

Die Konservierung des Degens von Oberwil unter Einbeziehung aktueller Analyseverfahren

Autor(en): **Schmidt-Ott, Katharina / Hunger, Katja / Manes, David**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **71 (2014)**

Heft 2-3

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-558486>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Konservierung des Degens von Oberwil unter Einbeziehung aktueller Analyseverfahren

VON KATHARINA SCHMIDT-OTT, KATJA HUNGER UND DAVID MANNES

Der Oberwiler Degen wurde als Tauchfund aus dem Zugersee nass geborgen und nass ins Labor für archäologische Objektkonservierung im Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums transportiert. Zentrale Aufgabe der Konservierung und Restaurierung war es, die im Objekt enthalten kulturhistorischen Informationen zu entschlüsseln und die Schadensprozesse aufzuhalten, um die Erhaltung dieses bedeutenden Objektes auf lange Sicht sicherzustellen.

Nicht nur die Fundsituation des Degens am Seegrund war bemerkenswert, sondern auch der Erhaltungszu-

stand. Das Besondere an diesem Objekt war der fast vollständig erhaltene, bei näherer Betrachtung überaus reich verzierte Griff aus Holz. Das Holz des Griffes hatte seine Form durch das Seewasser, welches in den einzelnen Holzzellen eingelagert war, bewahrt.

Die eiserne Klinge war mit unterschiedlich starken Korrosionsschichten und Ablagerungen überzogen. Während der jahrhundertelangen Lagerung im See bildeten sich allmählich diese Konglomeratsschichten aus Eisenkorrosionsprodukten, Seegrund- und Wasserbestandteilen (Abb. 1 und Abb. 2).



Abb. 1 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Zustand bei Einlieferung ins Konservierungslabor, Vorderseite (Seite A) mit stärkerer Korrosionsschicht.



Abb. 2 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Zustand bei Einlieferung ins Konservierungslabor, Seite B mit dünnerer Korrosionsschicht.

Nun ist Eisen zwar ein hartes, für Waffen gut geeignetes Material, chemisch ist es aber auch sehr instabil. Der Zerfall verläuft in der Erde, bei geringen Sauerstoffkonzentrationen und auch unter Wasser vergleichsweise langsam.¹ Nach der Bergung aber setzt beim Kontakt mit Luftsauerstoff ein meist rasch fortschreitender Korrosionsprozess ein, der bis zum Zerfall eines Objektes führen kann.

Diese sekundäre Objektschädigung ist massgeblich vom Salzgehalt der Umgebung, in der das Objekt lagerte, abhängig. Je höher der Salzgehalt im Boden, am Seegrund oder im Wasser, umso mehr werden die Metallfunde mit Salzen durchsetzt, wobei Chloride bei der Schädigung eine bedeutende Rolle spielen.²

Um den Zerfall nach der Bergung zu verhindern und den Degen mit all den noch zugänglichen kulturgeschichtlichen Informationen optimal zu erhalten, war also eine schnellstmögliche Konservierung notwendig.

Die Herausforderung bei der Konservierung des Oberwiler Degens stellten die verschiedenartigen Materialien dar: Für die Eisenbestandteile musste die Konservierung rasch erfolgen, und um den weiteren Zerfall des Metalls zu verhindern, galt es, dieses langfristig in den trockenen Zustand zu überführen.

Für die Erhaltung des Holzes hingegen musste das Objekt zunächst nass gehalten werden, damit die Holzzellen mit Wasser gefüllt blieben. Erst nach der vollständigen Einbringung eines die Zellen stabilisierenden Konservierungsmittels durfte das Holz getrocknet werden, sonst wäre es stark geschrumpft, und es hätten Rissbildungen entstehen können.

In der Folge wurden alle unten beschriebenen Voruntersuchungen und Analysen am Objekt im nassen Zu-

stand durchgeführt. Der Degen wurde im Kühlraum mit Kompressen aus Zellstoff, demineralisiertem Wasser und Ethanol gelagert, um mikrobakteriellem Wachstum entgegenzuwirken.

Eine weitere Besonderheit bei der Konservierung des Objektes war die Begleitung der Arbeiten durch das Schweizer Fernsehen im Rahmen der Sendung Einstein³; unmittelbar nach der Fertigstellung der Konservierung fand zudem eine Ausstellung im Museum der Burg Zug statt.⁴

Voruntersuchungen

Für die Wahl der geeigneten Konservierungsmethoden und somit für die optimale Erhaltung dieses besonderen Objektes war zunächst ein besseres Verständnis der Materialien und des Zustandes notwendig.

Bei den ersten Betrachtungen von blossem Auge und unter dem Mikroskop konnten bereits zahlreiche Informationen gesammelt werden. Am auffälligsten war der mit einer Vielzahl kleiner metallischer Punkte verzierte Griff aus Holz. Diese Punkte sahen wie kleine Nagelköpfe aus und glänzten an einigen Stellen silbrig (Abb. 3).

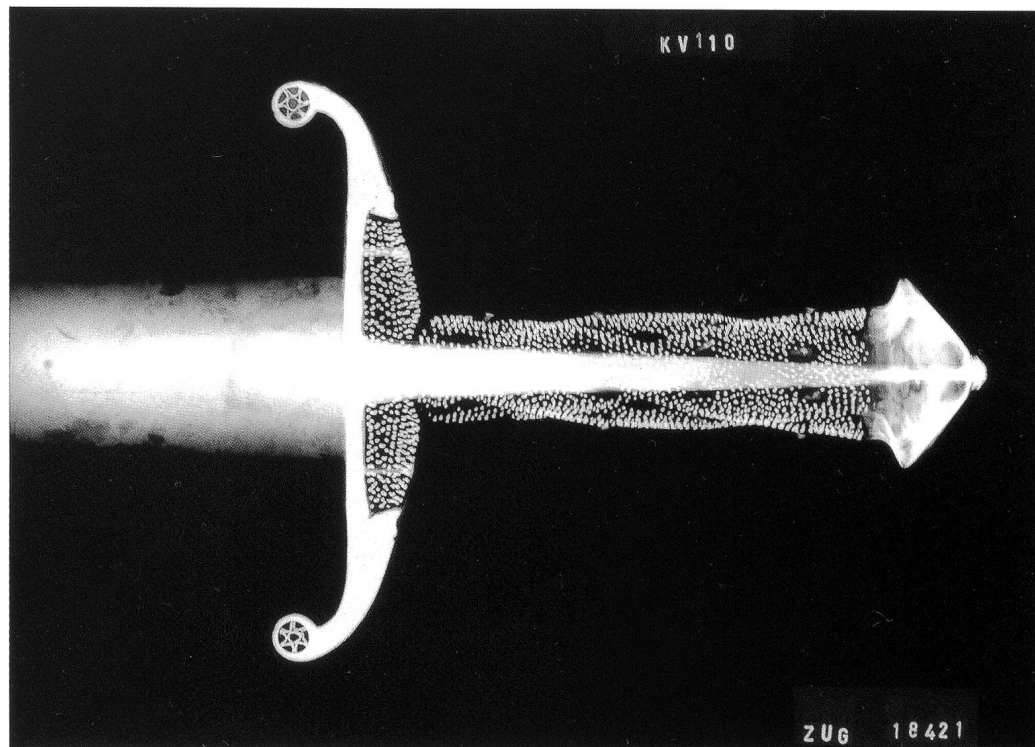
Auch im Bereich der Parierstange fand sich ein verzierter Einsatz aus Holz, auf dem Holzgriff waren zudem dunkle Auflagen, möglicherweise Reste von organischen Auflagerungen, sichtbar.

Was es nun mit den punktförmigen, nagelähnlichen Verzierungen auf sich hatte, ob sie möglicherweise aus Silber bestanden, wie Griff und Klinge miteinander verbunden waren, welche Materialien überhaupt vorlagen und viele weitere Fragen konnten nach der optischen Untersuchung allein aber nicht beantwortet werden.



Abb.3 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Detailansicht des Griffes mit Verzierungen. Gut erkennbar sind die regelmässigen Astansätze mit den grösseren Nägeln sowie die zahlreichen nagelförmigen Einlagen.

Abb.4 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Röntgenaufnahme im Bereich des Griffs, gut sichtbar sind die hellen nagelförmigen Einlagen.



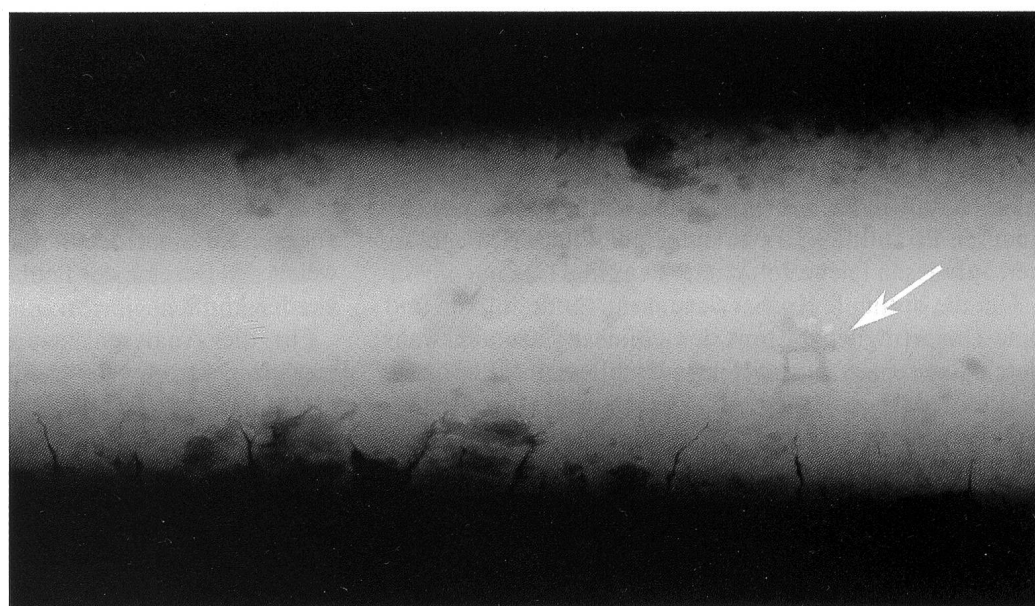
Als nächste Informationsquelle war daher zunächst eine Röntgenuntersuchung vorgesehen. Röntgenstrahlen werden je nach Material unterschiedlich absorbiert oder gestreut. Je dichter ein Material, umso heller erscheint es im Röntgennegativbild. Aufgrund der Dichteunterschiede können auf der Röntgenaufnahme so verschiedenartige Materialien, aber auch Abbaugrade erkannt werden. Diese liefern, ähnlich wie in der Medizin, wertvolle Hinweise zum Erhaltungszustand und helfen bei der Festlegung der notwendigen Konservierungsschritte.

Die ersten im Auftrag der Kantonsarchäologie Zug erfolgten digitalen Röntgenaufnahmen⁵ zeigten bereits

vielsprechende Details. Die kleinen nagelähnlichen, punktförmigen Einlagen hatten auffällig hellere Grauwerte⁶ als das Holz und das Eisen der Klinge, es lag also offenbar ein Material mit höherer Massenzahl oder Dichte vor. Ferner liess sich erkennen, dass beide Enden der Parierstange rund ausliefen und verziert waren. Ob dort Einlagen aus anderen Materialien vorhanden waren oder vielmehr fein durchbrochene Rosetten vorlagen, war auf den Röntgenbildern und mit blossen Auge nicht zu erkennen.

Eine zweite Röntgenuntersuchung⁷ im Konservierungslabor Archäologie und Museum Baselland bestätigte die

Abb.5 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Ausschnitt eines Röntgenbildes der Klinge. Auf der Klinge ist die Schlagmarke sichtbar (weisser Pfeil). Auch ist der vergleichsweise schlechte Erhaltungszustand der Klinge erkennbar. Vor allem im Randbereich liegen viele Risse und sehr stark korrodierte Stellen vor.



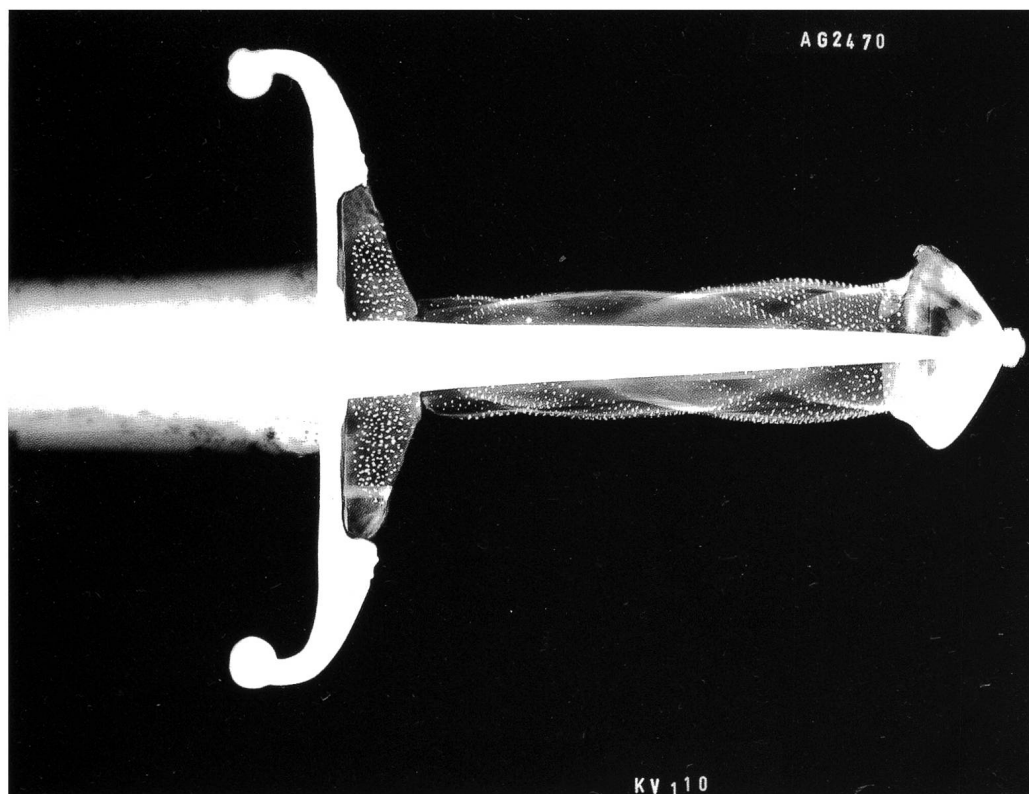


Abb.6 Degen aus Urdorf ZH, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Röntgenaufnahme. Im Bereich des Griffes fehlen zahlreiche der nagelförmigen Einlagen, hier liegt eine spätere Ergänzung vor. Schweizerisches Nationalmuseum, AG 2470.

Ergebnisse der ersten Aufnahmen (Abb.4 und Abb.5). Hierbei sollte vor allem parallel zum Oberwiler Degen ein weiterer Degen aus der Sammlung des Schweizerischen Nationalmuseums untersucht werden, da dieser bei näherer Betrachtung viele Ähnlichkeiten aufwies (Abb.6).

Durch die vergleichenden Röntgenaufnahmen sollten analoge Konstruktionsbefunde eruiert werden, die allenfalls auch wertvolle Hinweise für die bevorstehende Konservierung liefern könnten.

Auf den Aufnahmen liessen sich neben vielen Ähnlichkeiten auch einige Unterschiede feststellen. Auffällig war, wie fein der Degen aus Oberwil gearbeitet war. Deutlich sichtbar waren dagegen ergänzte Bereiche am Griff des Urdorfer Degens, in diesen Bereichen fehlten auf dem Röntgenbild auch die Einlagen. Die Enden der Parierstange waren beim Degen aus Urdorf zudem massiv und zeigten keine Verzierungen.

Die Klingen der beiden Degen stammten je aus einer anderen Produktion, da sie unterschiedliche Schlagmarken aufwiesen (siehe JONATHAN FREY, S.111).

Um die optimale Konservierungsmethode wählen und eine Unverträglichkeit mit den üblicherweise angewendeten Konservierungsmitteln ausschliessen zu können, fehlten jedoch noch Detailinformationen über die verwendeten Materialien.

Daher galt es zunächst, das Holz des Griffes zu analysieren. Hierzu wurden an einer Seite des Griffes, bei der eine alte Fehlstelle vorlag, kleine Holzproben entnommen. Anhand von Quer-, Radial- und Tangentialschnitten konnte die Holzart bestimmt werden.⁸

Der Griff und das Holz auf der Parierstange bestanden aus zwei Buchsbaumstücken. Beim Griff handelte es sich um ein Stämmchen mit regelmässigen Astansätzen. Durch die Bearbeitung des Holzes, vor allem durch die eingeschnittenen Kehlen, wurde der Eindruck erweckt, es sei drehwüchsig. Auffällig waren neben den vielen kleinen punktförmigen Einlagen auch grössere Nägel, die jeweils genau in einem solchen Astansatz steckten (Abb.3). Diese Astansätze waren sehr regelmässig angeordnet. Der Durchmesser der Nagelköpfe betrug etwa 2,5 mm. Erst nach der Reinigung wurde deutlich, dass diese Erhöhungen nur teilweise Astansätze waren, an einigen Stellen aber vielmehr künstlich geschnitzt und durch die Nagelköpfe vor Abnutzung geschützt wurden.

Die Materialzusammensetzung der zahlreichen punktförmigen Einlagen und der grösseren Nägel in den Astansätzen war von grossem Interesse. Die Analyse erfolgte zum einen an der Oberfläche der grösseren Nägel, zum anderen an einer der kleinen punktförmigen Einlagen, welche im Bereich der Fehlstelle des Holzes entnommen werden konnte.⁹

Für die Analysen¹⁰ wurde die Mikro-Röntgenfluoreszenzspektrometrie (μ -RFA) eingesetzt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Elementzusammensetzung direkt am Objekt zerstörungsfrei unter atmosphärischen Bedingungen bestimmt wird. Bei dieser Methode wird das Untersuchungsobjekt mit energiereicher Röntgenstrahlung bestrahlt.

Es kann eine Multielementqualifizierung durchgeführt werden – mit nur einer Messung lassen sich damit

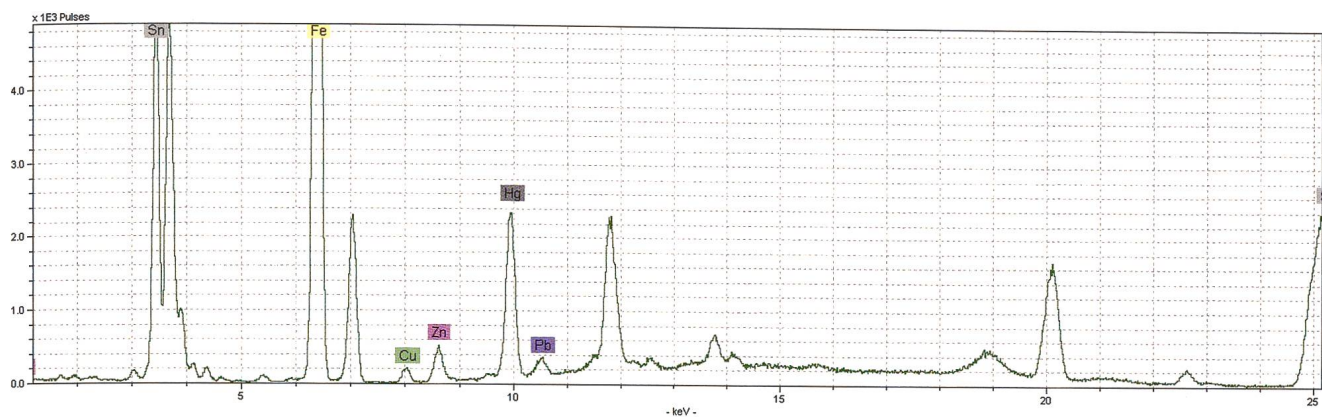


Abb. 7 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. RFA-Spektrum einer punktförmigen Einlage im Griff. Die Elementsignale für Zinn, Eisen, Quecksilber, Kupfer, Zink und Blei sind deutlich erkennbar.

sämtliche Elemente der Ordnungszahlen zwischen Natrium und Uran erfassen.¹¹

Der Degen musste während der Analysen stets feucht gehalten werden, damit die organischen Reste auf der Klinge und der Holzgriff nicht Schaden nahmen. Daher wurde zur Messung jeweils nur ein kleiner Bereich um die Messstelle ausgepackt, der Rest des Degens blieb stets mit den feuchten Kompressen bedeckt. Zudem wurden die Messzeiten so gering wie möglich gehalten, um das Objekt vor dem Austrocknen zu schützen.

Die Ergebnisse der Röntgenfluoreszenzanalyse für die kleinen punktförmigen Einlagen im Holzgriff waren überraschend, lag doch keinesfalls – wie zuerst angenommen – Silber vor. Vielmehr wiesen die Einlagen einen hohen Anteil an Zinn, Eisen und Quecksilber auf. Geringe Konzentrationen an Kupfer, Zink und Blei konnten ebenfalls detektiert werden (Abb. 7).¹² Ein Linienscan über eine dieser Einlagen zeigte eine gleichmässige Verteilung der Elemente über deren Längsachse, das heisst, die genannten Elemente befanden sich also nicht nur an der sichtbaren Oberfläche der Einlage. Das Material wurde als Zinnamalgame identifiziert.¹³ Zinnamalgame glänzen und wurden in der Vergangenheit beispielsweise auch für die Herstellung von Spiegeln verwendet.

Die grösseren Nägel in den regelmässigen Astlöchern konnten eindeutig als Eisennägel identifiziert werden.

Des Weiteren fielen weisse, fast tröpfchenartige Bereiche an einigen Stellen der punktförmigen Einlagen auf. Diese wurden ebenfalls untersucht.

Es wurde deutlich, dass diese vorwiegend aus Zinn, Eisen und Quecksilber bestanden. Auch geringe Konzentrationen an Kupfer, Zink und Blei konnten detektiert werden.

An dem bereits mit Röntgenstrahlen parallel untersuchten, sehr ähnlichen Degen aus der Sammlung des Schweizerischen Nationalmuseums aus Urdorf¹⁴ wurden ebenfalls vergleichende Materialanalysen durchgeführt.

Diese zeigten, dass die punktförmigen Einlagen an diesem Griff gleichermassen vorwiegend aus Zinn, Eisen und Quecksilber sowie aus geringen Anteilen an Kupfer und Zink bestanden und damit eine ähnliche Zusammensetzung wie die des Oberwiler Degens aufwiesen.¹⁵

Anschliessend wurden die im Bereich des Griffes des Oberwiler Degens andeutungsweise vorhandenen organischen Reste näher untersucht.¹⁶ Es handelte sich dabei möglicherweise um sehr stark abgebautes Leder. Leider war das Material so stark zersetzt, dass keine weiteren Aussagen dazu gemacht werden konnten. Daher wurde es nach einer eingehenden Dokumentation bei der späteren Freilegung der Klingenoberfläche entfernt.

Konservierung

Bei den Konservierungsarbeiten wurden zunächst die Nägel, die punktförmigen Einlagen im Griff und der Holzgriff selber gereinigt. Die Reinigung erfolgte mittels einem Gemisch aus deionisiertem Wasser und Ethanol befeuchteten Wattestäbchen. Für die Konservierung des Griffes sollte in der Folge die Alkohol-Ether-Harz-Methode eingesetzt werden. Andere, in der Holzkonservierung vielfach angewandte Methoden in wässrigen Lösungen konnten hier nicht weiter berücksichtigt werden, da die Metalle, vor allem das Eisen, in den wässrigen Lösungen korrodiert wären.

Die Alkohol-Ether-Harz-Methode eignet sich besonders für die Konservierung von Holz in Verbindung mit anderen Materialien, sogenannten Kompositobjekten. Es kommt in der Regel zu keiner Grössenveränderung des Holzes, und Metalle werden nicht angegriffen.

Für die Anwendung dieser Konservierungsmethode ist ein speziell eingerichtetes Labor mit besonderen Sicherheitsvorkehrungen notwendig, da explosive Lösungsmitteldämpfe entstehen können. Die Ergebnisse sind aber sehr gut, sodass dieses Verfahren trotz seiner Komplexität

tät für besonders wertvolle oder anspruchsvolle Objekte am Schweizerischen Nationalmuseum angewendet wird.

Als Vorbereitung wurde der Degen wie bei jeder Konservierungsarbeit zunächst eingehend dokumentiert. Für die Behandlung im Bad wurde ein Aluminiumgefäß vorbereitet. Damit nur der Griff und nicht die Klinge im Bad lag, wurden in das Gefäß zwei mit Kork gepolsterte Querstangen eingepasst, sodass das Schwert schräg darauf zu liegen kam. Der Aluminiumbehälter kam dann im Sicherheitslabor auf einen geerdeten Tisch zu stehen.

Nach dem Hineinlegen des Degens wurde eine passende Glasscheibe auf den Innenrand des Badgefäßes gelegt und mit Latexmilch abgedichtet. Eine verschliessbare Lochbohrung mit etwa 15 mm Durchmesser in der Glasscheibe war während der nachfolgenden Behandlungsschritte die einzige Gefäßöffnung. Durch diese wurden mittels einer druckluftbetriebenen Pumpe mit leitfähigen Kunststoffschläuchen in der Folge alle Badwechsel vollzogen (Abb. 8).

Die Alkohol-Ether-Harz-Methode selbst erfolgt in mehreren Arbeitsschritten.¹⁷ Der Ablauf der Methode ist in Abb. 9 schematisch dargestellt.

Als erster Behandlungsschritt wurde das Wasser in den Zellen durch Ethanol¹⁸ ersetzt. Ethanol ist beliebig in Wasser lös- und mischbar. Begonnen wurde die Entwässerung des Holzgriffes mit etwa 60 bis 70-prozentigem Ethanol. Die Konzentration des verwendeten Ethanols wurde bei jedem Badwechsel erhöht, bis zum Schluss die Dichte des absoluten Alkohols erreicht war. Dem Holz wurde so das Wasser sukzessive entzogen, wobei die Badwechsel etwa alle zwei Wochen stattfanden. Durch Dichtemessungen mit einem Aräometer liess sich der Austauschvorgang zwischen Wasser und Ethanol verfolgen. Insgesamt fanden sechs Badwechsel statt.

Im zweiten Schritt wurde das Ethanol durch Diethylether¹⁹ ersetzt. Dieses Lösungsmittel ist besonders gefährlich, da es explosives Diethylether-Peroxid bilden kann, zudem ist es narkotisierend. Diethylether ist nur



Abb. 8 Aluminiumgefäß mit zwei Querstangen, auf welchen der Degen ruht. Die Lösungsmittel werden durch einen geerdeten Schlauch eingebracht.

bedingt in Wasser löslich (6,9 g /100 ml (20°C)), mischt sich jedoch beliebig mit Ethanol.

Das Ethanol in den Holz zellen wurde auf diese Weise nach und nach durch Diethylether ersetzt. Mit jedem der durchgeführten fünf Badwechsel wurde die Konzentration des Diethylethers erhöht. Der Austauschvorgang konnte mit einem Farbindikator²⁰ überprüft werden.

Im dritten Arbeitsschritt wurde der Griff des Degens in eine Harzlösung²¹ eingelegt, welche in Diethylether löslich ist. Die Eindringzeit ist generell abhängig von der Grösse und dem Abbaugrad des Holzobjektes; sie betrug beim Degengriff zehn Wochen.

Als Vorbereitung für den Trocknungsprozess wurde der Griff des Degens noch feucht eng mit Seidenpapierstreifen umwickelt. Diese Massnahme sollte die kleinen

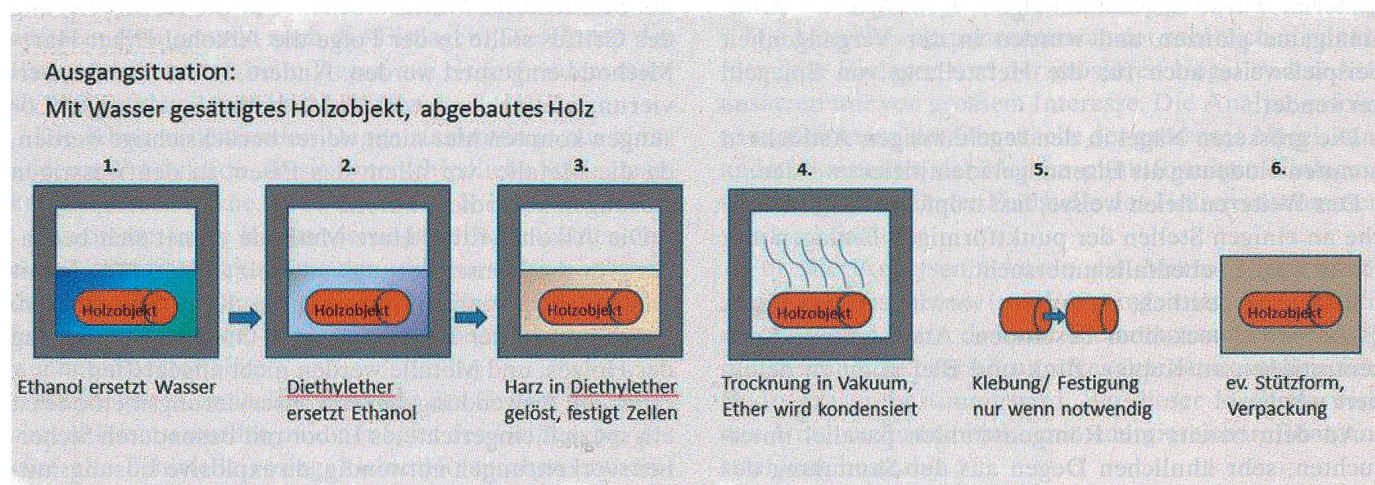


Abb. 9 Schematische Darstellung der Alkohol-Ether-Harz-Methode.

Abb.10 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Entfernung der harten Korrosionsschichten mit dem Mikrofeinstrahlgerät. Das ausgesprochen feinkörnige Strahlgut wird durch die feine Düse am Handstück gezielt auf die Korrosionsschichten gerichtet.



punktförmigen Einlagen sichern, falls es beim Trocknungsprozess zu einem unvorhersehbaren Schrumpfen des Holzes gekommen wäre, was eine Lockerung beziehungsweise ein Ausfallen der Einlagen zur Folge hätte haben können.

Anschliessend galt es, den mit Harzlösung getränkten Holzgriff gemeinsam mit dem ganzen Degen im Vakuum zu trocknen. Hierzu kam ein mit einer explosionsgeschützten Pumpe verbundener Vakuumkessel zum Einsatz. Der Degen wurde hierbei im Aluminiumgefäss liegend in den Vakuumkessel eingelegt. Der Druck im Gefäss wurde auf etwa 40 Kilopascal (0,4 bar) abgesenkt. Durch die Verdampfung des Ethers erfolgte ein Druckanstieg im Gefäss. Für den Trocknungszyklus wurden die Etherdämpfe daher mehrfach abgepumpt, bis das Vakuum konstant blieb.

Das Ergebnis nach der Trocknung war sehr zufriedenstellend. Das Griffholz war nur sehr wenig geschrumpft, die punktförmigen Einlagen waren alle fest im Holz verblieben.

Es folgte eine erneute Reinigung des Holzgriffes mit einem trockenen Pinsel und ethanolgetränkten Wattestäbchen. Danach wurde die Oberfläche des Holzes und der punktförmigen Einlagen mit einer zweiprozentigen Lösung aus Paraloid B-72²² in Aceton stabilisiert. Der Auftrag erfolgte mittels Pinsel.

Dann erst konnte als nächster Konservierungsschritt die Freilegung der Eisenbestandteile an der Parierstange und der Klinge erfolgen. Dafür wurde der Holzgriff mit mehreren Lagen einer gut anliegenden Polyethylenfolie geschützt.

Die Freilegung des Metalls erfolgte mechanisch mithilfe eines Mikrofeinstrahlgerätes. Dabei wurden die

harten Korrosionsschichten mit feinem Strahlgut aus Glasperlen und in einzelnen Bereichen mit Aluminiumoxid abgetragen (Abb.10).

Eine besondere Herausforderung bei der mechanischen Freilegung war der vergleichsweise schlechte Erhaltungszustand der Klinge. Bereits auf den Röntgenaufnahmen war zu sehen, dass die Klinge mehrfach eingerissen und vor allem in den Randbereichen sehr fragil war (siehe oben Abb.5).

Unter den harten Korrosionsschichten lag die sehr empfindliche Oberfläche des Degens. An einzelnen Stellen war der Einsatz des Mikrofeinstrahlgerätes zu riskant, hier wurde die Oberfläche schliesslich mit sehr weichen Gummipolierrädchen freipräpariert (Abb.11).

Während der Freilegungsarbeiten am Degen wurden an der Schlagmarke zwei kleine silberfarbene Einlagen sichtbar (Abb.12). Die Materialzusammensetzung dieses Bereiches wurde mit μ -RFA untersucht. Es war von grossem Interesse, ob es sich hier um das gleiche Metall wie bei den punktförmigen Einlagen handelte.

Die Marke wurde auf den silberfarbenen Stellen direkt mit Einzelmessungen analysiert, ausserdem erfolgte ein Flächenscan über die gesamte Marke. Die RFA-Resultate an der Oberfläche der silbrigen Bereiche ergaben vorwiegend Zinn. Silber konnte keines detektiert werden. Der Flächenscan wies an den silbrigen Stellen Zinn, an der übrigen Marke nur Eisen aus.

Des Weiteren wurden die Enden der Parierstange auf mögliche Einlagenreste hin untersucht. Wären Einlagen aus anderen Materialien wie zum Beispiel Glas vorhanden, dürften diese keinesfalls bei der mechanischen Freilegung entfernt werden.



Abb.11 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Freilegung der empfindlichen Oberfläche mit rotierenden Gummirädchen.

Es wurden drei Einzelpunktmessungen durchgeführt,²³ bei denen vorwiegend Eisen bestimmt wurde. Ein Hinweis auf Einlagenreste wurde nicht gefunden.

In der Folge galt es, die Endknöpfe der Parierstange vorsichtig freizulegen. Gut sichtbar waren nun die feinen Zierbleche in Rosettenform im Inneren der Endknöpfe der Parierstange. Diese wurden ebenfalls mit der RFA untersucht, um allenfalls ein anderes Metall zu identifizieren. Die Ergebnisse²⁴ zeigten, dass es sich hier gleichermaßen um Eisen handelte.

Abschliessend wurden die Oberfläche der Klinge und die aus Eisen bestehenden Teile des Griffes mit einer fünfprozentigen Lösung aus Paraloid B-72 in Aceton geschützt. Der Auftrag erfolgte mittels Pinsel.

Nach der abgeschlossenen Konservierung wurde der Degen erneut eingehend dokumentiert (Abb.13 und Abb.14).

Die fachgerecht verpackte Griffwaffe konnte schliesslich zurück in den Kanton Zug transportiert werden. Für die Langzeiterhaltung ist es nun wichtig,



Abb.12 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Bereich der Schlagmarke während der Freilegung.



Abb.14 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Zustand nach der Konservierung. Detail von Griff und Klinge.

dass sie in einem möglichst stabilen Klima bei etwa 45 bis 50 % relativer Luftfeuchtigkeit gelagert und ausgestellt wird.

Fragen zur Konstruktion

Erst im Verlauf der wissenschaftlichen Bearbeitung tauchten zahlreiche Fragen zur Konstruktionsweise des Degens auf. Die gemachten Röntgenaufnahmen und Materialanalysen konnten Vieles beantworten. Ein Blick in den Degen «hinein» sollte aber erst durch eine Kombination von Röntgenanalyse und Neutronenradiografie möglich werden.

Eine solche Untersuchung konnte in der Folge am Paul Scherrer Institut durchgeführt²⁵ werden. Der Degen wurde nacheinander mit der sogenannten Neutronentomografie und mit Röntgentomografie untersucht. Bei diesen Analysen kann zerstörungsfrei das genaue dreidimensionale Abbild des gesamten Volumens eines Gegenstandes erzeugt werden. Hierfür wird das zu untersuchende Objekt zunächst mittels Neutronen beziehungsweise Röntgenstrahlen aus verschiedenen Blickwinkeln durchleuchtet.²⁶ Jede dieser Durchleuchtungen²⁷ lieferte ein Bild analog zum konventionellen Röntgenbild beim Arzt, jedoch in digitalem Format, womit das dreidimensionale Probenvolumen²⁸ errechnet werden konnte. Um diese Ansichten zu erhalten, wurde zunächst eine Spezialhalterung aus Aluminium gebaut.²⁹ Auf diese Weise sicher fixiert, wurde der Degen aus verschiedenen Richtungen mit thermischen Neutronen aus der Neutronenquelle SINQ des Paul Scherrer Instituts an der Anlage NEUTRA durchstrahlt. An der gleichen Anlage mit identischem Versuchsaufbau erfolgten im Anschluss an die Neutronenmessungen noch Röntgenmessungen (mit 180 Kilovolt). Aus der Gesamtheit dieser Bilder liessen sich somit die gesamte Material-

Abb.13 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Zustand nach der Konservierung.

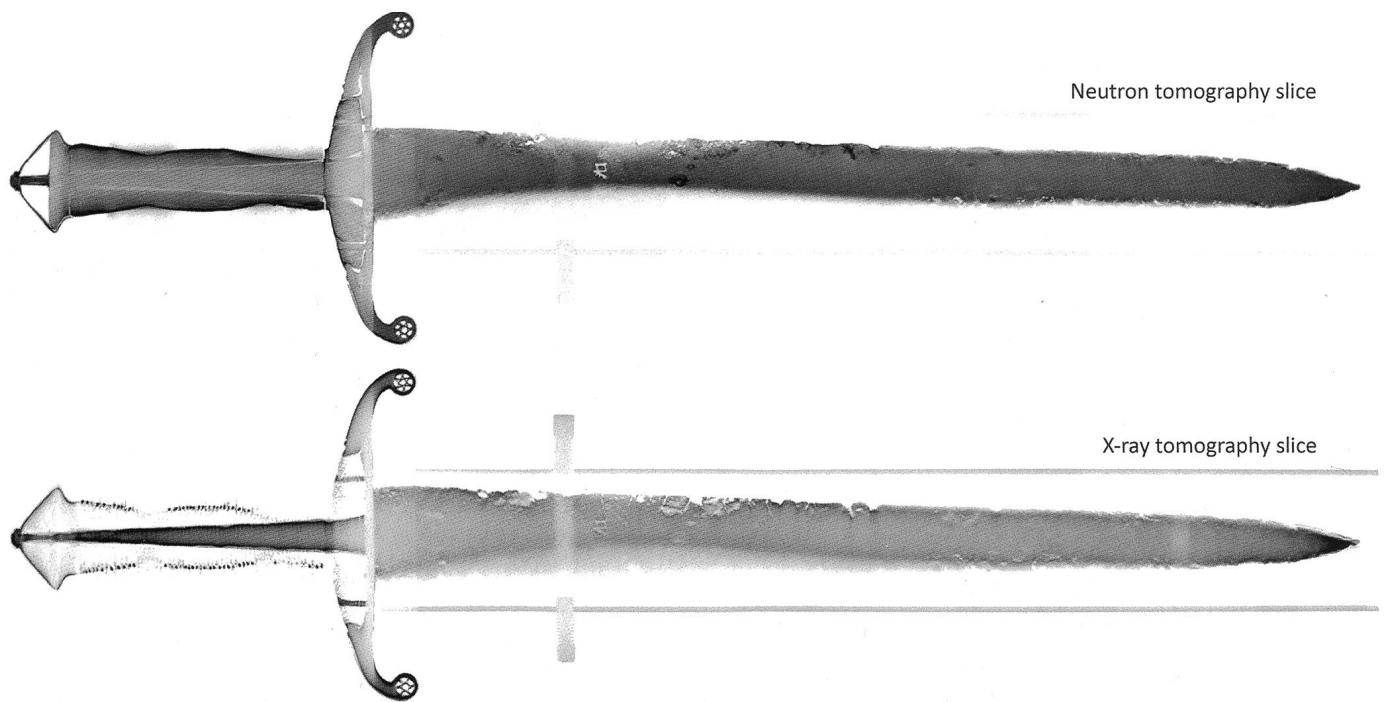


Abb. 15 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. Im Neutronenbild (oben) sind vor allem die Strukturen aus Holz gut erkennbar, während das Röntgenbild (unten) die Ziereinlagen aus Zinnamalgam deutlich zeigt.

verteilung im Inneren des Degens bestimmen und Ansichten beziehungsweise Schnittbilder des 3D-Volumens ableiten. Dabei wurde ausgenutzt, dass sich Neutronen und Röntgenlicht in ihrem Abschwächungsverhalten ergänzen: Während Neutronen Metalle gut durchdringen und einen hohen Kontrast für organisches Material wie etwa Holz liefern, zeigen Röntgenstrahlen einen hohen Kontrast für Metalle, durchdringen dafür Holz sehr gut (Abb.15).

Somit sind die beiden Datensätze (mit thermischen Neutronen beziehungsweise 180 kV Röntgenstrahlung) komplementär und ergänzen sich ideal (siehe Abb.15 und Abb.16). Die einzelne Untersuchungsmethode liefert nur unvollständige Informationen zur Beschaffenheit des Objekts. Erst die kombinierte Nutzung von Röntgen- und Neutronentomografie erlaubt es, einen gesamthaften Eindruck zu erhalten. Durch rechnerische Kombination der Datensätze lassen sich beispielsweise sehr aussagekräftige dreidimensionale Modelle des Degens erstellen (Abb.16).³⁰

Die Ergebnisse waren vor allem für das Verständnis der Herstellung und für den Nachbau eines neuen Degens analog zum Original sehr wertvoll (siehe Beitrag zum Nachbau, S. 129).

ADRESSEN DER AUTORINNEN UND DES AUTORS

Dr. Katharina Schmidt-Ott, Schweizerisches Nationalmuseum, Sammlungszentrum, Archäologie, Lindenmoosstrasse 1, CH-8910 Affoltern am Albis, katharina.schmidt-ott@snm.admin.ch
 Katja Hunger, Ludwig-Maximilians-Universität München, Departement für Geo- und Umweltwissenschaften, Theresienstrasse 4, D-80333 München, katja.hunger@lmu.de
 Dr. David Mannes, Paul Scherrer Institut Villigen, NIAG Group ASQ Division WBBA/112, CH-5232 Villigen PSI, david.mannes@psi.ch

ANMERKUNGEN

- ¹ DELFINE NEFF / PHILIPPE DILLMANN / LUDOVIC BELLOT-GURLET / GERAND BERANGER, *Corrosion of iron archaeological artefacts in soil: characterisation of the corrosion system*, in: *Corrosion Science* 47, 2005, S. 515–535.
- ² LYNSIE SELWYN / P. JANE SIROIS / VASILIKE ARGYROPOULOS, *The corrosion of excavated archaeological iron with details on weeping and akaganéite*, in: *Studies in Conservation* 44, 1999, S. 217–232. – Lyndsie Selwyn, *Overview of archaeological iron: the corrosion problem, key factors affecting treatment, and gaps in current knowledge*, in: *ICOM Proceedings of Metal 2004*, National Museum of Australia, hrsg. von JOHN ASHTON / DAVIS HALLAM, Canberra 2004, S. 294–306. – SOLENN REGUER, *Phases chlorées sur les objets archéologiques ferreux corrodés dans les sols. Caractérisations et mécanismes de formation*, Thèse, Université de Paris XI, 2005.
- ³ Ausstrahlung 1. März 2011.
- ⁴ Excalibur aus dem Zugersee, 3. März 2012 bis 30. September 2012, Museum Burg Zug.
- ⁵ Röntgen durchgeführt im Zuger Kantonsspital, verwendete Kilovolt nicht bekannt.
- ⁶ Im Negativbild.
- ⁷ Durchgeführt durch Nicole Gebhard, Archäologie und Museum Baselland, Liestal, Konservierungslabor, 120 Kilovolt, 30 Sekunden.
- ⁸ Analyse durch Werner H. Schoch, Labor für Quartäre Hölzer, Langnau am Albis.
- ⁹ Entnahme durch Jana Glur, Abteilung Archäologische Konservierung im Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums.
- ¹⁰ Analysen durch Katja Hunger, Vera Hubert, Marie Wörle, Konservierungsforschung im Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums.
- ¹¹ Für die Messungen am Schwert von Oberwil kam das mobile Röntgenfluoreszenzgerät ARTAX 800 der Firma Bruker mit einer Rhodiumröntgenröhre und einem motorisierten Messkopf zum Einsatz. Das Gerät ermöglicht Punktmessungen, Linien- und Flächenscans. Für die Analysen wurde eine Röhrenspannung von 50 Kilovolt und eine Stromstärke

Abb.16 Degen aus Oberwil, Rämatt ZG, zweite Hälfte 15. Jahrhundert. 3D-Visualisierung einer kombinierten Neutronen- und Röntgentomografie. Die Holzdetails stammen aus dem Neutronendatensatz, die Informationen über die dekorativen Zinnamalgamelemente lieferte hauptsächlich der Röntgendatensatz. Die Farben entsprechen nicht den vorliegenden Materialien, sondern dienen nur zur besseren Unterscheidung der verschiedenen Konstruktionselemente.



- ke von 600 μA gewählt. Die Grösse des Messflecks betrug 80 m. Bei Punktmessungen wurden 1–5 Einzelpunkte sowie eine Messzeit von 300 Sekunden pro Messpunkt verwendet, bei Linien- und Flächenscans eine Messzeit von 60 Sekunden. Zur Auswertung wurde das Programm ARTAX verwendet.
- ¹² SCHWEIZERISCHES NATIONALMUSEUM, Analysenbericht 10. 10401.
- ¹³ SCHWEIZERISCHES NATIONALMUSEUM, Analysenbericht 11. 10034.
- ¹⁴ Schweizerisches Nationalmuseum, Inv. Nr. AG2470.
- ¹⁵ SCHWEIZERISCHES NATIONALMUSEUM, Analysenbericht 11. 10021.
- ¹⁶ Untersuchung durch Dr. Antoinette Rast-Eicher, Archeotex, Ennenda, und Werner H. Schoch, Labor für Quartäre Hölzer, Langnau am Albis.
- ¹⁷ Die Konservierung des Holzes im Sicherheitslabor erfolgte gemeinsam mit Cédric André, Abteilung Archäologische Konservierung im Sammlungszentrum des Schweizerischen Nationalmuseums.
- ¹⁸ Ethanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) hat eine Dichte von $0,79 \text{ g cm}^3$ und einen Siedepunkt von 78°C .
- ¹⁹ Diethylether stabilisiert mit 5–7 ppm BHT. Diethylether ($\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$) hat eine Dichte von $0,71 \text{ g cm}^3$ und einen Siedepunkt von $34,6^\circ\text{C}$.
- ²⁰ Dies geschieht durch die Beobachtung der Löslichkeitsabnahme eines alkohollöslichen Farbstoffes (Rhodamin B, Ciba). Hierzu wird dem Behandlungsbad eine kleine Probe der Etherlösung entnommen. – Es werden dann jeweils etwa 5 Milliliter Probenlösung mit einer Spatelspitze (ca. 20 Milligramm) Rhodamin B gemischt. Wichtig ist hierbei ein Farbstoffüberschuss. Je höher der Ethanolgehalt, desto

kräftiger ist die Rotfärbung der Lösung. Die Bestimmung der Konzentration erfolgt kolorimetrisch mit dem Farbvergleich zu einer geeichten Verdünnungsreihe. Eine reine Etherlösung zeigt keinerlei Färbung.

- ²¹ Die verwendete Standard-Harzlösung hatte folgende Zusammensetzung: 70,7 % Diethylether, 16,1 % Dammarharz, 6,4 % Kolophonium, 3,2 % Dienol D102, 3,2 % Rizinusöl und 0,4 % PEG 400.
- ²² Paraloid B-72 ist ein Acrylatesterpolymerisat.
- ²³ SCHWEIZERISCHES NATIONALMUSEUM, Analysenbericht 12. 10020.
- ²⁴ SCHWEIZERISCHES NATIONALMUSEUM, Analysenbericht 13. 10172.
- ²⁵ Durchgeführt von Dr. David Mannes, Paul Scherrer Institut Villigen.
- ²⁶ Bei der Neutronenanalyse wird ein Objekt aus 625 verschiedenen Richtungen über eine 360° -Rotation mit Neutronen «durchleuchtet» und jeweils ein Projektionsdatensatz erzeugt.
- ²⁷ Eine Durchleuchtung ist ein Radiogramm (Projektion).
- ²⁸ Das dreidimensionale Probenvolumen kann mithilfe eines Rekonstruktionsalgorithmus errechnet werden.
- ²⁹ Konstruktion der Halterung durch Jan Hovind, Paul Scherrer Institut Villigen.
- ³⁰ Die Visualisierung der Tomografiedatensätze erfolgte durch Florian Schmid (Paul Scherrer Institut Villigen).

ABBILDUNGSNACHWEIS

Abb. 1–14: Autorinnen und Autor.

Abb. 15: Paul Scherrer Institut Villigen, Florian Schmid.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Herausforderung bei der Konservierung des Oberwiler Degens waren die unterschiedlichen Anforderungen der verschiedenen Materialien. Mit der Alkohol-Ether-Harz-Methode konnten die Holzbestandteile optimal konserviert werden, mit dem Vorteil, dass das Verfahren auch gefahrlos für die Metallbestandteile war. Farbe und Struktur verschiedener Materialien bleiben zudem erhalten, und nach der Konservierung können auch in Zukunft noch verschiedenste Untersuchungen durchgeführt werden. Um den Degen nun auch langfristig zu stabilisieren, ist weiterhin eine optimale Handhabung und Lagerung wichtig.

Das Zusammenspiel der verschiedenen Spezialistinnen und Spezialisten und der durchgeführten Analysen vor und während der Konservierungsarbeiten waren wichtig, um die idealen Methoden für die Erhaltung des Schwertes auswählen zu können. Die Summe aller Analyseschritte führte zu einer Vielzahl neuer interessanter Erkenntnisse zum Degen von Oberwil. Die vorliegenden vielfältigen Informationen zu den verwendeten Materialien und der Konstruktion des Degens fügen sich nun wie Puzzlestücke zu einem Gesamtbild und erhellen die Umstände, in denen der Degen entstanden ist und wofür er diente.

RÉSUMÉ

Les différentes exigences des nombreux matériaux dont est constituée l'épée d'Oberwil ont représenté un véritable défi lors de sa conservation. Les éléments en bois ont pu être conservés grâce à la méthode alcool-éther-résine, qui présente par ailleurs l'avantage de n'être aucunement dangereuse pour les parties métalliques. Par ailleurs, la couleur et la structure des différents matériaux sont restées intactes et il sera possible, même après la conservation de l'objet, d'effectuer les analyses les plus diversées. Pour stabiliser durablement l'épée, il est également important de la manier et de l'entreposer de manière optimale. L'interaction entre les différents spécialistes et les analyses accomplies avant et après les travaux de restauration s'est avérée primordiale pour le choix des meilleures méthodes de conservation. L'ensemble des procédures d'analyse a permis d'aboutir à toutes sortes de nouvelles données concernant l'épée d'Oberwil. Les multiples informations obtenues sur les matériaux utilisés et la fabrication de l'épée permettent désormais d'avoir une vue d'ensemble et clarifient les circonstances dans lesquelles l'épée a été réalisée et l'usage qui en a été fait.

RIASSUNTO

La sfida costituita dalla conservazione della spada ritrovata a Oberwil (ZG) era rappresentata in primo luogo dalle molteplici esigenze legate ai diversi materiali che compongono il reperto. L'applicazione di un metodo a base di alcol, etere e resina ha reso possibile conservare in modo ottimale gli elementi lignei dell'oggetto, escludendo al contempo possibili pregiudizi a danno degli elementi in metallo. L'intervento ha inoltre permesso di conservare il colore e la struttura di diversi materiali, al punto tale da consentire in futuro, a restauro terminato, altre indagini. Per mantenere stabile nel tempo la spada è importante garantire una manutenzione e una conservazione ottimali.

La collaborazione tra i diversi esperti e le analisi svolte prima e dopo i lavori di restauro sono stati importanti al fine di individuare i metodi ideali per conservare l'arma. La somma delle diverse fasi di analisi ha consentito di ottenere un numero di interessanti conoscenze sulla spada di Oberwil. Le diverse informazioni ottenute sui materiali usati e sulla costruzione dell'arma si integrano come i tasselli di un mosaico in un quadro complessivo e illuminano le circostanze in cui il reperto è stato fabbricato e gli scopi per i quali è stato utilizzato.

SUMMARY

The challenge in conserving the dagger from Oberwil lay in doing justice to the requirements of the various materials out of which it is made. The alcohol-ether-resin method ensured that the parts made of wood could be optimally preserved with the advantage of doing no harm to the metal parts. In addition, the colour and structure of the various materials were preserved and it is a method that allows for a wide variety of examinations in future. Optimal treatment and storage are important to ensure that the dagger is stabilized in the long-term.

The input from different cooperating specialists and the analyses that were conducted before and during the preservation process were important in order to select ideal methods for the conservation of the sword. The sum of all the steps in the analysis led to numerous new and very interesting insights into the dagger from Oberwil. The diversity of information on the materials used and the construction of the dagger now fall into place like the pieces of a puzzle, providing an overall picture and illuminating the production and use of the dagger.