

Oberflächenschutz von Kerisklingen – Eine vergleichende Untersuchung von modernen und traditionellen Beschichtungen

Mémoire présenté par :

Janine Meier

Pour l'obtention du

Master of Arts HES-SO in Conservation-restoration
Orientation: objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2019 - 2020

Remise du travail : *07.09.2020*

Jury : *12./13.10.2020*

Nombre de pages : *97 Seiten*

Engagement

« J'atteste que ce travail est le résultat de ma propre création et qu'il n'a été présenté à aucun autre jury que ce soit en partie ou entièrement. J'atteste également que dans ce texte toute affirmation qui n'est pas le fruit de ma réflexion personnelle est attribuée à sa source et que tout passage recopié d'une autre source est en outre placé entre guillemets. »

Date et signature :

Danksagung:

Ich bedanke mich herzlich bei **Martin Ledergerber**, Konservator-Restaurator des Museum Rietberg, welcher dieser Arbeit als Mentor zur Seite stand, für die fachliche Unterstützung, die guten Ratschläge zum Aufbau und die hilfreichen Verbesserungsvorschläge.

Ich danke dem **Museum der Kulturen Basel** für das Zurverfügungstellen der Objekte. Persönlich danke ich **Dr. Richard Kunz**, Kurator Südostasien und stellvertretender Direktor des MKB für sein Engagement für die Möglichkeit der Umsetzung dieser Arbeit und die Informationen über die Sammlung. **Urs Lang**, Konservator-Restaurator des MKB, Lehrbeauftragter an der Universität Zürich und Praktikumsverantwortlicher für diese Masterarbeit, danke ich herzlich für das grosse Engagement, die fachliche Unterstützung und dass er die Umsetzung dieser Arbeit möglich gemacht hat.

Ich danke **Dr. David Thickett**, Senior Conservation Scientist, welcher mir als Experte zur Seite stand, für die fachlichen Ratschläge.

Mein Dank gilt auch der Jury der Haute École Arc, **Dr. Régis Bertholon**, Professor und Studiengangsleiter, **Valentin Boissonnas**, Konservator-Restaurator und Professor, **Dr. Christian Degrigny**, Professor und leitender Forscher an der HE-Arc, **Hortense de Corneillan** Professorin, Konservatorin-Restauratorin und Vorsitzende der Jury und **Tobias Schenkel**, Konservator-Restaurator und Professor. Bei Tobias Schenkel bedanke ich mich zusätzlich für die Durchführung der XRF-Analysen. Der gesamten Jury danke ich für das Beantworten von Fragen und die fachlichen Ratschläge während dieser Masterarbeit. Besonders bei Valentin Boissonnas bedanke ich mich für seine Unterstützung.

Bei **Dr. Laura Brambilla**, Forscherin an der HE-Arc, bedanke ich mich für die Ausführung und gemeinsame Interpretation der Analysen mit FTIR-Spektroskopie.

Dr. Edith Joseph, Professorin an der Univeristé de Neuchâtel und an der HE-Arc, sowie Forscherin an der HE-Arc, danke ich für die fachlichen Ratschläge zum Belastungstest.

Bei **Brigitte Lienert**, Laborverantwortliche des Forschungslabors der HKB, bedanke ich mich für die Erklärungen zur Klimakammer und die Unterstützung während der Ausführung des Belastungstest.

Silvia Russo, PhD Studentin an der HE-Arc, danke ich für den fachlichen Austausch.

Ich bedanke mich bei **Amalia Siatou**, Konservatorin-Restauratorin und PhD Studentin an der HE-Arc, für die Unterstützung und die fachlichen Ratschläge zur praktischen Umsetzung des Belastungstest.

Ein grosses Dankeschön geht an **Piet Bögli**, Goldschmied EFZ und Schmied, für die Zusammenarbeit bei der Realisierung der Pamorcoupons.

Adni Aljunied, Keriskenner und Besitzer einer Kunstgalerie in Singapur, danke ich für das Teilen der Informationen zur Tradition der Reinigung und Ätzung, welche in seiner Familie seit Generationen praktiziert und weitergegeben werden.

Ich bedanke mich bei **Karoline Beltinger**, Abteilungsleiterin und Konservatorin-Restauratorin und **Dr. Francesco Caruso**, Leiter der naturwissenschaftlichen Analytik, des Forschungszentrums sik-isea für den Austausch über die möglichen Analysen der Beschichtungsmaterialien mit Gaschromatographie.

Ich danke, **James Crawford** für den fachlichen Austausch per Mail über die Korrosionsmorphologie.

Bei **Dr. Markus Faller**, Korrosionsexperte der EMPA und **Dr. Marianne Senn**, Archäometallurgin an der EMPA danke ich für die Zeit, welche Sie sich genommen haben, um ihr Fachwissen zu teilen. Marianne Senn danke ich für das Zurverfügungstellen des Probenmaterial von Kerisklinge aus der Sammlung von Martin Kerner und das gemeinsame Interpretieren der Schliffe. Markus Faller danke ich zusätzlich für die EDX EDS Analysen der Korrosionsprodukte.

Ich bedanke mich bei **Gustav Friedrichson**, Keriskenner und Privatsammler, für die Informationen per Mail.

Celia Fontaine, Konservatorin-Restauratorin für historisches und technisches Kulturgut MA, danke ich für das Teilen ihrer Erfahrungen in der Waffenrestaurierung.

Ich danke **Günther Heckmann**, Konservator-Restaurator und Leiter des Vorstands der Stiftung IFICAH, für die ausführlichen Informationen zum Umgang mit den Objekten.

Auch **Lutz Hoffmeister**, zuständig für die Sammlungsbetreuung des Deutschen Klingensmuseum in Solingen, danke ich für die Informationen zum Sammlungszustand und zur Pflege der Kerise.

Isabel Keller, Konservatorin-Restauratorin MA und **Mirco Meier**, Konservator-Restaurator MA des BHM danke ich für die Informationen zur Sammlung und Isabel Keller für die gemeinsame Betrachtung der Objekte.

Julia Leunge, Metallrestauratorin MA des Museum Bronbeek danke ich für die ausführlichen Informationen per Mail.

Ich bedanke mich bei **Gaspar De Marval**, Keriskenner und Sammler, für das Probematerial und für die Informationen zu den Traditionen um die Kerisherstellung, sowie die Führung in seiner umfassenden Privatsammlung.

Bei **François Morier**, Schmied und Keriskenner, bedanke ich mich für die ausführlichen Erklärungen zur Herstellung der Kerisklingen.

Auch **Dr. Roland Platz**, Kurator Süd/Südostasien des Ethnologischen Museums der staatlichen Museen zu Berlin, danke ich für die Antworten per Mail.

Bei **Pascal Pouly**, Konservator-Restaurator des Château de Morges, bedanke ich mich für den fachlichen Austausch das Probematerial, und das Teilen seines Fachwissens über die Kerise.

Eva Christiane von Reumont, MA in Konservatorin- Restauratorin von Gemälde und Skulpturen, PhD Candidate Uni. Bern im Bereich des Studiums der Wayang Kulit, danke ich für die fachliche Diskussion über die indonesische Kultur und den traditionellen Umgang mit lebendigem Kulturgut in Indonesien.

Dr. Fritz Sager Schmied und Keriskenner, danke ich für den fachlichen Austausch.

Ich danke **Dr. Achim Weihrauch**, Schmied und Kerisexperte, für den Austausch über seine Doktorarbeit über die Kerise und das Teilen seines grossen Wissens über die Herstellung und die Bedeutung dieser Objekte.

Adrian Wisler, Leiter der Sammlungsverwaltung, danke ich für die Informationen in Bezug auf die Lagerung und die Klimadaten des Depots.

Weiter bedanke ich mich bei **Raphael Dürr**, Soziologie Student, **Shanna Nufer**, Konservatorin-Restauratorin MA und **Anja Spechtner**, Psychologin MA, für das Gegenlesen meiner Arbeit.

Bei **Adriano Martinelli**, Masterstudent in Bioinformatik, für die Hilfe bei der Erstellung der Grafiken und allgemein für die Unterstützung während der Umsetzung dieser Arbeit.

Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht den Oberflächenschutz von Kerisklingen anhand der Kerissammlung des Museums der Kulturen Basel, welche eine grosse Vielfalt an unterschiedlichen Beschichtungen zeigt. Kerisklingen werden in traditionellem Kontext aus Gründen des Korrosionsschutzes, der Ästhetik, aber auch aus spirituellen Aspekten beschichtet. Seit dem Eintritt in das Museum haben diese Objekte kaum konservatorische oder restauratorische Massnahmen erfahren. Aufgrund dessen sind die Klingen in sehr unterschiedlichen Zuständen anzutreffen, viele mit Resten von Beschichtungsmaterialien und Korrosionserscheinungen. Ihre schützende Wirkung haben die Beschichtungen meist verloren und die Beschichtungsreste wirken sich negativ auf die Ästhetik aus.

Das Ziel dieser Arbeit war, eine umfassende Konservierungsstrategie für die Kerisklingen zu entwickeln. Dazu wurde zuerst der traditionelle Objektkontext durch Recherchen der Klingenherstellung und den traditionellen Pflegemethoden untersucht. Kerisklingen sind aus Pamor, einem traditionellen indonesischen Mehrlagenstahl gefertigt, dessen Musterung durch eine Ätzung mit Limettensaft und einem arsensulfidhaltigen Gestein hervorgehoben wird. Diese Ätzung wird jährlich wiederholt und wird mit einer neuen Beschichtung der Klinge abgeschlossen. In der traditionellen indonesischen Weltanschauung entspricht die Beschichtung nicht nur einer Pflege des Klingenmaterials, sondern auch einer spirituellen Nahrung für den als lebendes Wesen gesehenen Keris. Daher ist die Beschichtung eines Keris nicht nur eine Schutzschicht für die Klingen, sondern muss als Teil des Objekts gesehen werden.

Moderne und traditionelle Beschichtungen wurden verglichen zur Ermittlung einer passenden Beschichtungsmethode. Dazu wurde je ein Wachs, ein Lack und ein Öl gewählt, welches in der zeitgenössischen musealen Restaurierung verbreitet Anwendung findet (Cosmoloid® H80, Paraloid® B44 und Paraffinöl). Von den traditionellen Beschichtungen wurde Kokosnussöl, eine Mischung aus Kokosnussöl, Sandelholzöl und Ylang-Ylang, sowie ein synthetisches parfümiertes Öl (Kerisöl 2006), welches 2006 auf Java Anwendung fand und noch heute erhältlich ist, ausgewählt. Heutzutage finden sowohl die historischen, natürliche Ölmischungen wie auch synthetische Öle mit beigemischten Duftstoffen in der traditionellen, rituellen Pflege Verwendung.

Die Eignung des Beschichtungsauftrags wurde verglichen in Bezug auf die Gleichmässigkeit des Auftrages und die traditionellen ästhetischen Ansprüche, welche unter anderem eine Kontrastverstärkung des Pamormusters fordern. Die Korrosionsschutzwirkung und mögliche zukünftige Veränderungen der Beschichtungen wurde durch einen sechswöchigen Belastungstest in einer Klimakammer geprüft. Die Beschichtungsmaterialien wurden auf drei verschiedenen Substraten getestet, Pamorcoupons mit der traditionellen Ätzung, tieflegierte homogene Stahlcoupons und dieselben Stahlcoupons, mit vorkorrodierte Oberfläche. Ein Coupon von jedem Substrat wurde jeweils zur Kontrolle ohne Beschichtung beigefügt.

Ausgewertet wurde der Vergleich in Bezug auf den Korrosionsschutz durch die Korrosionsgradbestimmung nach DIN-Norm (DIN EN ISO 6270-2 AHT), die Ermittlung der Menge der Korrosions-Herde und die Betrachtung der Korrosionsmorphologie mit Hilfe eines Mikroskops. Weitere Aspekte wie Farbveränderungen, Glanz und die Haftung von Schmutzpartikeln auf der Oberfläche wurde optische durch farbnormierte Photographien verglichen.

Die beste Korrosionsschutzwirkung auf allen drei Substraten erzeugten die kokosnussölbasierten Beschichtungen. Die Cosmoloid® H80 Beschichtung vermochte die Korrosion nur geringfügig zu vermindern. Paraloid® B44 beschichteten Coupons entwickelten filiforme Korrosionserscheinungen. Die beiden synthetischen Öle, Paraffinöl und Kerisöl 2006, erzielten nur einen kurzfristigen Korrosionsschutz auf den vorkorrodierten Coupons und einigen Pamorcoupons.

Zusätzlich zur typischen filiformen Korrosion der acryllackbeschichteten Coupons konnten weitere fadenförmige, jedoch leicht anders aufgebaute Korrosionserscheinungen dokumentiert werden. Der Entstehungsprozess dieser fadenförmigen Korrosionserscheinung verlangt nach zusätzlichen Recherchen zur Erklärung des Korrosionsphänomens.

Trotz der guten Testresultate der natürlichen Ölbeschichtungen, bleibt der Nachteil der leicht klebrigen Oberflächenbeschaffenheit, welche alle Öle aufweisen. Dadurch sind sie anfällig für Verschmutzungen, welche auf der Oberfläche korrosionsfördernd wirken können. Andererseits können sie leicht erneuert werden, dies vereinfacht eine regelmässige Pflege der Klingen. Die traditionelle natürliche Ölmischung entspricht der traditionellen Technik, welche nach der modernen Restaurierungsethik für die Konservierung vorzuziehen ist, sofern diese keine konservatorischen Nachteile für das Objekt ergeben.¹ Die Resultate dieser Arbeit sprechen für die Verwendung von traditionellen, natürlichen Beschichtungsmaterialien, daher können diese für den Oberflächenschutz von Kerisklingen in musealem Umfeld empfohlen werden. Die Ästhetik und die zeitlich weniger aufwändige Pflege der Klingen, begünstigen dessen Verwendung. Aufgrund des Nachteils der Haftung von Verschmutzungen, wird ein guter Staubschutz im Lagerungskonzept berücksichtigt.

¹ Charta von Burra, 2013, §4.2

Résumé

Ce travail porte sur l'étude de différentes couches de protection de *Keris*, illustré par la grande variété présente sur les lames de la collection de *Keris* du Museum der Kulturen Basel. Dans leur contexte traditionnel, un revêtement avait été appliqué sur ces lames pour des raisons de protection anticorrosion, d'esthétiques mais aussi et surtout pour des raisons spirituelles. Ils n'ont pas vu de mesures de conservation ou de restauration depuis leur entrée dans la collection du musée. Pour ces mêmes raisons, les lames se trouvent dans des états très différents. Presque aucun de ces revêtements n'offre une protection uniforme et impactent négativement l'esthétique.

Le but de ce travail était de développer une stratégie globale de conservation des lames de *Keris*. À cette fin, le contexte et les traditions ont dans un premier temps été examinés. La recherche s'est concentrée sur la méthode de fabrication et d'entretien des lames. Ces lames sont fabriquées à partir de *Pamor*, un acier multicouche traditionnel indonésien. Le motif du *Pamor* est révélé par une attaque au jus de citron vert et un minéral contenant de sulfure d'arsenic. Elle est répétée annuellement et se termine par un renouvellement du revêtement. Dans la vision du monde traditionnelle indonésienne, le revêtement correspond non seulement à la protection du matériau de la lame, mais aussi à la nourriture spirituelle du *Keris*, qui est considéré comme un être vivant. Ce revêtement n'est donc pas une simple couche protectrice, il doit être considéré comme faisant partie intégrante de l'objet.

Dans un second temps, des revêtements modernes et traditionnels ont été comparés. Trois produits modern aujourd'hui considérablement utilisés en restauration dans les musées ont été choisis : une cire Cosmoloid® H80, un vernis Paraloid® B44 et une huile de paraffine. Ils ont été comparés aux produits de revêtement traditionnels des *Keris*, des mélanges d'huiles naturelles, et plus récemment des huiles synthétiques, les deux parfumés. Ce travail a comparé l'huile de coco, un mélange traditionnel d'huile de coco, d'huile de bois de santal et d'ylang-ylang, ainsi qu'une huile parfumée synthétique (*Kerisöl* 2006), qui était utilisée à Java en 2006 et qui est toujours disponible aujourd'hui.

Pour ces 6 produits l'uniformité d'application du revêtement et les exigences esthétiques traditionnelles, qui demandent entre autres une amélioration du contraste du motif *Pamor*, ont été comparées. L'effet de la protection contre la corrosion et le comportement des revêtements, a été étudié par un test en cycles successifs d'humidité et de température durant six semaines dans une chambre climatique. La protection contre la corrosion a été évaluée en déterminant le degré de la corrosion par la norme DIN (DIN EN ISO 6270-AHT), et la quantité de zones ainsi que la morphologie de la corrosion, par observations sous microscope. D'autres aspects tels que les changements de couleur, de brillance et l'adhérence de la poussière à la surface ont été pris en compte par une évaluation des photographies en couleurs normées. Les matériaux de revêtement ont été testés sur trois substrats différents, des coupons *Pamor* avec l'attaque traditionnelle, des coupons en acier homogène faiblement allié et des coupons de ce même alliage avec une surface pré-corrodée. Pour chaque substrat, des coupons non revêtus ont servi de contrôle.

Ces tests ont conclu que le mélange traditionnel naturel à base d'huile de noix de coco offre la meilleure protection contre la corrosion sur les trois substrats. Le revêtement Cosmoloid® H80 n'a que légèrement réduit la corrosion. Les coupons revêtus de Paraloid® B44 ont développé de la corrosion filiforme. Les deux huiles synthétiques, l'huile de paraffine et le Kerisöl 2006, n'ont permis qu'une protection à court terme sur les coupons pré-corrodés et certains coupons *Pamor*.

En plus de la corrosion filiforme connu sur les métaux revêtus de laque acrylique, d'autres phénomènes de corrosion semblables ont été documentés sur des coupons non revêtus. Le processus de développement de ce phénomène de corrosion ouvre de nouvelles perspectives pour de futures recherches.

Les résultats des tests d'huiles naturelles sont positifs néanmoins la surface reste légèrement collante tout comme pour les huiles synthétiques. La poussière collée en surface peut causer un phénomène de corrosion. Les zones contaminées sont alors favorables à des départs de corrosion.

Sur les bases des recherches technologiques et de valeurs culturelles attachées aux revêtements traditionnels, et en tenant compte des résultats de l'étude comparative, un concept de conservation pour les lames de *Keris* en environnement muséal a été proposé.

Selon l'éthique moderne de la restauration, l'emploi de techniques et matériaux traditionnels doivent être privilégiés lorsque cela est possible et qu'il ne se montre pas néfaste à la conservation de l'objet.² La signification culturelle attachée aux revêtements traditionnels naturels des lames de *Keris*, leur propriétés protectrices satisfaisantes, la qualité de rendu esthétique et l'entretien aisé qu'offrent ces mélanges d'huiles naturelles ont été des arguments déterminants dans le choix de leur utilisation dans un contexte muséal. De manière à contourner les problèmes de contamination des surfaces susmentionnés, une bonne protection contre la poussière est prise en compte dans le concept de stockage.

² Charta von Burra, 2013, §4.2

Abstract

This project compares different coatings for *Keris* blades, in the framework of the collaboration with the Museum der Kulturen Basel (MKB). The *Keris* blade collection of the MKB shows a wide variety of coatings, which are unique in that they are used for corrosion protection, but also for aesthetical and spiritual reasons. The objects, that arrived in different moments to the museum, have hardly seen any conservation or restoration measures since they joined the collection. For this reason, the blades can be found in a range of conditions, with residues of coating material and corrosion products on many of them. The coatings have mostly lost their protective ability and many have a negative effect on aesthetics.

The aim of this project was to develop an encompassing conservation strategy for the *Keris* blades. The work started by the examination of the traditional context of the objects, by researching blade manufacture and maintenance methods. *Keris* blades are made from *Pamor*, a traditional Indonesian multilayer steel, which pattern is emphasized by etching the surface with lime juice and arsenic sulfide. The etching process is repeated annually and foregoes a new coating of the blade. In the traditional Indonesian worldview, the coating does not only have a protection function to the blade material, but it is also believed to give a spiritual nourishment to the *Keris*, which is seen as a living being. It follows, that the coating of a *Keris* is not just a protective layer for the blades, but it must be considered as integral part of the object.

Modern and traditional coatings were compared to determine a suitable coating for the blades. For this purpose, a modern wax, varnish and oil were selected which are widely used in current museum restoration (Cosmoloid® H80, Paraloid® B44 and paraffin oil). For what concerns the choice of traditional oils, this work compares coconut oil, a mixture of coconut oil, sandalwood oil and ylang-ylang, as well as a synthetic perfumed oil (Kerisöl 2006), which was used in Java in 2006 and is still available today. In fact, both natural blends of fragrant oils and synthetic oils with added fragrances are used nowadays in traditional, ritually applied coatings for *Keris* blades.

The appropriateness of the coating application was evaluated with regard to the uniformity of the application and the traditional aesthetic requirements which, amongst other things, calls for a contrast enhancement of the *Pamor* pattern. The ability to prevent corrosion and possible future changes in the coatings were tested in a six-week stress test in a climatic chamber. The coating materials were tested on three different substrates, *Pamor* coupons treated according to the traditional etching, deep-alloyed homogeneous steel coupons and the same steel coupons with a pre-corroded surface. For every substrate, coupons without coating have been created as references.

The corrosion protection was evaluated by determining the degree of corrosion according to the DIN-Norm (DIN EN ISO 6270-2 AHT); the amount of corrosion spots and the corrosion morphology by observing with optical microscopy. Other aspects such as color and gloss changes, and the physical

characteristics of the surface (like the stickiness, hence the ability to attract dust particles) were compared from the visual examination of color-calibrated photographs.

The coconut oil-based coatings produced the best anti-corrosion effect on all three substrates. The Cosmoloid® H80 coating was only able to reduce corrosion slightly. Coupons coated with Paraloid® B44 developed filiform corrosion. The two synthetic oils, paraffin oil and Kerisöl 2006, only achieved short-term corrosion protection, except for the deep-alloyed steel coupons. In addition to the typical filiform corrosion of the acrylic lacquer-coated coupons, a further thread-like corrosion phenomena was documented. The mechanism of formation of this corrosion phenomena requires further research in order to be clarified.

Although the tested natural oils were showing the best performance, one main disadvantage could be highlighted. All oil coatings, in fact, presented sticky surfaces, which makes them susceptible to contamination, therefore to corrosion phenomena. On the other hand, these can be easily removed and replaced, which simplifies the regular maintenance of the blades. Additionally, such natural coatings are present in the traditional techniques, which are to be preferred for conservation treatments, according to modern restoration ethics, as they do not result in any disadvantages for the object.³

The results of this work suggest that the use of traditional, natural coating materials should be recommended for the surface protection of *Keris* blades in museum environments. The aesthetical characteristics and the advantages in the maintenance time and process turn in favour of a natural oil mixture-based coating. Due to the disadvantage of the adhesion of dirt, good dust protection has to be considered as complementary for the storage of such objects.

³ Charta von Burra, 2013, §4.2

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1. Einleitung | 15 |
| 1.1. Ausgangslage und Ziel der Masterarbeit | 15 |
| 1.2. Arbeitsschritte, Vorgehensweise und Methode | 16 |
| 2. Der Keris | 18 |
| 2.1. Der Aufbau eines Keris..... | 19 |
| 2.2. Traditionelle, rituelle Ätzung, Reinigung und Pflege von Kerisklingen | 21 |
| 3. Kerisklingen und Beschichtungen der Sammlung des MKB | 25 |
| 3.1.1. Zustandsbetrachtung..... | 25 |
| 3.1.2. Visuelle und chemische Charakterisierung der Beschichtungen | 26 |
| 3.1.3. Schlussfolgerungen zum Zustand der Klingen in Anbetracht des Klimas und der Lagerungssituation..... | 30 |
| 4. Betrachtung der spirituellen Bedeutung | 32 |
| 4.1. Der immaterielle, spirituelle Zustand der Kerise am Beispiel der Sammlung des MKB..... | 33 |
| 4.2. Stellenwert und Umgang mit dem spirituellen Wert heutiger Museumsobjekte | 35 |
| 5. Oberflächenschutz von Kerisklingen | 36 |
| 5.1.1. Der Umgang mit Kerisen in europäischen und musealen Sammlungen..... | 37 |
| 5.1.2. Traditionelle Beschichtungen aus dem asiatischen Raum..... | 38 |
| 5.2. Fazit zu den Beschichtungsmaterialien..... | 39 |
| 6. Wahl der Beschichtungsmaterialien | 41 |
| 7. Vergleich durch Belastungstest in einer Klimakammer | 43 |
| 7.1. Substrate | 43 |
| 7.2. Vorbereitung der Coupons..... | 44 |
| 7.3. Die Versuchssets..... | 44 |
| 7.4. Ablauf und Parameter des Belastungstests in der Klimakammer..... | 46 |
| 7.5. Auswertungs- und Dokumentationsmethoden der Coupons in Bezug auf den Belastungstest | 46 |
| 7.6. Vergleich des Beschichtungsauftrages | 47 |
| 8. Ergebnisse des Belastungstests | 51 |
| 8.1. Betrachtung von Korrosionsgrad und Menge der Korrosions-Herde..... | 51 |

| | |
|---|-----------|
| 8.1. Veränderungen der Beschichtung durch den Belastungstest | 53 |
| 8.2. Korrosionsmorphologie | 61 |
| 8.2.1. Korrosionsmorphologie der Versuchssets | 62 |
| 9. Schlussfolgerung zum Vergleich der Beschichtungsmethoden | 70 |
| 9.1. Schlussfolgerungen zum Korrosionsverhalten | 71 |
| 9.2. Reversibilität und Wiederarbeitbarkeit, Pflege | 75 |
| 9.3. Reflexion zur Evolution in der traditionellen Beschichtung | 75 |
| 10. Oberflächenschutz von Kerisklingen für das museale Umfeld | 76 |
| 10.1. Unterschied von traditioneller und musealer Umgebung..... | 76 |
| 10.2. Der „Idealzustand“ | 77 |
| 10.3. Die Beschichtung für die Kerisklingen | 77 |
| 10.4. Konzept der Umsetzung des Oberflächenschutzes im musealen Umfeld..... | 78 |
| 10.4.1. Der Pflegerhythmus in musealem Umfeld | 80 |
| 10.4.2. Lagerung und Handhabung..... | 80 |
| 11. Schlussfolgerung zur Masterarbeit und Ausblick | 82 |
| 11.1. Fortführende Tests | 83 |
| Literaturverzeichnis..... | 84 |
| Abbildungsverzeichnis..... | 89 |
| Grafikverzeichnis..... | 90 |
| Tabellenverzeichnis..... | 91 |
| Abkürzungsverzeichnis | 92 |
| Glossar | 93 |

1. Einleitung

Diese Masterarbeit wurde an der Haute École Arc Neuchâtel in Zusammenarbeit mit dem Museum der Kulturen Basel (MKB) durchgeführt. Seitens des Museums wurde die Arbeit von Urs Lang, dem zuständigen Konservator und Restaurator der Sammlung, betreut. Martin Ledergerber, Konservator und Restaurator des Museums Rietberg Zürich, war Mentor dieser Arbeit und Dr. David Thickett, Senior Conservation Scientist, stand dieser Arbeit als externer Experte zur Seite. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt auf dem Erhalt der Kerisklingen⁴ und dem Vergleich moderner und traditioneller Beschichtungssysteme. Diese stellen durch ihre Beschaffenheit, die Herstellungsweise und die traditionelle Pflege in Form von Ritualen, sowie ihrer Bedeutung für die unterschiedlichen Interessengruppen komplexe Fragen in Bezug auf die Konservierung und Restaurierung. Die Sammlung des MKB diente als Ausgangslage und als vertieftes Studienbeispiel. Der Vergleich mit weiteren musealen Sammlungen zeigte auf, dass die Problematiken und offenen Fragen vergleichbar sind. Dies ermöglichte es in dieser Arbeit eine allgemeines Konservierungs- und Restaurierungskonzept für Kerisklingen musealer europäischer Sammlungen zu entwickeln, welches nicht nur in der Sammlung des MKB Anwendung finden kann.

Aufgrund des vorgegebenen Umfangs dieser Arbeit sind ausführliche Objektbeschreibungen und Untersuchungen, welche keinen direkten Einfluss auf die Klingen und die Beschichtungen ausüben lediglich im Anhang zu finden. Ebenso sind zahlreichen praktischen Vorversuche, welche zu den verwendeten Methoden aber auch zu einigen Resultaten geführt haben lediglich im Anhang erläutert.

1.1. Ausgangslage und Ziel der Masterarbeit

Das Museum der Kulturen besitzt eine grosse Sammlung an Kerisen, welche seit der Aufnahme in das Museum keine oder kaum konservatorische oder restauratorische Massnahmen erfahren haben. Es kann festgestellt werden, dass die Klingen teilweise starke Korrosionserscheinungen aufweisen. Weiter können viele unterschiedliche Beschichtungen in sehr unterschiedlichem Zustand erkannt werden, welche keine gleichmässige Schutzwirkung mehr ergeben und ästhetisch negativ beurteilt werden. Die vertiefte Betrachtung dieses Themas durch eine Masterarbeit wurde aufgrund des Wissens um die Komplexität des Themas der Kerisklingen und den Zusammenhang mit den traditionellen Ritualen mit den Beschichtungen als notwendig gesehen. Zusätzlich bestand die Befürchtung, dass die alternden und ungleichmässigen Beschichtungen einen negativen Einfluss auf den Zustand der Klingen haben könnten. Der Umfang der Sammlung ist ein zusätzlicher Grund für den Bedarf einer ganzheitlichen Betrachtung durch eine vertiefte Arbeit.

⁴ Eine Begriffserklärung ist im Glossar S.93 zu finden.

Ziel der vorliegenden Masterarbeit ist die umfassende Untersuchung konservatorischer und restauratorischer Aspekte bei der Erhaltung von Kerisklingen. Dabei spielen die aktuellen oder potentiellen Beschichtungen der Klingen eine zentrale Rolle. Die aktuellen Beschichtungen und Klingenzustände sollen primär anhand der Sammlung des MKB (Museum der Kulturen Basel) genauer betrachtet werden. Nach einer Gesamtsichtung der Sammlung werden repräsentative Objekte herausgesucht, genauer betrachtet und untersucht. Durch den Vergleich mit weiteren Sammlungen wird jedoch ein allgemeines Konservierungs- und Restaurierungskonzept für Kerisklingen erarbeitet. Dies erfolgt mit der nachfolgend beschriebenen Methode.

1.2. Arbeitsschritte, Vorgehensweise und Methode

Das Erreichen eines den Objekten in musealen Sammlungen angepassten Restaurierungskonzeptes wird durch die folgenden Schritte und mit den beschriebenen Methoden erreicht.⁵ Um keinen Verlust des Wissens um die Bedeutung zu erzeugen, soll die Relevanz des immateriellen⁶ Werts bewusst in den Prozess zur Findung des Konzeptes miteinbezogen werden.⁷ Das Vorgehen nach den folgenden Schritten erlaubt eine ganzheitliche Herangehensweise:

1. Charakterisierung der Objektgruppe
2. Rekonstruktion der Objektgeschichte
3. Der „Idealzustand“ der betrachteten Objekte
4. Wahl der Methoden und Materialien
5. Konservierungs- und Restaurierungskonzept

Der erste Schritt ist die Charakterisierung der Objektgruppe. Dieser enthält allgemeine Recherchen zu den Objekten, die Zustandsbetrachtung, die Recherchen zur Bedeutung, dem Kontext und den kulturellen Werte für das Museum, die BesucherInnen und die Wissenschaft. Dies wird durch eine intensive Literaturrecherche und durch den Austausch mit diversen ExpertInnen und Handwerker erreicht, sowie durch den Kontakt mit privaten Sammlern und den Sammlungsverantwortlichen in Museen, insbesondere mit den Verantwortlichen der Sammlung des MKB. Die Zustandsaufnahme beinhaltet ein genaues Studium der Sammlung des MKB und Materialanalysen ausgewählter Objekte.

Der zweite Schritt beinhaltet die Rekonstruktion der Objektgeschichte, der Veränderungen am Objekt, sowie der Veränderungen des Umfeldes und der äusseren Einflüsse auf die Objekte. Durch Literaturrecherchen und Recherchen im Museumsarchiv wird ermittelt, welche Stationen die Kerise vor ihrer Aufnahme ins MKB durchlaufen haben. Ausserdem kann eine genauere Evaluation der Klimasituation im aktuellen Depot vorgenommen werden.

⁵ Eine leicht angepasste Variante der ersten 5 Schritte von Appelbaum, 2010, S.xix.

⁶ Mit dem Begriff des materiellen und immateriellen Werts wird kein monetärer Wert beziffert. Der materielle Wert ist der Wert eines Objekt durch seine Materie, seine Ästhetik, greifbar und erlebbar. Der immaterielle Wert ist der persönliche und spirituelle Wert.

⁷ Appelbaum, 2010, S.16

Als dritter Schritt wird der „Idealzustand“⁸ der betrachteten Objekte evaluiert, mit Einbezug des materiellen und immateriellen Wertes von Kerisen.

Der vierte Schritt ist die Erarbeitung der Wahl der Methoden und Materialien. Dies wird durch vertiefte Recherchen und einer praktischen Versuchsreihe erarbeitet, welche traditionelle und moderne Beschichtungsmaterialien durch einen Belastungstest vergleicht.

Der fünfte Schritt ist das Erarbeiten eines Konservierungs- und Restaurierungskonzepts. Es enthält die konservatorischen und restauratorischen Massnahmen, um den Erhalt des „Idealzustandes“ umzusetzen. Das Konzept beruht auf der Interpretation möglichst breiter Informationen zu den materiellen und immateriellen Werten. Trotz methodischem Vorgehen handelt es sich dabei um eine Interpretation der verfügbaren Informationen, welche nie wertneutral und somit nicht gänzlich objektiv sein kann.⁹

⁸ Der Begriff des „Idealzustandes“ ist im Glossar S.93 definiert.

⁹ Appelbaum, 2010, S.xxvi

2. Der Keris

Kerise können als aussergewöhnlich vielfältig gestaltete und kunsthandwerklich hochstehend gefertigte Objekte beschrieben werden (Abbildung 1 S.18). Viel mehr als eine Waffe ist ein Keris für die Menschen des indonesischen Archipels¹⁰ ein kosmologisches Symbol, eine individuelle Ausdrucksform, nationales Identifikationssymbol, persönliche materialisierte Repräsentation und Handwerkskunst auf höchstem Niveau.¹¹

Die grosse und diverse Objektgruppe der Kerise ist nicht leicht auf eine eindeutige Definition zu reduzieren. Es ist wichtig festzuhalten, dass Kerise mit geflammten Klingen zwar bekannter, jedoch nicht öfter anzutreffen sind, als solche mit geraden Klingen. Es können fünf Charakteristiken festgestellt werden, welche jeder Keris aufweist und die Objektgruppe der Kerise zusammenhält.

1. Die asymmetrische Ausführung des *Ganjas*¹² und des *Prabotbereichs*.¹³
2. Die ausnahmslos vorhandene, beidseitig schneidende Klinge.
3. Der leichte Winkel des *Peksis* zum Ganja, wodurch die Ausrichtung des Griffs erfolgt.
4. Der Griff weist nie bloss eine funktionelle Form auf, sondern repräsentiert jemanden oder etwas, wenn auch stark abstrahiert.
5. Eine Kerisklinge ist aus *Pamorstahl*¹⁴ gefertigt.¹⁵



Abbildung 1 Keris mit Scheide Objekt 3. IIC
14573 aus der Sammlung des MKB

© JM, HE-Arc / MKB 2020

¹⁰ 1.Anhang: Die Familie der Kerise, 1.1 Geschichte, Herkunft und Datierung, S.4/5.

¹¹ Weihrauch, 2015, S.15.

¹² Die Definitionen der traditionellen Indonesischen Bezeichnungen sind im Glossar S.93 zu finden.

¹³ Der Aufbau des Prabotbereichs ist im 1.Anhang: Die Familie der Kerise, 1.3.1 Kerisklingen, S.8/9 genauer beschrieben.

¹⁴ 1.Anhang: Die Familie der Kerise, 1.3.2 Mehrlagenstahl und Pamorstahl und 1.3.3 Pamorklingen S.9-12, erklären die Herstellung des Klingenmaterials.

¹⁵ Die ersten vier sind von Van Duuren definierte Punkte und der fünfte, findet sich in mehreren Literaturquellen wieder (Weihrauch, 1996, S.42) sowie auch mündlichen Aussagen von Experten. Van Duuren, 1996, S.9/10.

Der Pamorstahl ist ein Mehrlagenstahl, welcher durch eine Feuerverschweissung verbunden wird. Es ist bezeichnend für Kerise, dass es sich beim Pamorstahl um eine primär spirituelle Dekortechnik¹⁶ handelt, nicht um eine Technik zum Erreichen einer praktischen Eigenschaft.¹⁷

Ein Keris ist kein seltenes Objekt als solches, jedoch sind über die Zeit viele Einzelanfertigungen und daher unvergleichliche Einzelstücke entstanden. Eine einfache Person durfte nur einen Keris tragen, welcher ihrem sozialen Status entsprach.¹⁸ Heute werden Kerise nicht mehr nur für eine bestimmte Person angefertigt. Ältere, einfachere Kerise werden mit zusätzlichen Verzierungen versehen, um höhere Preise zu erzielen.¹⁹

Die traditionelle Herstellung mit grossem handwerklichem Können und den dazugehörigen Ritualen, sowie die Herstellung von günstigen Objekten für TouristInnen bestehen nebeneinander, wodurch heute eine Vielzahl qualitativ sehr unterschiedlicher Kerise auf dem Markt vorhanden ist.

2.1. Der Aufbau eines Keris

Ein Keris besteht grundsätzlich aus drei Teilen: der Klinge, der Griffmontage und der Scheide.²⁰ Die Klinge lässt sich aus der Scheide ziehen, der Griff wurde für die Opferzeremonien demontiert, teilweise den Anlässen entsprechend ausgetauscht oder in schlechten Zeiten sogar verkauft.

Die **Griffmontage** kann aus bis zu drei Teilen bestehen (Abbildung 2 S.20). Die Typisierung der vielfältigen *Danaganan* (Griffe) ist komplex und es scheint sich in der Literatur kein einheitliches System etabliert zu haben.²¹ So vielfältig wie die Formen sind auch die verwendeten Materialien und Techniken. Die beiden Griffmontageteile, *Selut* und *Mendak*, sind meist aus Kupferlegierungen gefertigt. Danaganan, Selut und Mendak werden auf den Peksi der Klinge gesteckt. Um diese zu befestigen, sind Textilstücke oder Haare unter den Griffmontageteilen vorhanden.²²

Die **Scheide** (*Sarong* oder *Sarung*) besteht aus dem Mundstück *Wrangka* und dem Klingenfutteral *Gandar* (Abbildung 2 S.20). Diese sind aus Holz gefertigt und können teilweise die Gandar mit Metall umfassen (*Pendok*). Selten ist die gesamte Scheide mit einem Metallblech umfasst. Die Scheide ist beim Tragen für alle sichtbar und daher in repräsentativer Hinsicht von Wichtigkeit. In der Scheide befindet sich geschützt und verborgen die Seele eines Kerises, die Klinge. **Kerisklingen** sind aus Pamor gefertigt. Die Klinge besteht aus der *Wilah*, dem Ganja und dem Peksi. Die Grundform einer jeden Klinge

¹⁶ 1.Anhang: Die Familie der Kerise, 1.3.4 Tauschierung, S.12-14, beschreibt die Technik der Edelmetalltauschierungen auf den Klingen.

¹⁷ Morier, 6.2.2020.

¹⁸ Detailliertere Informationen sind im 1.Anhang: Die Familie der Kerise, 1.2 Die Bedeutung und der Gebrauch eines Keris, S.5-8 zu finden.

¹⁹ Sachse, 1993, S.115. / de Marval, 17.2.2020.

²⁰ Eine detaillierte Beschreibung aller Objektteile kann im 1.Anhang: Die Familie der Kerise, 1.3 Aufbau, S.8-19, nachgelesen werden.

²¹ 1.Anhang: Die Familie der Kerise, 1.3.6. Griffe, S.14-16.

²² Wiesman, 2005, S.89.

geht auf die *Naga*, eine drachenartige Fabelschlange, zurück.²³ Die gerade Klinge, *Dapor bener*, widerspiegelt die ruhende Naga in Meditation. Die gewellte Klinge, *Dapor Lok*, entspricht einer aktiven Naga und wird Personen mit einer aktiven Stellung angerechnet.²⁴

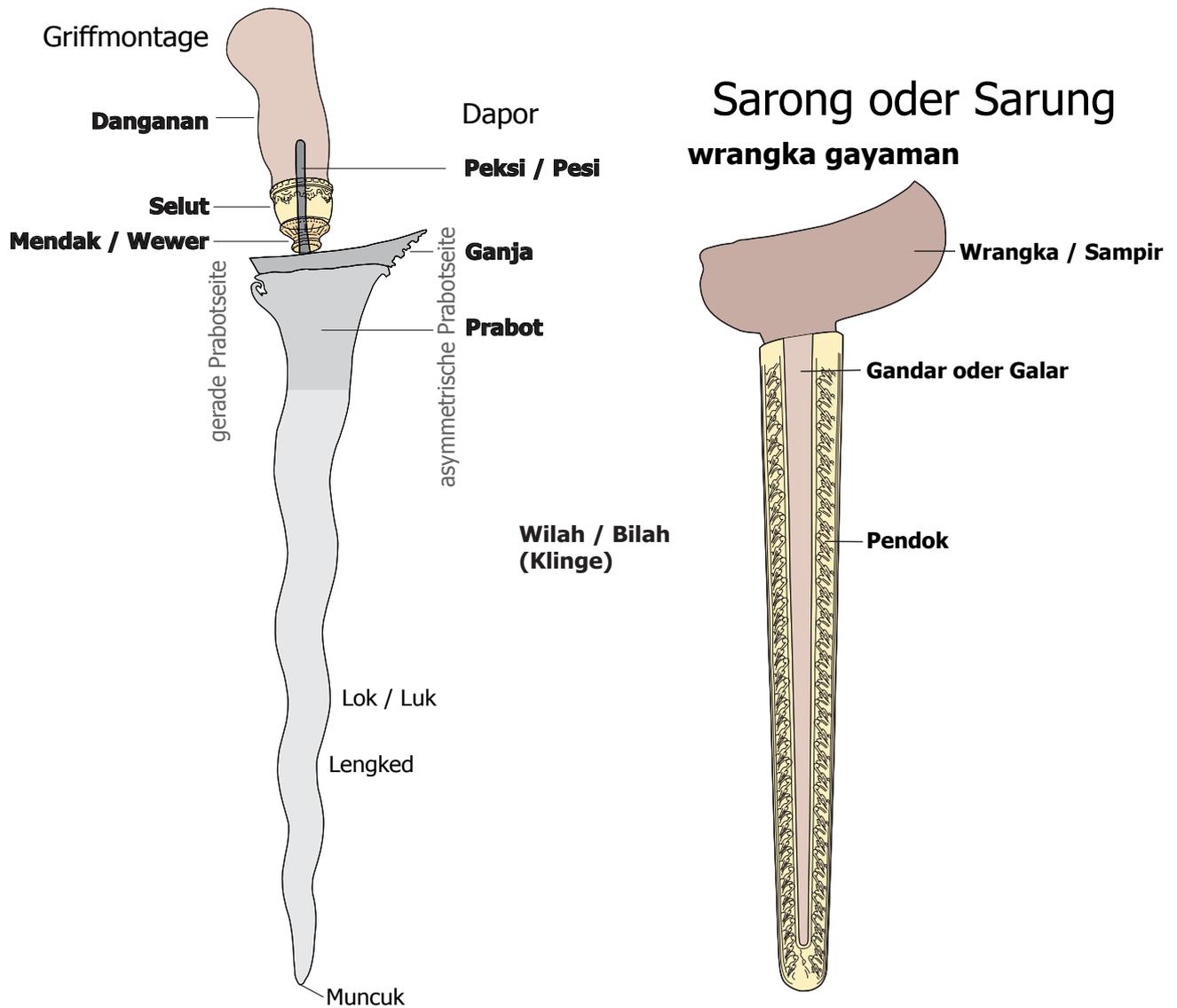


Abbildung 2 Visualisierung und Beschriftung einer Kerisklinge Dapor lok mit 9 Wellen und der Griffmontage sowie eine Scheide, wrangka gayaman mit offenem Pendok

²³ 1.Anhang: Die Familie der Kerise, 1.4 Symbolik, S.18-19, beschreibt die Motive welche in den Verzierungen der Kerise Verwendung finden.

²⁴ Sachse, 1993, S.105. / de Marval, 1997, S.10.

2.2. Traditionelle, rituelle Ätzung, Reinigung und Pflege von Kerisklingen

Mit dem Objekt Keris sind unterschiedliche Rituale verbunden. Der Keris wird bei spirituellen Handlungen als heiliges Objekt verwendet. Viele Rituale drehen sich jedoch auch um den Keris selbst. Diese werden während und nach der Herstellung durchgeführt, um dem Keris seine Macht zu geben oder die im Metall vorhandenen Mächte positiv zu stimmen. Es werden regelmässige Rituale durchgeführt, um den Keris zu „nähren“, Opfer darzubringen, seine spirituelle Macht aufrechtzuerhalten, aber auch zur Reinigung und Pflege der Klingen. Es gibt viele unterschiedliche Beschreibungen und Erklärungen, welche sich im Detail oder in der Ausführlichkeit unterscheiden, jedoch trotz grosser zeitlicher Distanz im Grundsatz denselben Ritualen entsprechen. Die jährliche Reinigung erfolgt bis heute und wird aktuell im ersten Monat des Jahres durchgeführt (nach der islamischen Jahrrechnung, welche sich auf den Mondzyklus bezieht und ca. 354 1/3 Tage dauert).²⁵

Die zusammengetragenen Informationen über das traditionelle Pflegeritual der Kerisklingen erlauben, in drei Schritte zu unterteilen: die Reinigung, das Ätzen und der Oberflächenschutz.²⁶

Wann immer beschrieben, erfolgt der Schritt der **Reinigung** mit Kokoswasser. Das Ziel der Reinigung ist das Entfernen von Rost und Ölresten. Es wird jedoch auch bei neuen Klingen durchgeführt. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Tests zeigen, dass ein Kokosnussbad bereits einen starken Kontrast der vorhandenen Pamarlagen zum Vorschein bringt. Zusätzlich findet eine weitere Reinigungsstufe mit Limettensaft und Waschnüssen Erwähnung.

Der Schritt der **Ätzung** erfolgt gemäss Beschreibung ausnahmslos durch ein Arsengestein, in Mischung mit Limettensaft. Die Applikationsmethode und die Einwirkzeit variieren jedoch stark. Teilweise erfolgt der Auftrag in zwei separaten Schritten. Zusätzlich sind weitere Fruchtsaftzusätze beschrieben. Das Entfernen dieser Mischung wird, wenn überhaupt, nur am Rande erwähnt.

Der **Oberflächenschutz** erfolgt durch ein duftendes Öl oder eine Ölmischung.

Nach dem Beenden der Herstellung eines Keris wird dieser durch eine rituelle Zeremonie eingeweiht. Bei diesem Fest werden Metallobjekte verehrt und die Reinigung alter Kerise vollzogen. Die Klinge wird in duftenden Rauch gehalten, mit Kokosöl oder mit einer duftenden Ölmischung abgerieben. Blumen, Gewürze, Reis und Süssspeisen werden dargeboten. Diese Opfergaben sind zu Ehren von Brahma in roter Farbe.²⁷

Von M. Kerner wird diese Tradition der Pflege genau beschrieben.²⁸ Die Angaben stammen aus dem Tagebuch von W. A. Mohler, Geologe bei der Firma Shell Company, aus dem Jahre 1942. Demnach wird

²⁵ The Straits Times, 1996

²⁶ Zusammengefasst primär aus den Quellen: Kerner, 1995, Sachse 1993, Bee 1996, Jensen, 2007, Weihrauch, 2001

²⁷ Kam, 2019, S.24/25

²⁸ Kerner, 1995, S.29 – 31

eine Kerisklinge als lebendiges Wesen angesehen, welches „essen“ muss, um seine Magie zu erhalten. Erhält es nicht regelmässig Nahrung in Form von *Sari*, Weihrauch und Blumenduft, verhungert ein Keris (Abbildung 3 S.22). Ein Keris speist zwei- bis dreimal pro Monat durch Opfergaben. Über den Geruch kann festgestellt werden, wie lange das letzte Mahl her ist, da für die Opferzeremonien geruchsintensive „Nahrung“ verwendet wird.

Aber auch der Kontrast des Pamors gilt als Indikator. Ist dieser trüb und flau geworden, ist der Keris am „Verhungern“. Nur durch liebevolle Pflege und Nahrung kann seine spirituelle Kraft wiederhergestellt werden. Die Opferzeremonien folgen vielen vorgegebenen Regeln. Es werden zwei unterschiedliche Zeremonien unterschieden, die Opferung und die Reinigung. Eine Opfergabe kann mit einer Reinigungszeremonie verbunden sein. Für die Reinigungszeremonie wird der Keris entkleidet, aus seiner Scheide genommen und der Griff demontiert. Danach werden die Kerise (oder auch diverse andere Klingen) hierarchisch nach dem Alter in den Weihrauch gehalten, um sie auf die Zeremonie einzustimmen.

Daraufhin wird das Sari-Opfer erbracht. Darunter versteht man die zerkleinerten Blätter einer Pandanus-Art²⁹, die mit wohlriechendem Wasser, Rosen- und Gambirblättern vermengt und in Bananenblättern eingerollt werden. Die Klinge wird nach dem Sari-Opfer mit Limettensaft beträufelt und gleichmässig mit den Limettenschalen eingerieben. Es wird beschrieben, dass sich die Klinge dadurch schwarz



Abbildung 3 Eine Opferzeremonie für Kerisklingen von Gaspar de Marval 2006 © de Marval 2006



Abbildung 4 Die Reinigung von Kerisklingen in einem Kokosnusswasserbad © de Marval 2006



Abbildung 5 Ätzen von Kerisklingen mit Limettensaft und Warangan © de Marval 2006

²⁹ Schraubenbaumart

färbt und sich der Rost löst. Auf die eingeriebene Klinge wird Warangan, ein Arsensulfid, pulverisiert auf der benetzten Klinge verteilt.

Warangan wurde vom Max-Planck-Institut als vergleichbar mit einem verwitterten Auripigment erkannt, mit 74,6 % Arsen, 0,72 % Schwefel, 12 % Kohlenstoff und Spuren von Silicium, Magnesium, Antimon, Kupfer, Silber, Natrium und Kalzium.³⁰

Die Zusammensetzung des *Warangan* ist in allen Quellen vergleichbar, die Applikationsmethode kann jedoch variieren.

Die Sari-Opfergabe kann mit dem Warangan auf die Klinge gelegt werden und verbleibt auf der Klinge für einen Tag. Dabei trocknet der Limettensaft mit dem Warangan zu einer klebrigen Schicht.³¹

Von Hitchcock wird beschrieben, dass mit Zitronensaft vollgesogene Tücher um die Klingen gewickelt wurden. Um die Korrosionsprodukte zu entfernen, wurde die Oberfläche des Kerises geschrubbt und dann mit Kokosnussöl eingerieben.³²

Von Raspers wird das Reinigen eines Keris ebenfalls als jährliche Behandlung mit Zitronensaft und Arsen beschrieben. Der Auftrag erfolgt reibend, bis die gewünschte Optik erreicht ist (Abbildung 5 S.22). Nach dem Reinigen werden die Klingen trocken gelassen und in trockenem Zustand geölt.³³

Auch von Jensen wurde der Ätzprozess durch ein Gemisch aus Arsen und Limettensaft beschrieben.³⁴ Opfergaben wurden dem Keris wöchentlich dargeboten, eine Reinigung wurde jährlich vollzogen. Diese enthielt das Reinigen mit Kokosnusswasser (Abbildung 4 S.22) und das erneute Ätzen mit einem Arsen-Limetten-Gemisch. Danach wurden die Kerise poliert und geölt.³⁵ Das Polieren wurde selten erwähnt. Weihrauch erwähnte dieses mit der Ergänzung, dass dazu ein sehr feines Poliermittel wie Kreide verwendet wurde, wodurch die Schwärzung nicht entfernt, sondern nur leicht gegläntzt wurde.³⁶

Die Durchführung einer öffentlichen Reinigungszeremonie im Jahre 1996 in Singapur wird genau beschrieben. Durch den persönlichen Kontakt mit der Familie, welche diese Reinigungszeremonie damals durchführte, wurde der Autorin bestätigt, dass sich die Praxis seither nicht geändert hat. Diese beginnt mit der Entfernung von Rost in einer Mischung aus Ananassaft, Limettensaft und Kokosnusswasser über eine Zeitdauer von 30 Minuten bis 5 Stunden. Danach wird der verbleibende Rost mit einem Holzschaber entfernt. Die Ätzung mit *Warangan* wird lediglich für 10 Minuten durchgeführt. Danach wird ein Nachspülen beschrieben. Dies erfolgt in Rosenwasser, bevor es im Holzkohlerrauch getrocknet wird. Auf die trockenen Klingen wurde Sandelholzöl aufgetragen.³⁷ Für die

³⁰ Sachse, 1995, S.114

³¹ Kerner, 1995, S.29-31

³² Hitchcock, 1987, S.134

³³ Raspers, 1940, S.524

³⁴ Jensen, 2007, S.24

³⁵ Jensen, 2007, S.53

³⁶ Weihrauch, 2001, S.69

³⁷ The Straits Times, 1996 / Bee, 1996, S.23/24

Herstellung der Ätzlösung wird beschrieben, dass ein Teil einer alten Lösung der neuen Lösung beigemischt wird. Dies soll die Wirkung verstärken.³⁸

Nur eine weitere Quelle erwähnt das Nachreinigen. Sachse beschreibt, dass die Klinge mit einer harten Bürste und Wasser abgewaschen und schnell getrocknet wird. Danach wird die trockene Oberfläche mit Ölen gepflegt und vor Rost geschützt.³⁹ Häufig kann in der Literatur nur der Vermerk „die Klingen wurden geölt zum Schutz vor Rost“ gefunden werden, jedoch fehlt oft die Angabe des verwendeten Öls.⁴⁰

Bei älteren Klingen bildet sich durch diese immer wiederkehrende Behandlung mit der Zeit ein deutliches Relief an der Oberfläche aus.⁴¹

³⁸ Wird beschrieben von Adni Aljunied.

³⁹ Kerner, 1995, S.29-31

⁴⁰ Sachse, 1993, Bee, 1996, S.23

⁴¹ Sachse, 1993, S.114

3. Kerisklingen und Beschichtungen der Sammlung des MKB

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 144 Kerise der Sammlung des MKB untersucht, deren Zustand fotografisch dokumentiert und kurz beschrieben.⁴² Der Schwerpunkt lag auf den Klingen, dem Klingenzustand, der Beschichtung sowie dem Geruch. Aus diesen Objekten wurden dreizehn repräsentative Objekte für weitergehende Untersuchungen und Analysen ausgewählt.

3.1.1. Zustandsbetrachtung

Die Gruppe der dreizehn Kerise wurden **makro-** und **mikroskopisch** untersucht, woraufhin eine Objekt- und Zustandsbeschreibung der Klingen erstellt wurde. Der Schwerpunkt der Zustandsbeschreibung liegt beim Zustand der Klingen und den Beschichtungsmaterialien. Das Klingensmaterial wurde mit der **XRF** Methode analysiert, um die Legierungsbestandteile und die Präsenz von Arsen durch die traditionelle Ätzung zu ermitteln.

Durch unterschiedliche Methoden wurden die Beschichtungen untersucht. Die Klingen wurden durch **UVF** und **FTIR-Spektroskopie** in Reflexionsmodus untersucht. Dies ermöglichte, Beschichtungen zu untersuchen, welche durch die geringen vorhandenen Mengen nicht als Probe entnommen werden können. Der **pH-Wert** der Oberfläche wurde gemessen, um korrosionsfördernde saure Beschichtungen zu identifizieren. Diese Untersuchungen und Analysen erlaubten die Erkenntnisse zum Aufbau und Zustand, zusammengefasst in den folgenden Kapiteln.⁴³

Die folgenden Hauptproblematiken in Bezug auf den Materialzustand konnten festgestellt werden⁴⁴:

- Diverse Korrosionserscheinungen der Klingen und der Griffmontageteile aus Kupferlegierungen
- Verlust der Schutzfunktion der Beschichtungen
- Fleckige, ästhetisch beeinträchtigende Beschichtungsreste
- Verschmutzungen
- Enthftung der Goldtauschierungen

Die XRF Analysen zeigten auf allen dreizehn Klingen die Präsenz von Arsen. Dies bestätigt, dass eine traditionelle Ätzung auf den Objekten durchgeführt wurde. Weiter konnte Nickel als Bestandteil der Legierung von allen Klingen festgestellt werden.⁴⁵

⁴² 20.Angang: Liste der digitalen Anhänge, S.105, Digitaler Anhang 1.

⁴³ Die detaillierten Resultate der Betrachtung, Untersuchung und Analysen zu den 13 Objekten sind zu finden im 20.Angang: Liste der digitalen Anhänge, S.105, Digitaler Anhang 2.

⁴⁴ 2.Angang: Die Kerissammlung des Museums der Kulturen Basel, 2.6 Überblick des materiellen Zustandes der Kerisklingen des MKB, S.29/30.

⁴⁵ Siehe 2.Angang: Die Kerissammlung des Museums der Kulturen Basel, 2.7 Zusammenfassung der Erkenntnisse der XRF-Analysen S.31/32.

3.1.2. Visuelle und chemische Charakterisierung der Beschichtungen

Bezeichnend für die Sammlung des MKB sind die vielen unterschiedlichen Beschichtungen auf den Kerisklingen. Manche sind lediglich durch ihren Glanz erkennbar, andere weisen Streichspuren eines Pinselauftrages auf oder es sind dicke Beschichtungen meist gelblich bis brauner Farbe vorhanden. Viele Beschichtungen sind klebrig und ziehen Verschmutzungen an. Insgesamt sind auf 50 der 144 betrachteten Klingen eine Beschichtung in **sichtbarem Licht** zu erkennen.

Mindestens 49 Klingen weisen einen **Geruch** auf.⁴⁶ Meist riechen diese nach unterschiedlichen ätherischen Ölen, aber auch nach synthetischen Ölen oder unbekanntem Gerüchen.⁴⁷ 24 der Klingen mit einem wahrnehmbaren Geruch lassen keine Beschichtung der Klingen erkennen und 25 Klingen mit sichtbarer Beschichtung weisen keinen Geruch auf. Es kann kein klarer Zusammenhang zwischen einem gewissen Geruch und dem Zustand einer Klinge erkannt werden.

Dreizehn Klingen wurden zusätzlich genauer untersucht (Tabelle 1 S.28).⁴⁸ Mit **UVF** konnten Unterschiede im Auftrag der Beschichtungen erkannt werden. Laufspuren und Tropfenbildungen des Beschichtungsmaterials, Beschichtungsansammlungen sowie Fehlstellen in den Beschichtungen können deutlicher erkannt werden (Abbildung 6 S.26). Lokale Beschichtungen konnten durch die Fluoreszenzerscheinungen entdeckt oder mehrere Beschichtungen unterschieden werden.

Mit **FTIR** konnte auf den dreizehn Klingen mindestens in einem Messbereich Spuren einer Beschichtung erkannt werden (Tabelle 2 S.29). Nicht immer sind diese Spektren eindeutig interpretierbar. Sind Wachs und Öl vorhanden, kann es sich einerseits um einen Auftrag einer Öl-Wachs-Mischung handeln, oder die beiden Substanzen sind durch zeitlich versetzte Pflegemassnahmen auf die Oberfläche gelangt. Letzteres lässt Objekt 7 vermuten, da nicht bei allen Messungen ein Wachsbestandteil festgestellt werden konnte. Auch auf Objekt 5 konnte bestätigt werden, dass zwei unterschiedliche Beschichtungen vorhanden sind. Dies passt bei beiden Klingen zu den UVF Aufnahmen, welche nur lokal Fluoreszenzen



Abbildung 6 UVF Aufnahme von Objekt 2 IIC 2118 mit klar sichtbaren Laufspuren des Beschichtungsmaterials

© JM, HE-Arc / MKB 2020

⁴⁶ Bei 32 Klingen ist es durch ihre Verpackung nicht möglich olfaktorische Angaben zu machen.

⁴⁷ Nach der Wahrnehmung der Autorin.

⁴⁸ 20.Angang: Liste der digitalen Anhänge, S.105, Digitaler Anhang 2.

feststellen lassen.⁴⁹ Es können gleichermaßen synthetische und natürliche Substanzen festgestellt werden.

Das Ermitteln von traditionellen Beschichtungen mit FTIR ist durch die geringen Vergleichsspektren nur bedingt möglich. Im Rahmen dieser Arbeit erzeugte Vergleichsspektren⁵⁰ ermöglichen einige Zuordnungen. Auf Objekt 5 kann ein mit dem Kokosnussöl vergleichbares Spektrum erkannt werden. Klinge 2 weist ein Spektrum vergleichbar mit einer synthetischen Kerisölmischung mit Duftstoffen auf. Auf der Klinge von Objekt 12 konnte ein natürliches Öl mit Beimischungen (vermutlich von ätherischen Ölen) erkannt werden. Dies kann durch den Geruch bestätigt werden. Es konnte klar ein Copolymer Polymethacrylat auf der Oberfläche von Objekt 13 festgestellt werden, was die Verwendung einer in der Restaurierung häufig verwendeten Paraloidbeschichtung entspricht.

Die **pH-Werte Messungen** auf den Klingenoberflächen ergaben Werte zwischen 4 und 7.2 (Abbildung 7 S.27), wobei die Klinge von Objekt 3 den tiefsten pH-Wert aufweist mit durchschnittlich 4.5 und Objekt 2 den höchsten pH-Wert mit durchschnittlich 7.1. Der durchschnittliche Wert der übrigen elf Klingen liegt zwischen 6 und 7.

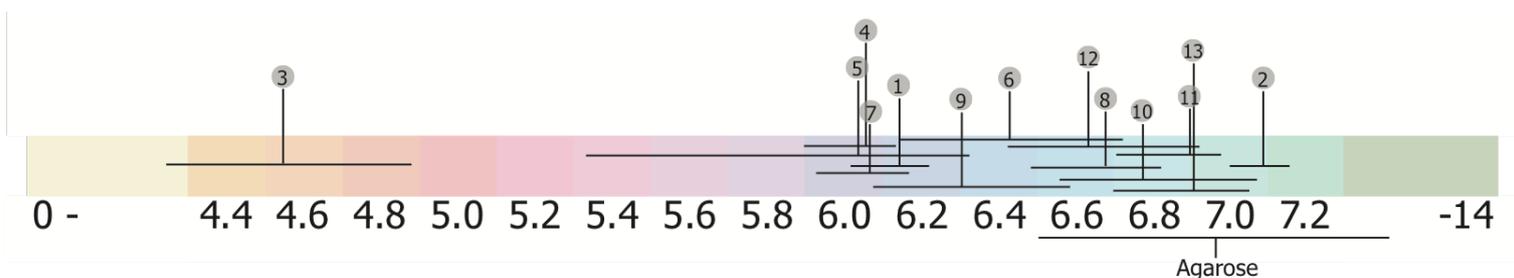


Abbildung 7 Illustration der pH-Werte der Klingenoberfläche

⁴⁹ 20.Angang: Liste der digitalen Anhänge, S.105, Digitaler Anhang 2., Objekt 5 und Objekt 7

⁵⁰ Die Beschichtungsmaterialien welche als Vergleichsspektren herangezogen wurden sind im 7.Angang: Traditionelle Beschichtungen genauer betrachtet, S.50-60 zu finden.

Tabelle 1 Zusammengefasste Darstellung der Betrachtung unter sichtbarem Licht und UV-Licht sowie die olfaktorische Wahrnehmung

| Beschichtungsbetrachtung | | | | | |
|--------------------------|-----------|--------|---------------------------|-----------------------------|---|
| Nr. | Inv.-Nr. | Geruch | Beschichtung erkennbar | Fluoreszenz- erscheinung | Bemerkung |
| 1. | Iic 228 | Nein | Ja | Ja | <ul style="list-style-type: none"> – Bei sichtbarem Licht zu erahnende Beschichtung durch den Glanz – Die Fluoreszenzerscheinungen können vermehrt in den Vertiefungen erkannt werden – Holzreste kleben auf der Oberfläche |
| 2. | Iic 2118 | Ja | Ja | Ja | <ul style="list-style-type: none"> – Es können deutliche Laufspuren des Beschichtungsmaterials unter UV-Licht erkannt werden – Geruch nach Mineralöl |
| 3. | Iic 14573 | Nein | Ja | Nein | – Klar erkennbare Beschichtung unter sichtbarem Licht |
| 4. | Iic 14578 | Ja | Ja | Ja | – Starker und unangenehmer Geruch |
| 5. | Iic 15187 | Ja | Ja lokal | Ja lokal | <ul style="list-style-type: none"> – Die Bereiche, in welchen bei sichtbarem Licht eine Beschichtung erkannt wurde, und die Fluoreszenzerscheinungen sind nicht am selben Ort – Verschmutzungen kleben in der Beschichtung – Leichter Geruch |
| 6. | Iic 16240 | Nein | Ja | Nein | – Streichspuren auf der Oberfläche zu erkennen |
| 7. | Iic 19714 | Ja | Nein | Ja lokal | – Ein starker Geruch nach ätherischen Ölen |
| 8. | Iic 20012 | Nein | Nein | Ja lokal | – Fluoreszenz nur in Bereichen in welchen Goldverzierungen vorhanden waren |
| 9. | Iic 21452 | Ja | Nein | Ja lokal | <ul style="list-style-type: none"> – Nur in sehr kleinen Bereichen Fluoreszenz erkennbar – Geruch nach ätherischen Ölen |
| 10. | Iic 21485 | Ja | Nein | Nein | – Leichter Geruch |
| 11. | Iic 21749 | lokal | Ja | Nein | – Der Geruch kann nur im Bereich der geraden Prabotseite in der Verzierung wahrgenommen werden |
| 12. | Iic 21804 | Ja | Nein | Nein | – Leichter Geruch |
| 13. | Iic 22217 | Ja | Ja | Ja | <ul style="list-style-type: none"> – Es können Laufspuren und unterschiedliche Schichtdicken unter UV-Licht wahrgenommen werden – Der Geruch nach ätherischen Ölen passt nicht zu einer Lackbeschichtung |

Tabelle 2 Zusammenfassende Tabelle der Resultate der FTIR-Spektroskopie auf den Klingen von dreizehn Objekten des MKB

| FTIR-Spektroskopie | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|----------------|----|-------|----------------------|--------------------|-----------------------------------|--|
| Nr. | Inv. Nr. | Im Museum seit | Öl | Wachs | synth. ⁵¹ | nat. ⁵² | Andere ⁵³ | Bemerkung |
| 1. | IIC 228 | 1903 | ✓ | ✓ | ✓ | | - | - Vermutlich handelt es sich beim Öl wie beim Wachs um ein synthetisches Produkt |
| 2. | IIC 2118 | 1923 | ✓ | - | ✓ | | Roter Farbstoff | - Ähnlichkeit mit Kerisöl „SANBE“ festzustellen |
| 3. | IIC 14573 | 1953 | - | - | | ✓ | Colophan Harz | - Zusätzlich konnte ein Eisenkorrosionsprodukt, Form eines Citrates erkannt werden |
| 4. | IIC 14578 | 1954 | ✓ | ✓ | ✓ | | - | - Spektrum ist mit dem Spektrum des 1 IIC 228 vergleichbar |
| 5. | IIC 15187 | 1957 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - Natürliches Öl und synthetisches Paraffinwachs - Beim Öl kann es sich um ein Kokosnussöl handeln - Keine Mischung sondern zwei Beschichtungsaufträge |
| 6. | IIC 16240 | 1969 | - | - | | ✓ | Proteine enthaltende Bestandteile | - Nicht bei allen Messungen konnte überhaupt eine Substanz festgestellt werden / unklares Spektrum - Es könnte sich um einen Hautleim handeln - Zusätzlich konnte ein Eisenkorrosionsprodukt, Form eines Citrates erkannt werden |
| 7. | IIC 19714 | 1980 | ✓ | () | ✓ | | - | - Ein stark gealtertes synthetisches Öl - Nur in einem der Messpunkte geringe Anzeichen der Präsenz eines Wachses |
| 8. | IIC 20012 | 1983 | - | - | | | Epoxidharz | - Das Epoxidharz wurde in stark fluoreszierenden Bereichen gemessen und als Klebstoff für die sich lösenden Goldbleche verwendet |
| 9. | IIC 21452 | 1998 | - | - | | | Schellack Karminfarbstoff | - Schellack in Bereichen roter Fluoreszenz - Der Karminfarbstoff kann nur vermutet werden. |
| 10. | IIC 21485 | - | - | - | | | - | - Es konnte kein deutlich interpretierbares Spektrum gemessen werden |
| 11. | IIC 21749 | 2002 | - | - | | ✓ | Kupferseifen | - Durch Metallseifen kann von einer früheren natürlichen Beschichtung (Wachs oder Öl) ausgegangen werden |
| 12. | IIC 21804 | 2003 | ✓ | - | | ✓ | - | - Nicht alle Messungen ergaben eine Substanz auf der Oberfläche - Ein natürliches Öl mit Beimengungen (vergleichbar mit dem alten Kerisöl) |
| 13. | IIC 22217 | 2004 | - | - | ✓ | | Copolymer Polymethacrylat | - Bei der analysierten Beschichtung handelt es sich um eine Acryllackbeschichtung wie z.B. Paraloid |

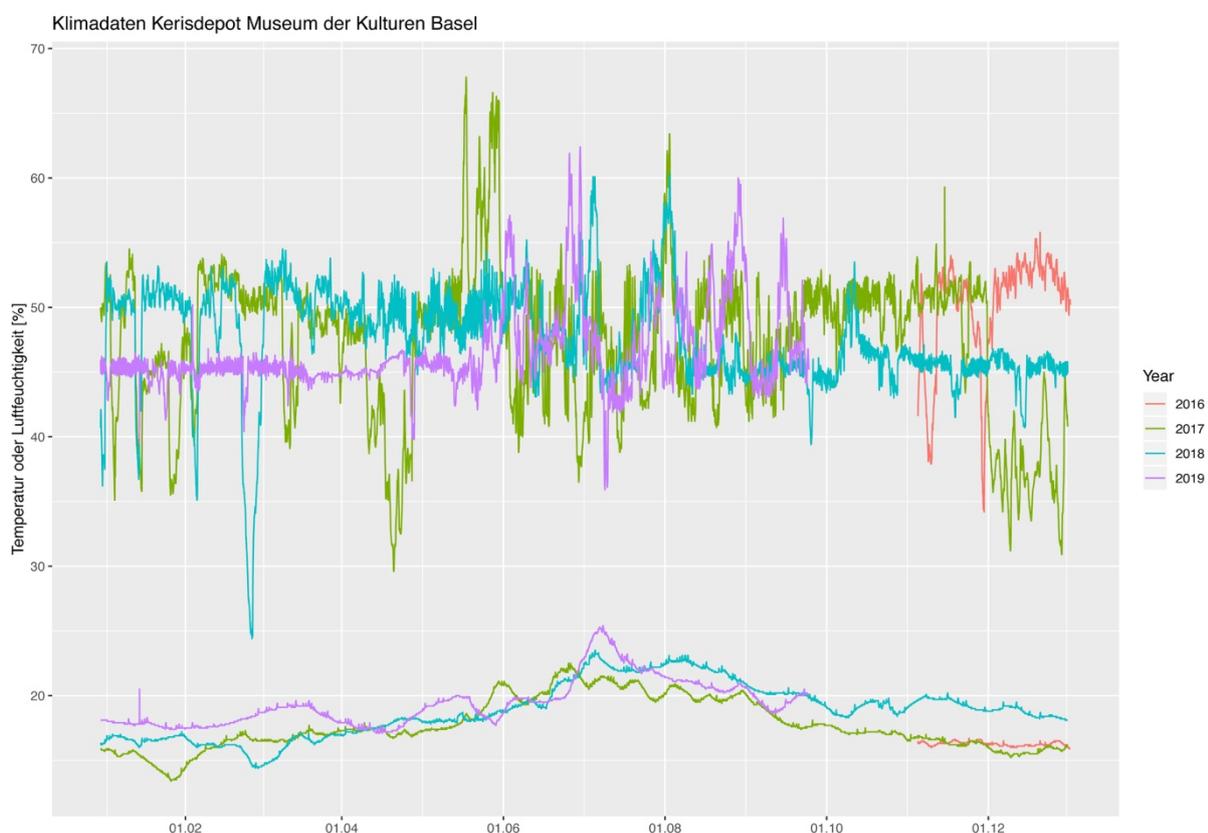
⁵¹ Die Beschichtung ist synthetischen Ursprungs

⁵² Die Beschichtung ist natürlichen Ursprungs

⁵³ Weitere Substanzen welche durch FTIR auf der Oberfläche festgestellt worden sind und keinem Öl oder Wachs entsprechen. Dabei muss es sich nicht um die Beschichtung handeln, sondern kann auch eine Klebung, ein unbekannter Fremdstoff oder eine Alterungserscheinung sein.

3.1.3. Schlussfolgerungen zum Zustand der Klingen in Anbetracht des Klimas und der Lagerungssituation

Die ASHRAE Norm⁵⁴ hat Guidelines festgelegt, welche das Klima von AA dem am stärksten kontrollierten und kaum schwankenden Klima über A einem idealen und stabilen Klima über B, C zu D festgelegt.⁵⁵ Nach der ASHRAE Norm kann das Klima in den Lagerräumen, in welchen die Kerise lagern, als **B** festgelegt werden (Grafik 1 S.30). Die Temperaturschwankungen entsprechen sogar den Vorgaben für A. Die Schwankungen der relativen Feuchte (RH) sind jedoch stärker und können gerade noch der Kategorie B zugeordnet werden. Die 30°C maximaler Höchstwert werden mit einer Höchsttemperatur von 25.4°C in der betrachteten Zeitspanne bei weitem nicht überschritten.



Grafik 1 Darstellung des Klimas im Kerisdepot. Ein Vergleich über dreieinhalb Jahre der RH und der Temperatur.

⁵⁴ **AA** = Kurzfristige Schwankungen von $\pm 5\%$ RH, $\pm 2^\circ\text{C}$. keine zusätzlichen RH saisonalen Schwankungen erlaubt, saisonale Temperaturschwankungen von $\pm 5^\circ\text{C}$.

A = Kurzfristige Schwankungen von $\pm 5\%$ RH, $\pm 2^\circ\text{C}$, saisonale Schwankungen von $\pm 10\%$ RH, saisonale Temperaturschwankungen von max. $+5^\circ\text{C}$ und max. -10°C .

B = Kurzfristige Schwankungen von $\pm 10\%$ RH, $\pm 5^\circ\text{C}$. saisonale Schwankungen von $\pm 10\%$, und max. $+10^\circ\text{C}$, jedoch 30°C nicht übersteigend.

C = 25% RH bis 75% RH über das ganze Jahr, Temperaturen selten 30°C überschreitend, normalerweise unter 25°C .

D = RH unter 75%, keine Kontrolle der Temperatur.

⁵⁵ Michalski, 2007 S. 3-9

Es muss immer davon ausgegangen werden, dass starke Schwankungen der RH stärkere Schäden bewirken als Schwankungen der Temperatur.⁵⁶ Höhere Temperaturen erzeugen eine Beschleunigung der Degradationsprozesse. Die tiefen Temperaturen im Depot verlangsamen solche Prozesse und die Schwankungen können als gering eingestuft werden. Die eher starken Schwankungen der RH haben grösseres Schadenspotential.⁵⁷ Primär können die organischen Materialien negativ davon betroffen sein. Tiefe RH bewirkt aber auch ein Zusammenziehen der organischen Materialien und somit der Scheiden um die genau eingepasste Klinge, wodurch ein naher Kontakt der Materialien entsteht. Die Reibung beim Herausziehen der Klingen wird verstärkt und ein lokaler Beschichtungsverlust ist wahrscheinlich.

Sind Beschichtungsmaterialien oder Verschmutzungen auf der Oberfläche, welche einen sauren pH-Wert aufweisen kann dies in Zusammenhang mit hoher RH zu Korrosion führen. Unter einem pH-Wert von 6 kann von einer verstärkten Korrosion ausgegangen werden.⁵⁸ Dies kann bei der Klinge von Objekt 3 (pH-Wert 4.5) der Fall sein. Auf dieser Oberfläche konnte eine Colophan Harz Beschichtung erkannt werden (Tabelle 2 S.29). Der aktuelle Zustand dieser Klinge weist Korrosionsschäden in Bereichen von Fingerabdrücken auf, welche zusätzlich korrosionsfördernde Chloride auf die Oberfläche gebracht haben. Es wird beschrieben, dass bei einem pH-Wert zwischen 5 und 7.5 durch eine stark erhöhte RH flächige gleichmässig Korrosion entstehen kann, wie diese beispielsweise auf Objekt 9 zu erkennen ist. Meist befindet sich die RH in einem tiefen Bereich, welcher kaum korrosionsfördernd wirkt. Die vereinzelt starken Anstiege sind jedoch potenziell problematisch für das Klingenmaterial, primär im Zusammenhang mit hygroskopischen Verschmutzungen auf den Oberflächen oder einem geringen pH-Wert der Beschichtungsmaterialien.

⁵⁶ Michalski, 2007, S.5

⁵⁷ Detailliertere Angaben zur Klimasituation und zu Aufbewahrung der Keriskollektion sind im 2.Anhang, Kapitel 2.3 Aufbewahrungsumstände und Klimasituation im Wandel der Objektgeschichte und 2.4 Klimasituation der Lagerräume des MKB, S.22-26, zu finden.

⁵⁸ Selwyn, 2004, S.111.

4. Betrachtung der spirituellen Bedeutung

Die europäischen Museen beschäftigen sich in Bezug auf die Konservierung und Restaurierung primär mit der objektiven, materiellen Sicht auf die Objekte und sehen primär das Material als Kulturgut. Die Geschichten um die Objekte und somit der immaterielle kulturelle Wert, erhält oft lediglich in den Beschreibungstexten bei Ausstellungen Beachtung. Dieser Bezug fehlt oft in der Konzipierung der Aufbewahrung oder beim Erhalt.⁵⁹ Die unterschiedliche Bestimmung des „Werts“ eines Objekts ist stark kulturell bedingt. Die europäische und die indonesische Vorstellung davon ist sehr unterschiedlich. Die traditionelle indonesische Definition von Wert bezieht sich auf den geschätzten Grad an *Kesaktian*, eine Lebenskraft, die das Universum durchdringt und belebt.⁶⁰

Auch von Appelbaum wird festgestellt, dass ein Objekt für verschiedene Personen eine unterschiedliche Bedeutung haben kann und auch die Frage ob/wie die aktuelle Ethik der Konservierung in unsere multikulturelle Welt passt, wird gestellt.⁶¹ Die Charta von Burra beschäftigt sich mit diesem Thema und definiert die „kulturelle Bedeutung als ästhetisch, historisch, wissenschaftlich, sozial oder spirituell Wert für vergangene, gegenwärtige oder zukünftige Generationen.“⁶² Von Reumont fasst das Prinzip der Charta von Burra, welche sich sowohl auf Orte bezieht, als auch auf Objekte anwendbar ist, denn es beruhe auf dem „[...] Phänomen des Respekts gegenüber der andern Perspektive, die den westlichen Werten fremd und fern ist.“⁶³

Da es sich bei einem Keris nicht nur um ein Objekt für einen bestimmten Gebrauch oder als ästhetisches Zierobjekt handelt, sondern um ein Objekt grosser spiritueller Bedeutung, wird auch diese im Zusammenhang der Rituale und der beschriebenen spirituellen und kulturellen Werte betrachtet.⁶⁴ Daraufhin wird versucht zu evaluieren, welche dieser Werte noch intakt sind oder auf welche Art und Weise diese beeinflusst wurden oder beeinflusst sind.

Die indonesische Kultur beruht auf einer grundsätzlichen Spiritualität. Der Glaube an eine fugenlose Einheit der Gesellschaft, Natur, den übernatürlichen Sphären, dem Universum und den Ahnen ist allgegenwärtig.⁶⁵ Dies zeigt sich im Prinzip der Harmonie, welches in der javanischen Gesellschaft besteht, und einer allgemeinen Spiritualität, dem Glauben an eine Kraft nicht nur im Menschen, sondern auch in Gegenständen und der Natur. Gegenständen werden beinahe menschliche Eigenschaften zugesprochen, was sich im Umgang mit den Materialien zur Herstellung von Kerisen zeigt, und im Begriff der „Nahrung“ für den Keris und der Beschreibung, dass ein Keris „verhungert“

⁵⁹ von Reumont, 2018, S.20

⁶⁰ von Reumont, 2018, S.20

⁶¹ Appelbaum, 2010, S.xviii/xix

⁶² Charta von Burra, 2013, §1.2

⁶³ von Reumont, 2018, S.25

⁶⁴ Im 1.Anhang: Die Familie der Kerise, 1.2 Die Bedeutung und der Gebrauch eines Keris, S. 5-8, wird der Gebrauch und die Bedeutung des Kerises in der indonesischen Gesellschaft kurz zusammengefasst.

⁶⁵ von Reumont, 2018, S.29

erfährt er diese Nahrung nicht. Im Material ist es beispielsweise bei der Wahl des Klingenmaterials erkennbar. Es wird erwähnt, dass Klingen aus neun verschiedenen Eisensorten, aus neun verschiedenen wiederverwendeten (gestohlenen) Objekten, welche mit „P“ beginnen, hergestellt wurden. Das Stehlen von Objekten scheint verbreitet gewesen zu sein, da geglaubt wird, dass damit der im Material inwohnende Geist irregeführt werden kann.⁶⁶ Auch beim Umgang mit dem Material für Scheide und Griff zeigt sich eine gewisse Spiritualität, beispielsweise in der Wahl des Holzes. In den Maserungen des Holzes werden Figuren und Kräfte gesehen. Das Holzsuchen entsprach einem eigenen Beruf⁶⁷ und die Vorstellung besteht, dass einige Hölzer bereits die Form eines Griffes enthalten und diese lediglich hervorgeholt werden muss. Die Wertschätzung dieser Hölzer mit spirituellem Wert zeigt sich auch daran, dass diese den mit teuren Edelmetallen und Edelsteinen verzierten Griffen in der Wertschätzung keineswegs unterliegen.⁶⁸

4.1. Der immaterielle, spirituelle Zustand der Kerise am Beispiel der Sammlung des MKB

Bei der Diskussion über die Spiritualität muss zwischen der beschriebenen allgemeinen Spiritualität und einer eigentlichen Religion, welche in Indonesien heute primär den islamischen Glauben bedeutet, unterschieden werden. Dies zeigt sich auch bei der Pflege der Kerisklingen. Diese erfolgt durch ein Ritual, sowie durch Interventionen am Objekt. Da ein Keris durch die assoziierten spirituellen Werte viel mehr ist als die Summe seiner Materialität, ist die Pflege immer mit dem Nähren der spirituellen Kräfte verbunden. Der rituelle Teil und die Opfertgaben bilden eine Reinigung und Nahrung für den immateriellen und spirituellen Teil des Objekts. Die traditionelle Ätzung und die Schutzschicht haben einen direkten Einfluss auf die Materialität und somit den materiellen Wert.

Es werden Veränderungen an den Klingen beschrieben, welche zeigen, dass eine Klinge nicht mehr genügend genährt ist. Diese Zeichen sind der **fehlende Geruch**, ein **Verblässen des Pamormusters** und eine **trübe und stumpfe** Metalloberfläche.⁶⁹ Dies sind alles Anzeichen dafür, dass kaum mehr eine Ölbeschichtung vorhanden ist.

Eine Vielzahl der Klingen in den betrachteten musealen Sammlungen (MKB, BHM und Rietberg Museum) haben die ästhetischen Aspekte eines genährten Keris verloren und können daher aus spiritueller Sicht als „am Verhungern“ angesehen werden.

Neben der «Nahrung» eines Keris wirkt sich der Tradition zufolge auch die Art des Besitzerwechsels auf die spirituelle Kraft aus. Es wird beschrieben, dass es nicht möglich ist, einen Keris zu kaufen oder zu verkaufen und seine spirituelle Kraft zu behalten, daher wurden Kerise üblicherweise verschenkt oder vererbt. Die KeriskäuferInnen machten einen Austausch von Geschenken über eine

⁶⁶ Weihrauch, 1995, S.58

⁶⁷ Weihrauch, 1996, S.115

⁶⁸ Persönliches Gespräch mit Gaspar de Marval 17.2.2020 / van Duuren, 1996, S.41.

⁶⁹ Kerner, 1995, S.29-31

Mittelsperson, um trotzdem eine Entschädigung an die Empus zu zahlen, aber auch das Rohmaterial wurde oft von der auftragenden Person zu Verfügung gestellt.⁷⁰

Die meisten Kerise der Sammlung des MKB sind Schenkungen und haben daher in dieser Hinsicht keine spirituelle Kraft verloren. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese in die vorhergehenden Privatsammlungen eingekauft wurden und daher diesen Wert bereits verloren hatten. Die Beschreibung einer Art Gallery in Singapur, dass grosses Geld mit Kerisen gemacht werden kann, lässt vermuten, dass in diesen Kreisen der Verlust eines spirituellen Werts durch den Kauf kein Thema mehr ist.⁷¹

Die Scheide erfüllt nicht nur die Aufgabe einer Schutzhülle, sondern hält die Kräfte des Keris in Schach.⁷² Eine offene Lagerung ist nicht im Einklang mit dem traditionellen Umgang und lässt die Kräfte aus der Klinge entweichen, wodurch der spirituelle Wert gemindert wird.

Ein Keris ist ein Objekt mit grossem ästhetischen Wert, mit welchem das handwerkliche Können demonstriert wird.⁷³ Auch daher ist der materielle Zustand nahe mit dem immateriellen Zustand verbunden. Hergehend aus diesem ästhetischen Anspruch und dem Objekt, repräsentativ für das Können, kann auch ein negativer Einfluss auf den spirituellen Wert durch Alterungserscheinungen wie Korrosion auf der Oberfläche angenommen werden. Das starke Relief durch die traditionelle Ätzung ist dabei hoch geschätzt.⁷⁴ Der Erhalt der Materialität und Ästhetik der Kerise ist essenziell für die Aufrechterhaltung des spirituellen Wertes.

Der Keris muss seine „Erlaubnis“ dazu geben aus der Scheide gezogen zu werden, dazu wird er an die Stirn oder ans Ohr gehalten.⁷⁵ Ein respektvoller Umgang mit den Objekten ist sehr wichtig, auch weil die Kerise sich nach den Erzählungen mit ihren Kräften gegen einen wenden, wenn ihnen kein angemessener Respekt entgegengebracht wird.

Traditionell wird ein Keris für eine bestimmte Person gefertigt. Diese Verbindung mit der/m BesitzerIn ist oft verloren gegangen, in europäischen privaten und musealen Sammlungen. Das Fehlen der Informationen zur Person oder Familie, welche mit einem Keris in Verbindung stand, hat einen negativen Einfluss auf den spirituellen Wert. Das Verständnis, was es bedeutet, dass eine Kerisklinge eine Person widerspiegelt, ist beeinträchtigt. Die Studie und der Vergleich an Informationen über die

⁷⁰ Weihrauch, 1996, S.123

⁷¹ Bee, 1996, S.23

⁷² Marlow, 2016, S.206 / van Duuren, 1996, S.41

⁷³ Weihrauch, 1996, S.4-7 / Marlow, 2016, S.206

⁷⁴ Sachse, 1993, S.103

⁷⁵ Jensen, 2007, S.53

Objekte und den/die erste/n BesitzerIn würden in vielen Hinsichten einen grossen Wertgewinn in der Erforschung dieser Objekte bewirken.

4.2. Stellenwert und Umgang mit dem spirituellen Wert heutiger Museumsobjekte

Die Kerisklingen einer musealen Sammlung haben nachweislich einen Teil ihres spirituellen Wertes verloren und das museale, europäische Umfeld kann den spirituellen und rituellen Ansprüchen kaum gerecht werden.⁷⁶ Diese Rituale gehören zur aktiven Objektgeschichte und gehen beim Eintreten in eine museale Sammlung nach heutigem Verständnis üblicherweise zu Ende. Die spirituelle Bedeutung geht dadurch jedoch nicht einfach verloren. Es sollte bewusst festgelegt werden, in welchem Zustand diese Objekte, im Einklang mit der Bedeutung und Objektgeschichte, im Museum erhalten werden sollen. In diesem Zusammenhang sind in der Restaurierungsethik Begrifflichkeiten wie die „Integrität“ des Objekts, die „wahre Natur“ eines Objekts oder auch der „einzigartige Charakter“ oder „Signifikanz“ genannt.⁷⁷

Was unter diesen Begriffen zu verstehen ist oder wie diese umgesetzt werden können, ist nicht klar definiert. Der Umgang mit grossem Respekt, welcher den Objekten in den Ursprungsländer entgegen gebracht wird, kann auch in den musealen Sammlungen weitergeführt werden. Dies beinhaltet eine ganzheitliche Herangehensweise, welcher den materiellen wie auch den immateriellen Wert miteinbezieht. Durch einen breiten Austausch auf Augenhöhe mit den Ursprungsländern und dem Einbeziehen des kulturellen Kontextes, aus welchem das Objekt stammt, kann möglichst viel Wissen um die Objekte bewahrt werden.

Zu beachten gilt stets: Jede Massnahme, aber auch jede Massnahme, welche nicht gemacht wird, beruht auf einer Interpretation des Objekts und seiner Objektgeschichte. Mit dem Ermitteln des „Idealzustandes“, welcher den materiellen wie auch den immateriellen Zustand als Grundlage des Konservierungs- und Restaurierungskonzept miteinbezieht, wird versucht, möglichst vielen Aspekten dieser Objektfamilie gerecht zu werden.⁷⁸

⁷⁶ Im 4.Anhang: Kerise in europäischen und musealen Sammlungen, S.39-42, werden einige Beispiele im Umgang mit Kerisen in musealen und privaten Sammlungen in Europa und in Asien beschrieben.

⁷⁷ Appelbaum, 2010, S.7

⁷⁸ 5.Anhang: Ermittlung des „Idealzustandes“ S.43/44 beschreibt den Idealzustand im Detail.

5. Oberflächenschutz von Kerisklingen

Die Korrosion von Metallobjekten wird am effektivsten durch präventive konservatorische Massnahmen verhindert. Die hauptsächlichen Gründe für Korrosionserscheinungen in einer Sammlung sind eine hohe relative Feuchte, Schadstoffe und eine falsche Handhabung der Objekte.⁷⁹ Wenn die korrosiv wirkenden Einflüsse der Umgebung nicht abgehalten werden können, ist eine Beschichtung eine Möglichkeit, um die Metalloberfläche von diesen Einflüssen abzugrenzen.

Kerisklingen werden jedoch nicht nur aus Korrosionsschutzgründen beschichtet. Die Beschichtung eines Keris wird im Kontext eines spirituellen Rituals aufgetragen. Die Beschichtung ist ein Teil des Rituals und das Ritual ist ein Teil der Beschichtung. Die Beschichtung aus duftenden ätherischen Ölen ist die Nahrung für die als lebendiges Wesen angesehene Kerisklinge. Der Glanz und Duft der ätherischen Öle sind Zeichen eines wohlgenährten, lebendigen Keris.

Die Beschichtungsmaterialien haben im traditionellen Umfeld von natürlichen Ölen zu synthetischen Ölen gewandelt. Geblieben ist jedoch, dass diese Öle immer einen starken Duft aufweisen. Daher kann der Duft als ein essenzieller Bestandteil der traditionellen Beschichtung gesehen werden, welcher unweigerlich mit den Objekten verbunden ist.

Auch aus konservatorischen Gründen ist eine Beschichtung eine sinnvolle Konservierungsstrategie. Ein Keris ist ein Kompositobjekt. Organische Materialien, aus welchen die meisten Griffe gefertigt sind, und Metall haben unterschiedliche Bedürfnisse in Bezug auf das Klima. Durch einen Kompromiss in Bezug auf die Klimabedingungen, ist die Luftfeuchtigkeit für die Klingen tendenziell zu hoch.

Diese Gegebenheiten können aus konservatorischen Gründen für eine Konservierung durch eine Beschichtung sprechen. Daraufhin stellt sich die Frage des Beschichtungsmaterials. Eine grosse Anzahl von unterschiedlichen Bewertungskriterien kann zur Wahl eines Beschichtungssystems herangezogen werden. In europäischen Institutionen und Sammlungen finden meist moderne, synthetische Beschichtungen Anwendung. Diese sind bereits in einer Vielzahl von Publikationen verglichen und getestet worden. Die Resultate dieser Forschungsarbeiten sind im 3.Anhang: Oberflächenschutz, S.33-38, zusammengefasst. Die traditionellen Beschichtungen sind in Bezug auf die Verwendung in der Konservierung wenig erforscht und werden im Kapitel 5.1.2, S.38 genauer betrachtet.

⁷⁹ Dalewicz-Kitto, 2016, S.44

5.1.1. Der Umgang mit Kerisen in europäischen und musealen Sammlungen

Durch den Austausch mit den Verantwortlichen in mehreren europäischen Museen und Privatsammlungen⁸⁰ konnte ein Überblick über den Umgang mit den Kerisen, deren Konservierung, Lagerung und der auf den Objekten vorhandenen Beschichtung gewonnen werden.⁸¹

Es konnte festgestellt werden, dass die Herangehensweisen in Bezug auf die Klingen und den Oberflächenschutz im musealen Umfeld in die folgenden drei Gruppen eingeteilt werden kann.

1. Die Kerise, welche in die Sammlung aufgenommen wurden, erfahren weder eine Reinigung noch eine neue Beschichtung. Falls vorhanden werden alte Beschichtungen auf der Oberfläche belassen.
2. Die Kerise werden beim Eintritt in die Sammlung gereinigt und von vorhandenem Beschichtungen befreit. Es wird keine neue Beschichtung aufgetragen.
3. Die Kerise welche in die Sammlung aufgenommen werden, werden von vorhandenem Oberflächenschutz befreit und es wird ein neues Beschichtungssystem aufgetragen. Die Wahl dieses Systems erfolgt ungeachtet der traditionellen Praktiken in den Herkunftsländern, sondern nach Korrosionsschutzwirkung und persönlichen Erfahrungswerten.

Eine traditionelle Beschichtung findet nur in einer der kontaktierten Sammlungen eines Privatsammlers Anwendung.⁸² Die Verwendung von traditionellen Beschichtungssystemen wird in keiner dieser musealen Institutionen aktiv diskutiert oder erwogen. Es konnte festgestellt werden, dass auch in den Institutionen im asiatischen Raum moderne Beschichtungsmethoden Anwendung finden.

Teilweise ist die Wahl der Beschichtungsmaterialien mit einer guten Korrosionsschutzwirkung oder einer gewissen Ästhetik begründet. Meist scheint die Wahl auf Produkte zu fallen, deren Verwendung der einer gewissen Gewohnheit entspricht.

Einige Institutionen haben regelmässigen oder projektgebundenen Austausch mit Institutionen aus der indonesischen Region (IFICAH, Ethnologisches Museum der Staatlichen Museen zu Berlin und das Bronbeek Museum in den Niederlanden). Dieser Kontakt beschränkt sich meist auf kuratorische Fragestellungen und schliesst die Konservierung und Lagerung nicht mit ein.

⁸⁰ MKB, Rietberg Museum Zürich, HMB, Deutsches Klingmuseum Solingen, Ethnologische Museum der Staatlichen Museen zu Berlin, Bronbeek Museum Niederlande, Heritage conservation center in Singapor, Ificah, Privatsammlung von François Morier und Gaspar de Marval

⁸¹ Die Beschreibung der Situation in den unterschiedlichen Institutionen sind im 4.Anhang: Kerise in europäischen und musealen Sammlungen, S.39-42 zu finden.

⁸² Bei Gaspar de Marval, Privatsammler aus Lausanne.

5.1.2. Traditionelle Beschichtungen aus dem asiatischen Raum

Bei den traditionellen und den heute verwendeten Beschichtungsmaterialien in Indonesien sowie in vielen umliegenden asiatischen Ländern scheinen Öle, in Form einer regelmässigen Pflege, zum Schutz von Metalloberflächen bei Waffen Anwendung gefunden zu haben.

In Japan wird **Nelkenöl** beispielsweise für die Pflege von Samuraischwertern verwendet.⁸³ Das Nelkenöl wird jedoch auch für die Pflege von Kerisklingen beschrieben.⁸⁴ In Indien findet Ghee⁸⁵ als Oberflächenschutz Anwendung. **Kokosnussöl** wird in Indien aber auch in Indonesien verwendet.⁸⁶ Das **Sandelholzöl**⁸⁷ wird sowohl alleine als auch in Mischungen für die indonesische Region beschrieben. Die Verwendung von Hühnerfett ist ebenfalls bekannt.⁸⁸

Die präziseste Beschreibung einer Kerisölmischung wurde bei Martin Kerner gefunden. Beschrieben wird eine Mischung aus Sandelholzöl (*minyak cendana*), Öl der Kenongo-Blume⁸⁹ (*minyak kenongo*) und Öl der gelben Kokosnuss (*minyak gadin*). Der Hauptbestandteil ist das Kokosnussöl, welchem die ätherischen Öle zugesetzt werden.⁹⁰ Dieses Rezept wurde von Adni Aljunied als die traditionelle und teilweise bis heute verwendete Mischung beschrieben.

Kokosnussöl wurde bereits getestet und der Schutz auf Eisenlegierungen, Kupferlegierungen und Silber wurde als gut befunden. Auch das Nelkenöl wurde auf Eisen getestet, wobei ebenfalls ein gutes Resultat festgestellt wurde.⁹¹

Es finden sich bis heute traditionelle Öle, welche teilweise aus dem Tempel Kraton in Surakarta stammen sollen und für die Pflege der Kerise verwendet werden. Auf unterschiedlichen indonesischen Onlineversandplattformen können viele verschiedene Kerisöle gefunden werden, deren Bestandteile jedoch nicht immer eindeutig sind. Es kann die Bezeichnung **Misik** und **Misyik Hitam** gefunden werden, wobei letzteres als Bestandteile Harz des heiligen Baumes, Kräuter und Blütenpollen beinhalten soll. Oft kann die Bezeichnung **Melati** gefunden werden, dabei handelt es sich um das Öl der weissen Jasminblume. Ebenfalls oft anzutreffen ist die Bezeichnung **Cendana**. Dies steht für Sandelholzöl. Auch **Kanthil / Kantil** wird als Kerisöl verkauft, wobei Kantil auf Javanisch die weisse Blüte der *Michelia alba* bezeichnet, welche zur Gattung der Magnolien gehört.⁹² Das **Cempaka** Öl wird ebenfalls für die Kerisklingen verwendet. Diese goldene Blume gehört

⁸³ Dalewicz-Kitto, 2016, S.48

⁸⁴ Persönliches Gespräch mit Gaspar de Marval 17.2.2020

⁸⁵ In der indischen Küche verwendete, erwärmte Butter mit sehr geringem Wassergehalt.

⁸⁶ Dalewicz-Kitto, 2016, S.49

⁸⁷ Die Verwendung wird auch von Adni Aljunied und Ishak Bin Ahmad (National Heritage Board, Singapor) beschrieben.

⁸⁸ Diese Information stammt von Adni Aljunied.

⁸⁹ Auch bekannt als Ylang-Ylang

⁹⁰ Kerner, 1995, S.29-31

⁹¹ Dalewicz-Kitto, 2016, S.49

⁹² International Plant Names Index, 2020

ebenfalls zu den Magnolien (*Michelia champaca*) und ist in Bali und der Südostasiatischen Region beheimatet. Auch **Rosenöl** findet Erwähnung.⁹³

Weiter kann die Bezeichnung **Minyak Pusaka** gefunden werden, was lediglich Öl und Erbstück auf Javanisch bedeutet, also ein Öl für die Kerise, welche in der Familie als Erbstücke weitergegeben werden. Dies scheint ein Überbegriff der oben genannten Öle zu sein und könnte einer vergleichbaren Mischung, wie von M. Kerner beschrieben, entsprechen. Auch **Seribu Bunga** konnte als Bezeichnung eines Kerisöls gefunden werden, was aus dem Javanischen übersetzt tausend Blumen bedeutet. Welche Blumen dies genau beinhaltet, ist jedoch unklar.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden mehrere Beschichtungsmaterialien analysiert, welche von Kerissammlern aus Indonesien mitgebracht wurden.⁹⁴ Diese wurden zur Zeit der Besuche im Rahmen der rituellen Pflege für die Kerisklingen verwendet. Vier verschiedene solche Öle wurden für Untersuchungen mit FTIR-Spektroskopie zur Verfügung gestellt. Die gelblichen bis bräunlichen Flüssigkeiten; **altes Kerisöl**, **Kerisöl „SANBE“**, **Kerisöl 1996** und **Kerisöl 2006** erwiesen sich beinahe ausschliesslich als synthetische Öle. Nur das alte Kerisöl erwies sich als ein natürliches Öl. Die Präsenz eines natürlichen gealterten Öls, vergleichbar mit einem Kokosnussöl, wurde festgestellt. Zusätzlich ist sichtbar, dass dieses in einer Mischung vorliegt. Überschneidungen des Spektrums mit einem Parfum konnten erkannt werden. Deutliche Überschneidungen mit Sandelholzöl oder Ylang-Ylang sind nicht festzustellen. Die Präsenz anderer ätherischer Öle ist wahrscheinlich.

Das Kerisöl 2006, enthält als Grundbestandteil ein Paraffinöl. Auch bei den drei synthetischen Öle kann festgestellt werden, dass weitere Substanzen beigemischt wurden. Es wird sich dabei ebenfalls um duftende Zusatzstoffe handeln.⁹⁵

5.2. Fazit zu den Beschichtungsmaterialien

Es können folgende allgemeine Rückschlüsse zu den Gruppen der Wache, Lacke und Öle als Beschichtungsmaterialien auf Grund der publizierten Untersuchungen gezogen werden.

Für alle Beschichtungsmethoden kann festgestellt werden, dass die Reversibilität stark von der Oberfläche der Objekts abhängt. Keine Beschichtung kann vollständig von einer porösen oder korrodierten Oberfläche entfernt werden.

Unterschiedliche Beschichtungen verändern die Alterung eines Objekts, beispielsweise durch die Korrosionsmorphologie. Solche Veränderungen bleiben auch nach dem Entfernen der Beschichtung unwiderruflich auf dem Objekt erhalten.

⁹³ Die Verwendung von Cempaka, weissem Jasminöl und Rosenöl wurde von Adni Aljunied beschrieben um die Basis aus einem dickflüssigerem Öl (meist Kokosnussöl) zu verflüssigen.

⁹⁴ An dieser Stelle vielen Dank an Gaspar de Marval und Pascal Pouly für das Probenmaterial.

⁹⁵ 7.Anhang: Traditionelle Beschichtungen genauer betrachtet, S.50-60 weist genauere Beschreibungen der verwendeten Öle inklusive der FTIR Analysen auf.

Öle werden meist im Kontext einer regelmässigen Pflege verwendet, da diese sehr einfach erneuert werden können. Die Eigenschaft, dass diese leicht abgewischt werden und Verschmutzungen auf der Oberfläche haften, erfordern eine regelmässige Pflege und Erneuerung. Sind keine Verschmutzungen vorhanden kann ein guter Korrosionsschutz festgestellt werden.⁹⁶

Lackbeschichtungen werden für Objekte in stark korrosiven Umgebungsbedingungen empfohlen. Für vorgerostete Oberflächen werden diese jedoch als wenig geeignet bezeichnet, vor allem in einem zukünftig feuchten Klima.⁹⁷ Die bereits bestehende Korrosion kann unter der Beschichtung fortschreiten. Lacke sind sehr kratzempfindlich. Solche Verletzungen erzeugen die Möglichkeit des Beginns einer Korrosionserscheinung, welche unter der Beschichtung weiter fortschreitet. Ein guter Langzeitschutz ist nur bei intakten Lackbeschichtungen, auf sauberen Oberflächen der Fall.

Bei gering belasteter Umgebungen werden Lacke als Beschichtungssysteme als unverhältnismässig bezeichnet.⁹⁸ Dies impliziert, dass der Vorteil des guten Korrosionsschutzes nicht im Verhältnis zu den Ästhetik- oder Reversibilitätsansprüchen steht.

Die Schutzwirkung von Wachsen hängt stark vom Beschichtungsauftrag ab. Ein warmer Auftrag wird oft als besserer Korrosionsschutz beschrieben. Ebenfalls gute Resultate konnten beim Auftrag mehrerer Schichten und dadurch einer erheblich stärkeren Schichtdicke erreicht werden.⁹⁹

Unterschiedliche Umgebungen und primär unterschiedliche Temperaturen und relative Feuchte aber auch die Präsenz von Salzen haben einen grossen Einfluss auf die Effizienz eines Beschichtungssystems, daher sind die Umgebungsbedingungen zwingend für die Wahl der Beschichtungen miteinzubeziehen.¹⁰⁰

Um eine Beschichtung aufzubringen, müssen meist die vorhandenen, teilweise historischen Beschichtungen entfernt werden, was immer mit einem Informationsverlust einhergeht. Wird die Beschichtung durch eine andere Beschichtung ersetzt und unzureichend dokumentiert, kann dies zu Fehlinterpretationen führen, beispielsweise in Bezug auf die Datierung, die Verwendung aber auch der Veränderung des ästhetischen Eindruck.

Ein Vorteil aller Öle ist, dass diese nicht mit einem Lösemittel appliziert werden müssen, daher sind diese für die ausführende Restauratorin ungiftig.

⁹⁶ Dalewicz-Kitto, 2016, S.49

⁹⁷ Brüggerhoff, 2001, S.27/28

⁹⁸ Brüggerhoff, 2001, S.34

⁹⁹ Brüggerhoff, 2001, S.17-19

¹⁰⁰ Dalewicz-Kitto, 2016, S.44

6. Wahl der Beschichtungsmaterialien

Durch intensive Literaturrecherchen und Kontakte mit WaffenrestauratorInnen wurden aus den verschiedenen Gruppen von Beschichtungsmaterialien Wachs, Lack und Öl eine nach modernen Erkenntnissen vielversprechende transparente Beschichtung ausgewählt.¹⁰¹ Alle gewählten Beschichtungsmethoden können auf die nicht erwärmten Klingen aufgetragen werden, da ein Erwärmen für die Kompositobjekte ausgeschlossen wird. Der Auftrag wird für den Vergleich auf drei Coupons aus unterschiedlichen Substraten erfolgen.¹⁰²

Es wurde von den Wachsen Cosmoloid[®]H80¹⁰³ (20 % in Shellsol[®]T (w/w)) gewählt. Von den Lacken wurde Paraloid B[®]44 (20 % in Aceton (w/w)) für die Testreihe ausgesucht. Paraffinöl kam als modernes Öl in die Testreihe. Alle diese Produkte finden eine breite Anwendung im europäischen Umfeld der Konservierung und Restaurierung.

Als Wachs wurde **Cosmoloid[®]H80** gewählt. Für die Versuche wurde die Mischung von Cosmoloid[®]H80 in Shellsol[®]T 20 % (w/w) selbst hergestellt. Mit dem Pinsel wird diese auf die kalten Coupons aufgetragen.¹⁰⁴ Die getrocknete Beschichtung wird mit einer feinen Bürste und einem Baumwolltuch geglättet.

Paraloid[®]B44 20 % in Aceton wurde gewählt, um ein möglichst schnelles Verdunsten des Lösemittels und somit auch nach einer kurzen Trocknungszeit einen höheren Glasübergangspunkt zu erreichen. Es kann davon ausgegangen werden, dass nach der Trockenzeit von 14 Tagen noch ca. 4 % wt des Lösemittels Aceton enthalten sind. Dadurch wird eine Senkung des Glasübergangspunktes auf knapp 30° C erwartet. Die Verwendung von Paraloid[®]B72 würde mit den selben Gegebenheiten einen Glasübergangspunkt nur von etwas mehr als 20° C ergeben.¹⁰⁵ Eine Lösung von 20 % weist zusätzlich eine gute Konsistenz für die Applikation der Beschichtung. Dieses wird aufgrund der Ergebnisse von Brüggerhoff mit einem Pinsel aufgetragen.¹⁰⁶

Als Vertretung der synthetischen Öle wird **Paraffinöl** getestet. Dieses ist sowohl in der aktuellen europäischen Waffenrestaurierung im Einsatz als auch in gemischter Form in der heutigen traditionellen Keriskonservierung in den Ursprungsländern (z.B. Kerisöl 2006). Der Vergleich des

¹⁰¹ Nach den Erkenntnissen bereit erfolgten Studien, zusammengefasst im 3.Anhang: Oberflächenschutz, S.33-38.

¹⁰² Beschrieben in Kapitel 7.1 Substrate S.43

¹⁰³ Cosmoloid[®]H80 war nicht die direkte erste Wahl. Es sollten TeCero Wachse getestet werden, jedoch haben die Lieferschwierigkeiten durch die Covid19 Pandemie die Lieferung stark verspätet und es musste auf ein vorhandenes Produkt ausgewichen werden, um die zeitlichen Planung einhalten zu können.

¹⁰⁴ 8.Anhang: Vorversuche, 8.5 Vergleich von Pinselauftrag und Sprühbeschichtung, S.71

¹⁰⁵ Vinçotte, 2019, S.5

¹⁰⁶ Brüggerhoff, 2019, S.21

reinen Paraffinöls mit dem Kerisöl 2006 kann aufzeigen, welchen Einfluss die Zusätze auf den Korrosionsschutz haben. Das Paraffinöl wird mit einem Baumwolltuch aufgetragen.

Diesen modernen Beschichtungsmaterialien werden mehrere traditionelle, in Indonesien für die Kerise verwendeten Beschichtungen gegenübergestellt. In europäischen Sammlungen werden die traditionellen Beschichtungsmaterialien meist kategorisch ausgeschlossen. Es ist kein Wissen über deren möglichen Einsatz vorhanden und im Arbeitsalltag bleibt oft keine Zeit, diese Materialien zu testen. Daher wird auf bekannte Beschichtungsmaterialien zurückgegriffen. Der direkte Vergleich mit den bekannten Beschichtungen soll die Wissenslücke zu den konservatorischen Eigenschaften dieser Materialien im direkten Vergleich mit bekannten und in Museen viel verwendeten Beschichtungen schliessen.

Als traditionelle Beschichtungen wurde ein reines Kokosnussöl gewählt, eine Mischung aus Kokosnussöl mit Ylang-Ylang und Sandelholzöl nach einem traditionellen Rezept, sowie das Kerisöl 2006.¹⁰⁷ Alle traditionellen Beschichtungen werden in einer dünnen Schicht mit einem Baumwolltuch aufgetragen. Das Kokosnussöl und die traditionelle Mischung werden leicht erwärmt, um eine flüssige und homogene Mischung zu erhalten. Der Auftrag erfolgt auf die kalten Coupons.

Es wurde ein Bio-**Kokosnussöl** gewählt, damit keine Zusatzstoffe und Antioxidantien enthalten sind, denn dies entspricht mit Sicherheit nicht den früheren traditionellen Beschichtungen. Kokosnussöl findet in unterschiedlichen Beschreibungen Erwähnung.¹⁰⁸ Es sind noch zusätzliche duftende Beimengungen erwähnt, wie Sandelholzöl. Ein Rezept einer traditionellen Mischung aus Kokosnussöl, Sandelholzöl und Ylang-Ylang ist bekannt.¹⁰⁹

Es wurde entschieden, ein Set mit Kokosnussöl alleine und ein Set mit der **traditionellen Mischung** miteinzubeziehen. Dies soll ermöglichen, den Effekt der ätherischen Öle in der Mischung auf den Beschichtungsauftrag und die Korrosionsschutzwirkung zu erkennen. Da in der Literatur kein genaues Rezept angegeben ist, wurden vorab Mischungen mit unterschiedlicher Zusammensetzung getestet.¹¹⁰ Aufgrund dieser Testreihe wurde eine Mischung aus Kokosnussöl mit hohem Anteil an Sandelholzöl und Ylang-Ylang gewählt (4 g Kokosnussöl, 2 g Sandelholzöl und 2 g Ylang-Ylang). Das **Kerisöl 2006**¹¹¹ ist ein synthetisches Öl mit unbekanntem Zusätzen, welche einen blumigen Duft erzeugen. Dieses wird der Versuchsreihe hinzugefügt, da es im traditionellen Umfeld in Indonesien angewendet wird und in grösseren Mengen für die Tests zur Verfügung steht.

¹⁰⁷ 7.Anhang: Traditionelle Beschichtungen genauer betrachtet, S. 50-60

¹⁰⁸ Siehe 5.1.2 Traditionelle Beschichtungen aus dem asiatischen Raum S.38

¹⁰⁹ Kerner, 1995, S.29-31

¹¹⁰ 8.Anhang: Vorversuche, 8.4 Vergleich unterschiedlicher Zusammensetzung des traditionellen Rezeptes S.69/70.

¹¹¹ Dieses Kerisöl ist vergleichbar mit den weiteren analysierten Kerisöle aus traditioneller

7. Vergleich durch Belastungstest in einer Klimakammer

Um die gewählten Beschichtungen in der gegebenen Zeit zu vergleichen, wurde eine Belastungsprüfung von beschichteten Testcoupons in einer Klimakammer durchgeführt. Dies ermöglicht den direkten Vergleich der modernen und traditionellen Beschichtungen.

Ein Belastungstest entspricht nicht der Alterung, welche ein Objekt über Jahre hinweg durch eine Vielzahl von Einflüssen erfährt. Es handelt sich jedoch um einen Stresstest, welcher es ermöglicht, die Reaktion auf die evaluierten primären Schadensfaktoren, RH im Zusammenhang mit der Temperatur, zu ermitteln.

7.1. Substrate

Das Material der Coupons wurde auf Basis ausgedehnter Recherchen publizierter Studienergebnisse, Recherchen zur Herstellungstechnik, sowie praktischer Tests zur Herstellung von Pamor festgelegt. Es wurden die drei folgenden Substrate für die Testreihe ausgewählt.¹¹²

- Pamorcoupons
- Homogene Stahlcoupons
- Vorkorrodierte Stahlcoupons

Die **Pamorcoupons** wurden nach den Erkenntnissen der Analysen, den Betrachtungen und Recherchen der historischen und traditionellen, indonesischen Methoden angefertigt und geätzt.¹¹³ Dies erlaubte eine Annäherung an einen Grossteil des Klingenmaterials.

Die **homogenen Stahlcoupons** wurden als Vergleich hinzugefügt, um die spezifischen Schutzbedürfnisse oder Korrosionsresistenz der Pamorcoupons festzustellen. Dies ermöglicht zusätzlich zu erkennen, ob die getesteten Beschichtungen auch auf Klingen ohne Pamor Verwendung finden können.

Da die meisten Objekte bereits Korrosionserscheinungen aufweisen, wurden die **vorkorrodierte Coupons** in die Versuchsreihe aufgenommen, um den Einfluss von Korrosion unter einer Beschichtung zu beurteilen.

Die Pamorcoupons sowie die homogenen Stahlcoupons weisen eine fein geschliffene Oberfläche auf. Dies wurde gewählt, da auch die Pamorklingen in den Sammlungen meist leichte Schleifspuren aufweisen. Die vorkorrodierten Coupons wurden mit einer harten Bürste abgebürstet und mit einem

Anwendung. (7.Anhang: Traditionelle Beschichtungen genauer betrachtet. 7.2 Analysen vonKerisölmischungen S.53-60)

¹¹² 9.Anhang: Substrate und Versuchssets S.74-78. weist zusätzliche Informationen zu den Coupons auf.

¹¹³ Die Recherchen zu diesen Methoden sind im Kapitel 2.2Traditionelle, rituelle Ätzung, Reinigung und Pflege von Kerisklingen S.21 zu finden. 8.Anhang: Vorversuche 8.1 Reproduzierversuche des Pamormusters, S.61-68 beschreibt praktische Test der Herstellung von Pamorstahl mit der traditionellen Ätzung.

Wattebauch und Ethanol von losen Korrosionsprodukten befreit. Dadurch wurde eine Reduktion der Korrosionsprodukte simuliert, wie dies auf einem Objekt der Fall sein könnte.

7.2. Vorbereitung der Coupons

Feuchtigkeit, welche sich auf der Objektoberfläche und unter einer Beschichtung befindet, kann potentiell Korrosionsschäden verursachen. Daher muss die Oberfläche vor dem Aufbringen eines Schutzüberzuges getrocknet werden. Aufgrund der Wärmeempfindlichkeit der organischen Materialien musste ein Erwärmen zur Trocknung ausgeschlossen werden. Um die Oberfläche trotzdem von Feuchtigkeit zu befreien, werden die Coupons in ein Aceton-Bad gelegt, welches die Feuchtigkeit auf der Oberfläche verdrängt. Kurz nach dem Bad wird die Beschichtung aufgetragen. Das Aceton-Bad ergibt zusätzlich eine Entfettung und Reinigung der Oberfläche.¹¹⁴ Dieses Vorgehen lässt sich, mit Vorsicht in unmittelbarer Nähe der Griffmontage, auch auf den Museumsobjekten durchführen.

Die Applikationsmethoden wurden ebenfalls den Möglichkeiten einer Applikation auf den Kerisklingen angepasst. Bei den modernen Beschichtungen wurde darauf geachtet, Methoden zu wählen, welche breit Anwendung finden, damit ein direkter Vergleich zwischen bekannten musealen Beschichtungen und traditionellen Beschichtungen möglich ist.

Eine ungenügende Trocknungszeit der Beschichtungen vor dem Belastungstest kann zu Phänomenen führen, welche in einer natürlichen Umgebung nicht auftreten. Während dieser Arbeit konnten drei Wochen Trocknungszeit der beschichteten Coupons eingehalten werden. Da dies für einige Beschichtungen eher wenig ist, wurde dies in die Beschichtungswahl miteinbezogen.

7.3. Die Versuchssets

Die Versuchsreihe besteht aus neun Versuchssets (Abbildung 8 S.45). Diese bestehen jeweils aus vier Pamor, vier homogenen Stahlcoupons und drei vorkorrodierten Coupons. Mehrere identische Coupons wurden gewählt, um zu verhindern, dass einzelne Phänomene die Interpretation des Versuchssets verfälschen. Die Menge der vorkorrodierten Coupons wurde durch die Umstände der Corona-Pandemie beeinflusst. Diese wurden der Versuchsreihe zusätzlich hinzugefügt, aufgrund von Lieferschwierigkeiten in dieser Zeit, sind jeweils nur drei vorkorrodierte Coupons pro Set vorhanden.

Jeweils ein Coupon jeder Beschichtung und jeden Substrates wurde als Kontrollgruppe (X) nicht dem Belastungstest ausgesetzt, sondern bei niedriger relativer Feuchte und gleichbleibender Temperatur aufbewahrt.

¹¹⁴ Degriigny, 2008, S.186/188

Das erste Set enthält die drei Substrate ohne Beschichtung und wird als Vergleich zu den beschichteten Sets verwendet. Mit Hilfe dieser Kontrollgruppe werden die Auswirkungen der Beschichtungen auf den Korrosionsschutz verglichen. Die Versuchssets zwei, drei und vier wurden mit den modernen Beschichtungen versehen.

Die Versuchssets fünf, sechs und sieben entsprechen den Tests der traditionellen Beschichtungen.

Das achte Set besteht aus Pamorcoupons, welche nach der traditionellen Ätzung nicht nachgereinigt wurden. Daher sind Überreste der traditionellen Ätzung auf der Oberfläche verblieben. Dieses Set soll die Auswirkungen solcher Überreste auf die Pamoroberfläche in Bezug auf die Konservierung und Korrosion, aber auch die Ästhetik aufzeigen. 8.2 wurde jeweils zusätzlich mit einer Kokosnussölbeschichtung versehen.

Das neunte Versuchsset besteht aus Pamorcoupons, welche keine traditionelle Ätzung, sondern lediglich ein Kokosnusswasserbad erfahren haben. Dieses Set soll zu erkennen geben, ob durch die traditionelle Ätzung eine Veränderung der Korrosionsbeständigkeit oder der Korrosionserscheinungen einhergeht. 9.2 wurde zusätzlich mit einer Kokosnussölbeschichtung versehen.



Abbildung 8 Visualisierung der Versuchssets 1.- 9. mit den unterschiedlichen Substraten, P = Pamorcoupons, S = homogene Stahlcoupons, K = vorkorrodierte Stahlcoupons

7.4. Ablauf und Parameter des Belastungstests in der Klimakammer

Die Parameter für den Belastungstest mit zyklisch wechselnden Konditionen wurden auf Grundlage von in der Literatur beschriebenen, vergleichbaren Korrosionstests und der Evaluation der Klimabedingungen, welchen ein Keris ausgesetzt sein kann, festgelegt.¹¹⁵ Über die Dauer des Belastungstests wurden die Coupons täglich einem warmen und feuchten, sowie einem kalten und trockenen Zyklus ausgesetzt von 90% RH und 34°C beziehungsweise 40% RH und 18°C.

Die vorgesehene Laufdauer von 4 Wochen wurde auf 6 Wochen verlängert, da vor allem auf den Pamorcoupons nach 4 Wochen nur leichte Veränderungen vorhanden waren. Die zusätzlichen 2 Wochen ermöglichten, deutlichere Unterschiede zwischen den Beschichtungen zu erzeugen. Bereits während des Belastungstests wurden die Veränderungen wöchentlich untersucht und dokumentiert.¹¹⁶

7.5. Auswertungs- und Dokumentationsmethoden der Coupons in Bezug auf den Belastungstest

Die Auswertung der Testreihe verlangt die Beurteilung zahlreicher Parameter sowie eine präzise Vorgehensweise und Dokumentation. Die Arbeitsschritte sowie die Beobachtungen und Ergebnisse wurden unter Zuhilfenahme folgender Methoden dokumentiert:¹¹⁷

- Beschreibung in Worten
- Photographien mit standardisierte Farbnormierung
- Streiflichtaufnahmen mit standardisierter Farbnormierung
- Dinolite
- Mikroskopaufnahmen

Die potentielle Farbveränderung und Glanzveränderung durch den Einfluss des Belastungstests wurde durch die farbnormierte Photographie verglichen.¹¹⁸ Die Klebrigkeit der Beschichtungen wurde anhand der vorhandenen Schmutzpartikel begutachtet. Zur Beurteilung der Schmutzhaftung wurden zusätzliche Tests ausgeführt.¹¹⁹

¹¹⁵ 10.Anhang: Der Belastungstest, 10.2 Der Belastungstest in der Klimakammer S.80-82.

¹¹⁶10.Anhang: Der Belastungstest, 10.3 Monitoring und 10.4 Zusammenfassung der Monitoringergebnisse, S. 82- 84.

¹¹⁷ 11.Anhang: Auswertungsmethoden und Dokumentationsmethoden der Coupons in Bezug auf den Belastungstest. S. 85-87.

¹¹⁸ Die Ausführung von Glanzgradmessungen und kolorimetrischen Messungen konnten durch den Kontakt dieser Methoden mit den sensiblen Oberflächen nicht erfolgen.

¹¹⁹ 8.Anhang: Vorversuche, 8.1 Empirischer Vergleich der Schmutzhaftung der Beschichtungen, S. 72/73.

Tabelle 3 Definition des Korrosionsgrades nach DIN EN ISO 6270-2 AHT von 0 – 5

| Korrosionsgrad | Definition (DIN EN ISO 6270-2 AHT) |
|----------------|---|
| 0 | keine Veränderung (unverändert) |
| 1 | Spuren von Korrosion (höchstens 3 Korrosionsstellen, von denen keine einen Durchmesser von mehr als 1mm hat) |
| 2 | Leichte Korrosion (nicht mehr als 1% der Oberfläche korrodiert, aber mehr oder grössere Korrosionsstellen als für Korrosionsgrad 1) |
| 3 | Mässige Korrosion (über 1% aber nicht mehr als 5% der Oberfläche korrodiert) |
| 4 | Starke Korrosion (über 5%, aber nicht mehr als 10% der Oberfläche korrodiert) |
| 5 | Sehr starke Korrosion (über 10% der Oberfläche korrodiert) |

Die Bewertung des **Rostgrades** erfolgte durch die Einteilung von 0 bis 5 nach der DIN-Norm (DIN EN ISO 6270-2 AHT). Zusätzlich wird die **Menge der Korrosions-Herde** festgehalten und mit dem Korrosionsgrad in Zusammenhang gestellt. Für die Korrosionsbeurteilung wurde die Oberfläche in Quadrate von 1cm² unterteilt. Die Randphänomene werden einzeln betrachtet und nicht in die Beurteilung des Rostgrades oder der Korrosions-Herde miteinbezogen.¹²⁰

7.6. Vergleich des Beschichtungsauftrages

Nach spirituell, ästhetischen Gründen soll die Beschichtung eines Keris den Kontrast der hellen und dunklen Phasen verstärken, ein gleichmässigeres Oberflächenbild bewirken und einen leichten Glanz erzeugen.¹²¹ Sowohl die modernen wie auch die traditionellen Beschichtungen bewirkten ein gleichmässigeres Oberflächenbild (Tabelle 4 S.49). Dieses entsteht durch die Reduktion der leichten Flecken, welche auf den dunklen Phasen zu erkennen sind, und dem leichten Gelbstich der hellen Phasen.

Die stärkste Glanzsteigerung erzeugten das Paraffinöl. Die traditionellen Mischungen, Cosmoloid®H80 und Paraloid®B44 erzeugten eine leichte Steigerung des Glanzes. Das Kerisöl 2006 kann auf den Oberflächen kaum erkannt werden.

Bei der Wachsbeschichtung konnte festgestellt werden, dass tieferliegende Bereiche der Schleifspuren teilweise keine Beschichtung erkennbar machen (Abbildung 9 S.48). Die Paraloid®B44 und die Cosmoloid®H80 Beschichtung weisen beide leichte Streichspuren des Pinselauftrages auf. Das Kokosnussöl zeigte während des Beschichtungsauftrages starke Streichspuren. Diese reduzierten sich zwar im Verlauf der Trocknungszeit, blieben jedoch abgeschwächt bestehen.

Die traditionelle Mischung liess sich als eine dünnere und viel weniger streifige Schicht applizieren. Auf den Pamorcoupons sind diese nur geringfügig zu erkennen. Die reine Kokosnussölbeschichtung

¹²⁰ 11.Anhang: Auswertungsmethoden und Dokumentationsmethoden der Coupons in Bezug auf den Belastungstest, 11.2 Beurteilung der Korrosionserscheinungen und der Veränderungen der Beschichtung, S. 86

¹²¹ Kerner, 1995, S.29 – 31

wie auch die traditionelle Mischung weisen nach einer längeren Trocknungszeit eine Struktur auf, welche nicht durch den Auftrag entstand. Diese ist bei der traditionellen Mischung feingliedriger und daher weniger sichtbar (Tabelle 4 S.49).

Alle Ölbeschichtungen weisen eine stärkere Staubhaftung auf. Zusätzlich kann eine stärkere Präsenz von Fasern auf den vorkorrodierten Coupons mit der Cosmoloid®H80 Beschichtung festgestellt werden. Dies ist vermutlich auf die Politur mit dem Baumwolltuch zurückzuführen. Am



Abbildung 9 Pamorcoupon mit Cosmoloid®H80 Beschichtung, welche nicht alle Tiefen der Schleifspuren bedeckt, sichtbar auf dunkler Phase (Pfeil) 50x

sichtbarsten sind die Staubpartikel auf den Stahlcoupons mit Paraffinölbeschichtung, da sich die Beschichtung um die Staubpartikel sammelt. Alle Coupons der X Gruppe, welche keinem Belastungstest ausgesetzt wurden, weisen wesentlich geringere Mengen an Fremdpartikeln auf.

Es können einige deutliche Unterschiede zwischen den Substraten festgestellt werden. Die synthetischen Ölbeschichtungen sind auf den vorkorrodierten Coupons kaum zu sehen. Auch auf den Pamorcoupons sind diese dezent. Auf den Stahlcoupons sind diese jedoch gut zu erkennen. Das reine Kokosnussöl ist primär auf den Stahlcoupons durch lokale, ungleichmässige Ansammlungen erkennbar. Cosmoloid®H80 und Paraloid®B44 sind auf den vorkorrodierten Coupons wesentlich stärker sichtbar als die Beschichtung auf den Stahlcoupons. Die traditionelle Mischung ist auf allen drei Substraten gleichermassen geringfügig erkennbar. Die Resultate dieses Vergleichs sind in Tabelle 5 S.50 dargestellt.

Der Vergleich mit den Beschichtungen auf den Klingen zeigte, dass die konstatierten Nachteile einer Beschichtung auch auf den Objekten mit vergleichbaren Beschichtungen zu erkennen sind.¹²²

¹²² Der Vergleich des Beschichtungsauftrages der Objekte mit den Coupons ist im 17.Anhang: Vergleich der Coupons mit den Objekten des MKB, 17.1 Vergleich der Beschichtungen auf den Coupons mit den Objekten, S. 96/97 zu finden.

Tabelle 4 Vergleich der Beschichtungen auf den Pamorcoupons der X Gruppe mit einer Detailaufnahme des Beschichtungsauftrages

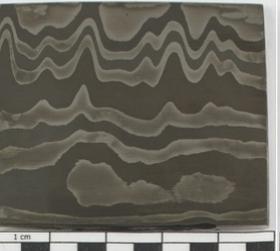
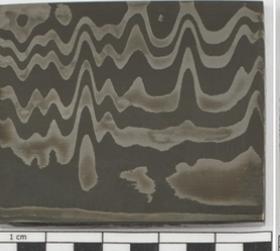
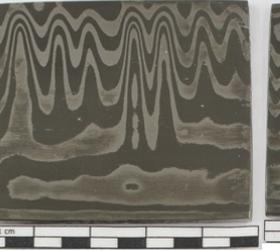
| | 1. ohne | 2. Cosmoloid®H80 | 3. Paraloid®B44 | 4. Paraffinöl | 5. Kokosnussöl | 6. Traditionelle Mischung | 7. Kerisöl 2006 |
|-------------|--|--|---|--|--|--|--|
| Pamorcoupon | 1.XP  | 2.XP  | 3.XP  | 4.XP  | 5.XP  | 6.XP  | 7.XP  |
| Detail |  200x Vergrößerung |  200x Vergrößerung |  200x Vergrößerung |  200x Vergrößerung |  200x Vergrößerung |  200x Vergrößerung |  200x Vergrößerung |

Tabelle 5 Auswertungstabelle des Vergleichs der Beschichtungsmaterialien und den Eigenschaften des Beschichtungsauftrages auf den unterschiedlichen Substrate

| | | Eigenschaften des Beschichtungsmaterials | | | | | Eigenschaften des Beschichtungsauftrags ¹²³ | | | | | |
|---------------------------|-----|--|--------|----------|-------------|-------|--|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------|-----------------|
| Set | | Traditionell | Geruch | Trocknet | Applikation | Farbe | Staubhaftung ¹²⁴ | Geschlossener Auftrag | Abdunkeln/ Kontrast | Verringerung Gelbstich | Glanz | Streifenbildung |
| Cosmoloid® H80 | 2.P | | | | | | = | - | + | + | + | + |
| | 2.S | - | - | + | + | - | = | - | = | | = | + |
| | 2.K | | | | | | + | - | = | | + | + |
| Paraloid® B44 | 3.P | | | | | | = | + | + | + | + | + |
| | 3.S | - | - | + | - | - | = | + | = | | = | + |
| | 3.K | | | | | | = | + | = | | + | ++ |
| Paraffinöl | 4.P | | | | | | + | + | ++ | + | + | - |
| | 4.S | - | - | - | + | - | ++ | - | = | | + | - |
| | 4.K | | | | | | ++ | + | + | | = | - |
| Kokosnussöl | 5.P | | | | | | + | + | + | + | = | ++ |
| | 5.S | + | + | - | + | - | + | + | = | | -- | ++ |
| | 5.K | | | | | | ++ | + | + | | = | ++ |
| traditionelle Mischung | 6.P | | | | | | + | + | + | + | + | + |
| | 6.S | + | ++ | - | + | + | + | + | = | | = | + |
| | 6.K | | | | | | ++ | + | + | | = | + |
| Kerisöl 2006 | 7.P | | | | | | + | + | + | + | = | - |
| | 7.S | + | ++ | - | + | + | + | + | = | | = | - |
| | 7.K | | | | | | ++ | + | + | | = | - |

In **traditionellem** Kontext verwendet / Ist ein **Geruch** vorhanden / **Trocknet** die Beschichtung / Ist die **Applikation** einfach / Hat die Beschichtung eine **Farbe**?
+ JA – NEIN

Verstärkte **Staubhaftung** / **Geschlossener Auftrag** der Beschichtung auf der gesamten Oberfläche / **Abdunkeln** oder verstärken des **Kontrastes** / Verringern des vorhandenen **Gelbstiches** / Veränderung des **Glanzes** / **Streifenbildung** in der Beschichtung?

+ JA leicht - Nein
++ JA stark -- Verringerung
= keine Veränderung dieser Eigenschaft durch die Beschichtung

¹²³ Diese Beurteilung beruht auf den Beschichtungen nach 3 Monaten Trocknungszeit und nicht den frischen Beschichtungen.

¹²⁴ Durch die Begutachtung der Coupons welche dem Belastungstest ausgesetzt wurden, aber auch der Kontrollgruppe, durch die Betrachtung unter VIS und mit UVF. Zusätzlich wurden eine Versuchsreihe durchgeführt, welche die Haftung auf frischen Beschichtungen vergleicht (Siehe 8.Anhang, S. 72/73)

8. Ergebnisse des Belastungstests

Über die ganze Versuchsreihe hinweg gesehen, können die Pamorcoupons als korrosionsbeständiger beschrieben werden. Meist korrodierten die Stahlcoupons etwas stärker als die Pamorcoupons. Die vorkorrodierten Coupons zeigen tendenziell die stärksten neuen Korrosionserscheinungen auf.

Bei allen drei Substarten lassen sich die stärksten Korrosionserscheinungen auf dem Versuchsset der unbeschichteten Coupons erkennen. Daher kann grundsätzlich nicht davon ausgegangen werden, dass eine der Beschichtungen einen korrosionsfördernden Effekt ausübt.

Die verschiedenen Beschichtungsmaterialien verlangsamten die Korrosion nicht nur, sie beeinflussen auch die Morphologie der Korrosionserscheinungen. Darauf wird im folgenden Kapitel genauer eingegangen.

Zusätzlich zum Korrosionsverhalten können Veränderungen der Beschichtungen während des oder durch den Belastungstest erkannt werden.¹²⁵

Über die Langzeitauswirkungen der Beschichtungsmaterialien kann durch diese zeitlich kurze Testreihe nur bedingt Aussagen gemacht werden. Ein Hinweis auf einen geringen Langzeitschutz könnte die Senkung des pH-Wertes durch den Belastungstest sein, es wiesen jedoch alle Beschichtungen einen pH-Wert von über 7 auf.¹²⁶

8.1. Betrachtung von Korrosionsgrad und Menge der Korrosions-Herde

Die Einteilung des Korrosionsgrades ergab für die meisten Coupons die 2. Kategorie, da bei gering korrodierten Coupons die Tendenz zu sehr kleinen Korrosionspunkten besteht. Diese sind weit unter dem 1mm Ø der Normangabe, jedoch sind oft mehr als drei vorhanden. Die zusätzliche Information über die Menge der Korrosions-Herde ermöglicht, die Unterschiede innerhalb des 2. Korrosionsgrades ersichtlich zu machen (Grafik 2 S.52).

Nicht alle Substrate wurden durch die gleiche Beschichtung am besten vor Korrosion geschützt. Der stärkste Schutz konnte bei den **Pamorcoupons** durch die traditionelle Mischung festgestellt werden. Der geringste Korrosionsschutz erreichte auf den Pamorcoupons die Paraffinölbeschichtung.

Die **Stahlcoupons** mit der Kerisöl 2006 Beschichtung weisen am wenigsten Korrosionserscheinungen auf. Coupon 7.IS ist der einzige Coupon des Beschichtungsvergleichs, welcher keine Korrosion aufweist. Der geringste Schutz der Stahlcoupons wurde durch die Cosmoloid®H80 Beschichtung erreicht.

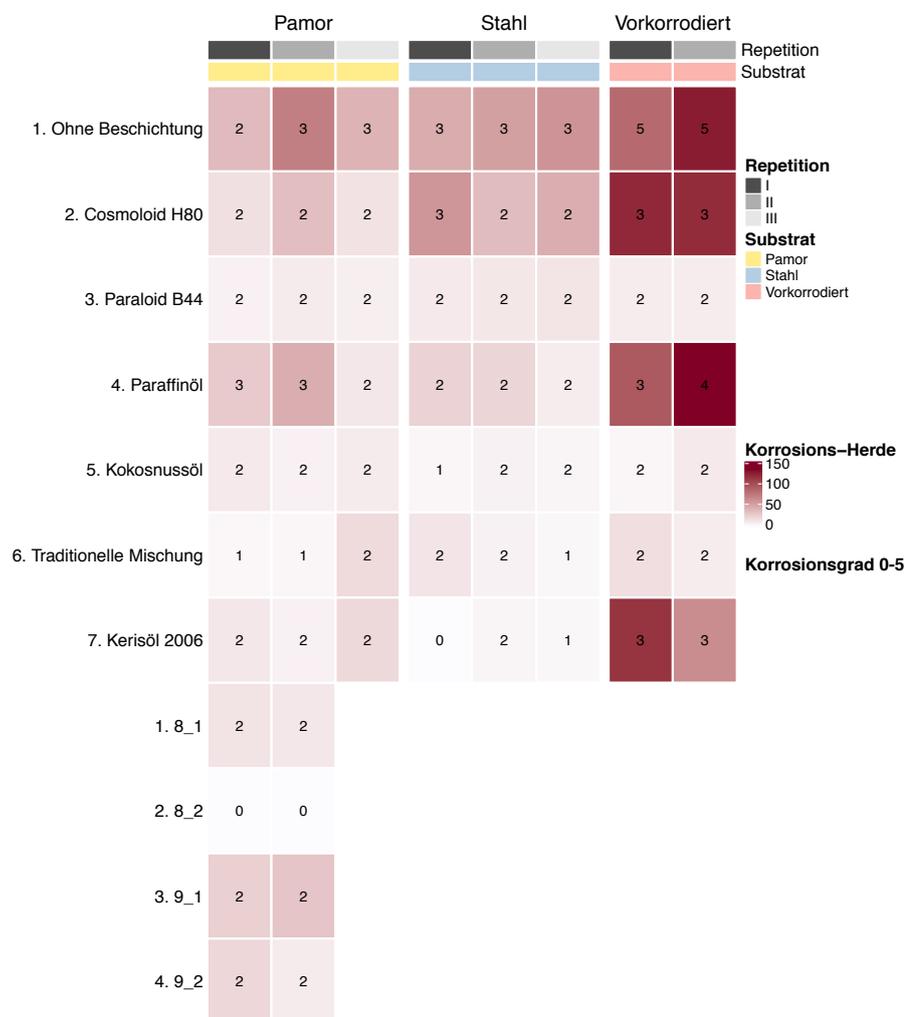
Die **vorkorrodierten Coupons** sind mit den kokosnussölbasierten Beschichtungen am besten geschützt. Ebenfalls relativ wenige neue Korrosionserscheinungen können mit der Paraloid®B44 Beschichtung erkannt werden. Diese entwickeln sich unter der Beschichtung und sind durch den Glanz

¹²⁵ Die Dokumentation aller Coupons ist im 12.Anhang, 13.Anhang, S. 88-90 beschrieben und im 20.Anhang: Liste der digitale Anhänge, S.105, aufgeführt.

¹²⁶ 16.Anhang: pH-Wert Messungen der Coupons, S.95.

der Beschichtung weniger sichtbar. Die Cosmoloid®H80 und die Paraffinölbeschichtung schützen die vorkorrodierten Coupons nur schwach.

Die stärksten Unterschiede in der Schutzwirkung innerhalb eines Sets sind durch das Kerisöl 2006 entstanden, welches einen sehr guten Schutz der Stahlcoupons bietet und eine dürftige Schutzwirkung auf den vorkorrodierten Coupons. Auch die Effizienz von Paraffinöl ist abhängig vom Substrat. Ein konstant vergleichbarer Schutz über alle drei Substrate wurde durch die Paraloid®B44 Beschichtung erreicht. Ebenfalls einen sehr konstanten Korrosionsschutz über die Couponmaterialien erzeugten die beiden kokosnussölbasierten Beschichtungen. Diese beiden Beschichtungen ergaben über die gesamte Versuchsreihe gesehen den tiefsten Korrosionsgrad, die geringste Menge an Korrosions-Herde und somit den besten Korrosionsschutz.¹²⁷



Grafik 2 Illustration der Korrosionsverhaltens der Coupons mit unterschiedlichen Beschichtungen durch den Belastungstest mittels dem Vergleich des Korrosionsgrades und den Korrosions-Herden

¹²⁷ Die Menge und die Verteilung der Korrosions-Herde kann zusätzlich in Tabelle 10 S.66, Tabelle 11 S.67, Tabelle 12 S.68 und Tabelle 13 S.69 verglichen werden.

8.1. Veränderungen der Beschichtung durch den Belastungstest

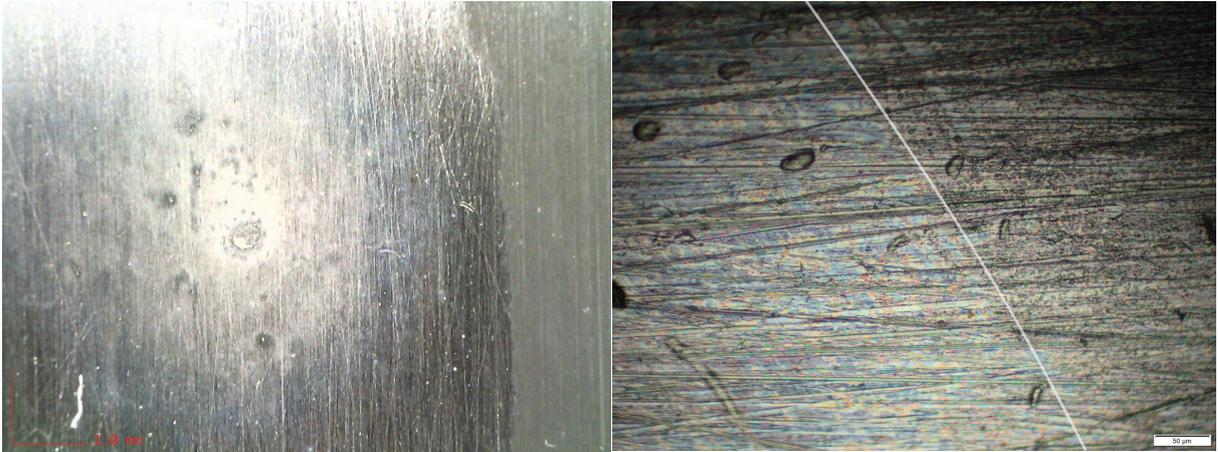


Abbildung 10 Weisser Schleier auf Coupon 9.2IIP ohne traditionelle Ätzung und mit Kokosnussbeschichtung, 50x

Abbildung 11 der weisse Schleier (9.2IIP), bestehend aus den keinen Ansammlungen in Form von Pünktchen. Auf der linken Seite des weissen Strichs wurden diese verstrichen und kein Einfluss auf die Oberfläche darunter kann erkannt werden. 200x

Neben dem Korrosionsverhalten können Veränderungen der Beschichtung wie ein unbekanntes Phänomen eines weissen Schleiers, die Aushärtung des Beschichtungsmaterials bei Kälte, eine verstärkte Fleckenbildung, sichtbare Farbveränderungen oder der visuelle Verlust der Präsenz der Beschichtung erkannt werden (Grafik 3 S.56).¹²⁸

Der weisse Schleier kann lediglich auf einem Pamorcoupon ohne die traditionelle Ätzung mit Kokosnussölbeschichtung erkannt werden (Abbildung 10 S.53). Der weisse Schleier hat sich in einer runden Form gebildet. Bei genauerem Betrachten kann festgestellt werden, dass es sich um eine Ansammlung der Kokosnussbeschichtung in kleinen Tröpfchen handelt. Diese können wieder verstrichen werden. Es kann kein Einfluss auf den Untergrund der Pamoroberfläche erkannt werden (Abbildung 11 S.53). Der Grund für diese Ansammlung ist unbekannt. Es könnte einen Zusammenhang mit der fehlenden traditionellen Ätzung haben, da dies nur auf den 9.2 Coupons zu erkennen ist. Es kann auch ein Zusammenhang mit dem Verflüssigen und Aushärten des warmen und kalten Zyklus bestehen, da die Form vergleichbar ist mit den kreisförmigen Verfestigungen, welche bei 18°C entstehen. Diese Verfestigungen entstehen auf allen weiteren Coupons mit einer Kokosnussölbeschichtung oder der traditionellen Mischung mit Kokosnussöl. Dies konnte bereits während des Belastungstest, jeweils in der kalten Phase (18°C und 40%RH), festgestellt werden.

¹²⁸ Zusätzlich beschrieben im 10.Anhang: Belastungstest, 10.4 Zusammenfassung der Monitoringergebnisse, S.82-84.

Die Verfestigungen zeigen sich in Kreisformen, meist mit einem Klümpchen angesammelten Beschichtungsmaterials in der Mitte (Abbildung 12 S.54). Dies konnte auf den Pamorcoupons wie auch auf den Stahlcoupons gut und etwas weniger deutlich auch auf den vorkorrodierten Coupons erkannt werden. Nach dem Belastungstest bei Raumtemperaturen von ca. 22°C konnten immer noch zentrierte Ansammlungen erkannt werden, jedoch deutlich weniger ausgeprägt (Abbildung 13 S.54). Auch diese Ansammlungen scheinen keinen Einfluss auf die Metalloberfläche ausgeübt zu haben. Diese visuellen Phänomene sind auf eine unterschiedliche Struktur der Kokosnussölbeschichtung zurückzuführen. Die Anordnung um ein Materialklümpchen könnte ausschlaggebend für die runden Formen sein. Diese starken Phänomene sind auf keinem der Coupons zu erkennen, welche nicht den Zyklen des Belastungstests ausgesetzt wurden (X Gruppe).¹²⁹ Diese weisen lediglich eine leichte gleichmässige Struktur aufgrund der eigenständigen Anordnung des Beschichtungsmaterials auf.¹³⁰

Die Bildung von gelben Flecken auf der Couponoberfläche konnte beim 8. Versuchset festgestellt werden, welche Überreste der traditionellen Ätzung aufweisen. Diese Coupons wurden bereits nach einer Woche in der Klimakammer gelb und die Verfärbung verstärkte sich noch leicht während den weiteren fünf Wochen des Belastungstests (Abbildung 14 S.55).



Abbildung 12 Aufnahme der Oberfläche des Coupons 5.IP während der kalten Phase (18°C), wobei sichtbare Verfestigung der Kokosnussölbeschichtung in Form von Kreisen entstanden. 50x



Abbildung 13 Aufnahme der Oberfläche des Coupons 5.IP nach dem Belastungstest mit zentrierten Ansammlungen der Kokosnussölbeschichtung. 50x

¹²⁹ Tabelle 4 Vergleich der Beschichtungen auf den Pamorcoupons der X Gruppe mit einer Detailaufnahme des Beschichtungsauftrages S.49

¹³⁰ Genauere Informationen zu den Beschichtungen vor dem Belastungstest finden sich in Kapitel 7.6 Vergleich des Beschichtungsauftrages S.47.

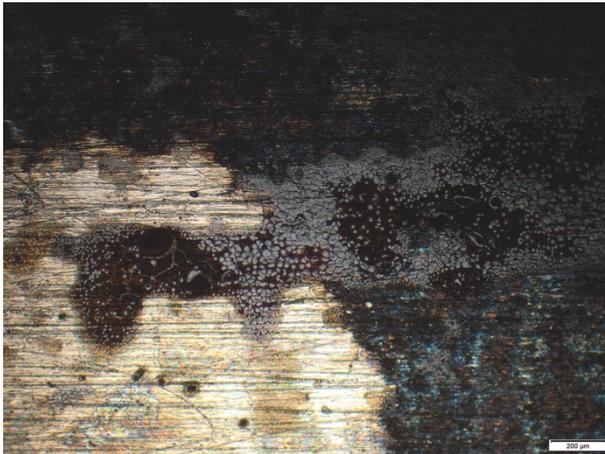


Abbildung 14 Gelbraun gewordener Fleck von Überresten der traditionellen Ätzung auf Coupon 8.1IP, nach dem Belastungstest, 50x

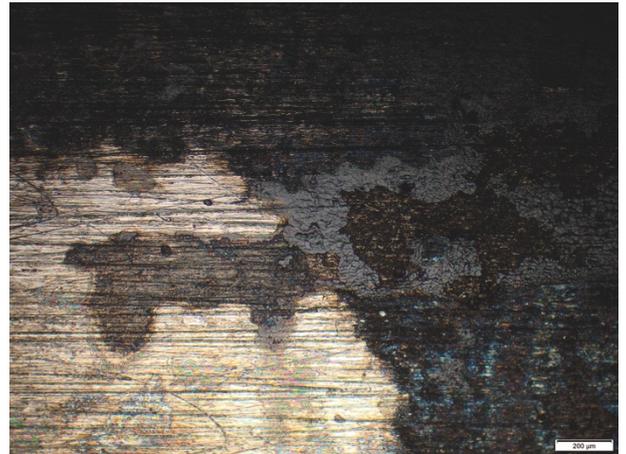
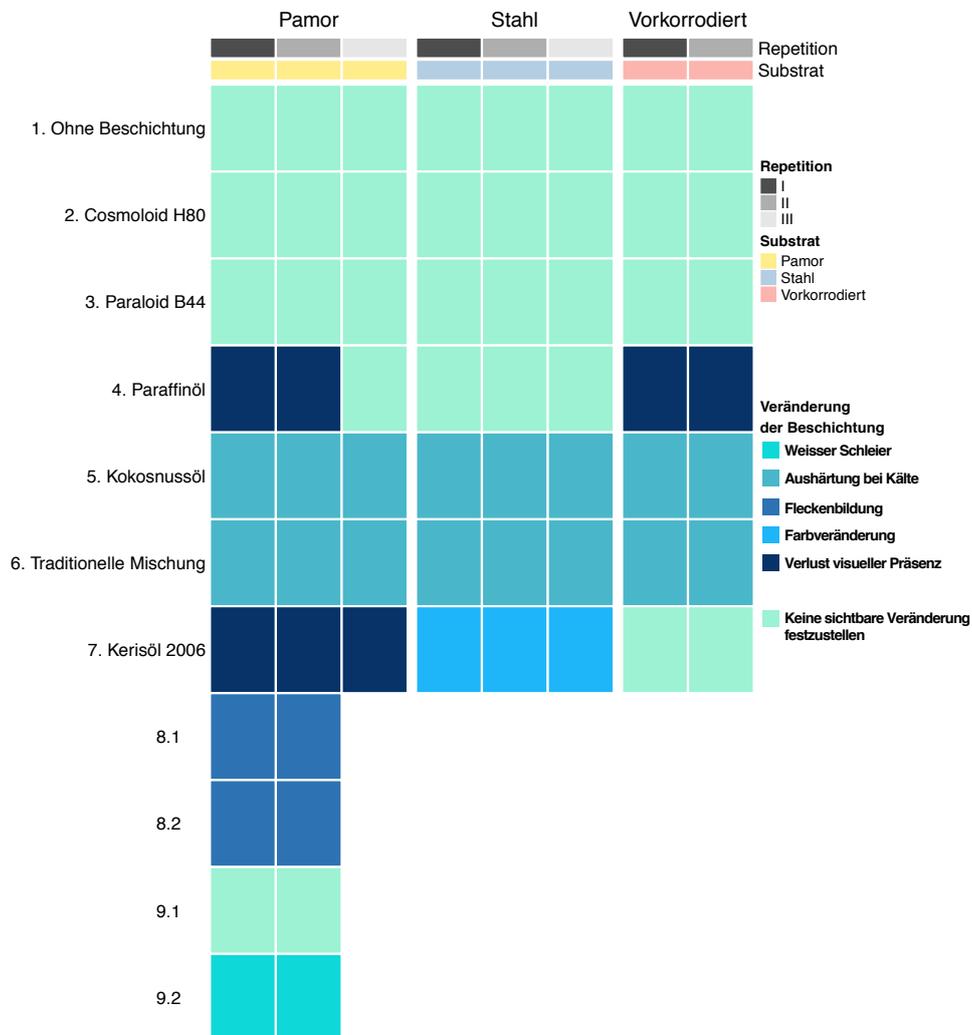


Abbildung 15 Gelbraun gewordener Fleck von Überresten der traditionellen Ätzung auf Coupon 8.1IP, nach dem Belastungstest. Nach der Entfernung dieses Flecks kann eine deutliche Markierung auf der Metalloberfläche erkannt werden, 50x

Entfernt man einen solchen Fleck, kann festgestellt werden, dass diese Flecken einen starken Einfluss auf die Metalloberfläche auswirken (Abbildung 15 S.55). Durch die Vergilbung dieser Überreste konnte eine starke farbliche Veränderung aller Coupons des 8. Sets festgestellt werden. Eine leichte farbliche Veränderung konnte auf den Stahlcoupons des 7. Sets mit Kerisöl 2006 festgestellt werden. Diese weisen in Bereichen mit Staubpartikelansammlungen, nach dem Belastungstest einen stärkeren Gelbstich auf (Abbildung 16 S.55). Dies hat jedoch keine sichtbare Auswirkung auf die Metalloberfläche. Die Beschichtungen der beiden Versuchssets mit der Paraffinölbeschichtung und dem Kerisöl 2006 konnten teilweise visuell nicht mehr erkannt werden. Dies ist teilweise auf ein Abfließen von der Oberfläche zurückzuführen und es ist möglich, dass ein tieferes Eindringen in die korrodierte Oberfläche erfolgte. Die beiden vorkorrodierten Coupons 7.IK/7.IIK wiesen bereits nach der Trocknungszeit vor dem Belastungstest keine sichtbare Beschichtung auf. Die Pamorcoupons des selben Sets wiesen nach 28 Tagen des Belastungstests keine Anzeichen einer Beschichtung mehr auf. 4.IIP, 4.IK und 4.IIK wiesen ebenfalls nach 28 Tagen und Coupon 4.IP nach 34 Tagen keine sichtbare Beschichtung mehr auf. Auf den Coupons mit sichtbaren Beschichtungen kann keine Veränderung des Glanzes festgestellt werden.



Abbildung 16 gelbe Ansammlung des Kerisöl 2006 um eine Staubfaser auf Coupon 7.IIS, 50x



Grafik 3 Zusammenfassende Illustration der Veränderungen der Beschichtungen oder Veränderungen der Überreste der traditionellen Ätzung. Coupons ohne sichtbare Veränderungen der Beschichtung sind in heller grünen Farbe markiert

Tabelle 6 Übersicht der Pamorcoupons (1 bis 7) vor und nach dem Belastungstest, fotografiert in Streiflicht, mit repräsentativen Nahaufnahmen der Couponoberflächen

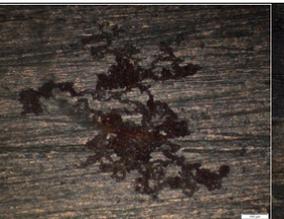
| | 1. ohne | 2. Cosmoloid®H80 | 3. Paraloid® B44 | 4. Paraffinöl | 5. Kokosnussöl | 6. Traditionelle Mischung | 7. Kerisöl 2006 |
|--------|---|---|--|---|---|---|---|
| Vorher |  |  |  |  |  |  |  |
| Nacher |  |  |  |  |  |  |  |
| Detail |  |  |  |  |  |  |  |

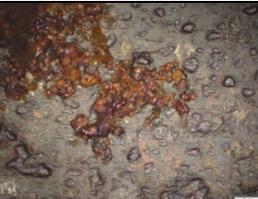
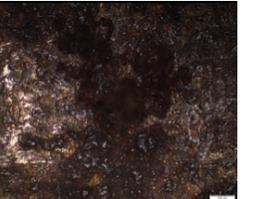
Tabelle 7 Übersicht der Pamorcoupons (8.1 bis 9.2) vor und nach dem Belastungstest, fotografiert in Streiflicht, mit repräsentativen Nahaufnahmen der Couponoberflächen

| | 8.1 mit Überresten der Ätzung | 8.2 mit Überresten der Ätzung und Kokosnussöl | 9.1 ohne traditionelle Ätzung | 9.2 ohne traditionelle Ätzung mit Kokosnussöl | |
|---------|---|---|--|---|--|
| Vorher |  |  |  |  | <p>Die Übersichtstabellen des Zustandes vor und nach der Belastungsprobe ermöglichen alle Beschichtungen auf einem Substrat direkt zu vergleichen (Tabelle 6, Tabelle 7, Tabelle 8 und Tabelle 9). Die Aufnahmen sind in Streiflicht aufgenommen, wodurch auch der Auftrag der Beschichtung und dessen Veränderung verglichen werden kann. Es wurde jeweils ein repräsentativer Coupon für den entsprechenden Test ausgewählt.</p> <p>Zusätzlich zeigt die Mikroskopaufnahme ein Beispiel der typischen Oberfläche nach der Belastungsprobe. Bei Coupons, welche kaum Korrosion aufweisen kann es daher eine Abbildung ohne Korrosion sein, obwohl geringe Mengen an Korrosionsstellen vorhanden sind.</p> <p>Deutlich können die Veränderungen der Ölbeschichtungen erkannt werden. Auf diesen Oberflächen sind Verschmutzungen am stärksten haften geblieben.</p> <p>Die Kokosnussbeschichtungen zeigen durch die Temperaturschwankungen keine Streichspuren mehr.</p> <p>Die Kokosnussbeschichtung auf den Pamorcoupons ohne traditionelle Ätzung weisen als Einzige weisse, runde Schleier auf. Die Farbveränderung der Coupons mit Überresten der traditionellen Ätzung sind deutlich zu erkennen.</p> <p>Auf den Stahlcoupons mit Kerisöl 2006, kann auch ohne Vergrößerung die Verstärkung der gelben Farbe durch die Belastungsprobe erkannt werden.</p> |
| Nachher |  |  |  |  | |
| |  |  |  |  | |
| | 8.1IIP 100x Vergrößerung | 8.2IIP 100x Vergrößerung | 9.1IIP 100x Vergrößerung | 9.2IIP 100x Vergrößerung | |

Tabelle 8 Übersicht der Stahlcoupons (1 bis 7) vor und nach dem Belastungstest, fotografiert in Streiflicht, mit repräsentativen Nahaufnahmen der Couponoberflächen

| | 1. ohne | 2. Cosmoloid® H80 | 3. Paraloid® B44 | 4. Paraffinöl | 5. Kokosnussöl | 6. Traditionelle Mischung | 7. Kerisöl 2006 |
|--------|---|---|--|---|---|---|---|
| Vorher |  |  |  |  |  |  |  |
| Nacher |  |  |  |  |  |  |  |
| Detail |  |  |  |  |  |  |  |
| | 1.IIIS 200xVergrößerung | 2.IS 200x Vergrößerung | 3.IS 200x Vergrößerung | 4.IIS 200xVergrößerung | 5.IIS 50x Vergrößerung | 6.IIS 200xVergrößerung | 7.IS 100X Vergrößerung |

Tabelle 9 Übersicht der vorkorrodieren (1 bis 7) vor und nach dem Belastungstest, fotografiert in Streiflicht, mit repräsentativen Nahaufnahmen der Couponoberflächen

| | 1. ohne | 2. Cosmoloid®H80 | 3. Paraloid® B44 | 4. Paraffinöl | 5. Kokosnussöl | 6. Traditionelle Mischung | 7. Kerisöl 2006 |
|--------|---|---|--|---|---|---|---|
| Vorher |  |  |  |  |  |  |  |
| Nacher |  |  |  |  |  |  |  |
| Detail |  |  |  |  |  |  |  |
| | 1.IIK 100xVergrößerung | 2.IK 200x Vergrößerung | 3.IK 200x Vergrößerung | 4.IIK 200xVergrößerung | 5.IK 200x Vergrößerung | 6.IK 200x Vergrößerung | 7.IK 100x Vergrößerung |

8.2. Korrosionsmorphologie

Generell entstehen lokale Korrosionserscheinungen in einem nahezu neutralen pH Bereich. Bei stark saurem pH ist uniforme grossflächige Korrosion auf der gesamten Oberfläche zu erwarten.¹³¹ Aufgrund von Fruchtsäuren als Überreste der traditionellen Ätzung, könnten solche Korrosionserscheinungen erwartet werden. Das Versuchset 9. mit Überresten der traditionellen Ätzung weist jedoch keine solche Korrosionserscheinung auf. Die darauf vorhandenen Korrosionserscheinungen treten lokal auf und sind mit den Korrosionserscheinungen der nachgereinigten Coupons vergleichbar.

Nach dem Belastungstest konnten unterschiedliche lokale Korrosionserscheinungen festgestellt werden. Es kann gleichmässige und ungleichmässige lokale Korrosion, filiforme Korrosion auf den Coupons erkannt werden. Diese können in Zusammenhang mit Fremdkörperpartikel auf der Oberfläche entstanden sein. Trotz des direkten Kontakts der beiden unterschiedlichen Legierungen, aus welchen die Pamorcoupons bestehen, konnte keine galvanische Korrosion festgestellt werden. Die Korrosionserscheinungen liessen sich sowohl auf den nickelreichen und den nickelarmen Phasen wie auch verlaufend über beide Phasen des Mehrlagenstahls erkennen.

Coupons mit einer kokosnussölbasierten Beschichtung mit sehr guter Korrosionsschutzwirkung weisen keine oder kaum Korrosionserscheinungen auf. Diese kleinen Korrosionspunkte können in keine der Kategorien eingeteilt werden und sind als punktuelle Korrosionserscheinung ohne Form dokumentiert.

14.Anhang: Korrosionsmorphologie, S.91-93 werden die einzelnen Korrosionsmorphologien, welche auf den Coupons oder den Objekten erkannt worden sind, genauer erläutert und eine Tabelle fasst die Resultate auf den Coupons zusätzlich zusammen.

¹³¹ Shreir, 2000, S.156

8.2.1. Korrosionsmorphologie der Versuchssets



Abbildung 18 Filiforme Korrosionserscheinung auf Stahlcoupon 3.IS mit Paraloid® B44 Beschichtung 100x

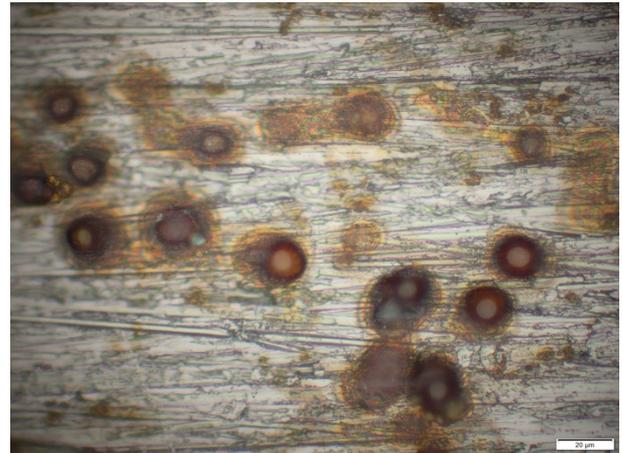


Abbildung 17 Punktuelle Korrosionserscheinungen auf Coupon 3.IS, vermutetes Anfangsstadium der Filiformen Korrosion auf den Paraloid® B44 beschichteten Stahlcoupons 500x

Die Korrosionsmorphologie ist abhängig vom Substrat und beeinflusst von der Beschichtung (Grafik 4 S.65). Die Coupons mit Kokosnussöl basierten Beschichtungen weisen bei den wenigen vorhandenen Korrosionserscheinungen meist keine sichtbare Korrosionsmorphologie auf. Es handelt sich um punktuelle Korrosionserscheinungen, welche oft mit der Präsenz einer Verschmutzung in Zusammenhang stehen. Es haben sich keine filiformen Korrosionserscheinungen gebildet. Die Paraloid® B44 beschichteten Coupons weisen deutliche filiforme Korrosionserscheinungen auf. Dies kann an den Stahlcoupons und den vorkorrodierten Coupons erkannt werden. Nicht immer aber teilweise verläuft die Korrosion den Schleifspuren der Coupons entlang (Abbildung 18 S.62). Die Korrosionserscheinungen der Pamorcoupons zeigen sich als kleine Punkte und es kann noch keine Korrosionsmorphologie festgestellt werden (Abbildung 19 S.62). Die Entwicklung dieser Punkte zu filiformer Korrosion scheint wahrscheinlich. Auch auf den Stahlcoupons sind solche Punkte zu erkennen (Abbildung 17 S.62).

Auf den Stahlcoupons mit den beiden synthetischen Ölbeschichtungen sind kleine punktuelle Korrosionserscheinung zu erkennen, welche beinahe immer mit einer Faser oder einem Fremdkörperpartikel auf der Oberfläche in Verbindung stehen. Bei Fortschreiten dieser Korrosionspunkte können vom voluminösen Punkt aus feine Korrosionsfäden unter der

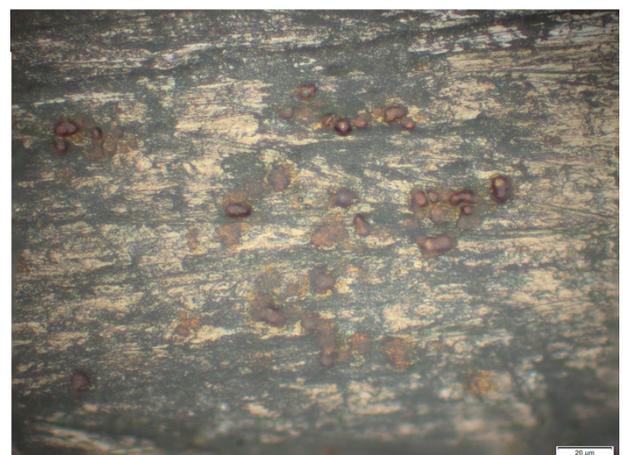


Abbildung 19 Punktuelle Korrosionserscheinungen auf dem Pamorcoupon 3.IP welche vermutlich eine Vorstufe der filiformen Korrosion darstellen 500x

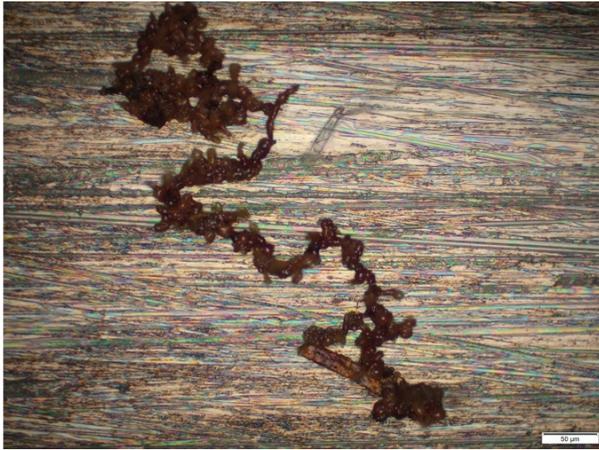


Abbildung 22 Filiforme Korrosionserscheinung aus feinen Perlen auf dem Pamorcoupon 2.IIP mit einer Cosmoloid® H80 Beschichtung 200x



Abbildung 21 Fadenförmige Korrosionserscheinung auf dem nicht beschichteten Pamorcoupon 1.IIP mit in sich zusammengefallenen Tropfen der Korrosion 100x

Ölbeschichtung erkannt werden. Nur wenige dieser Korrosionspunkte sind soweit fortgeschritten, dass diese Ausbreitung erkannt werden kann (Abbildung 20 S.63).

Es kann primär auf den Pamorcoupons eine fadenförmige Korrosionserscheinung erkannt werden, welche viele Ähnlichkeiten mit der filiformen Korrosion auf polymerbeschichteten Metalloberflächen zeigt. Diese Korrosion besteht tendenziell aus feineren Fäden. Die Fäden der filiformen Korrosion, auch unter der Paraloid® B44 Beschichtung, sind aus aneinander gereihten Tropfen oder Perlen aufgebaut. Die Tropfen der filiformen Korrosion in Zusammenhang mit der Paraloid® B44 Beschichtung haben sich flacher gebildet und sind mit dem Korrosionsprodukt prall gefüllt (Abbildung 18 S.62). gebildet und sind mit Korrosionserscheinungen auf einer Oberfläche ohne Beschichtung haben eher etwas kleinere solche Tropfen und es kann festgestellt werden, dass diese teilweise in sich zusammengefallen sind (Abbildung 21 S.63). Es scheint als ob diese ausgetrocknet sind oder ein flüssiger Bestandteil aus den Tropfen ausgetreten ist, was vermutlich zum Fortschreiten des Korrosionsphänomens führt.

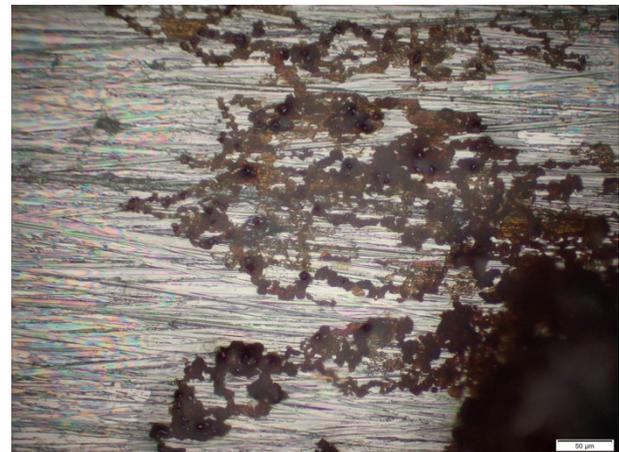


Abbildung 20 Fortgeschrittene punktuelle Korrosionserscheinung auf dem Stahlcoupon 4.IIS mit Korrosionsfäden unter der Paraffinbeschichtung 200x

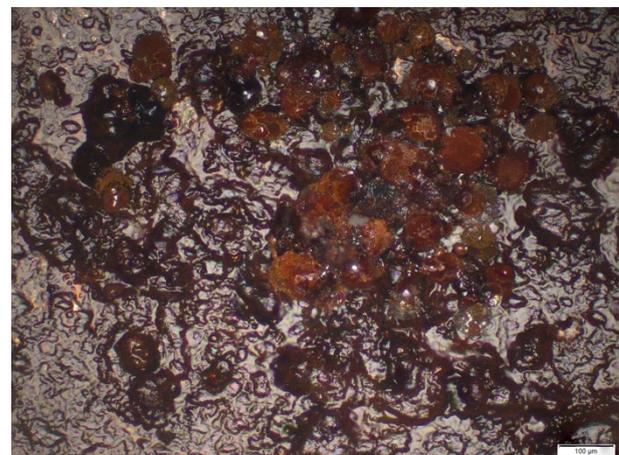


Abbildung 23 Lokale ungleichmässige Korrosionserscheinung auf dem vorkorrodierten Coupon 3.IK welche durch die Paraloid® B44 Beschichtung hervorgebrochen ist 100x



Abbildung 25 Lokale gleichmässige Korrosionserscheinung auf Coupon 1.IIS welche in einigen Bereichen zu filiform gleicher Korrosion ausläuft 200x

Die fadenförmige Korrosion verläuft oft weniger orientiert, verglichen mit der filiformen Korrosion und es kann nicht immer ein Kopf erkannt werden. Trotzdem können deutliche Fäden erkannt werden (Abbildung 21 und Abbildung 22 S.63).

Ungleichmässige lokale Korrosionserscheinungen treten auf den vorkorrodierten Coupons ohne Beschichtung (Abbildung 26 S.64), mit Cosmoloid®H80 (Abbildung 24 S.64), einer Paraffinöl oder Kerisöl 2006 Beschichtung auf. In den Bereichen, in welchen die Korrosion die Paraloid®B44 Beschichtung auf den vorkorrodierten Coupons durchbrochen hat, kann ebenfalls lokale, ungleichmässige Korrosion festgestellt werden (Abbildung 23 S.63). Die lokale ungleichmässige Korrosion ist ebenfalls aus Tropfen aufgebaut. Diese sind oft rissig, aufgebrochen oder komplett zerbröselt. Die gleichmässige lokale Korrosion ist primär auf den Stahlcoupons mit Cosmoloid®H80 (Abbildung 27 S.64) und ohne Beschichtung vorhanden. Aber auch die Pamorcoupons mit einer Cosmoloid®H80 Beschichtung zeigen diese Korrosionserscheinung.

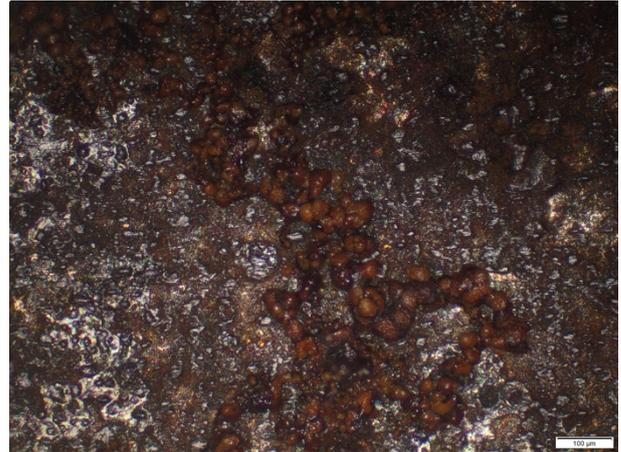


Abbildung 26 Lokale ungleichmässige Korrosionserscheinung auf dem vorkorrodierten Coupon 1.IIK 100x

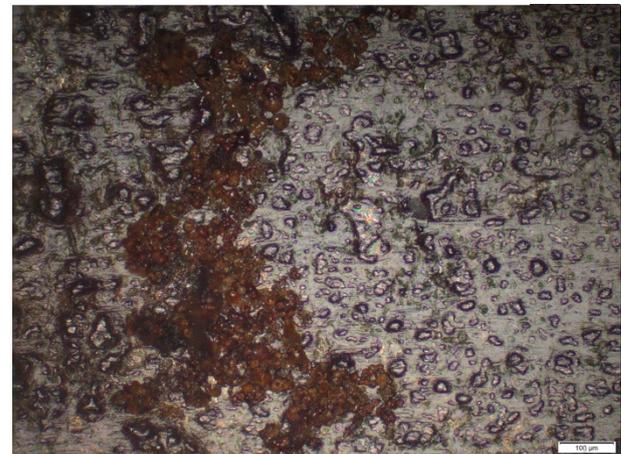


Abbildung 24 Lokale ungleichmässige Korrosionserscheinung auf Coupon 2.IK mit Cosmoloid H80 Beschichtung 100x

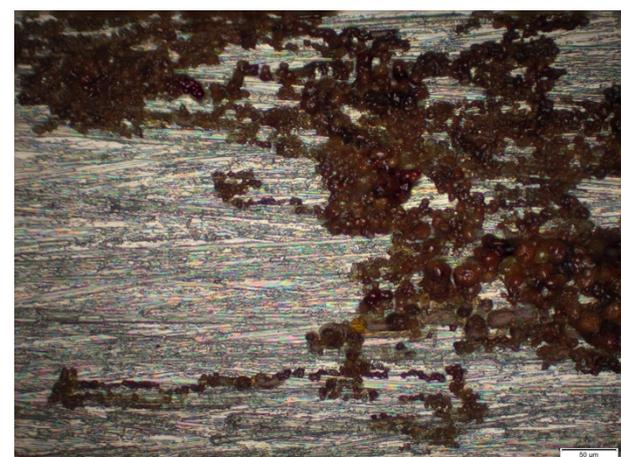
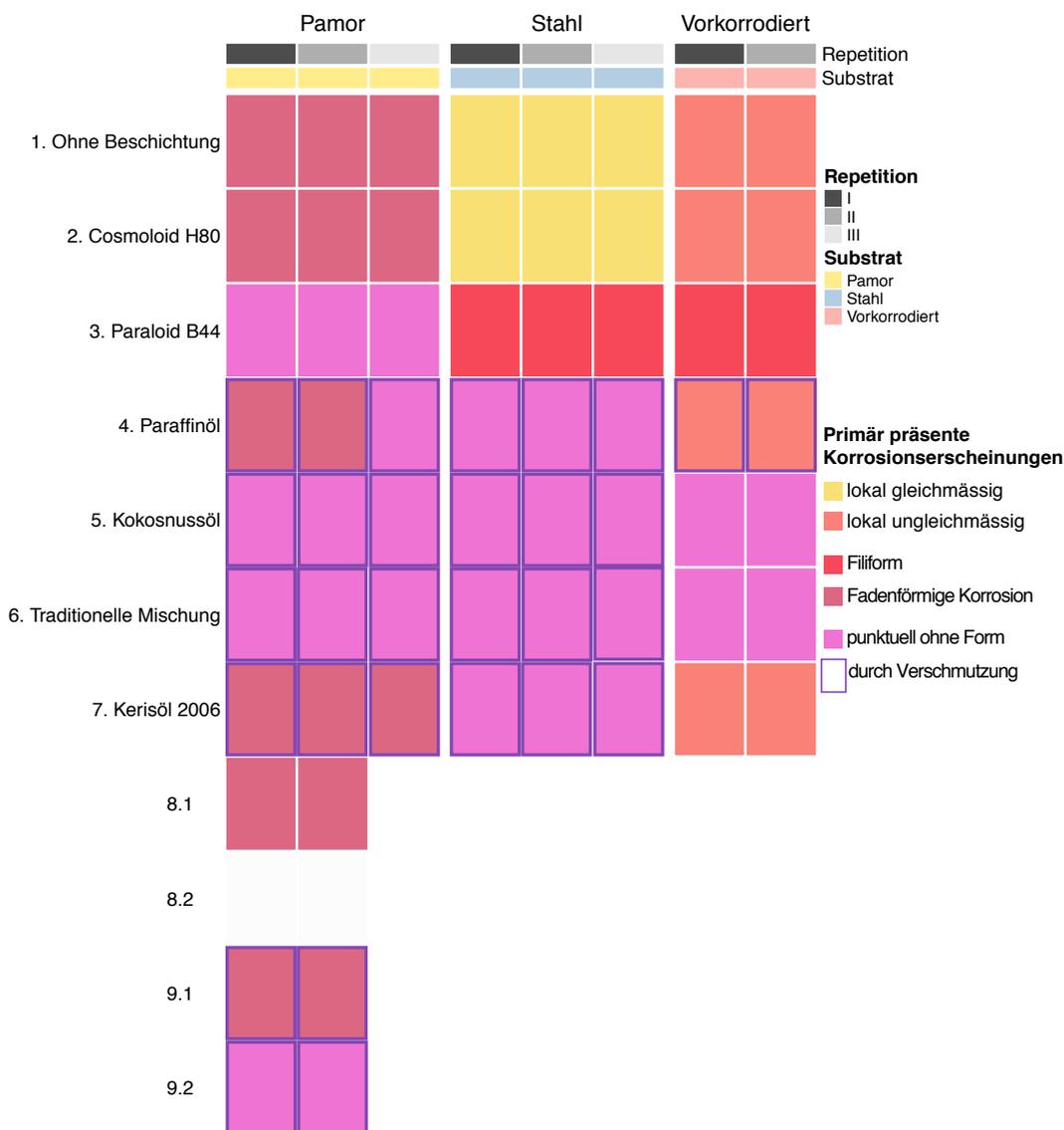


Abbildung 27 Lokale gleichmässige Korrosion auf Stahlcoupon 2.IS mit einer Cosmoloid®H80 Beschichtung 200x

Vereinzelt können diese auf den Stahlcoupons mit Paraffinöl, Kerisöl 2006 oder mit der traditionellen Mischung beschichteten erkannt werden. Bei der genauen Betrachtung unter dem Mikroskop, zeigt sich auch bei dieser Korrosionserscheinung eine Struktur aus feinen, sehr wirren Fäden. Diese Fäden haben jedoch keine Tropfenstruktur und es kann keine Spitze der Fäden erkannt werden (Abbildung 25 S.64).
 Der 17.Anhang: Vergleich der Coupons mit den Objekten des MKB, 17.2 Vergleich des Korrosionsverhaltens der Coupons mit den Objekten S.97-101, zeigt die Unterschiede und Parallelen zwischen den Coupons und den Klingen der Museumsobjekte in Bezug auf das Korrosionsverhalten.



Grafik 4 Zusammenfassende Illustration der primär vorhandenen Korrosionsmorphologie auf den Coupons. Korrosionserscheinungen welche unter anderem durch Verschmutzungen verursacht sind, weisen einen violetten Rahmen auf.

Tabelle 10 Übersicht des Korrosionsverhaltens, Pamorcoupons 1 bis 7 mit markierten Korrosions-Herden, Angaben des Korrosionsgrades und Detailaufnahme

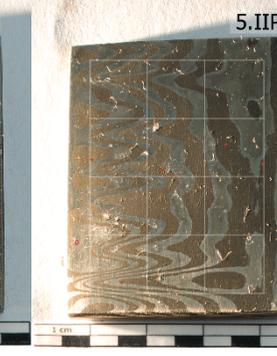
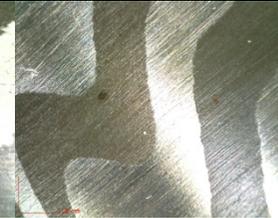
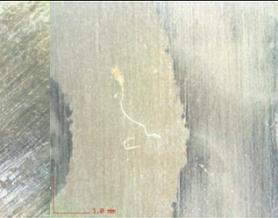
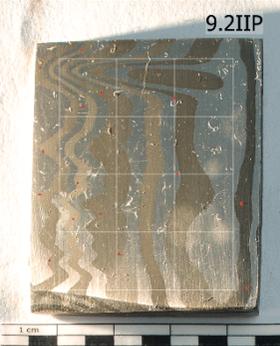
| | 1. ohne | 2. Cosmoloid®H80 | 3. Paraloid® B44 | 4. Paraffinöl | 5. Kokosnussöl | 6. Traditionelle Mischung | 7. Kerisöl 2006 |
|---------------|--|--|---|--|--|--|--|
| Pamor |  |  |  |  |  |  |  |
| Grad | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| Detail |  |  |  |  |  |  |  |
| | <i>1.IIP 50x Vergrößerung</i> | <i>2.IIP 50x Vergrößerung</i> | <i>3.IIP 50x Vergrößerung</i> | <i>4.IP 50x Vergrößerung</i> | <i>5.IIP 50x Vergrößerung</i> | <i>6.IIP 50x Vergrößerung</i> | <i>7.IP 50x Vergrößerung</i> |

Tabelle 11 Übersicht des Korrosionsverhaltens, Pamorcoupons 8.1 bis 9.2 mit markierten Korrosions-Herden, Angaben des Korrosionsgrades und Detailaufnahme

| | 8.1 mit Überresten der Ätzung | 8.2 mit Überresten der Ätzung und Kokosnussöl | 9.1 ohne traditionelle Ätzung | 9.2 ohne traditionelle Ätzung mit Kokosnussöl |
|--------|---|---|--|---|
| Pamor |  |  |  |  |
| Grad | 2 | 0 | 2 | 2 |
| Detail |  8.1IIP 50x Vergrößerung |  8.2IIP 50x Vergrößerung |  9.1IIP 50x Vergrößerung |  9.2IIP 50x Vergrößerung |

Die Übersichtstabellen des Korrosionsverhaltens (Tabelle 10, Tabelle 11, Tabelle 12 und Tabelle 13) ermöglicht einen Vergleich unter den Coupons des selben Substrates, mit unterschiedlicher Beschichtung in Bezug auf den durchschnittlichen Korrosionsgrad dieses Versuchs und der Lokalisierung der Korrosions-Herde. Gewählt wurde dafür jeweils ein repräsentativer Coupon für den entsprechenden Test.

Die Detailaufnahme mit geringer Vergrößerung lässt das Ausmass und den Zusammenhang der Korrosion erkennen. Ist auf der Detailaufnahme keine Korrosion vorhanden, weisen alle identischen Tests keine Korrosionserscheinung auf.

Auf den Coupons mit einer Ölbeschichtung kann meist ein Zusammenhang mit einer Faser erkannt werden. Auf den Stahlcoupons mit einer Ölbeschichtung haben sich diese lediglich zu punktuellen Korrosionserscheinungen entwickelt. Der Vergleich der Detailaufnahmen der vorkorrodierten Coupons verdeutlicht den Grössenunterschied der Korrosions-Herde durch die Beschichtungen.

Die Detailaufnahmen der Stahlcoupons zeigt einen direkten Vergleich der Korrosionsmorphologie.

Tabelle 12 Übersicht des Korrosionsverhaltens, homogene Stahlcoupons 1 bis 7 mit markierten Korrosions-Herden, Angaben des Korrosionsgrades und Detailaufnahme

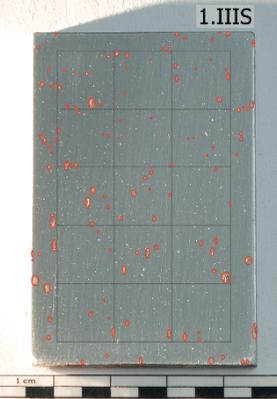
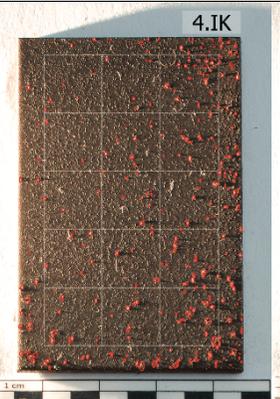
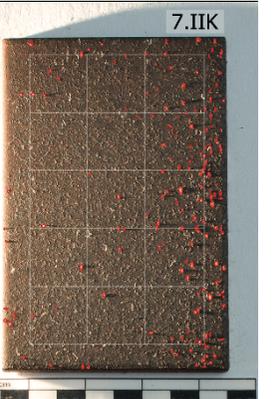
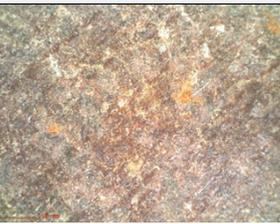
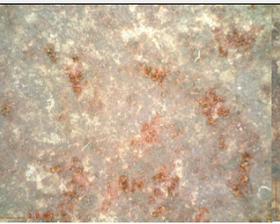
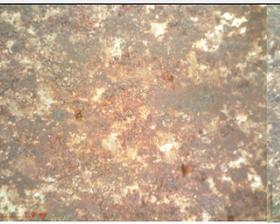
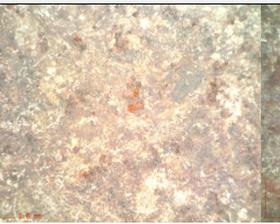
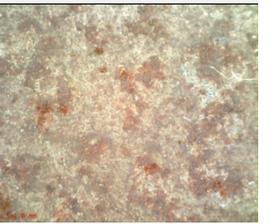
| | 1. ohne | 2. Cosmoloid®H80 | 3. Paraloid® B44 | 4. Paraffinöl | 5. Kokosnussöl | 6. Traditionelle Mischung | 7. Kerisöl 2006 |
|-----------------|---|--|---|--|--|---|---|
| Homogener Stahl |  |  |  |  |  |  |  |
| Grad | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Detail |  <i>1.IIS 50x Vergrößerung</i> |  <i>2.IS 50x Vergrößerung</i> |  <i>3.IS 50x Vergrößerung</i> |  <i>4.IIIS 50x Vergrößerung</i> |  <i>5.IIIS 50x Vergrößerung</i> |  <i>6.IIS 50x Vergrößerung</i> |  <i>7.IIS 50x Vergrößerung</i> |

Tabelle 13 Übersicht des Korrosionsverhaltens, vorkorrodierte Stahlcoupons 1 bis 7 mit markierten Korrosions-Herden, Angaben des Korrosionsgrades und Detailaufnahme

| | 1. ohne | 2. Cosmoloid®H80 | 3. Paraloid® B44 | 4. Paraffinöl | 5. Kokosnussöl | 6. Traditionelle Mischung | 7. Kerisöl 2006 |
|-----------------------|--|--|---|--|--|--|--|
| Vorkorrodiertes Stahl |  |  |  |  |  |  |  |
| Grad | 5 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| Detail |  |  |  |  |  |  |  |
| | 1.1IK 50x Vergrößerung | 2.1IK 50x Vergrößerung | 3.1K 50x Vergrößerung | 4.1IK 50x Vergrößerung | 5.1IK 50x Vergrößerung | 6.1IK 50x Vergrößerung | 7.1K 50x Vergrößerung |

9. Schlussfolgerung zum Vergleich der Beschichtungsmethoden

Tabelle 14 Zusammenfassende Tabelle des Vergleichs der modernen und traditionellen Beschichtungsmethoden

| Kriterium | modern | | | traditionell | | |
|-------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|---------------------------|
| | Wachs | Lack | Synthetisches Öl | Natürliche Öle | | |
| | 2. Cosmoloid®H80 | 3. Paraloid® B44 | 4. Paraffinöl | 7. Kerisöl 2006 | 5. Kokosnussöl | 6. Traditionelle Mischung |
| Applikation | 5 | 6 | 2 | 1 | 4 | 3 |
| Auftrag | 6 | 4 | 2 | 3 | 5 | 1 |
| Staub | 2 | 1 | 4 | 5 | 6 | 3 |
| Korrosion | 6 | 3 | 5 | 4 | 2 | 1 |
| Pflege | 5 | 6 | 1 | 2 | 4 | 3 |
| Gesamthaft | 6 | 4 | 2 | 3 | 5 | 1 |

Beurteilung des Abschneidens in dieser Kategorie:
 Dunkelgrün = sehr gut / Hellgrün = gut / Gelb = ok / Orange = schlecht / Rot = sehr schlecht

Zusätzliche Einteilung in eine Rangordnung von **1 bis 6** in Konkurrenz untereinander, mit der besten (1) bis zu schlechtesten (6) bewerteten Beschichtung in dieser Kategorie

- Applikation:** Einfachheit der Applikation auch auf mögliche Reliefs der Klingen bezogen
- Auftrag:** Gleichmässigkeit des Auftrages auf der Oberfläche, Deckkraft der Beschichtung und Ästhetik
- Staub:** Staubhaftung durch die Beschichtung
- Korrosion:** Beurteilung des Korrosionsschutzes und der Korrosionsmorphologie
- Pflege:** Wiederbearbeitbarkeit und Leichtigkeit der Pflege und Erneuerung der Beschichtung

Die traditionelle Mischung aus Kokosnussöl, Sandelholzöl und Ylang-Ylang weist von den verglichenen Beschichtungen die besten Eigenschaften als Beschichtung für Kerisklingen auf. Der Vergleich der Beschichtungsmethoden bewertet in ästhetischen, konservatorischen und Wiederbearbeitbarkeitsaspekten findet sich zusammengefasst in Tabelle 14 S.70.

Ein klarer Nachteil der traditionellen Mischung ist die Staubhaftung. Diese fällt zwar geringer aus verglichen mit den anderen drei Ölen, ist jedoch trotzdem als deutlicher Nachteil zu werten, da Verschmutzungen eine der primären Auslöser von Korrosionserscheinungen der ölbeschichteten Coupons waren.

In Bezug auf die Verschmutzung schneiden die Cosmoloid®H80 und die Paraloid® B44 Beschichtung gut ab. Die kalt aufgetragene Cosmoloid®H80 Beschichtung konnte aufgrund der nicht deckenden Beschichtung und dem folglich geringen Korrosionsschutzes allerdings gesamthaft nicht überzeugen. Dadurch kann jedoch nicht auf die gesamte Gruppe der Wachse geschlossen werden. Ein anderes Wachs oder eine andere Applikationsmethode mit besserer Abdeckung könnte einen besseren Korrosionsschutz erzeugen.

Die Paraloid® B44 Beschichtung weist geringe Korrosionserscheinungen auf. Die Korrosionsmorphologie der filiformen Korrosion wird jedoch als Nachteil gewertet, da diese auf dem Pamormuster besonders

störend ist, weil das Relief der traditionellen Ätzungen verfälscht und die Ästhetik der teilweise feinen Linien des Pamors gestört werden. Ein weiterer Nachteil dieser Beschichtung ist die Schwierigkeit eines gleichmässigen Auftrages auf der gesamten Klinge. Beschichtungsansammlungen in den Tiefen des Reliefs erzeugen einen starken lokalen Glanz. In Summe ist die Paraloid® B44 Beschichtung damit für Kerisklingen nicht zu empfehlen. Dies ist auch bei anderen Lackbeschichtungen zu erwarten. Daher wird eine Lackbeschichtung aufgrund der Erkenntnisse dieser Arbeit als Beschichtung für Kerisklingen ausgeschlossen.

Vergleichbar sind die Resultate der beiden synthetischen Öle, Paraffinöl und Kerisöl 2006. Ein starker Unterschied in der Schutzwirkung auf den verschiedenen Substraten kann festgestellt werden. Zu Beginn des Belastungstest zeigen diese geringe Korrosionserscheinungen auf. Im späteren Verlauf weisen diese jedoch eine geringe Schutzwirkung auf den vorkorrodierten Coupons und teilweise auf den Pamorcoupons auf. Die Resultate der Schutzdauer lassen vom Einsatz von Paraffinöl und Kerisöl 2006 abraten.

Eine reine Kokosnussölbeschichtung ist durch die Konsistenz des Öles eher dick und klebrig, was ästhetische Nachteile bringt. Die traditionelle Mischung hingegen ermöglicht einen viel dünneren und gleichmässigeren Auftrag, wodurch auch die Staubhaftung reduziert wird. Eine gewisse Klebrigkeit bleibt bei allen Ölen bestehen und muss bei der Handhabung beachtet werden.

Der Vergleich der Beschichtungen auf den Coupons, mit den Beschichtungen auf den Klingen der Museumsobjekte zeigte, dass die Resultate vergleichbar und somit auf die Objekte übertragbar sind.¹³²

9.1. Schlussfolgerungen zum Korrosionsverhalten

Die Pamorcoupons lassen keine unterschiedliche Korrosion auf den beiden Lagen des Pamors erkennen, weder in Bezug auf die Morphologie noch auf die Menge der Korrosionsherde.

Bei Paraffinölbeschichtungen welche nicht mehr sichtbar sind, entstehen die Korrosionserscheinungen in Bereichen von Partikeln und Fasern - also Verschmutzungen, welche vermehrt auf der Oberfläche sind, da diese in der Beschichtung kleben geblieben waren. Deutlich ist dies zu erkennen auf dem Coupon 4.IIP, im Vergleich mit 4.IIIP mit noch sichtbarer Beschichtung (Abbildung 28 / Abbildung 29 S.72). Eine stärkere Korrosion kann auch auf den weiteren Coupons festgestellt werden, welche die Beschichtung nicht mehr erkennen lassen. Dies kann in der Illustration, welche das Korrosionsverhalten visualisiert, im Vergleich mit den weiteren Coupons des gleichen Sets erkannt werden (Grafik 5 S.73). Auf den Stahlcoupons ist die Beschichtung sichtbar und zeigt eine deutliche korrosionsmindernde Wirkung. Weshalb diese Beschichtung auf den ungleichmässigeren Oberflächen viel schneller verschwindet, ist nicht eindeutig geklärt, der dadurch entstehende geringe Langzeitschutz ist jedoch deutlich.

¹³² 17.Anhang: Vergleich der Coupons mit den Objekten des MKB, 17.2 Vergleich des Korrosionsverhalten der Coupons mit den 13 Klingen, S.97-101.

Die Veränderungen der Beschichtungen basierend auf Kokosnussöl, erzeugten keine erkennbaren Veränderungen des Korrosionsverhaltens. Die gebildeten Kreise beim Erkalten und die Positionen der wenigen Korrosionspunkte lassen keinen Zusammenhang erkennen.

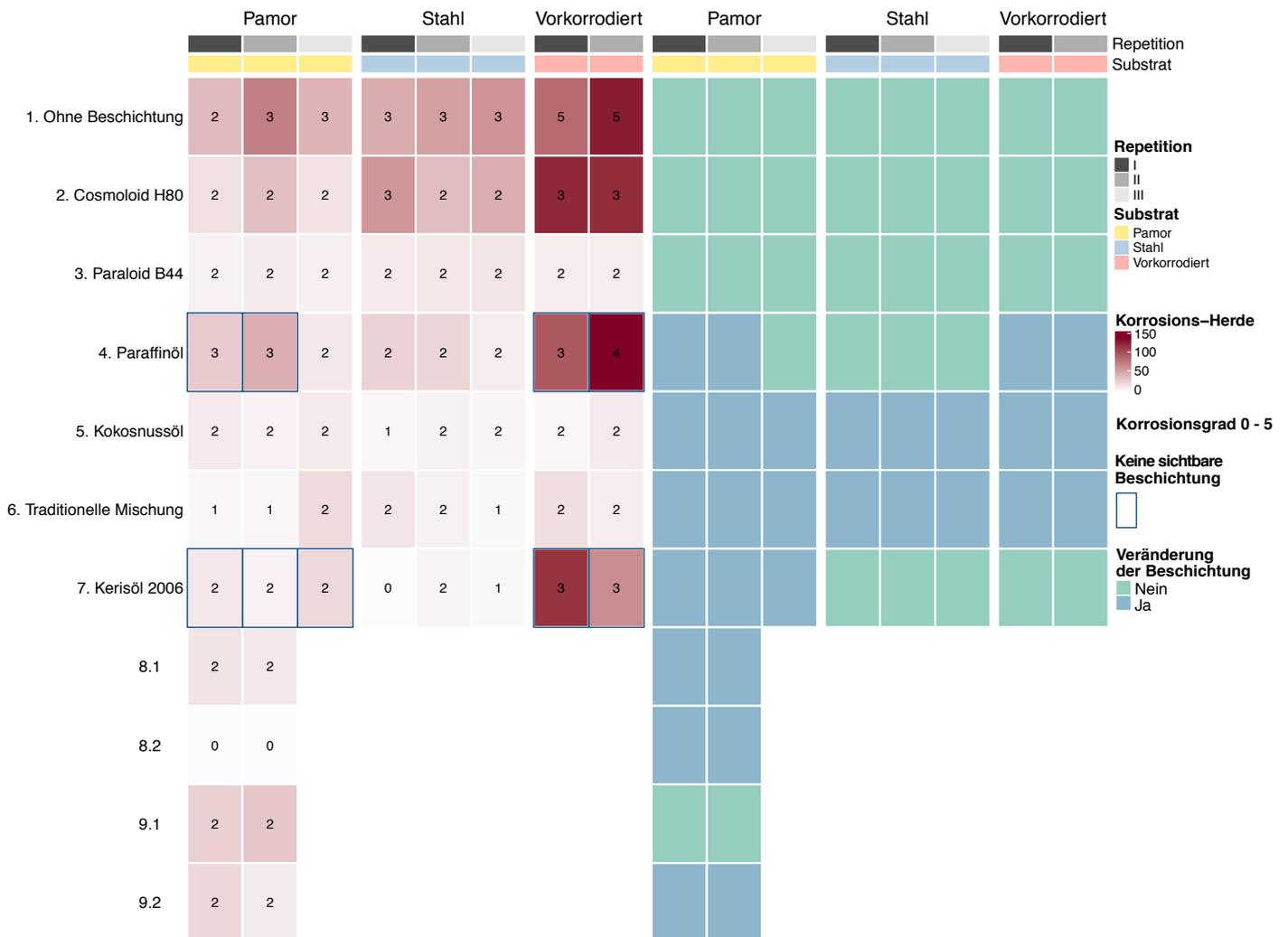
Das Versuchsset 8 mit Überresten der traditionellen Ätzung auf der Oberfläche und das Versuchsset 9 ohne traditionelle Ätzung weisen geringere Korrosion auf, im Vergleich mit den geätzten und gereinigten Coupons von Set 1. Es kann daher keine korrosionsfördernde Wirkung durch die Überreste festgestellt werden. Durch den Vergleich mit dem neunten Versuchsset kann auch kein korrosionsmindernder Effekt durch eine traditionelle Ätzung erkannt werden. Daher erzeugt eine erneute Ätzung aus Korrosionsschutzgründen keinen Mehrwert.



Abbildung 28 Pamorcoupon 4.IIP welcher nach vier Wochen keine sichtbare Beschichtung mehr aufzeigt und verstärkte Korrosionserscheinungen entwickelt hat (eingezeichnet in Rot), Streiflichtaufnahme



Abbildung 29 Pamorcoupons 4.IIIP welcher auch nach den sechs Wochen in der Klimakammer sichtbar eine Beschichtung aufwies und geringere Korrosionserscheinungen (eingezeichnet in Rot), Streiflichtaufnahme



Grafik 5 Zusammenfassende Illustration des Korrosionsverhalten der unterschiedlich beschichteten Coupons, dargestellt mit der Menge der Korrosions-Herde in Zusammenhang gestellt mit dem Korrosionsgrad von 0 - 5 auf sowie dem Verlust der visuellen Präsenz der Beschichtung (linke Seite) und die allgemeine Illustration der Coupons, welche durch den Belastungstest eine Veränderung aufzeigen (rechte Seite)

Die Paraloid® B44 Beschichtung auf den vorkorrodierten Coupons macht es schwierig ein Fortschreiten der Korrosionserscheinungen zu verfolgen. Nach den guten Bewertungen der Paraloid B®44 Beschichtungen in den Publikationen, wurde ein besserer Korrosionsschutz erwartet.

Die fadenförmige Korrosionserscheinung lassen durch den Aufbau aus den zusammengefallenen Tropfen¹³³ ein hygroskopisches Material auf der Oberfläche vermuten. Es wird stark angenommen, dass es sich nicht um den Korrosionsprozess der



Abbildung 30 Fadenförmige Korrosionserscheinung auf unbeschichtetem Pamorcoupon 1.IIP 200x

filiformen Korrosion mit einer Beschichtung handelt.¹³⁴ Die fadenförmige Anordnung der Korrosion kann sich durch die Flüssigkeit der Tropfen in dieser Form ausgebreitet haben. Die Feuchtigkeit sammelt sich im Tropfen bis zum Zeitpunkt an dem die Flüssigkeit aus der stabileren Tropfenhaut ausbricht. Dies geschieht am Tropfen lokal, wodurch die Flüssigkeit in eine Richtung läuft und einen neuen Tropfen oder Fleck bildet, wodurch die Fadenform entsteht (Abbildung 21 S.63). Dies erklärt, weshalb diese Korrosion weniger deutlich einen Kopf verglichen mit der filiformen Korrosion aufweist. Die Flüssigkeit folgt dem Weg des geringeren Widerstandes ohne die geordneten Abläufe der filiformen Korrosion unter einer Beschichtung. Mit bereits vorhandenen Fäden läuft die Flüssigkeit teilweise zusammen und bildet so geschlossene Ringformen (Abbildung 30 S.74).

Die Korrosionsprodukte der fadenförmigen Korrosionserscheinung konnte mit einer EDX EDS Analyse analysiert werden.¹³⁵ Diese Ergab die Präsenz von Kohlenstoff und Chlor, vermutlich in der Form von Chloriden. Von Korrosionsexperte Markus Faller wird die Präsenz eines hygroskopischen Salzes vermutet, welches diese fadenförmige Anordnung erzeugt. Woher ein solches Material stammt, ist unbekannt. Ein Zusammenhang mit der Herstellung der Pamorcoupon ist jedoch wahrscheinlich.

Die meisten Korrosionsmorphologien der Coupons sind vergleichbar auf den Objekten des MKB zu erkennen. Ein wesentlicher Unterschied ist die stärkere Ausprägung und die Präsenz von flächiger Korrosion auf den Objekten. Fadenförmige Korrosion konnte nicht auf den Objekten erkannt werden.¹³⁶

¹³³ Beschrieben und illustriert in Kapitel 8.2.1 Korrosionsmorphologie der Versuchssets S.62

¹³⁴ 14.Anhang: Korrosionsmorphologie, 14.3 Filiforme Korrosion, S.91/92

¹³⁵ 15.Anhang: REM EDX Analysen, S.94.

¹³⁶ 17.Anhang: Vergleich der Coupons mit den Objekten des MKB, 17.2 Vergleich des Korrosionsverhalten der Coupons mit den 13 Klingen, S.97-101.

9.2. Reversibilität und Wiederbearbeitbarkeit, Pflege

Die Pflege und Erneuerung der Beschichtungen wird auch im musealen Umfeld, wenn auch in signifikant grösseren Abständen erfolgen müssen, um den Schutz und die Ästhetik der beschichteten Klingen aufrechtzuerhalten. Durch die ungleichmässigen Oberflächen, das oft starke Relief und belassene Korrosionsprodukte kann bei keinem Beschichtungsauftrag von einer vollständigen Reversibilität ausgegangen werden. Daher sollte eine Beschichtung mit einer guten Wiederbearbeitbarkeit vorgezogen werden. Es muss bedacht sein, dass jede aufgebraute Beschichtung teilweise auf der Oberfläche verbleibt und spätere Analysen und Interpretationen beeinflussen kann. Daher sollte das Aufbringen neuer Materialien vermieden werden.

Ein Beschichtungssystem, welches eine zeitlich effiziente Erneuerung der Beschichtung erlaubt, erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass diese umgesetzt wird. Bei den meist zahlreichen Kerisen in den musealen Sammlungen wird eine solche Pflegemassnahme immer eine bedeutende Zeitspanne einnehmen.

Lackbeschichtungen müssen weitgehend entfernt werden, um eine neue Schutzschicht aufzubringen. Bei chemisch stabilen Ölbeschichtungen kann eine Erneuerung der Beschichtung ohne eine vollständige Entfernung erfolgen. Das Wichtigste bei diesen Beschichtungen ist die Entfernung der Verschmutzungen, welche daran haften. In Bezug auf Pflegemassnahmen ist eine Ölbeschichtungen vorzuziehen. Die Entfernung dieser Beschichtungen ist bereits durch Baumwolltücher möglich.

9.3. Reflexion zur Evolution in der traditionellen Beschichtung

Die Testreihe zeigt auf, dass durch den Wechsel von der traditionellen natürlichen Beschichtungsmethode zu den synthetischen Ölen keine Verbesserung des Korrosionsschutzes erreicht wurde. Diese Testreihe zeigt sogar das Gegenteil auf. Die natürlichen wie auch die synthetischen Öle weisen eine starke Staubhaftung auf. Das Kerisöl 2006 wurde zusätzlich leicht gelblich.

Auch heute finden die natürlichen Mischungen noch Verwendung, daher und durch die Jahrhundertelange Verwendung kann auch kaum von Langzeitschäden ausgegangen werden. Es konnten keine ästhetischen Vorteile oder Korrosionsschutzfaktoren festgestellt werden, welche den Wechsel von den natürlichen Ölen zu den modernen Ölen begründen würden. Es kann vermutet werden, dass diese Entwicklung auf den Einfluss aus anderen Bereichen und den westlichen Regionen zurückzuführen ist und nicht auf eine Unzufriedenheit mit der natürlichen traditionellen Beschichtung. Mit einer regelmässigen Pflege scheint eine natürliche traditionelle Ölbeschichtung für das feuchte indonesische Klima einen sehr guten und den synthetischen Ölen überlegenen Schutz zu bieten.

10. Oberflächenschutz von Kerisklingen für das museale Umfeld

Ausgehend vom Zustand der Kerisklingen in der Sammlung des MKB, auf denen viele unterschiedliche, nicht mehr schützende Beschichtungen und Korrosionserscheinungen beobachtet wurden, sollte ein allgemeingültiges Erhaltungskonzept für Kerisklingen erarbeitet werden. Dazu wurde die Methode nach Appelbaum angewandt und zuerst durch eine ganzheitliche Herangehensweise, welche die materielle und immaterielle Bedeutung für die Interessengemeinschaften der Ursprungsländer miteinbezieht, der «Idealzustand» einer Kerisklinge bestimmt. Damit sollte die Frage des Umgangs mit dem Klingenzustand und den Beschichtungsresten in Bezug sowohl auf konservatorische als auch auf zum Objekt gehörende spirituelle Aspekte beantwortet werden.

Im Folgenden werden der Unterschied von traditioneller und musealer Umgebung erläutert, der Idealzustand, das Beschichtungsmaterial sowie das Konservierungskonzept der Klingen beschrieben.

10.1. Unterschied von traditioneller und musealer Umgebung

Kerise können im Laufe ihrer Geschichte sehr unterschiedlichen Umgebungen und Nutzungsbedingungen ausgesetzt sein: Von einem traditionellen Umfeld in Indonesien bis hin zu einem musealen Umfeld in Europa.¹³⁷ Pflege-, Konservierungs- oder Restaurierungsmassnahmen können und sollten dem jeweiligen Kontext Rechnung tragen und entsprechend daraufhin abgestimmt werden. Vereinfacht können die grundsätzlichen Unterschiede dieser beiden Situationen – traditionelles und museales Umfeld – anhand der Kontextfaktoren Klimaeinflüsse, Gebrauch und Bedeutung für die Interessensgruppen gegenübergestellt werden.¹³⁸

Im traditionellen Umfeld sind die Objekte einem korrosionsfördernden Klima ausgesetzt. Sie werden regelmässig benutzt, betrachtet und in den Scheiden aufbewahrt. Dadurch entsteht unvermeidbar eine gewisse Abnutzung der Beschichtung und Verschmutzungen können auf die Oberfläche gelangen. Die regelmässige Betrachtung hat den grossen Vorteil, dass eine regelmässige Zustandskontrolle erfolgt und die Dringlichkeit einer Pflege erkannt werden kann. Kerise sind in den Interessengemeinschaften der Herkunftsländer Objekte grosser spiritueller und persönlicher Bedeutung, woraus der prominente immaterielle Wert resultiert.

Im musealen Umfeld werden die Klingen in Europa nicht mehr als spirituelle Objekte benutzt, sie werden in der Regel in einem kontrollierten Klima aufbewahrt und sind somit geringeren Korrosionsfaktoren ausgesetzt. Durch die seltene Manipulation wird eine Beschichtung kaum abgenutzt.

¹³⁷ Die gängige Situation in einer Privatsammlung wird ausgeklammert, da diese sehr stark variieren kann und daher eine Verallgemeinerung schwierig ist. Zusätzlich können viele Überschneidungen mit einer traditionellen indonesischen und musealen Situation vorhanden sein.

¹³⁸ Zusätzliche Informationen sind im 2. Anhang, 2.3 Aufbewahrungsumstände und Klimasituation im Wandel der Objektgeschichte, S.22/23 zu finden.

Ein Risiko kann die seltene Sichtung und somit die fehlende regelmässige Zustandskontrolle darstellen. Handlungsbedarf in der Pflege wird dadurch möglicherweise erst nach starkem Fortschreiten des Alterungsprozesses erkannt. Für die Museen steht keine persönliche kulturelle Bedeutung im Vordergrund, sondern primär der Forschungswert und die ästhetischen Werte.

10.2. Der „Idealzustand“

Nach dem dritten Schritt der Methodik nach Appelbaum¹³⁹ wird der sogenannte „Idealzustand“ ermittelt. Ziel ist, möglichst viel des materiellen und immateriellen Wertes des aktuell vorhandenen Objekts für die Zukunft zu erhalten. Dazu wird nach umfassenden Recherchen und der Betrachtung der kulturellen Werte der „Idealzustand“ für den zukünftigen Erhalt interpretiert. Die folgenden sechs Grundsätze sollen das Konservierungs- und Restaurierungskonzept für Kerisklingen in musealen Sammlungen leiten, und so sicherstellen, dass Informationsverlust und materielle Schäden möglichst vermieden werden unter Einbezug ästhetischer Aspekte.

1. Oberfläche der Klingen erhalten
2. Bei starken Korrosionserscheinungen die Korrosionsprodukte reduzieren
3. Beschichtung dokumentieren und analysieren
4. Nicht mehr funktionale Beschichtungen entfernen
5. Schützende Beschichtung auftragen
6. Beschichtung pflegen und erneuern

Mit diesen Grundsätzen wird sichergestellt, dass die Informationen zu den Kerisklingen erhalten bleiben, das Material der Klingen konserviert wird und die Verbindung mit dem kulturellen Kontext der Herkunftsländer bestehen bleibt.¹⁴⁰

10.3. Die Beschichtung für die Kerisklingen

Eine Beschichtung aus einer Mischung aus natürlichen Ölen soll für die Kerisklingen Verwendung finden. Die durchgeführten Vergleiche haben ergeben, dass die traditionelle kokosnussölbasierte Mischung den besten Korrosionsschutz, eine der spirituellen Bedeutung angemessene Ästhetik und eine akzeptable Klebrigkeit aufweist. Diese Beschichtung findet seit Jahrhunderten und bis heute Verwendung. Durch diese Arbeit konnten bedingte Resultate zum Langzeitschutz hervorgebracht werden, die langjährige Verwendung lässt jedoch keine grösseren Nachteile vermuten.

Es kann eine Mischung von 50% Kokosnussöl, 25% Sandelholzöl und 25% Ylang-Ylang (w/w) unter Vorbehalten empfohlen werden. Diese Beschichtung wird leicht erwärmt (ca. 30° C), um die Öle gleichmässig zu vermischen und mit einem Baumwolltuch in einer dünnen Schicht auf die trockene und saubere Klinge aufgebracht.

¹³⁹ Beschrieben in Kapitel 1.2 Arbeitsschritte, Vorgehensweise und Methode S.16

¹⁴⁰ Eine detaillierte Erklärung und Begründung für die ermittelten Grundsätze sind im 5.Anhang: Ermittlung des „Idealzustandes“ S.43/44 nachzulesen.

10.4. Konzept der Umsetzung des Oberflächenschutzes im musealen Umfeld

Basierend auf den sechs Grundsätzen für den Erhalt des „Idealzustandes“ wird das Konservierungs- und Restaurierungskonzept beschrieben. Diese Massnahmen sind auf den musealen Kontext bezogen und die Wahl des Oberflächenschutzes ist auf die Ergebnisse des Belastungstest gestützt. Das Konzept bezieht sich nicht auf eine spezifische Sammlung, sondern allgemein auf museale, europäische Kerissammlungen. Dies ist möglich, da keine signifikanten Unterschiede zwischen den betrachteten Sammlungen festgestellt wurden.

Oberfläche der Klingen erhalten (1. Grundsatz) und **bei starken Korrosionserscheinungen die Korrosionsprodukte reduzieren** (2. Grundsatz). Durch eine Trockenreinigung werden die Verschmutzungen auf der Oberfläche entfernt. Viele Kerisklingen haben gering haftende Korrosionsprodukte auf der Oberfläche. Diese können mechanisch mit einem Pinsel, Wattebausch und einem Lösemittel¹⁴¹ entfernt werden. Falls die Korrosionsprodukte dadurch nicht genügend reduziert werden, können kleine Schaber aus Holz oder Kunststoff für die betroffenen Bereiche geformt und eingesetzt werden. Das Potential der Erzeugung von Kratzern durch mechanische Methoden muss bei jeder Methode überprüft werden. Der Erhalt der Oberfläche hat Priorität vor der Entfernung der Korrosionsprodukte. Lose aufliegende Korrosionsprodukte sollen vollständig entfernt werden. Aus den bereits erwähnten Gründen¹⁴², wird eine neue Ätzung im musealen europäischen Kontext abgelehnt.

Beschichtungen analysieren und dokumentieren (3. Grundsatz). Die Oberfläche mit den Beschichtungen soll genau untersucht und dokumentiert werden. Die Photographien sollen durch farblich normierte Bilder erfolgen. Weiter sollen UV Aufnahmen, ebenfalls immer mit der selben Methode und einer UV Farbkarte, ausgeführt werden.¹⁴³ Mikroskopische Aufnahmen müssen auf Abbildungen des ganzen Objekts lokalisiert werden und repräsentative Detailaufnahmen der Beschichtung dokumentieren.

Die genaue Zusammensetzung des vorhandenen Beschichtungsmaterials liefert wichtige Objektinformationen und soll daher wenn immer möglich analysiert werden. Materialproben für zukünftige Analysen sollen dem Objekt zugeordnet aufbewahrt werden. Ist genügend Probematerial vorhanden, kann dieses durch Spotttests auf die Inhaltsstoffe untersucht werden. Weitere Analysen sind mit FTIR-Spektroskopie möglich. Um die Zusammensetzung von den Ölmischungen genauer zu analysieren, kann die Gaschromatographie eingesetzt werden. Diese erlaubt es, die, falls noch vorhanden, meist sehr flüchtigen ätherischen Öle zu analysieren.¹⁴⁴ Eine Beschreibung des Zustandes

¹⁴¹ Beispielsweise Ethanol oder Aceton, welche bei ausgeführten Tests beide keine Veränderungen auf der Oberfläche hinterlassen. Dies wurde auf den Pamorcoupons getestet und muss auf den Museumsobjekten individuell verifiziert werden.

¹⁴² 5.Anhang: Ermittlung des „Idealzustandes“ S.43/44

¹⁴³ Schröter et al, 2019, S.5

¹⁴⁴ Von Dr. Francesco Caruso des Forschungszentrum sik-isea wird in begrenztem Masse die

der Klinge soll diesen Information hinzugefügt werden, um die Langzeitauswirkungen der Beschichtungen zu erkennen.

Nicht mehr funktionale Beschichtungen entfernen (4. Grundsatz). Nach der Dokumentation können die Beschichtungsresten von den Klingenoberflächen entfernt werden. Da sehr viele unterschiedliche Beschichtungen auf den Klingen vorhanden sein können, muss eine für die Klinge schonende Methode zur Entfernung jeweils individuell evaluiert werden.

Schützende Beschichtung auftragen (5. Grundsatz). Die Kerisklingen sollen mit einem neuen funktionierenden Beschichtungssystem versehen werden. Eine natürliche Ölbeschichtung ist die beste Wahl, um zu verhindern, dass für die Objekte untypische Alterungsprozesse entstehen. Untypische Alterungsprozesse können die Förderung einer Korrosionsmorphologie sein, welche in traditionellem Umfeld nicht entstehen würden oder ästhetische Veränderungen der Beschichtung erzeugen, welche nicht der traditionellen Ästhetik entsprechen. Da die Testreihen für die traditionellen, natürlichen Beschichtungen einen guten Korrosionsschutz ergeben haben, kann dem Grundsatz der Restaurierungsethik, traditionelle Methoden vorzuziehen, auch aus konservatorischer Hinsicht gefolgt werden.

Die Zusammensetzung der traditionellen Beschichtung von 50% Kokosnussöl, 25% Sandelholzöl und 25% Ylang-Ylang kann aufgrund der Resultate dieser Arbeit als Oberflächenschutz für die Kerisklingen empfohlen werden.

Die Klinge muss vor der Beschichtung entfettet und getrocknet werden. Dies erfolgt beispielsweise im Aceton Bad, im Grenzbereich zum Griff jedoch lokal mit in Aceton getränktem Wattebausch. Unmittelbar danach kann die neue Beschichtung auf die trockene und gereinigte Oberfläche aufgetragen werden.

Beschichtung pflegen und erneuern (6. Grundsatz). Durch eine regelmässige Erneuerung der Beschichtung wird die schützende Wirkung und die ästhetische Erscheinung aufrecht erhalten. Die Information zum olfaktorischen Aspekt des Objekts Keris soll bewahrt werden. Das Miteinbeziehen des Objektgeruches kann auch im Zusammenhang mit Kunstvermittlungsangeboten und Ausstellungen interessante Perspektiven eröffnen.

Obwohl diese Massnahmen für die ganzen Sammlungen von Kerisen formuliert sind und eine einheitliche Herangehensweise gewünscht ist, muss jede Klinge individuell betrachtet werden, um die genauen Bedürfnisse nach diesen Grundprinzipien zu ermitteln und umzusetzen.

Möglichkeit gesehen diese Inhaltsstoffe, wenn noch vorhanden, zu analysieren. Für die Interpretation muss Vergleichsmaterial der einzelnen Bestandteile zur Verfügung stehen.

Da es sich bei einem Keris um ein Kompositobjekt handelt, muss im Zusammenhang der Massnahmen an den Klingen das gesamte Objekt im Auge behaltet werden. Die Beurteilung des Bedarfs an konservatorischen und restauratorischen Massnahmen muss eruiert und in die Umsetzung der Restaurierung der Klingen miteinbezogen werden.

10.4.1. Der Pflegerhythmus in musealem Umfeld

Im traditionellen Umfeld wurde die Reinigung, erneute Ätzung und Beschichtung jährlich durchgeführt. Auch wenn bestimmt viele Faktoren dazu geführt haben, dass diese Regelmässigkeit entstand, kann davon ausgegangen werden, dass der Klingenzustand ein entscheidender Faktor war. Die Erfahrung hat offenbar gezeigt, dass nach ungefähr einem Jahr die Schutzwirkung des Öles nicht mehr vorhanden ist und die Ästhetik nicht mehr dem gewollten Erscheinungsbild entspricht. Daraus kann gefolgert werden, dass eine jährliche Erneuerung der Beschichtung sowohl dem indonesischen Klima als auch dem traditionellen Gebrauch entspricht.

Im musealen Umfeld sind die Klingen deutlich weniger korrosiven Klimabedingungen ausgesetzt. Dies wird eine länger andauernde Korrosionsschutzwirkung bei identischer Beschichtung ermöglichen. Im musealen Umfeld werden die Objekte nur sehr selten und mit Handschuhen berührt, wodurch von einer geringen Abnutzung der Beschichtung und Verschmutzung der Oberfläche ausgegangen werden kann. Im musealem Umfeld kann daher eine deutlich längere Schutzdauer erwartet werden. Aufgrund der Beobachtungen und Tests wird von der Autorin eine Erneuerung ungefähr alle 10 Jahre empfohlen. Dies ist jedoch von vielen Faktoren abhängig und muss durch Langzeitbeobachtungen überprüft werden.

10.4.2. Lagerung und Handhabung

Die seltenere Handhabung der Objekte im musealen Umfeld vermindert eine schnelle Abnutzung einer Beschichtung, jedoch erfolgt dadurch auch keine regelmässige Überprüfung des Zustandes. Eine regelmässige Überprüfung des Zustandes der Klingen ist Voraussetzung, um die Notwendigkeit von konservatorischen Massnahmen zu erkennen.

Bei der Handhabung von Kerisklingen mit einem Öl als Schutzschicht muss darauf geachtet werden, dass Berührungen der Klingen möglichst vermieden werden, um einen Beschichtungsverlust zu verhindern und die Beschichtung nicht auf andere Objekte zu übertragen.

Die Kerise dürfen nur mit sauberen Handschuhen berührt werden. Verschmutzungen der Hände können lokale Korrosionserscheinungen auslösen, wie dies auf Objekt 3 deutlich zu erkennen ist.

In traditionellem Umfeld werden die Klingen in den Scheiden gelagert und teilweise zusätzlich in einem Etui. Dies bringt eine Abnutzung der Beschichtung, naher Kontakt des Holzes mit dem Metall und die Kontamination durch Holzpartikel von der Innenseite der Scheide mit sich. Die Aufbewahrung einer Klinge ohne jegliche Schutzumhüllung, ist im Widerspruch zu den traditionellen Werten und daher auch im musealen Umfeld kaum zu begründen. Um korrosionsfördernde Staubablagerungen auf den Klingen

zu vermeiden, spricht auch aus konservatorischer Sicht für eine Bedeckung der Klingen. Dazu kann jedoch auch eine alternative Umhüllung aus inertem Material für die Lagerung in Betracht gezogen werden. Dadurch kann die Ablagerung von Verschmutzungen verhindert werden und die Klinge ist trotzdem in spiritueller Hinsicht eingeschlossen. Auch im traditionellen Umfeld werden Scheiden nur temporär für die Lagerung oder den Transport eingesetzt.¹⁴⁵ Scheide und Klinge müssen trotzdem gemeinsam aufbewahrt werden, da diese eine Einheit bilden und in spirituellem Sinne zusammengehören. Bei der Begutachtung der Sammlung konnte erkannt werden, dass einige Klingen und Scheiden vertauscht wurden, dies soll durch die gemeinsame Lagerung vermieden werden.

In die Scheiden kann eine Konterform, in der Form des Keris, aus einem etwas weicheren, aber stabilen Material eingefügt werden und die Spannungen auf die Scheide zu vermindern, aber die passende Innenform zu erhalten. Idealerweise erfolgt die genaue Formgebung durch einen 3D-Scan der jeweiligen Klinge. Ein 3D-Druck erlaubt die Herstellung der Konterform in einem stabilen Kunststoff.¹⁴⁶ Dies kann in vielen Institutionen zu aufwändig und kostspielig sein. Eine von Hand geformte Konterform kann denselben Zweck erfüllen. Ob eine Konterform überhaupt für jede der sehr unterschiedlichen Scheiden benötigt ist, muss individuell betrachtet werden.

Eine Lagerung der Klingen in den Scheiden konnte jedoch nicht in vielen Fällen als sehr schädlich für die Klingen erkannt werden. Eine frühzeitige Abnutzung der Beschichtung an den Klingenspitzen ist jedoch sicherlich auf diese Lagerung zurückzuführen. Ist eine Lagerung ausserhalb der Scheiden nicht möglich, sollte der Oberflächenschutz öfters kontrolliert werden und geringe Schwankungen der RH sind anzustreben.

Das ermittelte Konzept zum Erhalt und Umgang mit Kerisklingen kann für die Sammlung des MKB umgesetzt werden. Im 18.Anhang: Fallbeispiel MKB, S.102 wird auf spezifische Unterschiede mit anderen Sammlungen eingegangen und zusätzliche Bedürfnisse dieser Sammlung betont.

¹⁴⁵ Weihrauch, 1996, S.121

¹⁴⁶ Pamer, 2014, S.1

11. Schlussfolgerung zur Masterarbeit und Ausblick

Das Ziel eines Vergleichs von modernen und traditionellen Beschichtungen konnte mit dieser Arbeit umgesetzt werden. Es konnten schlüssige Informationen mit den Vergleichen und dem Belastungstest herausgefunden werden. Besonderen Mehrwert ergab der direkte Vergleich auf den drei Substrate, da sich die Oberflächen der Kerisklingen sehr stark unterscheiden und in unterschiedlichen Zuständen befinden. Nicht alle Klingen sind mit dem selben Substrat am besten vergleichbar. Die durch den Belastungstest entstandenen Korrosionserscheinungen sind mit den Museumsobjekten vergleichbar. Dadurch sind die Resultate dieser Testreihe nicht auf alle jedoch auf viele Kerise und Klingenzustände übertragbar und liefern wertvolle, handlungsweisende Erkenntnisse für die museale Praxis.

In einem kritischen Rückblick auf die Versuchsreihe können einschränkende Faktoren erkannt werden, welche potentiell die Vergleichbarkeit des Probematerials gemindert haben oder Methoden und Vorgehensweisen deren Verbesserung zu eindeutigeren Resultaten führen würden. Die Herstellung der Pamorcoupons in einer modernen europäischen Werkstatt, die Auswirkungen der traditionellen Ätzung in Laborbedingungen, mit teilweise grösseren Abständen zwischen den Etappen, können einen Einfluss auf die Vergleichbarkeit mit den Objekten gehabt haben.

Entscheidend für die Validität der Ergebnisse ist die Anzahl der Coupons je getesteten Parameter. Drei können bereits aussagekräftige Resultate liefern, mehr Coupons würden jedoch eine eindeutigere und zuverlässigere Interpretation zulassen. Daher werden für zukünftige Testreihen je vier bis sieben Coupons empfohlen. In dieser Arbeit war es aus zeitlichen Gründen und der benötigten Materialmenge nicht möglich dies umzusetzen, da ein grösserer Mehrwert darin gesehen wurde, zusätzliche Beschichtungsmaterialien in den Testreihen berücksichtigen zu können.

Die Lieferschwierigkeiten des TeCero Waches verhinderten, dass dieses getestet werden konnte. Dies wird bedauert, da kaum Studien zum Korrosionsschutz auf Eisen, dieses viel verwendeten Wachs gefunden werden konnten. Zukünftige Studien sollten diese Lücke schliessen.

Die Zeit nach dem Belastungstest war durch die Umstände sehr kurz. Mehr Zeit hätte die Möglichkeit ergeben, einen breiteren Austausch mit unterschiedlichen Experten und zusätzliche Analysen vorzunehmen. Dies hätte interessante Zusatzinformationen oder Sichtweisen auf die Resultate geben können. Viel Information, welche zu den Klingen und den Beschichtungen erarbeitet werden konnte, weist das Potential auf durch erneute genauere Betrachtung und weitere Vergleiche zusätzliche Rückschlüsse zu erlauben.

Es war möglich, die benötigten Informationen für ein allgemeingültiges Konservierungs- und Restaurierungskonzeptes für Kerisklingen in musealem europäischen Umfeld und der zusätzlichen spezifischen Betrachtung des Fallbeispiels des MKB, nach der beschriebenen Methodik zu ermitteln.

Da durch diese Arbeit die traditionellen natürlichen Öle als angemessen eruiert wurden, welche in der Konservierung kaum erforscht sind, bleiben Fragen zur Langzeitbeständigkeit offen. Durch diesen in der

Konservierung sehr wichtigen Aspekt konnte am Ende dieser Arbeit nicht ein genaues Rezept einer natürlichen Ölmischung als die mit Sicherheit beste Lösung für den Oberflächenschutz von Kerisen bestimmt werden. Diese Arbeit konnte jedoch klar aufzeigen, dass die geeignete Beschichtung im Bereich der traditionellen Öl-Mischungen zu finden ist und das getestete Rezept der traditionellen Mischung unter den erwähnten Vorbehalten Verwendung finden kann.

Durch eine längere Auseinandersetzung mit dem Thema des Oberflächenschutzes, der Konservierungsethik und dem spirituellen und traditionellen Kontext der Kerise wurde die Wichtigkeit des immateriellen Wertes erkannt. Das Gewicht dieses Aspektes war am Anfang dieser Arbeit nicht in diesem Ausmass zu erkennen. Der immaterielle Wert erwies sich als wichtiges Kriterium der Beurteilung, auch in Bezug auf die ästhetischen Aspekte, welche als Indikator für den immateriellen Zustand gesehen werden können.

11.1. Fortführende Tests

Die vorliegende Arbeit hat neben vielen Antworten und Erklärungen zusätzlich neue Fragen aufgeworfen, welche weiterverfolgt werden sollten.

Die natürlichen traditionellen Beschichtungsmethoden finden in der aktuellen Konservierung und Restaurierung kaum Anwendung. Daher ist trotz der guten Korrosionsschutzegebnisse in dieser Arbeit, die keine Anzeichen von negativen Effekten andeuten, in Bezug auf die Langzeitwirkung keine genaue Vorhersage möglich. Studien mit längeren Testlaufzeiten zum Langzeitschutz sind unbedingt notwendig und sollten u.a. die Veränderung des pH-Wertes des Beschichtungssystems auf lange Sicht testen.

Die Regelmässigkeit der Erneuerung des Oberflächenschutzes ist im Zusammenhang mit dem Langzeitschutz ebenfalls noch zu eruieren. Es wird angenommen, dass der Langzeitschutz zu einem Grossteil von der Effizienz des Staubschutzes abhängt.

Weitere Tests können in Bezug auf die Rezeptur der traditionellen Ölmischungen erfolgen. Falls durch die Analysen der vorhandenen Beschichtungsmaterialien zusätzliche Öle nachgewiesen werden können, sollten diese für die weiteren Testreihen miteinbezogen werden.

Werden die Klingen ausserhalb der Scheiden aufbewahrt, müssen diese mit einer Schutzhülle umgeben werden. Die Materialien für diese Schutzhülle müssen genau betrachtet werden, um negative Auswirkung von diesen Materialien auf die Klinge auszuschliessen.

Die erkannte fadenförmige Korrosionserscheinung auf den unbeschichteten Coupons verdient eine genauere Betrachtung. Diese Arbeit konnte nur Ansätze einer möglichen Erklärung liefern. Diese Studie kann auch in Bezug auf eine allgemeinere Korrosionsforschung fortgeführt werden und muss keinen direkten Zusammenhang mit den Kerisklingen haben.

Literaturverzeichnis

Barclay und Hett 2007: Barclay, B. und Hett, C. *The Cleaning, Polishing and Protective Waxing of Brass and Copper – Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 9/3Canadian*. Online: <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/care--brass-copper.html>. Minister of Public Works and Government Services, Canada, [15.3.2020], 2007.

Barralis und Maeder 2002: J.Barralis et G. Maeder. *Métallurgie - Élaboration, Structures-propriétés, normalisation*. Édition mise à jour. Editions Nathan, Paris, 2002.

Bee 1996: Bee, M. "Keris for Investment. A Discerning Art Collector- of Singapor". In: Peniagakita, MAY/JUN 1996, S.24

Bezur et al 2020: Bezur, A., Lee, L., Loubser, M. und Trentelman, K. *Handheld XRF in Cultural Heritage – A practical Workbook for Conservators*. Getty Conservation Institute. Los Angeles. 2020.

Brocard 2006: Brocard , T. "Cires microcristallines pour la protection des alliages cuivreux exposées en extérieur". In: conservation et restauration des biens culturels. Cahier technique n°17. Journée de la section française du groupe Métal d'ICOM-CC. Inp, Paris, 2006.

Charta von Burra 2013: The Burra Charter: The Australia ICOMOS Charter for Places of Cultural Significance, Burwood, 2013.

Conserve O Gram 2000: Conserve O Gram. *The use of Ultraviolet induces visible-Fluorescence in the examination of museum objects*, Part II. National Park Serviede, department of the interior, Upland, 2000.

Cosentino 2015: Cosentino, A. "Practical notes on ultraviolet technical photography for art examination". In: Conservar Património, Sant'Antonio, 2015. S.53–62.

Database of ATR-FT-IR 2020: Database of ATR-FT-IR spectra of various materials. Online: http://lisa.chem.ut.ee/IR_spectra/paint/binders/ [11.3.2020], 2020.

Dalewicz-Kitto 2016: Dalewicz-Kitto, S. J. *Journal of the Institute of Conservation. Stopping corrosion around the world: an investigation into protective surface coatings on arms and armour*. online : <https://doi.org/10.1080/19455224.2016.1152990> [5.3.2019], 2016.

Degrigny 2008: Degrigny, C. "The search for ne wand safe materials for protecting metal objects". In: *Metals and Museums in the Mediterranean – Protectin, Preserving and Interpreting*. Edited by Vasilike Argyropoulos. The PROMET Consortium. TEI, Athen, 2008, S. 179 – 231.

Degrigny 2019: Degrigny, C. und Schröter, J. "Aluminium Alloys in Swiss Public Collections: Identification and Development of Diagnostic Tools to Assess Their Condition". In: *Metal 2019*. Neuchâtel, 2019, S.1-8.

Deutsches Klingenmuseum 2020: Kloubert, U., Marlow, M., Weihrauch, A., Wetzler, S., Dekker, P. Singh, R. *Steel and Magic – Edged Weapons oft he Malay Archipelago*. Deutsches Klingenmuseum Solingen, Edition Fichter. Frankfurt am Main, 2020.

Derrick et al. 1999: Derrick, R. M., Stulik, D. und Landry, J.M. *Infrared Spectroskopy in Conservation Science*. The Getty Conservation Institute. Los Angeles. 1999.

Die Chemie-Schule 2020: Die Chemie-Schule. Online: <https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Kokos%C3%B6l> [18.3.2020]

Down 2015: Down, J. L. "The evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives: A final research update". Canadian Conservation Institute, Ottawa, Canada. In: *Studies in Conservation*, Vol. 60 Nr. 1., 2015, S.33-54.

Egger 2006: Egger, J., *Möglichkeiten des Einsatzes von ätherischen Ölen gegen Pilzwachstum auf Trockenholzobjekten*. Haute Ecole d'Arts Appliqués ARC, La Chaux-de-Fonds, 2006.

Florapower 2020: Florapower. Online: <https://www.florapower.de/saaten-infothek/kokosnuss/> [18.3.2020]

Frankel 1963: Frankel, J. P. "The Origin of Indonesian "Pamor"". In: *Technology and Culture*, Vol. 4, No.1 (winter, 1963), The Johns Hopkins University Press and the Society for the History of Technology, 1963, S.14-21.

Freiherr von Richthofen 2020: Freiherr von Richthofen, G. Methodenbeschreibung zum REM und REM-EDX. HDZ Prüf- und Analysenlabor Aachen. S. 1-4 Online: <http://www.hdz-gruppe.de/fileadmin/hdz/downloads/pa/Grundlagen%20-%20Methodenbeschreibung%20REM%20und%20REM-EDX.pdf> [18.7.2020]

Günzler und Heise 1996: Günzler, H. & Heise, H. M. *IR-Spektroskopie – Eine Einführung*. (3., neu überarbeitete Auflage). Weinheim: VCH. 1996.

Haubner 2014: Haubner, R. Damaszenerschmieden . Gefügecharakterisierung von zwei Schmiedestücken mit unterschiedlichen Stahlkombinationen, 2014. ResearchGate [Online] 13.12.2019. <https://www.researchgate.net/publication/305830939>.

Hilbert 2002: Hilbert, G. S. *Sammlungsgut in Sicherheit*. 3. Auflage. Gebr. Mann Verlag, Berlin, 2002.

Hitchcock 1987 : Hitchcock, M. "The Bimanese Keris: Aesthetics and social value". In : *Bijdragen tot de Taal-, Land- en Volkenkunde van Nederlandsch-Indië Deel 143*. p.125 -140. Brill. 1987.

Horie 2011: Horie, C.V. *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives, and coatings*. second edition, Routledge, New York, 2011.

Hollner 2010: Hollner, S., Mirambet, F., Rocca, E. und Reguer, S. "Development of new environmentally safe protection systems for the conservation of iron artefacts". In: *Metal 2010*, S. 160 - 166. 2010

International Plant Names Index 2020: International Plant Names Index. Online: <https://www.ipni.org/n/20011680-1> [17.4.2020]. 2020.

Jensen 2007: Jensen, K. *The Kerisdisk - Keris (Keris)-types by Karsten Sejr Jensen*. 2007.

Joseph et al. 2007: Joseph, E., Letardi, P., Mazzeo, R., Prati, P. and Valdinì, M. "Innovative treatments for the protection of outdoor bronze monuments". In: Degriigny, C., Van Langh, R., Joosten, I. und Ankersmit, B. (Hgg.) *Protection of metal artefacts – METAL 07*. Amsterdam: Rijksmuseum, 2007, S. 71 – 77

Kerist 2008: S. Kerist, G. Buchbauer und C. Klausberger. *Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle*. Springer Verlag, Wien, 2008.

Kerner 1995: Kerner, M. *Der Keris im magischen Weltbild*, Kirchdorf, 1995.

Kerner 1996: Kerner, M., *Keris-Griffe – aus dem malaysischen Archipel*. Museum Rietberg Zürich, 1996.

Kerner 1997a: Kerner, M., *Ursprung der frühen Kerise*. Kirchdorf, 1997.

Kerner 1997b: Kerner, M., *Statistik der frühen Kerise*. Privatdruck, Kirchdorf. 1997.

Keurs 2009: ter Keurs, P. "COLLECTING IN THE COLONY Hybridity, power and prestige in the Netherlands East Indies". In: Indonesia and the Malay World Vol. 37, No. 108. Leiden, 2009, S.147–161.

Laenderdaten 2020: Laenderdaten.Info Online:

<https://www.laenderdaten.info/Asien/Indonesien/index.php> Bildschirmfoto [2020-02-01]. 2020.

Magnusson 2017: Magnusson, Y. „Mikrokristallines Wachs – Ein Beitrag zum besseren Verständnis.“ In: Restauro. Nr. 3, 2017, S. 18 – 21.

Marlow 2016: Marlow, M. "Malaiisches Archipel." In: Asiatische Blankwaffen, 2016, S.205 – 269.

Michalski 2007: Michalski, S. *The Ideal Climate, Risk Management, the ASHRAE Chapter, Proofed Fluctuations, and Toward a Full Risk Analysis Model*. Contribution to the Experts' Roundtable on Sustainable Climate Management Strategies, held in April 2007, Tenerife, Spain, 2007.

Mohamed 2016: Mohamed W. A., Rifai M. M., Ghany N. A. A. und Elmetwaly M. S. "Testing Coating Systems for Bare and Patinated Outdoor Bronze Sculptures". In: Metal 2016. New Delhi, 2016, S.161-169

Panseri 1965: Panseri, C. *Damascus steel in legend and in reality*. 1965, S.5-66.

Pamer 2014: Palmer, I. *3-D Druck in der Restaurierung? Evaluierung von FDM-3D-Druckfilamenten und ihrer Anwendungsmöglichkeiten*. Exposé Masterthesis. Masterstudium Konservierung und Restaurierung, HTW, Berlin. 2014.

Rassers 1940: Rassers, W.H. "On the Javanese Keris". In: Bijdragen tot de Taal-, Land- en Volkenkunde van Nederlandsch-Indië. Teil 99, 1940, S.501 – 582.

Roberge 2008: Roberge, P.R. *Corrosion Engineering Principles and Practice*, New York, 2008.

Sachse 1993: Sachse, M. *Damaszenerstahl – Mythos Geschichte Technik Anwendung*. Zweite erweiterte Auflage. Verlag Stahleisen, Düsseldorf, 1993.

Schmuecker et al 2010: Schmuecker E., Lees R. und Richardson T. „The examination and conservation of a 17th century indian horse armour“ In: Metal 2010. Charleston, 2010, S.120 – 126.

Schumann 2008: Schumann, W. *Edelsteine und Schmucksteine – Alle Arten und Varietäten 1900 Einzelstücke*. 14. Auflage, blv, 2008.

Schröter et al. 2019: Schröter, J., Michel, A., Paris C., Mirabaude, S., Bellot-Gurlet, S. und Brambilla, L. „Transparent Varnishes on Copper Alloys Dating from the 19th Century: Characterisation and Identification Strategies“. In: Metal 2019. Neuchâtel, 2019, S.1-9.

Scott und Gerhard 2009: Scott, D. A. und Gerhard, E. *Iron and Steel in Art Corrosion, Colorants, Conservation*. Archetype Publications Ltd, London, 2009.

Selwyn, 2004: Selwyn, L. *Métaux et corrosion: un manuel pour le professionnel de la conservation*. Institute canadien de conservation, Ottawa, 2004.

Shreir 2000: Shreir, L., Jarman, R. A. und Burstein. G. T. 1 *Corrosion: metal/environment reactions*. 3. Edition, Oxford, 2000.

Singh 2008: Singh, D. D. N. ICOM COMMITTEE FOR CONSERVATION, *Unfolding the mystery of the non-rusting behaviour of Damascus steel*. 2008.

Siatou et al 2007: Siatou, A., Argyropoulos, V., Charalambous, D., Polikreti, K. und Kaminari A. *Testing New Coating Systems for the Long-Term Protection of Copper and Iron Alloy Collections Exposed in Uncontrolled Museum Environment*. 2007.

Smith 1988: Smith, C. S. *A History of Metallography – The Development of Ideas on the Structure of Metals before 1890*. THE MIT PRESS, London, 1988.

Strlic et al 2010 : Strlic, M Cigic, IK, Mozir, A, Thickett, D, De Bruin, G, Kolar, J und Cassar, M. Test for compatibility with organic heritage materials – a proposed procedure, *E-Preservation Science*, 7, 2010. S.78-86

Thickett 2015: Thickett, D. *Corrosion Protection for Complex Large Equipment*. 2015.

Thickett 2019: Thickett, D. *The Use and Mis-use of Renaissance Wax*. In: *Metal 2019*, Neuchâtel, 2019. S. 1 – 8.

The Straits Times 1996: The Straits Times. *Simpler Keris cleansing ritual this year*. Singapor, 1996.

Tétreault 2003: Tétreault J., *Polluants dans les musées et les archives : évaluation des risques, stratégies de contrôle et gestion de la préservation*. Institut canadien de conservation, Ottawa, 2003.

Trethewey und Chamberlain 1995: Trethewey K. R. und Chamberlain J. *Corrosion for Science and Engineering*. 2. Edition. LONGMAN, Southampton, 1995.

Trüllinger und Zraggen 2002: Trüllinger S. und Zraggen M. „Neues zu asiatischen Kerisen – Ein Aufsatz zur Untersuchung an historischen Waffen“ In: *helvetia archaeologica* 131/132 Archeometallurgie, Schwabe & Co. Basel, 2002. S. 144 – 150.

UNESCO Office 2005: UNESCO Office Jakarta, *Annual Report 2005*. Jakarta., Indonesia, 2005.

Van Duuren 1996: Van Duuren D. *The Keris-An earthly approach to a cosmic symbol*. Pictures Publishers, Wijk en Aalburg, 1996.

Van Zonneveld 2001: Van Zonneveld A. G. *Traditional weapons of the indonesian archipelago*. C. Zwartenkot Art Books, Leiden, 2001.

Von Reumont 2018: Von Reumon C. E. *Positioning Wayang Kulit 'Properly' A Critical Survey on Western Museum's Conservation Practice*. Universität Bern Philosophisch-historische Fakultät. Institut für Sozialanthropologie, Masterarbeit, Bern, 2018.

Verhoeven 2018: Verhoeven J. *JOM the journal of the Minerals, Metals & Materials Society Damascus Steel Revisited*, Springer, online : <https://doi.org/10.1007/s11837-018-2915-z> [15.4.2019]. 2018.

Weihrauch 1996: Weihrauch, A. *Der Keris in Indonesien – Herkunft, Bedeutung, Typenvielfalt und symbolischer Hintergrund der Einzelelemente*. Lizentiatsarbeit, Ethnologisches Seminar der Universität Basel, 1996.

Weihrauch 2000: Weihrauch, A. *Die Herstellung eines Kris*. ificah. Hollenstedt. 2000. Online: http://ificah.de/wp-content/uploads/pdf/IFICAH_Herstellung_Keris.pdf. [1.6.2020].

Weihrauch 2001: Weihrauch, A. *Ursprung und Entwicklungsgeschichte des indonesischen Kris Historische und metallurgische Untersuchungen*. Inauguraldissertation, Philosophisch-Historischen Fakultät der Universität Basel, Basel, 2001.

Weihrauch et al 2015: Weihrauch, A., Kloubert, U., Aljunied, A. Götter-Schmiede Balinesische Zeremonialklingen Götter-Schmiede im kulturellen Kontext. IFICAH, International Foundation of Indonesian Culture and Asian Heritage, Hollenstedt-Wohlesbostel, 2015. online: <http://ificah.de/publikationen/> [1.6.2020].

Weihrauch 2017: Weihrauch, A., *Objekt des Monats - April 2017*. Ificah. online: <http://ificah.de/objekt-des-monats/2017-04-keris-kadutan/> [1.6.2020].

Wiesman 2005: Wiesman, M. "Invincibles Keris: poignées d'épées indonésienne". In: le magazine de l'art tribal. Numéro 11 autumn / hiver 2005, Primedia sprl. Bruxelles, 2005.

Wills und Metcalf 1999 : Wills S. und Metcalf S. V&A Conservation Journal. *Should a Conservation Treatment Reveal the Secret of Damascus Steel ?* 1999. S.10-13.

Wolfram et al. 2010: Wolfram J., Brüggerhoff S. und Eggert G. „Better than Paraloid? Testing Poligen® Waxes as coatings for metal objects“. In: Metal 2010. Charleston, 2010. S. 167 – 173.

Wolfe 2017: Wolfe J., Grayburn R., Khanjian H., Heginbotham A. und Phenix A. "Deconstructing Incalac: A formulation study of acrylic coatings for the protection of outdoor bronze sculpture". In: ICOM-CC 18th Triennial Conference, Copenhagen, 2017. S.1-9

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1 Keris mit Scheide Objekt 3. IIC 14573 aus der Sammlung des MKB..... | 18 |
| Abbildung 2 Visualisierung und Beschriftung einer Kerisklinge Dapor lok mit 9 Wellen und der Griffmontage sowie eine Scheide, wrangka gayaman mit offenem Pendok..... | 20 |
| Abbildung 3 Eine Opferzeremonie für Kerisklingen von Gaspar de Marval 2006 © de Marval 2006..... | 22 |
| Abbildung 4 Die Reinigung von Kerisklingen in einem Kokosnusswasserbad © de Marval 2006 | 22 |
| Abbildung 5 Ätzen von Kerisklingen mit Limettensaft und Warangan © de Marval 2006 | 22 |
| Abbildung 6 UVF Aufnahme von Objekt 2 IIC 2118 mit klar sichtbaren Laufspuren des Beschichtungsmaterials..... | 26 |
| Abbildung 6 Illustration der pH-Werte der Klingenoberfläche | 27 |
| Abbildung 8 Visualisierung der Versuchssets 1.- 9. mit den unterschiedlichen Substraten, P = Pamorcoupons, S = homogene Stahlcoupons, K = vorkorrodierte Stahlcoupons..... | 45 |
| Abbildung 9 Pamorcoupon mit Cosmoloid®H80 Beschichtung, welche nicht alle Tiefen der Schleifspuren bedeckt, schitbar auf dunkler Phase (Pfeil) 50x..... | 48 |
| Abbildung 10 Weisser Schleier auf Coupon 9.2IIP ohne traditionelle Ätzung und mit Kokosnussbeschichtung, 50x..... | 53 |
| Abbildung 11 der weisse Schleier (9.2IIP), bestehend aus den keinen Ansammlungen in Form von Pünktchen. Auf der linken Seite des weissen Strichs wurden diese verstrichen und kein Einfluss auf die Oberfläche darunter kann erkannt werden. 200x | 53 |
| Abbildung 12 Aufnahme der Oberfläche des Coupons 5.IP während der kalten Phase (18°C), wobei sichtbare Verfestigung der Kokosnussölbeschichtung in Form von Kreisen entstanden. 50x | 54 |
| Abbildung 13 Aufnahme der Oberfläche des Coupons 5.IP nach dem Belastungstest mit zentrierten Ansammlungen der Kokosnussölbeschichtung. 50x | 54 |
| Abbildung 14 Gelbraun gewordener Fleck von Überresten der traditionellen Ätzung auf Coupon 8.1IP, nach dem Belastungstest, 50x..... | 55 |
| Abbildung 15 Gelbraun gewordener Fleck von Überresten der traditionellen Ätzung auf Coupon 8.1IP, nach dem Belastungstest. Nach der Entfernung dieses Flecks kann eine deutliche Markierung auf der Metalloberfläche erkannt werden, 50x..... | 55 |
| Abbildung 16 gelbe Ansammlung des Kerisöl 2006 um eine Staubfaser auf Coupon 7.IIS, 50x | 55 |
| Abbildung 17 Filiforme Korrosionserscheinung auf Stahlcoupon 3.IS mit Paraloid® B44 Beschichtung 100x..... | 62 |
| Abbildung 18 Punktuelle Korrosionserscheinungen auf Coupon 3.IS, vermutetes Anfangsstadium der Filiformen Korrosion auf den Paraloid® B44 beschichteten Stahlcoupons 500x..... | 62 |
| Abbildung 19 Punktuelle Korrosionserscheinungen auf dem Pamorcoupon 3.IP welche vermutlich eine Vorstufe der filiformen Korrosion darstellen 500x..... | 62 |
| Abbildung 20 Filiforme Korrosionserscheinung aus feinen Perlen auf dem Pamorcoupon 2.IIP mit einer Cosmoloid®H80 Beschichtung 200x | 63 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 21 Fadenförmige Korrosionserscheinung auf dem nicht beschichteten Pamorcoupon 1.IIIP mit in sich zusammengefallenen Tropfen der Korrosion 100x..... | 63 |
| Abbildung 22 Fortgeschrittene punktuelle Korrosionserscheinung auf dem Stahlcoupon 4.IIS mit Korrosionsfäden unter der Paraffinbeschichtung 200x | 63 |
| Abbildung 23 Lokale ungleichmässige Korrosionserscheinung auf dem vorkorrodierten Coupon 3.IK welche durch die Paraloid® B44 Beschichtung hervorgebrochen ist 100x..... | 63 |
| Abbildung 24 Lokale gleichmässige Korrosionserscheinung auf Coupon 1.IIS welche in einigen Bereichen zu filiform gleicher Korrosion ausläuft 200x | 64 |
| Abbildung 25 Lokale ungleichmässige Korrosionserscheinung auf dem vorkorrodierten Coupon 1.IIK 100x..... | 64 |
| Abbildung 26 Lokale ungleichmässige Korrosionserscheinung auf Coupon 2.IK mit Cosmoloid H80 Beschichtung 100x | 64 |
| Abbildung 27 Lokale gleichmässige Korrosion auf Stahlcoupon 2.IS mit einer Cosmoloid®H80 Beschichtung 200x | 64 |
| Abbildung 28 Pamorcoupon 4.IIP welcher nach vier Wochen keine sichtbare Beschichtung mehr aufzeigt und verstärkte Korrosionserscheinungen entwickelt hat (eingezeichnet in Rot), Streiflichtaufnahme | 72 |
| Abbildung 29 Pamorcoupons 4.IIIP welcher auch nach den sechs Wochen in der Klimakammer sichtbar eine Beschichtung aufwies und geringere Korrosionserscheinungen (eingezeichnet in Rot), Streiflichtaufnahme | 72 |
| Abbildung 30 Fadenförmige Korrosionserscheinung auf unbeschichtetem Pamorcoupon 1.IIP 200x... | 74 |

Alle Abbildungen dieser Arbeit, welche nicht mit einem Copyright versehen sind tragen das Copyright :
© JM, HE-Arc.

Grafikverzeichnis

| | |
|--|----|
| Grafik 1 Darstellung des Klimas im Kerisdepot. Ein Vergleich über dreieinhalb Jahre der RH und der Temperatur..... | 30 |
| Grafik 2 Illustration der Korrosionsverhaltens der Coupons mit unterschiedlichen Beschichtungen durch den Belastungstest mittels dem Vergleich des Korrosionsgrades und den Korrosions-Herden | 52 |
| Grafik 3 Zusammenfassende Illustration der Veränderungen der Beschichtungen oder Veränderungen der Überreste der traditionellen Ätzung. Coupons ohne sichtbare Veränderungen der Beschichtung sind in heller grünen Farbe markiert | 56 |
| Grafik 4 Zusammenfassende Illustration der primär vorhandenen Korrosionsmorphologie auf den Coupons. Korrosionserscheinungen welche unter anderem durch Verschmutzungen verursacht sind, weisen einen violetten Rahmen auf..... | 65 |

Grafik 5 Zusammenfassende Illustration des Korrosionsverhalten der unterschiedlich beschichteten Coupons, dargestellt mit der Menge der Korrosions-Herde in Zusammenhang gestellt mit dem Korrosionsgrad von 0 - 5 auf sowie dem Verlust der visuellen Präsenz der Beschichtung (linke Seite) und die allgemeine Illustration der Coupons, welche durch den Belastungstest eine Veränderung aufzeigen (rechte Seite).....73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Zusammengefasste Darstellung der Betrachtung unter sichtbarem Licht und UV-Licht sowie die olfaktorische Wahrnehmung28

Tabelle 2 Zusammenfassende Tabelle der Resultate der FTIR-Spektroskopie auf den Klingen von dreizehn Objekten des MKB29

Tabelle 3 Definition des Korrosionsgrades nach DIN EN ISO 6270-2 AHT von 0 – 5.....47

Tabelle 4 Vergleich der Beschichtungen auf den Pamorcoupons der X Gruppe mit einer Detailaufnahme des Beschichtungsauftrages49

Tabelle 5 Auswertungstabelle des Vergleichs der Beschichtungsmaterialien und den Eigenschaften des Beschichtungsauftrages auf den unterschiedlichen Substrate.....50

Tabelle 6 Übersicht der Pamorcoupons (1 bis 7) vor und nach dem Belastungstest, fotografiert in Streiflicht, mit repräsentativen Nahaufnahmen der Couponoberflächen57

Tabelle 7 Übersicht der Pamorcoupons (8.1 bis 9.2) vor und nach dem Belastungstest, fotografiert in Streiflicht, mit repräsentativen Nahaufnahmen der Couponoberflächen58

Tabelle 8 Übersicht der Stahlcoupons (1 bis 7) vor und nach dem Belastungstest, fotografiert in Streiflicht, mit repräsentativen Nahaufnahmen der Couponoberflächen59

Tabelle 9 Übersicht der vorkorrodierten (1 bis 7) vor und nach dem Belastungstest, fotografiert in Streiflicht, mit repräsentativen Nahaufnahmen der Couponoberflächen60

Tabelle 10 Übersicht des Korrosionsverhaltens, Pamorcoupons 1 bis 7 mit markierten Korrosions-Herden, Angaben des Korrosionsgrades und Detailaufnahme.....66

Tabelle 11 Übersicht des Korrosionsverhaltens, Pamorcoupons 8.1 bis 9.2 mit markierten Korrosions-Herden, Angaben des Korrosionsgrades und Detailaufnahme.....67

Tabelle 12 Übersicht des Korrosionsverhaltens, homogene Stahlcoupons 1 bis 7 mit markierten Korrosions-Herden, Angaben des Korrosionsgrades und Detailaufnahme68

Tabelle 13 Übersicht des Korrosionsverhaltens, vorkorrodierte Stahlcoupons 1 bis 7 mit markierten Korrosions-Herden, Angaben des Korrosionsgrades und Detailaufnahme69

Tabelle 14 Zusammenfassende Tabelle des Vergleichs der modernen und traditionellen Beschichtungsmethoden70

Abkürzungsverzeichnis

Abb. = Abbildung

ca. = circa

dt. = Deutsch

EMPA = Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

EDX EDS = Energiedispersive Röntgenspektroskopie

FTIR = Fourier transform infrared spectroscopy / Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie

HKB = Hochschule der Künste Bern

He Arc = Haute École Arc

Ificah = International Foundation of Indonesian Culture and Asian Heritage

Jh. = Jahrhundert

MKB = Museum der Kulturen Basel

RH = relative humidity / relative Luftfeuchtigkeit

UVF= Ultraviolet Fluoreszenz

VIS= Visuelles Licht

XRF = X-ray fluorescence spectrometry / Röntgenfluoreszenz-spektroskopie

z.B. = zum Beispiel

%wt = Massenanteil

Glossar

| | |
|---------------------------|---|
| Bawang sebungkul | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris habe eine eigene Bezeichnung. Bawang sebungkul bedeutet <i>Zwiebelknolle</i> und bezeichnet den Anfangsbereich der mittleren Furchen nahe des Ganjas. (Kam, 2019, S.51) |
| Bilah | Auch Wilah genannt. Dies ist die Bezeichnung der Klinge ohne das Peksi. (Kam, 2019, S.50) |
| Bugbugan | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris habe eine eigene Bezeichnung. Bugbugan bedeutet <i>Facette</i> und bezeichnet die erste Schräge an der asymmetrischen Prabotseite. (Kam, 2019, S.51) |
| Cabochon | Bezeichnet eine Schliffart von Edelsteinen oder Schmucksteinen, welche den Stein in unterschiedlich runder Form geschliffen präsentiert. (Schumann, 2008, S.98/102). |
| Cucuk bango | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris habe eine eigene Bezeichnung. Cucuk bango bedeutet <i>Reiherschnabel</i> und bezeichnet das gerundete Ende der beiden mittleren Furchen. (Kam, 2019, S.51) |
| Cunguh gajah | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris habe eine eigene Bezeichnung. Cunguh gajah bedeutet <i>Elefantenrüssel</i> und bezeichnet den Kringel auf der geraden Prabotseite. (Kam, 2019, S.51) |
| Danganan | Dies ist die javanische Bezeichnung für den Griff. (Kam, 2019, S.51) |
| Dapor / Dhapur | Bedeutet Form und bezeichnet die komplette Klinge inklusive des Ganjas und des Peksis. (Kam, 2019, S.51) |
| Dapor bener | Dies ist die Bezeichnung für die gerade Klingensform eines Keris. (de Marval, 1997, S.10.) |
| Dapor lok | Dies ist die Bezeichnung für die gewellte Klingensform eines Keris. (van Duuren, 1996, S.23) |
| Duin pandan | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris habe eine eigene Bezeichnung. Duin pandan bedeutet <i>Pandanusdorn</i> und bezeichnet die erste Spitze an der asymmetrischen Prabotseite. (Kam, 2019, S.51) |
| Empu | Dies ist die indonesische Bezeichnung eines Schmieds oder einer Schmiedin. (Sachse, 1993, S.105) |
| FTIR-Spektroskopie | Fourier transform infrared spectroscopy / Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie. Die Methode beruht auf der Anregung von Energiezuständen durch Infrarotes Licht in den Molekülen, wodurch diese zu vibrieren beginnen. Die Energie dieser Vibration kann |

detektiert werden und ist für die gemessenen funktionalen Gruppen eines Materials charakteristisch. (Derrick et al. 1999)

Gading gajah

Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris habe eine eigene Bezeichnung. Gading gajah bedeutet *Elephantenstosszahn* und bezeichnet die Spitzen welche sich unter dem Kringel Cungguh gajah (Elefantenrüssel) auf der geraden Prabotseite befinden. (Kam, 2019, S.51)

Gandar oder Galar

Dies bezeichnet den Längsteil einer Kerisscheide in welchem die Klinge steckt. (van Duuren, 1996, S.41)

Ganja

Bezeichnet das Querstück der Kris Klinge. Dieses wird aus dem selben Material wie die Klinge gefertigt, jedoch als einzelnes Teil der Klinge angepasst. (Sachse, 1993, S.105)

Ikuh cecak

Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris haben eine eigene Bezeichnung. Ikuh cecak bedeutet *Eidechschwanz* und bezeichnet das spitze Ende des Ganjas auf der asymmetrischen Prabotseite. (Kam, 2019, S.51)

Immaterieller Wert

Dies bezeichnet den von der Materialität des Objektes unabhängigen Wert, dies ist ein persönlicher und spiritueller Wert. Auf diese Weise wird der Begriff von B. Appelbaum verwendet und in dieser Arbeit übernommen. (Appelbaum, 2010, S.16)

„Idealzustand“

Der Idealzustand ist der Zustand eines Objekts, welcher für den Erhalt als anzustrebend betrachtet wird. Dies ist der Zustand, welcher am besten alle Werte eines Objekts berücksichtigt. Der Idealzustand ist nicht ein klarer analysierbarer Wert. Er ist abhängig von der aktuellen und zukünftigen aufbewahrungssituation des betreffenden Objekts, sowie auch den involvierten Interessengruppen. (Appelbaum, 2010, S.173)

Janggar

Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris haben eine eigene Bezeichnung. Janggar bedeutet *Hahnenkamm* und bezeichnet die beiden Spitzen oberhalb des Cungguh gajah (Elefantenrüssels) an der geraden Prabotseite. (Kam, 2019, S.51)

Keris / Keris / Keriss

Diese stellen Synonyme dar. Die Verwendung ist in unterschiedlichen Sprachen unterschiedlich.

„Kris“ scheint primär in den Niederlanden verwendet zu werden. Im englischen Sprachgebrauch wird Keris verwendet und selten kann „Keriss“ im Französischen angetroffen werden (Wiesman, 2005). Im Deutschen und Englischen findet sowohl „Keris“ als „Kris“ Verwendung. (Kam, 2019, Weihrauch, 2001)

| | |
|---------------------------------------|--|
| Kesaktian | Dies ist eine Lebenskraft die das Universum durchdringt und belebt, welche den primären Wert eines Objekts nach der traditionellen Indonesischen Anschauung ausmacht. (Von Reumont, 2018, S.20) |
| Kraton | Bezeichnet den Herrscherpalast in Surakarta. (Sachse, 1993, S.107) |
| Kuntjung | Dies ist die Bezeichnung für die Darstellung des Kopftuchknotens an einem planaren Surakarta-Griff. (Weihrauch, 2001, S.194) |
| Lambe gajah | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris haben eine eigene Bezeichnung. Lambe gajah bedeutet <i>Elephantenlippen</i> und bezeichnet die Doppelspitze auf der geraden Prabotseite in unmittelbarer Nähe zum Ganja. (Kam, 2019, S.51) |
| Lengked | Innenkurve einer gewellten Kerisklinge. (Kam, 2019, S.51) |
| Lidin busung | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris haben eine eigene Bezeichnung. Lidin busung bedeutet <i>Kokospalmenblattrippe</i> und bezeichnet den Mittelgrat zwischen den beiden Furchen in der Prabotmitte. (Kam, 2019, S.51) |
| Luk / Lok | Die Wölbung nach Aussen einer gewellten Kerisklinge. (van Duuren, 1996, S.32) |
| Materieller Wert | Mit dem Begriff wird kein monetärer Wert bezeichnet. Es handelt sich dabei um den Wert welches ein Objekt durch seine Materie, seine Ästhetik, als greifbares und erlebbares Objekt aufweist. Auf diese Weise wird der Begriff von B. Appelbaum verwendet und in dieser Arbeit übernommen. (Appelbaum, 2010, S.16) |
| Mendak | Auch Wewer genannt. Dies bezeichnet den Griffing zwischen Selut und Ganja oder zwischen Griff und Ganja, falls kein Selut vorhanden ist. (Kam, 2019, S.51) |
| Muncuk | Das spitze Ende einer Kerisklinge. (Kam, 2019, S.51) |
| Pamor Pamortechnik Pamormuster | <p>Pamor hat zwei Bedeutungen. Es bezeichnet das Mehrlagenstahlmuster der Kerisklingen, sowie auch das nickelhaltige Grundmaterial welches für deren Herstellung verwendet wird. (de Marval, 1997, S.10)</p> <p>Von Sachse wird die Bedeutung des Worts Pamor als „Metallmischen“ übersetzt. (Sachse, 1993, S.105)</p> <p>Die Pamortechnik ist die Verarbeitungstechnik des nickelhaltigen Grundmaterials (Pamor) und Eisen ohne Nickelanteile, zu den Klingen mit dem Mehrlagenstahlmuster welches als Pamormuster bezeichnet wird.</p> |

| | |
|------------------------------|---|
| Patra | Die untere und obere Patra sind Bezeichnungen für die beiden Schnitzereien an einem planaren Surakarta-Griff. (Weihrauch, 2001, S.194) |
| Pendok | Dies ist die Bezeichnung für die Fassung um die Gandar einer Kerisscheide. Diese ist nur teilweise vorhanden und meist aus einem ziselierten Blech hergestellt. (van Duuren, 1996, S.41) |
| Peksi / Pes | Dies ist die Bezeichnung der Griffangel. (van Duuren, 1996, S.32) |
| Pepudakan | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris haben eine eigene Bezeichnung. Pepudakan bedeutet <i>Pandanusblüte</i> und bezeichnet an der geraden Prabotseite die erste Facette in der Innenkurve. (Kam, 2019, S.51) |
| Pijetan | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris haben eine eigene Bezeichnung. Pijetan bedeutet Eindrückung und bezeichnet die Vertiefung unter Tikel alis (Augenbraue) angrenzend an das Ganja. (Kam, 2019, S.51) |
| Prabot | Dies bezeichnet den asymmetrischen verbreiterten Teil der Klingenbasis, welcher mit vielen Verzierungen und teilweise mit einer Tauschierung versehen sein kann. (Kam, 2019, S.51) |
| Reringgitan | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris haben eine eigene Bezeichnung. Reringgitan bedeutet Aussparung und bezeichnet den Abstand zwischen zwei Spitzen an der asymmetrischen Prabotseite. (Kam, 2019, S.51) |
| Rosenschliff | Schliffart für Edel- und Schmucksteine in der in der Form einer Kuppel mit gerader Unterseite und nicht definierte Facetten auf der Wölbung der Oberseite. (Schumann, 2008) |
| Sandang walikat | Bezeichnet eine spezifische Scheidenform, welche keine separate Wrangka aufweist. (Weihrauch, 2001, S.141) |
| Sari / Sari-Opfer | „Darunter versteht man die zerkleinerten Blätter einer Pandanus-Art (Kembang oder Daren-Pudak), die mit wohlriechendem Wasser (Aier-Wangi), Rosen- und Gambirblättern vermischt und in Bananenblättern eingerollt werden.“ (Kerner, 1995, S.30) |
| Sarong / Sarung | Ist die traditionelle Bezeichnung der Scheide als Gesamtes, welche das Kleid des Keris darstellt. (Weihrauch, 2001, S.258) |
| Schmucksteine | Dies sind Minerale welche für Schmuck verwendet werden, jedoch zahlreich gefunden werden können und daher nicht zu den Edelsteinen gezählt werden. (Schumann, 2008) |
| Selut | Als Selut wird ein Griffmontageteil bezeichnet. (Wiesman, 2005, S.91) |
| Sira cecak | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris haben eine eigene Bezeichnung. Sira cecak bedeutet <i>Eidechsenkopf</i> und |

| | |
|---------------------------|---|
| | bezeichnet an der geraden Prabotseite eine Kerbe mit beidseitiger Wölbung des Ganjas. (Kam, 2019, S.51) |
| Sogokan | Alle Kerben und Verzierungen im Prabotbereich eines Keris haben eine eigene Bezeichnung. Sogokan bedeutet <i>Furche</i> und bezeichnet die Furchen mittig des Prabotbereichs. (Kam, 2019, S.51) |
| Sternsteine | Sternsteine sind Edelsteine welche in Cabochonschliff durch eine punktuelle Lichtquelle einen Stern auf der Oberfläche bildet. Dies kann z.B. bei Sternrubinen oder Sternsaphiren erkannt werden. (Schumann, 2008, S.98/102) |
| Warangan | Das Arsengestein welches für die traditionelle Ätzung verwendet von Kerisklingen verwendet wird (Sachse, 1993, S.114) |
| Wewer | Auch Mendak genannt. Dies bezeichnet den Grifftring zwischen Selut und Ganja oder zwischen Griff und Ganja, falls kein Selut vorhanden ist. (Kam, 2019, S.51) |
| Wootz-Stahltechnik | ist ebenfalls ein Damaszenerstahl jedoch ein Tiegelschmelzdamast und kein Schweissverbundstahl (Sachse, 1993, S.67-73) |
| Wilah | Dies ist die traditionelle Bezeichnung für die Klinge. (van Duuren, 1996, S.50) |
| Wrangka gayaman | Bezeichnet eine spezifische Scheidenform mit Rundungen und ohne stark auslaufende Spitze. (Weihrauch, 1996, S.117-120) |
| Wrangka ladrang | Bezeichnet eine spezifische Scheidenform mit stark und Spitz auslaufender Spitze und geschwungener Form. (Weihrauch, 1996, S.117-120) |
| Wrangka | Auch Sampir genannt bezeichnet das Mundstück einer Kerisscheide. (van Duuren, 1996, S.41) |
| XRF | X-ray fluorescence spectrometry / Röntgenfluoreszenz-spektroskopie, eine zerstörungsfreie Messmethode, welche durch die Bestrahlung des Messbereichs durch eine Röntgenstrahlquelle und den zurückgeworfenen sekundären Röntgenstrahlen die Bestimmung der vorhandenen Elemente ermöglicht. (Bezur et al, 2020, S. 17-24) |

Oberflächenschutz von Kerisklingen – Eine vergleichende Untersuchung von modernen und traditionellen Beschichtungen

Anhang

Mémoire présenté par :

Janine Meier

Pour l'obtention du

Master of Arts HES-SO in Conservation-restoration

Orientation: objets scientifiques, techniques et horlogers

Année académique 2019-2020

Remise du travail : *07.09.2020*

Jury : *12./13.09.2020*

Nombre de pages : *110 Seiten*

Page liminaire

Inhaltsverzeichnis Anhang:

| | |
|---|-----------|
| 1. Anhang: Die Familie der Kerise..... | 4 |
| 1.1. Geschichte, Herkunft und Datierung | 4 |
| 1.2. Die Bedeutung und der Gebrauch eines Keris | 5 |
| 1.3. Aufbau..... | 8 |
| 1.3.1. Kerisklinge | 8 |
| 1.3.2. Mehrlagenstahl und Pamorstahl | 9 |
| 1.3.3. Pamorklingen..... | 10 |
| 1.3.4. Tauschierung | 12 |
| 1.3.5. Montageteile des Griffs | 14 |
| 1.3.6. Griff..... | 14 |
| 1.3.7. Scheide | 16 |
| 1.4. Symbolik..... | 18 |
| 1.5. Die Aufbewahrung von Kerise..... | 19 |
| 2. Anhang: Die Kerissammlung des Museums der Kulturen Basel..... | 21 |
| 2.1. Provenienz und Datierung | 21 |
| 2.2. Bedeutung und Kontext der Kerissammlung für das MKB | 21 |
| 2.3. Aufbewahrungsumstände und Klimasituation im Wandel der Objektgeschichte | 22 |
| 2.4. Klimasituation der Lagerräume des MKB | 23 |
| 2.5. Objektbeschreibung, Zustandsbeschreibung und Analysen von dreizehn Kerisen der Sammlung des MKB | 26 |
| 2.5.1. XRF Analysen | 26 |
| 2.5.2. FTIR-Spektroskopie | 27 |
| 2.5.3. Betrachtung der UV Fluoreszenz (UVF) | 28 |
| 2.5.4. pH-Wert Messungen Messmethode und Vorgehen..... | 28 |
| 2.6. Überblick des materiellen Zustandes der Kerisklingen des MKB..... | 29 |
| 2.7. Zusammenfassung und Erkenntnisse der XRF-Analysen | 31 |
| 3. Anhang: Oberflächenschutz | 33 |
| 3.1. Anforderungen an ein Beschichtungsmaterial für Metalloberflächen..... | 33 |
| 3.2. Beschichtungen und Kompositobjekte | 33 |
| 3.3. Wachse..... | 34 |
| 3.4. Lacke | 36 |

| | |
|--|----|
| 3.5. Öle..... | 37 |
| 4. Anhang: Kerise in europäischen und musealen Sammlungen | 39 |
| 5. Anhang: Ermittlung des „Idealzustandes“ | 43 |
| 6. Anhang: Metallurgie von Kerisklingen..... | 45 |
| 6.1. Die Betrachtung eines Anschliffs..... | 45 |
| 6.2. XRF-Analysen des Pamor Probematerials..... | 48 |
| 7. Anhang: Traditionelle Beschichtungen genauer betrachtet | 50 |
| 7.1. Analysen der natürlichen Öle in Verwendung für die Beschichtung von Kerisen..... | 51 |
| 7.2. Analysen von Kerisölmischungen | 53 |
| 8. Anhang: Vorversuche | 61 |
| 8.1. Reproduzierversuche des Pamormusters | 61 |
| 8.2. Reinigung mit Kokosnusswasser | 67 |
| 8.3. Traditionelle Ätzmethode | 68 |
| 8.4. Test unterschiedlicher Zusammensetzung des traditionellen Rezeptes | 69 |
| 8.5. Vergleich von Pinselauftrag und Sprühbeschichtung | 71 |
| 8.6. Empirischer Vergleich der Schmutzhaftung der Beschichtungen..... | 72 |
| 9. Anhang: Substrate und Versuchssets..... | 74 |
| 9.1. Herstellung der Pamorcoupons..... | 74 |
| 9.2. Homogene Stahlcoupons | 76 |
| 9.3. Vorkorrodierte Stahlcoupons..... | 77 |
| 9.4. Versuchssets und des Versuchsaufbaus | 77 |
| 10. Anhang: Der Belastungstest | 79 |
| 10.1. Die Coupons in der Klimakammer..... | 79 |
| 10.2. Der Belastungstests in der Klimakammer | 80 |
| 10.3. Monitoring | 82 |
| 10.4. Zusammenfassung der Monitoringergebnisse | 82 |
| 11. Anhang: Auswertungsmethoden und Dokumentationsmethoden der Coupons in Bezug auf den Belastungstest..... | 85 |
| 11.1. Makroskopische und Mikroskopische Photodokumentation | 85 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 11.2. | Beurteilung der Korrosionserscheinungen und der Veränderungen der Beschichtungen | 86 |
| 11.3. | REM EDX | 86 |
| 12. | Anhang: Allgemeine Photodokumentation der Coupons vor und nach der Belastungsprobe | 88 |
| 13. | Anhang: Dokumentation des Korrosionsverhaltens..... | 89 |
| 13.1. | Beschreibung der Randeffekte | 90 |
| 14. | Anhang: Korrosionsmorphologie..... | 91 |
| 14.1. | Gleichmässige und ungleichmässige lokale Korrosionserscheinung | 91 |
| 14.2. | Flächige gleichmässige und ungleichmässige Korrosionserscheinung..... | 91 |
| 14.3. | Filiforme Korrosion..... | 91 |
| 14.4. | Korrosion durch Partikel auf der Oberfläche..... | 92 |
| 15. | Anhang: REM EDX Analysen | 94 |
| 16. | Anhang: pH-Wert Messungen der Coupons..... | 95 |
| 17. | Anhang: Vergleich der Coupons mit den Objekten des MKB..... | 96 |
| 17.1. | Vergleich der Beschichtungen auf den Coupons mit den Objekten | 96 |
| 17.2. | Vergleich des Korrosionsverhaltens der Coupons mit den Objekten | 97 |
| 18. | Anhang: Fallbeispiel MKB..... | 102 |
| 19. | Anhang: Liste der verwendeten Materialien und Geräte | 103 |
| 20. | Anhang: Liste der digitalen Anhänge | 105 |

1. Anhang: Die Familie der Kerise

1.1. Geschichte, Herkunft und Datierung

Es gibt Javanische Kerise, Madura Kerise, Balinesische Kerise, Sumatra Kerise, Buginesische Kerise aus Sulawesi (Celebes), Banjaresische Kerise aus Borneo, Sumbawa Kerise und Kerise aus Malaysia und den Philippinen¹. Das Ermitteln der Herkunft kann durch stilistische Merkmale erfolgen, welche oft spezifisch für eine Region stehen (Abbildung 1 S.4). Diese haben sich verbreitet, weiterentwickelt und vermischt, bei einem genauen Studium durch eine Keris-Fachperson ist es jedoch möglich, eine wahrscheinliche **Herkunft** zu ermitteln.

Kerner versuchte, durch eine umfassende Studie der Proportionen der Kerisklingen eine zeitliche Zuordnung, sowie eine Zuordnung zu gewissen Regionen oder sogar Werkstätten spezifischer Empus zu ermitteln. Die wenigen Referenz-Kerise mit bekannter Herkunft und Datierung gestalteten dies jedoch schwierig, daher konnten lediglich Gruppierungen formverwandter Klingen ermittelt werden².

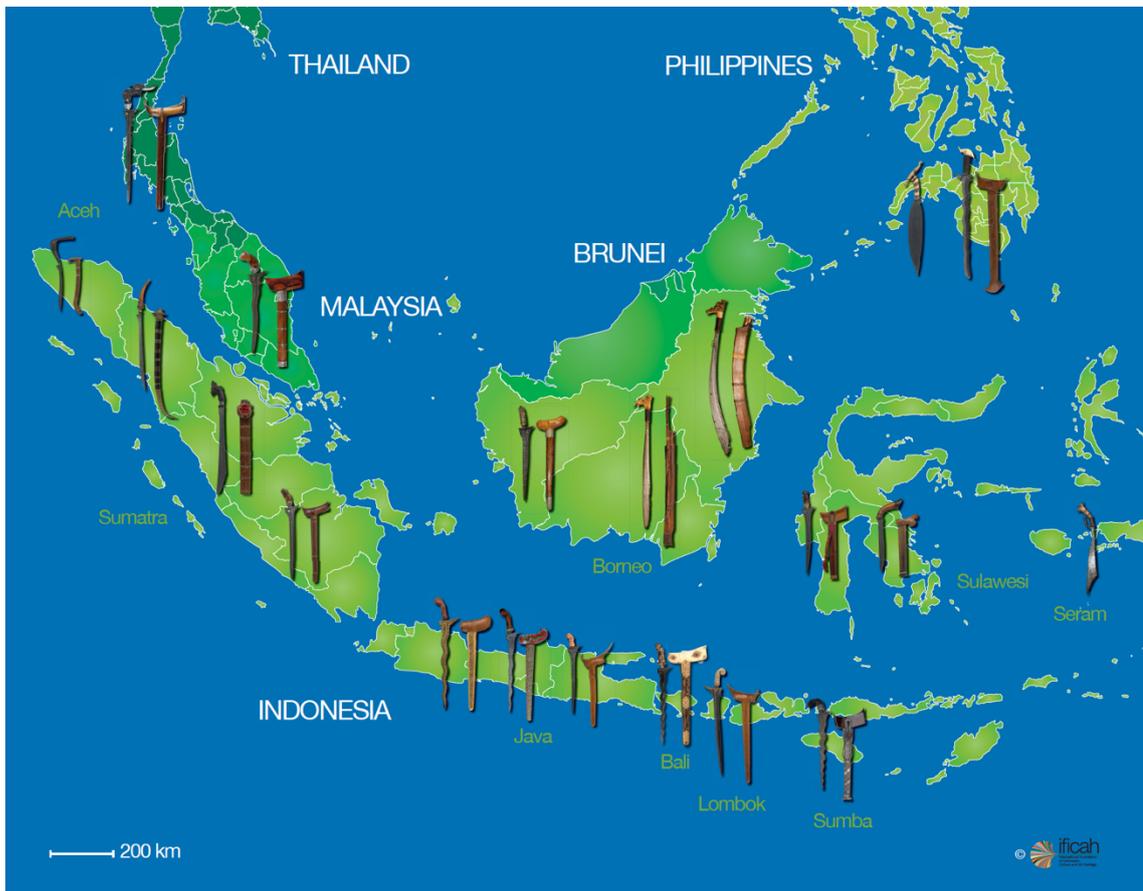


Abbildung 1 Regional typische Waffen des indonesischen Archipels ©ificah

¹ van Duuren, 1996, S.9

² Kerner, 1997b

Der Entstehungszeitpunkt von Kerisen wird sehr unterschiedlich beurteilt und reicht vom 3. Jh. bis zum 15. Jh.³ Die prunkvollsten entstanden in der Blütezeit der islamischen Fürstentümer, zwischen dem 17. und dem 19. Jh.⁴ Im 19. Jh. fand die Blütezeit der Kerise ein Ende⁵. Der vermutlich älteste Keris in einer Schweizer Sammlung befindet sich im Historischen Museum Bern, zwei Kerise dieser Sammlung werden ins 14. oder 15. Jh. datiert.⁶ In den 1970er Jahren verschwand die Tradition des Kerisschmiedens beinahe, ist jedoch neu aufgelebt.⁷ Bis heute sind Kerise Bestandteil der Kultur auf den Inseln des indonesischen Archipels und seit 2005 zählt der Keris zum immateriellen Weltkulturerbe nach UNESCO.⁸

Die **Datierung** eines Keris scheint nur selten mit einer gewissen Sicherheit möglich zu sein. Dies ist einerseits darauf zurückzuführen, dass Klinge, Griff und Scheide Wiederverwendung in einer neuen Komposition finden können, wodurch die Teile meist aus unterschiedlichen Zeiten stammen. Meist fanden die starken Veränderungen erst beim Eintritt in eine museale Sammlung ein Ende. Dies erschwert die Datierung erheblich. Die lange Tradition der Herstellung und somit das Herstellen von sehr ähnlichen Kerisen in unterschiedlichen Zeiten, erschwert die Datierung zusätzlich.⁹ Eine Signatur würde eine Zuordnung und Datierung erleichtern, jedoch sind Kerise nie signiert oder auf eine andere Weise markiert worden.¹⁰

1.2. Die Bedeutung und der Gebrauch eines Keris

Der Keris wurde über die Jahrhunderte ein wichtiger Symbol- und Prestigegegenstand im indonesischen Archipel.¹¹ Nicht nur Kerise, sondern auch Textilien gehören zu den bedeutendsten Symbolen in der indonesischen Gesellschaft.¹²

In Indonesien herrscht der Volksglaube, dass der erste Keris ca. 250 n.Chr. von Empu Ramadi hergestellt wurde. Kerise können als Talisman in einer Familie von Generation zu Generation weitergegeben werden (Keris *Pusaka*). Neben den Erbstücken gibt es Kerise, welche als heilig angesehen werden. Legenden zufolge gibt es „böse“ Kerise, welche selbständig die Scheide verlassen und ihre Opfer aufsuchen. Es

³ Die Angaben zu den ersten Kerisen variieren stark in der Literatur. Meist werden diese auf Darstellungen in Steinreliefs zurückgeführt, diese als frühe Formen von Kerisen angesehenen Waffen werden jedoch sehr unterschiedlich interpretiert. De Marval datiert die frühesten Kerise durch ein solches Relief ins 3. Jh. (de Marval, 1997 S.7). Frankel datiert diese jedoch nicht weiter als das 9. Jh. zurück (Frankel, 1963, S.14) und Smith gibt den Zeitraum des 13.-15. Jh. als sehr vagen Entstehungszeitraum an (Smith, 1988, S.35). Die früheste deutlich zu erkennende Darstellung eines Kerises stammt aus dem 14.Jh. (Weihrauch, 2015, S.31)

⁴ Kerner, 1996, S.7

⁵ van Duuren, 1996, S.72

⁶ Kerner, 1996, S.59

⁷ Wiesman, 2005, S.87.

⁸ UNESCO Office, 2005, S.125.

⁹ van Duuren, 1996, S.91

¹⁰ Kerner, 1996, S.59

¹¹ Weihrauch, 2001, S.291

¹² Hitchcock, 1987, S.131

wird erzählt, dass in früher Zeit ein solch „böser“ Keris von drei „guten“ Kerisen überwältigt und in einem Mörser zu Staub zermahlen wurde. Dieser Staub habe sich in einen Kometen verwandelt und fiel als Meteorit wieder auf die Erde. Diese Legende steht im Zusammenhang mit der Verwendung von Meteoreisen zum Kerisschmieden, wodurch der Anteil dieses bösen Keris dem geschmiedeten Keris die Kraft gibt, das Böse zu bekämpfen.¹³

Ein Keris wurde für eine spezifische Person angefertigt und ist mit dieser verbunden durch die Herstellung, welche beispielsweise die Positur der betreffenden Person in der Klingensform widerspiegelt oder andere Attribute des zukünftigen Trägers aufnimmt. Auch der soziale Status wurde in die Ausgestaltung miteinbezogen.¹⁴

Der Keris wird als ein übernatürliches Wesen gesehen, welches besänftigt und genährt werden muss. Werden keine Opferzeremonien mehr durchgeführt, stirbt ein Keris in spiritueller Hinsicht.¹⁵ Ein Keris wird damit assoziiert, einen menschenähnlichen Charakter zu haben¹⁶ und der Keris wird auch als Bruder eines Mannes bezeichnet.¹⁷

Kerise repräsentieren Wissen und Können, sowie harte Arbeit und Intelligenz.¹⁸ Bis heute sind ein bis drei Kerise Teil des traditionellen Gewandes eines Bräutigams.¹⁹ Gewisse Kerise werden vorwiegend von Frauen getragen, darunter etwa Kerise in der Scheidenform Sandang walikat.²⁰

Goldverzierungen waren früher nur IndonesierInnen mit Bezug zum Königshaus gestattet.²¹ Heute wird der Status bei der Herstellung nicht mehr immer beachtet, da alle Arten von Kerisen mit reichen Verzierungen für alle erhältlich sind und grosse Mengen an vorgefertigten Kerise für TouristInnen erhältlich sind. Das Privileg einiger spezifischer Symboliken und Materialien schwand graduell im 19. Jh..²²

Bei den allermeisten Keristypen wird die übernatürliche Kraft primär den **Klingen** nachgesagt.²³ Beschrieben wird die Klinge als das Herz eines Keris²⁴ und das Pamor soll dessen Seele sein.²⁵ Die Wellen eines *Dapor Lok* sind immer von ungerader Zahl. Dies soll Glück bringen und findet sich auch in den

¹³ Sachse, 1993, S.103

¹⁴ de Marval, 17.2.2020

¹⁵ Kerner, 1995, S.29–31

¹⁶ Hitchcock, 1987, S.131

¹⁷ Rassers, 1940, S.525

¹⁸ Hitchcock, 1987, S.137

¹⁹ Hitchcock, 1987, S.125 / Kam, 2019, S.28

²⁰ Weihrauch, 1996, S.121

²¹ van Duuren, 1996, S.63

²² van Duuren, 1996, S.71

²³ Kerner, 1996, S.16

²⁴ van Duuren, 1996, S.91

²⁵ van Duuren, 1996, S.25

Dächern der Tempel wieder. In spiritueller Hinsicht werden Kerise auch als „tragbarer Tempel“ bezeichnet.²⁶

Pamor-Motive sind ein wichtiger Bestandteil der spirituellen Qualität einer Kerisklinge, welche die übernatürlichen Kräfte und den Charakter eines Keris darstellt. Jedoch wird nicht nur die Nickel- oder Meteoreisenphase als Quelle einer solchen Kraft gesehen, sondern auch der Eisenwerkstoff als solcher. Das Wort Pamor bezeichnet somit gleichermassen das nickelhaltige Ursprungsmaterial wie auch das entstandene Muster der Klingen.²⁷ Die spirituelle Qualität einer Pamorklinge hat keinen Zusammenhang mit der Komplexität der Schweissungen, des Musters oder anderen technischen Aspekten. Pamor-Motive werden teilweise einem bestimmten sozialen Rang zugeordnet. Entspricht das gewählte Motiv nicht der sozialen Stellung oder der Persönlichkeit des Trägers oder der Trägerin, wenden sich die Kräfte des Keris gegen ihn oder sie, weil er oder sie sich einen Keris anmasste, welcher ihm oder ihr nicht zustand.²⁸

Kerise sind rituelle, symbolische sowie repräsentative Objekte, ihre Verwendung als **Waffe** darf jedoch nicht aussen vorgelassen werden. Denn auch dies entspricht einem bedeutenden Teil der Geschichte der Kerise. Kerise werden in zwei Gruppen eingeteilt, Kerise für den Krieg und Kerise für die Erbschaft, wobei vermutet wird, dass für diese unterschiedliche Nutzung unterschiedlich schwere Kerise hergestellt wurden. Die schwereren Kerise werden Kriegszwecken zugeordnet. Nachzuvollziehen, ob ein Keris in einem Krieg verwendet wurde, ist jedoch kaum möglich. Viele Kerise sind von Kriegsmynthen umgeben.²⁹ Ein Keris erfüllte ebenfalls die Aufgabe einer alltäglichen Waffe zur Verteidigung im Nahkampf. Der taktische Vorteil und die



Abbildung 2 Kinder und ein Erwachsener tragen den Keris traditionell auf dem Rücken ©nationaal Museum van Wereldculturen, Leiden

²⁶ Marlow, 2016, S.206

²⁷ de Marval, 1997, S.10

²⁸ Weihrauch, 1993, S.43

²⁹ Hitchcock, 1987, S.132

tödliche Wirksamkeit wurde von niederländischen Veteranen beschrieben.³⁰ Im Kampf wird ein Keris mit einer Hand gehalten und zur Stabilisierung liegt der Zeigefinger auf der Klingenoberfläche bei der Ausführung der Stichbewegung.³¹

Kerise gehörten zum **Alltag** und wurden täglich bei sich getragen bis zum „Pax Neerlandica“, durch welchen die niederländische Autorität das Tragen von Waffen in der Öffentlichkeit verbot (Beginn 1830). Kerise werden von Männern auf dem Rücken und von Frauen an der Hüfte getragen (Abbildung 2 S.7). Es wird erwähnt, dass bereits zu Majapahit-Zeiten das Gesetz galt, dass ein Mann einen Keris tragen muss, sobald dieser die Grenzen seines Grundstückes überschreitet.³²

1.3. Aufbau

Der folgende Beschrieb der Objektteile und Bezeichnungen ist für das Verständnis der Objektbeschreibungen relevant. Es handelt sich nur um eine kurze Zusammenfassung der komplexen Objektfamilie Keris, mit den zahlreichen Bezeichnungen kleinster Unterschiede.³³

1.3.1. Kerisklinge

Die Kerisklingen sind aus einem Mehrlagenstahl, Pamor genannt, gefertigt. Im Kapitel 1.3.2 (S.9) wird der Mehrlagenstahl genauer erklärt und darauf folgend die Herstellung der Pamorklingen in Kapitel 1.3.3 (S.10) vorgestellt. Die verbreiterte Klingebasis eines Keris in Richtung des Griffs trägt die Bezeichnung *Prabot*. Das *Prabot* kann viele Einkerbungen und Verzierungen aufweisen, welche zusätzliche Bezeichnungen haben (Abbildung 3 S.8). Die Klinge kann zusätzlich mit einer Goldtauschierung versehen sein, diese wird *Kinatah Emas* genannt und in einem nachfolgenden Kapitel genauer erklärt (Kapitel 1.3.4 S.12).³⁴

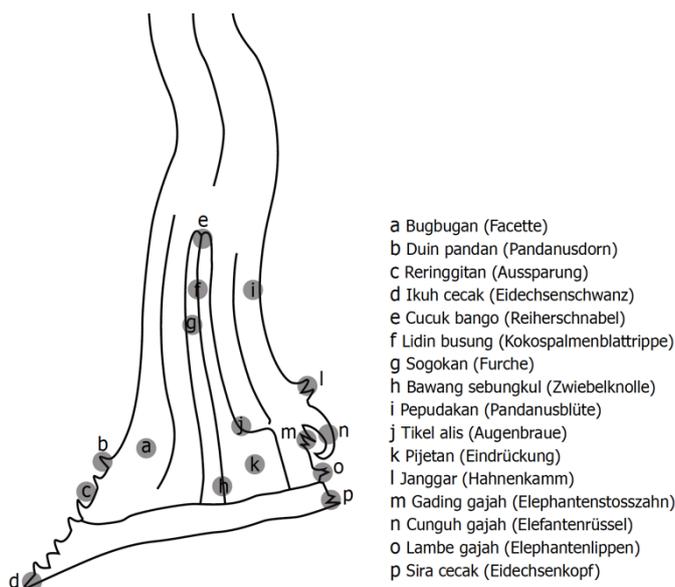


Abbildung 3 Der Prabotbereich einer Kerisklinge mit Bezeichnungen der Verzierungen

³⁰ van Duuren, 1996, S.61

³¹ Marlow, 2016, S.206

³² Weihrauch, 2015, S.29

³³ Detaillierte Informationen sind bei Weihrauch, 1996, Weihrauch, 2001, Van Duuren, 1996 und Kerner, 1996 nachzulesen.

³⁴ Jensen, 2007, S.15.

Daporformen

Kerisklingen können viele unterschiedliche *Daporformen* (Klingensilhouetten) aufweisen (Abbildung 4 S.9). Die Windungszahl der geflammt Klinge haben eine spirituelle Bedeutung.³⁵ Es wird beschrieben, dass immer eine ungerade Zahl an Windungen vorhanden ist. Um diese zu definieren, werden die Innenseiten der Windungen gezählt und meist ist noch eine leichte Neigung der Spitze ebenfalls mitzuzählen.³⁶

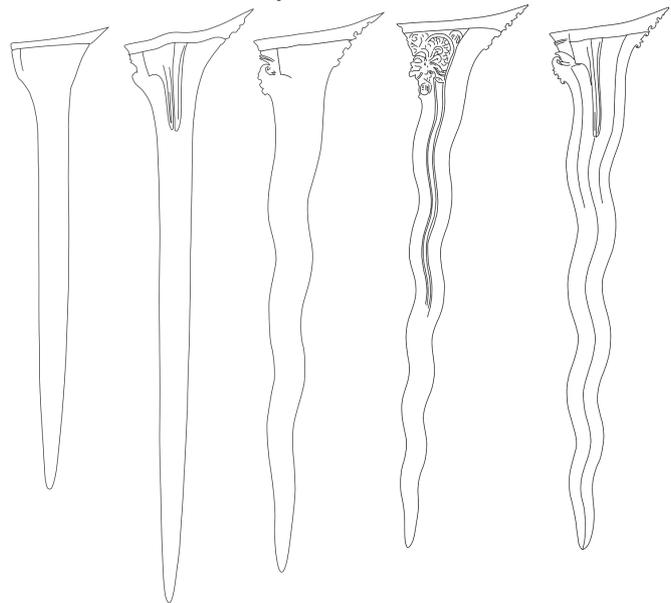


Abbildung 4 Unterschiedliche Klingensilhouetten von Kerisen, sogenannte Daporformen

1.3.2. Mehrlagenstahl und Pamorstahl

Pamorstahl ist ein Schweissverbundstahl. Schweissverbundstahl wird oft auch als Damaskus-Stahl oder Damaszenerstahl bezeichnet.³⁷ Diese Bezeichnung bezieht sich nicht auf dessen Herkunft, sondern auf den Ort, an welchem die EuropäerInnen die Technik als erstes angetroffen haben, nämlich in der syrischen Hauptstadt Damaskus.³⁸ Im Orient war die Bezeichnung Damaszenerstahl nicht bekannt.³⁹ Daher ist diese Bezeichnung irreführend und wird in dieser Arbeit nicht verwendet. Es wird von Mehrlagenstahl, Schweissverbundstahl oder spezifisch von Pamorstahl gesprochen. Mehrlagenstahl war in vielen Gegenden vor dem Islam vorhanden, dessen Ausbreitung kann jedoch oft mit der Ausbreitung des Islams in Verbindung gebracht werden.⁴⁰

Bei Schweissverbundstahl handelt es sich um einen Stahl mit einem inhomogenen Aufbau aus einer Vielzahl von Einzelschichten. Diese Schichten bestehen aus Materiallagen unterschiedlicher Härte, Zähigkeit und Korrosionsbeständigkeit. Diese Materialien werden auf zwischen 1100°C und 1300°C erwärmt und unter dem Hammer zusammengepresst, dem Feuerverschweissen. Dadurch entsteht eine unlösbare Verbindung der Legierungen mit unterschiedlichen Eigenschaften. Dieser Block kann weitergeschmiedet und gefaltet und wieder feuerverschweisst werden.⁴¹ Durch das Falten wird die

³⁵ Sachse, 1993, S. 103/104.

³⁶ Van Duuren, 1996, S.23.

³⁷ Die Wootz-Stahltechnik wird ebenfalls als Damaszenerstahl bezeichnet, ist jedoch ein Tiegelschmelzdamast und kein Schweissverbundstahl (Sachse, 1993, S.13).

³⁸ Smith, 1988, S.14

³⁹ Sachse, 1993, S.13

⁴⁰ Smith, 1988, S.14

⁴¹ Weihrauch, 1995, S.60

Schlacke, eine glasige oder kristalline nichtmetallische Begleitphase, in den Mehrlagenstahl eingearbeitet. Diese findet sich ebenfalls in mehreren Lagen wieder.

Die Pamortechnik ist eine Schweissverbundstahltechnik, welche ihre Zeichnung durch den strukturellen Aufbau der Klingen erhält und nicht durch eine lediglich oberflächlich aufgebrachte Verzierung, zum Beispiel durch eine partielle Ätzung. Die Entstehung von Schweissverbundstählen ist nicht auf ästhetische Gründe zurückzuführen. Da die frühere Eisengewinnung nur sehr kleine Mengen an Eisen hervorbrachte, konnten nur kleine Gegenstände hergestellt werden. Durch die Entdeckung, dass zwei Eisenstücke im Feuer erhitzt und zusammengeschmiedet werden können, wurde die Herstellung von grösseren Objekten ermöglicht. Die empirische Erkenntnis über die sehr unterschiedliche Beschaffenheit von Eisen in seiner Härte, Biegsamkeit und Farbe ergab mit der Technik des Feuerschweissens zusätzliche Vorteile für die Herstellung von Klingen.⁴² Im Falle des Pamors wird jedoch keine solche Kombination von Eigenschaften in den Vordergrund gestellt, sondern der spirituelle Aspekt.



Abbildung 5 Der heilige Meteor im Garten des Kratons in Surakarta © Sachse 1993 S.107

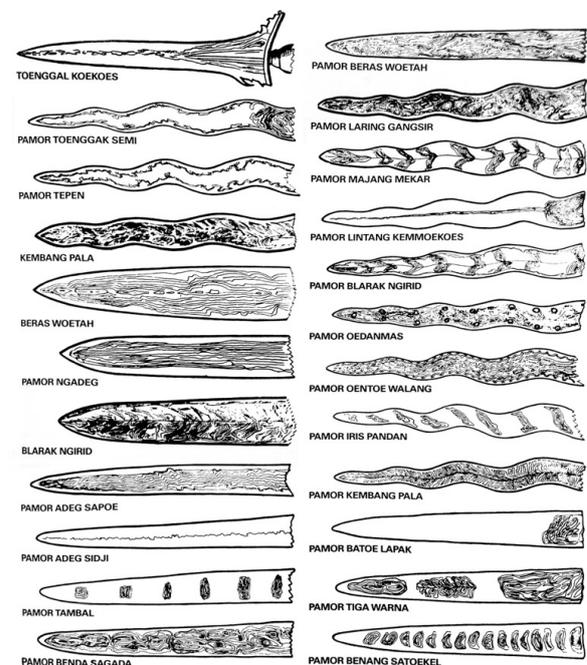


Abbildung 6 Pamormuster von Kerisklingen ©Sachse 1993, S.109

1.3.3. Pamorklingen

Indonesischer Pamorstahl ist nicht durch den Einfluss von Schweissverbundstahl aus anderen Regionen entstanden, sondern eine eigene und unabhängige Entwicklung in der Waffenherstellung des indonesischen Archipels⁴³.

⁴² Sachse, 1993, S.18

⁴³ Frankel, 1963, S.21.

Pamorklingen werden von indonesischen SchmiedInnen, den sogenannten *Empus* in einer *Bersalem*, einer Arbeitsstätte, hergestellt.⁴⁴ Die Umstände der Herstellung werden traditionell als gewichtig für die Qualität der Klingen angesehen, sodass die langen Herstellungsprozesse mit vielen Ritualen verbunden sind.⁴⁵

Es werden vier Gruppen von Pamorklingen beschrieben: Kerisklingen mit Verwendung von Meteoreisen, nickelhaltigem Stahl, beinahe reinem Nickel oder einfach Stahl und Eisen.⁴⁶

Es sind vier Meteorfunde aus Nicketeisen auf Java bekannt. Einer davon ist noch heute vorhanden und im *Kraton* (Herrscherpalast) in Surakarta ausgestellt (Abbildung 5 S.10). Er ist heilig und wird nicht mehr zum Schmieden verwendet.

Nach Beginn der Kolonialisierung durch die Niederländer im 17. Jh. wurden europäische Materialien mitverwendet, ab 1890 auch moderne Stahllegierungen aus Europa.⁴⁷

Recyclingmaterialien wie Lastwagenblatfedern, Eisenprofile, alte Feilen und sogar Fahrradketten finden bis heute beim Schmieden von Kerisklingen Verwendung.⁴⁸ Die Verwendung von nahezu reinem Nickel entstand ab ca. 1900, nachdem ein Europäer dieses Material aus Europa nach Yogyakarta zu den Kerisschmieden brachten.⁴⁹ Für das Schmieden eines Keris werden bis heute nur wenige und einfache Werkzeuge verwendet.⁵⁰ Das nickelhaltige Material wird in ein U-Eisen aus Stahl eingelegt und feuerverschweisst (Abbildung 7



Abbildung 7 Der Arbeitsschritt bei welchem das nickelhaltige Material in den Stahl eingelegt wird, welcher später die helle Lage bilden wird. © Weihrauch 2000



Abbildung 8 Die Formung der Verzierungen an den Prabotseiten © Weihrauch 2000



Abbildung 9 Das Ganja wird genau auf den Prabotbereich angepasst und die zahlreichen Verzierungen werden ausgearbeitet © Weihrauch 2000

⁴⁴ Weihrauch, 1995, S.59. / Sachse, 1993, S.107.

⁴⁵ Weihrauch, 1995, S.58.

⁴⁶ Sachse, 1993, S.105.

⁴⁷ Sachse, 1993, S.106/107 / Weihrauch, 2001, S.285.

⁴⁸ Weihrauch, 1996, S.41.

⁴⁹ Weihrauch, 1996, S.285.

⁵⁰ Sachse, 1993, S.108.

S.11). Die besonderen und sehr vielfältigen Pamormuster werden durch Einfeilungen, Hammerschläge oder Tordieren des rohen Pamormaterials erreicht (Abbildung 6 S.10). Die Muster sind nicht vorgegeben oder begrenzt, sondern können immer neu entwickelt werden. Die meisten Pamormuster sind „zufällig“ entstanden und nicht aufgrund von Einfeilungen oder Tordierungen, sondern lediglich durch das wiederholte Falten und Multiplizieren der Schichten.⁵¹

Die Klinge besteht aus zwei Teilen, dem *Ganja* und der Klinge mit dem *Peksi*. Die Klinge mit *Peksi* ist aus einem Stück geschmiedet. Das *Ganja* wird von demselben Pamorstück abgetrennt und weist daher eine vergleichbare Musterung auf (Abbildung 9 S.11). Die detaillierten Verzierungen im Prabotbereich einer Kerisklinge werden durch Schleifen, Feilen, Sticheln und Schaben herausgearbeitet.⁵²

Als Mittelschicht einer Kerisklinge wird eine härtere Stahllegierung für die schneidenden Kanten beschrieben, welche zwischen zwei Pamorstücke geschweisst wird.⁵³ Dies kann in Kapitel 6.1 (S.45) auch am beschriebenen Schliff gut erkannt werden. An den Objekten selbst, ist dies oft nicht klar zu erkennen.

Die Herstellung von Kerisklingen wird mit und ohne eine abschliessende Härtung beschrieben.⁵⁴ Erfolgt eine abschliessende Härtung, wird das Abschrecken in Kokosnussöl oder Wasser erwähnt.⁵⁵

1.3.4. Tauschierung

Verzierungen durch Tauschierungen mit einem Edelmetall, *Kinatah Emas*, können auf vielen Kerisen musealer Sammlungen erkannt werden. Eine aufgeschlagene Tauschierung ist eine Ziertechnik, welche durch den Kontrast der Farben unterschiedlicher Metalle in Erscheinung tritt. Als Grundmaterial dient die Pamorklinge. Inkrustiert wird ein weiches Metall mit unterschiedlicher Farbe. Bei den betrachteten sowie den meisten Kerisen in der Literatur handelt es sich um Goldauflagen, jedoch sind auch Silbertauschierungen bekannt.⁵⁶ Die Verbindung wird durch ein meist lokales Aufrauen der Oberfläche des Grundmaterials erreicht. Diese Einkerbungen erfolgen durch eine Gravur oder Ziselierung in Gitterform in das Grundmaterial (Abbildung 10 S.12 /Abbildung 11 S.13). Auf diese wird das zu inkrustierende Material in Form von Draht oder feinen Blechen eingehämmert. Üblicherweise ist das



Abbildung 10 Herstellung der Verzierungen im Prabotbereich © de Marval 2006

⁵¹ van Duuren, 1996, S.77.

⁵² Sachse, 1993, S.107.

⁵³ de Marval, 1997, S.9.

⁵⁴ Weihrauch, 2001, S.288-290., Frankel, 1963, S.18.

⁵⁵ Jensen, 2007, S.24.

⁵⁶ Deutsches Klingensmuseum, 2020, S.292

inkrustierte Metall nur leicht höher als das Grundmaterial. Die Gold- oder Silberverzierungen auf den Kerisklingen sowie das Koftgari auf indischen Waffen sind Tauschierungen.⁵⁷ Jedoch sind Koftgari eher flach und die Tauschierungen auf den Kerisklingen weisen meist ein stärkeres Relief auf. Die Tauschierungen auf den Kerisklingen unterscheiden sich dadurch, dass das Aufrauen der Oberfläche neben den tauschierten Bereichen meist nicht mehr sichtbar ist. Die Oberflächen der Edelmetalltauschierungen sind zusätzlich fein nachzisiert, wodurch Details wie die Adern von Blättern oder eine Stoffstruktur nachgezeichnet werden.

Goldverzierungen können beispielsweise in der Sammlung des MKB auf den Klingen der Kerise IIC 14578, IIC 20011, IIC 20012, IIC 20013 und IIC 21804 erkannt werden, dabei wird es sich um eine Tauschierung oder eine vergleichbare Technik handeln. Bei einigen kann das Aufbringen von ganzen Blechen erkannt werden, wodurch die Befestigung nur schwer erkannt werden kann, es können jedoch lokal immer Schraffierungen des Untergrundes erkannt werden. Zusätzlich wurden die Goldbleche um die Reliefformen im Eisen gedrückt und somit zusätzlich befestigt (Abbildung 12 S.13). Es wird eine zeitliche Abfolge der dünneren Goldtauschierungen mit besser sichtbarer Schraffierung und der Goldtauschierungen mit relativ viel Material erwähnt. Es wird beschrieben, dass die ausgeprägten Reliefverzierungen mit stärkeren



Abbildung 11 Der Prabotbereich mit einer Naga, vorbereitet für die Goldtauschierung © de Marval 2006

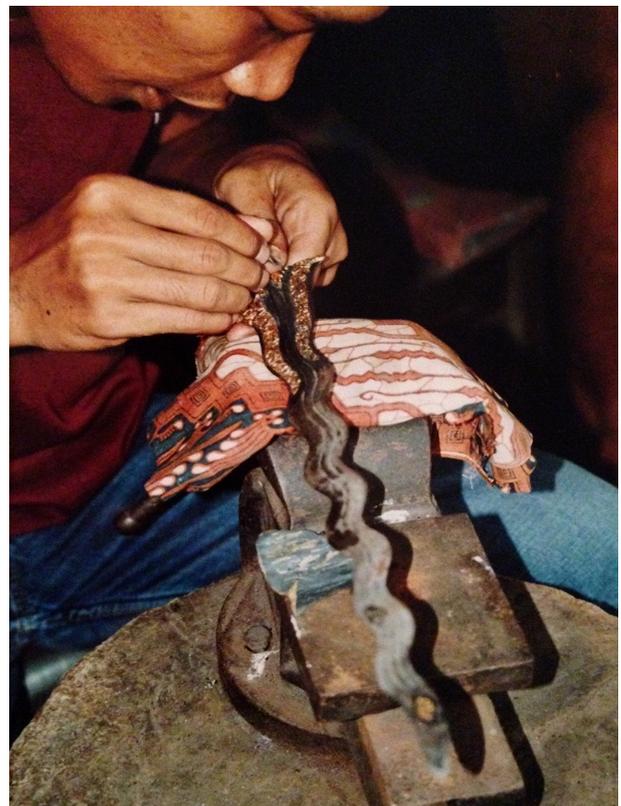


Abbildung 12 Aufbringen der Goldtauschierung durch das Andrücken der Ränder um das Relief © de Marval 2006

⁵⁷ Weihrauch, 2001, S.71

Goldauflagen ab dem 16.Jh. für den hohen Adel üblich wurden.⁵⁸ Beide Varianten sind jedoch bis heute verwendet.

1.3.5. Montageteile des Griffs

Es können zwei unterschiedliche Montageteile auf dem *Peksi* zwischen dem Griff und der Klinge vorhanden sein. Diese aus Blechen geformten Teile sind teilweise gemeinsam vorhanden, einzeln oder nicht (mehr) vorhanden. *Mendak* wird die Griffkappe im unteren Bereich des Griffs genannt, welche diesen umschliesst. Der *Selut* bildet ein Zwischenteil, meist mit ovalem Querschnitt, und befindet sich zwischen dem



Abbildung 13 Griffmontage mit *Mendak* und *Selut* aus einer Kupferlegierung gefertigt. Objekt 10 IIC21485

© JM, HE-Arc / MKB 2020

Ganja und dem *Mendak* oder dem Griff, falls kein *Mendak* vorhanden ist (Abbildung 13 S.14).

Selut und *Mendak* sind meist aus Kupferlegierungen gefertigt, durch Granulierungen, Treibarbeiten oder tordierte Drähte verziert und teilweise mit Edelsteinen ausgefasst. Sie können jedoch auch aus Horn, Knochen oder Elfenbein gefertigt sein.⁵⁹

1.3.6. Griff

Bei den Griffen (*Danganan*) kann zwischen planaren, figuralen und ornamentalen Griffen⁶⁰ unterschieden werden. Teilweise werden ursprüngliche Grundformen in den unterschiedlichen Griffen erkannt.⁶¹ Es wird davon ausgegangen, dass alle Griffe auf eine Figur als Ursprungsform zurückgeführt werden können.

Kerisgriffe sind oft sehr aufwändig ausgearbeitet, beinhalten eine symbolische und mythologische Ikonographie und haben einen dekorativen Wert. Viele entsprechen figürlichen Griffen, wobei Abstraktion auf Grund von künstlerischer Freiheit oder das Personifizieren, Einflechten von bestimmten Charakterzügen oder das Verschlüsseln eines dargestellten Merkmals vor Uneingeweihten erfolgen kann. Kerisgriffe tragen wesentlich zur geographischen Zuordnung eines Kerises bei.⁶² Regionale Zuordnungen der Kerisgriffe sind trotzdem schwierig durch überschneidende politische und wirtschaftliche Einflussgebiete, die ausgeprägte Handelstätigkeit der BuginesInnen und Migrationen der HandwerkerInnen. Jedoch auch, da der Griff teilweise dem Anlass entsprechend ausgetauscht oder in

⁵⁸ Weihrauch, 2017, S.2

⁵⁹ Wiesman, 2005, S.90

⁶⁰ Weihrauch, 1996, S.81.

⁶¹ Kerner, 1996.

⁶² Weihrauch, 1996, S.80

schlechten Zeiten verkauft wurde. Denn die übernatürliche Kraft wurde, der Gana-Keris ausgenommen, nur der Klinge zugesprochen.⁶³

Die meisten Griffe können auf hindujavanische oder altjavanische Mythen zurückgeführt werden, wobei nur Griffe eine Ausnahme bilden, welche rein funktionellen oder ästhetischen Prinzipien zu entsprechen scheinen. Es werden anthropomorphe und zoomorphe Züge in den Kerisgriffen beschrieben. Die Griffe mit Menschen-, Götter- und Dämonengestalten haben historisch alte Wurzeln, dies zeigen die über 400 Jahre alten Kerise in europäischen Sammlungen, jedoch auch historische Reiseberichte, z.B. aus dem 15. Jh., welche Kerise beschreiben.⁶⁴



Abbildung 14 Schwarzer Sternrubin auf dem Griff von IIC 14572 © JM, HE-Arc / MKB 2020

Kerisgriffe wurden aus unterschiedlichen Hölzern, Elfenbein, Rhinozeroshorn, unterschiedlichen Hornsorten, Muschelschalen, Knochen, Geweih, edlen oder unedlen Buntmetalllegierungen, fossilen Elefantenmollaren oder aus einer Kombination dieser Materialien gefertigt. Zusätzlich können Edelsteine, Schmucksteine oder Buntglas in die Griffe gefasst worden sein.⁶⁵ Diese sind in der Basler Sammlung beinahe ausschliesslich in Cabochonform vorhanden, lediglich wenige, meist farblose Steine können in einem Rosenschliff anzutreffen sein. Bemerkenswert sind dabei die vielfach auf grosszügig dekorierten Griffen anzutreffenden Sternsteine, meist Sternrubine oder Sternsaphire (Abbildung 14 S.15). Die Sammlung des MKB enthält drei Kerise mit Sternsteinen auf reich verzierten Griffen (IIC 13306 weist einen rosa

Planare Bali-Griffe

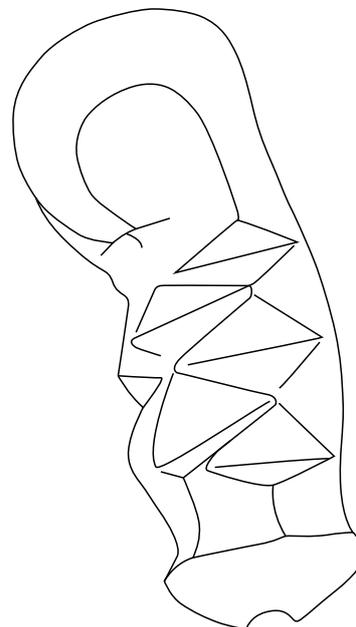


Abbildung 15 Schematische Darstellung eines planaren Bali-Griff

⁶³ Kerner, 1996, S.16

⁶⁴ Weihrauch, 1996, S.80

⁶⁵ Weihrauch, 1996, S.80

Sternstein auf, IIC 14572 weist einige kleinere schwarze Sternrubine⁶⁶ auf und der Griff von IIC 21802 ist komplett mit schwarzen Sternrubinen versehen).

Die meisten Griffe der Sammlung des MKB sind aus Holz gefertigt und teilweise oder komplett mit Schnitzereien versehen. Einige sind aus Horn, Knochen oder Geweih hergestellt und ebenfalls geschnitzt. Eine weitere Gruppe von Griffen ist aus mehreren Materialien kombiniert. Ein geschnitzter Griff aus Holz, Horn oder Elfenbein kann teilweise mit getriebenen Goldblechen und tordierten Drähten versehen worden sein. Ein Griff kann auch komplett aus einem getriebenen Metallblech gefertigt sein. An den teilweise mit Blechen verzierten Griffen kann festgestellt werden, dass diese mechanisch an den geschnitzten Griff angebracht wurden. Die zu verzierenden Bereiche wurden hinterschnitten und das vorgängig

getriebene Blech mit den gefassten Edelsteinen wurde um diese Form gelegt und durch die Hinterschneidungen befestigt. Die tordierten Zierdrähte sind an ihren Enden durch Bohrungen im Griff befestigt. Es ist kein Hinweis zu erkennen, dass diese Verzierungen durch Klebungen befestigt wurden. Die Herstellungsweise von Griffen, welche eine komplett metallene Oberfläche aufweisen, sind weniger leicht zu erkennen. Bei Fehlstellen kann jedoch ein Holzkern, sowie ein Baumharzkern erkannt werden.⁶⁷

Von Achim Weihrauch wird typologisch in grundsätzlich drei unterschiedliche Grifftypen unterschieden, planare Griffe (Abbildung 15 S.15 und Abbildung 16 S.16), figurale Griffe und ornamentale Griffe⁶⁸, von welchen alle in der Sammlung des Museums der Kulturen in Basel vertreten sind. Diese Kategorien werden von Martin Kerner nicht vorgenommen. Von Kerner werden Einteilungen in unterschiedliche Griffgrundformen, genauer gesagt in zwei unterschiedliche Grundhaltungen der dargestellten oder zugrundeliegenden Figuren, vorgenommen.⁶⁹ Eine umfassende und systematische Darstellung der verschiedenen Grifftypen kann bei Weihrauch 1996 und Kerner 1996 nachgelesen werden.

1.3.7. Scheide

Die Herstellung der Scheiden wird von einer eigenen Berufsgruppe, der *Mranggi* ausgeführt. Das Holz dafür wird teilweise von einer ebenfalls eigenen Berufsgruppe, den HolzsucherInnen, bezogen.

Planare Surakarta-Griffe

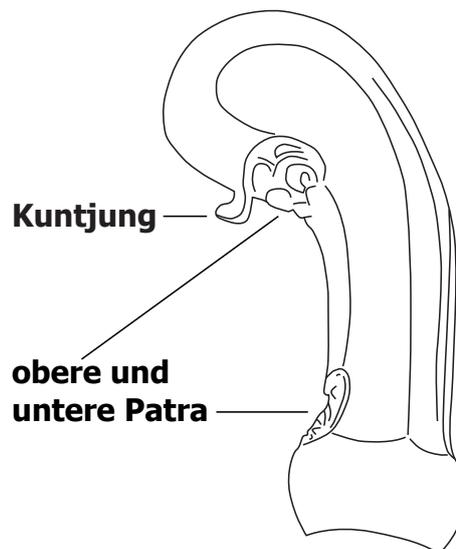


Abbildung 16 Schematische Darstellung eines Surakarta-Griffs mit Kuntjung und oberer und unterer Patra

⁶⁶ Schumann, 2008, S.98/102

⁶⁷ Kerner, 1996, S.19.

⁶⁸ Weihrauch, 1996, S.81

⁶⁹ Kerner, 1996, S.11-15

Beim Tragen eines Keris ist die Scheide das sichtbarste Element und somit in stilistischer Hinsicht massgebend. Dadurch hat der Mranggi einen grossen Einfluss auf die Ästhetik eines Kerises.

Die Scheide als gesamtes wird als *Sarong* oder *Sarung* bezeichnet. Das Klingenfutteral heisst *Gandar* oder *Galar*. Dieses kann vollständig in einem edlen Holz gefertigt oder in gewissen Fällen ganz oder teilweise von einer metallenen Überscheide des *Pendoks* bedeckt sein. Das quer liegende Mundstück ist beinahe immer asymmetrisch, da es den asymmetrischen *Prabot*-Bereich und das *Ganja* der Klinge aufnimmt. Dieses Mundstück heisst

Wrangka oder *Sampir*⁷⁰, wobei die Bezeichnung *Wrangka* in Java zu einer allgemeinen Bezeichnung der gesamten Scheide geworden ist. Die meisten Scheiden sind aus zwei Stücken gefertigt. Die Ausnahmen welche aus einem Stück bestehen, werden *Sarong iras* genannt.⁷¹ Die *Wrangka* oder *Sampir* ist meist nicht von Metall bedeckt, ausser bei Bugis-Kerisen kann die Scheide vollständig umfasst sein.⁷² Es werden Scheiden beschrieben, welche eine Bemalung aufweisen.⁷³ Solche Scheiden konnten in der Sammlung des MKB nicht festgestellt werden, sind jedoch in der Privatsammlung von Gaspar de Marval vorhanden.

Die Scheiden sind meist aus Holz gefertigt. Auf Java sind *Wrangka* aus Horn oder Elfenbein eine Ausnahme. Auf Bali wurden diese oft aus Elfenbein hergestellt. Aussergewöhnliche Kerise weisen auch *Wrangka* aus fossilen Elefantenbackenzähne auf. Die Klinge sollte immer ganz in die Scheide eingelassen sein, wodurch sich ein fugenloser Übergang von *Ganja* zu *Wrangka* ergibt. Die Klinge ist somit im spirituellen Sinne von der Aussenwelt abgeschlossen. Die *Wrangka* hat zusätzlich die praktische Funktion, zu verhindern, dass die Scheide aus dem Leibgurt rutscht.

Die Mundstücke der Scheiden lassen sich in zwei grosse Gruppen einteilen, den *wrangka ladrang* (oder *ladrangan*) und den *wrangka gayaman* (Abbildung 17 S.17). Bei der *wrangka ladrang* handelt es sich um die formelle Scheide. Die Bedeutung von *ladrang* ist „mit langen, gekrümmten Hörnern“. Die *wrangka gayaman* wird als die informelle Scheide bezeichnet. *Gayaman* bedeutet „einfach“ oder

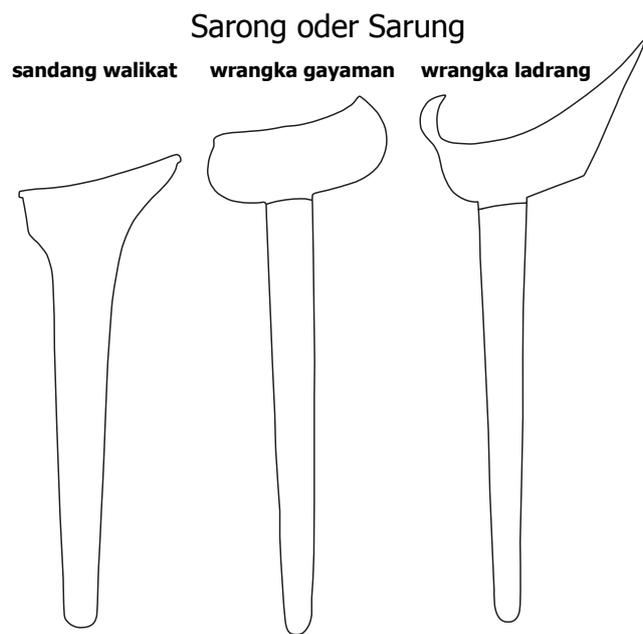


Abbildung 17 Schematische Darstellung der drei Grundformen vom Kerisscheiden

⁷⁰ buginesischer Terminus

⁷¹ Weihrauch, 1996, S.114

⁷² Weihrauch, 1996, S.115

⁷³ Weihrauch, 1996, S.115/116

„schlicht“. Auch wenn diese Bezeichnungen wertend klingen, wird auf Grund der Form kein qualitativer Unterschied zwischen den beiden gemacht.⁷⁴ Eine weitere, dritte Scheidenform ist die *sandang walikat*, welche auf Java kaum mehr verbreitet ist. Auf Bali hingegen sind alle drei Formen gleichermaßen anzutreffen. Verwendung fanden diese zusätzlich für den Transport oder zur Lagerung. Die *sandang walikat* Scheide wird als die ursprüngliche und älteste Scheidenform angesehen. Charakteristisch ist, dass deren Form im Wesentlichen der Klingenform folgt, der Übergang zwischen Mundstück und Klingenfutteral ergibt sich fließend. Diese sind meist aus einem Stück gefertigt. Es sind kostbare Varianten bekannt, welche reichlich mit Edelsteinen geschmückt wurden. Heute werden *sandang walikat* vorwiegend von Frauen getragen.⁷⁵

1.4. Symbolik

Die Gestaltung der Kerise zeigen vor allem auf den Griffen Dämonenfiguren aus dem hinduistischen Pantheon im Gefolge Rangdas und Shivas und auf den Scheiden sind florale und landwirtschaftliche Motive bestimmend. Dies wurde massgeblich von der ostjavanischen Prinzessin Mahendradatta (989 n.Chr.) beeinflusst. Auch die Einführung des Keris als heilige Ritualwaffe Javas und Balis wird dieser Periode zugeschrieben. Riten und Tänze zur Abwehr von Hexen und Dämonen sind bis heute der Ursprung des Glaubens an solche Wesen und es finden sich schützende und unheilabwehrende Tänze in den meisten indonesischen Regionen. Die Gestaltung der Klinge, wird vermutet, geht noch weiter zurück auf Erbstücke aus vorhergehenden Epochen, zum Beispiel importierte Klingen aus der chinesischen Bronzezeit.⁷⁶

Nichts an der Gestaltung eines Keris ist zufällig. Die Wahl der Farben, die verwendeten Hölzer sowie die Herstellungstechniken haben eine Bedeutung für den spezifischen Keris, welcher hergestellt wird.⁷⁷

Durch die niederländische Präsenz auf Java wurden auch die Symboliken der Kerise beeinflusst. Es sind Ornamente bekannt, in welchen sich niederländische Heraldik erkennen lässt.⁷⁸ Beschrieben wird, dass die lokalen HandwerkerInnen Objekte herstellten, spezifisch um dem Geschmack der Kolonialherren zu entsprechen.⁷⁹ Militärische Verbindungen zwischen der lokalen Bevölkerung und der Niederlande erzeugte Kerise mit Rangabzeichen oder anderen Symboliken des niederländischen Militärs.⁸⁰

Die Kerise entsprechen einer Verbindung zwischen dem Überirdischen und dem Menschlichen. Die Ikonographie, die ethnische und die regionale Entwicklung zeigen ihre Geschichte auf. Von Kerner wird

⁷⁴ Weihrauch, 1996, S.117-120

⁷⁵ Weihrauch, 1996, S.121

⁷⁶ Weihrauch, 2015, S.19-20

⁷⁷ Weihrauch, 2015, S.46

⁷⁸ van Duuren, 1996, S.70

⁷⁹ Keurs, 2009, S.149

⁸⁰ Keurs, 2009, S.151-157

zusätzlich beschrieben, wie der Wandel von einem hinduistischen in ein islamisches Weltbild in der Entwicklung der Griffe abzulesen ist.⁸¹ Die figürliche Griffe sollen nach und nach mit floralen Mustern überdeckt oder abstrahiert worden sein, behielten jedoch sichtlich die Grundform der Figur.⁸² Nicht alle Quellen interpretieren die Abstraktion in Bezug auf den zunehmenden Einfluss des Islams. Das Erkennen von versteckten Formen in jeglichen Gegenständen ist Teil der indonesischen Kultur und kann auf die abstrahierten Griffe übertragen werden.⁸³

1.5. Die Aufbewahrung von Kerise



Abbildung 18 ein javanischer Kerishalter aus der privaten Sammlung von Gaspar de



Abbildung 19 ein balinesischer Kerishalter aus der privaten Sammlung von Gaspar de

Auch die Aufbewahrung von Kerisen in privaten Sammlungen und Museen ist durch die Tradition beeinflusst. Kerise in ihrer Bedeutung als lebendes Wesen brauchen die Scheide als Haus oder Bekleidung und deren Macht zurückzuhalten. Daher wurden Kerise in einer Scheide aufbewahrt.

⁸¹ Kerner, 1996, S.7

⁸² Kerner, 1996, S.71

⁸³ Wiesman, 2005, S.90

Zusätzlich dazu, dass Kerise in ihren Scheiden verbleiben, können Kerise in Kerishalter oder in weiteren Schutzbehältnissen aufbewahrt werden. Es werde spezielle Kisten oder Etuis erwähnt, wobei diese Etuis aus Stoff sind und meist die traditionelle Musterung aus schwarzen und weissen Quadraten aufweist.⁸⁴ Beim Eintreten in ein Haus in Bali wird der Keris als Geste abgelegt und in einen Kerishalter platziert. Auch der eigene Keris wird an einem dafür vorgesehenen Ort im Haus aufbewahrt oder aufgehängt, damit dieser das Haus beschützt.⁸⁵ Ein balinesischer Kerishalter (Abbildung 19 S.19) kann unterschiedliche figürliche Formen haben, wie beispielsweise die Form einer Gottheit, eines mystischen Biests, eines kleinen Monsters oder einem freundlichen, dicken Chinesen.⁸⁶ Ausserhalb von Bali sind Kerishalter üblicherweise keine Figuren, sondern ein flaches, an der Wand befestigtes Relief mit Halterungen für den Keris (Abbildung 18 S.19).

⁸⁴ Wiesman, 2005, S.88

⁸⁵ van Duuren, 1996, S.52/63

⁸⁶ van Duuren, 1996, S.63

2. Anhang: Die Kerissammlung des Museums der Kulturen Basel

Die Sammlung des MKB umfasst mindestens 144 Kerise⁸⁷ unterschiedlicher Herkunft und Entstehungszeit. Dabei handelt es sich um Kerise mit reichen Verzierungen aus Gold und Edelsteinen, sowie Kerisen aus schlichten Materialien und grossem spirituellen Wert durch die traditionell hoch geschätzten Holzmaserungen.

2.1. Provenienz und Datierung

Für die meisten Objekte der Sammlung wird als Ursprungsort die Insel Java (mind. 48 von 144) oder Bali (mind. 43 von 144) zugeordnet. Jedoch sind für die Sammlung des MKB kaum genaue Provenienzen bestimmt, viele Angaben sind daher mit Fragezeichen oder mehreren Angaben versehen.

Die Datierungen sind ebenfalls wenig präzise. Meist ist als Datierung lediglich angegeben, dass der Entstehungszeitpunkt vor dem Eintrittsdatum in das Museum gewesen sein muss. Teilweise ist die Datierung als vor dem Zeitpunkt der Aufnahme in die vorhergehenden Privatsammlungen angegeben. Nur selten erfolgte eine Datierung mittels Provenienzforschung.

Nach den Inventarangaben sind die meisten Kerise Teil einer Privatsammlung gewesen, bevor diese den Weg in die Sammlung des MKB gefunden haben. Beinahe alle Kerise kamen aufgrund einer Schenkung ins Museum, nur wenige Kerise wurden angekauft.

2.2. Bedeutung und Kontext der Kerissammlung für das MKB

Das Museum der Kulturen hat eine grosse und diverse Sammlung von Kerisen, sowie auch anderen Objekten indonesischen Ursprungs. Der frühere Schwerpunkt, Waffen zu sammeln, zeigt sich auch heute noch in einer eher überproportionalen Vertretung von Waffen. In den ethnologischen Sammlungen sind jedoch nicht nur Waffen im eigentlichen Sinn und auch reine Waffen haben über ihren Kriegszweck hinaus noch viele andere Bedeutungsebenen. Bei allen Objekten und Objektkategorien ist es dem MKB wichtig, die Bedeutungsebenen und –verflechtungen herauszuarbeiten.

Die Hintergründe aller Objekte in Bezug auf die Entstehung und den Gebrauch ist dem Museum wichtig, aber auch die Weitergabe dieses Wissens und die weitere Erforschung. Dies gilt nicht nur für die traditionellen, historischen Aspekte, sondern auch für Veränderungen bis hin zum gegenwärtigen Umgang mit dem jeweiligen Objekt im Herkunftsgebiet.

Auch die Ästhetik spielt eine wichtige Rolle, jedoch nur als eines von vielen Kriterien. Genauso wichtig sind Dokumentations- und Aufarbeitungsgrad des entsprechenden Objektes. Zunehmend wichtig für das Museum ist auch die Frage der Provenienz.

⁸⁷ Exklusive der Kerise Majapahit

Ein regelmässiger Austausch des Museums mit der indonesischen Herkunftsgemeinschaft wird aus Zeitgründen als nicht möglich erachtet, jedoch als wünschenswert angesehen. Projektbezogen hat bereits ein Kontakt mit indonesischen Interessengruppen stattgefunden, jedoch nicht auf die Kerissammlung bezogen.⁸⁸

Die Kerissammlung des MKB wurde bereits für Forschungsarbeiten herangezogen, so basieren einige Beobachtungen von M. Kerner auf Objekten dieser Sammlung.⁸⁹ Auch für die sehr ausführlichen Arbeiten von A. Weihrauch wurde die Sammlung des MKB herangezogen.⁹⁰ Dies zeigt die Relevanz dieser Sammlung in Bezug auf die Erforschung dieser Objektfamilie. Eine spezifische Recherche in Bezug auf die Sammlung und eine Aufarbeitung der Provenienzen wurde jedoch nicht ausgeführt.

In Bezug auf den Zustand oder Konservierung und Restaurierung wurde jedoch bis anhin keine Forschung betrieben. Von Urs Lang wie auch Richard Kunz wird es als sehr wichtig erachtet, den Kontext und den immateriellen Wert dieser Objekte in das Konservierungs- und Restaurierungskonzept miteinzubeziehen.

2.3. Aufbewahrungsumstände und Klimasituation im Wandel der Objektgeschichte

Der Anfang der Objektgeschichte aller Kerise der Sammlung des MKB liegt in der Region der indonesischen Inseln. Dadurch waren diese am Anfang ihrer Geschichte einem tropischen Klima ausgesetzt. Ganzjährig kann auf **Java** mit einem Klima von durchschnittlich 23° C nachts bis zu 34° C tagsüber gerechnet werden. Die Luftfeuchtigkeit bleibt meist über 80 % und sinkt auch während den trockenen Monaten nur leicht unter 80 % RH.⁹¹ Bei diesen Temperaturen und dieser Luftfeuchte wurden die Kerise der Tradition entsprechend in ihren Scheiden in den Wohnhäusern aufbewahrt oder bei sich getragen. Es kann von einer regelmässigen Reinigung und Pflege der Klingen nach traditioneller Art ausgegangen werden.

In der Zeit in den **Privatsammlungen** werden keine klimatisierten Bedingungen geherrscht haben, daher werden die Kerise dem europäischen Innenraumklima von Wohnhäusern, Kellerräumen oder Lagerräumen ausgesetzt gewesen sein.⁹² Durch die geographische Lage und das Heizen in der kalten Jahreszeit kann von erheblichen Schwankungen der Temperatur und der relativen Luftfeuchte ausgegangen werden. Die Mehrheit der Klingen wird der Tradition entsprechend und aus Platzgründen in den Scheiden gelagert worden sein. Die Pflege der Klingen erfolgte in den privaten Sammlungen sehr unterschiedlich. Dies kann bis heute an den Objekten festgestellt werden. Von Lackbeschichtungen,

⁸⁸ Die Informationen seitens des Museums stammen von Richard Kunz, Kurator Südostasien.

⁸⁹ Kerner, 1996

⁹⁰ Weihrauch, 1996 / Weihrauch, 2001

⁹¹ Laenderdaten, 2020

⁹² Dies wird von Gaspar de Marval sowie Günther Heckmann des IFICAH als die Regel bestätigt.

über moderne Öle und Wachse bis hin zu natürlichen Ölen können Überreste auf den Klingen der Objekte nachgewiesen werden.⁹³

Die Kerise des MKB wurden am selben Standort in der **Basler Innenstadt** in mehreren Räumen aufbewahrt (seit dem Eintritt in das Museum bis 2005). Angrenzend der Lagerräume war ein nicht isolierter Heizraum, wodurch die Temperatur in den Lagerräumen permanent relativ hoch war. Eine Klimatisierung oder Überwachung der klimatischen Situation war nicht vorhanden. Beschrieben wird im Sommer wie im Winter eine sehr trockene und warme Luft. Die Lagerung der Kerise erfolgte in Holzkisten aus Tannenholz, einige befanden sich in einem Rollschrank.⁹⁴

Seit 2005 befindet sich die Kerissammlung in den **aktuellen Depoträumen**. Diese sind mit einem Klimatisierungssystem ausgestattet, das Klima wird überwacht (siehe nachfolgendes Kapitel). Alle Objekte sind im selben Raum aufbewahrt. Die Lagerung erfolgt in Rollschränken, worin die Objekte in Holzschubladen aus Buchenholz liegen. Diese sind offen, wodurch eine gewisse Zirkulation der Luft erfolgt. Die Kerise wurden auch in musealer Umgebung in ihren Scheiden gelagert. Seit sich die Kerise in der Sammlung des MKB befinden, sind keine Pflege- oder Reinigungsmassnahmen der Klingen dokumentiert oder an den Objekten nachzuweisen. Die Depoträumlichkeiten werden zweimal jährlich gründlich gereinigt, um den Staub zu reduzieren.

2.4. Klimasituation der Lagerräume des MKB

Die Klimadaten⁹⁵ der Depoträumlichkeiten zeigen ein Klima, welches sich normalerweise in einem Bereich von knapp 20° C und einer relativen Luftfeuchte von 45 % bis 50 % liegen. Die Temperatur von Oktober bis Mai blieb meist unter 20° C und von Juni bis September wurden die 20° C leicht überschritten (Grafik 1 S.24). Es scheint eine leichte Tendenz zu erkennen zu sein, dass mit den Jahren die Temperatur ansteigt und die Luftfeuchte eher sinkt. Um dies mit Sicherheit feststellen zu können, müssten jedoch zusätzliche Daten von zusätzlichen Jahren zur Verfügung stehen.

Die höchste Temperatur wurde am 9. Juli im Jahr 2019 mit 25.4° C gemessen, bei gleichzeitig gemessener relativer Feuchte von 44.1 %. Dieser Temperaturanstieg erfolgte um 5.6 Grad seit dem 25. Juni 2019 (Grafik 2 S.25).

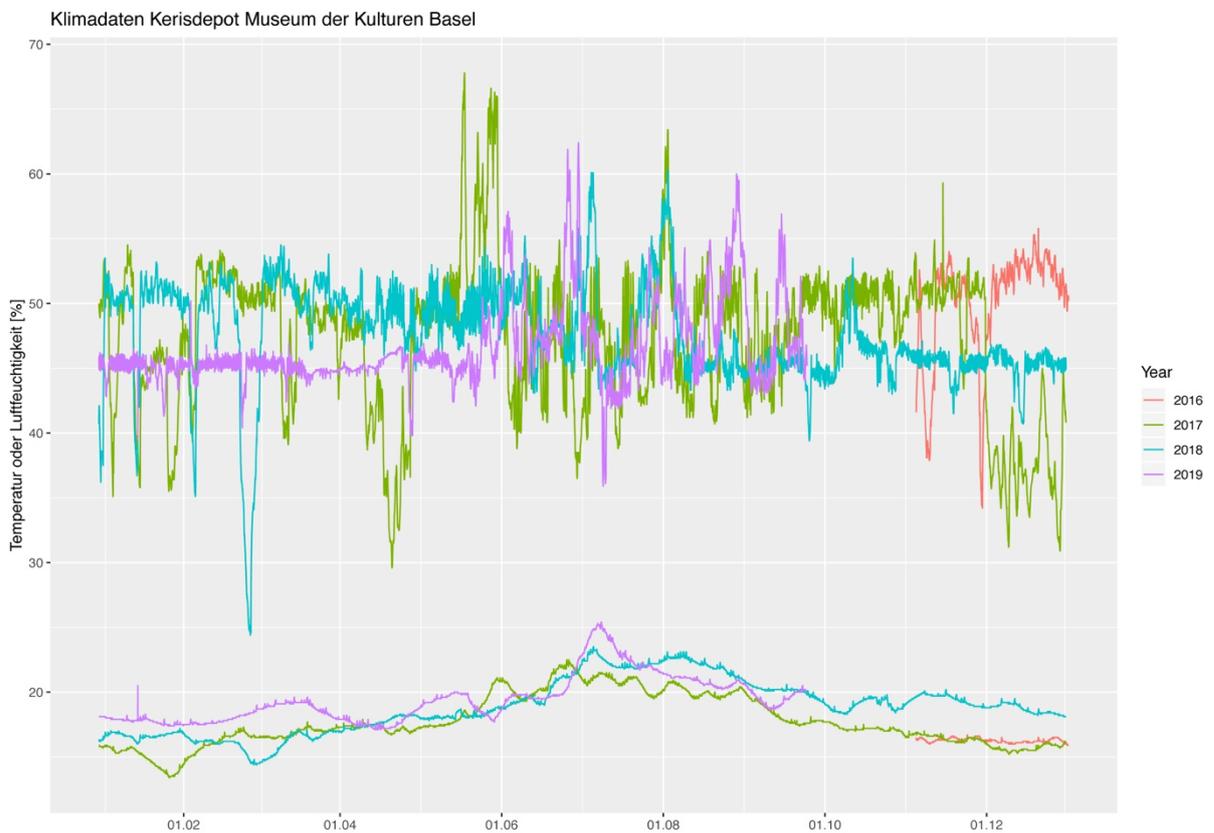
⁹³ Dies wurde durch FTIR-Analysen festgestellt.

⁹⁴ Diese Beschreibungen stammen Adrian Wisler, Depotverwalter und seit 1988 für die Lagerräumlichkeiten in welchen sich die Kerise befinden zuständig.

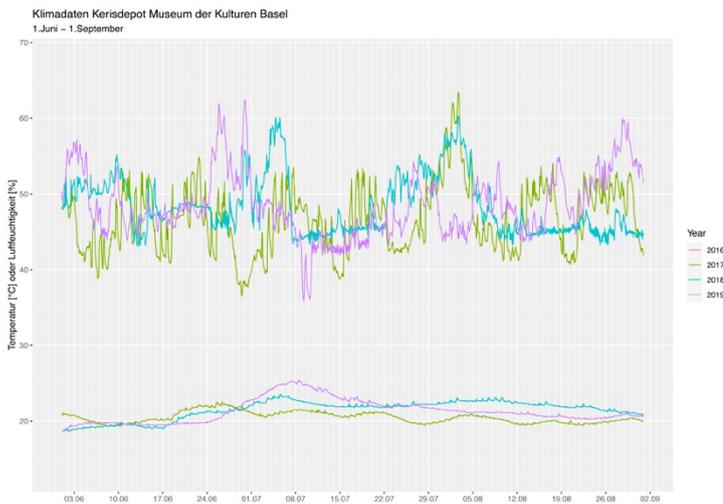
⁹⁵ Die vorliegenden Messdaten beinhalten stündliche Messungen der Temperatur wie der relativen Feuchte seit dem 4.11.2016 bis zum 25.9.2019. Diese Messdaten wurden vom Museum der Kulturen gemessen und zur Verfügung gestellt.

Am 15. Januar 2019 konnte eine starke und sehr schnelle Schwankung der Temperatur gemessen werden. Um 15:00 wurde 18° C und 45.8 % RH gemessen und eine Stunde darauf um 16:00 war die Temperatur auf 20.5° C gestiegen und die RH auf 39.5 % gesunken. Bereits eine Stunde danach konnten wieder die gleichen Werte wie um 15:00 gemessen werden. Dies entspricht der stärksten kurzfristigen Schwankung, welche aufgezeichnet wurde (Grafik 3 S.25).

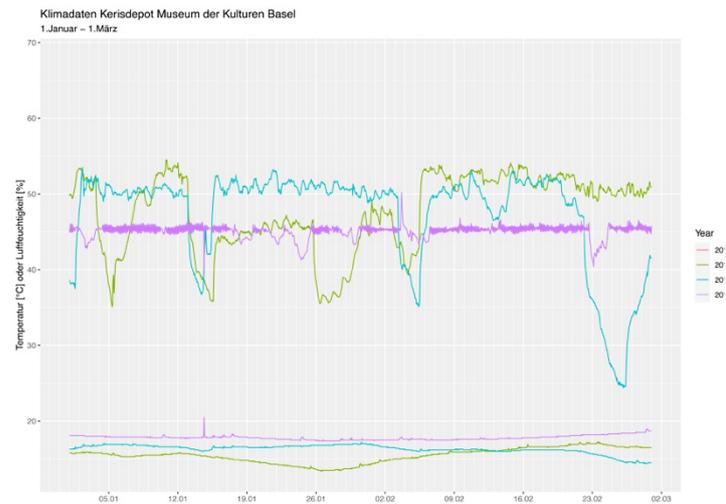
Starke und eher kurzfristige Schwankungen der relativen Feuchte konnten öfters festgestellt werden als Temperaturschwankungen. Am 19.5.2018 (00:00) wurde der höchste Werte der RH mit 67.8 % gemessen, bei einer Temperatur von 18.6° C. Dies machte innert 24H einen Anstieg von 15.3 % aus, der in den folgenden 24 Stunden wieder um 18.3 % fiel. An diesem Tag wurde eine Aussentemperatur von 14.1° C und 69 % Luftfeuchte gemessen.



Grafik 1 Darstellung des Klimas im Kerisdepot. Ein Vergleich über dreieinhalb Jahre der RH und der Temperatur.



Grafik 2 Darstellung des Klimas vom 1. Juli bis 1. September, 2017, 2018 und 2019 im Vergleich



Grafik 3 Darstellung des Klimas vom 1. Januar bis 1. März, 2017, 2018 und 2019 im Vergleich

Die tiefste RH wurde am 27.2.2018 (03:00) gemessen und betrug lediglich 24.4 % bei ebenfalls tiefen 14.6° C. 24H später war der Wert der relativen Feuchte bereits wieder 9.7 % gestiegen. An diesem Tag betrug die Aussentemperatur in Basel durchschnittlich lediglich -7.4° C und 53 % RH⁹⁶.

Die tiefste Temperatur wurde am 27.1.2017 mit 13.4° C erreicht, bei einer Aussentemperatur von durchschnittlich -2.1° C.

Am 27.2.2018 bei -7.4°C kalter Luft und einer RH von 53% enthielt diese nur sehr geringe Menge an Feuchtigkeit. Wird diese Luft auf 15°C erwärmt, entspricht dies einer RH von weniger als 10%. Die tiefe RH an diesem Tag kann daher auf eine grössere Menge an Aussenluft, welche in das Depot gelangt sein muss, zurückgeführt werden. Um solche Schwankungen zu verhindern, muss ein grösserer Austausch von Luftmengen der Aussenluft vermieden werden.

Die hohe RH am 19.5.2018 kann nicht mit einem starken Austausch mit der Aussenluft in Verbindung gebracht werden. Eine Feuchtigkeitsquelle innerhalb der Depoträumlichkeiten oder eine Fehlfunktion der Klimaanlage ist wahrscheinlich.

Die leichte gesamthafte Tendenz einer Zunahme der Temperatur könnte auf den allgemeinen Anstieg der Aussentemperaturen zurückzuführen sein. Es ist anzunehmen, dass diese durch den Klimawandel in Zukunft zusätzlich ansteigen.

Es konnten keine starken Schwankungen der Feuchte durch die Reinigungsmassnahmen festgestellt werden, welche jeweils im Frühling und im Herbst stattfinden.⁹⁷

⁹⁶ ©Daten der Meteorologischen Station Basel-Binningen, Meteorologischer Verein der Region Basel.

⁹⁷ Die genauen Daten sind unbekannt, daher konnte auch kein detaillierter Abgleich gemacht werden.

Der starke Temperaturanstieg am 15. Januar 2019 kann nicht mit den Aussentemperaturen an diesem Tag in Verbindung gebracht werden, da es an diesen Tag in Basel durchschnittlich 3.6°C, bei 70%RH war.⁹⁸

2.5. Objektbeschreibung, Zustandsbeschreibung und Analysen von dreizehn Kerisen der Sammlung des MKB

Als Grundlage der Erkenntnisse zur Sammlung des MKB wurden dreizehn Objekte genauer betrachtet und untersucht. Eine Dokumentation jedes Einzelnen dieser Objekte mit den Untersuchungs- und Analyseergebnissen ist entstanden.

Es wurde ein Dokument pro Objekt erstellt, welches die folgenden Inhalte enthält:

- einen Steckbrief mit den Eckdaten zum Objekt
- eine Objektbeschreibung
- eine Zustandsbeschreibung der Klinge, illustriert mit Mikroskopaufnahmen
- Dinolite Aufnahmen mit Lokalisierung auf dem Objekt
- Die Resultate der XRF-Analysen
- Die Resultate der FTIR-Analysen
- Die UVF Aufnahmen
- Die Resultate der pH-Wert Messung

Diese Dokumente sind nach Objekt geordnet in 20. Anhang: Liste der digitalen Anhänge S.105 aufgelistet. Alle Abbildungen in den Objektbeschreibungen werden dem Copyright © JM, HE-Arc / MKB 2020 zugeordnet.

Die Methoden verwendet für die Analysen der Museumsobjekte sind im folgenden Kapitel beschrieben.

2.5.1. XRF Analysen

Die Ergebnisse einer XRF (X-ray fluorescence spectrometry / Röntgenfluoreszenz-spektroskopie) mit der mobilen Pistole werden in Form einer Liste auf der Pistole in Prozent angegeben. Zusätzlich können die Resultate mit der dazugehörigen Software als Spektren betrachtet werden. Die Prozentangaben dürfen nicht als komplett vertrauenswürdig aufgefasst werden. Sie werden immer auf 100% ausgerechnet, wodurch Elemente, welche nicht gemessen werden können, kompensiert werden. Weiter können Anreicherungen an der Oberfläche die Prozentangaben verfälschen, da die Messung leicht in die Oberfläche eindringt. Die Tiefe ist zusätzlich abhängig vom vorliegenden Material. Daher sollten die Prozentangaben mit Vorsicht interpretiert werden. Durch das Pamormuster der Kerisklingen sind diese

⁹⁸ ©Daten der Meteorologischen Station Basel-Binningen, Meteorologischer Verein der Region Basel.

Prozentangaben zusätzlich nicht zu interpretieren, da immer mehrere Phasen im Messbereich von 6mm Durchmesser mitgemessen werden.

Es handelt sich um eine zerstörungsfreie Messmethode und es muss keine Probeentnahme vorgenommen werden. Die Messungen erfolgen durch die Bestrahlung des Messbereichs durch eine Röntgenstrahlquelle. Diese Röntgenstrahlen interagieren mit den Elektronen der Atome, aus welchen das Objekt zusammengesetzt ist. Die Elektronen wechseln temporär zwischen den Atomschalen und setzen daher eine sekundäre Röntgenstrahlung frei, diese ist für jedes Element charakteristisch und wird von der XRF-Pistole durch den Detektor erkannt und durch die Software des Analysegerätes in Prozent und in Spektren dargestellt. Die unterschiedlichen Spektren entstehen durch die verwendeten Röntgenstrahlen unterschiedlicher Stärke, da nicht alle Elemente durch dieselben Wellenlängen detektiert werden können.⁹⁹ Es stehen unterschiedliche Programme zur Verfügung, welche auf die zu messenden Materialien angepasst sind. Die Messungen auf den Kerisklingen wurden in General Metals und Mining durchgeführt.

Für diese Arbeit wurden XRF-Analysen durchgeführt, um zu erkennen, welche Legierungsbestandteile vorhanden sind und ob durch eine traditionelle Ätzung Arsen auf der Klingenoberfläche festzustellen ist. Die Prozentangaben wurden kaum interpretiert, auf Grund der beschriebenen Ungenauigkeiten.

2.5.2. FTIR-Spektroskopie

Fourier transform infrared spectroscopy / Fourier-Transform-Infrarotspektroskopie wurde im Reflexionsmodus angewandt: Die Methode beruht auf der Anregung von Energiezuständen durch infrarotes Licht in den Molekülen, wodurch diese zu vibrieren beginnen. Die Energie dieser Vibration kann detektiert werden und ist für die gemessenen funktionalen Gruppen eines Materials charakteristisch.¹⁰⁰ Die Messungen werden in Spektren dargestellt und können durch das Abgleichen in einer Datenbank zur Identifizierung des Materials führen.¹⁰¹ Die Messungen im Reflexionsmodus unterscheidet sich von der erstgenannten FTIR-Spektroskopie-Methode durch die Möglichkeit, ohne die Entnahme einer Probe, eine Analyse zerstörungsfrei durchführen zu können. Die Resultate werden ebenfalls in Spektren angezeigt und mit der Datenbank verglichen. Durch die Alterung der Beschichtungen verändert sich das gemessene Spektrum, daher können neue Beschichtungen nur bedingt mit gealterten Beschichtungen verglichen werden. Die Ausprägung des Peaks für die OH Gruppe im Bereich von 3400 kann zusätzliche Information dazu liefern, ob es sich um eine neuere oder ältere Beschichtung handelt.

Die traditionellen Öle waren meist nicht in der Datenbank vorhanden. Eigens erstellte Spektren schlossen diese Lücke der Vergleichsspektren (Der Vergleich mit den Ölen ist zu finden in Kapitel 7.1 S.51).

⁹⁹ Bezur et al, 2020, S. 17/18

¹⁰⁰ Für zusätzliche Informationen: Günzler und Heise, 1996 / Derrick et al., 1999

¹⁰¹ Database of ATR-FT-IR, 2020

2.5.3. Betrachtung der UV Fluoreszenz (UVF)

Die Betrachtung von Beschichtungsmaterialien unter ultraviolettem Licht kann zur Erkennung der Fluoreszenz von organischen Beschichtungsmaterialien verwendet werden.¹⁰² Viele organische Beschichtungsmaterialien reagieren unter UV-Licht mit einer spezifischen Fluoreszenz, wodurch eine in VIS-Licht unsichtbare Beschichtung in Erscheinung treten oder diese besser lokalisiert werden kann. Es kann erkannt werden, dass zwei Beschichtungen vorhanden sind, wenn diese in unterschiedlichen Farben fluoreszieren. Bei der UV-Fluoreszenz (UVF) wird das sichtbare Licht betrachtet, welches von den Materialien eines Objekts, angeregt durch ultraviolettes Licht, ausgestrahlt wird.¹⁰³

Der Intensität der Fluoreszenzabbildungen in dieser Arbeit kann keine tiefere Bedeutung beigemessen werden, da die Beleuchtung mit UV nicht garantiert in der immer selben Stärke erfolgte. Dies ergab sich aufgrund der unterschiedlichen Grössen der Objekte und der UV-Lichtquelle. Bei den blauen wolkigen Bereichen handelt es sich nicht um Fluoreszenzerscheinungen, sondern um eine Reflektion blauen sichtbaren Lichtes, welches ebenfalls von der UV-Lichtquelle ausgestrahlt wird.

Auf den Kerisklingen wurde UVF angewendet, um Beschichtungen zu erkennen, welche in sichtbarem Licht nicht erkennbar sind, um mehrere Beschichtungsmaterialien auf einem Objekt zu differenzieren und um den Beschichtungsauftrag genauer zu erfassen.

2.5.4. pH-Wert Messungen Messmethode und Vorgehen



Abbildung 20 pH-Wert Messgerät LAQUATwin, welches für die Messungen des pH-Wertes der Klingenoberflächen verwendet wurde.

Der pH-Wert der Klingenoberflächen wurde mit einem LAQUATwin pH Messgerät getestet (Abbildung 20 S.28). Dabei wurde ein 4% Agarose Gel aus demineralisiertem Wasser für 5 min auf die Oberfläche gelegt und danach mit dem Messgerät gemessen. Die 5 min wurden ermittelt durch Tests unterschiedlicher Dauer, wobei durch längeren Kontakt keine Veränderung des pH-Wertes mehr festgestellt werden konnte und genügend Feuchte vorhanden bleibt, um den Kontakt der Oberflächen zu gewährleisten. Diese Messung wurde auf jeder Klinge 3 bis 5-mal wiederholt. Vorgängig wurden

¹⁰² Conserve O Gram, 2000, S.2

¹⁰³ Cosention, 2015, S.58

mehrere Stücke des Agarosegels ohne Kontakt mit der Oberfläche gemessen und der Durchschnitt der Messung lag bei pH 6.96 mit der höchsten Messung von pH 7.47 und der tiefsten Messung von pH 6.47.

2.6. Überblick des materiellen Zustandes der Kerisklingen des MKB

Dreizehn Kerise des MKB wurden mit den im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Methoden untersucht, zusätzlich dokumentiert und beschrieben.¹⁰⁴

Nachfolgend eine kurze Zusammenfassung der diversen Zustände der Kerisklingen der Sammlung des MKB. Die meisten Klingen sind vollständig erhalten. Bei wenigen ist das Ganja nicht mehr stabil mit der Klinge verbunden, es lässt sich bewegen oder sogar drehen. Einige Klingen weisen Durchbrüche im Prabotbereich auf (Abbildung 21 S.29). Die Klingenkanten sind selten in einem scharf geschliffenen Zustand und die Spitzen mancher Klingen sind beschädigt. Leichte Schleif- oder Kratzspuren lassen sich auf mehreren Klingenoberflächen erkennen.

Es sind Klingen vorhanden, deren Pamormuster auf Grund der ausgeprägten Korrosion kaum mehr ersichtlich ist. Hingegen gibt es auch Klingen, welche kaum Korrosionserscheinungen aufzeigen und das Pamor in sehr gutem Zustand ist. Der Zustand des Pamors ist nicht nur von den Korrosionserscheinungen abhängig, sondern kann durch die verwendeten Legierungen und die Art, sowie die Wiederholungen der Pflegemassnahmen beeinflusst sein. Es sind Klingen mit stark geätztem Relief und Klingen mit starkem Kontrast

der Pamorlagen vorhanden. Diese Klingen weisen auf eine stark nickelhaltige Pamorlage hin, hervorgehoben durch die traditionelle Ätzung. Auf diesen Oberflächen sind meist nur geringe Korrosionserscheinungen vorhanden.¹⁰⁵ Obwohl durch XRF-Analysen auf allen der dreizehn getesteten Klingen Arsen nachgewiesen werden konnte, kann die Schwärzung durch die traditionelle Ätzung oft nicht klar erkannt werden.

Die Korrosionserscheinungen auf den Kerisklingen werden in Kapitel 17.2 S.97 in Zusammenhang mit den Ergebnissen der Belastungsprobe detailliert betrachtet.



Abbildung 21 Klinge des Objekts IIC 14299 (MKB) mit starken Durchbrüchen im Bereich der Verzierungen des Prabots

© JM, HE-Arc / MKB 2020

¹⁰⁴ Detailliertere Angaben zu jedem Objekt: 20. Anhang: Liste der digitalen Anhänge, S.105

¹⁰⁵ Die Verwendung von reinem Nickel ist ca. ab 1900 entstand (Weihrauch, 2001, S. 285).

Kerisklingen mit Goldtauschierungen haben meist stärkere Korrosionserscheinungen im Präbotbereich unmittelbar um die Vergoldungen (z.B. 8 IIC 20012). Die Tauschierungen auf den Klingen weisen unterschiedliche Haftung auf, wodurch einige einen starken Verlust des Goldes erlitten haben. Auch Tauschierungen, welche eine gute Haftung haben, weisen lokale Verluste der Vergoldung auf (Abbildung 22 S.30).

Objekt 3 IIC 14573 zeigt eine glatte Oberfläche mit sichtbarem Pator und einer dunklen Beschichtung. Dies kommt in der Sammlung des MKB nicht oft vor, jedoch sind vergleichbare Klingen in der Sammlung des Rietbergmuseums vertreten.

Durch eine Betrachtung unter dem Binokular wird der unterschiedliche Zustand der Klingenoberflächen deutlich. Objekt 1 IIC 228 zeigt einen selektiven Verlust der Nickelphase und 10 IIC 21458 stark unterschiedliche Porosität der Lagen des Schweissstahls.

Die meisten Beschichtungen bedecken die Klingenoberfläche nur noch teilweise, wodurch ein fleckiges Erscheinungsbild entsteht. Diese inhomogene Erscheinung ist auf den Glanz wie auch auf die Farbe zu beziehen. Ist eine sichtbare Beschichtung vorhanden, hat diese meist eine gelbliche oder bräunliche Farbe angenommen. Auf einigen Klingen kann festgestellt werden, dass die Beschichtung auf eine Oberfläche aufgetragen wurde, welche bereits Korrosionserscheinungen aufwies. Einige Beschichtungen sind bis heute klebrig geblieben. Auf den klebrigen Oberflächen sind Staubpartikel und oft auch Holzstückchen der Innenseite der Scheiden zu erkennen.

Teilweise kann ein Geruch im Bereich der Klingen wahrgenommen werden. Der Geruch kann klar nur auf der Klinge erkannt werden und ist nicht auf andere Materialien zurückzuführen. Es handelt sich nicht immer um denselben Geruch, teilweise ist er vergleichbar mit einem Waffenöl, meist scheint es sich jedoch um eine Art von ätherischen Ölen zu handeln.



Abbildung 22 Tauschierung mit guter Haftung und lokalem Verlust in beriebenem Bereich IIC 21804 © JM, HE-Arc / MKB 2020

2.7. Zusammenfassung und Erkenntnisse der XRF-Analysen

XRF-Analysen wurden durchgeführt, um die Inhaltsstoffe der Legierungen zu ermitteln und eine traditionelle Ätzung zu erkennen (Tabelle 1 S.32).¹⁰⁶

Auf allen dreizehn Kerisen konnte zumindest bei einer XRF-Messung die Präsenz von Arsen nachgewiesen werden. Auch Nickel ist zumindest geringfügig auf allen Klingen vorhanden. Nach den meisten Quellen weisen eine Mehrzahl der Klingen keine oder sehr geringe Nickelanteile auf.¹⁰⁷ Klingen lediglich aus einer kohlenstoffarmen und einer kohlenstoffreichen Lage konnten jedoch nicht festgestellt werden.

Weitere Inhaltsstoffe können Hinweise auf die Herstellungszeit geben, da diese nur in modernen Legierungen vorhanden sind. Die Präsenz von Mangan wird als ein Zeichen von modernem Stahl gesehen, da es in Legierungen erst seit dem 19.Jh. vorhanden ist.¹⁰⁸ Mangan konnte nur auf zwei Klingen, 2 IIc 2118 (Datierung vor 1922) und 11 IIc 21804 (Datierung vor 1900) festgestellt werden.

Bis auf Objekt 1 IIc 228 und 2 IIc 2118 enthalten alle analysierten Objekte zusätzlich Chrom.

Die Präsenz von Kupfer in nicht sichtbar vergoldeten Bereichen ist ebenfalls für viele Objekte der Fall, nicht so bei 1 IIc 228, 3 IIc 14573, 11 IIc 21804 und 12 IIc 21804.

Blei konnte nur auf der Klinge von Objekt 4 IIc 14587 nachgewiesen werden. Der Ursprung des Bleis ist unbekannt.

Objekt 1 IIc 228 (datiert vor 1800) enthält kaum Zusätze. Dies könnte daran liegen, dass noch keine modernen Legierungen in dieser Klinge Wiederverwendung fanden. Die Analysen stützen daher die vorhandene Datierung.

Die XRF Messungen auf dem Material der Pamorcoupons, welche für die Versuchsreihe verwendet werden, weist eine vergleichbare Zusammensetzung auf (2.7 Zusammenfassung und Erkenntnisse der XRF-Analyse S.31).

Die Angaben der einzelnen Analysen auf den Objekten inklusiver der Spektren sind im 20. Anhang: Liste der digitalen Anhänge S.105 zu finden.

¹⁰⁶ Mit der angewandten zerstörungsfreien und mobilen Methode ist es nicht möglich quantitative Angaben zu machen. Zusätzlich sind in dem gemessenen Bereich von ca. 6mm Ø potentiell immer beide Lagen des Pamors in unterschiedlichen Mengen präsent.

¹⁰⁷ Weihrauch, 2001, S.286 – 287

¹⁰⁸ Trüllinger und Zraggen, 2002, S.148

Tabelle 1 Zusammenfassung der XRF-Analyseergebnisse von dreizehn Kerisklingen des MKB

| Nr. | Inv. Nr. | Dat. | XRF-Analysen | | | | | | Bemerkung |
|-----|-------------|------------------------|---------------|---------------|----|----|---------------|----|--|
| | | | As | Ni | Cr | Mn | Cu | Pb | |
| 1. | IIC 228 | Vor 1800 | ✓ | ✓ (gering) | - | - | - | - | - Ni geringe Mengen nur auf den Spektren erkennbar - As konnte auf allen Spektren erkannt werden |
| 2. | IIC 2118 | Vor 1922 | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | - | - As ist sehr deutlich festzustellen - Mn ist nicht bei allen Messungen vorhanden - Ni ist auf allen Messungen vorhanden |
| 3. | IIC 14573 | Vor 1930 | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - | - Cr, Ni, As können auf allen Spektren erkannt werden - Pb kann deutlich in Bereichen mit wie auch ohne Vergoldung erkannt werden |
| 4. | IIC 14578 | vor 1954 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | ✓ | - Ni ist auf allen Spektren erkennbar - As kann nicht bei allen Messungen festgestellt werden |
| 5. | IIC 15187 | vor 1957 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - Cu kann auf mehreren Messungen erkannt werden - As und Ni sind auf allen Messungen präsent |
| 6. | IIC 16240 | vor 1969 | ✓ (gering) | ✓ | ✓ | - | ✓ (gering) | - | - Nicht auf allen Messungen kann As festgestellt werden - Ni wird nur in sehr geringen Mengen angezeigt und nicht in allen Messbereichen |
| 7. | IIC 19714 | vor 1980 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - Zn kann in geringen Mengen festgestellt werden - Ni, As auf allen Spektren ersichtlich |
| 8. | IIC 20012 | vor 1983 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ (gering) | - | - As ist deutlich zu erkennen und Ni auf allen Spektren ersichtlich - Cu ist nur in einem Spektrum leicht zu erkennen |
| 9. | IIC 21452 | vor 1907 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - Deutliche Präsenz von Cu auf einer Messung, geringe auf den weiteren Messungen - Ni, As auf allen Messungen zu erkennen |
| 10. | IIC 21485 | vor 1930 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - Ni, As können auf allen Spektren erkannt werden - Cr kann auf den meisten Spektren erkannt werden - Cu kann bei zwei Messungen festgestellt werden |
| 11. | IIC 21749 | vor 1900 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - Mn und Cr kann auf zwei Spektren erkannt werden - Ni, As können auf allen Spektren festgestellt werden |
| 12. | IIC 21804 | 16.Jh oder 20.Jh | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - | - Die beiden Messungen gegen die Klingenspitze zeigen kein As - Ni ist auf allen Spektren gering zu erkennen - Cr kann auf zwei Spektren erkannt werden |
| 13. | IIC 22217 | vor 1921 | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - Zn, Cu, Cr und Ni sind auf allen Spektren zu erkennen - Auf einem Spektrum kann As nicht erkannt werden |
| | Pamorcoupon | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - Cr, Ni, Mo sind in geringen Mengen auf allen Messungen erkennbar - As ist auf der Messung im Bereich der traditionellen Ätzung erkennbar |

3. Anhang: Oberflächenschutz

3.1. Anforderungen an ein Beschichtungsmaterial für Metalloberflächen

Im Bereich der transparenten Beschichtungen für Metallobjekte kann in drei prinzipielle Gruppen unterschieden werden: Wachse, Lacke und Öle. Diese werden in der modernen Konservierung und Restaurierung angewendet. Als traditionelle Beschichtungen für Waffen im asiatischen Raum und in Europa wurden meist Öle verwendet.¹⁰⁹

Die Hauptanforderung für das Beschichtungssystem stellt der Korrosionsschutz dar. Weitere Kriterien sind die Beständigkeit, die Reversibilität respektive die Wiederbearbeitbarkeit, sowie ästhetische Aspekte. Aspekte wie Farbbeständigkeit, Glanz, Transparenz, Glasübergangspunkt, Schmutzhaftung und Gleichmässigkeit des Auftrags sind Indikator für die Beständigkeit, haben aber auch Einfluss auf die ästhetische Erscheinung.¹¹⁰ Diese Kriterien finden sich in den meisten Studien zu Beschichtungsmaterialien für Kulturgut wieder. In der Auswertung eines Beschichtungssystems für Kerisklingen muss zusätzlich die Ästhetik eines spirituell gesehen lebendigen Keris miteinbezogen werden.

Nachstehend werden die drei Gruppen der Beschichtungsmaterialien Wachse, Lacke und Öle (moderne, historische und asiatische) genauer betrachtet und bereits umgesetzte relevante Studien in Bezug auf die Anforderungen für die Metallkonservierung zusammengefasst.

3.2. Beschichtungen und Kompositobjekte

Kerisklingen sind durch die Griffmontageteile direkt mit unterschiedlichen Materialien verbunden, dazu gehören in erster Linie Kupferlegierungen und organische Materialien wie Textilien, Haar, Horn, Elfenbein oder Holz. Unterschiedliche Studien haben sich mit dem Einfluss von Beschichtungsmaterialien auf Kupfer oder dem Einfluss von Beschichtungen auf Metall in direktem Kontakt mit organischen Materialien auseinandergesetzt.

Unterschiedliche Schutzmaterialien, welche in der Waffenrestaurierung in Europa Anwendung finden, ergaben in früher durchgeführten Versuchsreihen eine korrosive Wirkung auf **Kupferlegierungen**, darunter die Produkte Aero 46[®], Ballistol[®], Bienenwachs, Schaftpflegemix, Leinöl, PK 2000, Rostschutzwachs-Spray, Schaftol[®], WD 40[®] sowie Renaissancewachs[®]. Daher wird von der Verwendung dieser Produkte im Zusammenhang mit Kupferlegierungen abgeraten.¹¹¹ Somit können diese Produkte potentiell einen negativen Einfluss auf die Griffmontageteile Mendak und Selut haben, welche meist aus

¹⁰⁹ Sattler, 2008, S.30-39

¹¹⁰ Dalewicz-Kitto, 2016, S.45

¹¹¹ Sattler, 2004, S.106

Kupferlegierungen gefertigt sind. Durch Kokosnussöl konnte hingegen keine korrosionsfördernde Wirkung auf Kupfer festgestellt werden.¹¹²

Der Einfluss unterschiedlicher Beschichtungsmaterialien auf **organische Materialien** wurde mittels den Testmaterialien Baumwolle und Seide von Dalewicz-Kitto geprüft. Der Test verglich Farbveränderungen der in der Beschichtung getränkten Testmaterialien. Dieses wurde hohen Temperaturen (60° C) und Tageslicht ausgesetzt und die entstandenen Veränderungen verglichen. Unter Lichteinfluss konnte kein negativer Effekt von Kokosnussöl auf das organische Material festgestellt werden. Durch die Erwärmung auf 60° C konnte eine leichte Verfärbung erkannt werden. Auch die meisten der getesteten kommerziellen Waffenöle ergaben keine Verfärbungen durch Lichteinfluss, sehr wohl aber Veränderungen durch erhöhte Temperaturen. Es ist jedoch in Frage zu stellen, ob die 60° C nicht bereits ohne die Präsenz eines Beschichtungsmaterials einen negativen Effekt auf die organischen Materialien haben.¹¹³

3.3. Wachse

Wachse finden in der Restaurierung breite Anwendung und seit der Mitte des 20. Jh. sind mikrokristalline Wachse in der Restaurierung verbreitet. In der Restaurierung, im Bereich des Oberflächenschutzes von Metallobjekten, finden die mikrokristallinen Wachse Anwendung und haben die folgenden Eigenschaften: Sie sind nicht reaktiv, säurefrei, können mit anderen Materialien sowie untereinander gemischt werden, sind gute Wasserbarrieren und somit Schutzschichten, sind farblos bis leicht gelbbraunlich und sie sind alle ungiftig.¹¹⁴ Es wird empfohlen, mikrokristalline Wachse zu verwenden, welchen keine synthetischen Komponenten wie Polyethylen zugesetzt wurden, da dieses die Löslichkeit mindert.¹¹⁵

Im Bereich der Wachse sind die folgenden Produkte in breiter Verwendung oder Untersuchungsergebnisse wurden zur Verwendung als Oberflächenschutz publiziert.

Cosmoloid®H80 wurde in mehreren Untersuchungen als Oberflächenschutz getestet und findet breite Anwendung an Objekten im Innenraum. Für stark belastende Umgebungen wird die Wachsbeschichtung als ungenügend angesehen und nur für relativ stabile Bedingungen empfohlen. **Aero 46®** und **Cosmoloid®H80** erzeugen lediglich in sehr dicken Schichten einen Korrosionsschutz in Testreihen für die Verwendung im Aussenbereich.¹¹⁶ Von Brüggerhoff wird der matte, visuelle Aspekt als sehr positiv bewertet.

¹¹² Dalewicz-Kitto, 2016, S.49

¹¹³ Dalewicz-Kitto, 2016, S.51

¹¹⁴ Magnusson, 2017, S.18-21

¹¹⁵ Barclay und Hett, 2007

¹¹⁶ Brüggerhoff, 2001, S.17-19

Eine gleichmässige Schicht wird durch das Auftragen mit dem Pinsel von Cosmoloid® H80 7 % in White Spirit beschrieben¹¹⁷. Eine bessere Schutzwirkung wurde durch eine aufgesprühte Schicht festgestellt.¹¹⁸ Dies scheint jedoch primär auf die Schichtdicke zurückzuführen zu sein. Die durchgeführten Test im Rahmen dieser Arbeit ergaben eine gleichmässige Beschichtung durch einen Pinselauftrag und keinen Unterschied in Bezug auf die Korrosionsschutzwirkung in gesprühter oder gestrichener Form (Der Vergleich ist beschrieben in Kapitel 8.5 S.71).

TeCero® Wachse (TeCero® 30201 / TeCero® 30222 / TeCero® 30410 / TeCero-Wachs® 3534 F) werden von Brüggerhof für den Aussenbereich getestet. In einer Studie von ARTECH wurde unter anderem TeCero-Wachs® 3534 F getestet. Bereits nach 8 Monaten wurde eine klar wahrnehmbare Farbveränderung festgestellt.¹¹⁹ Es konnte keine Studie gefunden werden, welche schlüssige Resultate zum Korrosionsschutz von TeCero Wachsen aufzeigt, trotz der vielen Anwendungsbeispiele.

Renaissance® Wachs ist ein viel diskutiertes Produkt und wurde bereits in mehrere Versuchsreihen miteinbezogen. Die Studie von D. Thickett zeigte auf, dass Renaissance® Wachs eine Schutzwirkung bei niedriger relativer Feuchte aufweist. Jedoch ergibt sich ein gegenteiliger Effekt, wenn die relative Feuchte 75 % überschreitet. Die Präsenz von Salzen verringert diesen Schutz zusätzlich. Ebenfalls festgestellt wurde, dass eine Renaissance® Wachsbeschichtung keinen Schutz gegen Chloride bildet. Es konnte nachgewiesen werden, dass Renaissance® Wachs die Feuchtigkeit auf der Metalloberfläche oder nahe der Metalloberfläche in der Beschichtung hält, welches auch durch niedrige relative Feuchte im Umfeld nicht entweicht.¹²⁰ Es wird ein besserer Schutz durch selbst hergestellten mikrokristalline Wachsmischungen gegenüber dem Renaissance® Wachs¹²¹ beobachtet.

Die Verwendung von Renaissance® Wachs durch einen Pinselauftrag und mit anschliessender Erwärmung mit einem Föhn wird beschrieben. Nach dem Abkühlen wurde durch eine Politur das überschüssige, hart gewordene Wachs mit Bürsten und fusselfreien Baumwollhandschuhen entfernt.¹²²

Poligen® Wachs (Poligen® ES91009 / Poligen® ES91012 / Poligen® ES91018) wird in vielen Versuchsreihen miteinbezogen und in Publikationen thematisiert.¹²³ Die kommerziell erhältlichen Produkte enthalten 20 % - 25 % Copolymere / Mischpolymer. Das Dispersionsvermögen in Wasser wird bei Poligen® ES91009 durch organische Amine, bei Poligen® ES91018 durch Kaliumhydroxid und bei

¹¹⁷ Brocard, 2006, S.15–19

¹¹⁸ Brüggerhoff, 2001, S.17-19

¹¹⁹ Joseph et al., 2007

¹²⁰ Thickett, 2019, S.1–8

¹²¹ Dalewicz-Kitto, 2016, S.49

¹²² Schmuecker et al., 2010, S.124

¹²³ Es handelt sich um ein Polyethylen Wachs hergestellt aus copolymerisiertem Polyethylen und Methacrylsäure, welches als Dispersion in Wasser angeboten wird und mit Wasser verdünnt werden können. Nach dem Hersteller zusammengesetzt aus 1 Teil Methacrylsäure und 8-9 Teile Polyethylen.

Poligen® ES91012 durch Ammoniak erreicht. Ein möglicher negativer Einfluss durch die Präsenz von Wasser auf dem Metall wird nicht thematisiert. Der pH-Wert liegt bei 8.5–9.5 und ein Poligen®-film braucht mind. 24h Trockenzeit, welcher auch während der beschriebenen Testreihen leicht alkalisch blieb. Die Inhaltsstoffe wurden in mehreren Publikationen überprüft und es konnte eine Zusammensetzung von Polyethylen/Methacrylsäure-Copolymere ohne weitere Inhaltsstoffe festgestellt werden.

Die beste Löslichkeit (in wässrigem Natriumhydroxid 20 % (w/w)) wird für Poligen® ES91018 beschrieben und die schlechteste Löslichkeit für Poligen® ES91012.¹²⁴ Vom PROMET Projekt wird die Notwendigkeit erwähnt, die Langzeitbeständigkeit und Reversibilität weiterzuverfolgen. Als Fazit der Testreihen wird Poligen® ES91009 für den Schutz von historischen Metallobjekten als vielversprechend beschrieben. Die Verwendung auf Kupferlegierung wird wegen der Amine und des Ammoniaks in Poligen® ES91009 und Poligen® ES91012 aufgrund von Versuchen als ungeeignet angesehen. Diese Beschichtung ist löslich in Natriumhydroxid, welches zusätzlich korrosiv auf Kupferlegierungen wirkt.¹²⁵ Wolfram et al. haben Poligen® Wachse für die Anwendung auf Eisenobjekten getestet, wobei Poligen® ES 91009, Poligen® ES 91012, Paraloid® B-72 und Paraloid® B-44 auf unterschiedlichen Eisenoberflächen einen guten Schutz boten. Die Applikation erfolgte mit Pinsel oder durch Eintauchen. Poligen® ES 91018 und Cosmoloid® H80 zeigten eine geringere Schutzwirkung. Der Schutz von Cosmoloid® H80 wurde lediglich als genügend bewertet.¹²⁶ Die Autoren empfehlen, dass die Reversibilität vertieft untersucht werden soll, bevor Poligen® ES Wachse für die Restaurierung empfohlen werden können.¹²⁷

3.4. Lacke

Diverse Lacke wurden für Objekte im Innen- und Aussenraum, für blanke oder vorkorrodierte Metalloberflächen getestet. Acrylbeschichtungen zählen dabei zu den in der Restaurierung am häufigsten verwendeten Beschichtungsmaterialien.

Paraloid®¹²⁸ (Paraloid® B72 / Paraloid® B44 / Paraloid® B67/ Paraloid® B48-N / Paraloid® B66) ist eine sehr häufig verwendete Beschichtung in der Restaurierung. Dabei handelt es sich um Copolymere. Paraloid® B44 ist ein Copolymer aus MMA (Methyl methacrylat) und EMA (ethyl methacrylat)¹²⁹ Langzeitstudien des pH-Wertes von Acrylbeschichtungen erwies sich als wesentlich neutraler im Gegensatz zu PVAC¹³⁰ Beschichtungen. Die Paraloidbeschichtungen weisen grösstenteils einen pH-Wert

¹²⁴ Wolfram et al, 2010, S.167/168

¹²⁵ Degriigny, 2008, S.230 / Wolfram et al., 2010, S.169-172

¹²⁶ Wolfram et al., 2010, S.169-172

¹²⁷ Poligen Wachse werden von der Firma BASF hergestellt. Die Firma BASF wurde im Laufe dieser Arbeit kontaktiert und die oben genannten Poligen® Wachse sind nicht mehr als solche verfügbar, es wird lediglich auf vergleichbare Produkte verwiesen.

¹²⁸ Oder auch Acryloid® genannt.

¹²⁹ Mohamed, 2016, S.161-196

¹³⁰ Polyvinylacetat

von über 6 auf und sinken auch nach 27 Jahren kaum unter pH 6.¹³¹ Acrylbeschichtungen schnitten gegenüber den PVAC-Beschichtungen gut ab in Bezug auf ein geringes Vergilben.¹³²

Eine weitere Akrylbeschichtung welche in der Restaurierung viel thematisiert wird, ist **Incralac**. Dieses besteht aus 30 % Paraloid B44 mit Benzotriazole (BTA) und Silikonfluid oder epoxydiertem Sojabohnenöl, als Verlaufsmittel, in Toluol. Incralac wird fast ausschliesslich für Objekte im Freien verwendet. Auch eine vergleichbare Mischung mit einem weniger giftigen Lösemittel erreichte einen guten Schutz.¹³³

Bei Brüggerhoff schneiden Paraloid®B44 und Paraloid®B67 in simulierter Aussenbedingung am besten ab.¹³⁴ Paraloid®B-72 zeigte ebenfalls einen guten Schutz.¹³⁵ Gestrichene Beschichtungen schneiden in Bezug auf die Schutzwirkung besser ab als die gesprühte Beschichtung, obwohl diese wesentlich dicker ausfallen. Nur ein Beschichtungsauftrag kann in stark korrosiver Umgebung ungenügend sein.¹³⁶

Studien haben aufgezeigt, dass Paraloidbeschichtungen die enthaltenen Lösemittel sehr lange in sich zurückhalten. Die mit Paraloid® verwendeten Lösemittel, welche noch nicht evaporiert sind, haben einen senkenden Einfluss auf den Glasübergangspunkt der Beschichtung, wobei weniger volatile Lösemittel diesen Effekt länger aufweisen.¹³⁷

Lackbeschichtungen führten in mehreren Studien zu filiformen¹³⁸ Korrosionserscheinungen, welche sich unter der Beschichtung ausbreiten.¹³⁹

3.5. Öle

Die Verwendung von Ölen als Oberflächenschutz auf Metall ist im Bereich der Waffen, dem technischen Kulturgut und Fahrzeugen verankert. Dies war in der historischen Pflege der Fall und ist bis heute auch in musealem Umfeld oft anzutreffen. Zur historischen Pflege der Eisenteile von europäischen Waffen werden unterschiedlich verarbeitete Olivenöle beschrieben.¹⁴⁰ Meist wurde die Anwendung von natürlichen Ölen durch synthetische Öle ersetzt. Teilweise sind aber auch natürliche Öle bis heute in Verwendung. In Europa wird beispielsweise das Kamelienöl für die Konservierung von Messerklingen verwendet. Es konnte keine Studie gefunden werden, welche historische europäische Beschichtungen in Bezug auf die Schutzwirkung von Eisenlegierungen getestet hat.

¹³¹ Down, 2015, S.39

¹³² Down, 2015, S.52/53

¹³³ Wolfe, 2017, S.1-9

¹³⁴ Brüggerhoff, 2001, S.22

¹³⁵ Wolfram et al., 2010, S.169-172

¹³⁶ Brüggerhoff, 2019, S.21

¹³⁷ Vinçotte, 2019

¹³⁸ Die filiforme Korrosionserscheinung und die Entstehungsbedingungen sind im Kapitel 14.3 Filiforme Korrosion S.91 genauer beschrieben.

¹³⁹ Crawford, 2008, S.73

¹⁴⁰ Sattler, 2004, S.30

Im Bereich der aktuellen Waffenrestaurierung sind viele kommerzielle **Waffenöle und moderne Ölmischungen** auch in musealem Umfeld in Verwendung. Einige dieser Produkte verwendet als Oberflächenschutz, wie Gun oil (BrunOx oil), MoD issue (PX4) und Johnson's paste, erzielten einen guten Korrosionsschutz. Das viel verwendete WD 40 erwies sich für den Oberflächenschutz von Eisen als nicht tauglich.¹⁴¹

Im Austausch mit Waffen-/MetallrestauratorInnen konnten zwei weitere Methoden festgehalten werden, welche aktuell Anwendung finden. Dazu gehört eine Beschichtung aus Vaselineöl und Vaselinefett (1/1)¹⁴² und die Verwendung von Paraffinöl¹⁴³.

¹⁴¹ Dalewicz-Kitto, 2016, S.49

¹⁴² Beschrieben von Pascal Pouly, Konservator-Restaurator Musée militaire – Château de Morges.

¹⁴³ Beschrieben von Celia Fontaine Metallrestauratorin MA.

4. Anhang: Kerise in europäischen und musealen Sammlungen

Im **Museum der Kulturen Basel** werden die Klingen in ihrer Scheide gelagert und kein Korrosionsschutz in Form einer Beschichtung wurde in musealem Umfeld aufgetragen. Die vorhandenen Beschichtungen aus der Zeit vor der Inventarisierung wurden auf den Oberflächen belassen. Die Kerise werden in einem klimatisierten Depot aufbewahrt (siehe Kapitel 2.4 S.23). Der Zustand der Klingen ist sehr unterschiedlich, es können gut erhaltene bis stark korrodierte Oberflächen erkannt werden und Objekte mit starkem Relief durch die rituellen Ätzungen oder Klingen mit einer glatten Oberfläche (siehe Kapitel 2.6 S.29).

Auch das **Rietberg Museum Zürich** hat eine Sammlung von Kerisen, wo die meisten in den dazugehörigen Scheiden gelagert werden. Des Öfteren können braune Beschichtungen erkannt werden, welche Risse gebildet haben und sich lokal von der Oberfläche lösen. Auch ölige Beschichtungen konnten erkannt werden. Auch in dieser Sammlung können sehr unterschiedliche Klingenzustände erkannt werden. Die Objekte werden in klimatisierten Schaudepotträumlichkeiten gelagert. Es werden keine regelmässigen Pflegemassnahmen durchgeführt und in musealem Umfeld ist kein neues Beschichten dokumentiert.

Das **Bernische Historische Museum** hat eine Sammlung von 103 Kerisen, welche vor knapp einem Jahr in neue Lagerräumlichkeiten mit besseren Lagerbedingungen umgezogen werden konnten. Im neuen Depot werden diese in den Scheiden gelagert, um Platz zu sparen wie auch Verwechslungen zu verhindern. Die Kerise werden in den neuen Lagerbedingungen in einem klimatisierten Mischdepot in Metallschränken gelagert. Es wurden bisher keine regelmässigen Pflegemassnahmen oder Oberflächenschutz auf die Klingen aufgetragen.¹⁴⁴ Jedoch verwendet das BHM die traditionellen Methoden für andere Objekte, wie beispielsweise die japanische Methode der Klingepflege, welche eine Beschichtung mit Nelkenöl beinhaltet.¹⁴⁵

In der Sammlung des BHM können stark glänzende Oberflächen der Kerisklingen festgestellt werden. Auf mehreren Objekten kann festgestellt werden, dass mit mechanischen Methoden die Oberfläche aufpoliert wurde.

¹⁴⁴ Dies Informationen stammen von einem Austausch per Mail mit Isabel Keller (2.7.2020) sowie von einem Besuch und der Begutachtung einem Teil der Sammlung.

¹⁴⁵ Diese Information stammt aus einem persönlichen Gespräch mit Mirco Meier, Konservator und Restaurator MA des BHM.

Im **Klingmuseum Solingen** werden die Klingen nicht in ihren Scheiden, sondern ausserhalb der Scheiden gelagert. Es konnte kein Verzug der Klingen festgestellt werden, wodurch die Klingen nicht mehr in deren Scheiden passen. Die Aufbewahrung erfolgt in nicht klimatisierten Innenräumen. Laut dem Museum kann keine Schädigung der Klingen durch die leicht schwankenden Bedingungen festgestellt werden. Auch in dieser Sammlung sind sehr unterschiedliche Klingen vorhanden, welche auf einen unterschiedlichen Umgang mit den Pflege- und Ätzritualen oder das Alter der Klingen schliessen lassen. Die Kerisklingen werden ohne eine Beschichtung aufbewahrt. Neueingänge werden gereinigt und vor der Aufnahme in die Sammlung von den alten Beschichtungen befreit. Es wird im Umgang mit den Kerisklingen kein Unterschied zu anderen Klingen gemacht.¹⁴⁶

Das **Ethnologische Museum der Staatlichen Museen zu Berlin** hat ebenfalls eine bedeutende Kerissammlung. Die Kerisklingen werden da in der Regel in den dazugehörigen Scheiden gelagert. Gemeinsame Projekte mit Interessengruppen aus den Herkunftsländern wurden in Bezug auf die Kerissammlung nicht durchgeführt. Es wird beschrieben, dass die Aufbewahrung und Konservierung der Kerise nach wissenschaftlich-westlichen und nicht nach indonesisch-kulturellen Kriterien erfolgt. Eine tiefere Zusammenarbeit mit den indonesischen Interessengruppen wird als wünschenswert angesehen, jedoch fehle die Zeit dafür.¹⁴⁷

In der **Privatsammlung von Gaspar de Marval** werden die Kerise in ihren Scheiden in einer Truhe aufbewahrt in nicht klimatisierten Innenräumen. Die Klingen wurden mehrmals nach Java zurücktransportiert und eine traditionelle Pflege mit komplettem Ritual wurde durchgeführt. Die letzte solche Pflege einiger Objekte der Sammlung fand 2006 statt, wobei das „Kerisöl 2006“¹⁴⁸ für die Pflege der Klingen aufgetragen wurde.

Auch **François Morier** pflegt die Klingen seiner persönlichen Kerise durch das Applizieren eines Öls aus Java, er führt dies selbst durch, ohne einen rituellen Kontext.

Die 2014 gegründete **IFICAH** (International Foundation of Indonesian Culture and Asian Heritage) in Hollenstedt besitzt selbst keine Sammlung, beherbergt jedoch viele Kerise privater Sammlungen. Herrn Heckmann des IFICAH sind keine privaten SammlerInnen bekannt, welche ihre Kerise nach traditionellen Ritualen oder mit Beschichtungen nach traditionellen Rezepten pflegen. Balistol wird als ein Produkt beschrieben, welches des Öfteren von privaten SammlerInnen verwendet wird und auch

¹⁴⁶ Dies Informationen stammen von einem Austausch per Mail mit dem Verantwortlichen für die Sammlungsbetreuung Lutz Hoffmeister (22.6.2020).

¹⁴⁷ Diese Angaben stammen von Dr. Roland Platz, Kurator Süd/Südostasien des Ethnologischen Museums.

¹⁴⁸ Das „Kerisöl 2006“ wurde in die Testreihe mit einbezogen und mit FTIR-Spektroskopie analysiert (7.Anhang: Traditionelle Beschichtungen genauer betrachtet S.50).

gelegentlich an den Objekten in Obhut des IFICAH Verwendung findet. Beschrieben werden Klingen, welche direkt aus Indonesien kamen, mit einer komplett korrodierten Oberfläche, wobei dies als der übliche Zustand von nicht gepflegten Klingen aus Indonesien angesehen wird. Durch die zahlreichen Objekte aus unterschiedlichen europäischen Privatsammlungen konnte zusätzlich die Erfahrung gemacht werden, dass sich diverse Beschichtungsmaterialien auf den Klingenoberflächen befinden, welche teilweise die Ästhetik stark beeinflussen.

Die Aufbewahrung der Kerise erfolgt ebenfalls in ihren Scheiden aus den regelmässig genannten Platzgründen. Der Einfluss dieser Lagerung auf die Klingen wurde thematisiert, bisher jedoch nicht weiterverfolgt und die kurze Existenz der Stiftung erlaubt keine Langzeiterfahrung.¹⁴⁹ Die Stiftung ist die einzige der kontaktierten Institutionen, welche in nahem Kontakt und Austausch mit einer Kerissammler- und Händlerfamilie in Indonesien steht.

Das **Museum Keris Nusantara Kota in Solo** liegt im Zentrum von Surakarta und wurde am 9. August 2017 eröffnet, sowie das **Neka Art Museum in Urud Bali** stellen ihre Objekte in nicht klimatisierten Räumlichkeiten aus. In der Ausstellung sind die Kerisklinge und die dazugehörige Scheide nebeneinander ausgestellt.¹⁵⁰ Der Schwerpunkt liegt auf der Präsentation und nicht auf der Konservierung der Objekte. Es sind keine Informationen zu den Pflegemassnahmen in diesen Institutionen bekannt.¹⁵¹

Die Objekte im **Bronbeek Museum** wurden von Beschichtungen befreit, welche als neuer und nicht in Zusammenhang mit der traditionellen Pflege stehend gesehen wurden. Die Beurteilung wurde lediglich optisch vorgenommen, es wurden keine genaueren Analysen durchgeführt. Konnte ein natürliches Öl, beispielsweise Nelkenöl vermutet werden, wurde dies auf der Oberfläche belassen. Im Museum wurden nur selten neue Beschichtungen aufgetragen, da die klimatischen Bedingungen dies nicht fordern. Aus ästhetischen Gründen wurden teilweise Wachsbeschichtungen (TeCero Wachse) aufgetragen.

Korrosionsprodukte auf den Klingenoberflächen werden als meist vor dem musealen Umfeld entstanden beschrieben. Kleinere Korrosionsflecken oder Fingerabdrücke können auf stark bearbeiteten und von Korrosion befreiten Oberflächen erkannt werden. Diese Phänomene werden als möglicherweise jüngeren Datums beschrieben. Es können jedoch kaum Korrosionsschäden erkannt werden, welche auf die Lagerung im Museum zurückzuführen sind. Vereinzelt wurde eine mechanische Entfernung von Korrosionsprodukten im Museum durchgeführt (mit Skalpell und Stahlwolle). Ätzungen oder traditionelle Beschichtungen der Klingen wurden im musealen Rahmen nicht durchgeführt.

¹⁴⁹ Günther Heckmann des IFICAH beantwortete detailliert die Fragen zur den Objekten, dem Zustand und den ihm bekannten Pflegemethoden (9.7.2020).

¹⁵⁰ Die Aufbewahrung in den Depoträumlichkeiten dieser Museen ist unbekannt.

¹⁵¹ Im Laufe dieser Arbeit wurde erfolglos versucht Kontakt zu diesen Institutionen aufzunehmen. Die Informationen stammen daher von Günther Heckmann des IFICAH welcher bereits persönlichen Kontakt mit den zuständigen dieser Museen hatte.

Die Klingen werden in den dazugehörigen Scheiden gelagert, um zu verhindern, dass die organischen Materialien der Scheiden sich bewegen und somit die Klingen nicht mehr in ihre Scheiden passen.

Genauere Informationen zu früheren BesitzerInnen sind auch im Bronbeek Museum nicht bekannt. Das Museum hat jedoch einen guten Kontakt mit Museen in Indonesien, regelmässiger Austausch und Besuche werden durchgeführt. Dies bezieht sich jedoch primär auf einen Austausch unter KuratorInnen. Es konnte jedoch der Eindruck gewonnen werden, dass nur wenige Produkte Anwendung finden und dieselben für viele Materialien verwendet werden. Dies wird auf die geringen finanziellen Mitteln dieser Museen zurückzuführen sein. Es scheint sich dabei ebenfalls um moderne Beschichtungen zu handeln, erwähnt wurde Renaissance Wachs.¹⁵²

Im staatlichen **Heritage conservation center** (National Heritage Board) in Singapur kommen keine traditionellen Methoden oder Beschichtungen für die Konservierung von Kerisklingen zum Einsatz. Die Massnahmen werden als die moderne Methode bezeichnet und folgendermassen beschrieben: Staub, Schmutz oder andere Verunreinigungen auf der Oberfläche der Kerisklinge werden mit Ethanol entfernt. Bei Bedarf werden Korrosionsprodukte vorsichtig mechanisch entfernt und erneut mit Ethanol gereinigt. Die Beschichtung erfolgt mit 5% Paraloid B72 in Aceton. Auf diese Beschichtung wird zur Reduktion des Glanzes Renaissance® Wachs aufgetragen.

Wenn es der Platz erlaubt, werden die Kerisklingen von der Scheide und dem Griff getrennt aufbewahrt (wenn der Griff leicht entfernt werden kann). Die Kerisklinge wird mit Tyvek umwickelt und alle Teile werden in Schubladen oder offenen Regalen aufbewahrt.¹⁵³ Die Trennung der Griffe von der Klinge lässt die Frage offen was mit den Befestigungsmaterialien unter dem Griff geschieht, beispielsweise Textilien oder Haare. Ob diese bei einer erneuten Montage des Griffs aufbewahrt und wiederverwendet werden ist unbekannt.

¹⁵² Diese Informationen stammen von einem Austausch per Mail mit Julia Leugne, Restauratorin MA für Metallobjekte im Bronbeek Museum.

¹⁵³ Diese Informationen von Ishak Bin Ahmad (Heritage conservation center, National Heritage Board, Singapur) wurden von Julia Leugne an die Autorin weitergeleitet. Es bestand kein direkter Kontakt. Die Informationen stammen aus einem Austausch per Mail von Esther Meijer (Collection manager, Bronbeek Museum) und Ishak Ahmad vom 2. März 2020.

5. Anhang: Ermittlung des „Idealzustandes“

Schritt drei der Methodik nach Appelbaum ist die Ermittlung des „Idealzustandes“, mit dem Einbeziehen des immateriellen, des materiellen Wertes und des Zustandes der Objekte wurden die folgenden sechs Punkte definiert und anschliessend erklärt.

1. Oberfläche der Klingen erhalten
2. Bei starken Korrosionserscheinungen die Korrosionsprodukte reduzieren
3. Beschichtung dokumentieren und analysieren
4. Nicht mehr funktionale Beschichtungen entfernen
5. Schützende Beschichtung auftragen
6. Beschichtung pflegen und erneuern

1. Das Erscheinungsbild der Klinge mit Pamor erfährt in der traditionellen Umgebung wie auch in musealem Umfeld eine grosse Wertschätzung. Einige Klingen in musealen Sammlungen haben den Kontrast der Schichten des Mehrlagenstahls verloren. Dies kann durch grossflächige Korrosionserscheinungen oder durch abtragende Reinigungsmethoden erfolgt sein. Durch die grosse Wertschätzung des kontrastierten Erscheinungsbildes der Pamorklingen wird ein erneutes Ätzen der Klingen auch im musealen Zusammenhang oft thematisiert, wenn auch keine Umsetzung bekannt ist.

In einer musealen europäischen Sammlung ist das Objekt ein Zeuge der traditionellen Praxis, als Teil der Kultur des Herkunftslandes. Verlässt das Objekt diese Umgebung entsteht eine zeitgebundene Momentaufnahme der materiellen und herstellungstechnischen Gegebenheit. Der immaterielle Wert, subjektiv für unterschiedliche Interessengruppen, kann für den indonesischen Kulturkreis bestehen bleiben und ein weiterer solcher Wert kann für die europäischen Interessengruppen hinzukommen.

Abtragende Oberflächenbehandlungen sowie eine neue Ätzung (modern oder traditionell) entfernen viele der Informationen dieser technologischen und materiellen Momentaufnahme. Dies mindert auch die Erforschung der Entwicklung dieser Objekte, aus unterschiedlichen Zeiten stammend. Eine Argumentation für eine neue Ätzung basierend auf der Ästhetik, welche unbestritten ein wichtiger Teil des Objekts darstellt, ist wenig gewichtig. Im musealen Kontext des grossen und breiten Sammlungsbestand sind genügende Exemplare vorhanden, welche diese Ästhetik aufzeigen können. Im Gegenzug kann auf jedem Objekt individuell Information enthalten sein, welche von Bedeutung für die Erforschung sein kann.

2. Starke Korrosionserscheinungen auf den Oberflächen haben bei der Versuchsreihe eine verstärkte zukünftige Korrosion ergeben. Eine Freilegung in Bereichen lokaler Korrosion bis auf die Metalloberfläche erzeugt ein Erscheinungsbild, welches auf einem Objekt in Gebrauch nie neben der traditionell geätzten Oberfläche vorgekommen ist. Dem ist so, weil einer Korrosionsentfernung im traditionellen Umfeld immer eine traditionelle Ätzung folgt. Daher ist es beim Betrachten ästhetischer und konservatorischer Gründe sinnvoll, diese Korrosion lediglich zu reduzieren.

3. Die Beschichtungen, welche sich auf der Oberfläche befinden, entsprechen einer Informationsquelle zur letzten Pflegemassnahme, ob traditionell oder modern. Diese Information muss genau dokumentiert und dem Objekt zugeordnet bewahrt werden.

4./5. Ob eine Beschichtung vorhanden ist, aber auch die Art der Beschichtung, haben einen Einfluss auf die Alterung der Klingen. Die Menge der Korrosionserscheinungen und die Korrosionsmorphologie hängen davon ab. Die auf den meisten Objekten musealer Sammlungen vorhandenen Beschichtungen erfüllen keinen oder nur noch einen ungleichmässigen Korrosionsschutz. Teilweise kann sogar ein negativer Einfluss durch die vorhandene Beschichtung erkannt werden. Auch die Ästhetik ist durch die meisten vorhandenen Beschichtungsresten negativ beeinflusst. Das Versuchssset 8 zeigt zusätzlich, dass mögliche Überreste der traditionellen Beschichtung fortlaufende Prozesse auf der Oberfläche erzeugen können, welche die Metalloberfläche verändern. Auch die Ästhetik ist durch die meisten vorhandenen Beschichtungsresten negativ beeinflusst.

Daher sollen die vorhandenen Beschichtungsmaterialien entfernt werden und durch ein funktionierendes und angepasstes Beschichtungssystem ersetzt werden. Der Grundsatz „traditionelle Techniken und Materialien sind für die Konservierung vorzuziehen.“ soll beachtet werden, obwohl in einigen Situationen auf moderne Techniken und Materialien zurückgegriffen werden kann, wenn diese in der Konservierung signifikante Vorteile bieten.¹⁵⁴

Die Beschichtung ist ein essentieller Bestandteil des Objekts. Das Belassen einer Kerisklinge ohne Beschichtung ist daher mit einem Teilverlust des Objekts zu vergleichen. Der Geruch einer solchen Beschichtung gehört ebenfalls zum Objekt und die Information zur olfaktorischen Wahrnehmung eines Keris soll ebenfalls mit den Objekten verbunden bleiben.

Die gewählte Beschichtung muss Korrosionserscheinungen verlangsamen, der Korrosionsmorphologie der zu erwartenden Korrosion in traditionellem Umfeld angepasst sein und soweit möglich die traditionell gewünschte Ästhetik aufweisen. Um dies aufrecht zu erhalten, ist auch im musealen Umgang eine regelmässige Kontrolle und Pflege der Klingen umzusetzen.

Die Interpretation basiert auf einem Maximum der zur Verfügung stehenden Informationen und Aspekte. Die erfolgte Interpretation beinhaltet viele Entscheidungen und jede Entscheidung beinhaltet Werturteile¹⁵⁵. Der Wissenstand ist nicht vollständig aber gewissenhaft und das Einbeziehen unterschiedlicher Wertvorstellungen verhindert eine einseitige Herangehensweise an diese Entscheidungen.

¹⁵⁴ Charta von Burra, 2013, §4.2

¹⁵⁵ Applebaum, 2010, S.xix

6. Anhang: Metallurgie von Kerisklingen

6.1. Die Betrachtung eines Anschliffs

Die geätzten Klingen zeigen in den meisten Fällen bereits die unterschiedlichen Schichten von Mehrlagenstahl, dies ist bei Pamorstahl ebenfalls der Fall. Durch eine metallographische Untersuchung an einem Schliff können die unterschiedlichen Phasen und zusätzlich der Aufbau im Innern betrachtet werden. Da es einem sehr invasiven Verfahren entspricht, konnte dies an keinem der Museumsobjekte durchgeführt werden. Die Betrachtung erfolgte an erneut polierten und geätzten Schläffen eines Keris aus der Sammlung von Herrn Martin Kerner, welche bereits im Jahre 2002 von Trüllinger und Zraggen präpariert, betrachtet und analysiert wurde.¹⁵⁶ Daher können zur aktuellen Betrachtung diese Untersuchungsergebnisse miteinbezogen werden. Betrachtet wird ein Querschliff durch die gesamte Klinge im Bereich nahe der Klingenspitze.

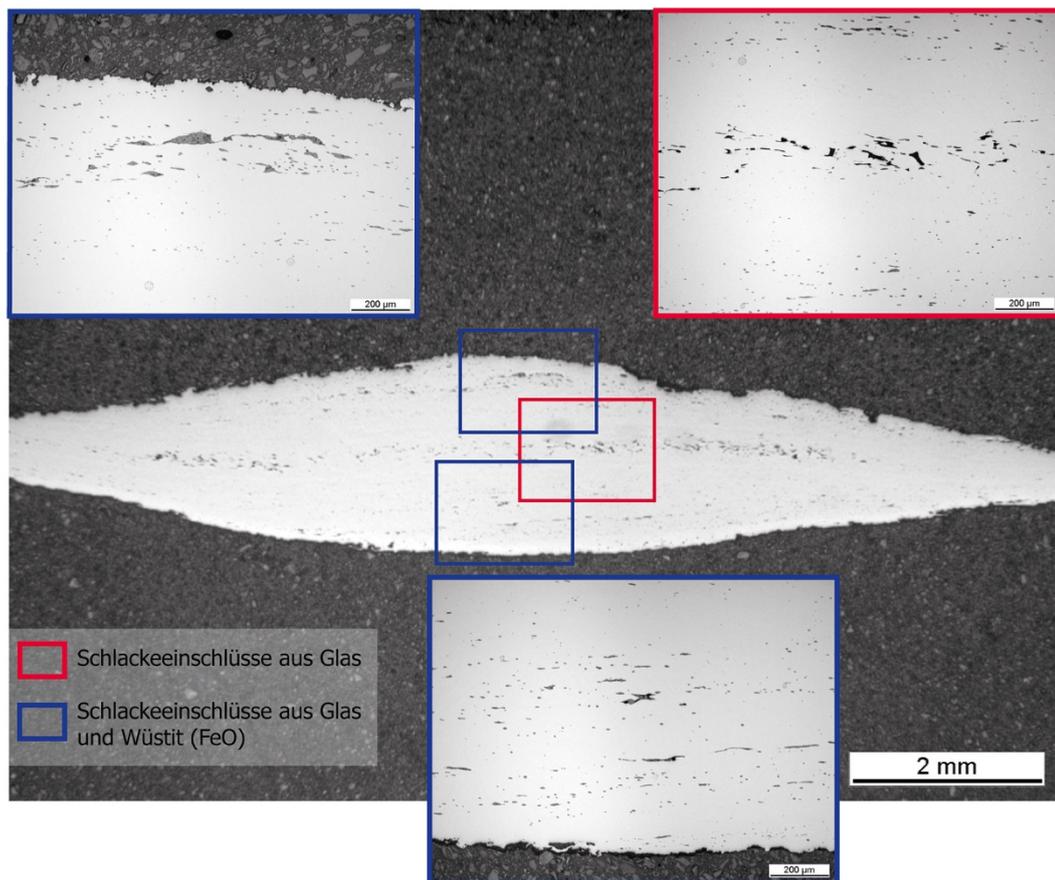


Abbildung 23 Mikroskop Aufnahme des Querschliffs der Probe „2.1 Spitze“ im Bereich der Klingenspitze, in poliertem Zustand ohne Nital Ätzung mit Nahaufnahmen (50x Vergrößerung) der Bereiche mit Schlacke aus Glas und Schlacke aus Glas und Wüstite

¹⁵⁶ Dieser Schliff wurde für die Untersuchungen verwendet, da keiner der Museumsobjekte einer solch invasiven Untersuchung unterzogen werden kann.

Vor dem Ätzen mit Nital¹⁵⁷ wurde der Schliff in poliertem Zustand betrachtet. Bereits diese polierten Oberflächen ohne Ätzung zeigen Bereiche mit unterschiedlichen Schlackeneinschlüssen auf. Bei den Querschliffen kann immer in der Mitte eine Zone mit Schlacke erkannt werden, welche nur aus Glas besteht. In den äusseren Bereichen hingegen findet sich Schlacke aus Glas und Wüstit (FeO) (Abbildung 23 S.45).

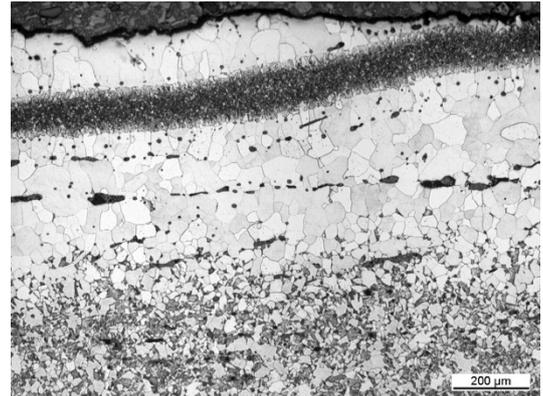


Abbildung 26 Mikroskop Aufnahme des Querschliffs 1.2 Mitte der kohlenstoffreichen Schicht im oberflächennahen Bereich der Klinge ohne emittieren Kohlenstoff in die umliegenden kohlenstoffarmen Bereiche (100x Vergrößerung)

Nach dem Ätzen können Schichten mit unterschiedlichem Kohlenstoffanteil und unterschiedlicher -verteilung festgestellt werden, sowie auch Ferritkörner. Dabei entsprechen die dunklen Bereiche hohen Kohlenstoffanteilen und die hellen Bereiche tiefen Kohlenstoffgehalten, bestehend aus Ferritkristallen (Abbildung 27 S.47).

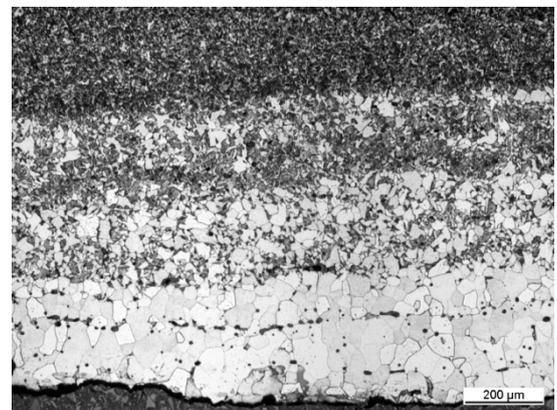


Abbildung 25 Mikroskop Aufnahme des Querschliffs 1.2 Mitte mit den sichtbaren Schichten von der dunklen kohlenstoffreichen Mittelschicht bis zur Klingeoberfläche (100x Vergrößerung)

Stahl wird stärker von Säure angegriffen als Eisen, somit ist die dunklere, kohlenstoffreichere Phase tiefer gelegen und die kohlenstoffärmere Phase erhöht.¹⁵⁸ Dies ist bei den geätzten Klingen wie auch bei den Schliffen zu erkennen. In einer Legierung von Eisen und Kohlenstoff ist der Kohlenstoff löslich im Eisen, da die sehr kleinen Kohlenstoffatome sich zwischen die Eisenatome einfügen können. In den beiden allotropischen Formen von Eisen, alpha-Eisen und gamma-Eisen, ist Kohlenstoff sehr unterschiedlich löslich. In alpha-Eisen ist Kohlenstoff kaum löslich, in Gamma-Eisen hingegen ist dieser gut löslich. Alpha-Eisen in festem Zustand wird Ferrit genannt und Gamma-Eisen in festem Zustand heisst Austenit.¹⁵⁹ Nach dem Ätzen mit Nital können die Schichten mit unterschiedlichem Kohlenstoffanteil und unterschiedlicher -verteilung festgestellt werden, sowie die Ferritkristalle gesehen werden. Es kann dabei festgestellt werden, dass bei allen 4 Schliffen in den kohlenstoffreichen Bereichen die Schlacke Glas enthält, in den kohlenstoffarmen Bereichen war die Schlacke mit Wüstit zu lokalisieren (Abbildung 27 S.47). Die Kontrastunterschiede zeigen zusätzlich deutlich die kohlenstoffreiche mittlere Schicht auf. Von dieser Phase aus kann erkannt werden, dass Kohlenstoff in das umliegende kohlenstoffarme Eisen diffundiert ist. Die Mittelschicht entspricht der Stahlklinge, welche die

¹⁵⁷ Nital ist ein häufig verwendetes Mikroätzmittel bestehend aus Alkohol und 2% Salpetersäure.

¹⁵⁸ Smith, 1988, S.145

¹⁵⁹ Murry und Lévêque, 2015, S.13/14

schneidenden Kanten der Kerisklinge ergeben. Eine weitere kohlenstoffreiche Schicht kann nahe am Rand erkannt werden, von dieser hat sich jedoch keine Diffusion in das umliegende kohlenstoffarme Gefüge ergeben (Abbildung 26 S.46). Durch die Ätzung können weiter die Schichten des Mehrlagenstahls erahnt werden (Abbildung 25 S.46).¹⁶⁰ Von Zraggen und Trüllinger wurden 13 zählbare Schichten erkannt. Es wurden Analysen der nickelreichen Lagen durchgeführt und 1,8 – 2% Nickel festgestellt.¹⁶¹

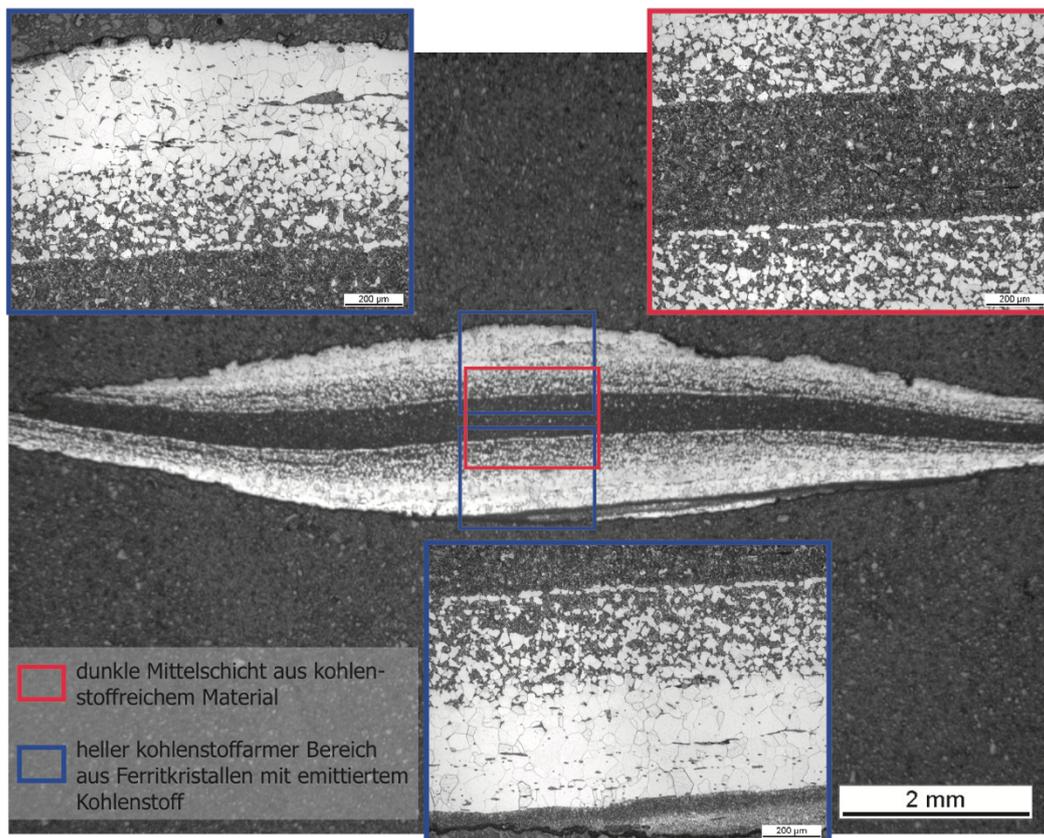


Abbildung 27 Mikroskop Aufnahme des Querschliffs Probe „2.2 Spitze“ im Bereich der Klingen Spitze, in poliertem und mit Nital geätztem Zustand mit Nahaufnahmen (100x Vergrößerung) der kohlenstoffreichen (dunkel) und den kohlenstoffarmen (hell) Bereichen

¹⁶⁰ Die Schlitze wurden mit Dr. Marianne Senn gemeinsam betrachtet und interpretiert.

¹⁶¹ Trüllinger und Zraggen, 2002, S.148

6.2. XRF-Analysen des Pamor Probematerials

15. Pamorcoupon



N° gemessene **Resultate der XRF Analysen in %** (auf dem Bildschirm angezeigte Werte und Spektren)

Fe 96.18 Mo 0.123 Cu 0.055 Ni 2.05 Mn 0.329 Cr 0.798 Si 0.364

15.1
(#3414)



15.2

Fe 96.32 Ni 1.91 Cu 0.55 Mn 0.324 Cr 0.746 Mo 0.112 V 0.026 Si 0.33

(#3415)



Fe 95.95 Mo 0.132 Cu 0.078 Ni 2.10 Mn 0.35 Cr 0.83 V 0.024 Si 0.29 S 0.1

15.3

(#3416)



Anmerkungen:

Die Messungen auf dem Pamorcoupon zeigen die Vergleichbarkeit in der Zusammensetzung mit den originalen Objekten. Lediglich Kupfer ist nicht vertreten, obwohl es auf vielen Klingen vorhanden ist. Mangan ist auf wenigen Objekten vorhanden und ebenfalls in der Zusammensetzung der Pamorcoupons gemessen worden.

Das Arsen konnte nur im Bereich gemessen werden, auf welchem eine traditionelle Ätzung durchgeführt wurde. Auch in diesem Bereich nur in sehr geringer Konzentration.

7. Anhang: Traditionelle Beschichtungen genauer betrachtet

Die traditionellen Beschichtungen zeichnen sich durch ihren Geruch aus. Für den Geruch werden den Ölmischungen verschiedene ätherische Öle beigemischt.

Ätherische Öle sind bereits Stoffgemische, welche zu einem Grossteil aus Terpenen und deren Derivaten, sowie Phenolen und deren Derivaten bestehen. Ein ätherisches Öl kann bis zu 50 Bestandteile aufweisen, wobei meist eine Komponente 90% der Substanz ausmacht.¹⁶² Da es sich bei ätherischen Ölen um ein natürliches Produkt handelt, variieren deren Eigenschaften aufgrund der klimatischen Bedingungen während des Wachstums der Pflanze, der Herkunft, der Erntezeit aber auch der Erntemethoden und bereits erwähnten Extraktionsmethoden.

Ätherische Öle können durch vier verschiedene Methoden gewonnen werden, mit der Wasserdampfdestillation, durch das Auspressen, die Enfleurage oder eine Extraktion mit Lösungsmittel. Am häufigsten findet dabei die Wasserdampfdestillation Anwendung, wobei die ätherischen Öle zwischen 150°C und 300°C extrahiert werden. Diese kostengünstige Methode hat jedoch den Nachteil, dass unerwünschte chemische Veränderungen erfolgen können, welche die Qualität des Endproduktes negativ beeinflusst.¹⁶³

Neben den ätherischen Ölen ist das Kokosnussöl bei den natürlichen traditionellen Beschichtungen ein Hauptbestandteil. Kokosnussöl ist eine Mischung von Triestern des Glycerins. Die Struktur von Kokosnussöl entspricht der allgemeinen chemischen Struktur von pflanzlichen Ölen. Darin sind R1, R2 und R3 weit überwiegend langkettige Alkylreste oder, seltener, Alkenylreste mit einer meist ungeraden Anzahl von Kohlenstoffatomen.

Der grösste Anteil der Zusammensetzung machen die gesättigten Fettsäuren aus, davon Caprylsäure (5-10%), Caprinsäure (5-8%), Laurinsäure (45-53%), Palmitinsäure (8-10%), Stearinsäure (2-4%) und Myristinsäure (17-21%). Enthalten sind auch die einfach ungesättigte Ölsäure (5-10%), Linolsäure (1-3%) sowie Spuren von Calcium, Kalium, Natrium, Kupfer, Eisen, Phosphor, Aminosäure, Vitamin E und Lactone.¹⁶⁴

Kokospalme (lat. *cocos nucifera*) werden um den Äquator in den tropischen Zonen in Küstenbereichen sowie an Flussufern angepflanzt. Indonesien ist eine der grössten Kokosnussproduzenten.¹⁶⁵ Es wird aus der Kokosnuss der Kokospalme, genauer aus der Kopra (Nährgewebe) der Kokosnuss gewonnen. Kopra wird zerkleinert, getrocknet und dann in Ölmühlen mechanisch ausgepresst.¹⁶⁶

Kokosnussöl ist bei Raumtemperatur fest durch den hohen Anteil an gesättigte Fettsäuren (daher umgangssprachlich Kokosfett). Es verflüssigt sich zwischen 18°C und 23°C.¹⁶⁷ Bei Raumtemperatur ist

¹⁶² Egger, 2006, S.8

¹⁶³ Egger, 2006, S.7

¹⁶⁴ Florapower, 2020, Die Chemie-Schule, 2020

¹⁶⁵ Kerist, 2008, S.209

¹⁶⁶ Florapower, 2020

¹⁶⁷ Die Chemie-Schule, 2020

es eine weisse pastose Substanz, erwärmt wird das Kokosnussöl farblos und flüssig. Bei nicht desodoriertem Kokosnussöl kann ein deutlicher Geruch wahrgenommen werden.

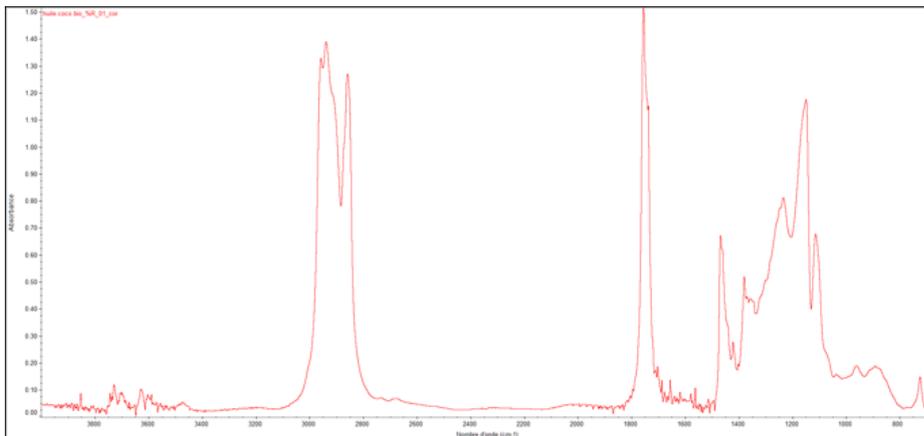
7.1. Analysen der natürlichen Öle in Verwendung für die Beschichtung von Kerisen

Die natürlichen Öle und vor allem die ätherischen Öle sind im Zusammenhang mit der Konservierung und Restaurierung kaum erforscht, daher stehen auch nur wenige Vergleichsspektren für die FTIR Methode zur Verfügung. Um diese trotzdem mit den Messungen auf den Kerisklingen zu vergleichen, wurden daher im Rahmen dieser Arbeit von den folgenden ungemischten Öle Vergleichsspektren erstellt:

1. Kokosnussöl
2. Nelkenöl
3. Sandelholzöl
4. Ylang-Ylang

FTIR Analysen der natürlichen Öle

| Nr. | Beschichtungsmaterial |
|-----|-----------------------|
| 1 | Kokosnussöl bio |



Grafik 4 Das FTIR Spektrum von Kokosnussöl bio



Abbildung 28 Das Bio Kokosnussöl welches für die Belastungsprobe Anwendung fand

2

Nelkenöl

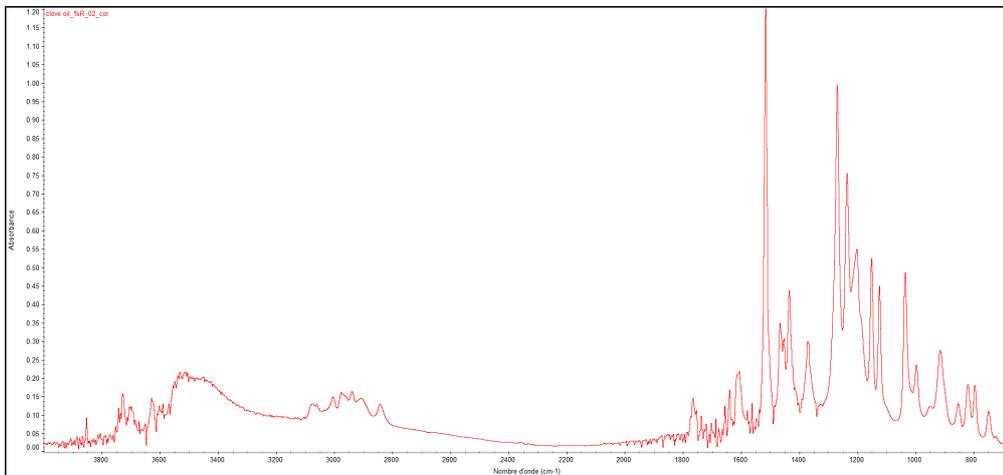


Abbildung 29 Das beinahe farblose Nelkenöl mit starkem Geruch

Grafik 5 Das FTIR Spektrum von Nelkenöl

3

Sandelholzöl

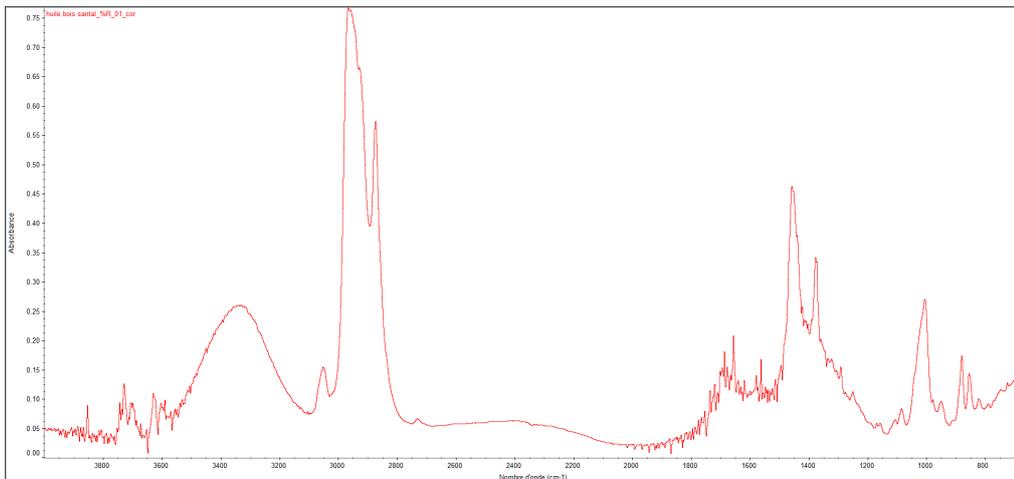
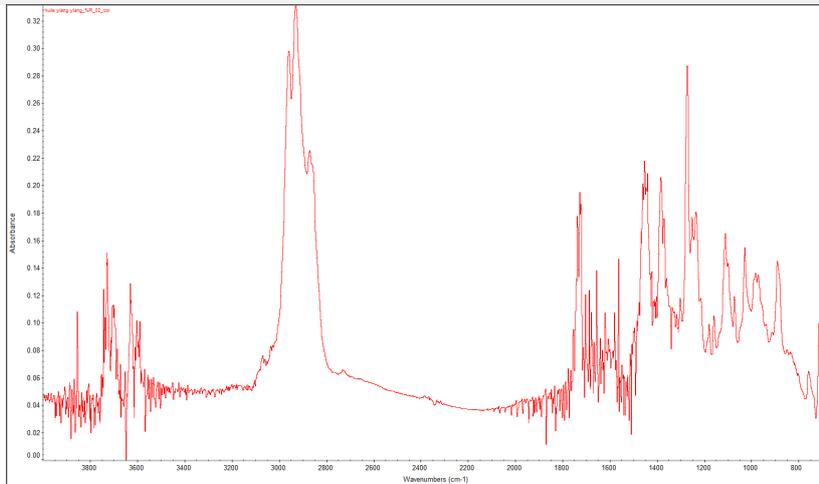


Abbildung 30 Das gelbliche und klebrige Sandelholzöl

Grafik 6 Das FTIR Spektrum von Sandelholzöl

4

Ylang-Ylang

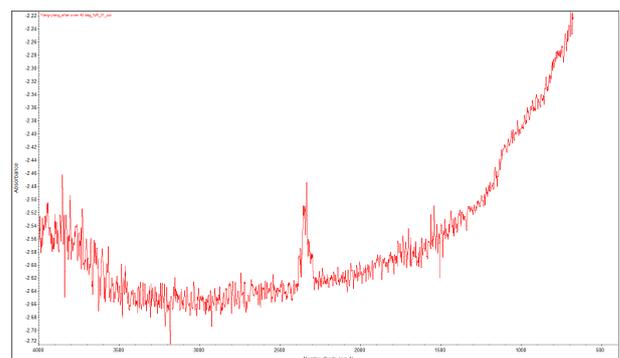


Grafik 7 FTIR Spektrum von Ylang-Ylang



Abbildung 31 das gelbliche, flüssige, ätherische Öl Ylang-Ylang

Zusätzlich wurden diese auf Aluminiumcoupons verstrichen und für 2 Wochen bei 40° C belassen. Dies sollte ermöglichen, erste Anzeichen einer Alterung zu erzeugen, womit die Spektren den Beschichtungen auf den Klingen näherkommen. Nach 2 Wochen bei 40°C können mit FTIR auf den Coupons mit Nelkenöl, Sandelholzöl und Ylang-Ylang keine Beschichtungen mehr festgestellt werden (Grafik 8 S.53). In Mischung mit dem Kokosnussöl könnte es sein, dass diese Öle trotzdem noch geringfügig vorhanden sind. Dies wurde im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht getestet.



Grafik 8 Beispiel eines Spektrums welches keine Beschichtung mehr anzeigt, FTIR Spektrum von Ylang-Ylang nach 2 Wochen bei 40°C, wobei keine Substanz mehr festgestellt werden konnte.

7.2. Analysen von Kerisölmischungen

Zusätzlich zu den ungemischten Ölen wurden **Kerisöle** analysiert, welche in der traditionellen rituellen Beschichtung in Indonesien Anwendung fanden.

1. Altes Kerisöl
2. Kerisöl „SANBE“
3. Kerisöl 1996
4. Kerisöl 2006
5. Paraffinöl (wurde zusätzlich als Vergleich analysiert)
6. Die traditionelle Mischung aus 50% Kokosnussöl bio, 25% Sandelholzöl und 25% Ylang-Ylang

1.

| Bezeichnung | Beschreibung | Abbildung |
|-------------|--------------|-----------|
|-------------|--------------|-----------|

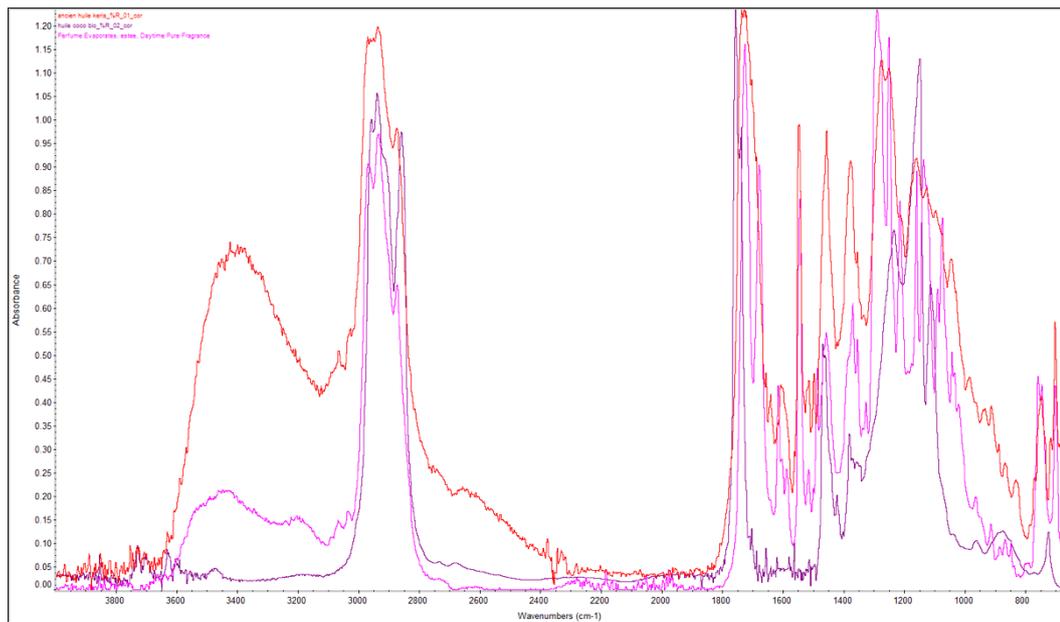
Altes Kerisöl

Dunkelbraunes Öl

Von Gaspar de Marval erhalten, ein Öl welches er vor ca. 30-40 Jahren in Java gekauft hat und für die Pflege von Kerisen verwendet wurde. Kleine Reste in den beinahe leeren Fläschchen konnten analysiert werden.



Abbildung 32 Beinahe leere Fläschchen mit Kerisöl aus Java welches ca. vor 30 - 40 Jahren verwendet wurde. Zur Verfügung gestellt von Gaspar de Marval.



Grafik 9 Das FTIR Spektrum eines Kerisöls welches ca. 30 – 40 Jahre alt ist (rot), im Vergleich mit dem Bio Kokosnussöl (violett) welches in dieser Arbeit verwendet wird und einem Parfum (pink) mit diversen Duftstoffen.

2.

| Bezeichnung | Beschreibung | Abbildung |
|-------------|--------------|-----------|
|-------------|--------------|-----------|

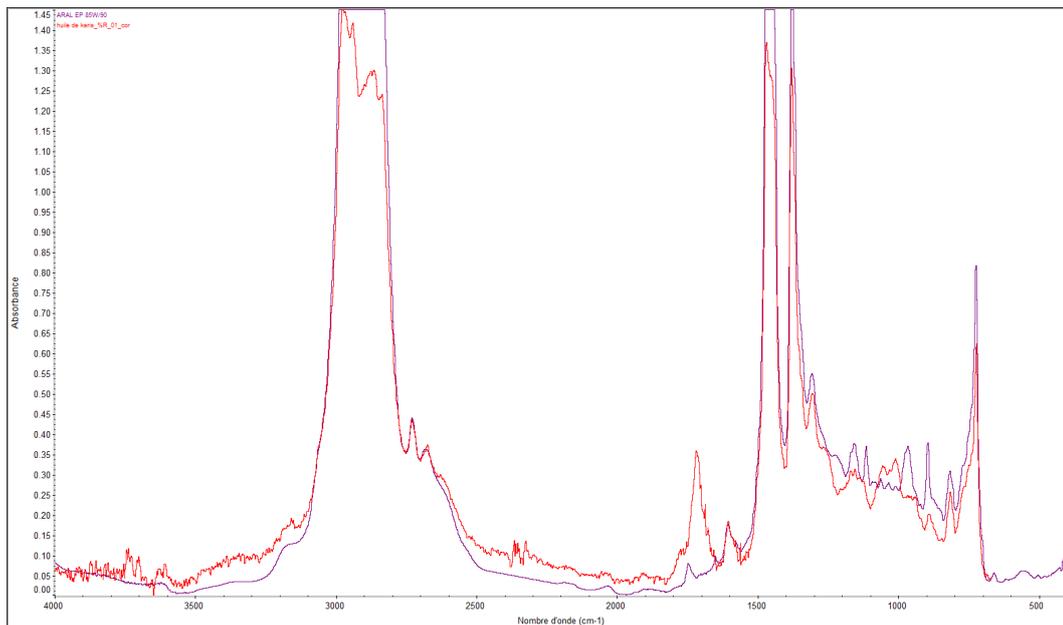
Kerisöl „SANBE“

Braunes Öl

Von Gaspar de Merval erhalten,
ein Öl welches er als
Beschichtung von Kerisen, in
Java gekauft hat. Zeitpunkt
unklar.



Abbildung 33 Beinahe leeres Fläschchen mit einem Kerisöl welches ebenfalls auf Java verwendet wurde. Zur Verfügung gestellt von Gaspar de Marval.

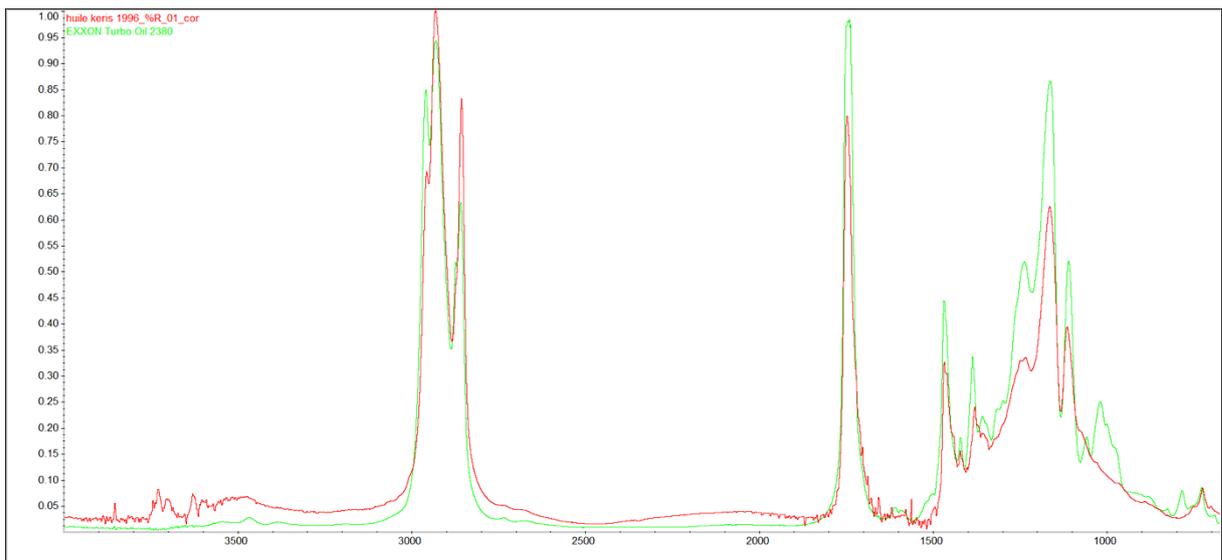


Grafik 10 Das FTIR Spektrum des Kerisöl "SANBE" (rot) im Vergleich mit einem synthetischen Öl (violett)

3.

| Bezeichnung | Beschreibung | Abbildung |
|--------------|---------------------------------------|---|
| Kerisöl 1996 | Gelbes flüssiges Öl mit blumigem Duft |  |

Abbildung 34 Das Kerisöl 1996, in einem Kosmetikfläschchen, dieses wurde für den Oberflächenschutz von Kerisklingen auf Java verwendet im Jahre 1996 und von Pascal Pouly mit in die Schweiz genommen



Grafik 11 Das FTIR Spektrum des Kerisöl 1996 (rot) im Vergleich mit einem synthetischen Öl (grün)

4.

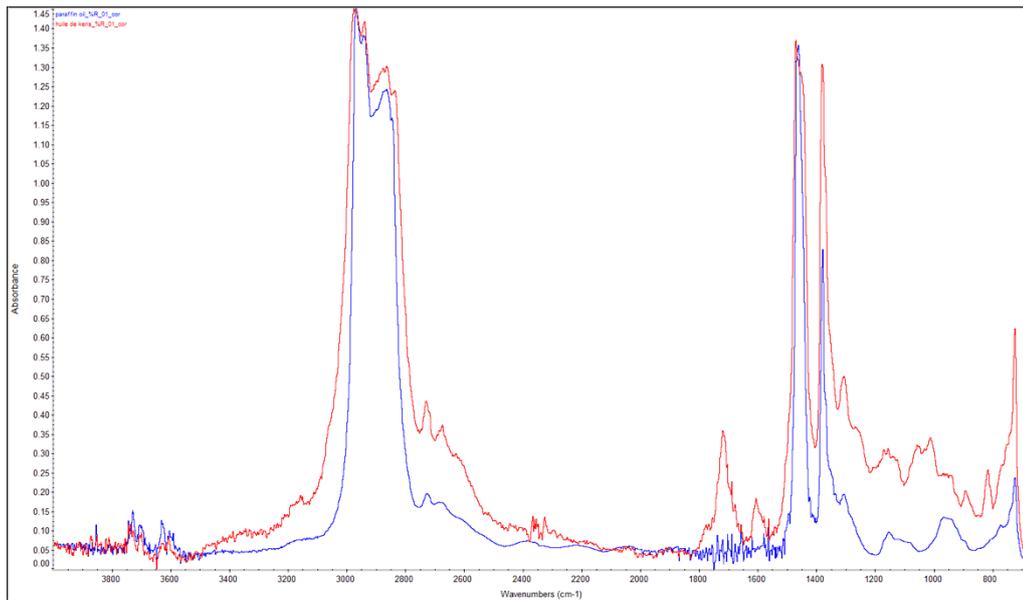
| Bezeichnung | Beschreibung | Abbildung |
|-------------|--------------|-----------|
|-------------|--------------|-----------|

Kerisöl 2006

Gelbes flüssiges Öl mit blumigem Duft.
Verkauft unter dem Namen „Melati Keraton“, produziert von Philippe Grasse, Frankreich. Dies ist das einzige Kerisöl, welches noch verkauft wird.



Abbildung 35 Flasche des Kerisöl 2006, welches 2006 für die Pflege der Kerise auf Java verwendet wurde. Zur Verfügung gestellt von Gaspar de Marval.

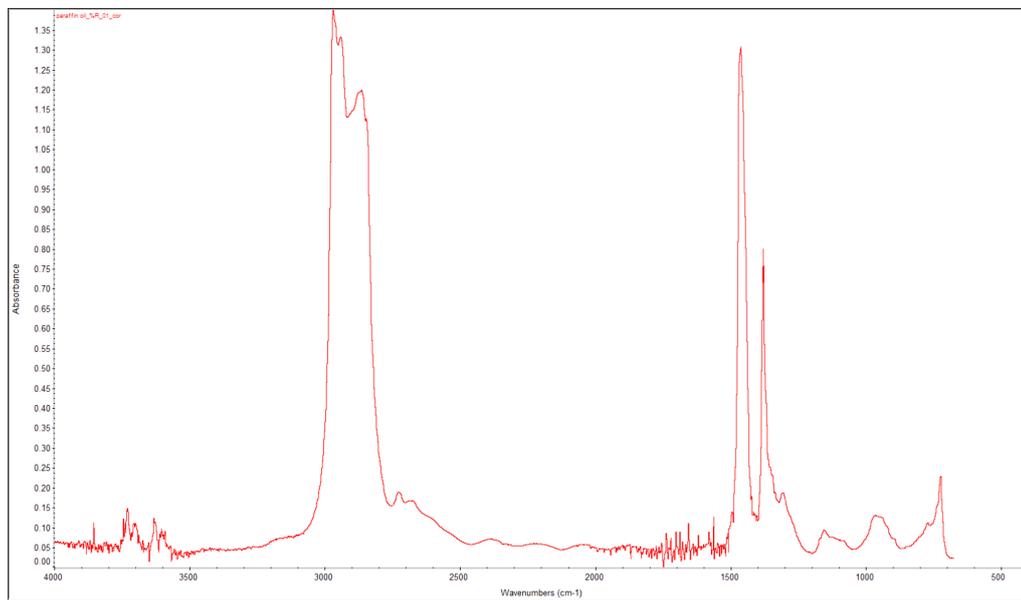


Grafik 12 Das FTIR Spektrum des Kerisöl 2006 (rot) im Vergleich mit dem Paraffinöl (blau) welches in dieser Arbeit ebenfalls verwendet wurde.

5.

| Bezeichnung | Beschreibung | Abbildung |
|-------------|--|---|
| Paraffinöl | Transparente farblose und geruchslose dickflüssige Flüssigkeit |  |

Abbildung 36 Flasche des Paraffinöls, welches analysiert wurde, um das Spektrum mit den traditionellen Ölen zu vergleichen



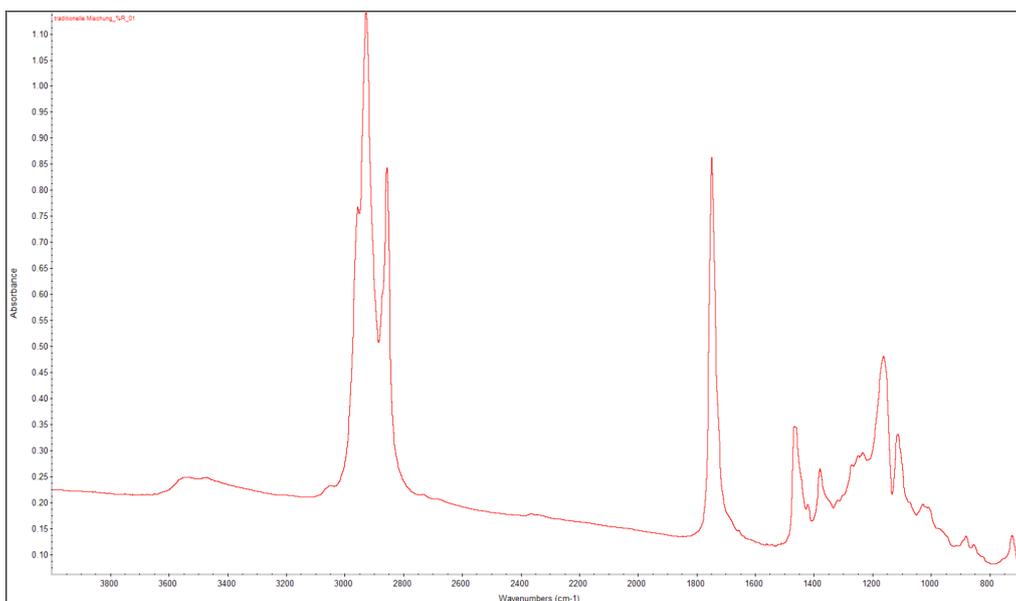
Grafik 13 Spektrum der FTIR Analyse von nicht gealtertem Paraffinöl

Das **alte Kerisöl** konnte als einziges der analysierten Kerisöle als natürliche Öl-Mischung erkannt werden. Das Spektrum zeigt Ähnlichkeiten mit Kokosnussöl. Die zahlreichen Peaks im Bereich von 1000 – 1500 zeigen, dass es sich um eine Mischung verschiedener Öle handelt, es können Duftstoffe, beispielsweise ätherische Öle, vermutet werden.

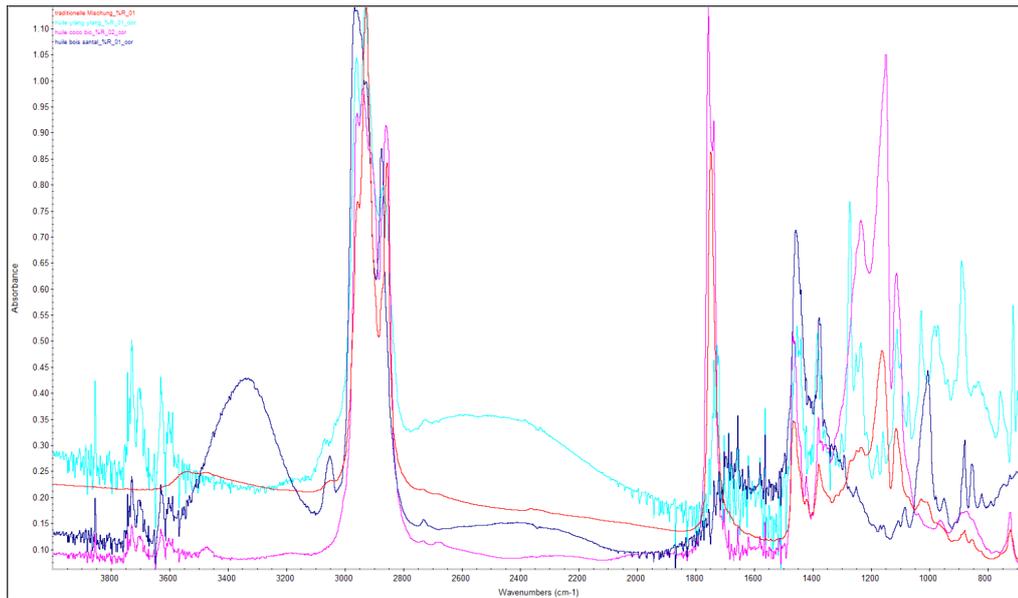
Das **Kerisöl „SANBE“**, das **Kerisöl 1996** und das **Kerisöl 2006** zeigen das Spektrum eines synthetischen Öls. Kerisöl 2006 ist stark vergleichbar mit dem Paraffinöl, aber auch die anderen Öle weisen viele Ähnlichkeiten mit dem Paraffinöl auf. Es können auch bei den synthetischen Ölen Beimischungen festgestellt werden, welche sehr wahrscheinlich den Duftstoffen entsprechen.

1.

| Bezeichnung | Beschreibung |
|------------------------|--|
| Traditionelle Mischung | Gelbliches Öl mit starken Geruch (50% Kokosnussöl bio, 25% Sandelholzöl, 25% Ylang-Ylang) |



Grafik 14 Das FTIR Spektrum der traditionellen natürlichen Mischung aus 50% Kokosnussöl bio, 25% Sandelholzöl, 25% Ylang-Ylang



Grafik 15 Das FTIR Spektrum der traditionellen natürlichen Mischung aus 50%(rot) Kokosnussöl bio (pink), 25% Sandelholzöl(dunkel blau), 25% Ylang-Ylang (hell blau), im Vergleich mit dem Spektrum des Kokosnussöl Bio, Sandelholzöl und Ylang-Ylang

Der Vergleich der traditionellen Mischung (mit den bekannten Inhaltsstoffen: Kokosnussöl bio, Sandelholzöl und Ylang-Ylang) mit den Spektren der einzelnen Öle verglichen, lässt primär das Kokosnussöl deutlich erkennen (Grafik 15 S.60). Beim getesteten Auftrag handelte es sich um eine frische Beschichtung, welche einen Tag getrocknet war. Die Präsenz des Ylang-Ylang konnte jedoch in der Mischung nur schwer ermittelt werden. Dies zeigt die Schwierigkeit auf, Inhaltsstoffe von unbekanntem Ölmischungen zu identifizieren, auch mit vorhandenen Vergleichsspektren.

8. Anhang: Vorversuche

Es wurde eine Vielzahl von Vorversuchen durchgeführt, um die Herstellung des Pamors zu verstehen und darauf basierend die geeigneten Substrate für die Belastungsprobe herstellen zu können. Auch zur traditionellen Ätzung und der Reinigung mit Kokosnusswasser wurden Vorversuche ausgeführt.

Weiter wurde das in der Literatur beschriebenen Rezept der traditionellen Mischung, ohne genaue Mengenangaben, in unterschiedlichen Zusammensetzungen getestet.

Ein praktischer Test verglich den Unterschied in der Schutzwirkung einer gesprühten und einer gestrichenen Wachsbeschichtung.

8.1. Reproduzierversuche des Pamormusters

Das Pamormuster der Kerisklingen kann bewusst erzeugt werden durch Einfeilen, Eindrücken, Tordierungen oder Faltungen, meist handelt es sich jedoch um „zufällig“ erzeugte Muster durch das Falten und somit Vermehren der Lagen.¹⁶⁸ Mit Knetmasse wurden mehrere Techniken nachgestellt, um das dadurch entstehende Muster zu ermitteln. Als Beispiel sind dazu die nötigen Schritte für ein Pamormuster durch Einfeilung dargestellt und beschrieben. Unterschiedliche Techniken zur Herstellung eines Musters wurden durch Versuche mit Knetmasse visualisiert. Nachfolgend ein Beispiel der Methode des Einfeilens, wie diese von van Duuren beschrieben wird (Pamor „santa“ genannt).¹⁶⁹

| Abbildung | Beschreibung |
|---|--|
|  | Aus zwei unterschiedlich gefärbten Knetmassen, welche die beiden unterschiedlichen Legierungen repräsentieren, wurden quadratische Bleche hergestellt. Aus der Legierung-violett wurden 4 Bleche geformt, aus Legierung-blau wurden 3 Bleche imitiert. |
|  | Die Schichten werden zusammengedrückt. Dies würde der Feuerverschweissung beim Herstellungsprozess von Mehrlagenstahl entsprechen. |

¹⁶⁸ Die Pamortechnik wird detailliert beschrieben in Kapitel 1.3.3 Pamorklingen, S.10

¹⁶⁹ van Duuren, 1996, S.77



Gemeinsam werden die verschiedenen Lagen verformt. Die Verformung verläuft in die Länge. Dies entspricht dem in die Länge Schmieden der feuerverschweissten Bleche.



Aus den in die Länge verformten Schichten werden dreieckige Stücke entfernt. Dies entspricht dem Einfeilen von Mehrlagenstahl zur Erzeugung eines Musters.



Die Schichten werden erneut zusammengedrückt und die entfernten Stücke dadurch ausgeglichen. Auch seitlich wird eine klare Grundform wiederhergestellt. Es entsteht ein Blech mit einer rechteckigen Grundform, in welchem sich die Schichten unterschiedlich verformt haben.



Durch das Zuschneiden in einem leichten Winkel wird dieses Muster sichtbar. Dies entspricht dem Anfeilen der Neigung der Klinge, auf welcher dadurch die unterschiedlichen Musterungen erkennbar werden



Sind beide Seiten angewinkelt geschnitten, entsteht beidseitig ein Wellenmuster, welches dem Muster des Pamors einer Kerisklinge entsprechen kann.

In einem Schmiedeversuch wurde ein tordiertes Pamormuster hergestellt:

| Arbeits- schritte | Abbildung | Beschreibung |
|-------------------------|---|---|
| Vorbereitung |  | <p>Das Ausgangsmaterial beider Legierungen wird in einen Streifen mit gleicher Breite und Dicke geschmiedet. Dazu wird das Material gewärmt und mittels dem Lufthammer in die gewünschte Form geschmiedet.</p> |
| |  | <p>Die Streifen werden für Legierung1 in 3 Stücke geschnitten und für Legierung2 werden in derselben Grösse 4 Stücke zugeschnitten.</p> |
| |  | <p>Die Stücke werden abwechselnd beginnend mit Legierung2 aufeinandergeschichtet. Die Oberflächen, welche Feuerverschweisst werden, werden vor dem Zusammenfüge blank geschliffen. Um die Bleche zu fixieren, werden sie lokal zusammengeschweisst.</p> |
| Feuerschweissung |  | <p>Das Paket mit den beiden unterschiedlichen Legierungen wird im Feuer erwärmt. Eine möglichst quadratische Form ist von Vorteil, um eine gleichmässige Verteilung der Hitze im Material zu erlangen.</p> |



Erreicht das Material eine orange Farbe, wird gleichmässig Borax auf die Oberfläche des Blocks aufgestreut.



Mit dem Borax wird das Material im Feuer weiter erwärmt, bis es eine helle gelbe Farbe erreicht. (zwischen 1100°C und 1300°C erwärmt. Weihrauch 1995, S. 60).



Wurde genügend Hitze erreicht, werden die hell glühenden Stücke mit einem Schmiedehammer auf dem Amboss zusammengepresst. Es muss von oben auf die Fläche eines Blechs geschlagen werden, so dass die zu verschweisenden Oberflächen zusammengedrückt werden. Dadurch entsteht eine unlösbare Verbindung der beiden Legierungen (Weihrauch 1995, S. 60).



Abbürsten, um den Zunder und die Schweißmittelreste (Borax) zu entfernen.

Herstellen von Musterung und Weiterverarbeitung



Man kann erkennen, dass eine Feuerschweissung erfolgreich war, wenn beim erneuten Erwärmen im Übergangsbereich von einem Blech aus Legierung1 zu einem Blech aus Legierung2 keine dunkle Linie zu erkennen ist, sondern ein gleichmässig glühender Block.



Das verbundene Material kann nun gemeinsam weiterbearbeitet werden. Zum Beispiel kann dieses in die Länge geschmiedet werden.



Durch das Schmieden in Längsrichtung werden die Schichten in die Länge gezogen und sind weiterhin parallel zu erkennen.



Um eine Musterung im Schweissverbundstahl zu erreichen, kann ein Stab zum Beispiel tordiert werden.

Vor dem Tordieren müssen die Kanten des Vierkants gebrochen werden.

Der Vierkant wird im Feuer erwärmt und in glühendem Zustand mit dem Windeisen gedreht. Um die Tordierung lokal zu verstärken, kann der Vierkant nur in diesem Bereich erwärmt und erneut gedreht werden, bis die gewünschte Tordierung erreicht ist.



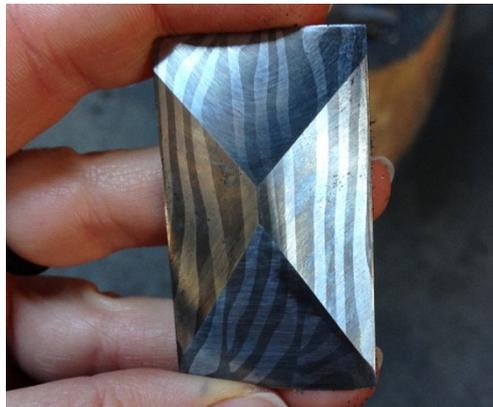
Der tordierte Schweissverbundstahl kann wieder quadratisch geschmiedet werden und dem gewünschten Muster entsprechend weiterverarbeitet werden.



Zum Beispiel kann dieses in ein dünneres Blech ausgeschmiedet werden.



Aus dem entstandenen Schweissverbundstahl können Stücke geschnitten und angeschliffen werden. Das Muster kann entsprechend der gewählten Richtung des Anschliffs variieren.



Sichtbar wird das Muster an der fein geschliffenen Oberfläche durch eine Ätzung, dieses kann bereits durch die Säure einer Kaffeelösung erkennbar gemacht werden.

8.2. Reinigung mit Kokosnusswasser

Zum Vergleich wurde „frisches“ Kokosnusswasser aus einer Kokosnuss und Kokosnusswasser aus der Flasche ausprobiert. Die beiden Flüssigkeiten unterscheiden sich optisch dadurch, dass das „frische“ Kokosnusswasser etwas trüber ist und ein paar Verunreinigungen der Schale in die Flüssigkeit gefallen sind. Eine Messung des pH-Wertes zeigt bei beiden pH 5 an. Nach einer halben Stunde in der Flüssigkeit kann das Pamormuster bereits deutlich erkannt werden. Die dunkle Färbung des Stahls intensiviert sich noch leicht mit längerer Versuchszeit. Nach 3.5 h kann auf beiden Plättchen eine gleichmässige Abdunkelung der nickelarmen Lage erkannt werden. Es kann kein Unterschied in der Reaktion der beiden Kokosnusswasser erkannt werden.

Auch wenn der Arbeitsschritt mit Kokosnusswasser als Reinigung beschrieben ist, handelt es sich bereits um eine leichte Ätzung. Diese ist vergleichbar mit der Ätzung mit Kaffee (ebenfalls pH 5), welche von Messerschmieden in Europa verwendet wird, um das Damaszenermuster während des Arbeitens zu überprüfen.

Die Pamorcoupons erhalten durch das Kokosnusswasserbad bereits eine starke und gleichmässige Färbung der Stahllage (Abbildung 46 S.75).

8.3. Traditionelle Ätzmethode



Das Schweissverbundstahlstück (aus einer alten Feile und 1.2767) wurde feingeschliffen und mit einer Kaffeelösung wurde das Muster sichtbar gemacht. Die Zitronen-Auripigment-Paste wurde lediglich auf einen Bereich aufgetragen, um die Oberflächen vergleichen zu können

Nach einem Tag Einwirkzeit war die Zitronen-Auripigment-Paste¹⁷⁰ eingetrocknet und dunkler geworden (Abbildung 38 S.68). Nach dem Entfernen kann eine klare Schwärzung der Oberfläche erkannt werden. Die Oberfläche ist jedoch fleckig und teilweise kann eine milchige Trübung erkannt werden (Abbildung 39 S.68).

Es werden sehr unterschiedliche Applikationsmethoden der traditionellen Ätzung beschrieben. Wird die Ätzlösung oder Paste auf der Oberfläche belassen und trocknet ein, entstehen starke Flecken und die Reinigung ist erschwert. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden weitere Vorversuche in einem Bad mit regelmäßigem Bewegen der inhomogenen Ätzmischung auf den Couponoberflächen gemacht. Dies ermöglichte eine gleichmäßigere Ätzung und eine leichtere Nachreinigung. Auch dies entspricht einer Applikationsmethode, welche in den Beschreibungen der traditionellen Ätzung oft erwähnt wird. Diese Versuche bildeten die Grundlage für die Umsetzung der traditionellen Ätzung auf den Pamorcoupons für die Belastungsprobe.

¹⁷⁰ In diesen Versuch wurde Zitronensaft verwendet, da mehrere Fruchtsäuren bekannt welche für die Ätzung Verwendung finden. In den weiteren Versuchen wurde dies auf Limettensaft geändert, da diese öfters Erwähnung finden in den Beschreibungen.

8.4. Test unterschiedlicher Zusammensetzung des traditionellen Rezeptes

Da das Rezept der traditionellen natürlichen Ölmischung keine genauen Angaben des Verhältnisses der Inhaltsstoffe macht, wurden unterschiedliche Mischungen getestet. Beschrieben wird eine Mischung aus Kokosnussöl, Sandelholzöl und Ylang-Ylang.¹⁷¹

Es wurden verschiedene Zusammensetzungen getestet und mit dem ungemischtem Kokosnussöl verglichen (Tabelle 2 S.70):

- Kokosnussöl (1,5g) mit mehr Sandelholzöl (20 Tropfen) als Ylang Ylang (10 Tropfen)
- Kokosnussöl (1,5g) mit Sandelholzöl (20 Tropfen) und Ylang Ylang (20 Tropfen)
- Kokosnussöl (1,5g) mit Ylang-Ylang (20 Tropfen)
- Kokosnussöl (1,5g) mit Sandelholzöl (20 Tropfen)

Es konnte festgestellt werden, dass das dickflüssige Kokosnussöl durch die Beimengung der Öle flüssiger wurde. Höhere, flüssigere Ölanteile ergaben gleichmässiger Beschichtungen. Auch der Glanz dieser Mischungen war gleichmässiger. Sandelholz und Ylang-Ylang verliehen der Mischung eine leicht gelbe Färbung. Ein weiterer Aspekt ist die Staubhaftung. Auf den dünneren Beschichtungen haftete weniger Staub. Es konnte kein Unterschied in Bezug auf den Beschichtungsauftrag erkannt werden, ob Sandelholz oder Ylang-Ylang beigemischt wurde. Die Gesamtmenge des Ölanteils macht den Unterschied.

Es konnte festgestellt werden, dass sich diese Öle bei Raumtemperatur kaum zu einer homogenen Flüssigkeit vermischen liessen. Es konnten härtere Ansammlungen des Kokosnussöls in der Mischung erkannt werden. Dies erschwert einen gleichmässigen Auftrag. Durch ein leichtes Erwärmen der Mischung (ca. 30°C) konnte eine homogene Mischung erreicht werden. Durch diese Erkenntnisse wurde entschieden, eine Mischung von 4g Kokosnussöl, 40 Tropfen Sandelholzöl und 40 Tropfen Ylang-Ylang für die Belastungsprobe zu verwenden (40 Tropfen der Öle entsprechen jeweils 2 g). Wichtig dabei scheint das Verhältnis von 50% Kokosnussöl und 50% der beiden anderen Öle. Die Anteile von Ylang-Ylang und Sandelholzöl innerhalb dieser 50% der Gesamtlösung können variieren, ohne dass kurzfristig grosse Veränderungen der Eigenschaften zu erkennen sind.

Diese Öle sollen für eine gleichmässige Mischung leicht erwärmt werden. Der Auftrag kann jedoch bei Raumtemperatur erfolgen.

¹⁷¹ Kerner, 1995, S.29-31 / Zusätzlich ist dies von Adni Aljunied, welcher die Tradition der Kerisbeschichtung noch heute pflegt, als die traditionell verwendete Beschichtung bestätigt.

Tabelle 2 Vergleich unterschiedlicher Verhältnisse der Zusammensetzung der traditionellen Ölmischung aus Kokosnussöl, Sandelholzöl und Ylang-Ylang. nach 4 Monaten Trocknungszeit

| | | | |
|-----------------|---|--|---|
| nach 4 Monaten | 1. | 2. | 3. |
| |  |  |  |
| Zusammensetzung | Ohne Beschichtung | Kokosnussöl (1,5g) mit mehr Sandelholzöl (20 Tropfen) als Ylang Ylang (10 Tropfen) | Kokosnussöl (1,5g) mit Sandelholzöl (20 Tropfen) und Ylang Ylang (20 Tropfen) |
| nach 4 Monaten | 4. | 5. | 6. |
| |  |  |  |
| Zusammensetzung | Kokosnussöl (1,5g) mit Ylang-Ylang (20 Tropfen) | Kokosnussöl (1,5g) mit Sandelholzöl (20 Tropfen) | Kokosnussöl |

8.5. Vergleich von Pinselauftrag und Sprühbeschichtung

Durch den Auftrag einer gesprühten und einer gestrichenen Beschichtung derselben Wachsbeschichtung soll ein Vergleich der Schutzwirkung durch den Auftrag erzielt werden. Dafür wurde ein Mehrlagenstahl mit Aceton entfettet und einseitig mit einer Sprühschicht (links) und auf der anderen Seite mit einer gestrichenen Beschichtung (rechts) versehen. Verwendet wurde Cosmoloid® H80 (20%) in White Spirit. Dieses Testmaterial wurde in einem geschlossenen Behältnis einer feuchtigkeitsgesättigten Atmosphäre durch eine 10% Essigwasserlösung auf die Korrosionsbeständigkeit getestet. In dieser Atmosphäre wurde das Probematerial für 6 Tage belassen.

Abbildung vor dem Test mit der applizierten Beschichtung



Abbildung 40 Pamormaterial mit einer Cosmoloid® H80 Beschichtung, links gesprüht und rechts mit einem Pinsel aufgetragen

Von der linken Seite her mit einer gesprühten Schicht versehen auf der rechten Seite ist die Beschichtung mit einem Pinsel aufgetragen (Abbildung 40 S.71). Die Beschichtungen weisen keine Lücke zwischen den beiden Beschichtungen auf.

Ergebnis nach 6 Tagen



Abbildung 41 Gleichmässige Korrosionserscheinungen in Bereichen der gestrichenen und der gesprühten Cosmoloid® H80 Beschichtung

Nach 6 Tagen haben sich Korrosionserscheinungen auf der Oberfläche gebildet (Abbildung 41 S.71). Die Korrosionserscheinungen können primär in der Mitte des Pamorstahlcoupons festgestellt werden. Es ist klar zu erkennen, dass die nickelreiche Phase weniger von der Korrosion betroffen ist. Es kann kein Unterschied in der Korrosionsschutzwirkung der beiden Applikationsmethoden erkannt werden.

8.6. Empirischer Vergleich der Schmutzhaftung der Beschichtungen

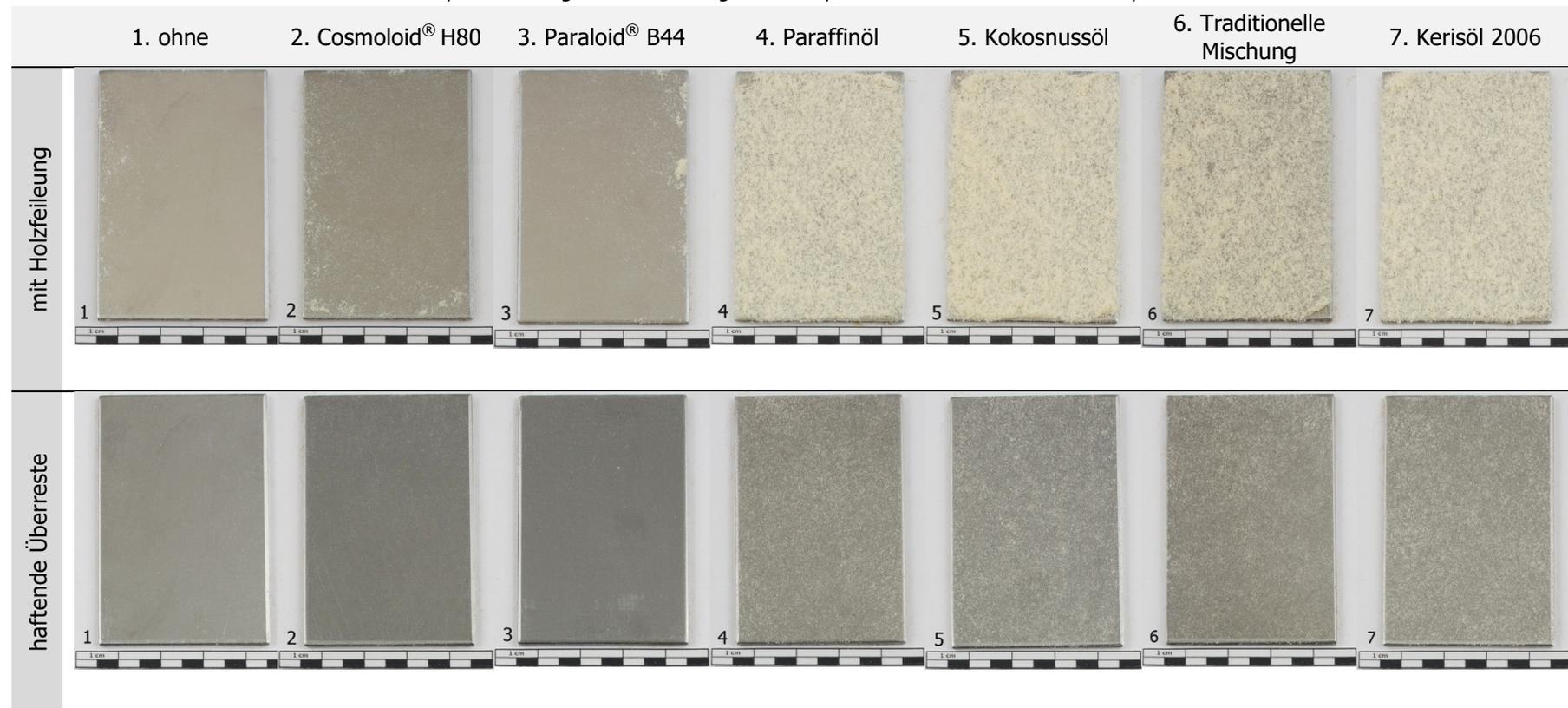
Die Unterschiede in der Klebrigkeit der Beschichtungen wurde durch einen praktischen Test ermittelt. Dazu wurden sechs Coupons mit den Beschichtungen Cosmoloid® H80, Paraloid® B44, Paraffinöl, Kokosnussöl, Kokosnussöl mit Sandelholzöl und Ylang-Ylang, sowie Kerisöl 2006 versehen. Ein zusätzlicher Coupon wurde nicht beschichtet hinzugefügt.¹⁷² Diese sieben Coupons wurden für 29 Tage in Innenraumbedingungen zum Trocknen gelegt. Nach dieser Trockenzeit wurden auf allen Coupons gleichmässig feine Holzspäne (Feilrückstände) verteilt, sodass jeweils die gesamte Oberfläche bedeckt war. Die Holzspäne wurden eine Stunde auf der Oberfläche belassen und daraufhin in der Luft gedreht, um nicht klebende Partikel mittels der Schwerkraft zu entfernen. Daraufhin wurden dokumentiert, in welchem Ausmass die Holzspäne auf der Oberfläche klebengeblieben sind (Tabelle 3 S.73).

Auf allen Ölbeschichtungen blieben die Holzspäne stark haften. Die stärkste Schicht blieb auf dem ungemischten Kokosnussöl haften. Die geringste Menge an Holzspänen blieb auf der traditionellen Kokosnussölmischung kleben. Aber auch auf dieser Beschichtung haften die Holzspäne sehr gut.

Nachdem die Erkenntnisse festgehalten wurden, wurden mit einem Blasebalg die loseren Partikel von der Oberfläche geblasen und die übriggebliebenen Holzpartikel auf der Oberfläche dokumentiert (Tabelle 3 S.73). Nach der Entfernung der weniger stark haftenden Holzspäne kann kein Unterschied der verschiedenen Öle mehr erkannt werden.

¹⁷² Es fanden dieselben Beschichtungen Anwendung wie beim Belastungstest in der Klimakammer.

Tabelle 3 Empirischer Vergleich der Haftung von Holzspänen auf den beschichteten Couponoberflächen.



9. Anhang: Substrate und Versuchssets

9.1. Herstellung der Pamorcoupons

Die Pamorcoupons wurden aus dem Material einer alten Feile und aus einer nickelhaltigen Legierung (1.2767, mit 4% Nickel) gefertigt. Es wurde darauf verzichtet, eine Phase aus nahezu reinem Nickel einzufügen, da dies in der Sammlung des MKB nur selten vorkommt. Die meisten Klingen enthalten jedoch Nickel in geringeren Mengen (Tabelle 1 S.32). Die Klingen sind oft aus Recyclingmaterialien hergestellt. Eine Feile wird explizit als Beispiel angeführt und wurde daher auch für diese Arbeit als nickelarme und kohlenstoffreiche Phase gewählt.¹⁷³ Die XRF Analysen zeigen die vergleichbare Zusammensetzung der Pamorcoupons mit den dreizehn Objekten des MKB.

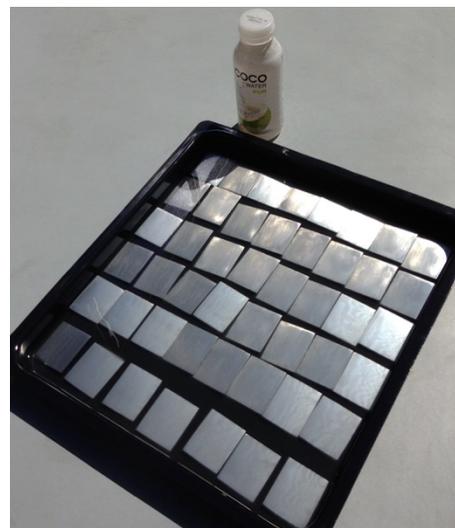


Abbildung 42 Die Pamorcoupons in Kokosnusswasserbad

Das Muster wurde durch die Technik des Eindrückens und Überschleifens erreicht und durch die einseitige, schräge Schlieffläche sichtbar gemacht. Die Coupons sind etwas kürzer als die Stahlcoupons. Dies ist auf die aufwändige Herstellung zurückzuführen. Die Pamorlagen wurden bewusst breiter als auf den Objekten gewählt, um spezifische Phänomene durch die Belastungsprobe besser lokalisieren zu können.

Die Oberfläche der Pamorcoupons wurde geschliffen mit einem feinen Schlieffmatt in Längsrichtung der Coupons (Schleifpapier mit Körnung P240). Die fein geschliffenen Coupons wurden für 3.5h, wie durch die Vorversuche ermittelt, in Kokosnusswasser (COCO Water Pur von Bischofszell) gelegt und halbstündlich mit einer harten Bürste abgebürstet. Danach wurden diese in einem Wasserbad gewaschen, unter fließendem Wasser gespült und sofort durch das Tupfen mit einem Baumwolltuch getrocknet (Abbildung 46 S.75).

Die Ätzung erfolgte mit Limettensaft und Arsensulfid (Auripigment, As_2S_3). Dazu wurden für 48 Coupons 2g Auripigment mit 20ml Limettensaft (Alnatura



Abbildung 43 Das Auripigment von Kremerpigmente, welches für die Ätzungen der Coupons verwendet wurde



Abbildung 44 Limettensaft von Alnatura, verwendet für die traditionelle Ätzung

¹⁷³ Weihrauch, 1996, S.41

Limettensaft) angerührt. Mit einem Pinsel wurden alle Coupons mit der Limettensaft-Auripigment-Mischung bestrichen. Dies wurde dreimal wiederholt, um die Oberflächen aller Coupons mit der Flüssigkeit zu bedecken. Danach wurde das Bad mit Limettensaft aufgefüllt (insgesamt 0.8l), um die Coupons komplett mit Flüssigkeit zu bedecken. Die Coupons verblieben 5 Stunden im Bad, bei regelmässigem Bewegen der Pigmentpartikel auf der Oberfläche der Coupons durch einen Pinsel (ca. alle 30 min.). Das regelmässige Bewegen soll die Fleckenbildung minimieren.

Die traditionelle Ätzung hat eine zusätzliche Schwärzung der Stahllage erzeugt. Auch die nickelhaltige Lage hat teilweise eine dunkle Farbe angenommen (Abbildung 47 S.75).



Abbildung 45 Pamorcoupon geschliffen

Abbildung 46 Pamorcoupons nach Bad in Kokosnusswasser

Abbildung 47 Pamorcoupon nach traditioneller Ätzung mit Limettensaft und Auripigment

Legierungen ebenfalls Anwendung finden können. Dies kann von zusätzlichem Interesse sein, da in denselben Sammlungen meist weitere indonesische Waffen vorhanden sind, welche nicht aus Pamorstahl gefertigt wurden. In diesem Fall können die Resultate auf den unterschiedlichen Substraten helfen, sich für oder gegen einheitliche Massnahmen auf den Objekten gleicher Herkunft zu entscheiden. Durch die Korrosionsanfälligkeit dieser Legierung werden vermutlich früher Anzeichen von Korrosionserscheinungen auftreten, was bei einem eher kurzen Belastungstest von Vorteil sein kann. Die modernen Beschichtungen wurden bereits ausführlich in vorhergehenden Studien getestet. Die Verwendung des gleichen Substrats, ermöglicht den Vergleich zwischen den Studienergebnissen.

9.3. Vorkorrodierte Stahlcoupons

Die vorkorrodierten Coupons sind homogene Stahlcoupons, welche durch zwei Wochen zyklische Temperatur (ca. 20°C / 50-100°C) und Feuchtigkeit (ca. 40% RH/ 100% RH), sowie auch Spritzwasser auf den Oberflächen vorkorrodiert wurden, ohne Zusätze von Salzen. Die korrodierte Oberfläche wurde trocken mit einer harten Bürste abgebürstet, um die losen Korrosionsprodukte zu entfernen. Danach wurde die Oberfläche mit einem Wattebausch und Ethanol von den restlichen losen Partikeln gereinigt, bevor diese wie die andern Coupons in die Reihe integriert wurden, wie dies auch vom PROMET Team als Methode gewählt wurde (Degrigny, 2008).

Dieses Substrat soll zusätzlich aufzeigen, ob die Beschichtungen auch auf einer Oberfläche mit bereits vorhandenen Korrosionsprodukten eine zufriedenstellende Schutzwirkung aufweist, da die Kerise nicht komplett von Korrosionsprodukten befreit werden, bevor eine Schutzbeschichtung aufgetragen wird.

9.4. Versuchssets und des Versuchsaufbaus

Bei den meisten Substraten¹⁷⁶ wurden drei gleiche Coupons der Belastungsprobe ausgesetzt, da dies dem Standard entspricht für die Rostgradbewertung nach DIN Norm (DIN EN ISO 6270-2 AHT). Es sind Testreihen bekannt, bei welchen jeweils 2 Coupons verwendet und zusätzlich unterschiedliche Schichtdicken der Beschichtung getestet wurden.¹⁷⁷

Ein Coupon von allen Tests wird nicht den Belastungstest in der Klimakammer ausgesetzt, sondern nach der Trocknungszeit in einem geschlossenen Behälter mit tiefer relativer Feuchte und bei Umgebungstemperatur aufbewahrt. Die tiefe relative Feuchte wurde durch die Beigabe von Silicagel erreicht. Diese Coupons bildet die Kontrollgruppe (X) zu den Coupons, welche den Bedingungen in der Klimakammer ausgesetzt werden. Die drei Coupons für die Testreihe, sowie ein Coupon für die Kontrollgruppe entsprechen dem Vorgehen in mehreren publizierten Testreihen.¹⁷⁸

¹⁷⁶ Bei den vorkorrodierten Coupons handelt es sich um zusätzliche Tests, welche während des Lock downs der Pandemie. Jedoch standen nur begrenzte Materialmengen zu Verfügung. Dies führte dazu, dass nur 2 Coupons pro Versuchsset angefügt werden konnten.

¹⁷⁷ Brüggerhoff, 2001

¹⁷⁸ Crawford, 2008, S.148 / Brüggerhof, 2001, S.17-19

Die Bezeichnungen der restlichen Coupons erfolgten folgendermassen. Jedes Versuchsset hat den Zweck, jeweils den Einfluss auf die Alterung eines variierenden Parameters, wie ein Beschichtungsmaterial (2. bis 7.) oder herstellungsbedingte Unterschiede (8. und 9.), zu testen und erhielt daher eine gemeinsame Nummer. Die identisch präparierten Coupons wurden mit I, II, III und X bezeichnet. Für das jeweilige Substrat wurden P für die Pamorcoupons angefügt, S für die homogenen Stahlcoupons und K für die vorkorrodierten Stahlcoupons. Diese Bezeichnungen ermöglichen das schnelle Identifizieren und Zuordnen der Coupons während des Arbeitens, sowie beim Auswerten der Endresultate (Abbildung 49 S.79).

10. Anhang: Der Belastungstest

Eine praktische Testreihe wurde als sinnvoll erachtet, da keine praktischen Testreihen bekannt sind, welche sich mit modernen und traditionellen Beschichtungen auf Pamorklingen auseinandersetzen. Diese Versuchsreihe soll einen direkten Vergleich von modernen Beschichtungen, welche potentiell für solche Objekte eingesetzt werden können, und traditionellen, für diese Objekte verwendeten Beschichtungen liefern. Dies soll die Grundlage für die Wahl einer zukünftigen Beschichtung in traditionellem oder musealem Umfeld ergeben. Zusätzlich kann es helfen, die unterschiedlichen Zustände der Klingen der Sammlung besser zu verstehen.

10.1. Die Coupons in der Klimakammer

Die Coupons der Versuchssets 1 – 9 wurden auf zwei Ebenen in der Klimakammer angeordnet (Abbildung 49 S.79). Diese wurden als Gruppe zusammen in die Kammern gelegt, um bei den Kontrollen auf einen Blick Veränderungen des gesamten Sets erkennen zu können. Die Coupons wurden in einem leichten Winkel auf einer Erhöhung (dunkelgrau) platziert, wie dies in den meisten vergleichbaren Studien erfolgte.¹⁷⁹ Dies soll zusätzlich verhindern, dass Wassertropfen auf der Oberfläche stehen bleiben, falls sich trotz der RH unter 100% Tropfen bilden. Ein weiterer Grund für die geeignete Positionierung sind die zu testenden Öle. Ein Kerisklinge besteht nicht aus einer geraden Fläche. Es soll getestet werden, ob die Öle auf den Coupons fließen und die Schutzwirkung davon beeinträchtigt wird.

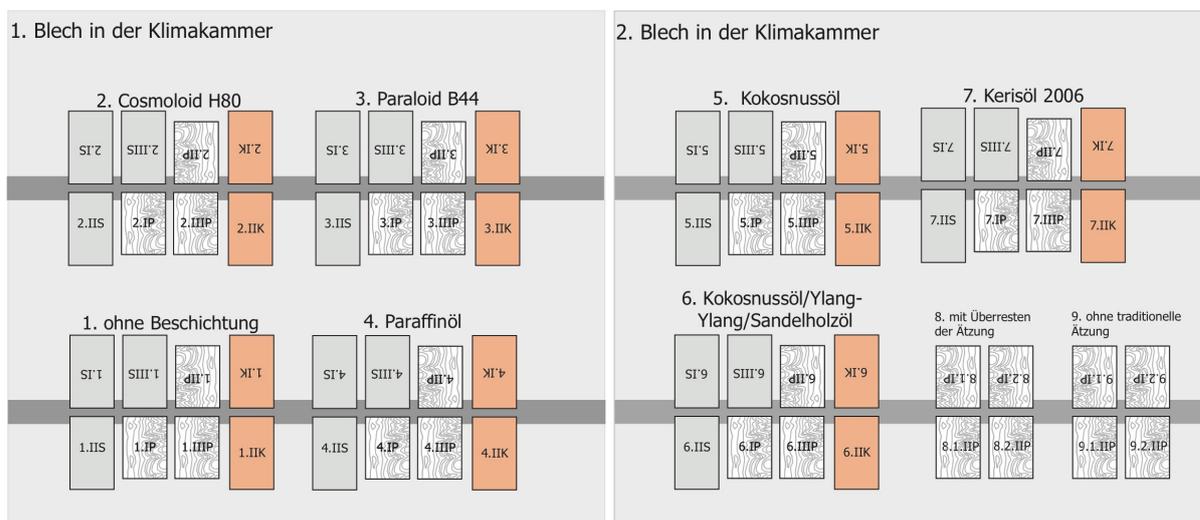


Abbildung 49 Visualisierung der Anordnung der Coupons in der Klimakammer

Alle Substratvarianten wurden zusätzlich auf beiden Seiten der Erhöhung angeordnet, um eventuelle Phänomene, welche durch die Blasrichtung des Ventilators beeinflusst sind, erkennen zu können (Abbildung 50 S.80).

¹⁷⁹ Siatou et al, 2007, S.4

10.2. Der Belastungstests in der Klimakammer

Der Belastungstest wurde während 6 Wochen in einer Klimakammer durchgeführt, welche selbständig zwischen den unterschiedlichen Phasen des Belastungszyklus wechseln kann (Abbildung 50 S.80). Es erfolgen zwei Phasen, eine kühle und trockene (40% RH und 18°C) gefolgt auf eine warme feuchte Phase (90% RH und 34°C) (Abbildung 51 S.81). Die Übergangszeit zwischen den beiden Phasen beträgt eine halbe Stunde. Die Parameter für den Belastungstest wurden bereits ausgeführten Testreihen angepasst, jedoch konnten die Parameter nicht komplett übernommen werden, um der Fragestellung entsprechend die traditionellen und die modernen Beschichtungsmaterialien in derer Schutzwirkung in Innenräumen zu vergleichen.

Die folgenden Studien wurden betrachtet, um die passenden Parameter für die Belastungsprobe der vorliegenden Arbeit zu ermitteln.

Das internationale Projekt von PROMET testete unterschiedliche Substrate und Beschichtungsmaterialien durch 28 Tage und zwei Zyklen pro Tag mit 16h bei 90%RH und 35°C und 8h bei Raumtemperatur 20-25° und 50-60% RH.¹⁸⁰ Die Aufteilung von 16h und 8h wurde aus praktischen Gründen gewählt, da nicht alle Institutionen welche an der Studie teilnahmen eine Klimakammer zur Verfügung



Abbildung 50 Die Klimakammer (Vötsch Typ VC 0020) an der HKB mit den Coupons gruppiert und in einem Winkel auf den beiden Blechen angeordnet, vor dem Belastungstest

hatten, welche zwischen den beiden Zyklen selbständig wechseln kann. Auch die Norm DIN 50017 mit den beiden Zyklen von 16h bei 40°C und 100% RH und 18°C bis 22°C bei ca. 40% RH ist an den Zyklus eines Arbeitstages angelegt.¹⁸¹ Da für diese Arbeit eine Klimakammer mit dieser Möglichkeit zur Verfügung stand, mussten die Zyklen nicht auf einen Arbeitstag angepasst werden.

Von Wolfram et al. werden zyklische Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie SO₂ für die künstliche Alterung beschrieben von 77 und 68 Tagen mit SO₂. Es wurden Tests in drei unterschiedlichen Konditionen erstellt. Die Simulation von saurem Regen mit SO₂ entspricht keinem Test, welcher für die Beschichtungen der Kerise in Frage kommt, da sich diese immer in Innenräumen befinden. Es wurde für 8h bei 40°C und 100% RH und 16% bei 20°C und 35%RH getestet (DIN 50017: 1982) oder 8h bei 40°C und 95% RH und 16% bei 20°C und 35%RH. Eine ebenfalls beschichtete Referenzprobe wurde jeweils zum Vergleich bei Raumtemperatur und 30% RH aufbewahrt.¹⁸²

¹⁸⁰ Degrigny, 2008, S.194

¹⁸¹ Hollner, 2010, S.161

¹⁸² Wolfram et al., 2010, S.172

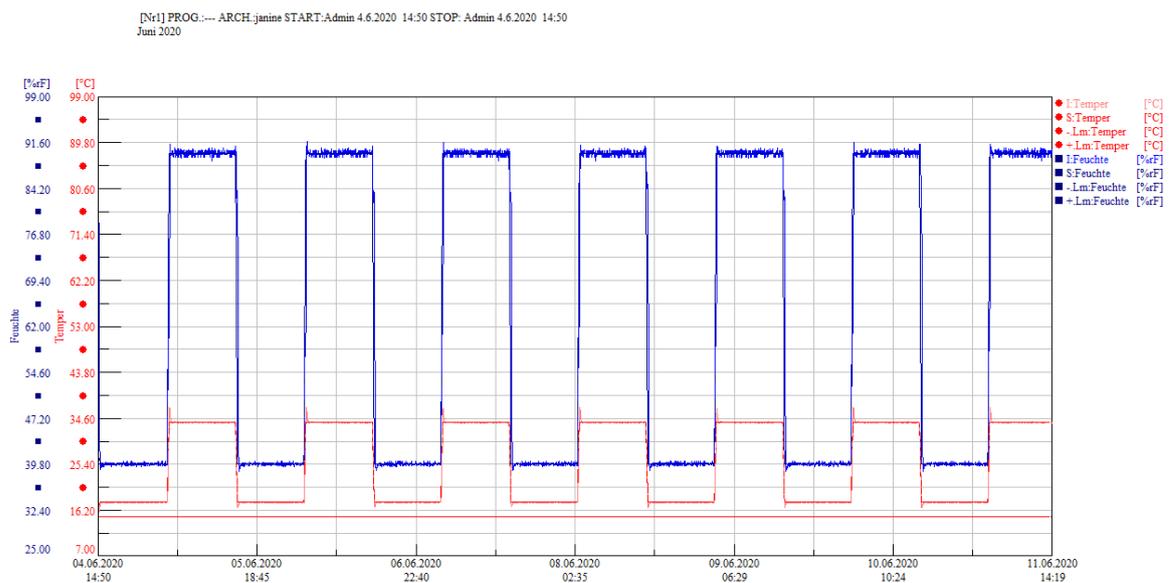


Abbildung 51 Aufzeichnungen der Klimadaten in der Klimakammer Vötsch Typ VC 0020 im Verlauf einer Woche (blau=Relative Feuchte in %, rot=Temperatur in Grad Celsius)

Von Brüggerhoff wird eine Versuchszeit von 14 Tage bis vier Wochen für die Tests in einer Klimakammer gewählt, unter einem Kondenswasserkonstantklima bei 40°C sowie weitere Tests mit einer Schadgaszufuhr von SO₂. Dies sind keineswegs Bedingungen, welche für die Versuche der Beschichtungen der Kerisklingen verwendet werden können, da die Tests von Brüggerhoff für die Bedingungen industrieller Objekte im Aussenraum ausgelegt sind.¹⁸³

Viele Korrosionsschutztestreihen beinhalten das Beifügen von Chloriden. Da es sich bei den Lagerbedingungen um klimatisierte Innenräume in Basel handelt, sind keine Chloride zu erwarten, daher wurde dies für diese Testreihe ausgeschlossen. Da Schadstoffe der Umgebung nicht als eine primäre Schadensquelle erkannt werden konnten, wurden für die Testreihen keine Schadgase wie Schwefeldioxid (SO₂) hinzugefügt, wie dies in einigen Publikationen erfolgte.¹⁸⁴ Die relative Feuchte wurde als der bedeutendste äussere Einfluss auf die Klingen und das Potential von Korrosionsbildung erkannt. Im musealen Umfeld ist kein Kondenswasser zu erwarten. Daher wurde für die Testreihen eine hohe Luftfeuchtigkeit, jedoch keine 100% relative Feuchtigkeit gewählt. Nach der Betrachtung der Klimadaten der aktuellen und zukünftigen Depoträumlichkeiten konnten die Tiefstwerte der Temperatur von 13°C festgestellt werden und Tiefstwerte der relativen Feuchte von 24%, sowie Höchstwerte von gut 25°C und 68% relativer Feuchte. Das Klima auf der Insel Java liegt über das ganze Jahr gesehen im Bereich von ca. 34°C tagsüber, mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von meist über 80%. Die Durchschnittstemperatur in Java wurde als Temperaturhöchstwert gewählt, da auch die Schutzwirkung

¹⁸³ Brüggerhoff, 2001, S.10

¹⁸⁴ Wolfram, 2010, S.196

der Beschichtungen im früheren Umfeld betrachtet werden soll. Zusätzlich kann angenommen werden, dass die erkannte Temperaturzunahme in den letzten Jahren durch den Klimawandel fortschreiten wird. Die Klimakammer, welche zur Anwendung kam, ist eine Klimakammer von *Vötsch Typ VC 0020*, welche von der HKB zur Verfügung gestellt wurde. Die Temperatur kann max. zwischen +10°C und +90°C variieren. Die Kammer mit dem Baujahr 1996 hat gewisse Grenzen der möglichen Absenkung der Temperaturen bei tiefer relativer Feuchte, daher ist bei der tiefst möglichen relativen Luftfeuchte von 40% RH keine Temperatur unter 18°C erreichbar. Vorgesehen waren 4 Wochen Belastungstest in der Klimakammer mit der Möglichkeit einer Verlängerung um 2 Wochen, falls keine genügend eindeutigen Ergebnisse festzustellen sind. Die 4 Wochen wurden gewählt, da dies von Korrosionsexperte Dr. Markus Faller der EMPA für Korrosionsgradbestimmung verwendet wird, auch wenn bei anderen Arbeiten viel längere Tests durchgeführt wurden, bis zu z.B. 2 Monate und 4 Wochen.¹⁸⁵

Nach 4 Wochen wurde entschieden, den Belastungstest um 2 Wochen zu verlängern, da nicht auf allen Coupons deutliche Ergebnisse zu erkennen waren. Durch die zusätzlichen Wochen können die Unterschiede zwischen den Versuchssets klarer erkannt werden. Ein längerer Belastungstest als 6 Wochen konnte aufgrund der begrenzten Zeit für diese Arbeit, sowie auch dem Zugang zu einer Klimakammer nicht in Betracht gezogen werden.

10.3. Monitoring

Regelmässige Zwischenkontrollen wurden ausgeführt, um allfällige technische Probleme schnell zu erkennen. Die Veränderungen der Coupons wurden ausführlich in Bild und Schrift dokumentiert, sowie in Illustrationen dargestellt (Abbildung 56 S.84). Diese Information wurde für die Auswertung, Interpretation und dem Verständnis des zeitlichen Ablaufs des Korrosionsverhaltens verwendet. Nachfolgend befindet sich eine Zusammenfassung dieser Beobachtungen.

10.4. Zusammenfassung der Monitoringergebnisse

Erste Veränderungen konnten bereits nach **7 Tagen** (gelb¹⁸⁶) festgestellt werden. Vereinzelt waren Korrosionspunkte vorhanden. Die meisten Korrosionserscheinungen waren auf dem Versuchsset ohne Beschichtung zu erkennen. Am stärksten verändert hatte sich Versuchsset 8. Die Reste der traditionellen Ätzung hatten eine stark gelbe Farbe und ein fleckiges Aussehen angenommen (Abbildung 52 und Abbildung 53 S.83). Diese wurde während der gesamten Belastungsprobe noch etwas dunkler, veränderte sich jedoch kaum. Während der kalten Phase (18° C) entstanden weisse Kreise auf den Coupons mit kokosnussölbasierten Beschichtungen (Abbildung 54 und Abbildung 55 S.83). Dabei handelt es sich um ein Erhärten des Kokosnussöls, welches sich in einer Kreisform ansammelt.

¹⁸⁵ Crawford, 2008, S.166

¹⁸⁶ Abbildung 56 S.84 zeigt die Veränderungen nach 7 Tagen in gelber Farbe.

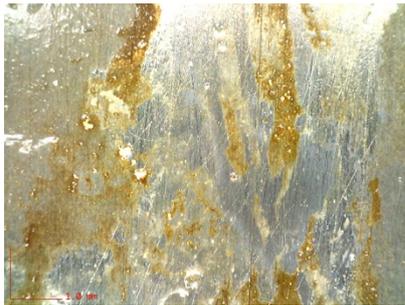


Abbildung 52 Coupons 8.2IIP mit Resten der traditionellen Ätzung und Kokosnussöl auf der Oberfläche, nach 7 Tagen der Belastungsprobe, 50x

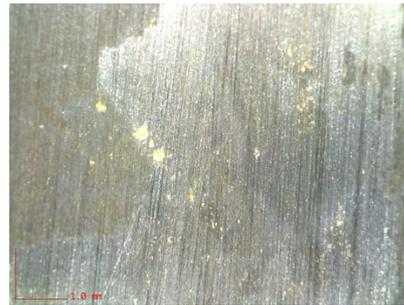


Abbildung 53 Coupons 8.2IIP mit Resten der traditionellen Ätzung und Kokosnussöl auf der Oberfläche, vor der Belastungsprobe 50x

Nach **12 Tagen** (rot) zeigten die nicht korrodierte Coupons bereits alle Korrosionserscheinungen. Bei den wachsbeschichteten Coupons konnten deutliche Korrosionserscheinungen auf den vorkorrodierten Coupons erkannt werden. Die Stahlcoupons mit modernen Beschichtungen wiesen alle drei erste Korrosionserscheinungen auf.



Abbildung 54 Coupon 5.IP während der kalten Phase (18° C) 50x



Abbildung 55 Coupon 5.IP während der warmen Phase (34° C) 50x

Auch nach **21 Tagen** (violett) waren auf den traditionell beschichteten Coupons geringe Korrosionserscheinungen zu erkennen. Kleine Korrosionsflecken konnten auf der Oberfläche der traditionellen Mischung, im Zusammenhang mit Verschmutzungen erkannt werden. Die vorkorrodierten Coupons mit Kerisöl 2006 zeigten ebenfalls erneute Korrosionserscheinungen. Die Pamorcoupons ohne traditionelle Beschichtung wiesen ebenfalls nach 21. Tagen erste Korrosionserscheinungen auf.

Nach **28 Tagen** (grün) konnten auf mehreren Coupons mit synthetischen Ölbeschichtungen keine Beschichtung mehr erkannt werden. Diese tendierten daraufhin zu einer verstärkten Korrosion, im Vergleich mit denselben Coupons mit sichtbarer Beschichtung. Der Stahlcoupon 3.IS zeigte nach 28 Tagen eine deutliche filiforme Korrosionserscheinung, welche vom Rand auf die Couponfläche verläuft.

Nach **34 Tagen** (blau) konnten auch auf den bis anhin kaum korrodierten Coupons mit Kokosnussöl mehrere Korrosionspunkte festgestellt werden. Ein zusätzliches Phänomen eines weissen Schleiers entstand auf einem Pamorcoupon des Versuchssets 9. Dies zeigte sich als weisser Fleck, welcher auch während der warmen Phase vorhanden ist. Die Beobachtungen während der Belastungsprobe sind in der nebenstehenden Abbildung 56 zusammengefasst. Die Indikation von Korrosionserscheinungen beziehen sich nicht auf die Quantität. Sehr kleine Korrosionserscheinungen konnten bei einer Betrachtung ohne Mikroskop nicht festgestellt werden und wurden daher nicht vermerkt.

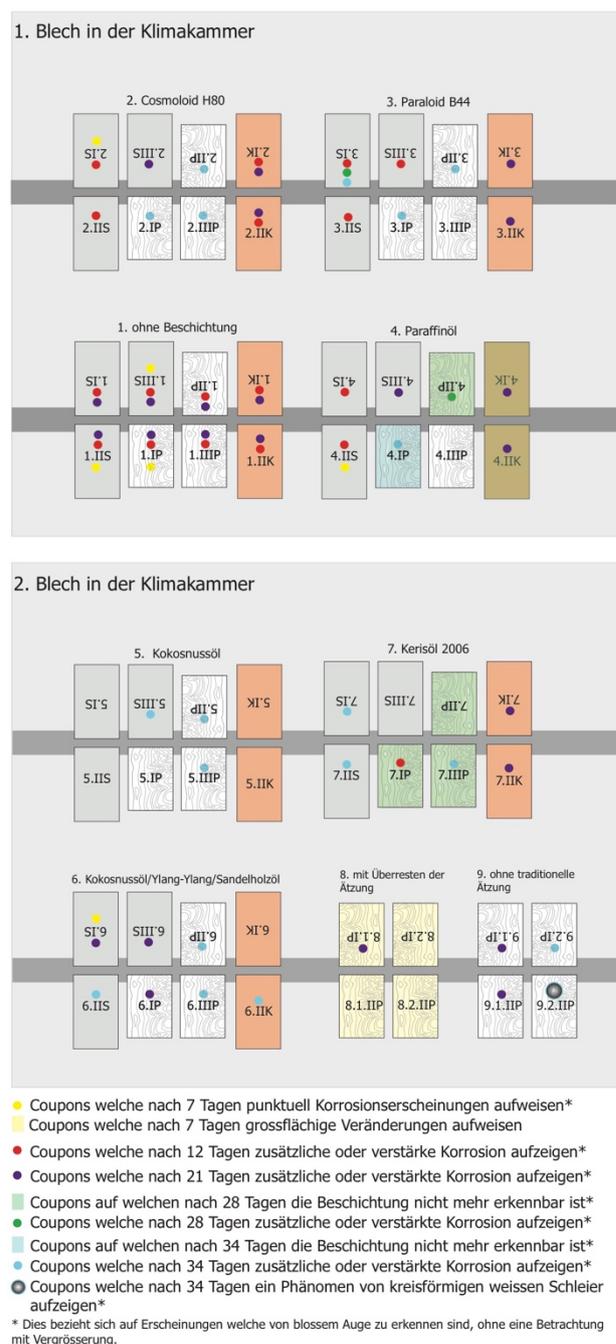


Abbildung 56 Visualisierung der Coupons mit festgestellten Veränderungen nach 7 Tagen (gelb), den Veränderungen nach 12 Tagen (rot), den Veränderungen nach 21 Tagen (violett), den Veränderungen nach 28 Tagen (grün) und den Veränderungen nach 34 Tagen (hellblau)

11. Anhang: Auswertungsmethoden und Dokumentationsmethoden der Coupons in Bezug auf den Belastungstest

11.1. Makroskopische und Mikroskopische Photodokumentation

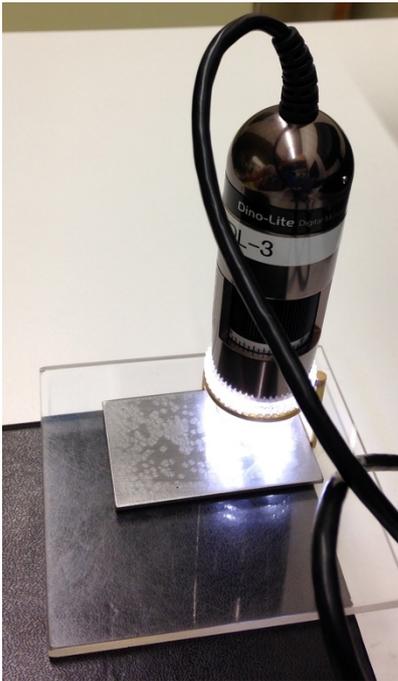


Abbildung 57 Dinolite Vorrichtung für die präzise Dokumentation der immer gleichen Stelle



Abbildung 58 Dokumentationsphotografie der Coupons mit Farbkarte für die normierte Farbgebung

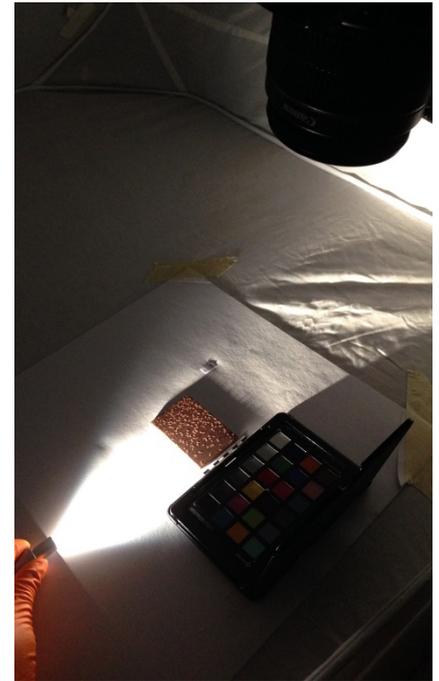


Abbildung 59 Dokumentationsphotografie in Streiflicht

Die photographische Dokumentation erfolgt in reproduzierbaren Bedingungen vor, teilweise während und nach der Belastungsprobe. So entstehen vergleichbare Abbildungen der Coupons vor und nach der Belastungsprobe. Diese Bilder werden in einem Lichtzelt, mit zwei Scheinwerfer auf definierter Höhe und mit gleichem Abstand aufgenommen. Die Coupons werden mit immer gleichem Abstand und in Winkel mit den gleichen Kameraeinstellungen fotografiert (Abbildung 58 S.85). In den gleichen Bedingungen wurden mit einer anderen Lichtquelle die Streiflichtphotos gemacht (Abbildung 59 S.85). Der Winkel dient dazu keine Reflexionen der Kamera auf den Coupons zu erzeugen. Dieser kann mittels Photoshop wieder ausgeglichen werden. Die Bilder werden in RAW Format aufgenommen und durch die Farbkarte erfolgt eine Normierung der Farben.

Um Veränderungen in kleinerem Massstab zu erkennen und zu dokumentieren, werden zusätzlich Dinolite-Aufnahmen gemacht (Abbildung 57 S.85). Zu Monitoringzwecken wurde eine Vorrichtung

erstellt, welche Aufnahmen der immer gleichen Bereiche der Coupons ermöglicht, ohne die Oberflächen zu berühren. Spezifische Phänomene wurden zusätzlich mit Mikroskopaufnahmen untersucht und festgehalten.

Zu den Aufnahmen in visuellem Licht wurden zusätzlich UVF Aufnahmen der Coupons vor und nach der Belastungsprobe erstellt.

11.2. Beurteilung der Korrosionserscheinungen und der Veränderungen der Beschichtungen

Kolorimetrische Messungen, Glanzmessungen, sowie Schichtdickenmessungen können nur mit Kontakt auf den Oberflächen durchgeführt werden. Die meisten der Beschichtungen haben eine empfindliche Oberfläche, dies machte solche Messungen unmöglich. Veränderung in Bezug auf die Farbe wurden durch die farblich genormten Photographien verglichen. Auch Veränderungen des Glanzes konnten auf diese Weise betrachtet werden.

Korrosionserscheinungen wurden in Bezug auf die Menge der Korrosions-Herde, die Korrosionsmorphologie und den Rostgrad beurteilt. Die Rostgradbewertung erfolgt von 0 bis 5 nach der DIN EN ISO 6270-2 AHT Norm. Das Zählen der Korrosions-Herde erfolgte mit Hilfe eines Binokulars und wurde auf den Abbildungen der Coupons notiert. Für den Vergleich der Coupons wurden nur Korrosionserscheinungen im Innern der Coupons verwendet. Die Randphänomene wurden einzeln beschrieben (Kapitel 13.1 S.90).

Durch den Grössenunterschied der Pamorcoupons und der Stahlcoupons sind auf den Stahlcoupons 15 solcher Felder und auf den Pamorcoupons lediglich 12 vorhanden. Der Korrosionsgrad wird primär über den Prozentsatz der korrodierten Oberfläche bestimmt. Daher stellt dies kein Problem dar. Eine Ausnahme bildet der Übergang des 1. in den 2. Grad. Es handelt sich um einen geringen Unterschied, eine akkurate Anpassung dieser Norm kann nicht erfolgen und wird daher nicht für angemessen erachtet. Für die grafische Darstellung und somit den Vergleich aller Coupons wurde der Menge der Korrosions-Herde der Stahlcoupon und der vorkorrodierten Coupons 20% abgezogen. Es wurde entschieden, die grösseren Flächen um 20% zu reduzieren, da das Erhöhen um 20% der Pamorcoupons willkürlich wäre. Es kann nicht vorhergesagt werden, ob eine lineare Steigerung der Korrosions-Herde auf einer grösseren Fläche stattgefunden hätte. Durch das Einbeziehen dieser Faktoren kann ein direkter Vergleich des Korrosionsverhaltens der Coupons stattfinden.

11.3. REM EDX

Die rasterelektronenmikroskopische energiedispersive Röntgenspektroskopie kann quantitative und qualitative Messungen durchführen. Es handelt sich um eine Röntgenmikroanalyse, welche lokal die Zusammensetzung eines Materials analysieren kann, welche vergleichbar mit der XRF Analyse die Wechselwirkung der Primärelektronen des Elektronenstrahls und der Probenoberfläche zur Anregung

einer Röntgenstrahlung nutzt. Durch die charakteristischen Röntgenstrahlen, welches jedes Element aussendet, wenn es angeregt wird, können die Elemente ermittelt werden.¹⁸⁷

Die Analysemethode wurde für eine Analyse auf Coupon 1.IP verwendet, zur Ermittlung der Zusammensetzung der fadenförmigen Korrosionserscheinung auf den Pamorcoupons (15.Anhang, S.94).

¹⁸⁷ Zusätzliche Informationen: Freiherr von Richthofen 2020

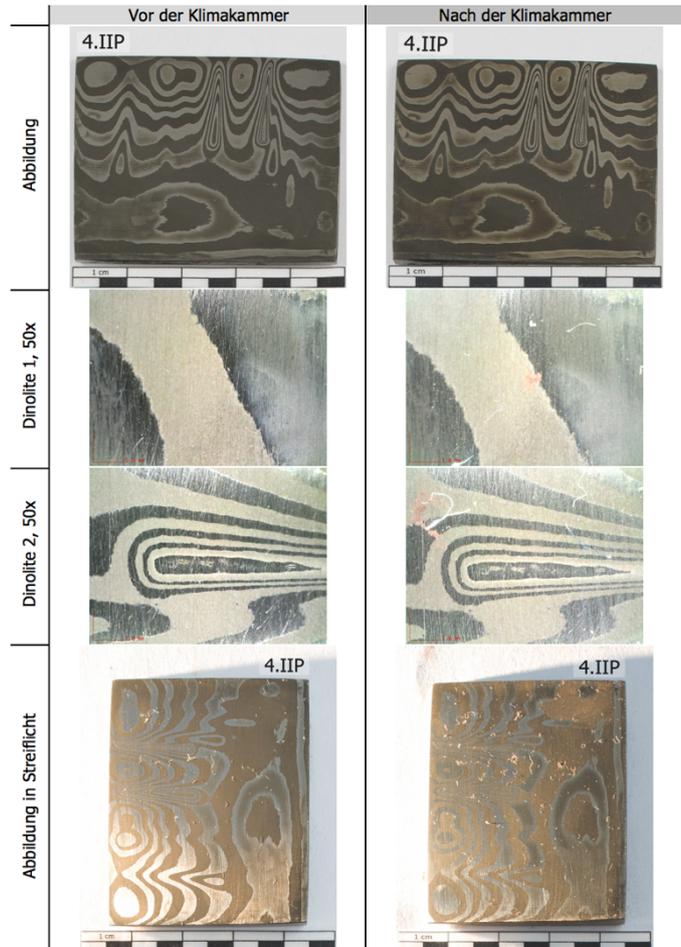
12. Anhang: Allgemeine Photodokumentation der Coupons vor und nach der Belastungsprobe

Im **digitalen Anhang**¹⁸⁸ ist von jedem Coupon eine Photodokumentation mit den folgenden Abbildungen vorhanden:

Die beiden ersten Abbildungen sind **farbnormierte Photographien** des Coupons vor und nach der Belastungsprobe.

Jeweils in zwei Bereichen sind von jedem Coupon eine Nahaufnahme mit 50x Vergrößerung vorhanden. Diese Aufnahme wurde mit einem **Dinolite** vor und nach der Belastungsprobe aufgenommen.

Ebenfalls farblich normiert ist eine **Streiflichtaufnahme** vor und nach der Belastungsprobe angefügt.



¹⁸⁸ 20.Anhang: Liste der digitalen Anhänge, S.105

13. Anhang: Dokumentation des Korrosionsverhaltens

Um den Korrosionsgrad zu bestimmen und die Korrosions-Herde zu zählen, wurde die Oberfläche von jedem Coupon in 1cm² grosse Felder eingeteilt. Die Randbereiche wurden dabei nicht mit einbezogen. Diese werden nachfolgend einzeln beurteilt. Im **digitalen Anhang**¹⁸⁹ ist von jedem Versuchsset eine Photodokumentation mit den markierten Korrosions-Herden und dem entsprechenden Korrosionsgrad vorhanden:

Abbildung der **Pamorcoupons** in Streiflicht mit den markierten Korrosions-Herden.

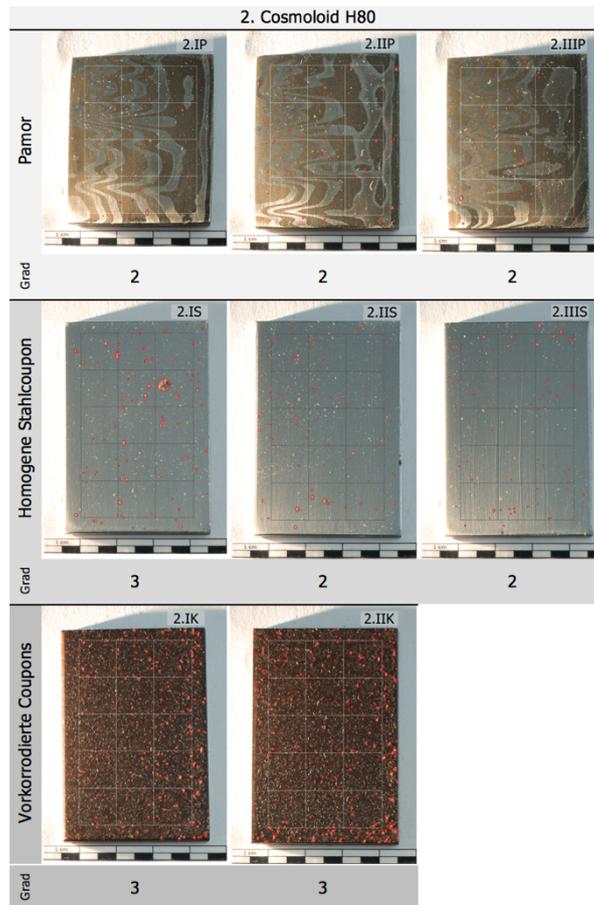


Abbildung der **homogenen Stahlcoupons** in Streiflicht mit den markierten Korrosions-Herden.

Abbildung der **vorkorrodierten Stahlcoupons** in Streiflicht mit den markierten Korrosions-Herden.

Grad: Unter jedem Coupon ist die Angabe des entsprechenden Korrosionsgrad nach DIN-Norm (DIN EN ISO 6270-2 AH) vorhanden.

¹⁸⁹ 20.Anhang: Liste der digitalen Anhänge, S.105

13.1. Beschreibung der Randeffekte

Viele Coupons zeigten verstärkte Korrosionserscheinungen am Rande der Coupons. Ein von Anfang an ungleichmässiger Auftrag der Beschichtung in den Randbereichen kann ein Grund dafür sein.

Obwohl die Coupons immer mit Handschuhen gehandhabt wurden, kann die Berührung einen Einfluss auf die Beschichtungen der Ränder gehabt haben, durch Verschmutzungen oder das Entfernen der flüssigen Beschichtung.

Von den nicht beschichteten Bereichen, in welchen die Korrosion stärker voranschreitet, kann die Korrosion an den Rändern unter die Beschichtung gelangt. Dies kann an der filiformen Korrosion von Coupon 3.IS deutlich erkannt werden.

Die vorkorrodieren Coupons zeigen verstärkte Korrosionsphänomene im Randbereich (Abbildung 60 S.90). Diese können ebenfalls auf den Auftrag der Beschichtung zurückzuführen sein. Zusätzlich scheinen die vermehrt einseitig

stärkeren Korrosionserscheinungen darauf hinzuweisen, dass bereits die Couponoberflächen unterschiedliche Voraussetzungen für die Korrosion ergeben. Dies könnte auf eine ungleichmässige Korrosion während des Vorkorrosionsprozesses zurückzuführen sein. Da diese Einseitigkeit lediglich bei den vorkorrodieren Coupons zu erkennen ist, kann eine Ungleichmässigkeit bereits im Grundmaterial eher ausgeschlossen werden.

Die Pamorcoupons weisen nur geringfügig verstärkte Randphänomene auf. Auch bei Schweißfehlern im Randbereich kann keine verstärkte Korrosion festgestellt werden.



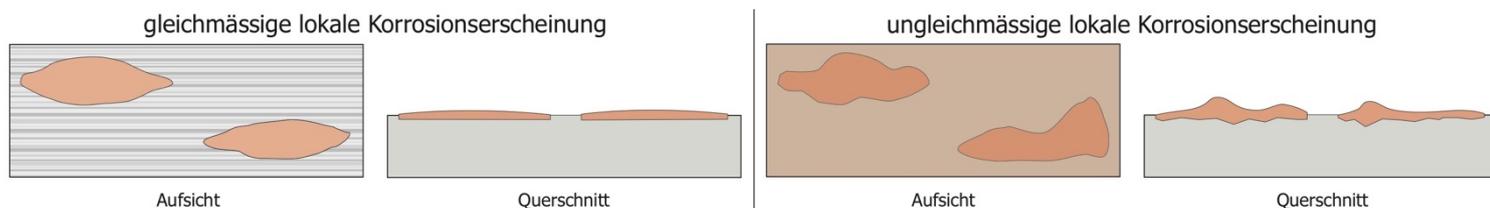
Abbildung 60 vorkorrodierter Coupon 7.IIK mit verstärkten Korrosionserscheinungen im rechten Randbereich, Streiflichtaufnahme

14. Anhang: Korrosionsmorphologie

14.1. Gleichmässige und ungleichmässige lokale Korrosionserscheinung

Die lokale gleichmässige Korrosionserscheinung weist eine regelmässige Verteilung feiner Korrosionserscheinungen auf, mit vergleichsweise geringer und regelmässiger Volumenzunahme.

Die ungleichmässige Korrosionserscheinung ist durch die starken Volumenunterschiede innerhalb einer lokalen Korrosion zu erkennen (Grafik 16 S.91). In der Literatur wird ein unregelmässiger Angriff der Oberfläche durch diese Korrosionserscheinung beschrieben.¹⁹⁰



Grafik 16 Illustration der gleichmässigen und ungleichmässigen lokalen Korrosion, angelehnt an die Darstellungen von Shreir 2000 S.156

14.2. Flächige gleichmässige und ungleichmässige Korrosionserscheinung

Diese Korrosionserscheinungen sind vergleichbar mit lokalen gleichmässigen und ungleichmässigen Korrosionserscheinungen. Der Unterschied besteht in der Verteilung auf der Objekt Oberfläche. Die flächigen Korrosionserscheinungen sind in vergleichbarem Ausmass auf der gesamten Oberfläche entstanden.¹⁹¹

14.3. Filiforme Korrosion

Filiforme Korrosion wird in den meisten Fällen mit der Präsenz einer Lackbeschichtung in Verbindung gebracht. Diese wird filiforme Korrosion genannt, da sie sich wie ein Faden fortbewegt, einer Spitze oder einem Kopf folgend (Abbildung 61 S.91).¹⁹²

Meist wird die Präsenz von Chloriden in der Spitze beschrieben. Nicht nur Metalle mit organischen Beschichtungen, sondern auch mit Metallüberzügen können filiforme Korrosion aufweisen.¹⁹³ Filiforme Korrosion beginnt immer in einem Bereich eines Defekts im



Abbildung 61 Coupons 3.IS mit filiformer Korrosionserscheinung vom Couponrand. 50x Vergrößerung

¹⁹⁰ Shreir, 2000, S.156

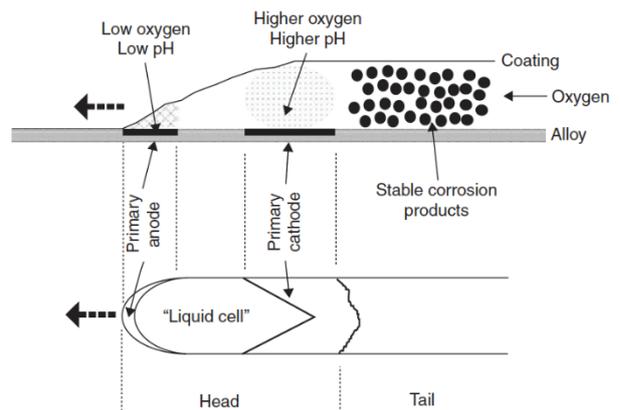
¹⁹¹ Roberge, 2008, S.151

¹⁹² Shreir, 2000, S.115

¹⁹³ Roberge, 2008, S.171-174

Beschichtungssystem. An der Spitze der filiformen Korrosion befindet sich die aktive Korrosion. Vom hinteren Bereich wird Feuchtigkeit und Sauerstoff für den Korrosionsprozess nachgezogen. An der Spitze ist am wenigsten Sauerstoff vorhanden wodurch ein korrosionsfördernder geringer pH-Wert entsteht (Grafik 17 S.92).¹⁹⁴

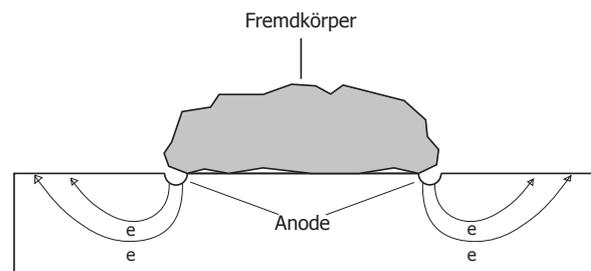
Es sind auch filiforme Korrosionserscheinungen bekannt, welche nicht mit einer Beschichtung in Verbindung gebracht werden können. Dies konnte auf Aluminiumobjekten festgestellt werden. Bei Aluminiumlegierungen wird diese Korrosion auf die Präsenz von dünnen Oxidschichten zurückgeführt, welche vergleichbar mit einer Beschichtung agieren. Die Präsenz von Chloriden wird für die Formung dieser Korrosion genannt.¹⁹⁵ Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Testreihen beinhalteten keine Zuführung von Chloriden, daher ist die Präsenz von grösseren Mengen nicht zu erwarten. Es sind keine Quellen vorhanden, welche sich vertieft mit filiformer Korrosion auf nicht beschichteten Objekten befassen.



Grafik 17 Darstellung der des Korrosionsprozesse von Filiformkorrosion ©Roberge 2008 S.171-174

14.4. Korrosion durch Partikel auf der Oberfläche

Hygroskopische Partikel, welche sich auf der Metalloberfläche befinden, können durch Absorption von Wasser aus der Atmosphäre Feuchte auf das Metall bringen oder durch zusätzliche elektrochemische Reaktionen Korrosion fördern (Grafik 18 S.92).¹⁹⁶ Verschmutzungen auf der Oberfläche können Auslöser für Korrosionsprozesse sein. Es können unterschiedliche Korrosionsmorphologien aus der Präsenz von Verschmutzungen resultieren.



Korrosionserscheinung durch Fremdkörperpartikel

Grafik 18 Darstellung von Korrosionserscheinungen durch einen Fremdkörperpartikel auf der Oberfläche, nach Shreir 2000 S. 155

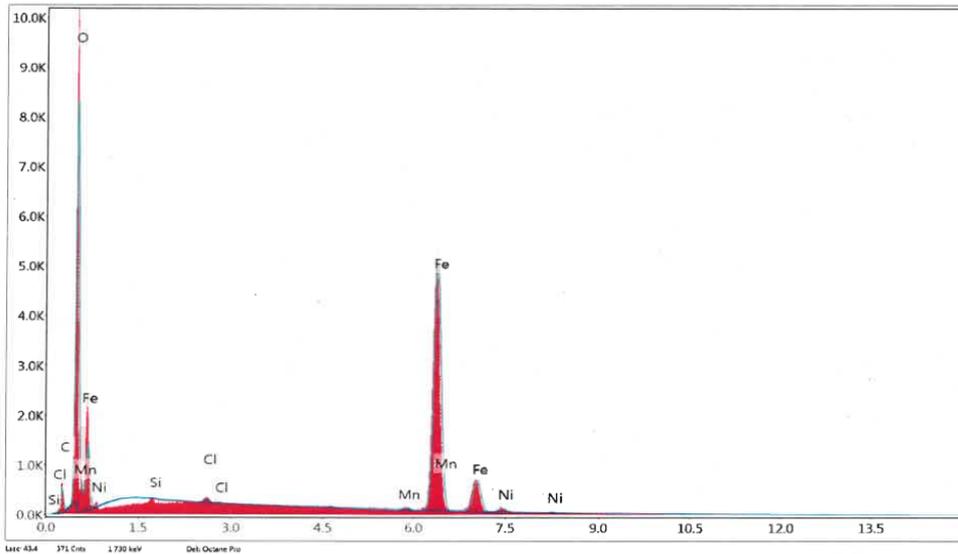
¹⁹⁴ Roberge, 2008, S.173
¹⁹⁵ Degrigny, 2019, S.3-5
¹⁹⁶ Shreir, 2000, S.155 / Crawford, 2008, S.56

Tabelle 4 Darstellung aller Erkenntnisse zu den Korrosionserscheinungen und zu den Veränderungen der Beschichtung durch die Belastungsprobe

| Set | Korrosionserscheinung | | | | | | Weitere Veränderungen durch die Belastungsprobe | | | | | | |
|------------------------|-----------------------|-------|----------|-------------|--------------------|----------------------|---|------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| | Grad (0-5) | Menge | Filiform | Fadenförmig | Gleichmässig lokal | Ungleichmässig lokal | durch Verschmutzung | Punkte ohne Form | Unbekannte weisser Schleier | Aushärtung bei Kälte | Verstärkte Fleckenbildung | Sichtbare Farbveränderung | Verlust der visuellen Präsenz |
| ohne | 1.P | 3 | >45 | | ✓ | | ✓ | | - | - | - | - | - |
| | 1.S | 3 | >45 | | ✓ | ✓ | ✓ | | - | - | - | - | - |
| | 1.K | 5 | >100 | | ✓ | ✓ | | | - | - | - | - | - |
| Cosmoloid H80 | 2.P | 2 | 20-30 | | ✓ | ✓ | ✓ | | - | - | - | - | - |
| | 2.S | 2 | >45 | | ✓ | | ✓ | | - | - | - | - | - |
| | 2.K | 3 | >100 | | ✓ | ✓ | | | - | - | - | - | - |
| Paraloid B44 | 3.P | 2 | 20-30 | | | | | ✓ | - | - | - | - | - |
| | 3.S | 2 | 10-20 | ✓ | | | | ✓ | - | - | - | - | - |
| | 3.K | 2 | 10-20 | ✓ | | | | | - | - | - | - | - |
| Paraffinöl | 4.P | 3 | 20-30 | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - | - | ✓ |
| | 4.S | 2 | 10-20 | | | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - | - | - |
| | 4.K | 3 | >100 | | ✓ | ✓ | ✓ | | - | - | - | - | ✓ |
| Kokosnussöl | 5.P | 2 | <10 | | | | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - | - |
| | 5.S | 2 | ≤5 | | | | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - | - |
| | 5.K | 2 | <10 | | | | | ✓ | - | ✓ | - | - | - |
| traditionelle Mischung | 6.P | 1 | <10 | | | | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - | - |
| | 6.S | 2 | <10 | | | ✓ | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - | - |
| | 6.K | 2 | 10-20 | | | | | ✓ | - | ✓ | - | - | - |
| Kerisöl 2006 | 7.P | 2 | 10-20 | | ✓ | | ✓ | ✓ | - | - | - | - | ✓ |
| | 7.S | 1 | ≤5 | | | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - | ✓ | - |
| | 7.K | 3 | >100 | | | ✓ | | ✓ | - | - | - | - | - |
| | 8.1.P | 2 | 12 | | ✓ | | | | - | - | ✓ | ✓ | - |
| | 8.2.P | 0 | 0 | | | | | | - | ✓ | ✓ | ✓ | - |
| | 9.1.P | 2 | 27 | | ✓ | | ✓ | | - | - | - | - | - |
| | 9.2P | 2 | 15 | | | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | - | - | - |

15. Anhang: REM EDX Analysen

EDAX TEAM EDS



| Element | Wt % | Atomic % | Error % | Net Int. | Net Error % | K Ratio | Z | R | A | F |
|---------|-------|----------|---------|----------|-------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| C K | 4.38 | 12.38 | 11.31 | 76.91 | 2.73 | 0.0147 | 1.2620 | 0.8742 | 0.2654 | 1.0000 |
| O K | 19.47 | 41.30 | 6.25 | 1303.51 | 0.53 | 0.1279 | 1.2073 | 0.8990 | 0.5441 | 1.0000 |
| Si K | 0.04 | 0.05 | 73.87 | 4.11 | 62.55 | 0.0003 | 1.0967 | 0.9551 | 0.6199 | 1.0076 |
| Cl K | 0.24 | 0.23 | 24.82 | 21.58 | 21.70 | 0.0022 | 1.0215 | 0.9772 | 0.8700 | 1.0312 |
| Mn K | 0.53 | 0.33 | 26.94 | 16.22 | 27.83 | 0.0056 | 0.9073 | 1.0193 | 1.0016 | 1.1644 |
| Fe K | 73.41 | 44.60 | 2.83 | 1664.16 | 0.52 | 0.6979 | 0.9208 | 1.0221 | 1.0035 | 1.0288 |
| Ni K | 1.92 | 1.11 | 19.05 | 27.55 | 15.98 | 0.0177 | 0.9272 | 1.0248 | 0.9526 | 1.0400 |

16. Anhang: pH-Wert Messungen der Coupons

Mit der selben Methodik wie auf den Klingen der Museumsobjekte (pH-Wert Messungen Messmethode und Vorgehen S.28) wurde auf den Coupons eine pH-Wert Messung durchgeführt. Die Messung erfolgte nach der Belastungsprobe und zeigt bei allen Coupons einen pH-Wert von leicht über 7 (Tabelle 5 S.95). Da der direkte Kontakt der Messung mit der beschichteten Couponoberfläche die Resultate der Belastungsprobe hätte verfälschen können, wurde der pH-Wert nur nach der Klimakammer gemessen. Veränderungen durch die Klimakammer können daher nicht festgestellt werden. Diese Resultate lassen bei keiner Beschichtung auf einen pH-Wert schliessen, welcher eine verstärkte Korrosion hervorrufen kann.

Tabelle 5 pH-Wert Messungen auf den Coupons nach der Belastungsprobe

| Versuchsset | Messung 1 | Messung 2 | Messung 3 | Durchschnitt |
|-------------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Referenz | 7.47 | 7.35 | 7.30 | 7.4 |
| 1S | 7.26 | 7.25 | 7.23 | 7.2 |
| 2S | 7.22 | 7.34 | 7.36 | 7.3 |
| 3S | 7.39 | 7.27 | 7.33 | 7.3 |
| 4S | 7.20 | 7.42 | 7.29 | 7.3 |
| 5S | 7.36 | 7.15 | 7.29 | 7.3 |
| 5P | 7.13 | 7.28 | 7.21 | 7.2 |
| 6S | 7.73 | 7.09 | 7.27 | 7.4 |
| 6P | 7.29 | 7.41 | 7.37 | 7.4 |
| 7S | 7.21 | 7.14 | 7.01 | 7.1 |
| 8.1P | 7.19 | 7.51 | 7.23 | 7.3 |
| 9.1P | 7.35 | 7.73 | 7.41 | 7.5 |

17. Anhang: Vergleich der Coupons mit den Objekten des MKB

17.1. Vergleich der Beschichtungen auf den Coupons mit den Objekten

Die Beurteilung des Beschichtungsauftrages auf den Coupons muss mit den viel grösseren, dreidimensionalen Objekten in Zusammenhang gestellt werden. Es sind vergleichbare Beschichtungsmaterialien auf den Objekten vorhanden, somit können diese mit dem Beschichtungsauftrag auf den Coupons verglichen werden.

Die Paraloid®B44 Beschichtung gelöst in Aceton lässt sich nur sehr kurz bearbeiten. Ein homogener Auftrag ist auf einer grösseren Objektoberfläche schwierig umzusetzen. Die Kerisklinge mit Acryllackbeschichtung (Objekt 13) zeigt im Vergleich mit den Coupons einen viel ungleichmässigeren Auftrag und starke Ansammlungen in den Vertiefungen (Abbildung 62 S.96). Dies führt wiederum zu einem viel stärkeren Glanz auf dem Objekt gegenüber dem geringen Glanz auf den Coupons. Durch mechanischen Abrieb können auf den Objekten zusätzlich stark matte Bereiche erkannt werden.

Die Ölbeschichtungen auf den Objekten sind öfters nur lokal vorhanden, wie beispielsweise auf den Klingen 5 und 7. Dies ist vermutlich auf das leichte Abwischen dieses Beschichtungstyps

zurückzuführen. Ölbeschichtungen können in sehr dünnen und gleichmässigen Schichten aufgetragen werden. Dies konnte für die traditionelle Ölmischung auch auf den Coupons erkannt werden. In pastoseren Ölen, wie bei einer reinen Kokosnussölbeschichtung oder auch einer Öl-Wachsbeschichtungen, wie auf mehreren Objekten vorhanden, können sich vermehrt Verschmutzungen ansammeln. Deutlich ist dies auf Objekt 4 zu erkennen (Abbildung 63 S.96).

Der Vergleich der beschichteten Coupons mit den Objekten zeigt, dass die Eigenschaften der Beschichtungen bereits auf den Coupons sichtbar werden. Die Nachteile einer Beschichtung sind jedoch



Abbildung 62 Acrylbeschichtung auf Objekt 13. IIC 22217, 10x Vergrößerung © JM, HE-Arc / MKB 2020



Abbildung 63 Pastose Wachs-Öl-Beschichtung auf Objekt 4 IIC 14587 mit starken Verschmutzungen in der Beschichtung, 30x Vergrößerung © JM, HE-Arc / MKB 2020

auf den Objekten meist viel ausgeprägter zu erkennen. Leichte Nachteile der Beschichtungen auf den Coupons können auf den Objekten zu ästhetisch und konservatorisch bedeutenden Problemen werden, wie die Beispiele zeigen.

17.2. Vergleich des Korrosionsverhaltens der Coupons mit den Objekten

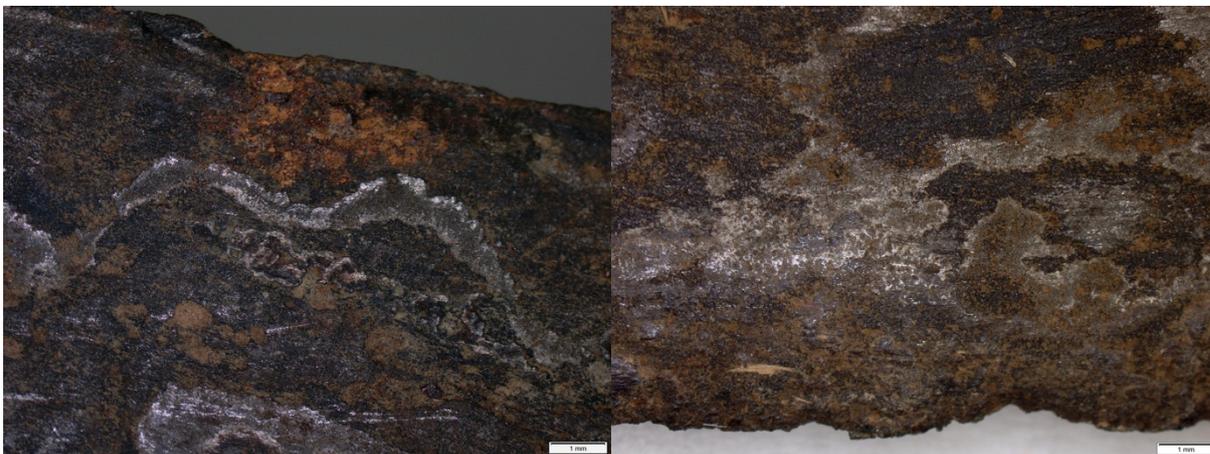


Abbildung 64 Lokale ungleichmässige Korrosionserscheinung auf Objekt 9. Iic 21452 10x

© JM, HE-Arc / MKB 2020

Abbildung 65 Objekt 9. Iic 21452 mit gering haftender flächiger Korrosion aus der gesamten Klingenoberfläche

10x © JM, HE-Arc / MKB 2020

Die meisten Korrosionsmorphologien der Coupons sind vergleichbar auf den Objekten des MKB zu erkennen. Ein wesentlicher Unterschied ist die stärkere Ausprägung und die Präsenz von flächiger Korrosion auf den Objekten. Werden alle ermittelten Informationen in Zusammenhang gestellt, kann in erste Linie festgestellt werden, wie divers die Beschichtungen und die Oberflächenerscheinung dieser Objekte sind (Tabelle 6 S.99). Es kann selten von der Analyse eines gewissen Beschichtungssystems auf eine typische Korrosionsmorphologie geschlossen werden. Dies ist lediglich bei der Polymerbeschichtung der Fall. Auch der pH-Wert lässt keine direkten Rückschlüsse auf die Ausprägung von Korrosionserscheinungen zu.

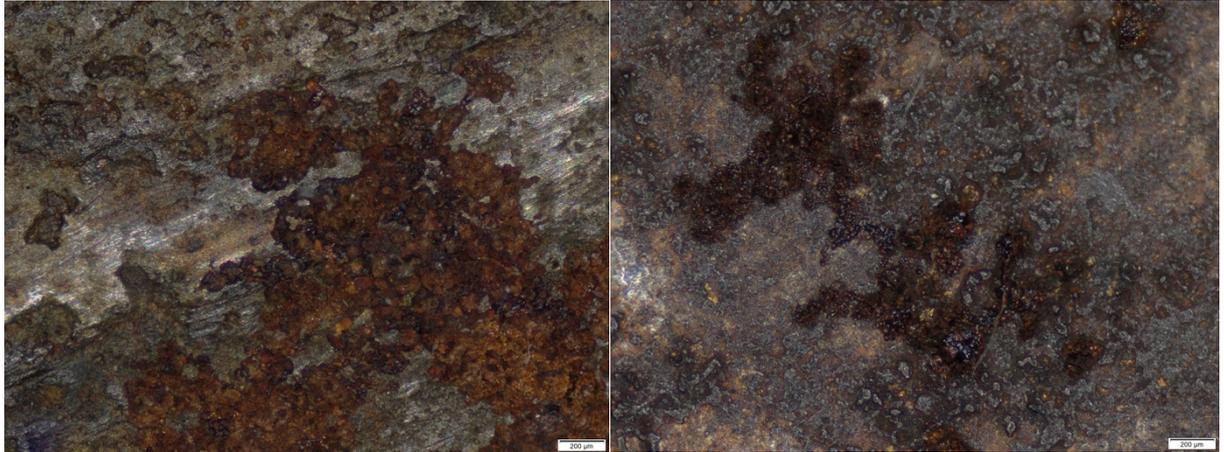


Abbildung 66 Objekt 10 IIc 21485 mit lokaler ungleichmässiger Korrosionserscheinung 40x

Abbildung 67 Vorkorrodierte Coupon 4.IK mit lokaler ungleichmässiger Korrosionserscheinung 40x

© JM, HE-Arc / MKB 2020

Ein Beispiel einer flächigen, gleichmässigen Korrosion ist auf dem Objekt 9 zu erkennen. Auf der gesamten Oberfläche der Klinge, gleichermassen auf allen Lagen des Stahls, sind pulvrige und gering haftende helle, orange Korrosionsprodukte vorhanden. Eine klare Korrosionsmorphologie kann nicht erkannt werden (Abbildung 65 S.97). Auf demselben Objekt kann zusätzlich lokale, ungleichmässige Korrosion festgestellt werden (Abbildung 64 S.97).

Objekt 10 weist ebenfalls lokale, unregelmässige Korrosionserscheinungen auf. Diese haben sich in einem Bereich einer dunklen Oberfläche gebildet, welche vermutlich bereits vor der letzten Beschichtung korrodiert waren. Diese Korrosionserscheinungen entsprechen den Korrosionserscheinungen der vorkorrodierten Coupons mit einer synthetischen Ölbeschichtung (Abbildung 66 und Abbildung 67 S.98).

Tabelle 6 Zusammenfassung der Erkenntnisse zu den Beschichtungssystemen und den Korrosionserscheinungen auf den 13 Objekten des MBK

| Nr. | Inv. Nr. | Öl | Wachs | synth. ¹⁹⁷ | nat. ¹⁹⁸ | Andere ¹⁹⁹ | pH-Wert | Geruch | Verschmutzungen | Korrosionsmorphologie | Ausprägung |
|-----|-----------|----|-------|-----------------------|---------------------|-----------------------------------|---------|--------|---------------------|---|------------------|
| 1. | IIC 228 | | | ✓ | | - | 6.2 | Nein | | Lokal gleichmässig | gering |
| 2. | IIC 2118 | | - | ✓ | | Roter Farbstoff | 7.1 | Ja | - | Alt ²⁰⁰ flächig gleichmässig | stark |
| 3. | IIC 14573 | - | - | | ✓ | Colophan Harz | 4.5 | Nein | - | Lokal korrodierte Fingerabdrücke | stark |
| 4. | IIC 14578 | | | ✓ | | - | 6.1 | Ja | | Alt flächig ungleichmässig und neu lokal ungleichmässig | stark und gering |
| 5. | IIC 15187 | | | ✓ | ✓ | - | 6.0 | Ja | - | Lokal gleichmässig | gering |
| 6. | IIC 16240 | - | - | | ✓ | Proteine enthaltende Bestandteile | 6.2 | Nein | - | Alt lokal ungleichmässig Lokal gleichmässig | gering |
| 7. | IIC 19714 | | () | ✓ | | - | 6.1 | Ja | | Flächig ungleichmässig | stark |
| 8. | IIC 20012 | - | - | | | Epoxidharz | 6.7 | Nein | - | Alt flächig ungleichmässig und neu lokal ungleichmässig | stark und gering |
| 9. | IIC 21452 | - | - | | | Schellack Karminfarbstoff | 6.3 | Ja | | Flächig gleichmässig und lokal ungleichmässig | stark und gering |
| 10. | IIC 21485 | - | - | | | - | 6.8 | Ja | - | Lokal ungleichmässig | stark |
| 11. | IIC 21749 | - | - | | ✓ | Metallseifen | 6.9 | lokal | (weisse Ablagerung) | Alt lokal ungleichmässig und neu lokal gleichmässig | stark |
| 12. | IIC 21804 | | | | ✓ | - | 6.6 | Ja | - | Lokal gleichmässig | gering |
| 13. | IIC 22217 | - | - | ✓ | | Copolymer Polymethacrylat | 6.9 | Ja | - | Filiform Lokal ungleichmässig | Stark und gering |

¹⁹⁷ Die Beschichtung ist synthetischen Ursprungs

¹⁹⁸ Die Beschichtung ist natürlichen Ursprungs

¹⁹⁹ Weitere Substanzen welche durch FTIR auf der Oberfläche festgestellt worden sind und keinem Öl oder Wachs entsprechen. Dabei muss es sich nicht um die Beschichtung handeln, sondern kann auch eine Klebung, ein unbekannter Fremdstoff oder eine Alterungserscheinung sein.

²⁰⁰ Als ein „altes“ Phänomen wird eine Korrosion bezeichnet bei welchen Interventionen, wie Korrosionsentfernung oder ein neuer Beschichtungsauftrag nach der Entstehung dieser Korrosion vermutet wird.



Abbildung 68 Filiforme Korrosionserscheinung auf dem Coupon 3.IS mit Paraloid B44 Beschichtung 50x



Abbildung 69 filiforme Korrosionserscheinung auf Objekt 13. IIC 22217 mit Acryllackbeschichtung 45x

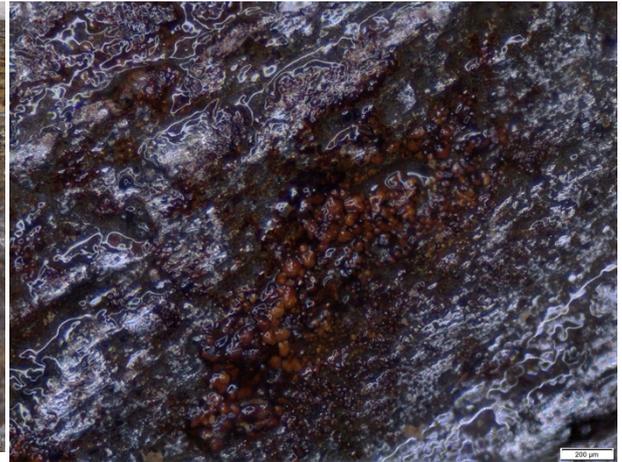
© JM, HE-Arc / MKB 2020

Auf der Klinge des Objekts 13, auf welcher eine Acryllackbeschichtung vorhanden ist, sind filiforme Korrosionserscheinungen entstanden (Abbildung 69 S.100). Dies entspricht keinem lokalen Phänomen, sondern ist auf der ganzen Klinge zu erkennen. Die vorhandenen Korrosionserscheinungen entsprechen denen auf den Stahlcoupons mit Paraloid® B44 Beschichtung (Abbildung 68 S.100). Es konnten weitere Korrosionserscheinungen erkannt werden, welche der fortschreitenden Korrosion der vorkorrodieren Coupons ähneln. Es kann vermutet werden, dass in diesem Bereich bereits eine Korrosionserscheinung vorhanden war, welche nach dem Beschichtungsauftrag weiter korrodierte (Abbildung 71 S.101). Lokal brechen die Korrosionserscheinungen durch die Beschichtung hervor. Im Gegensatz zu den Pamorcoupons, konnten keine deutlichen fadenförmigen Korrosionserscheinungen auf den Klingen erkannt werden. Korrosionserscheinungen in Zusammenhang mit Fingerabdrücken sind auf den Coupons ebenfalls nicht vorhanden (Abbildung 70 S.101). Die meisten Korrosionserscheinungen auf den Klingen konnten als lokal ungleichmässig oder gleichmässige Korrosionserscheinungen identifiziert werden (Tabelle 6 S.99). Der Korrosionsverlauf kann auf den Klingen der Objekte weniger präzise erkannt werden, da die Korrosionserscheinung meist mechanischer Reibung an der Oberfläche ausgesetzt war. Vergleichbar mit den Coupons kann auch auf den Klingen eine Tendenz zu stärkeren Korrosionserscheinungen an den Klingenträgern erkannt werden. Die Klingenspitzen sind zusätzlich stark von Korrosion betroffen. An den Spuren von tiefergehender Korrosion kann festgestellt werden, dass dies bereits in der früheren Objektgeschichte der Fall war.



*Abbildung 70 Fingerabdruck an Klingenkante von
Objekt 3.IIc 14573. 10x Vergrößerung*

© JM, HE-Arc / MKB 2020



*Abbildung 71 lokale ungleichmässige
Korrosionserscheinung auf Objekt 13. IIc 22217 45x*

© JM, HE-Arc / MKB 2020

18. Anhang: Fallbeispiel MKB

Das erarbeitete Erhaltungskonzept für Kerisklingen kann auf die Sammlung des MKB angewendet werden. In Bezug auf die Lagerung mit meist eher tiefer RH, kann von einem langsamen Fortschreiten der Korrosion der Kerisklingen ausgegangen werden. Für die präventive Konservierung stellen die starken Schwankungen der RH jedoch ein Schadenspotential, primär für die organischen Materialien der Kerise, dar.

Diese Schwankungen sind ein Argument für die Aufbewahrung der Klingen ausserhalb der Scheiden. Dadurch kann die Spannung auf die organischen Materialien vermindert werden und die Beschichtung wird nicht durch ein Festklemmen in den Scheiden beeinträchtigt.

Die Aufbewahrung in Schubladen und die regelmässige Reinigung der Lagerräume trägt bereits zur Verminderung von potentiellen Staubablagerungen auf den Klingen bei. Trotzdem muss aus den beschriebenen Gründen eine Schutzhülle um die Klingen vorhanden sein. Für eine getrennte Aufbewahrung muss mehr Platz zur Verfügung gestellt werden. Bereits jetzt sind die Kerise im MKB eng gelagert. Kann der zusätzliche Platz nicht zur Verfügung gestellt werden, ist es umso wichtiger die Schwankungen der RH zu reduzieren.

Viele Klingen der Kerise des MKB weisen einen Geruch nach ätherischen Ölen auf. Diese Sammlung hat das Potential, durch das genaue Studium und Analysen wichtige Informationen zu den verwendeten Beschichtungsmaterialien hervorzubringen. Im Allgemeinen ist sehr wenig über die Objekte bekannt. Ein grösseres Wissen zum Hintergrund der Objekte könnte die Studie der Beschichtungsmaterialien in einen grösseren Zusammenhang stellen und somit zu allgemeinen Erkenntnissen zu den Beschichtungen von Kerisklingen beitragen.

An mehreren Klingen konnten Goldtauschierungen mit geringer Haftung erkannt werden. Im Zusammenhang mit der Konservierung der Klingen müssen auch diese wieder befestigt werden, um den Verlust zu verhindern. Die geeignete Methode muss noch ermittelt werden. Vor der Ausführung von Massnahmen an den Klingen müssen die organischen Materialien, die oft losen Selute und Mendoke, betrachtet werden, um diese in das Konservierungskonzept mit einzubinden.

| | |
|--------------------------------------|--|
| Kokosnusswasser „Coco Water Pure“ | Bischofszell Migros |
| „Frische“ Kokosnuss | Migros |
| Limetten Saft | Migros, Alnatura |
| Limetten Bio | Migros |
| Bürsten | Migros |
| Pinsel | Obi |
| Schmirgelpapier | Artsupport (artsupport.ch) |
| Stahlcoupons | Kaufmann & Fils (www.kaufmann-fils.ch) |

| Methode | Angaben | Institution, SpezialistIn |
|-------------------------|--|---|
| XRF mobile Pistole | Thermo Scientific [®] , Niton XL3t GOLDD+ | Haute École Arc, Neuchâtel, Tobias Schenkel |
| FTIR in Reflexionsmodus | Thermo Scientific [®] , Nicolet iN10 MX | Haute École Arc, Neuchâtel, Dr. Laura Brambilla |
| REM EDX | REM: Hitachi S3700N EDX-Detektor: EDAX Octane Pro EDX-Auswerte-Software: EDAX TEAM | EMPA, Dr. Markus Faller |
| Klimakammer | Vötsch Typ VC 0020 | HKB, Brigitte Lienert |
| UV-LED Prüfstrahler | UV-LED-Prüfstrahler, Reskolux [®] UV 365 von Deffner & Johann | Haute École Arc, Neuchâtel |
| Mikroskop | Olympus [®] SZ61 mit Olympus [®] Kamera-Aufsatz Olympus SC50 | Haute École Arc, Neuchâtel |
| Mikroskop | Zeiss [®] Axioskop2 MAT, Lichtquelle HAL 100, Kamera-Aufsatz Olympus SC50 | Haute École Arc, Neuchâtel |
| Dino-lite | Dino-lite, Digital Microscope Premier | Haute École Arc, Neuchâtel |

20. Anhang: Liste der digitalen Anhänge

Digitaler Anhang 1; Keristabelle 144 Objekte der Sammlung des MKB:

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang1/Tabelle der Kerise des MKB.xlsx

Digitaler Anhang 2; Zustandsbeschreibung und Anlaysen der dreizehn Objekte des MKB:

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 1 IIc 228

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 2 IIc 2118

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 3 IIc 14573

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 4 IIc 14578

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 5 IIc 15187

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 6 IIc 16240

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 7 IIc 19714

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 8 IIc 20012

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 9 IIc 21452

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 10 IIc 21485

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 11 IIc 21749

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 12 IIc 21804

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang2/Objekt 13 IIc 22217

Alle Abbildungen in den Objektbeschreibungen werden dem Copyright © JM, HE-Arc / MKB 2020 zugeordnet.

Digitaler Anhang 3; Allgemeine Photodokumentation der Coupons vor und nach der Belastungsprobe, der Versuchsset 1 bis 9.2:

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang3/Photodokumentation vor und nach der Belastungsprobe.docx

Digitaler Anhang 4; Dokumentation des Korrosionsverhaltens, der Versuchsset 1 bis 9.2:

2020_MA-CROSTH Janine Meier digitaler Anhang4/ Dokumentation des Korrosionsverhaltens aller Coupons.docx

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1 Regional typische Waffen des indonesischen Archipels © ificah..... | 4 |
| Abbildung 2 Kinder und ein Erwachsener tragen den Keris traditionell auf dem Rücken ©nationaal Museum van Wereldculturen, Leiden | 7 |
| Abbildung 3 Der Prabotbereich einer Kerisklinge mit Bezeichnungen der Verzierungen | 8 |
| Abbildung 4 Unterschiedliche Klingenformen von Kerisen, sogenannte Daportformen | 9 |
| Abbildung 6 Der heilige Meteor im Garten des Kratons in Surakarta © Sachse 1993 S.107 | 10 |
| Abbildung 5 Pamormuster von Kerisklingen ©Sachse 1993, S.109 | 10 |
| Abbildung 7 Der Arbeitsschritt bei welchem das nickelhaltige Material in den Stahl eingelegt wird, welcher später die helle Lage bilden wird. © Weihrauch 2000 | 11 |
| Abbildung 8 Die Formung der Verzierungen an den Prabotseiten © Weihrauch 2000 | 11 |
| Abbildung 9 Das Ganja wird genau auf den Prabotbereich angepasst und die zahlreichen Verzierungen werden ausgearbeitet © Weihrauch 2000 | 11 |
| Abbildung 10 Herstellung der Verzierungen im Prabotbereich © de Marval 2006..... | 12 |
| Abbildung 11 Der Prabotbereich mit einer Naga, vorbereitet für die Goldtauschierung © de Marval 2006 | 13 |
| Abbildung 12 Aufbringen der Goldtauschierung durch das Andrücken der Ränder um das Relief © de Marval 2006..... | 13 |
| Abbildung 13 Griffmontage mit Mendak und Selut aus einer Kupferlegierung gefertigt. Objekt 10 Iic21485..... | 14 |
| Abbildung 14 Schwarzer Sternrubin auf dem Griff von Iic 14572 © JM, HE-Arc / MKB 2020 | 15 |
| Abbildung 15 Schematische Darstellung eines planaren Bali-Griff | 15 |
| Abbildung 16 Schematische Darstellung eines Surakarta-Griffs mit Kuntjung und oberer und unterer Patra | 16 |
| Abbildung 17 Schematische Darstellung der drei Grundformen vom Kerisscheiden | 17 |
| Abbildung 18 ein javanischer Kerishalter aus der privaten Sammlung von Gaspar de Marval | 19 |
| Abbildung 19 ein balinesischer Kerishalter aus der privaten Sammlung von Gaspar de Marval | 19 |
| Abbildung 20 pH-Wert Messgerät LAQUAtwin, welches für die Messungen des pH-Wertes der Klingenoberflächen verwendet wurde. | 28 |
| Abbildung 21 Klinge des Objekts Iic 14299 (MKB) mit starken Durchbrüchen im Bereich der Verzierungen des Prabots..... | 29 |
| Abbildung 22 Tauschierung mit guter Haftung und lokalem Verlust in beriebenem Bereich Iic 21804 © JM, HE-Arc / MKB 2020..... | 30 |
| Abbildung 23 Mikroskop Aufnahme des Querschliffs der Probe „2.1 Spitze“ im Bereich der Klinsen Spitze, in poliertem Zustand ohne Nital Ätzung mit Nahaufnahmen (50x Vergrößerung) der Bereiche mit Schlacke aus Glas und Schlacke aus Glas und Wüstite | 45 |
| Abbildung 46 Visualisierung unterschiedlicher Daporformen vorkommend in der Sammlung des MKB | 46 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 25 Mikroskop Aufnahme des Querschliffs 1.2 Mitte mit den sichtbaren Schichten von der dunklen kohlenstoffreichen Mittelschicht bis zur Klingenoberfläche (100x Vergrößerung) | 46 |
| Abbildung 26 Mikroskop Aufnahme des Querschliffs 1.2 Mitte der kohlenstoffreichen Schicht im oberflächennahen Bereich der Klinge ohne emittieren Kohlenstoff in die umliegenden kohlenstoffarmen Bereiche (100x Vergrößerung) | 46 |
| Abbildung 27 Mikroskop Aufnahme des Querschliffs Probe „2.2 Spitze“ im Bereich der Klinge Spitze, in poliertem und mit Nital geätztem Zustand mit Nahaufnahmen (100x Vergrößerung) der kohlenstoffreichen (dunkel) und den kohlenstoffarmen (hell) Bereichen | 47 |
| Abbildung 28 Das Bio Kokosnussöl welches für die Belastungsprobe Anwendung fand..... | 51 |
| Abbildung 29 Das beinahe farblose Nelkenöl mit starkem Geruch, welches für die Vergleichsspektren verwendet wurde | 52 |
| Abbildung 30 Das gelbliche und klebrige Sandelholzöl, welche für die Vergleichsspektren und die traditionelle Mischung angewendet wurde..... | 52 |
| Abbildung 31 das gelbliche, flüssige, ätherische Öl Ylang-Ylang welches als Vergleich und für die traditionelle Mischung verwendet wurde und einen starken Duft verbreitet..... | 53 |
| Abbildung 32 Beinahe leere Fläschchen mit Kerisöl aus Java welches ca. vor 30 - 40 Jahren verwendet wurde. Zur Verfügung gestellt von Gaspar de Marval. | 54 |
| Abbildung 33 Beinahe leeres Fläschchen mit einem Kerisöl welches ebenfalls auf Java verwendet wurde. Zur Verfügung gestellt von Gaspar de Marval. | 55 |
| Abbildung 34 Das Kerisöl 1996, in einem Kosmetikfläschchen, dieses wurde für den Oberflächenschutz von Kerisklingen auf Java verwendet im Jahre 1996 und von Pascal Pouly mit in die Schweiz genommen | 56 |
| Abbildung 35 Flasche des Kerisöl 2006, welches 2006 für die Pflege der Kerise auf Java verwendet wurde. Zur Verfügung gestellt von Gaspar de Marval. | 57 |
| Abbildung 36 Flasche des Paraffinöls, welches analysiert wurde, um das Spektrum mit den traditionellen Ölen zu vergleichen | 58 |
| Abbildung 37 Das Schweissverbundstahlstück (aus einer alten Feile und 1.2767) feingeschliffen mit Kaffee geätzt. | 68 |
| Abbildung 38 Das Schweissverbundstahlstück mit Auripigmentpaste auf einer Facette, eingetrocknet nach der Einwirkzeit von 1 Tagen. | 68 |
| Abbildung 39 Das Schweissverbundstahlstück nach Entfernen der Auripigmentpaste welche 1 Tag auf der Oberfläche belassen wurde. | 68 |
| Abbildung 40 Pamormaterial mit einer Cosmoloid® H80 Beschichtung, links gesprüht und rechts mit einem Pinsel aufgetragen..... | 71 |
| Abbildung 41 Gleichmässige Korrosionserscheinungen in Bereichen der gestrichenen und der gesprühten Cosmoloid® H80 Beschichtung | 71 |
| Abbildung 42 Die Pamorcoupons in Kokosnusswasserbad..... | 74 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 43 Das Auripigment von Kremerpigmente, welches für die Ätzungen der Coupons verwendet wurde..... | 74 |
| Abbildung 44 Limettensaft von Alnatura, verwendet für die traditionelle Ätzung | 74 |
| Abbildung 45 Pamorcoupon geschliffen | 75 |
| Abbildung 46 Pamorcoupons nach Bad in Kokosnusswasser | 75 |
| Abbildung 47 Pamorcoupon nach traditioneller Ätzung mit Limettensaft und Auripigment | 75 |
| Abbildung 48 Legierungszertifikat von Stahllieferanten Kaufmann & Fils des tieflegierten Stahls für die homogenen Stahlcoupons | 76 |
| Abbildung 49 Visualisierung der Anordnung der Coupons in der Klimakammer | 79 |
| Abbildung 50 Die Klimakammer (Vötsch Typ VC 0020) an der HKB mit den Coupons gruppiert und in einem Winkel auf den beiden Blechen angeordnet, vor dem Belastungstest..... | 80 |
| Abbildung 51 Aufzeichnungen der Klimadaten in der Klimakammer Vötsch Typ VC 0020 im Verlauf einer Woche (blau=Relative Feuchte in %, rot=Temperatur in Grad Celsius) | 81 |
| Abbildung 52 Coupons 8.2IIP mit Resten der traditionellen Ätzung und Kokosnussöl auf der Oberfläche, nach 7 Tagen der Belastungsprobe, 50x | 83 |
| Abbildung 53 Coupons 8.2IIP mit Resten der traditionellen Ätzung und Kokosnussöl auf der Oberfläche, vor der Belastungsprobe 50x..... | 83 |
| Abbildung 54 Coupon 5.IP während der kalten Phase (18° C) 50x | 83 |
| Abbildung 55 Coupon 5.IP während der warmen Phase (34° C) 50x..... | 83 |
| Abbildung 56 Visualisierung der Coupons mit festgestellten Veränderungen nach 7 Tagen (gelb), den Veränderungen nach 12 Tagen (rot), den Veränderungen nach 21 Tagen (violett), den Veränderungen nach 28 tagen (grün) und den Veränderungen nach 34 Tagen (hellblau) | 84 |
| Abbildung 57 Dinolite Vorrichtung für die präzise Dokumentation der immer gleichen Stelle | 85 |
| Abbildung 58 Dokumentationsphotografie der Coupons mit Farbkarte für die normierte Farbgebung .85 | |
| Abbildung 59 Dokumentationsphotografie in Streiflicht..... | 85 |
| Abbildung 60 vorkorrodiertes Coupon 7.IIK mit verstärkten Korrosionserscheinungen im rechten Randbereich, Streiflichtaufnahme | 90 |
| Abbildung 61 Coupons 3.IS mit filiformer Korrosionserscheinung vom Couponrand. 50x Vergrößerung | 91 |
| Abbildung 62 Acrylbeschichtung auf Objekt 13. IIC 22217, 10x Vergrößerung © JM, HE-Arc / MKB 2020 | 96 |
| Abbildung 63 Pastose Wachs-Öl-Beschichtung auf Objekt 4 IIC 14587 mit starken Verschmutzungen in der Beschichtung, 30x Vergrößerung © JM, HE-Arc / MKB 2020 | 96 |
| Abbildung 64 Lokale ungleichmässige Korrosionserscheinung auf Objekt 9. IIC 21452 10x..... | 97 |
| Abbildung 65 Objekt 9. IIC 21452 mit gering haftender flächiger Korrosion aus der gesamten Klingenoberfläche 10x © JM, HE-Arc / MKB 2020 | 97 |
| Abbildung 66 Objekt 10 IIC 21485 mit lokaler ungleichmässiger Korrosionserscheinung 40x | 98 |

| | |
|--|-----|
| Abbildung 67 Vorkorrodierte Coupon 4.IK mit lokaler ungleichmässiger Korrosionserscheinung 40x... | 98 |
| Abbildung 68 Filiforme Korrosionserscheinung auf dem Coupon 3.IS mit Paraloid B44 Beschichtung 50x | 100 |
| Abbildung 69 filiforme Korrosionserscheinung auf Objekt 13. IIc 22217 mit Acryllackbeschichtung 45x | 100 |
| Abbildung 70 Fingerabdruck an Klingenkante von Objekt 3.IIc 14573. 10x Vergrößerung | 101 |
| Abbildung 71 lokale ungleichmässige Korrosionserscheinung auf Objekt 13. IIc 22217 45x | 101 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1 Zusammenfassung der XRF-Analyseergebnisse von dreizehn Kerisklingen des MKB..... | 32 |
| Tabelle 2 Vergleich unterschiedlicher Verhältnisse der Zusammensetzung der traditionellen Ölmischung aus Kokosnussöl, Sandelholzöl und Ylang-Ylang. nach 4 Monaten Trocknungszeit | 70 |
| Tabelle 3 Empirischer Vergleich der Haftung von Holzspänen auf den beschichteten Couponoberflächen. | 73 |
| Tabelle 4 Darstellung aller Erkenntnisse zu den Korrosionserscheinungen und zu den Veränderungen der Beschichtung durch die Belastungsprobe..... | 93 |
| Tabelle 5 pH-Wert Messungen auf den Coupons nach der Belastungsprobe | 95 |
| Tabelle 6 Zusammenfassung der Erkenntnisse zu den Beschichtungssystemen und den Korrosionserscheinungen auf den 13 Objekten des MBK..... | 99 |

Grafikverzeichnis

| | |
|--|----|
| Grafik 1 Darstellung des Klimas im Kerisdepot. Ein Vergleich über dreieinhalb Jahre der RH und der Temperatur..... | 24 |
| Grafik 2 Darstellung des Klimas vom 1.Juli bis 1.September, 2017, 2018 und 2019 im Vergleich | 25 |
| Grafik 3 Darstellung des Klimas vom 1. Januar bis 1.März, 2017, 2018 und 2019 im Vergleich | 25 |
| Grafik 4 Das FTIR Spektrum von Kokosnussöl bio | 51 |
| Grafik 5 Das FTIR Spektrum von Nelkenöl..... | 52 |
| Grafik 6 Das FTIR Spektrum von Sandelholzöl | 52 |
| Grafik 7 FTIR Spektrum von Ylang-Ylang | 53 |
| Grafik 8 Beispiel eines Spektrums welches keine Beschichtung mehr anzeigt, FTIR Spektrum von Ylang- Ylang nach 2 Wochen bei 40°C, wobei keine Substanz mehr festgestellt werden konnte..... | 53 |
| Grafik 9 Das FTIR Spektrum eines Kerisöls welches ca. 30 – 40 Jahre alt ist, im Vergleich mit dem Bio Kokosnussöl welches in dieser Arbeit verwendet wird und einem Parfum mit diversen Duftstoffen. | 54 |
| Grafik 10 Das FTIR Spektrum des Kerisöl "SANBE" im Vergleich mit einem synthetischen Öl | 55 |
| Grafik 11 Das FTIR Spektrum des Kerisöl 1996 (rot) im Vergleich mit einem synthetischen Öl..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Grafik 12 Das FTIR Spektrum des Kerisöl 2006 (rot) imVergleich mit dem Paraffinöl (blau)welches in dieser Arbeit ebenfalls verwendet wurde. | 57 |
| Grafik 13 Spektrum der FTIR Analyse von nicht gealtertem Paraffinöl | 58 |
| Grafik 14 Das FTIR Spektrum der traditionellen natürlichen Mischung aus 50% Kokosnussöl bio, 25% Sandelholzöl, 25% Ylang-Ylang | 59 |
| Grafik 15 Das FTIR Spektrum der traditionellen natürlichen Mischung aus 50% Kokosnussöl bio, 25% Sandelholzöl, 25% Ylang-Ylang, im Vergleich mit dem Spektrum des Kokosnussöl Bio, Sanelholzöl und Ylang-Ylang..... | 60 |
| Grafik 16 Illustration der gleichmässigen und ungleichmässigen lokalen Korrosion, angelehnt an die Darstellungen von Shreir 2000 S.156 | 91 |
| Grafik 17 Darstellung der des Korrosionsprozesse von Filiformkorrosion ©Roberge 2008 S.171-174.. | 92 |
| Grafik 18 Darstellung von Korrosionserscheinungen durch einen Fremdkörperpartikel auf der Oberfläche, nach Shreir 2000 S. 155 | 92 |
| Grafik 19 Die Resultate der REM EDX Analysen, ausgeführt von Dr. Markus Faller, Korrosionsexperte der EMPA Dübendorf. | 94 |