed using IR spectroscopy.³⁹

到底可以吸收多少有机添加剂和/或水呢?在兵马俑身上使用有机添加剂,可在吸性、干燥、⁸ 涂刷性能或各层⁹的附着力方面使漆的特性得到改善。

在自然科学研究中,作为陶俑底色材料,只有东亚漆(*Rhus Vernicifluum*)得到证实,迄今为止,有机添加剂尚未得到分析确认。鉴定的困难来自两方面,一是参照试样为数有限,分析技术有限,二是今日仍然缺乏对中国古代绘画材料的深入研究。至于中国以前的有机粘合剂,其加工技术,老化现象等等,这些方面人们所知甚少。譬如,只是在南亚(岛屿区域),有人确认和研究了不同植物的上百种树脂和树胶。¹⁰ 此外存在不同类型的漆树(参阅普拉舍和张继组之文)。¹¹ 不管是纯的还是放了添加剂的漆,有关老化漆膜的表现和外观这方面的资料颇少。几乎无人知晓,漆膜如何脆化、裂化,它们对气候变化和水的作用作何反应,而容量和形状又是如何发生改变的。对于考古发现的古代漆器来说,其漆层常常保存得较好,保护问题主要出现在载体材料上(木材或织物)。由于陶俑底色对水蒸气和水反应敏感,失水后会产生体积的巨大收缩,所以提出了一个问题,即添加的有机粘合剂能在何种程度上改变漆的“最大耐久”¹²特性。兵马俑漆底色在脱水时表现甚为独特;就我们所知,目前还没有可以相比的例子。

秦代使用生漆的质量和其加工方式亦是影响漆底色特性的重要因素。东亚漆的组成¹³即漆的质量另外还取决于自然因素如树种、种置区(土壤状态、气候)、取自野生的或在种植园内人工栽培的漆树、树龄、年份、树枝漆还是树干漆。¹⁴ 野生和老龄漆树的漆,质量格外不稳定。曼兴-赫尔芬推测:《周礼》中所称的“林漆”,“可能就是从〔森林中〕野生漆树上获取的漆液”。¹⁵ 秦代也使用了这种“林漆”,这是可以想象的。直到汉代初期,河南和山东西南部还有野生漆树。¹⁶

波那尼1720年写道,在日本,漆树要先通过七年的“种养,才能割漆;与中国不同,那儿每年都取,漆树与欧洲的冷杉和云杉一样高大。”¹⁷ 作底色材料的还包括质量较差的漆类,如树枝漆,掺水再涂刷,干后呈黑褐色。¹⁸

其它因素如收割时间¹⁹、储藏、净化、脱水²⁰、有机和无机添加剂、硬化过程²¹、涂刷技术、与载体材料的相互作用均能影响漆的质量。²² 熊野谿從发现:“生漆的硬膜会起很大的变化,而由漆制出的膜却不起变化。”²³ 然而,他却并没有进一步指明这些变化的方式或原因。兼仗写道:“随着水分的减少,漆膜转向透明,光泽增加,色彩变亮。”²⁴

我们不知道,陶俑上底色时,生漆是否脱过了水。秦代对生漆脱水已不陌生。胡指出,春秋时代(公元前

8世纪),人们已知给生漆脱水。²⁵ 秦代是否往漆中掺添加剂,这方面的资料也十分匮乏。《史记》有词:如“黏如胶漆”,构成“不可分割的友谊”²⁶。“胶”在这里具体指什么,不清楚,因为在今天的中文里,“胶”的概念亦用作植物树胶。同样,这里是指一种混合体还是指上下附着层,亦不明确。很难准确地解释这些概念。据威廉的说法,较差的漆类与其它树汁“或如猪血般的东西相混合。”²⁷

东亚漆试验

为了更好地理解底色的面目,我们在中国漆中掺入不同的粘合剂,将它们分别地涂在不同的载体上,并在各异的气候条件下做了实验。通过这种方式收集到的材料,可供比较,用于自然科学方面的材料鉴定和研究²⁸,并为解释加工和准备的工艺和涂刷技术特性以及漆在硬化时的反应提供了信息。涂的漆样在受潮和除湿时的反应可同原底色作比较;此外,还能作漆膜的外观特性、色泽、表面性质、脆性特别是弹性方面的研究。所涂漆样局限于少数混合漆。其它的混合比、加工技术和硬化条件均可导致不同的结果。

实验过程

所涂漆样使用的是取自秦岭(陕西省南部)的生漆²⁹,生漆直接从树上割取,初为灰白色稠稠的乳液,见空气几秒钟之后呈赭褐色,以后变黑。漆的进一步情况,如是树枝漆还是树干漆、哪一类、树龄和收获时间均不详。漆样是与科隆的皮埃特-波格斯女士合作涂制的。³⁰

过滤:用三层日本纸将漆过滤,挤压,目的是排除杂质(小块树皮等等)。³¹ 用于实验的生漆过了滤,但没有脱水。³²

掺入的粘接剂:我们选择的是文献中经常提到的有机添加剂:淀粉和糨糊(小麦粉、米糨糊)、树胶(阿拉伯树胶、樱桃树胶)、含蛋白物资(鸡蛋白、猪血)、明胶(兔皮胶)、干性油(桐油)³³、有机稀释剂³⁴和樟脑。³⁵

配制:混合比例靠实践经验,取决于生漆的吸收能力。文献中查明混合的可能性和乳剂生成等等。百分数以重量单位标出(表1)。

实验载体:将混合漆涂在三种不同的载体之上:小陶片³⁶、由玻璃和 Hostaphan 薄膜(PETP/对酞酸多乙醇酯-薄膜)制成的载片。使用不同的载体材料,可以观察到漆在应用和硬化时的各种特性,同样,也能用水蒸气和水作实验。³⁷ 在透射光下,可见涂在载片上的漆的结构。在薄膜上,涂漆在硬化过程中可循应力作用相对“自由”活动。

- 8 STEPHAN 1927, 34 页上写道, 如所刷之漆仅含少量的添加剂, “在通风或阳光直射的条件下”可自行干燥。
- 9 纯漆对水排斥, 其表面密度大, 故无法使用含水的粘和剂来粘上一层。原着色层今日可溶于水, 当时可能是含水粘接的。
- 10 GIANNO 1987。
- 11 普拉舍: 东方漆树 *Toxicodendron vernicifluum*; 张继组等人; 秦兵马俑所用生漆之我见, 均见本集。
- 12 KUMANOTANI 1978, 51 页。
- 13 有关东亚漆的组成和其成分的百分比, 文献记载有所出入。STEPHAN 1927, 33 页: “1. 一种微量的挥发性酸 [.....] 2. 10% 至 34% 的水分, 视生漆取自壮树还是老树, 树干还是树枝而定 [.....]。3. 一种含氮物质, KORSCHLITZ 认为它是蛋白体。其量徘徊在 1.7% 至 3.5% 之间 [.....] 4. 树胶, 在重要特征上与阿拉伯树胶一致, 占 3% 至 6.5% [.....] 5. 漆酚, 主要的和最重要的成分, 其份量一般占总重量的 60% 和 80% 之间”。沈福文 1957, 19 页 (林春美译, 1992, 2 页): “生漆由一种酸的成分 (漆酚) (68.61%), 蛋白 (1.89%), 树胶 (6.87%) 和水 (22.72%) 组成。” KUMANOTANI 1979, 3 页: “漆酚 65-70%, 多糖 (树胶) 5-7%, 漆酶 1%, 水 20-25%。” 参见本集林恩东亚大漆的化学分析一文。BURMESTER/BRANDT 1982, 223 页提到漆的组成与自然因素有关。
- 14 树枝漆取自漆树枝和树干上部, 树干漆取自树干下部。树枝漆劣, 树干漆优。
- 15 MÄNCHEN-HELFEN 1937, 35 页。
- 16 MÄNCHEN-HELFEN 1937, 35 页。JENYNS/WATSON 1963, 276 页: “它的野生形成几乎全都局限在 400 米到 500 米之间的丘陵地带, 然而, 它当时的分布区域会更广, 延伸到了平原。今天, 野生漆树早便从那里消失了。”
- 17 BEN DANIEL VIETSCH 1744, 55 页。
- 18 STEPHAN 1927, 38 页。
- 19 STEPHAN 1927, 12 页: “春季所得之漆价值最低, 因为它水分太大。秋季收获的漆则过稠, 同时显得粗糙, 不易流出。漆的最佳收获季节是盛夏, 这是因为此时漆的数量和质量最合乎要求。”
- 20 生漆的脱水法有多种。按沈福文 1957 年的说法 (德文译文见 LIN 1992, 2 页), 先将净化之漆倒入一个木桶, 再置于太阳下干燥, 同时用一根木棍搅动漆液, 让水分释放出来。待 30% 的水分蒸发后, 灰乳状的生漆便变成半透明的褐色 [.....] 用火来煮生漆。但是由于这么一煮, 水分损耗过高, 生漆会失去其干燥特性。为了重新恢复这一特性 “可以加入 20-30% 的生漆。” STEPHAN 1927, 24 页: “煤火上加热” (60 度以下)。
- 21 《史记》中 (引自 MÄNCHEN-HELFEN 1927, 37 页) 谈到干燥漆器的地方。“昼置乍漆器物之坑, 为树叶所蔽, 谓‘荫室’。”使漆膜硬化的方法有多种: 沈福文 1957 (林译, 见 LIN 1992, 2 页): “a. 自然干燥: 一物上漆之后, 放入关了空调之处 (74-85% 的相对湿度, 25-30 °C)。[.....] b. 高温硬化 [.....] 将漆加温至 150 °C。十多分钟之后, 漆便硬化。当温度升到 250 °C 以上, 漆表面变焦。这种硬化法易行, 生效快, 但是这样形成的光泽不如自然干燥的光泽那么美观。”按 KENJO 1976, 2 页, 日本漆、台湾漆和缅甸漆的干燥时间差别颇大。
- 22 KUMANOTANI 1979, 5 页: “根据经验, 众所周知, 高质漆取决于生产时对水分的控制。”
- 23 KUMANOTANI 1979, 6 页: “一种常用漆一般是这样来生产的, 将生漆倒入一个配备特殊搅动装置的容器内, 在 30-40 °C 的温度下, 搅动 7-8 小时。在这个过程中, 水开始蒸发, 漆酚开始聚合, 漆酚和植物树胶之间开始起反应。用这种方式生产的漆大约含水 3%。”
- 24 KENJO 1979, 11 页。
- 25 HU JIGAO 1978, 111 页: “春秋和战国时代, [.....] 配制漆已在使用 [.....] 在制作彩色漆器时, 必然使用了配制漆。倘若使用了生漆, 干后颜色会变黑。”
- 26 MÄNCHEN-HELFEN 1937, 36 页。
- 27 JENYNS/WATSON 1963, 276 页。
- 28 朗哈尔斯教授和林恩博士在慕尼黑路德维希-马米希米连大学有机化学研究所作了自然科学方面的研究。
- 29 1991 年 9 月割取。
- 30 1993 年在科隆与芭芭拉·皮埃特-波格斯女士合作, 我们对她的帮助表示衷心的感谢。
- 31 WANG SHIXIANG 1983, 50 页, 还提及麻和棉布。
- 32 仅 14 号试样使用了脱水漆。
- 33 RÖMPP 1983 木油: “浅黄到深褐色、有猪脂肪味的油的统称, 从在中国、日本和印度支那常见的油桐属一种 (大戟属植物) 的打碎的种子外壳和子实冷榨或提炼出来。在空气中, 木油涂刷后吸收氧气, 凝固后表面龟裂, 无光泽; 木油因此属于干性油。通过用亚麻油加热, 通过添加树脂 [.....], 可从木油中获得油和清漆, 涂刷后坚硬, 能防水。”
- 34 STEPHAN 1927, 20 页: “除了热能, 樟脑在日本早已为人所知, 现仍作为漆的稀释剂来使用。用刮刀将通常处于结晶状态的樟脑拌入漆中, 压碎, 樟脑便成液体。”
- 35 RÖMPP 1983 樟脑: “无色或白色, 柔软并有独特气味且能挥发的块 [.....] 在中国和日本, 人们将有 40 到 50 年树龄的樟脑树 (*Cinnamomum camphora*, 直到 12 米高的月桂树) 木头制成小块, 进行水蒸气蒸馏, 获得樟脑, 接下来反复作纯化处理 [.....] 樟脑不太溶于水, 但在酒精、乙醚、丙酮、氯仿和油中容易溶解。”
- 36 制成小陶片 (约 0.5 × 5 × 7 厘米) 时, 为了获得与原残片相似的表面结构, 用手将中等颗粒的陶土表面压紧。湿度在大约 900 °C。陶土材料的物理特性: 可塑陶料 S4015, 干燥收缩: 4.5%; 温度: 1000 °C; 吸水: 13%; 1000 °C 时烧制收缩: 1%; 烧制颜色: 深褐色。货源: 专业商店。
- 37 漆在聚合时, 含水量很重要。含的水分愈多, 漆膜干得便愈快。倘若含水更多, 漆膜则干得不均衡, 而且也无光泽。水分会影响涂漆的特性。由于可渗透的陶体吸收部分水分, 所以影响了涂漆样的外观。

Tab. 1. Mischungsverhältnisse [%]

Tab. 1. Proportions for the Mixtures [%]

表 1. 混合比例 [%]

Probe Sample 试样	Rohlack Raw Lacquer 生漆	Trockensubstanz Dry Substance 干物质	Wasseranteil Water Content 水分
Rohlack-Lack, filtriert Raw Lacquer, filtered 生漆, 过滤			
Probe Sample 1 试样			
Rohlack-Lack, filtriert, entwässert Raw Lacquer, filtered, dehydrated 生漆, 过滤并脱水	100	-	-
Probe Sample 14 试样			
Rohlack-Reiskleister ¹ Raw lacquer-rice starch ¹ 生漆-米糲糊 ¹	50	5	45*
Probe Sample 2 a 试样			
	30	7	63*
Probe Sample 2 b 试样			
Rohlack-Weizenmehl ² Raw lacquer-wheat flour ² 生漆-小麦粉 ²	90	5	5
Probe Sample 7 试样			
Rohlack-Kirschgummi ³ Raw lacquer-cherry gum ³ 生漆-樱桃树胶 ³	50	5	45
Probe Sample 3 试样			
Rohlack-Gummi Arabicum ⁴ Raw lacquer-gum arabic ⁴ 生漆-阿拉伯树胶 ⁴	50	15	35
Probe Sample 4 试样			
Rohlack-Eialbumin ⁵ Raw lacquer-egg albumin ⁵ 生漆-白蛋白 ⁵	50	25	25
Probe Sample 6 试样			
	70	15	15
Probe Sample 6 a 试样			
	90	5	5
Probe Sample 6 b 试样			
Rohlack-Schweineblut ⁶ Raw lacquer-pig blood ⁶ 生漆-猪血 ⁶	90	10	-
Probe Sample 11 试样			
	70	30	-
Probe Sample 12 试样			
Rohlack-Hasenleim ⁷ Raw lacquer-rabbit glue ⁷ 生漆-兔皮胶 ⁷	90	1	9
Probe Sample 10 试样			
Rohlack-Tungöl ⁸ Raw lacquer-tung oil ⁸ 生漆-桐油 ⁸	95	5	-
Probe Sample 9 试样			
Rohlack-Campher ⁹ Raw lacquer-camphor ⁹ 生漆-樟脑 ⁹	95	5	-
Probe Sample 13 试样			

- 1 Reisstärke (6344-Kremer), 10 %ig in Wasser vorgequollen und durch Erwärmen verkleistert (Verkleisterungstemperatur 61° C); die entstandene Paste wurde kalt dem Rohlack zugemengt. *Mischungsverhältnisse vor der Verkleisterung
- 2 Weizenmehl 50 %ig in Wasser vorgequollen, kalt mit Rohlack gemischt.
- 3 Kirschgummi (6335-Kremer) wurde fein gerieben, 10 %ig in Wasser vorgequollen (ca. 24 h) und filtriert; kleine ungelöste Gummikörner sind noch vorhanden, die für die grobe Struktur des Filmes verantwortlich sind.
- 4 Gummi Arabicum (Cardofan) wurde fein gerieben, 30 %ig in Wasser vorgequollen und filtriert.
- 5 Albumin aus Hühnereiweiß (6325-Kremer) wurde in kaltem Wasser 50 %ig gelöst und mit Rohlack (50 %, 30 % und 10 %) gemischt.
- 6 Frisches Schweineblut wurde dem Rohlack beigemischt.
- 7 Glutinleim (Hasenleim 6302-Kremer) 10 %ig in Wasser gelöst.
- 8 Tungöl (7390-Kremer).
- 9 Campher (5 %) wurde in kristallinem Zustand mit dem Rohlack gemischt und mit dem Holzspachtel zerdrückt.

*

- 1 10 % rice starch (6344-Kremer), presoaked in water and warmed to a paste (at 61° C). The paste was mixed with the raw lacquer in a cold state. * Proportions before warming to a paste.
- 2 50 % wheat flour, presoaked in water, and mixed cold with the raw lacquer.
- 3 Cherry gum (6335-Kremer) was finely ground, presoaked (10 %) in water (c. 24 hours) and filtered. Small undissolved grains of gum are still present. They are responsible for the coarse structure of the film.
- 4 Gum arabic (cardofan) was finely ground, presoaked (30 %) in water and filtered.
- 5 Albumin from chicken egg whites (6325-Kremer) was dissolved (50 %) in water and mixed with raw lacquer (50 %, 30 % and 10 %).
- 6 Fresh pig blood was added to the raw lacquer.
- 7 Glutin glue (rabbit glue 6302-Kremer) was dissolved (10 %) in water.
- 8 Tung oil (7390-Kremer).
- 9 Camphor (5 %) was mixed in a crystalline state with raw lacquer and crushed with a wooden spatula.

*

- 1 预先将10%的米淀粉 (6344-Kremer)在水中泡涨,然后加温熬成糨糊 (熬制温度61°C)。制成后待完全冷却掺入生漆。* 熬成糨糊前的混合比例
- 2 预先将50%的小麦粉在水中泡涨,然后冷的和生漆混合。
- 3 将樱桃树胶 (6335-Kremer)先磨成细粉,再将10%的细粉在水中泡涨 (大约24小时)并过滤。尚有小的树胶颗粒没有溶解,它们使漆膜的结构显得粗糙。
- 4 先将阿拉伯树胶 (Cardofan) 磨成细粉,再将30%的细粉在水中泡涨并过滤。
- 5 先将鸡蛋蛋白的白蛋白(6325-Kremer) 50%的在冷水中溶解,然后和生漆 (50%, 30%和10%)混合。
- 6 将新鲜猪血与生漆混合。
- 7 将明胶 (兔皮胶 6302-Kremer) 10%的在水中溶解。
- 8 桐油 (7390-Kremer)。
- 9 将结晶状态的樟脑 (5%) 掺入生漆,再用木刮刀压碎。

工具：漆和各种粘合剂系用一把木刮刀在玻璃板上调和，再用一把又宽又薄的短毛刷（人发）涂刷上去的。
硬化：在相对湿度控制在 70 % 以上的木箱中，涂漆在 12 个小时之内达到硬化。

结果

涂漆的分析

东亚漆和有机粘合剂调和后，作了傅里叶变换红外光谱分析。³⁸ 该光谱与纯漆的和兵马俑底色的光谱进行了比较。结果无法识别添加剂，即使其浓度甚高也罢（如阿拉伯树胶）：这意味着，用红外光谱分析不能发现原试样漆可能所含的添加剂。³⁹

调和性和加工

未脱水的生漆只吸收少量的可溶于水的粘合剂。只有溶解的阿拉伯树胶可以较大量地掺入。假如水分过高，即超过大约 10 %，乳化的成分就会分离。加入少量的含水多的粘合剂，液态生漆会形成稀饭式的糊状。少量的这种糊漆即足以涂刷较大的面积。樟脑和桐油可以使生漆稀释，使得薄层涂刷成为可能。所有的调和漆在吸收性强的陶体上，均比在玻璃或 PETP 薄膜上涂刷得更好。直到 50 % 左右的明胶般的米糰糊可以被生漆吸收。试样 2 b (生漆 30 %，米糰糊 70 %) 的成分后来分离。在 50 % 在水中泡涨的小麦粉中，可掺入的不到 10 %。树胶容易和生漆调和。这样产生的粥状糊剂加工起来比米糰糊来调合漆要方便得多。在所有调和漆实验中，只有阿拉伯树胶调合漆溶于水。不清楚的是，溶解性是否取决于添加的粘合剂的种类或数量。

用白蛋白调和生漆：调和效果好的只有试样 6，其余的均离解。

用猪血调和生漆：生漆中最多可以掺入大约 10 %。

涂漆的特性

表 2 汇总了涂漆的特性。与所有其它调和漆不同，生漆和阿拉伯树胶调和的呈浅褐色。所有其它的调和漆呈褐色直至深褐色。

涂漆的亮度与其说是取决于添加剂的种类，毋宁说是取决于该添加剂的剂量。生漆的成分愈低，漆膜则愈不亮。如果调和漆乳化不佳，表面也同样缺乏光泽。涂在陶片上的漆比涂在玻璃或薄膜上的要亮。厚涂层起皱和结痂。

所有涂在陶片和玻璃上的调和漆均附着良好。

用蛋白质（猪血、兔皮胶）和树胶（樱桃树胶、阿拉伯树胶）调和的漆，干了后张力最大（从薄膜上取下漆膜即发生卷曲⁴⁰）。使用糰糊和淀粉（小麦粉，米糰糊）的调和漆发生隆起，但不会完全卷曲。⁴¹ 使用桐油和樟脑的调和漆以及纯生漆和漆的涂刷试样没有显示张力。

涂漆从薄膜上取下后，可感知其弹性，特别是脆性。用树胶的调和漆极脆，易折。桐油和生漆、樟脑和生漆的调和漆、纯生漆和脱水漆有明显的弹性。所有涂漆与陶片附着甚佳。涂漆向里渗入，将陶片染成褐色。

透射光下的漆膜结构

涂漆在透射光下显示各种不同的结构，可以看出乳液生成和调和漆（彩图 VIII-XIV）。生漆和蛋白质的调和漆很均质，类似脱水生漆的涂样。相反，生漆和米糰糊以及生漆和小麦粉的调和漆的结构却显得不均匀。

涂漆在吸湿和失水情况下的表现

为了比较自制试样和原始材料对湿度的反应，我们将它们放在空气湿度不断变化的环境中。使用米糰糊和小麦的调和漆在失水时反应迅速而强烈。所有涂漆（除脱水生漆和生漆与樟脑调和漆之外）都对气候变化敏感，会变形。所有实验的试样对潮湿反应缓慢，而对失水反应极其迅速（几分钟之内）。

38 HERM 1992.

39 Ebd. 1992: Es wurden zwei Präparationsmethoden der IR-Spektroskopie angewandt: Mikro-Hydro-Pyrolyse und Lösung mit Wasserstoffperoxid/Ammoniak.

40 Eine Woche nach Aushärtung ließen sich die Aufstriche von den Folien abziehen.

41 Eine Ausnahme war Probe 2 b mit hohem Reiskleisteranteil (70 %), die sich aufrollte.

*

40 The coatings could be removed from the foils one week after hardening.

41 An exception was sample 2 b, with a high amount of rice starch (70 %), which did roll up.

*

38 HERM 1992.

39 HERM 1992: 使用了两种红外光谱分析试样的配制方法：微量-水-热解和带过氧化氢/氨的溶液。

40 硬化一周后，薄膜上的涂漆即可取下。

41 试样 2 b 调和米糰糊的成分高（70 %），发生卷曲系唯一的例外。

Ergebnisse

Analysen der Lackaufstriche

Von den hergestellten Gemischen aus ostasiatischem Lack mit organischen Bindemitteln wurden FT-IR-Spektren aufgenommen.³⁸ Die Spektren wurden mit denen von reinem Lack und von der Grundierung der Terrakottaarmee verglichen. Es war dabei nicht möglich, die Zusatzstoffe zu identifizieren, auch wenn sie in hoher Konzentration vorhanden waren (z. B. Gummi Arabicum): Dies bedeutet, daß mittels IR-Spektroskopie mögliche Zusätze zum Lack in den originalen Proben wohl nicht aufgedeckt werden können.³⁹

Mischbarkeit und Verarbeitung

Nicht entwässerter Rohlack nimmt wasserlösliche Bindemittel nur in begrenzten Mengen auf. Nur gelöstes Gummi Arabicum konnte in größeren Anteilen beigemischt werden. War die Wassermenge zu hoch, d. h. über ca. 10 %, erfolgte eine Trennung der emulgierten Bestandteile. Bei geringer Zugabe wäßriger Bindemittel bildete der flüssige Rohlack eine breiartige Paste. Eine geringe Menge dieser Paste reicht aus, um große Flächen zu beschichten. Campher und Tungöl bewirken eine Verflüssigung des Rohlacks. So werden dünn-schichtige Aufstriche möglich.

Alle Mischungen ließen sich besser auf der saugfähigen Terrakotta auftragen und verdichten als auf Glas oder PETP-Folie.

Der Rohlack kann bis ca. 50 % einer gallertartigen Reiskleistermasse aufnehmen. Bei Probe 2 b (Rohlack 30 %, Reiskleister 70 %) erfolgte eine Trennung der Bestandteile. Von dem Weizenmehl, 50 % in Wasser gequollen, konnten nicht mehr als 10 % beigemischt werden. Gummien ließen sich gut mit dem Rohlack mischen. Die entstandene breiartige Paste ließ sich leichter verarbeiten als die Reiskleister-Mischung. Als einzige Mischung der Versuchsreihe blieb diejenige mit Gummi Arabicum wasserlöslich. Unklar ist, ob die Löslichkeit von der Sorte oder der Menge des zugesetzten Bindemittels abhängig ist. Bei den Versuchen, dem Rohlack Albumin zuzusetzen, ließ sich nur die Probe 6 gut mischen, bei den anderen erfolgte eine Entmischung. Dem Rohlack konnten maximal ca. 10 % Schweineblut zugesetzt werden.

Charakteristika der Aufstriche

Die Charakteristika der Aufstriche sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Rohlack mit Gummi Arabicum zeigt – im Gegensatz zu allen anderen Mischungen – eine hellbraune Farbe. Alle anderen Mischungen sind braun bis dunkelbraun.

Der Glanzgrad der Aufstriche hängt mehr von der Menge der Zusätze ab als von deren Sorte. Je niedriger der Rohlackanteil, desto matter wird der Film. Die Oberfläche bleibt ebenfalls matt, wenn die Mischungen schlecht emulgieren. Auf Terrakotta stehen die Aufstriche glänzender als auf Glas oder Folie. Runzeln- und Borkenbildungen entstanden bei dickschichtigen Aufstrichen. Alle Mischungen zeigen eine gute Haftung auf Terrakotta und Glas.

Die stärksten Trocknungsspannungen (Aufrollen der Filme nach Abnahme von der Folie⁴⁰) zeigten sich bei den Mischungen mit Proteinen (Schweineblut, Hasenleim) und Gummien (Kirschgummi, Gummi Arabicum). Mischungen mit Kleister und Stärke (Weizenmehl, Reiskleister) wölbten sich, rollten sich aber nicht vollständig auf.⁴¹ Mischungen mit Tungöl und Campher

Mixability and Processing

Raw lacquer that has not been dehydrated only absorbs a limited amount of a water-soluble binding media. Only dissolved gum arabic could be added in greater amounts. If the amount of water was too high (more than c. 10 %), the emulsified components separated. With the slight addition of an aqueous binding medium the liquid raw lacquer formed a mushy paste. A small amount of this paste was sufficient to cover a large surface. Camphor and tung oil caused liquefaction of the raw lacquer, so thin coatings were possible.

All the mixtures could be applied more easily to the absorbent terracotta than on the glass or PETP foil.

The raw lacquer can absorb up to about 50 % of a gelatinous mass of rice starch. In sample 2 b (30 % raw lacquer, 70 % rice starch) the components separated.

No more than 10 % wheat flour, swollen in 50 % water, could be added. Gums could be mixed easily with raw lacquer. The resulting mushy paste was easier to handle than the mixture with rice starch. The mixture with gum arabic was the only one in the series of experiments that remained water soluble. It is not clear if the solubility depends on the type or the quantity of the added binding medium. Among the tests to add albumin to the raw lacquer, only sample 6 could be mixed well; the others separated. A maximum of 10 % of pig blood could be added to the raw lacquer.

Characteristics of the Coatings

The characteristics of the coatings are compiled in table 2. In contrast to all the other mixtures, raw lacquer with gum arabic exhibits a light brown color. All the other mixtures are brown to dark brown. The degree of gloss on the coatings depends more on the quantity of the additives than on the type. The lower the proportion of raw lacquer, the more matt the film appears. The surface likewise remains matt if the mixtures emulsify poorly. The coatings are more glossy on the terracotta than on the glass or the foil. Wrinkles and crusts appear on coatings that are applied thickly. All the mixtures exhibited good adhesion to the terracotta and the glass.

The most severe tension during drying (rolling up of the film after removal from the foil⁴⁰) was exhibited in the mixtures with proteins (pig blood, rabbit glue) and gums (cherry gum, gum arabic). Mixtures with size and starch (wheat flour, rice starch) buckled, but did not roll up completely.⁴¹ Mixtures with tung oil or camphor and coatings of pure raw lacquer or lacquer did not exhibit tension.

Elasticity and brittleness could be determined empirically after removal of the coatings from the foils. Mixtures with gums are extremely brittle and fragile. Mixtures of raw lacquer and tung oil or of raw lacquer and camphor, pure raw lacquer and dehydrated lacquer are strikingly elastic. All the coatings adhere quite well to the terracotta surface. The coatings penetrate and turn the terracotta a brownish color.

Structure of the Lacquer Films in Transmitted Light

In transmitted light the coatings exhibit different structures; the emulsion formation and mixtures can be identified (colour plates XIII-XIV). The mixtures of raw lacquer and proteins are very homogeneous and are similar to those of dehydrated raw lacquer. In contrast the coatings of raw lacquer with rice starch or wheat flour exhibit irregular structures.

Tab. 2. Charakteristika der Lackfilme, gegliedert nach Bindemittelsystemen

Tab. 2. Characteristics of the lacquer films, arranged according to binding media systems

表 2. 漆膜的特性, 以下表格系按照粘合剂系统编排

(Träger: I = Terrakottaplättchen, II = Objektträger aus Glas, III = PETP-Folie)

(Supports: I = terracotta plate, II = glass slide, III = PETP foil)

(载体: I = 小陶片, II = 玻璃载片, III = PETP-薄膜)

I. Probe 1: Gereinigter Rohlack

I. Sample 1: Purified raw lacquer

I. 试样 1: 净化生漆

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	dunkelbraun/schwarz dark brown/black 深褐/黑	glänzend shiny 闪光	homogen homogeneous 均质	sehr gut very good 很好	-	-
II	dunkelbraun/schwarz dark brown/black 深褐/黑	seidenmatt silky matt 闪暗光	homogen homogeneous 均质	sehr gut very good 很好	-	-
III**	dunkelbraun/schwarz dark brown/black 深褐/黑	seidenmatt silky matt 闪暗光	einige Runzeln some wrinkles 几个皱纹	*	keine Deformation no deformation 不变形	elastisch elastic 有弹性

* Der Film ließ sich gut von der Folie entfernen / the film can be easily removed from the foil / 漆膜易从薄膜上分离

** Elektrostatisch / electrostatic / 静电

II. Probe 14: Gereinigter, entwässerter Rohlack (Qi-Lack)

II. Sample 14: Purified, dehydrated raw lacquer (qi lacquer)

II. 试样 14: 净化脱水生漆

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
II	dunkelbraun/schwarz dark brown/black 深褐/黑	seidenmatt silky matt 闪暗光	homogen homogeneous 均质	sehr gut very good 很好	-	-
III**	dunkelbraun/schwarz dark brown/black 深褐/黑	seidenmatt silky matt 闪暗光	homogen homogeneous 均质	*	keine Deformation no deformation 不变形	elastisch elastic 有弹性

I Nicht vorhanden / not available / 不存在

* Der Film ließ sich schlecht von der Folie entfernen / the film was difficult to remove from the foil / 漆膜不易从薄膜上分离

** Elektrostatisch / electrostatic / 静电

III a. Probe 2 b: 30 % Rohlack, 70 % Reiskleister
 III a. Sample 2 b: 30 % raw lacquer, 70 % rice starch
 III a. 试样 2 b: 30 % 生漆, 70 % 米糨糊

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	braun brown 褐	matt matt 无光	unregelmäßig irregular 不均匀	sehr gut very good 很好	—	—
II	braun brown 褐	matt matt 无光	sehr unregelmäßig very irregular 非常不均匀	sehr gut very good 很好	—	—
III**	braun brown 褐	matt matt 无光	sehr unregelmäßig very irregular 非常不均匀	*	aufgerollt rolled up 卷曲	spröde brittle 发脆

* Der Film ließ sich von der Folie entfernen, zerbrach aber / the film could be removed from the foil but broke into pieces / 漆膜可从薄膜上分离, 取下即碎

** Elektrostatisch / electrostatic / 静电

IV. Probe 7: 90 % Rohlack, 10 % Weizenmehl (5 % Weizenmehl, 5 % Wasser)
 IV. Sample 7: 90 % raw lacquer, 10 % wheat flour (5 % wheat flour, 5 % water)
 IV. 试样 7: 90 % 生漆, 10 % 小麦粉 (5 % 小麦粉, 5 % 水)

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	dunkelbraun/schwarz dark brown/black 深褐/黑	glänzend glossy 闪光	homogen homogeneous 均质	sehr gut very good 很好	—	—
II	braun brown 褐	leicht glänzend slightly glossy 轻微闪光	leicht körnig, Runzeln*** slightly grainy, wrinkles*** 稍许颗粒 皱纹***	sehr gut very good 很好	—	—
III**	braun brown 褐	leicht glänzend slightly glossy 轻微闪光	leicht körnig, Runzeln slightly grainy, wrinkles 稍许颗粒 皱纹	*	keine Deformation no deformation 不变形	leicht spröde slightly brittle 微脆

* Der Film ließ sich gut von der Folie entfernen, danach entstand eine leichte Wölbung / the film could be easily removed from the foil but buckled afterwards / 漆膜易从薄膜上分离, 之后形成轻度的拱形

** Elektrostatisch / electrostatic / 静电

*** Runzelbildung bei dickschichtigen Auftrag / formation of wrinkles where the coating was thickest / 厚涂层起皱纹

V. Probe 3: 50 % Rohlack, 50 % Kirschgummenlösung (5 % Kirschgummi, 45 % Wasser)

V. Sample 3: 50 % raw lacquer, 50 % cherry gum solution (5 % cherry gum, 45 % water)

V. 试样 3: 50 % 生漆, 50 % 樱桃树胶溶液 (5 % 樱桃树胶, 45 % 水)

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	braun <i>brown</i> 褐	leicht glänzend <i>slightly glossy</i> 轻度闪光	unregelmäßig, Körner**, Pinselstriche <i>irregular,</i> <i>grains,** brush</i> <i>strokes</i> 不均匀, 颗粒** 笔触	sehr gut <i>very good</i> 很好	—	—
II	braun <i>brown</i> 褐	matt <i>matt</i> 无光	unregelmäßig, Körner**, Pinselstriche <i>irregular,</i> <i>grains,**</i> <i>brush strokes</i> 不均匀, 颗粒** 笔触	sehr gut <i>very good</i> 很好	—	—
III	braun <i>brown</i> 褐	matt <i>matt</i> 无光	unregelmäßig, Körner**, Pinselstriche <i>irregular,</i> <i>grains,**</i> <i>brush strokes</i> 不均匀, 颗粒** 笔触	*	aufgerollt <i>rolled up</i> 卷曲	spröde <i>brittle</i> 发脆

* Der Film ließ sich von der Folie entfernen, brach aber in zwei Stücke / *the film could be removed from the foil but broke into two pieces* / 漆膜可从薄膜上分离, 取下分为两块

** Die Körner sind ungelöste Kirschgummenteilchen / *the grains are non-dissolved bits of cherry gum* / 颗粒系未溶解的樱桃树胶微

VI. Probe 4: 50 % Rohlack, 50 % Gummi Arabicumlösung (15 % Gummi Arabicum, 35 % Wasser)

VI. Sample 4: 50 % raw lacquer, 50 % gum arabic solution (15 % gum arabic, 35 % water)

VI. 试样 4: 50 % 生漆, 50 % 阿拉伯树胶溶液 (15 % 阿拉伯树胶, 35 % 水)

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	hellbraun <i>light brown</i> 浅褐	matt <i>matt</i> 无光	Pinselstriche <i>brush strokes</i> 笔触	sehr gut <i>very good</i> 很好	—	—
II	hellbraun <i>light brown</i> 浅褐	matt <i>matt</i> 无光	Pinselstriche, homogen <i>brush strokes,</i> <i>homogeneous</i> 笔触, 均质	sehr gut <i>very good</i>	—	—
III	hellbraun <i>light brown</i> 浅褐	matt <i>matt</i> 无光	Pinselstriche, homogen <i>brush strokes,</i> <i>homogenous</i> 笔触, 均质	*	stark aufgerollt <i>severely rolled up</i> 剧烈卷曲	spröde <i>brittle</i> 发脆

* Der Film ließ sich von der Folie entfernen. Er zeigt geringe Kohäsion und bricht sehr leicht in kleine Stücke / *the film could be removed from the foil but exhibited limited cohesion and broke easily into small pieces* / 漆膜可从薄膜上分离, 但内聚力甚微, 一触即成小碎块

VII. Probe 6: 50 % Rohlack, 50 % Albuminlösung (25 % Albumin, 25 % Wasser)

VII. Sample 6: 50 % raw lacquer, 50 % albumin solution (25 % albumin, 25 % water)

VII. 试样 6: 50 % 生漆, 50 % 白蛋白溶液 (25 % 白蛋白, 25 % 水)

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	braun brown 褐	matt matt 无光	Pinselstriche, Borken brush strokes, crusts 笔触, 痂皮	sehr gut very good 很好	-	-

II Nicht vorhanden: Die Emulsion hat sich auf dem nicht saugenden Träger getrennt / not available: the emulsion separated on the non-absorbent support / 不存在: 乳液在无吸收性的载体上分离

III Nicht vorhanden / not available / 不存在

VII a. Probe 6 a: 70 % Rohlack, 30 % Albuminlösung (15 % Albumin, 15 % Wasser)

VII a. Sample 6a: 70 % raw lacquer, 30 % albumin solution (15 % albumin, 15 % water)

VII a. 试样 6 a: 70 % 生漆, 30 % 白蛋白溶液 (15 % 白蛋白, 15 % 水)

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
II	dunkelbraun dark brown 深褐	glänzend glossy 闪光	Runzeln wrinkles 起皱	sehr gut very good 很好	-	-

I Nicht vorhanden / not available / 不存在

II Nicht vorhanden / not available / 不存在

VII b. Probe 6 b: 90 % Rohlack, 10 % Albuminlösung (5 % Albumin, 5 % Wasser)

VII b. Sample 6 b: 90 % raw lacquer, 10 % albumin solution (5 % albumin, 5 % water)

VII b. 试样 6 b: 90 % 生漆, 10 % 白蛋白溶液 (5 % 白蛋白, 5 % 水)

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	dunkelbraun/schwarz dark brown/black 深褐/黑	glänzend glossy 闪光	Runzeln wrinkles 起皱	sehr gut very good 很好	-	-
II	dunkelbraun dark brown 深褐	glänzend glossy 闪光	Runzeln wrinkles 起皱	sehr gut very good 很好	-	-

III Nicht vorhanden / not available / 不存在

VIII a. Probe 8: 70 % Rohlack, 30 % Schweineblut

VIII a. Sample 8: 70 % raw lacquer, 30 % pig blood

VIII a. 试样 8: 70 % 生漆, 30 % 猪血

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	dunkelbraun dark brown 深褐	matt matt 无光	unregelmäßig irregular 不规则	sehr gut very good 很好	-	-

II Nicht vorhanden: Die Emulsion hat sich auf dem nicht saugenden Träger getrennt / not available: the emulsion separated on the non-absorbent support / 不存在: 乳液在无吸收性的载体上分离

III Nicht vorhanden / not available / 不存在

VIII b. Probe 11: 90 % Rohlack, 10 % Schweineblut

VIII b. Sample 11: 90 % raw lacquer, 10 % pig blood

VIII b. 试样 11: 90 % 生漆, 10 % 猪血

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	schwarz black	glänzend glossy 闪光	Pinelstriche, homogen brush strokes, homogeneous 笔触, 均质	sehr gut very good 很好	—	—
II	dunkelbraun/schwarz dark brown/black	glänzend glossy 闪光	Pinelstriche, homogen brush strokes, homogeneous 笔触, 均质	sehr gut very good 很好	—	—
III**	dunkelbraun/schwarz dark brown/black 深褐/黑	glänzend glossy 闪光	Pinelstriche, homogen brush strokes, homogeneous 笔触, 均质	*	aufgerollt rolled up 卷曲	sehr elastisch very elastic 很有弹性

* Der Film ließ sich gut von der Folie entfernen / the film could be easily removed from the foil / 漆膜易从薄膜上分离

** Elektrostatisch / electrostatic / 静电

IX. Probe 10: 90 % Rohlack, 10 % Hasenleimlösung (1 % Leim, 9 % Wasser)

IX. Sample 10: 90 % raw lacquer, 10 % rabbit glue solution (1 % glue, 9 % water)

IX. 试样 10: 90 % 生漆, 10 % 兔皮胶溶液 (1 % 胶, 9 % 水)

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	dunkelbraun dark brown 深褐	glänzend glossy 闪光	homogen, Pinelstriche, Runzeln *** homogeneous, brush strokes, wrinkles *** 均质, 笔触, 起皱***	sehr gut very good 很好	—	—
II	braun, leicht durchsichtig brown, slightly transparent 褐, 轻度透明	glänzend glossy 闪光	homogen, Pinelstriche homogeneous, brush strokes 均质, 笔触	sehr gut very good 很好	—	—
III**	braun, leicht durchsichtig brown, slightly transparent 褐, 轻度透明	glänzend glossy 闪光	homogen, Pinelstriche homogeneous, brush strokes 均质, 笔触	*	aufgerollt rolled up 卷曲	elastisch elastic 有弹性

* Der Film ließ sich gut von der Folie entfernen / the film could be easily removed from the foil / 漆膜易从薄膜上分离

** Elektrostatisch / electrostatic / 静电

*** Runzelbildung bei dickschichtigem Auftrag / formation of wrinkles where the coating was thickest / 厚涂层起皱纹

X. Probe 9: 95 % Rohlack, 5 % Tungöl

X. Sample 9: 95 % raw lacquer, 5 % tung oil

X. 试样 9: 95 %生漆, 5 %桐油

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	dunkelbraun dark brown 深褐	glänzend glossy 闪光	Pinselstriche, homogen brush strokes, homogeneous 笔触, 均质	sehr gut very good 很好	—	—
II	braun, leicht durchsichtig brown, slightly transparent 褐, 轻度透明	seidenmatt silky matt 闪暗光	Pinselstriche, homogen brush strokes, homogeneous 笔触, 均质	sehr gut very good 很好	—	—
III**	braun, leicht durchsichtig brown, slightly transparent 褐, 轻度透明	seidenmatt silky matt 闪暗光	Pinselstriche homogen brush strokes, homogeneous 笔触, 均质	*	keine Deformation no deformation 不变形	elastisch elastic 有弹性

* Der Film ließ sich gut von der Folie entfernen / the film could be easily removed from the foil / 漆膜易从薄膜上分离

** Elektrostatisch / electrostatic / 静电

XI. Probe 13: 95 % Rohlack, 5 % Campher

XI. Sample 13: 95 % raw lacquer, 5 % camphor

XI. 试样 13: 95 %生漆, 5 %樟脑

	Farbe Colour 颜色	Glanzgrad Degree of Gloss 亮度	Oberfläche Surface 表面	Haftung Adhesion 附着	Trocknung Drying 干燥	Anmerkungen Remarks 其它
I	dunkelbraun dark brown 深褐	seidenmatt silky matt 闪暗光	Pinselstriche, homogen brush stroke, homogeneous 笔触, 均质	sehr gut very good 很好	—	—
II	braun, leicht durchsichtig brown, slightly transparent 褐, 轻度透明	glänzend glossy 闪光	Pinselstriche, homogen brush strokes, homogeneous 笔触, 均质	sehr gut very good 很好	—	—
III**	braun, leicht durchsichtig brown, slightly transparent 褐, 轻度透明	glänzend glossy 闪光	Pinselstriche, homogen brush strokes, homogeneous 笔触, 均质	*	keine Deformation no deformation 不变形	—

* Der Film ließ sich gut von der Folie entfernen / The film could be easily removed from the foil / 漆膜易从薄膜上分离

** Elektrostatisch / electrostatic / 静电

Tab. 3. Verhalten der Aufstriche auf Glas

Tab. 3. Behavior of the coatings on glass

表 3. 涂刷在玻璃上的漆样

a) Bei Wasserdampfaufnahme, Erhöhung der rF von ca. 60 % auf ca. 99 %, Dauer: 15 Tage

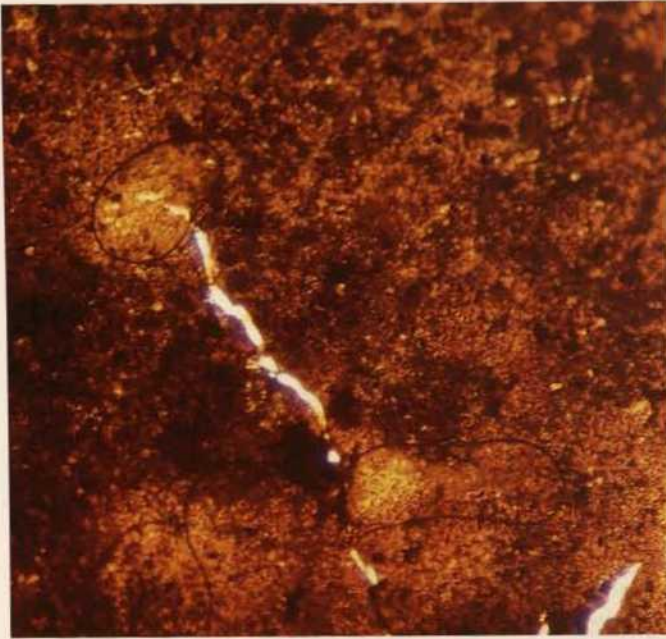
a) During absorption of vapour, increase of the rh from c. 60 % to c. 99 %, duration 15 days

a) 在吸收水蒸气, 相对湿度从大约 60 % 提高到大约 99 % 时的反应, 持续: 15 天

Probe Sample 试样	Reaktion auf Wasserdampfaufnahme (Quellung) reaction			
	Formveränderung Change of Shape 变形	对吸收水蒸气的反应 (膨胀)		sonstige Beobachtungen Other Observations 其它观察
		sichtbar nach visible after 所需时间	Haftung Adhesion 附着	
1 Rohlack raw lacquer 生漆	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变		gut good 良好	—
2 a (1) Reiskleister rice starch 米糰糊	starke Wellenbildung severe formation of waves 大波浪形	ca. 1 Tag c. 1 day 大约 1 天	großflächige Trennung extensive separation 大面积分离	gummiartig gummy 胶状
2 a (2) Reiskleister rice starch 米糰糊	starke Wellenbildung severe formation of waves 大波浪形	ca. 1 Tag c. 1 day 大约 1 天	partielle Trennung partial separation 局部分离	gummiartig gummy 胶状
2 b Reiskleister rice starch 米糰糊	starke Wellenbildung severe formation of waves 大波浪形	ca. 1 Tag c. 1 day 大约 1 天	partielle Trennung partial separation 局部分离	gummiartig gummy 胶状
7 Weizenmehl wheat flour 小麦粉	einige Blasen im Randbereich some blisters at the edges 边缘部位有数泡	ca. 13 Tage c. 13 days 大约 13 天	gut (bis auf Blasen) good (except for the blisters) 良好 (除了泡之外)	gummiartig gummy 胶状
3 Kirschgummi cherry gum 櫻桃树胶	Wellenbildung formation of waves 波浪形	ca. 1 Tag c. 1 day 大约 1 天	partielle Trennung partial separation 局部分离	gummiartig gummy 胶状
4 Gummi Arabicum gum arabic 阿拉伯树胶	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变		gut good 良好	—
6 a Albumin albumin 白蛋白	starke Wellenbildung severe formation of waves 大波浪形	ca. 5 Tage c. 5 days 大约 5 天	partielle Trennung partial separation 局部分离	leicht gummiartig slightly gummy 轻度胶状
6 b Albumin albumin 白蛋白	einige Blasen im Randbereich some blisters at the edges 边缘部位有数泡	ca. 5 Tage c. 5 days 大约 5 天	gut (bis auf Blasen) good (except for the blisters) 良好 (除了泡之外)	—
9 Tungöl tung oil 桐油	eine Blase im Randbereich one blister at the edge 边缘部位有一个泡	ca. 10 Tage c. 10 days 大约 10 天	gut good 良好	—
10 Hasenleim rabbit glue 兔皮胶	starke Wellenbildung severe formation of waves 大波浪形	ca. 1 Tag c. 1 day	partielle Trennung partial separation 局部分离	gummiartig gummy 胶状
11 Schweineblut pig blood 猪血	einige Blasen im Randbereich some blisters at the edges 边缘部位有数泡	ca. 5 Tage c. 5 days 大约 5 天	gut (bis auf Blasen) good (except for the blisters) 良好 (除了泡之外)	leicht gummiartig slightly gummy 轻度胶状
13 Campher camphor 樟脑	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变		gut good 良好	—
14 Lack lacquer 漆	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变		gut good 良好	—

b) bei Wasserdampfabgabe, Absenkung der rF von ca. 99 % auf ca. 60 % (im Raumklima)
 b) during release of vapour, decrease of the rh from c.99 % to 60 % (in room ambience)
 b) 在排出水蒸气, 相对湿度从大约 99 %降低到大约 60 %时的反应 (在室内气候状况下)

Probe Sample 试样	Reaktion auf Wasserdampfabgabe (Trocknung) reaction 对排出水蒸气的反应 (干燥)		
	Formveränderung Change of Shape 变形	sichtbar nach visible after 所需时间	Haftung Adhesion 附着
1 Rohlack raw lacquer 生漆	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变	—	gut good 良好
2 a (1) Reiskleister rice starch 米糨糊	starkes Aufrollen quer zu den Pinselstrichen severe rolling up crosswise to the brush strokes 剧烈卷曲, 横向笔触	wenige Minuten a few minutes 数分钟	Trennung separation 分离
2 a (2) Reiskleister rice starch 米糨糊	leichter Rückgang der Wellen slight reduction of the waves 波浪形稍退	wenige Minuten a few minutes 数分钟	weitere Trennung further separation 继续分离
2 b Reiskleister rice starch 米糨糊	leichter Rückgang der Wellen slight reduction of the waves 波浪形稍退	wenige Minuten a few minutes 数分钟	weitere Trennung further separation 继续分离
7 Weizenmehl wheat flour 小麦粉	Aufrollen quer zu den Pinselstrichen rolling up crosswise to the brush strokes 卷曲, 横向笔触	wenige Minuten a few minutes 数分钟	Trennung auf einer Seite separation on one side 继续分离
3 Kirschgummi cherry gum 樱桃树胶	leichter Rückgang der Wellen slight reduction of the waves 波浪形稍退	wenige Minuten a few minutes 数分钟	weitere Trennung further separation 继续分离
4 Gummi Arabicum gum arabic 阿拉伯树胶	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变	—	gut good 良好
6 a Albumin albumin 白蛋白	leichter Rückgang der Wellen slight reduction of the waves 波浪形稍退	wenige Minuten a few minutes 数分钟	weitere Trennung further separation 继续分离
6 b Albumin albumin 白蛋白	Rückgang der Blasen reduction of the blisters 泡退	wenige Minuten a few minutes 数分钟	gut (bis auf Blasen) good (except for the blisters) 良好 (除了泡之外)
9 Tungöl tung oil 桐油	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变	—	gut good 良好
10 Hasenleim rabbit glue 兔皮胶	leichter Rückgang der Wellen slight reduction of the waves 波浪形稍退	wenige Minuten a few minutes 数分钟	weitere Trennung further separation 继续分离
11 Schweineblut pig blood 猪血	Aufrollen parallel zu den Pinselstrichen rolling up parallel to the brush strokes 卷曲, 与笔触平行	wenige Minuten a few minutes 数分钟	weitere Trennung further separation 继续分离
13 Campher camphor 樟脑	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变	—	gut good 良好
14 Lack lacquer 漆	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变	—	gut good 良好

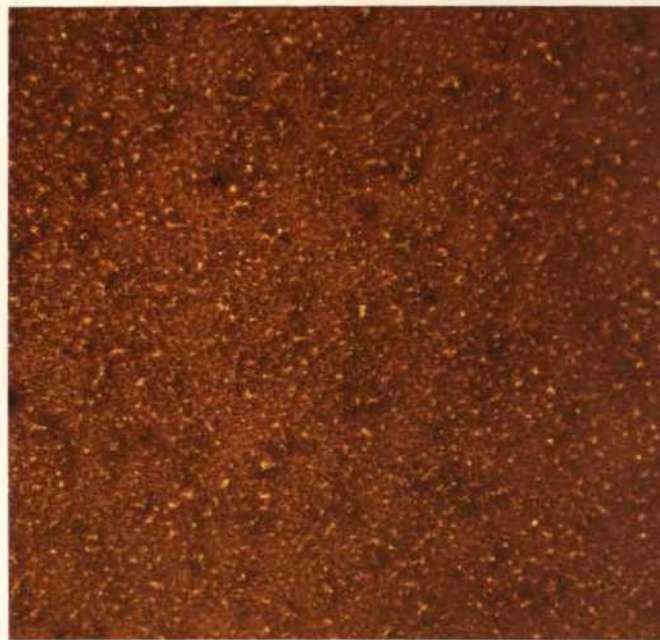


△ 1



△ 2

3 ▽



Farbtafeln XIII-XIV

Verschiedene Lackschichten im Durchlicht, 8fache Vergrößerung

- 1 Originale zweischichtige Grundierung (F-006/91)
- 2 Reiner, filtrierter Rohlack (Probe 1)
- 3 50 % Rohlack, 50 % Reiskleister (Probe 2 a)
- 4 90 % Rohlack, 10 % Weizenmehl (Probe 7)
- 5 50 % Rohlack, 50 % Gummi Arabicum-Lösung (Probe 4)
- 6 90 % Rohlack, 10 % Albuminlösung (Probe 6 b)
- 7 90 % Rohlack, 10 % Schweineblut (Probe 11)
- 8 90 % Rohlack, 10 % Hasenleimlösung (Probe 10)
- 9 95 % Rohlack, 5 % Campher (Probe 13)

Colour Plates XIII-XIV

Various lacquer layers in transmitted light, 8 times magnified

- 1 Original two-layered ground (F-006/91)
- 2 Pure, filtered raw lacquer (sample 1)
- 3 50 % raw lacquer, 50 % rice starch (sample 2 a)
- 4 90 % raw lacquer, 10 % white flour (sample 7)
- 5 50 % raw lacquer, 50 % gum arabic solution (sample 4)
- 6 90 % raw lacquer, 10 % albumin solution (sample 6 b)
- 7 90 % raw lacquer, 10 % pig blood (sample 11)
- 8 90 % raw lacquer, 10 % rabbit glue solution (sample 10)
- 9 95 % raw lacquer, 5 % camphor (sample 13)

彩图 XIII-XIV

透射光下各漆层, 放大 8 倍

- 1 原双层底色 (F-006/91)
- 2 纯、过滤生漆 (试样 1)
- 3 50 %生漆, 50 %米糝糊 (试样 2 a)
- 4 90 %生漆, 10 %小麦粉 (试样 7)
- 5 50 %生漆, 50 %阿拉伯树胶-溶液 (试样 4)
- 6 90 %生漆, 10 %白蛋白溶液 (试样 6 b)
- 7 90 %生漆, 10 %猪血 (试样 11)
- 8 90 %生漆, 10 %兔皮胶溶液 (试样 10)
- 9 95 %生漆, 5 %樟脑 (试样 13)



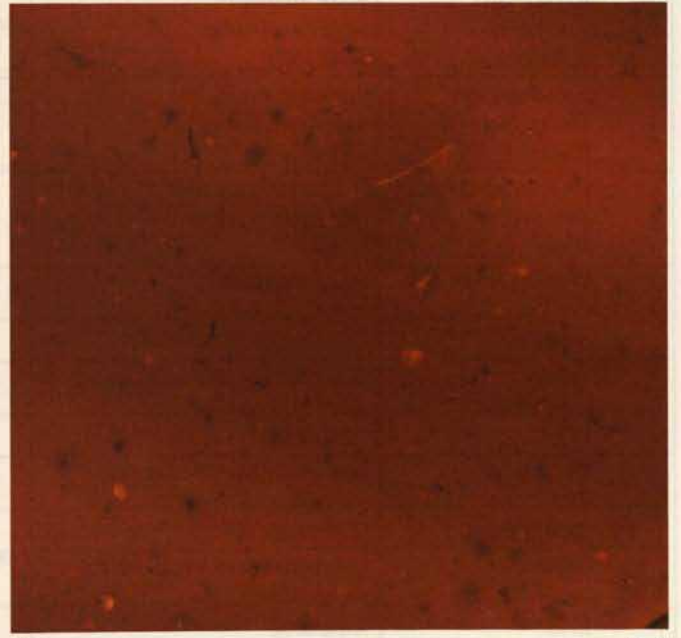
△ 4



7 △



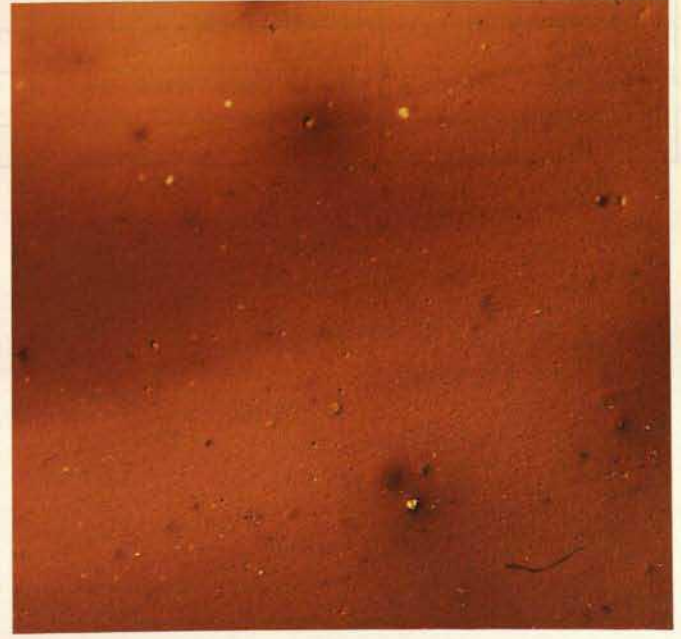
△ 5



8 △



6 ▽



▽ 9

Tab. 4. Verhalten der Aufstriche ohne Träger (nach Abnahme von der Folie)
Tab. 4. Behaviour of the lacquer films without support (after removal from the foil)
表 4. 无载体的漆样 (从薄膜上取下之后)

a) bei Wasserdampfaufnahme, Erhöhung der rF von ca. 60 % auf ca. 99 %, Dauer: 15 Tage
 a) during absorption of vapour, increase of the rh from c. 60 % to c. 99 %, duration: 15 days
 a) 在吸收水蒸气, 相对湿度从大约 60 % 提高到大约 99 % 时的反应, 持续: 15 天

Probe Sample 试样	Reaktion bei Wasserdampfaufnahme (Quellung)		
	Formveränderung Change of Shape 变形	reaction 对吸收水蒸气的反应 (膨胀) sichtbar nach visible after 所需时间	sonstige Beobachtungen Other Observations 其它观察
1 Rohlack raw lacquer 生漆	Aufrollen rolled up 卷曲	ca. 1 Tag c. 1 day 大约 1 天	—
2 a (1) Reiskleister rice starch 米糰糊	stark aufgerollt severly rolled up 剧烈卷曲	ca. 1 Tag c. 1 day 大约 1 天	—
2 a (2) Reiskleister rice starch 米糰糊	stark aufgerollt severly rolled up 剧烈卷曲	ca. 1 Tag c. 1 day 大约 1 天	gummiartig gummy 胶状
3 Kirschgummi cherry gum 樱桃树胶	stark aufgerollt severly rolled up 剧烈卷曲	ca. 1 Tag c. 1 day 大约 1 天	—
4 Gummi Arabicum gum arabic 阿拉伯树胶	Verformung distortion 变形		klebrig und gummiartig sticky and gummy 发粘呈胶状
7 Weizenmehl wheat flour 小麦粉	stark aufgerollt severly rolled up 剧烈卷曲	ca. 1 Tag c. 1 day 大约 1 天	—
9 Tungöl tung oil 桐油	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变		—
10 Hasenleim rabbit glue 兔皮胶	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变		—
11 Schweineblut pig blood 猪血	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变		—
13 Campher camphor 樟脑	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变		—
14 Lack lacquer 漆	keine sichtbare Veränderung no visible change 未见改变		—

- b) bei Wasserdampfabgabe, Absenkung der rF von ca. 99 % auf ca. 60 %, im Raumklima
 b) during release of vapour, decrease of the rh from c. 99 % to c. 60 %, in room ambience
 b) 在排出水蒸气, 相对湿度从大约 99 %降低到大约 60 %时的反应, 在室内气候状况下

Probe Sample 试样	Reaktion bei Wasserdampfabgabe (Schrumpfung)		
	reaction 对排出水蒸气的反应 (收缩)		
	Formveränderung Change of Shape 变形	sichtbar nach visible after 所需时间	sonstige Beobachtungen Other Observations 其它观察
1 Rohlack raw lacquer 生漆	leichtes Ausrollen, bleibt verformt <i>slightly flattening down, stays distorted</i> 稍展平, 保持变形	ca. 30 Minuten <i>c. 30 minutes</i> 大约 30 分钟	–
2 a Reiskleister rice starch 米糰糊	leichtes Ausrollen, bleibt verformt <i>slightly flattening down, stays distorted</i> 稍展平, 保持变形	ca. 20 Minuten <i>c. 20 minutes</i> 大约 20 分钟	–
2 b Reiskleister rice starch 米糰糊	keine sichtbare Veränderung, bleibt verformt <i>nor visible change, stays distorted</i> 未见改变, 保持变形		gummiartig <i>gummy</i> 胶状
3 Kirschgummi cherry gum 樱桃树胶	leichtes Ausrollen, bleibt verformt <i>slightly flattening down, stays distorted</i> 稍展平, 保持变形	ca. 30 Minuten <i>c. 30 minutes</i> 大约 30 分钟	–
4 Gummi Arabicum gum arabic 阿拉伯树胶	Verformung <i>distortion</i> 变形		–
7 Weizenmehl wheat flour 小麦粉	zuerst Ausrollen, dann Aufrollen quer zu den Pinselstrichen <i>first flattening down, then rolling up crosswise to the brush strokes</i> 起初展平, 后横向笔触卷曲	ca. 20 Minuten <i>c. 20 minutes</i> 大约 20 分钟	–
9 Tungöl tung oil 桐油	leichtes Aufrollen <i>slightly rolling up</i> 稍展平	ca. 30 Minuten <i>c. 30 minutes</i> 大约 30 分钟	–
10 Hasenleim rabbit glue 兔皮胶	Ausrollen <i>flattening down</i> 展平	ca. 20 Minuten <i>c. 20 minutes</i> 大约 20 分钟	–
11 Schweineblut pig blood 猪血	leichtes Ausrollen, bleibt verformt <i>slightly flattening down, stays distorted</i> 稍展平, 保持变形	ca. 30 Minuten <i>c. 30 minutes</i> 大约 30 分钟	–
13 Campher camphor 樟脑	keine sichtbare Veränderung <i>no visible change</i> 未见改变		–
14 Lack lacquer 漆	keine sichtbare Veränderung <i>no visible change</i> 未见改变		–

玻璃上的涂漆在气候变化时会变形，部分会与载体分离(表 3 a, b; 图 15)。薄膜上取下的漆膜卷曲又展开，显示出张力(表 4 a, b)。陶片上涂的试样没有变化。

使用米糨糊、树胶和蛋白质涂在薄膜上的调和漆，硬化后或多或少已开始卷曲，说明张力颇大。对这些在硬化过程中单面“被封的”漆膜而言，在从薄膜上取下之后，其朝向薄膜之面(原底面)的反应更剧烈。吸收水蒸气引起扩张，扩张导致漆膜的卷曲(原底面朝外卷)，减少水蒸气产生收缩，收缩使漆膜展平。

生漆(试样 1)在载片上对气候变化不起反应(图 2)。脱离的漆膜在 99% 的相对湿度下发生卷曲，失水时，部分开裂。脱水生漆(试样 14)无变化(图 3)。使用米糨糊的调和漆(试样 2 a)吸湿时会扩大体积，在玻璃上会形成波形(图 4)，脱离的漆膜会继续卷曲⁴²。除湿时产生强大的张力。一分钟之内，漆样会从玻璃载体上脱落并卷曲。润湿时，张力会稍许减弱。使用小麦粉(试样 7; 图 6)的调和漆对潮湿的反应，不如使用米糨糊的调和漆的反应那么强烈。除湿时可以发现极强的张力。无载体涂漆的表现走极端：潮湿时，漆膜与笔触平行卷曲，除湿时，漆膜松弛，随后又横向笔触卷曲。这一活动发生在几分钟之内。值得注意的是，与所有其它试样相反，除湿时，用米糨糊和小麦粉的调和漆是横向笔触卷曲。生漆和阿拉伯树胶(试样 4; 图 12)的涂刷表现不一：涂在玻璃上的生漆和阿拉伯树胶没有变化，无载体漆膜则发粘，象树胶。添加剂蛋白质的试样对气候变化反应强烈：吸湿造成体积扩大，除湿导致剧烈收缩。

加桐油的试样 9 在吸收水蒸气时不变形，除湿时会发生翘起。加樟脑的漆样(试样 13; 图 14)变化甚微，这也只是在除湿时才能发现。

涂漆在水润湿情况下的表现

一般情况下，涂漆对水润湿不起反应。我们用一滴蒸馏水润湿了陶片上的涂漆表面。除了加阿拉伯树胶的涂漆之外，所有涂漆上的水滴保留长于一小时。⁴³ 只有加阿拉伯树胶的调和漆脱离，剩下一点褐色粉末。

总结和涂漆与原底色的比较

用东亚漆所进行的试验表明，由生漆和有机添加剂组成的调和漆在气候变化时会呈现明显的张力(卷曲和展开)。它们和兵马俑的底色一样，均对湿度敏感。表现特别敏感的是由生漆-米糨糊、生漆-小麦粉和生漆-蛋白质组成的调和漆。象双层底色一样，涂漆在除湿时会发生造型的变形。由生漆-小麦粉和生漆-米

糨糊组成的调和漆干燥后会迅速卷曲；它们的表现与兵马俑底色除湿时的表现一致。

透射光下，可以进行涂漆和原双层底色之间的结构比较。由漆-米淀粉和漆-小麦粉组成的调和漆最容易和兵马俑的底色作比较。这些调和漆显示出一种带洞眼的不规则结构，在兵马俑底色层的下层亦能发现这一结构。底色上层的结构相反，是有规则的，它可与许多自制的涂漆相比较。

阿拉伯树胶-生漆涂漆能透水，毛细吸水通过涂漆是可能的。所有其余涂漆均对水排斥。

所作试验证明，由东亚漆和有机粘合剂组成的调和漆显示的特性，与在兵马俑底色上观察到的特性相符。

(德译中：艾竹)

42 Der abgelöste Aufstrich mit Reiskleister rollte sich schon beim Aushärten auf.

*

42 The detached coating with rice starch already rolled up during hardening.

*

42 使用米糨糊的调和漆，脱离载体后，硬化时便开始卷曲。

43 基于这一排斥水的特性，可以推断，漆上的含水粘合的彩绘层不可能附着。然而重制彩绘的尝试表明，底色层和含水粘合的颜色层之间能够附着。参见 THIEME 1993。

sowie Aufstriche aus reinem Rohlack und Lack zeigten keine Spannungen.

Nach der Abnahme der Aufstriche von den Folien konnten Elastizität bzw. Sprödigkeit empirisch ermittelt werden. Mischungen mit Gummen sind extrem spröde und zerbrechlich. Mischungen aus Rohlack-Tungöl, Rohlack-Campher und reiner Rohlack sowie entwässerter Lack sind auffällig elastisch. Alle Aufstriche haften sehr gut auf der Terrakottaoberfläche. Die Aufstriche dringen ein und verfärben die Terrakotta bräunlich.

Struktur der Lackfilme im Durchlicht

Im Durchlicht zeigen die Aufstriche unterschiedliche Strukturen und lassen Emulsionsbildung und Mischungen erkennen (Farbtafeln XIII-XIV). Die Mischungen aus Rohlack mit Proteinen sind sehr homogen und ähneln denen des entwässerten Rohlacks. Im Gegensatz dazu zeigen die Aufstriche von Rohlack-Reisstärke und Rohlack-Weizenmehl unregelmäßige Strukturen.

Verhalten der Aufstriche bei Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe

Die hergestellten Proben wurden wechselnden Luftfeuchtwerten ausgesetzt, um ihre Reaktionen mit denen der Originalmaterialien zu vergleichen. Mischungen mit Reiskleister und Weizen zeigten bei der Entfeuchtung schnelle und heftige Reaktionen. Alle Aufstriche (außer entwässertem Rohlack und Rohlack-Campher-Mischungen) waren empfindlich gegenüber Klimaänderungen und blieben plastisch deformiert. Bei allen Proben der Versuchsreihe verliefen die Reaktionen während der Befeuchtung langsam, bei der Entfeuchtung extrem schnell (innerhalb weniger Minuten).

Bei Aufstrichen auf Glas bewirkten Klimawechsel Formveränderungen und partielle Trennungen vom Träger (Tab. 3 a, b; Abb. 15). Die Lackfilme, die von der Folie abgenommen wurden, zeigten Spannungen durch Auf- und Ausrollen (Tab. 4 a, b). Die Proben auf Terrakottaplättchen blieben unverändert.

Die Mischungen mit Reiskleister, Gummen und Proteinen auf Folie waren schon nach dem Aushärten mehr oder weniger stark aufgerollt, ein Hinweis auf erhebliche Spannungen. Nach der Abnahme von der Folie reagierte bei diesen während der Aushärtung einseitig „gesperrten“ Filmen die der Folie zugewandte Fläche (ehem. Unterseite) stärker. Die Ausdehnung bei Wasserdampfaufnahme führte zum Aufrollen der Filme (mit der ehem. Unterseite nach außen), das Zusammenziehen bei Wasserdampfabgabe zum Ausrollen und Glätten des Films.

Rohlack (Probe 1) zeigt auf dem Objektträger bei Klimawechseln keine Reaktion (Abb. 2). Der abgelöste Film rollt sich bei 99 % rF auf und öffnet sich teilweise bei der Entfeuchtung. Entwässerter Rohlack (Probe 14) blieb unverändert (Abb. 3). Die Mischung mit Reiskleister (Probe 2 a) zeigt bei Feuchtigkeitsaufnahme eine Volumenvergrößerung, Wellenbildung auf Glas (Abb. 4) und weiteres Aufrollen⁴² des abgelösten Filmes. Starke Spannungen entstehen bei der Entfeuchtung. Das Ablösen vom Glasträger und Aufrollen erfolgte innerhalb einer Minute. Bei der Entfeuchtung erfolgt eine leichte Entspannung. Die Mischung mit Weizenmehl (Probe 7; Abb. 6) reagiert bei Befeuchtung nicht so stark wie die mit Reiskleister. Extrem starke Spannungen sind bei der Entfeuchtung zu beobachten. Das Verhalten des Aufstriches ohne Träger ist extrem: Bei Befeuchtung rollt sich der Film parallel zu den Pinselstrichen

Behavior of the Coatings During Absorption and Release of Moisture

The prepared samples were exposed to changing humidity values in order to compare their reactions to those of the original materials. Mixtures with rice starch and wheat exhibited rapid, severe reactions to dehumidification. All the coatings (except dehydrated raw lacquer and the raw lacquer/camphor mixtures) were sensitive to climatic changes and remained deformed. On all the samples in the experiments the reactions during moistening were slow, during dehumidification extremely fast (within a few minutes).

On the coatings on glass climatic alterations caused changes in form and partial detachment from the support (tab. 3 a, b; fig. 15). The lacquer films that were taken off foil showed tensions by rolling up and rolling out (tab. 4 a, b). The samples on the terracotta plates remained unchanged.

The mixtures with rice starch, gums and proteins on foil were more or less strongly rolled up already after hardening, an indication of substantial tensions. After removal from the foil, the surface that had been facing the foil (the former underside) during hardening of the one-sidedly 'blocked' film reacted more severely. Expansion during the absorption of steam led to rolling up of the films (with the former underside toward the outside), contraction during the release of steam to a rolling out and smoothing of the film.

On the glass slide raw lacquer (sample 1) shows no reaction to climatic changes (fig. 2). The detached film rolls up at 99 % rh and unfolds partially under dehumidification. Dehydrated raw lacquer (sample 14) remained unchanged (fig. 3). During moisture absorption the mixture with rice starch (sample 2 a) exhibits an increase in volume, formation of waves on the glass (fig. 4) and further rolling up⁴² of the detached film. Severe tensions develop during dehumidification. Detachment from the glass support and rolling up occurred within one minute. During moistening the mixture with wheat flour (sample 7; fig. 6) does not react as strongly as the rice starch mixture. Extremely severe tensions can be observed during dehumidification. The behavior of the coating without a support is extreme: during moistening the film rolls up parallel to the brush strokes, during dehumidification the film experiences a decrease in tension and then rolls up again at right angles to the brush strokes. This movement occurs within a few minutes. It is striking that during dehumidification the mixtures with rice starch and wheat flour – in contrast to all the other samples – roll up crosswise to the brush strokes. Coatings of raw lacquer with gum arabic (sample 4; fig. 12) exhibited various behaviors: raw lacquer with gum arabic on glass remains unchanged; the film without a support became sticky and gum-like.

Samples with protein additives react severely to climatic changes: moisture absorption causes an increase in volume, dehumidification a severe contraction.

Sample 9 with tung oil exhibits no changes in form during the absorption of steam; it remains buckled from dehumidification. The coating with camphor (sample 13; fig. 14) exhibited minimal alterations, which were only visible during dehumidification.

Behavior of the Coatings When Moistened with Water

As a rule the coatings did not show a reaction to being moistened with water. The surface of the coatings on the terracotta plates

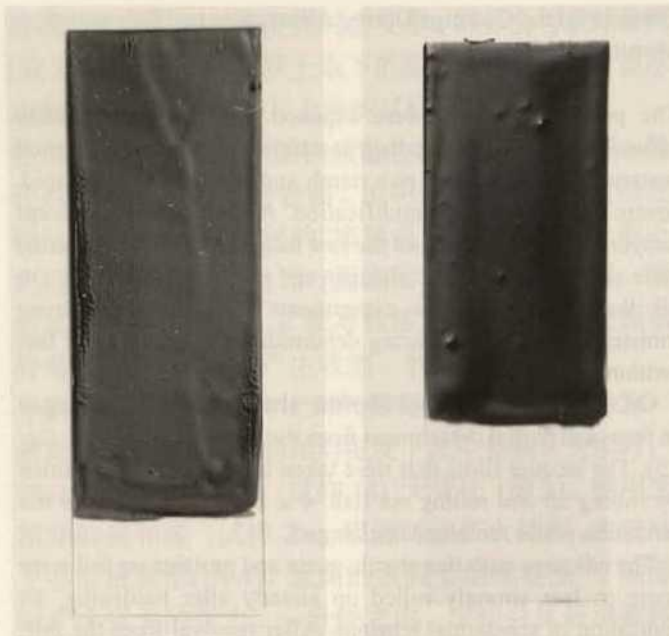


Abb. 2. Probe 1: Rohlack; Aufstrich auf Objektträger aus Glas: keine sichtbaren Veränderungen bei Befeuchtung (99 % rF) und Entfeuchtung
 Abb. 3. Probe 14: entwässertes Lack; Aufstrich auf Objektträger aus Glas: keine sichtbare Veränderungen bei Befeuchtung (99 % rF) und Entfeuchtung

Fig. 2. Sample 1, raw lacquer; coating on a glass slide: no visible changes during moistening (99 % rh) and dehumidification

Fig. 3. Sample 14, dehydrated lacquer; coating on a glass slide: no visible changes during moistening (99 % rh) and dehumidification

图 2. 试样 1: 生漆; 涂刷在玻璃载片上。在潮湿 (99 % 的相对湿度) 和除湿状态下没有明显的变化

图 3. 试样 14: 脱水漆; 涂刷在玻璃载片上。在潮湿 (99 % 的相对湿度) 和除湿状态下没有明显的变化

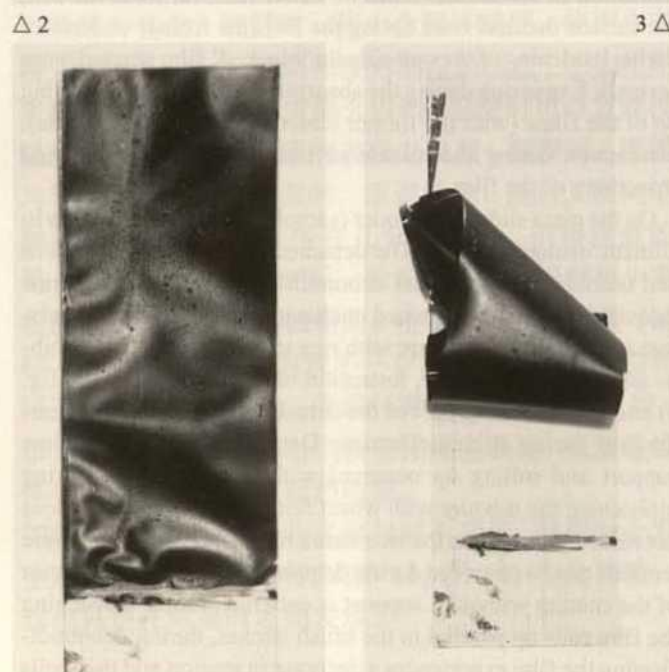


Abb. 4. Probe 2 a: 50 % Rohlack, 50 % Reiskleister; Aufstrich auf Objektträger aus Glas

- a. Volumenzunahme bei Befeuchtung (ca. 99 % rF), Wellenbildung und Trennung vom Bildträger
- b. Aufrollen des Aufstriches bei Entfeuchtung (ca. 60 % rF)

Fig. 4. Sample 2 a, 50 % raw lacquer, 50 % rice starch; coating on a glass slide

a. increase in volume during moistening (c. 99 % rh), formation of waves and detachment from the support

b. rolling up of the coating during dehumidification (c. 60 % rh)

图 4. 试样 2 a: 50 % 生漆, 50 % 米糝糊; 涂刷在玻璃载片之上

a. 潮湿状态下 (约 99 % 的相对湿度) 体积增长, 成波浪形并与载体分离

b. 脱水状态下 (约 60 % 的相对湿度) 的涂漆卷曲

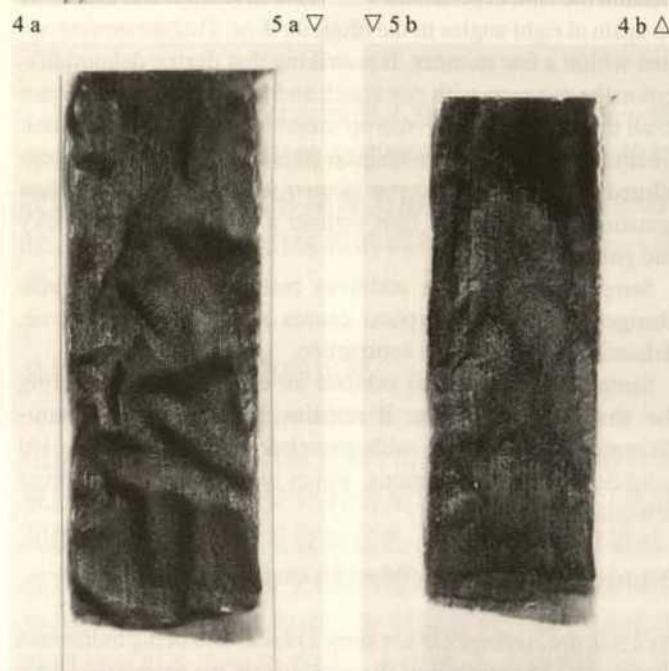


Abb. 5. Probe 2 b: 30 % Rohlack, 70 % Reiskleister; Aufstrich auf Objektträger aus Glas

- a. Volumenzunahme bei Befeuchtung (ca. 99 % rF), Wellenbildung und Trennung vom Bildträger
- b. nach Entfeuchtung (ca. 60 % rF)

Fig. 5. Sample 2 b, 30 % raw lacquer, 70 % rice starch; coating on a glass slide

a. increase in volume during moistening (c. 99 % rh), formation of waves and detachment from the support

b. after dehumidification (c. 60 % rh)

图 5. 试样 2 b: 30 % 生漆, 70 % 米糝糊; 涂刷在玻璃载片之上

a. 潮湿状态下 (约 99 % 的相对湿度) 体积增长, 成波浪形并与载体分离

b. 除湿之后 (约 60 % 的相对湿度)

auf, bei Entfeuchtung entspannt sich der Film und rollt sich anschließend quer zu den Pinselstrichen wieder auf. Diese Bewegung erfolgt in wenigen Minuten. Bemerkenswert ist, daß sich bei Entfeuchtung Mischungen mit Reiskleister und Weizenmehl – im Gegensatz zu allen anderen Proben – quer zu den Pinselstrichen aufrollen. Aufstriche von Rohlack-Gummi Arabicum (Probe 4; Abb. 12) zeigten unterschiedliches Verhalten: Rohlack-Gummi Arabicum auf Glas bleibt unverändert, der Film ohne Träger wurde klebrig und gummiartig.

Proben mit beigemischten Proteinen reagieren heftig auf Klimawechsel: Feuchtigkeitsaufnahme bewirkt eine Volumenvergrößerung, Entfeuchtung ein starkes Zusammenziehen.

Die Probe 9 mit Tungöl zeigt keine Formveränderung bei Wasserdampfaufnahme, entfeuchtet bleibt sie verwölbt. Der Anstrich mit Campher (Probe 13; Abb. 14) zeigte minimale Veränderungen, die nur bei der Entfeuchtung sichtbar wurden.

Verhalten der Aufstriche gegenüber Benetzen mit Wasser

Die Aufstriche zeigen in der Regel keine Reaktion gegenüber einer Benetzung mit Wasser. Die Oberfläche der Aufstriche auf den Terrakottaplättchen wurde mit einem Tropfen destillierten Wassers benetzt. Die Tropfen blieben bei allen Aufstrichen, außer denen mit Gummi Arabicum, länger als eine Stunde stehen.⁴³ Nur die Mischung mit Gummi Arabicum löste sich auf, ein braunes Pulver blieb übrig.

Zusammenfassung und Vergleich der Aufstriche mit der originalen Grundierung

Die mit ostasiatischem Lack durchgeführten Versuche zeigen, daß Mischungen aus Rohlack mit organischen Zusätzen deutliche Spannungen (Aufrollen und Ausrollen) bei Klimaänderungen aufweisen. Sie sind wie die Grundierung der Tonsoldaten feuchtigkeitsempfindlich. Besonders empfindlich reagierten Mischungen von Rohlack-Reiskleister, Rohlack-Weizenmehl und Rohlack-Proteinen. Wie bei der zweischichtigen Grundierung bleiben die Aufstriche nach Entfeuchtung plastisch deformiert. Rasches Aufrollen bei Austrocknung zeigen Mischungen aus Rohlack-Weizenmehl und Rohlack-Reisstärke; sie verhalten sich wie die Grundierung der Tonkrieger bei der Entfeuchtung.

Im Durchlicht konnten Vergleiche der Struktur zwischen Aufstrichen und der originalen zweischichtigen Grundierung gezogen werden. Am ehesten vergleichbar mit der Grundierung der Terrakottafiguren sind die Mischungen aus Lack-Reisstärke und Lack-Weizenmehl. Die Mischungen zeigen eine unregelmäßige Struktur mit Löchern, wie sie auch in der unteren Schicht der Grundierungsschicht der Terrakottafiguren zu erkennen sind. Die obere Grundierungsschicht zeigt dagegen eine regelmäßige Struktur, die mit vielen der hergestellten Aufstriche verglichen werden kann.

Der Aufstrich Gummi Arabicum-Rohlack ist wasserdurchlässig, ein kapillarer Wassertransport durch den Aufstrich ist möglich. Alle anderen Aufstriche sind wasserabweisend.

Die durchgeführten Versuche belegen, daß Mischungen von ostasiatischem Lack und organischen Bindemitteln Eigenschaften aufweisen, die denen entsprechen, die bei der Grundierung der Terrakottasoldaten zu beobachten sind.

was sprinkled with a few drops of distilled water. On all the coatings except the one with gum arabic the drops remained standing longer than an hour.⁴³ Only the mixture with gum arabic dissolved, leaving a brown powder.

Summary and Comparison of the Coatings with the Original Lacquer Ground

The experiments carried out with East Asian Lacquer show that mixtures of raw lacquer with organic additives exhibit obvious tensions (rolling up and rolling out) during climatic changes. They are sensitive to moisture, as is the lacquer ground on the terracotta warriors. Mixtures of raw lacquer with rice starch, wheat flour or proteins are particularly sensitive. The coatings remain deformed after dehumidification, as does the two-layered ground on the terracotta figures. Mixtures of raw lacquer with wheat flour or rice starch exhibit rapid rolling up during drying out; they behave the way the lacquer ground of the clay warriors does during dehumidification.

In transmitted light comparisons could be made between the structure of the prepared coatings and that of the original two-layered lacquer ground. The mixtures of lacquer with rice starch or wheat flour are the most comparable to the ground on the terracotta figures. These mixtures exhibit an irregular structure with holes, as also can be seen in the lower layer of the ground on the terracotta figures. In contrast the upper layer of the lacquer ground exhibits a regular structure which can be compared to many of those of the prepared coatings.

The coating with gum arabic and raw lacquer is permeable to water; a capillary movement of water through the coating is possible. All the other coatings are water repellent.

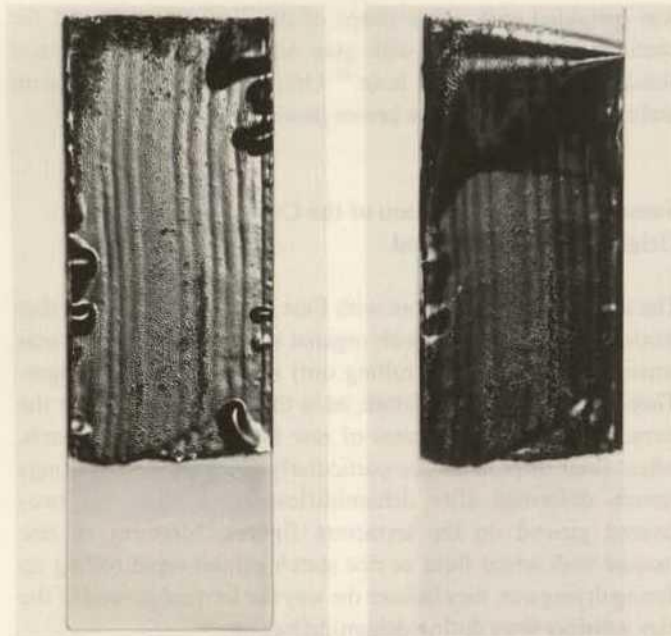
The experiments prove that mixtures of East Asian lacquer and organic binding media produce properties that correspond with those that can be observed in the lacquer ground on the terracotta warriors.

(Translated from the German by Margaret Thomas Will)

43 Aufgrund dieser wasserabweisenden Eigenschaft ist anzunehmen, daß wäßrig gebundene Malschichten auf Lack nicht haften können. Rekonstruktionsversuche zur Polychromie zeigten jedoch, daß eine Haftung zwischen Grundierung und wäßrig gebundener Farbschicht entstehen kann. Vgl. THIEME 1993.

*

43 On the basis of this property of water repellence it can be assumed that aqueously bound paint layers cannot adhere to lacquer. However, reconstruction experiments with the polychromy showed that an adhesion between a ground and an aqueously bound pigment layer can develop. See THIEME 1993.



△ 6 a

6 b △

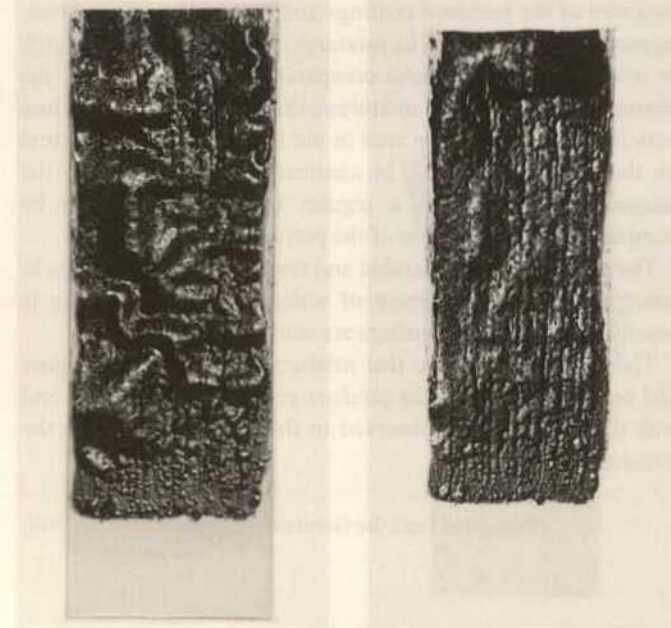
Abb. 6. Probe 7: 90 % Rohlack, 10 % Weizenmehl; Aufstrich auf Objektträger aus Glas

- a. geringe Volumenzunahme (Ränder) bei der Befeuchtung (ca. 99 % rF)
b. partielles Aufrollen nach der Entfeuchtung (ca. 60 % rF)

Fig. 6. Sample 7, 90 % raw lacquer, 10 % wheat flour; coating on a glass slide

- a. slight increase in volume (edges) during moistening (c. 99 % rh)
b. partial rolling up after dehumidification (c. 60 % rh)

图 6. 试样 7: 90 % 生漆, 10 % 小麦粉; 涂刷在玻璃载片之上
a. 潮湿状态下 (约 99 % 的相对湿度) 体积稍有增长 (边缘)
b. 除湿后 (约 60 % 的相对湿度) 部分卷曲



△ 7 a

8 a ▽

▽ 8 b

7 b △

Abb. 7. Probe 3: 50 % Rohlack, 50 % Kirschgummi-Lösung (5 % Kirschgummi, 45 % Wasser); Aufstrich auf Objektträger aus Glas

- a. Volumenzunahme bei Befeuchtung (ca. 99 % rF), Wellenbildung und Trennung vom Bildträger
b. nach Entfeuchtung (ca. 60 % rF)

Fig. 7. Sample 3, 50 % raw lacquer, 50 % cherry gum solution (5 % cherry gum, 45 % water); coating on a glass slide

- a. increase in volume during moistening (c. 99 % rh), formation of waves and detachment from the support
b. after dehumidification (c. 60 % rh)

图 7. 试样 3: 50 % 生漆, 50 % 樱桃树胶-溶液 (5 % 樱桃树胶, 45 % 水); 涂刷在玻璃载体上

a. 潮湿状态下 (约 99 % 的相对湿度) 体积增长, 成波浪形并与载体分离

b. 除湿之后 (约 60 % 的相对湿度)

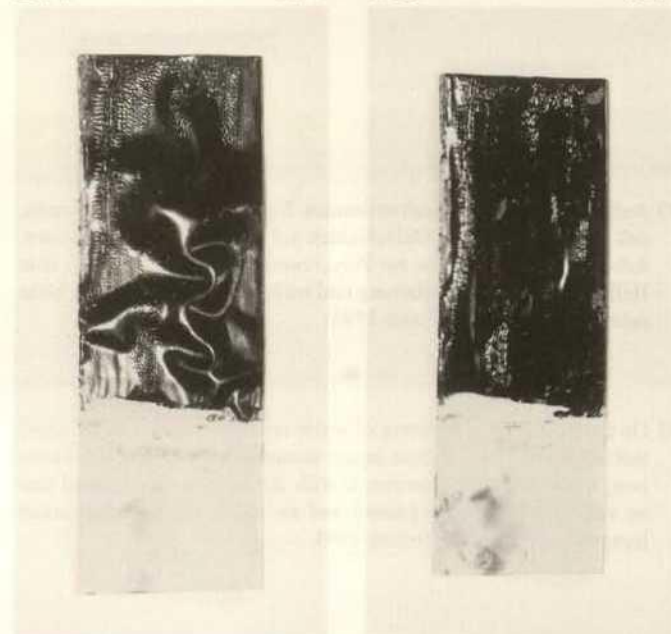


Abb. 8. Probe 6 a: 70 % Rohlack, 30 % Albuminlösung (15 % Albumin, 15 % Wasser); Aufstriche auf Objektträger aus Glas

- a. Volumenzunahme bei Befeuchtung (ca. 99 % rF)
b. nach Entfeuchtung (ca. 60 % rF)

Fig. 8. Sample 6 a, 70 % raw lacquer, 30 % albumin solution (15 % albumin, 15 % water); coating on a glass slide

- a. increase in volume during moistening (c. 99 % rh)
b. after dehumidification (c. 60 % rh)

图 8. 试样 6 a: 70 % 生漆, 30 % 白蛋白溶液 (15 % 白蛋白, 15 % 水); 涂刷在玻璃载片上

a. 潮湿状态下 (约 99 % 的相对湿度) 体积增长

b. 除湿之后 (约 60 % 的相对湿度)

Abb. 9. Probe 6 b: 90 % Rohlack, 10 % Albuminlösung (5 % Albumin, 5 % Wasser); Aufstrich auf Objektträger aus Glas

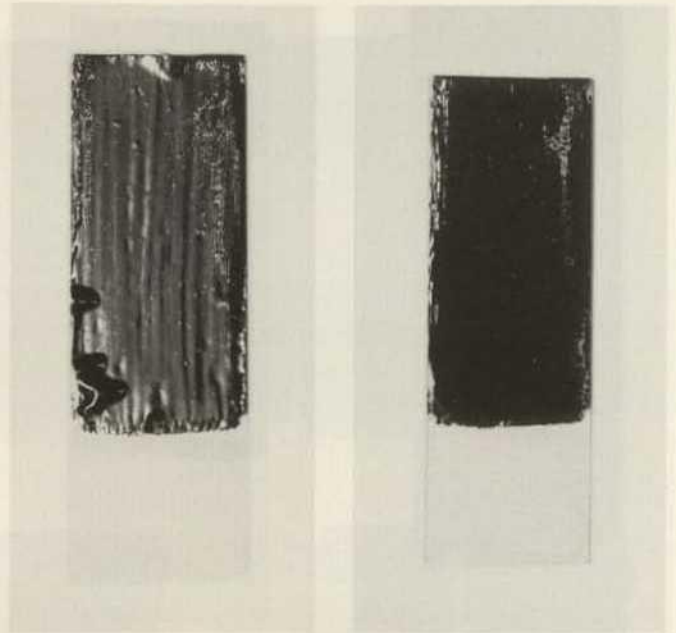
- a. an den Rändern Volumenzunahme bei Befeuchtung (ca. 99 % rF)
b. nach Entfeuchtung (ca. 60 % rF)

Fig. 9. Sample 6 b, 90 % raw lacquer, 10 % albumin solution (5 % albumin, 5 % water); coating on a glass slide

- a. increase in volume at the edges during moistening (c. 99 % rh)
b. after dehumidification (c. 60 % rh)

图 9. 试样 6 b: 90 % 生漆, 10 % 白蛋白溶液 (5 % 白蛋白, 5 % 水); 涂刷在玻璃载片上

- a. 潮湿状态下 (约 99 % 的相对湿度) 边缘部分体积增长
b. 除湿之后 (约 60 % 的相对湿度)



△ 9 a

9 b △

Abb. 10. Probe 11: 90 % Rohlack, 10 % Schweineblut; Aufstrich auf Objektträger aus Glas

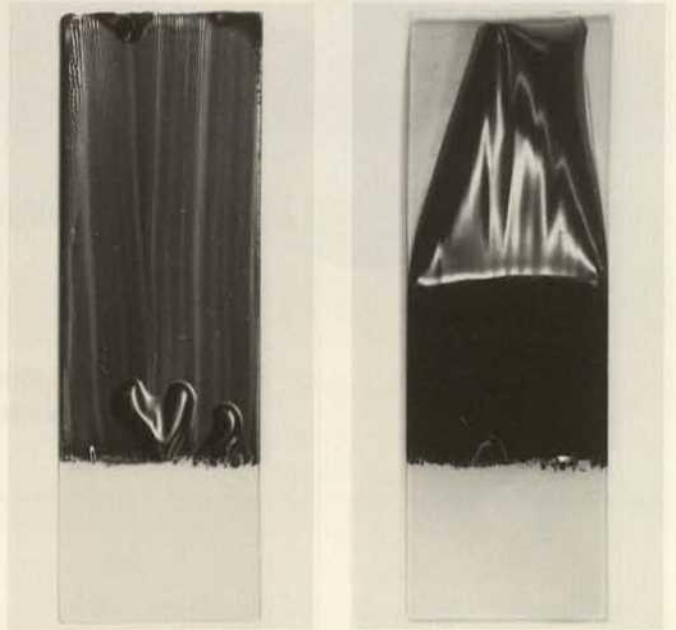
- a. geringe Volumenzunahme (Ränder) bei Befeuchtung (ca. 99 % rF)
b. partielles Aufrollen nach Entfeuchtung (ca. 60 % rF)

Fig. 10. Sample 11, 90 % raw lacquer, 10 % pig blood; coating on a glass slide

- a. slight increase in volume (edges) during moistening (c. 99 % rh)
b. partial rolling up after dehumidification (c. 60 %)

图 10. 试样 11: 90 % 生漆, 10 % 猪血; 涂刷在玻璃载片上

- a. 潮湿状态下 (约 99 % 的相对湿度) 体积稍有增长 (边缘)
b. 除湿后 (约 60 % 的相对湿度) 部分卷曲。



△ 10 a

11 a ▽

▽ 11 b

10 b △

Abb. 11. Probe 10: 90 % Rohlack, 10 % Hasenleimlösung (1 % Leim, 9 % Wasser); Aufstrich auf Objektträger aus Glas

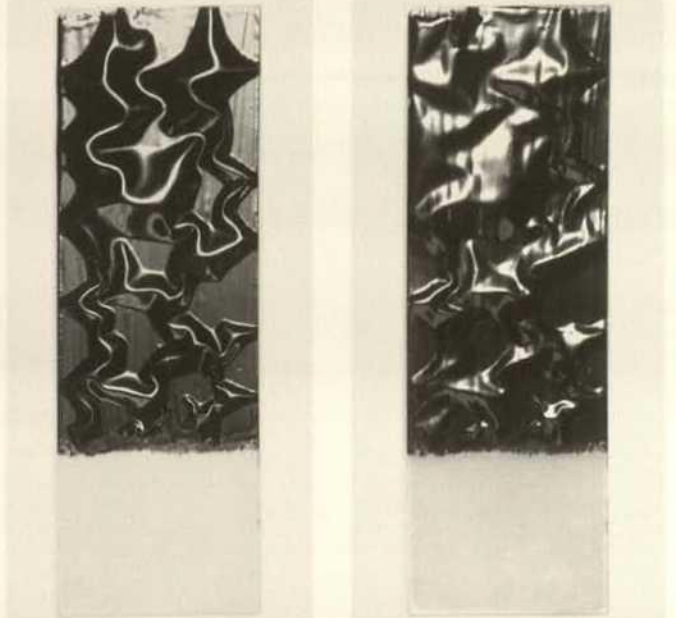
- a. Volumenzunahme bei Befeuchtung (ca. 99 % rF), Wellenbildung und partielle Trennung vom Träger
b. nach Entfeuchtung (ca. 60 % rF)

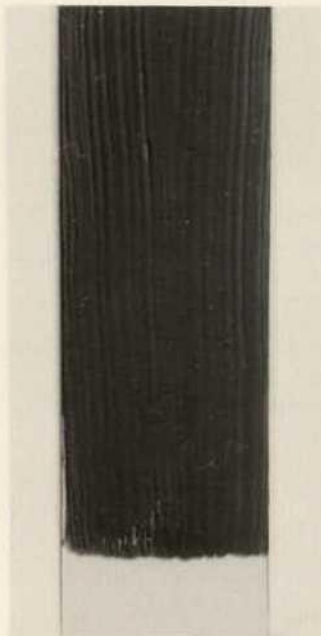
Fig. 11. Sample 10, 90 % raw lacquer, 10 % rabbit glue solution (1 % glue, 9 % water); coating on a glass slide

- a. increase in volume during moistening (c. 99 % rh), formation of waves and partial detachment from the support
b. after dehumidification (c. 60 % rh)

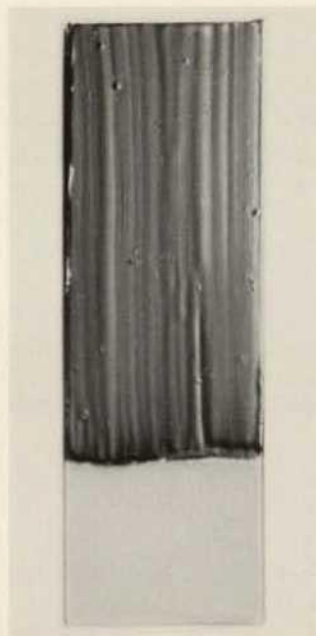
图 11. 试样 10: 90 % 生漆, 10 % 兔皮胶溶液 (1 % 胶, 9 % 水); 涂刷在玻璃载片上

- a. 潮湿状态下 (约 99 % 的相对湿度) 体积增长, 成波浪形与载体分离
b. 除湿后 (约 60 % 的相对湿度)

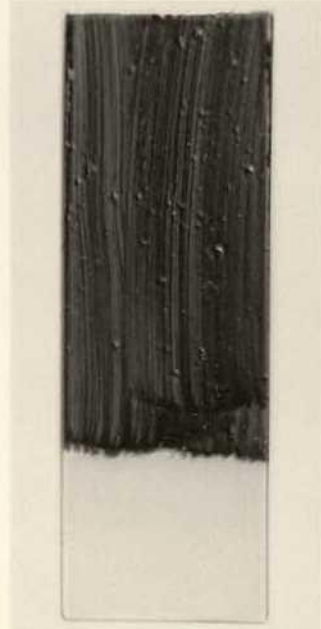




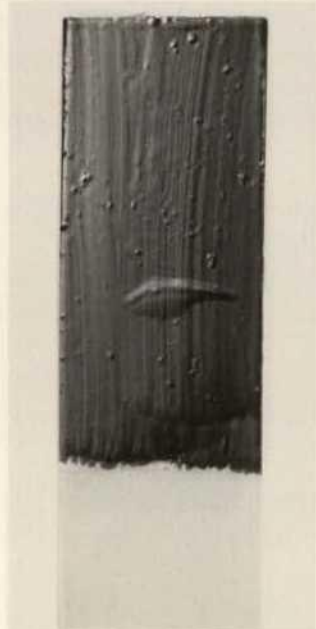
△ 12



▽ 14 b



14 a ▽



13 △

Abb. 12. Probe 4: 50 % Rohlack, 50 % Gummi Arabicum-Lösung (15 % Gummi Arabicum, 35 % Wasser); Aufstrich auf Objektträger aus Glas; keine sichtbaren Veränderungen bei Befeuchtung (99 % rF) und Entfeuchtung

Abb. 13. Probe 9: 95 % Rohlack, 5 % Tungöl; Aufstrich auf Objektträger aus Glas; keine sichtbaren Veränderungen bei Befeuchtung (99 % rF) und Entfeuchtung

Fig. 12. Sample 4, 50 % raw lacquer, 50 % gum arabic solution (15 % gum arabic, 35 % water); coating on a glass slide: no visible changes during moistening (99 % rh) and dehumidification

Fig. 13. Sample 9, 95 % raw lacquer, 5 % tung oil; coating on a glass slide: no visible changes during moistening (99 % rh) and dehumidification

图 12. 试样 4: 50 %生漆, 50 %阿拉伯树胶-溶液 (15 %阿拉伯树胶, 35 %水); 涂刷在玻璃载片上。潮湿 (99 %的相对湿度) 和除湿状态下没有明显变化

图 13. 试样 9: 95 %生漆, 5 %桐油; 涂刷在玻璃载片上。潮湿 (99 %的相对湿度) 和除湿状态下无明显变化

Abb. 14. Probe 13: 95 % Rohlack, 5 % Campher; Aufstrich auf Objektträger aus Glas

a. Keine sichtbaren Veränderungen bei der Befeuchtung (99 % rF)

b. Bildung einer Blase nach der Entfeuchtung

Fig. 14. Sample 13, 95 % raw lacquer, 5 % camphor; coating on a glass slide

a. no visible changes during moistening (99 % rh)

b. formation of a blister after dehumidification

图 14. 试样 13: 95 %生漆, 5 %樟脑; 涂刷在玻璃载片上

a. 潮湿状态下 (99 %的相对湿度) 没有明显变化

b. 除湿后鼓起一泡

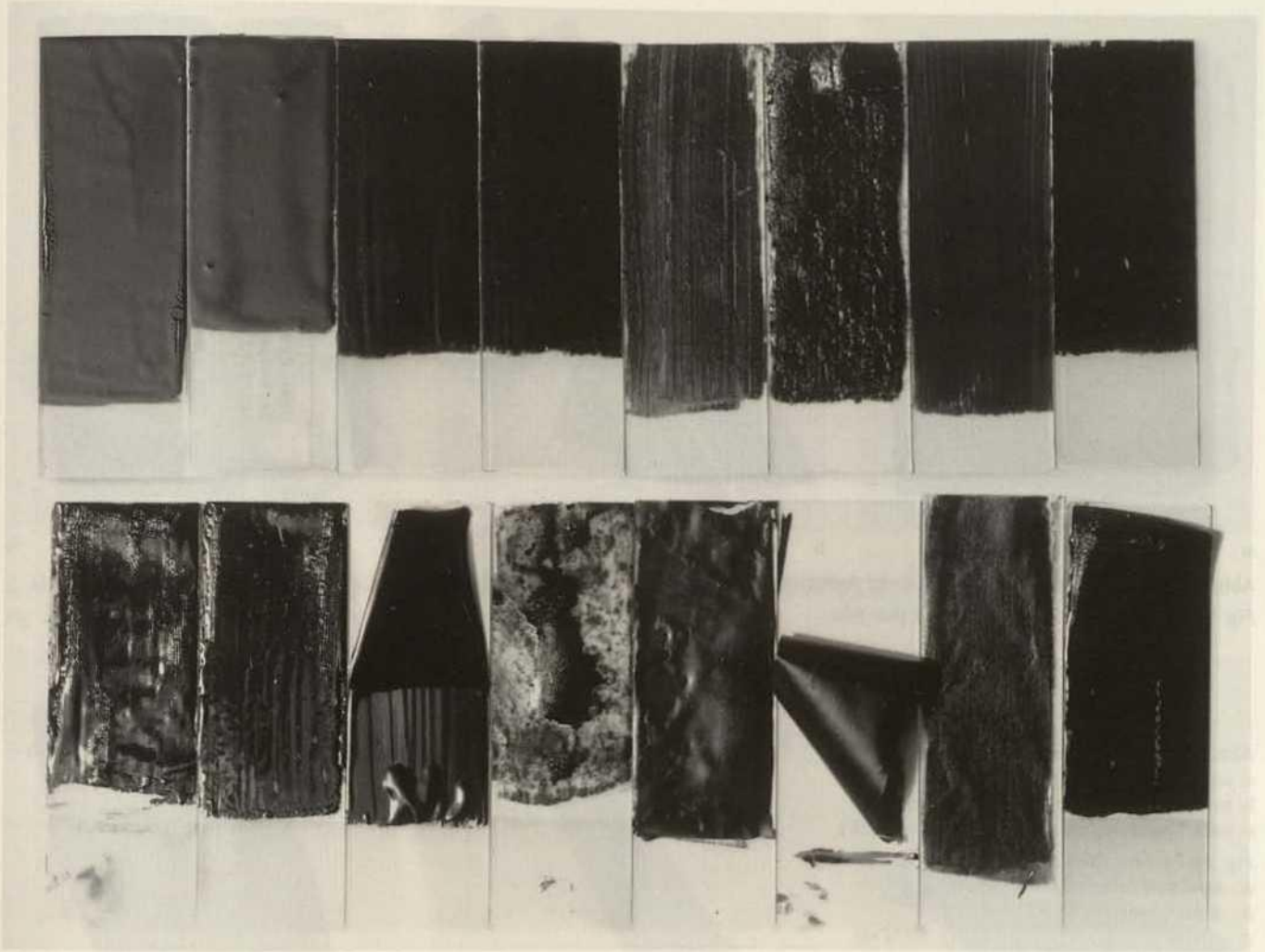


Abb. 15. Aufstriche aller Proben auf Glasträgern nach Befeuchtung und Trocknung

Fig. 15. Coatings of all samples on glass plates after storage in high humidity and drying

图 15. 所有涂刷在玻璃载片上的试样，潮湿状态下和干燥后



a



b



c

Abb. 16. Probe 1: Gereinigter Rohlack, freier Aufstrich
 Fig. 16. Sample 1: Purified row lacquer, free film

图 16. 试样 1: 纯化生漆, 自由涂刷

Abb. 16-20. Freie Aufstriche der Lackfilme
 a. ausgehärtet (nach Abnahme von der Folie)
 b. bei hoher Luftfeuchte (ca. 99 % rF)
 c. nach Trocknung im Raumklima (ca. 60 % rF)

Fig. 16-20. Free films of lacquer samples
 a. hardened (after removal from the foil)
 b. at high humidity (c. 99 % rh)
 c. after drying in room ambience (c. 60 % rh)

图 16-20. 自由涂刷的漆膜

- a. 硬化 (从薄膜上取下后)
- b. 在高湿度下 (大约 99 % 的相对湿度)
- c. 在室温下干燥后 (大约 60 % 的相对湿度)

Abb. 19. Probe 7: 90 % Rohlack, 10 % Weizenmehl, freier Aufstrich
 Fig. 19. Sample 7: 90 % row lacquer, 10 % wheat flour, free film

图 19. 试样 7: 90 % 生漆, 10 % 小麦粉, 自由涂刷

Abb. 17. Probe 2 a: 50 % Rohlack, 50 % Resikleister, freier Aufstrich
 Fig. 17. Sample 2 a: 50 % row lacquer, 50 % rice starch, free film



a



b



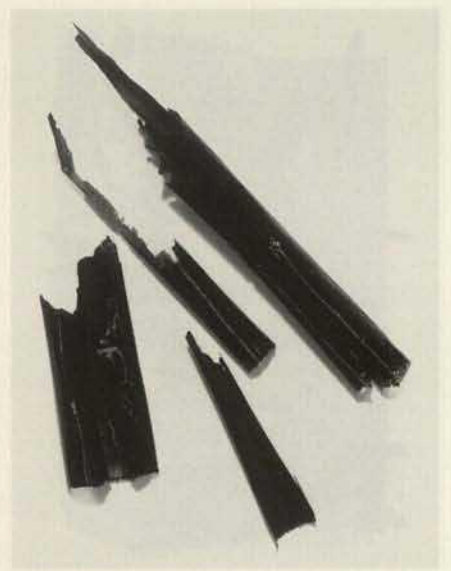
c



a



b



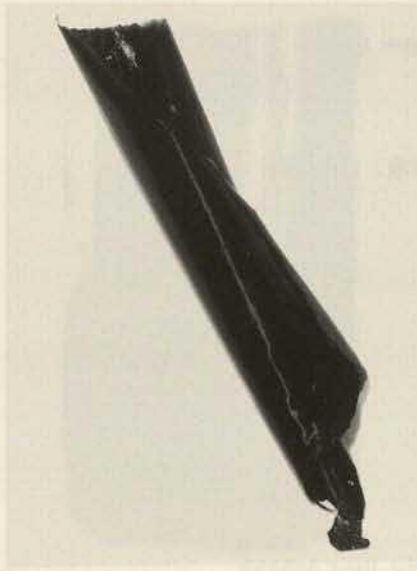
c

△ Abb.18. Probe 2 b: 30 % Rohlack, 70 % Resikleister, freier Aufstrich
 Fig. 18. Sample 2 b: 30 % raw lacquer, 70 % rice starch, free film

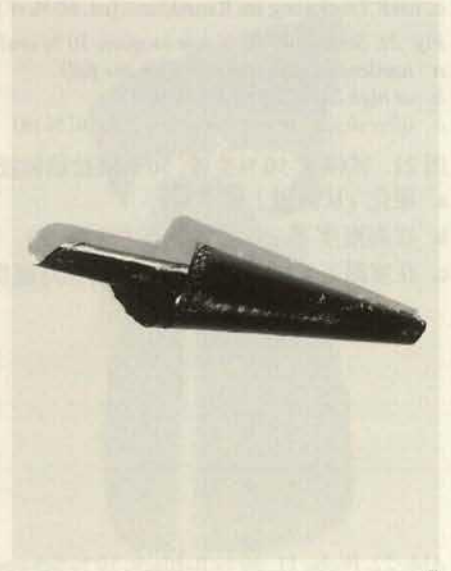
图 18. 试样 2 b: 30 %生漆, 70 %米糝糊, 自由涂刷



a



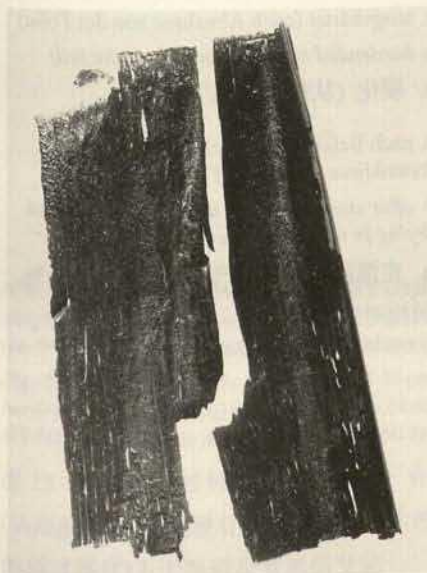
b



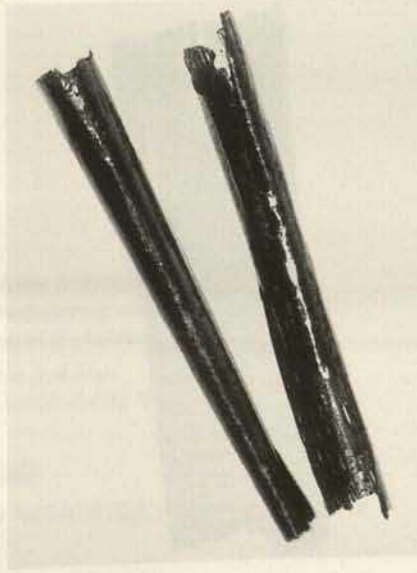
c

▽ Abb. 20. Probe 3: 50 % Rohlack, 50 % Kirschgummi, freier Aufstrich
 Fig. 20. Sample 3: 50 % raw lacquer, 50 % cherry gum solution, free film

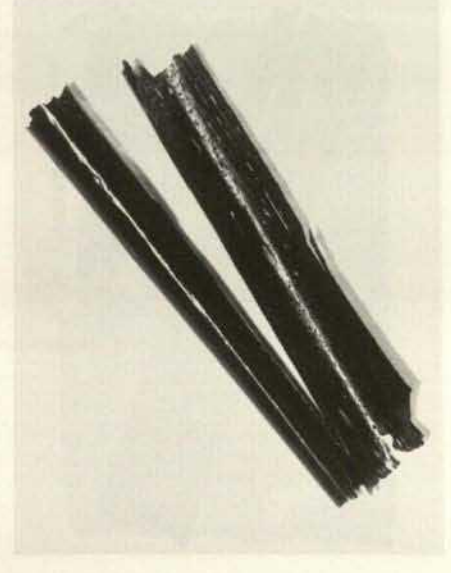
图 20. 试样 3: 50 %生漆, 50 %樱桃树胶-溶液, 自由涂刷



a



b



c

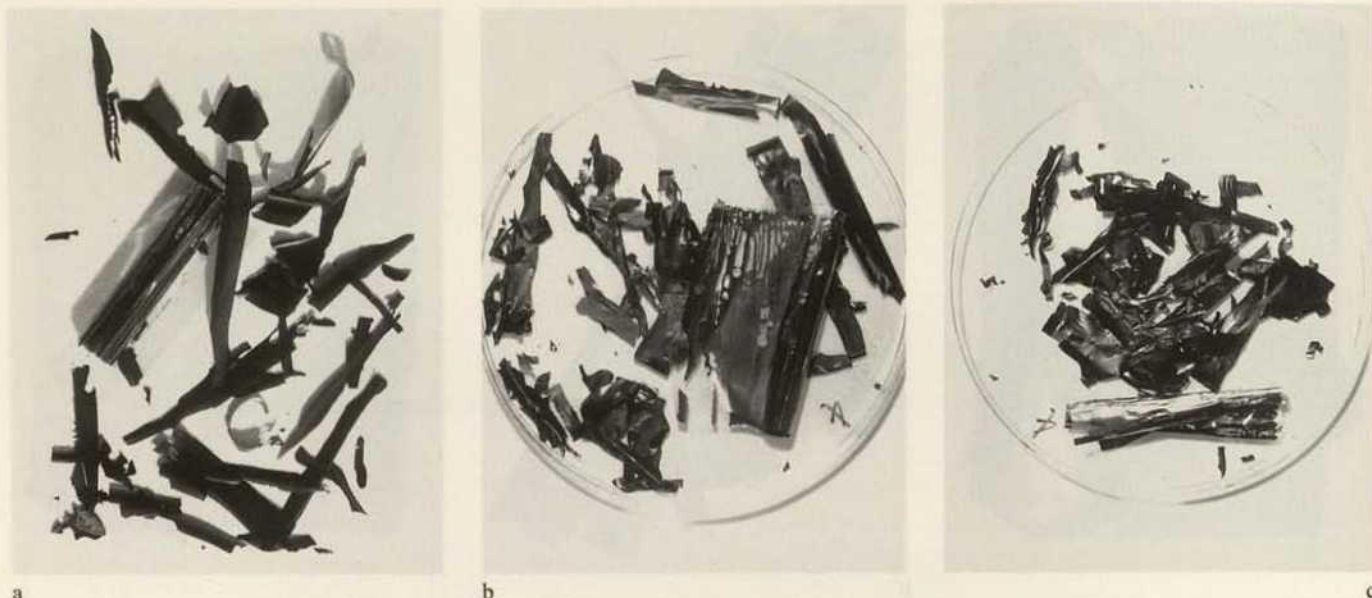


Abb. 21. Probe 4: 50 % Rohlack, 50 % Gummi arabicum, freier Aufstrich

a. ausgehärtet (nach Abnahme von der Folie)

b. bei hoher Luftfeuchte (ca. 99 % rF)

c. nach Trocknung im Raumklima (ca. 60 % rF)

Fig. 21. Sample 4: 50 % raw lacquer, 50 % arabic gum, free film

a. hardened (after removal from the foil)

b. at high humidity (c. 99 % rh)

c. after drying in room ambience (c. 60 % rh)

图 21. 试样 4: 50 % 生漆, 50 % 阿拉伯树胶-溶液, 自由涂刷

a. 硬化 (从薄膜上取下后)

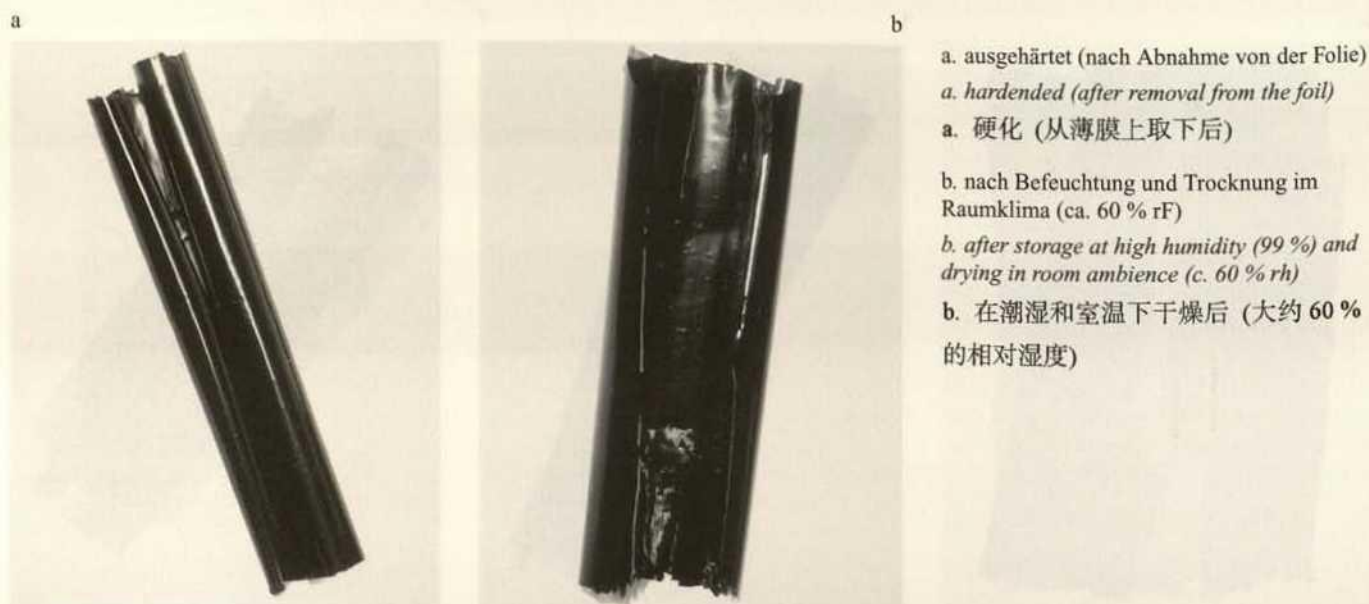
b. 在高湿度下 (大约 99 % 的相对湿度)

c. 在室温下干燥后 (大约 60 % 的相对湿度)

Abb. 22. Probe 11: 90 % Rohlack, 10 % Schweineblut, freier Aufstrich

Fig. 22. Sample 11: 90 % raw lacquer, 10 % pig blood, free film

图 22. 试样 11: 90 % 生漆, 10 % 猪血, 自由涂刷



a. ausgehärtet (nach Abnahme von der Folie)

a. hardened (after removal from the foil)

a. 硬化 (从薄膜上取下后)

b. nach Befeuchtung und Trocknung im Raumklima (ca. 60 % rF)

b. after storage at high humidity (99 %) and drying in room ambience (c. 60 % rh)

b. 在潮湿和室温下干燥后 (大约 60 % 的相对湿度)

Abb. 23. Probe 10: 90 % Rohlack, 10 %
Hasenleim, freier Aufstrich

Fig. 23. Sample 10: 90 % row lacquer, 10 %
rabbit glue, free film

图 23. 试样 10: 90 % 生漆, 10 % 兔皮胶
溶液, 自由涂刷

a. ausgehärtet (nach Abnahme von der Folie)

a. hardened (after removal from the foil)

a. 硬化 (从薄膜上取下后)

b. nach Befeuchtung und Trocknung im
Raumklima (ca. 60 % rF)

b. after storage at high humidity (99 %) and
drying in room ambience (c. 60 % rh)

b. 在潮湿和室温下干燥后 (大约 60 %
的相对湿度)

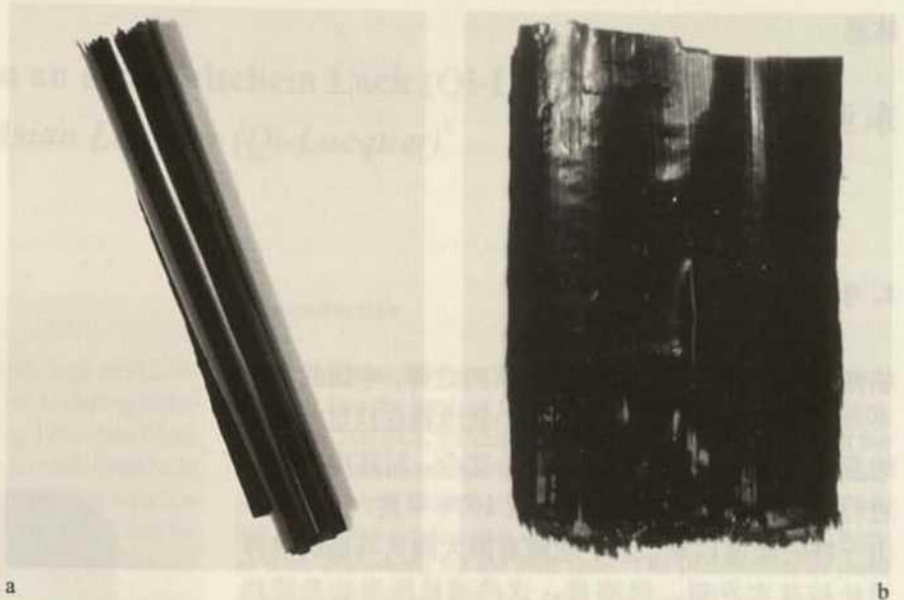


Abb. 24. Probe 9: 95 % Rohlack, 5 % Tungöl,
freier Aufstrich

Fig. 24. Sample 9: 95 % row lacquer, 5 % tung
oil, free film

图 24. 试样 9: 95 % 生漆, 5 % 桐油, 自
由涂刷

a. ausgehärtet (nach Abnahme von der Folie)

a. hardened (after removal from the foil)

a. 硬化 (从薄膜上取下后)

b. nach Befeuchtung und Trocknung im
Raumklima (ca. 60 % rF)

b. after storage at high humidity (99 %) and
drying in room ambience (c. 60 % rh)

b. 在潮湿和室温下干燥后 (大约 60 %
的相对湿度)

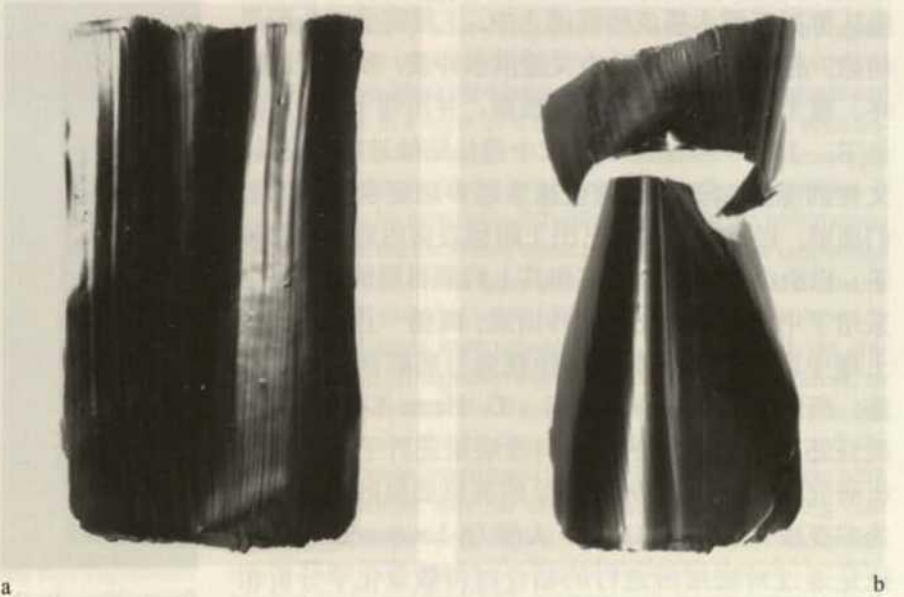


Abb. 25. Probe 13: 95 % Rohlack, 5 % Campher, freier Aufstrich;
ausgehärtet (nach Abnahme von der Folie) keine Veränderung während der Befeuchtung
(ca. 99 % rF) und Trocknung im Raumklima (ca. 60 % rF) sichtbar

Fig. 25. Sample 13: 95 % row lacquer, 5 % camphor, free film;
hardened (after removal from the foil) no changes visible during storage at high humidity
(99 %) and drying in room ambience (c. 60 % rh)

图 25. 试样 13: 95 % 生漆, 5 % 樟脑, 自由涂刷

(从薄膜上取下后)硬化, 在高湿度 (大约 99 % 的相对湿度) 和室温 (大约 60 %
的相对湿度) 下干燥后没有明显变化

