

# Radiographie – Radioskopie – Computertomographie: Vergleichende Darstellungen an Kunstobjekten zur Beurteilung bei Fälschungen und unter restauratorischen Aspekten im Spiegel des Kunstrechts

Karin U. BERG, Hans W. BERG  
BMB (74078 Heilbronn, Wannackerstraße 63)

**Kurzfassung.** Der Kunstmarkt, um sich gegen Fälschungen zu wappnen, nimmt immer mehr naturwissenschaftliche Untersuchungen in Anspruch. Digitale Radiographie und Computertomographie sowie Microfocusanlagen erlauben im Bedarfsfall, bei bestehenden Zweifeln, immer bessere Einschätzungen zu geben. Auch im Bereich der Restaurierung von Kunstgegenständen bieten für den Restaurator derartige Untersuchungsmethoden eine verlässliche Möglichkeit, wenn es um den Erhaltungszustand von Kunstwerken geht. Die Frage echt oder falsch wird aus kunstrechtlicher Sicht mit dem Vorhandensein von Sachmängeln eines Kunstwerkes betrachtet.

## Einführung

Auf der 4. Internationalen Konferenz Zerörungsfreie Untersuchungen an Kunst- und Kulturgütern in Berlin im Oktober 1994 wurde der Portraitkopf aus Holz der Ägyptischen Königin Teje gezeigt, der mittels Computertomographie die unter ihrer Kopfbedeckung verborgene Königskrone sichtbar werden ließ, die durch eine Haube mit blauen Glasperlen verdeckt war. Damit konnte ein wertvoller Hinweis auf den Wandel ihrer gesellschaftlichen Stellung gegeben werden.<sup>[1]</sup> Jedoch nicht nur kunstwissenschaftlich bedeutende Aussagen lassen sich mittels Computertomographie und Röntgen gewinnen sondern auch Aussagen über den Erhaltungszustand, Aufbau und um welche verwendeten Holzarten es sich handelt. Altersbestimmung mit Hilfe der so gewonnenen Daten helfen Kunstobjekte zeitlich einzuordnen. Unter Bemalung verborgene Ergänzungen wie z.B. Hände oder andere Einfügungen werden durch das Röntgen bildhaft wiedergegeben. Ein fabrikmäßig hergestellter Nagel - am Monitor sichtbar - prangt in einer angeblich mittelalterlichen Holzfigur oder in einem Holzrahmen einer datierbar älteren Zeit hält ein moderner Nagel ein nachträglich eingefügtes Bild um dem ganzen Kunstwerk den Heiligenschein eines „echten Meisters“ zu verleihen. Das kann berechtigt angezweifelt werden.

# 1. Untersuchungen mit Röntgenstrahlen an Kunstobjekten

## 1.1 Hölzerne Krone einer Madonna

In der Krone einer hölzernen Madonna aus dem Bodenseeraum, unbekannter Meister, konnte mit der Computertomographie ein maschinengefertigter Nagel sichtbar gemacht werden. Die erste fabrikmäßige Erzeugung von Nägeln erfolgte um 1790 (England). Anfertigungen aus Draht (Drahtstifte) wurden 1830 in Frankreich, dann ab 1840 in Deutschland eingeführt.

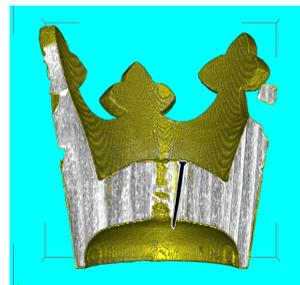
### Madonna – Bodenseeraum

Beispiel 1



### Krone Madonna CT mit Nagel

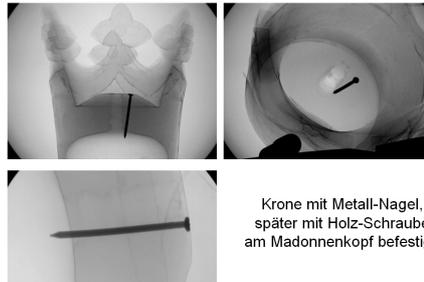
Beispiel 1



- Nagel in der Krone aus Holz nicht bei Tageslicht sichtbar.
- Krone wurde an die Madonnenfigur mit einem Nagel angebracht. Später wurde die Krone mit einer Holzschraube befestigt, da wahrscheinlich die Nagelbefestigung im Laufe der Zeit nicht ausreichte.

### Madonna Bodensee Krone

Beispiel 1



Krone mit Metall-Nagel, später mit Holz-Schraube am Madonnenkopf befestigt.

Nun hielt wohl diese Befestigungsart der Zeit nicht stand, manchmal waren eben Madonnen je nach Zeitgeschmack mit, dann wieder ohne Krone bevorzugt. Dieser Madonna wurde der Kopf angebohrt: die viel zu große Krone, die zum Gesamtkunstwerk weder von der verwendeten Holzart noch stilistisch passt, mit einer Holzschraube befestigt, weil wahrscheinlich die Nagelbefestigung im Laufe der Zeit nicht mehr hielt.

## 1.2 Holzbildträger und Holzskulpturen im Röntgenbild

Hölzer weisen spezifische Jahresringe auf, die auf ihre Herkunft verweisen. Diese Strukturelemente lassen im Röntgenbild zerstörungsfrei die Holzart annähernd bestimmen. Splint oder ein Holzkern sind im Röntgenbild sichtbar, stellen visuell die Qualität des verarbeiteten Holzes dar. Nusshölzer oder tropische Hölzer sind aufgrund ihrer Maserung allerdings im Röntgenbild schwieriger zu deuten, aussagekräftiger sind hier generell CT-Aufnahmen. Für die italienische Kunstlandschaft ist z.B. die charakteristische Maserungen des Pappelholzes gut zu identifizieren und ermöglicht damit die Zuordnungen zu bestimmten Kunstlandschaften. <sup>[2]</sup> Holztexturen im Röntgenbild werden oft von der Grundierung beeinflusst, Kreide- oder Gipsgrundierungen absorbieren Röntgenstrahlen nur gering, die Holzmaserung bleibt so gut erkennbar. Im 15. und 16.Jh. wurden zur Erhöhung der Leuchtkraft der Farben oft bleiweiß- oder mennighaltige Imprimituren über die Kreidegrundierung gemalt. Die Darstellung der Maserung des Holzes wird durch die Strahlenschwächung der Imprimitur dann so stark beeinträchtigt, dass stellenweise überhaupt nichts zu sehen ist.

## 1.3 Gewebestrukturen im Röntgenbild

Niederländische Malerei des 17.Jh. (Rembrandt, Brouwer, Jan van Goyen) besitzt dünne, ölhaltige Kreide- oder Bleiweißgründe, hier erscheint die Holzmaserung im Röntgenbild.

Solche Grundierungen lagern sich in Vertiefungen ab und hinterlassen auf dem Röntgenbild einen Abdruck der Gewebestruktur, die Rückschlüsse auf verwendetes Garn, Bindungsart und Dichte schließen lassen. Die Unterscheidung ob es sich um hand- oder maschinengesponnenes Garn handelt ist möglich. Die typischen Spanngirlanden, die beim Trocknen der Fixierung entstehen, sind sogar noch bei vom Rahmen abgetrennten Bildern nachweisbar.

#### 1.4 Befestigungsarten im Röntgenbild

Einen breiten Raum, in der Untersuchung von Kunstobjekten aus Holz, nimmt die Art und Methode der Befestigung ein. Wie sind z.B. alte Holztafeln untereinander verbunden, was wurde verwendet? Für Fälscher kaum möglich hier zu manipulieren. Breitenverbindungen wie gedübelte Fugen, Gratleisten oder eingelassene Schwalbenschwänze sind im Röntgenbild meist gut erkennbar. Größere Holztafeln wurden zusätzlich mit eisernen Nägeln gesichert, tief eingeschlagen, versenkt und die Nagellöcher verkittet. Diese Verarbeitung zeigt sich im Röntgenbild deutlich. Nägel wurden bis ins 19.Jh. handgeschmiedet. Sie wurden aus vierkantigem Stabeisen mit dieser dafür typischen Form geschmiedet.<sup>[3]</sup>

## 2. Die Digitale Radioskopie

Mit der Möglichkeit ein Kunstwerk **dreidimensional** am Monitor betrachten zu können, ergeben sich andere Perspektiven für eine Untersuchung. Die Größe heutiger Anlagen erlauben es ein Kunstwerk komplett hineinzustellen. Detailvergrößerungen bieten die Möglichkeit in ganz spezielle Segmente vorzudringen und so bei der Lokalisierung besonderer Auffälligkeiten eines Kunstwerkes, wie z.B. Doublierungen, Schichtenaufbau, Pentimenti und bei restauratorischen Eingriffen, spezielle Daten zur Interpretation zur Verfügung stellen. Diese Ergebnisse dienen als Bausteine für die Deutung im Hinblick auf die Entstehungsgeschichte des zu untersuchenden Kunstobjekts.

### 2.1 Die heutigen CT- Aufnahmen im Vergleich mit früheren Untersuchungen

Der Vergleich einer CT-Aufnahme einer hölzernen Madonna von 1993 mit Aufnahmen heutiger CT-Geräte zeigt die deutlichen Verbesserungen in der Bildwiedergabe.

Madonna Bodensee

CT-Clip

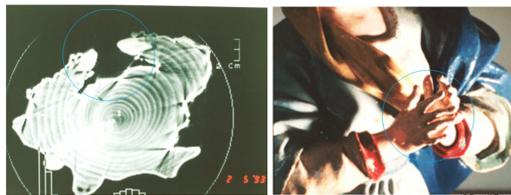


CT-Animation, beginnend an der Krone der Madonna.



Madonna

Beispiel 2



Donauländischer Meister 18. Jahrhundert

## 4. Digitalen Radioskopie und Computertomographie im Vergleich

### 4.1 Der Mantel der Madonna aus Peru im Röntgenbild

Die Radioskopie - Betrachtung der Madonna aus Peru enttarnt ihren Umhang; er ist nicht aus dem gleichen Holz geschnitzt wie der Körper der Madonna. Es ist Leinen, das der Madonna mit kleinen Nägeln um den Körper drapiert wurde. Mit Harzlösungen wurde die Faltenstruktur fixiert und anschließend bemalt.

## Madonna Peru in der CT



Beispiel 3



Prüfvorbereitung für CT:  
Sicherung der Holzplastik

## Madonna Peru - DR



Beispiel 3



Ausschnitte  
Umhang  
aus Leinen in Harz  
getränkt.

## Madonna Peru - DR



Beispiel 3

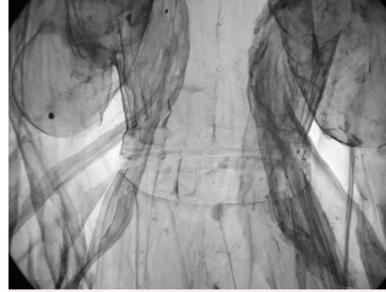


Ausschnitte  
Umhang  
aus Leinen in Harz  
getränkt.

## Madonna Peru - DR



Beispiel 3



Ausschnitte  
Umhang  
aus Leinen in Harz  
getränkt.

### 4.2 Der Sockel der Madonna Peru - Untersuchung auf „echten“ Schädlingsbefall

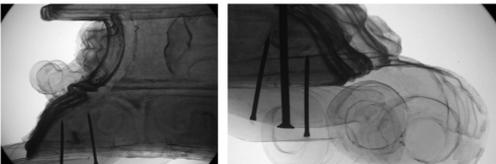
Der Sockel der Madonna Peru weist eine Fülle schon von außen sichtbaren Holzwurmlöchern auf. Sind die Gänge mit Bohrmehl gefüllt, haben sie praktisch die gleiche Absorption wie das sie umgebende Holz und sind im Röntgenbild nicht feststellbar. Mit der Computertomographie kann das Ausmaß und die labyrinthische Form der Fraßgänge dargestellt werden. Künstlich hergestellte Fraßgänge von Holzschädlingen (Beschuss mit Schrotkugeln) verlaufen gradlinig. Die Gegenüberstellung der auf gleicher Ebene liegenden CT-Schnitte, einmal ohne und einmal mit durch Harzlösung aufgefüllte Fraßgänge, erlauben Aufschluss über die Eindringfähigkeit der zur Restaurierung verwendeten Harzlösung zu geben und wie viele Gänge damit aufgefüllt werden konnten. Dabei ergab sich, dass die Harzlösung des Restaurators nicht bis ins Innere des Sockels vordringen konnte, der überwiegend größere Anteil der Harzlösung ist durch die Bohrlöcher nach unten geflossen.

Fälscher verwenden gerne altes Holz mit Holzwurmbefall als Bildträger. Nun dringt bei der Grundierung die Grundiermasse in die Fraßgänge, die dadurch im Röntgenbild sichtbar werden. Bei einem Gemälde deutet dies auf eine Fälschung, denn man geht davon aus, dass kein Künstler sein Bild auf eine verwurmete Holztafel gemalt hat!<sup>[4]</sup>

## Madonna Peru Sockel – DR



Beispiel 3



Rechte Seite  
Mit DR Schädlingsbefall nicht sichtbar.

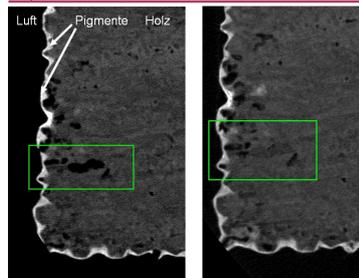
Linke Seite

(Befestigung der Füße mit Nägeln.)

## Madonna Peru Sockel – CT



Beispiel 3



Holzwurm-  
Gänge mit  
Harzlösung  
aufgefüllt.

Geringste Dichte  
(Luft)

Höchste Dichte  
(Pigment)

## 5. Untersuchungen mit der Microfocusanlage

Mit einer Microfocusanlage können sehr kleine Teile bis zu  $1\mu\text{m}$  untersucht werden. Eine Münze wurde hiermit geröntgt um zu sehen, ob sich im Inneren ein anderes Material befindet, oder seitliche Eingusskanäle vorhanden sind, die die Münze als Fälschung entlarven können, da Münzen immer geprägt werden.

Pioniere in Sachen Fälschungen waren Geldfälscher. Schon im 6.Jh a. D. ließ Polycrates auf Samos Münzen aus Blei herstellen, die mit einer hauchdünnen Goldschicht überzogen wurden. Die hier untersuchte Münze stammt aus Trier und besteht aus Kupfer. Die stark korrodierte Münze ließ im dem Röntgenbild das Portrait mit den abgebildeten Insignien wieder sichtbar werden. Die Zuordnung zu Licinius, Gegenspieler Konstantin des Großen war dadurch historisch möglich.

### 5.1 Eine klassische Röntgenaufnahme der Münze

Die Röntgenaufnahme mit speziellem Film zeigt die Münze mit dem markanten sichtbaren Portrait sehr genau. Der Zeitaufwand bei dieser Art der Untersuchung ist allerdings um ein Vielfaches höher als beim digitalen Röntgen.

Mit der Computertomographie konnten Vorder- und Rückseite der Münze getrennt dargestellt werden.

In Museen in Vitrinen aufbewahrte Münzen können durch die erhöhte Konzentration an Ausdünstungen der Lösungsmittel im Holz an ihrer Oberfläche Korrosionsschäden erleiden!

Licinius - römische Münze

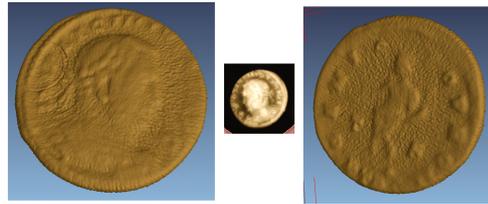


Foto der Kupfermünze  
ca. 300 n.Chr.



DR-Bild Microfokus

Licinius - römische Münze



2D CT

Licinius - römische Münze



Röntgenaufnahme  
Isovolt 160 TL  
d. = 0,4mm  
FFA: 700mm  
14mA  
Film: Agfa-Gev. D4  
  
110kv 1min

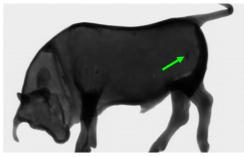


## 6. Der Einsatz der Computertomographie bei Gussteilen im Kunstbereich

Anhand der digital erstellten CT-Einzelschnitte können gezielt Phänomene innerhalb von Kunstobjekten lokalisiert und zur Betrachtung dementsprechend ausfiltriert werden.

Für Gemäldeuntersuchung ist diese Form der Untersuchung weniger geeignet. Kunstwerke aus Metall lassen sich wegen ihrer höheren Schichtdicke und Absorption hier besser betrachten.

## Bronzeguss-Stier

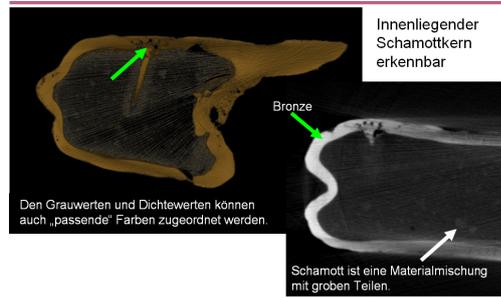


DR  
Markierung des Austrittskanals



Auflichtaufnahme  
Markierungspunkt nach der Untersuchung

## Bronzeguss-Stier - CT



Innenliegender  
Schamottkern  
erkennbar

Bronze

Den Grauwerten und Dichtewerten können  
auch „passende“ Farben zugeordnet werden.

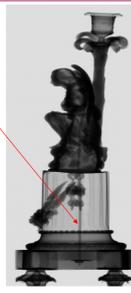
Schamott ist eine Materialmischung  
mit groben Teilen.

Nachträglich angesetzte Teile, die optisch keine Fehler aufweisen, oder andere weniger wertvolle Materialzusammensetzung (Pasticcio = Mischmasch) die bei einem Kunstobjekt verwendet wurden, zeigen sich im CT-Schnitt. Je jünger die Kunstobjekte sind, desto schwerer sind gefälschte Objekte davon zu unterscheiden. Ähnliche Zusammensetzungen heutiger Metalllegierungen in neuzeitlichen Kunstobjekten erschweren die Analyse mittels Computertomographie.

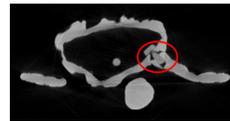
## Engel Ende 19. Jh.



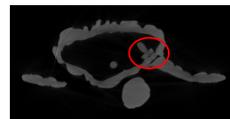
Röntgenaufnahme  
Gewindestange  
verbindet Sockel und  
Engel / Flügel.



## Engel Ende 19. Jh.



Anbringung der Flügel mittels  
Gewindestange und Mutter



CT-Schnitte an der Befestigung.

Bei einem im Laufe der Zeit gelockerten Flügel dieses Bronzeengels konnte mit Röntgenaufnahmen die Befestigungsart des Flügels nicht bestimmt werden. Im Vergleich dazu die CT-Einzelschnitte, die ein Schraubengewinde erkennen lassen und so dem Restaurator die Vorgehensweise zur Behebung des „lahmen Flügels“ aufzeigen.

## 7. Pigmente im Röntgenbild

Der erste Analyseschritt um Fälschungen zu entlarven ist im staatlichen Doerner Institut in München die Erstellung eines Röntgenbildes, wenn Zweifel an der Echtheit von Gemälden bestehen. <sup>[5]</sup>

Im Gegensatz zur Pigmentanalyse greift sie einen zu prüfenden Gegenstand nicht an und lässt gegebenenfalls eine Fälschung sofort erkennen, wenn eine verborgene Malschicht plötzlich unter einem Gemälde zum Vorschein kommt.

Mit dieser Untersuchung kann die frühere Verwendung von bleihaltigen Farben wie Zinnoberrot, Chromgelb oder Bleiweiß im Röntgenbild dargestellt werden, da sie Röntgenstrahlen stark absorbieren. <sup>[6]</sup>

Selbst die signifikante eigene Maltechnik des Künstlers kann auf diese Weise zerstörungsfrei betrachtet werden.

„Erstens: Im Gemälde fällt das Bleiweiß so sehr aus dem Rahmen der anderen Farben heraus, dass es im Röntgenbild unverhältnismäßig stark in Erscheinung tritt. Aus der verschiedenartigen Verwendung dieses Farbstoffes können weitgehende Schlüsse gezogen werden, weil das Weiß in der Malerei eine wichtige, von allen anderen Farben grundsätzlich abweichende Stellung einnimmt. Zweitens: Im Gegensatz zum Oberflächenbild macht das Rönt-

genbild alle Bildschichten sichtbar, die den Röntgenstrahlen Widerstand bieten. Aus der Art der unteren Bildschichten und ihrem Verhältnis zu den oberen können Schlüsse über den Malvorgang gezogen werden. Der Entstehungsvorgang des Bildes wird gleichsam sichtbar“ [7] Der Bleiweißgehalt sämtlicher Schichten zeichnet sich auf dem Film ab. [8] „Ein Schaden, und sei er noch so sorgfältig behoben, ist immer eine Störung der Einheitlichkeit des durchleuchteten Materials und darum im Röntgenbild meist gut sichtbar.“ [9] „Aber eine unmittelbare Datierung auf einen bestimmten historischen Zeitpunkt ist mit Hilfe der bisher üblichen Untersuchungsmethoden nicht möglich.“ [10]



Auf Bleiweiß folgte Zinkweiß und heute wird Titanweiß in der Malerei verwendet, das es etwa seit 1950 gibt. Weißtöne verschiedener Provenienz im Röntgenbild werden durch Vergleichsuntersuchungen mit Röntgenbildern aus der jeweiligen Epoche vorgenommen. Dann lassen sich mit einer Pigmentanalyse weitere Ergebnisse bei Verdacht auf Fälschung finden. Heute können mehr als 150 Pigmente bestimmt werden. Zusätzlich wurden diese Bilder unter UV- Strahlung untersucht. Pigmente zeigen charakteristisch farbintensive Fluoreszenzen. Bleiweiß zeichnet sich klassisch durch ein bräunliches Rosa aus, laut experimentell entwickelter Tabelle der Eigenfluoreszenzen von Pigmenten. [11] Durch Bindemittel wird die Fluoreszenz stark beeinflusst, dadurch ist die Gefahr von Fehlinterpretationen sehr häufig. Da die Tiefenuntersuchung Gegenstand dieser Arbeit ist wurde auf die UV- Bilder zu diesem Thema verzichtet die in den Bereich der Oberflächenuntersuchung fallen.



Ein Röntgenbild ohne Hinweise auf das eigentliche Bild ist durchaus möglich. Dieses Bild wurde auf eine zweite Leinwand geklebt! Da der Untergrund stark absorbiert, lässt sich vom Bild selbst nichts erkennen. Die Nägel mit denen das Bild an der Leinwand befestigt wurde, verborgen unter dem Rahmen, können aber Hinweise über die Herkunft dieses Bildes geben.

## 8. Röntgenbilder im Spiegel des Kunstrechts

### „Das Heiratsversprechen“



unbekannter Künstler



#### Restauriertes Bild

Alle können sich zur Echtheit eines Kunstwerkes frei äußern ohne dafür haften zu müssen.

Wird in der Öffentlichkeit eine Diskussion darüber geführt ob ein Kunstwerk echt ist kann aus einem minderwertigen Kunstobjekt ein wertvoller alter Meister werden.

© Rusch Essers

Kamm U. Berg  
Hans W. Berg

Radio-graphie – Radioskopi-e – Computertomographie  
Vergleichende Darstellungen von antiken und modernen zur Beurteilung bei Fälschungen und restauratorischen  
Aspekten im Spiegel des Kunstrechts

21

Vom kunstrechtlichen Standpunkt aus ist ein Röntgenbild kein Beweis für eine Fälschung, sondern nur ein Indiz. Im Kunstrecht geht es immer um den Beweis der Originalität. Bei einer Fälschung ist die Mangelhaftigkeit nachzuweisen. Unechtheit gilt als Sachmangel, die die Mangelgewährleistung rechtlich nach sich zieht (bis zu 2 Jahre). Es geht immer um den Beweis der Originalität, sprich Echtheit. Eine Signatur ist ein Indiz für Echtheit, kein Beweis. Falls keine Bestätigung mit der vermuteten Echtheit übereinstimmt entscheidet der Gutachter/Experte, der vom Markt (objektive Kraft) gewollt ist mit seiner „Sichtprüfung“. Der Markt honoriert aus völlig verschiedenen Gründen dementsprechend die Originalität /Echtheit. <sup>[12]</sup>

## 9. Radioskopie und Computertomographie bei Grabfunden

In Heilbronn im Städtischen Museum befindet sich das restaurierte Grab des Horkheimer Reiters. <sup>[13]</sup> Aufgrund der dort gesammelten Schmuckstücke lassen sich noch in Gips konservierte, eingelagerte Grabfunde anderer Gräber mit Röntgenuntersuchungen zuordnen. Die im Gips übereinander geschichteten Lagen der Schmuckstücke können mit Hilfe der Röntgentechnik bestimmt werden. Hierdurch wird Restauratoren eine verlässliche Orientierungshilfe bei der Restaurierung geboten. „Modelliert“ mit Computertomographie und einer speziellen Software kann - beginnend noch am un-restaurierten Objekt - die Suche nach Indizien für die Herkunft des Fundes und die Beurteilung des Erhaltungszustandes vorgenommen werden. Und wieder sind es die Nägel, die man zuerst in Augenschein nimmt.

### Merowingergrab

6./7. Jh.



Gürtelschnalle

### Gürtelschnalle

6./7. Jh.



Analogien in zeitgleichen Grabfunden erlauben die Zuordnungen

Archäologische Funde des 6. und 7. Jahrhunderts zur Lagerung und Aufbewahrung im Gipsmantel

DR ermöglicht Lagebestimmung beim Restaurieren

### Grabfund im Gipsmantel



Kamm 6. / 7. Jahrhundert

## 10. Schluss

Im Laufe der Zeit haben sich sowohl Technik des Fälschens wie auch die Suche danach verfeinert. Fälscher bedienen sich immer intelligenterer Technik. In gleichem Maße müssen die technischen Wege verbessert werden, um bei Kunstwerken Fälschungen zu entlarven. Fälscher werden dadurch gezwungen sich mit immer kostspieligeren Methoden auseinanderzusetzen um Käufer, Händler und zuletzt die wissenschaftlichen Test zu täuschen. Ein Problem bleibt: können bei einem Kunstwerk Fälschungsmerkmale nicht festgestellt werden lässt sich daraus keine Echtheit ableiten. Die Nachfrage ist oft größer als das Angebot bestimmter Kunstobjekte verschiedenster Stilrichtungen. Es wird vermutet, dass der Fälschungsanteil aller zum Verkauf angebotenen Kunstwerke bei 40%, bei Druckgraphiken sogar bei geschätzten 70% liegt.

Fälschungen tauchen unter und werden nach einiger Zeit wieder auf den Markt gespült .Im Wechselbad mehrere Besitzer werden sie immer älter, „echter“ und teurer. Kulturgüter vor allem zu bewahren um sie der Nachwelt zu erhalten ist eine Frage der Ethik und eine wichtige Aufgabe für die Zukunft.

## 11. Referenzen

- [1] Czichos, H., Was ist falsch am falschen Rembrandt? Und wie hart ist Damaszener Stahl? Wie man mit Technik Kunst erforscht, prüft und erhält, Verlag Nicolai, Berlin 2002, S.20 ff
- [2] Mairinger, F., Strahlenuntersuchungen an Kunstwerken, Verlag Leipzig, März 2003, S.204 ff
- [3] Mairinger S.207
- [4] Nikolaus, K., Gemälde, Untersucht – Entdeckt – Erforscht, 1979, K et B Verlag Braunschweig, S.208
- [5] Kienle, D., Die Kunst des Fälschens. Zeit Wissen, Januar 2008, Journalistenverband Plan 17, S.3
- [6] Mairinger S.76 ff
- [7] Wolters, C., Die Bedeutung der Gemäledurchleuchtung mit Röntgenstrahlen für die Kunstgeschichte, Frankfurt 1938, S.9
- [8] Wolters S.22
- [9] Wolters S.62
- [10] Taubert, J., Zur kunstwissenschaftlichen Auswertung von Naturwissenschaftlichen Gemäldeuntersuchungen, München 2003, S.226
- [11] Ziesche, E. und Schnitger D., Elektronenradiographische Untersuchungen der Wasserzeichen des Mainzer Catholikon von 1460, Archiv für Geschichte des Buchwissens, XXI (1980) 5/6, 1303 - 1359
- [12] Dr. Nicolai Kemle Recht und Praxis des internationalen Kunsthandels Blockseminar vom 16. - 18. Dezember 2009 „Kunstrecht in der anwaltlichen Praxis“
- [13] Bild des Grabes des Horkheimer Reiters mit freundlicher Genehmigung Städtische Museen Heilbronn Frau Dr. Christina Jacob

Weiterführende Literatur:

Weller, Kemle, Dreier, Lynen (Herausgeber): „Kunst im Markt – Kunst im Recht“  
Tagungsband des Dritten Heidelberger Kunstrechtstags am 09. und 10 Oktober 2009  
Nomos Verlag, 2010

Mundry, E., Riederer, J.: Untersuchungen an Kunst- und Kulturgütern. Amts- und Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Materialforschung (BAM) (1987,ff)