

Computerradiographie

und die Zukunft des Weichstrahlröntgens bei der Bildaufnahme von Wasserzeichen

Rembrandt oder nur ‚rembrandtesk‘ – die Frage der Authentizität ist für den Kunstsammler meist mit der Tatsache hoher Einsatz oder zu hoher Einsatz gleichzusetzen. In der Kunstgeschichte wird spätestens seit den Untersuchungen von Hausmann¹ zu den Wasserzeichen im graphischen Werk Dürers, immer öfters auf selbige bei Authentizitäts- und Datierungsfragestellungen zurückgegriffen.

*von Georg Dietz**

Anfangs nur durchgezeichnet oder abgepaust, werden seit nunmehr mehr als 20 Jahren verschiedene Röntgenmethoden zur Papierstruktur- und Wasserzeichenaufnahme eingesetzt². Abhängig von der Art des Wasserzeichenträgers und den Gegebenheiten der Bildaufnahme kommen als solche Elektronenradiographie, Betaradiographie oder Weichstrahlradiographie zum Einsatz.

Erstere eignet sich besonders gut zur Wasserzeichenaufnahme aus Inkunabeln. So wird die Elektronenradiographie auch schon seit Jahren von der Königlichen Bibliothek in Den Haag zu diesem Zwecke verwendet. Die 4325 Wasserzeichen³ einsehbar via <http://watermark.kb.nl/>, sind ein eindrucksvoller Beweis für die Alltagstauglichkeit dieses Wasserzeichenaufnahmeverfahrens.

Für Anwendungen im kunsthistorischen Bereich, also der Wasserzeichenaufnahme aus Graphiken und Zeichnungen, ist bisher die Weichstrahlradiographie das geeignetste Verfahren. Entsprechende Geräte sind ohne große Umstände zu transportieren und können in den jeweiligen Museen und Sammlungen direkt aufgestellt werden. Zudem sind die Anforderungen an den Aufnahmeort gering (z.B. Strahlenschutz⁴) und die Filmbelichtungszeiten⁵ kurz. Als nachteilig stellte sich die unterschiedliche Belichtungsintensität der Filme heraus. So weisen mit diesem Verfahren gemachte Aufnahmen (Abb.1) oftmals eine überbelichtete

tieren und können in den jeweiligen Museen und Sammlungen direkt aufgestellt werden. Zudem sind die Anforderungen an den Aufnahmeort gering (z.B. Strahlenschutz⁴) und die Filmbelichtungszeiten⁵ kurz. Als nachteilig stellte sich die unterschiedliche Belichtungsintensität der Filme heraus. So weisen mit diesem Verfahren gemachte Aufnahmen (Abb.1) oftmals eine überbelichtete

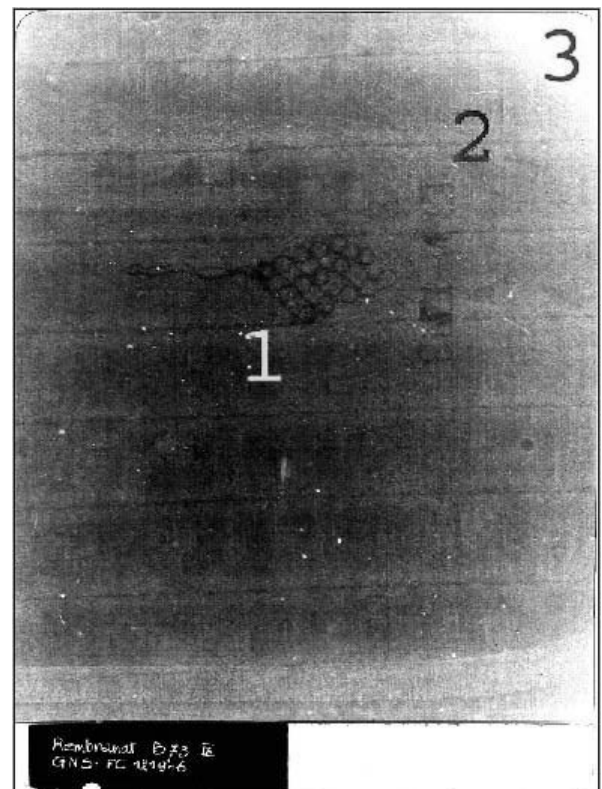
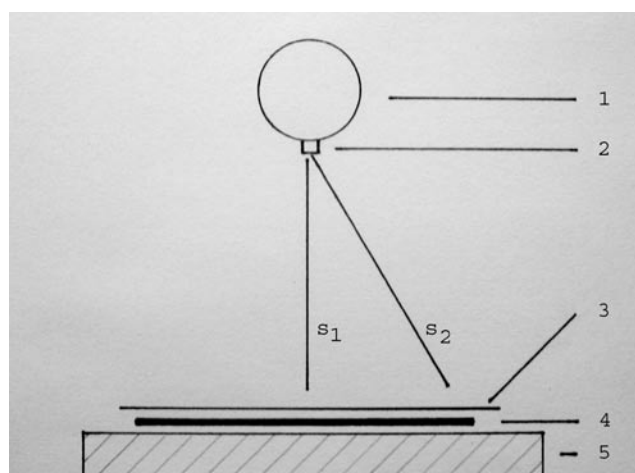


Abb.1

*Digitalisierter Film von Wasserzeichen und Papierstruktur;
Analoge Weichstrahlradiographie*

(1), eine normal belichtete (2) und eine unterbelichtete Zone (3) auf, die vor allem nach der Digitalisierung sichtbar werden. Grund hierfür ist die Luftschicht zwischen Objekt und Strahlenausritt. Diese hemmt den Strahlungsdurchgang proportional. Da der zurückgelegte Weg der Strahlung (Abb.2) bei s_2 gegenüber s_1 länger ist, nimmt die Belichtungsintensität auf den Filmen zu den Rändern hin ab.⁶ Durch Änderungen der Kontrast- und Helligkeitseinstellungen können solche Effekte zwar abgeschwächt und die Zonen verschoben werden, doch ganz aufheben kann man sie nicht. Ein größerer Strahlenausritt-Objekt-Abstand könnte diesen Effekt verkleinern, doch hätte dies erheblich längere Belichtungszeiten zur Folge.

In einem gemeinsamen Forschungsprojekt haben nun ein Kunsthändler aus Middelburg (NL) und die Informatikabteilung der TU Delft (NL) ein konventionelles, Weichstrahlröntgengerät modifiziert. An den Strahlenausritt schließt sich ein mit Helium gefüllter Sack an, der zugleich vollflächig auf dem Objekt aufliegt. Da Helium von geringerer Dichte als Luft ist, ist die Strahlungshemmung bedeutend kleiner. Hierdurch wird der Unterschied s_2 gegenüber s_1 vernachlässigbar. Die mit diesem Gerät gemachte Aufnahme (Abb. 3 u. 4) belegt



Legende:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| 1 Röntgenquelle | 4 Röntgenfilm |
| 2 Strahlenausritt | 5 Objektträger/-tisch |
| 3 Objekt mit Wasserzeichen | |

Abb.2

Skizze der Weichstrahlradiographie

deutlich, dass auf diesem Wege eine Lösung für das Problem der unterschiedlichen Belichtungs-zonen und -intensitäten gefunden wurde. Es gibt diese schlichtweg nicht mehr.

* Der Autor Georg Dietz ist Projektverantwortlicher der Wasserzeichendatenbank des Niederländischen Kunsthistorischen Institutes zu Florenz (www.inoart.org) und seit geraumer Zeit auf dem Gebiet der Wasserzeichen, Papierstrukturen und deren Bildaufnahme tätig.

1 B. Hausmann; ‚Albrecht Dürer’s Kupferstiche, Radirungen, Holzschnitte und Zeichnungen, unter besonderer Berücksichtigung der dazu verwandten Papiere und deren Wasserzeichen‘; Würzburg;1922

2 M. Schreiner u.a.; ‚Röntgenstrahlung zur Charakterisierung und Identifizierung von Objekten der graphischen Kunst und von Archivalien‘; in: ‚50 Jahre Papierrestaurierung in Österreich‘; Wien, 2003; S.183.

3 Stand 12.12.2005

4 Bei der Elektronenradiographie wird beispielsweise mit einer Strahlenquellen von rund 250kV gearbeitet, was umfangreiche Strahlenschutzmaßnahmen erfordert. Bei der Königlichen Bibliothek Den Haag dienen hierzu Kellerräume mit dicken Stahlbetonwänden. Auf solche idealen Bedingungen trifft man nicht überall, sodaß zusätzlich zum Gerät ein mobiler Strahlenschutz mitgenommen werden mußte.

5 Bei der Elektronen- und der Weichstrahlradiographie beträgt diese zwischen 1-2min. Erfahrungen aus der Praxis zeigten, daß mittels Weichstrahlradiographie an einem Arbeitstag incl. Geräteauf- und -abbau Wasserzeichen aus 60-100 Objekten aufgenommen werden können. Bei der Elektronenradiographie liegt die Anzahl noch bedeutend höher, da an einem Gerät aus mehreren Incunabeln mehrere Filme zeitgleich belichtet werden können. In Den Haag sind dies bei einem einzelnen Belichtungsimpuls meist 5 oder mehr Incunabeln mit jeweils bis zu 6 Filmen.

Bei der Betaradiographie verhält sich dies ganz anders. Abhängig von der Strahlungsintensität der Beta-Strahlenquelle dauert die Filmbelichtung bei einem Wasserzeichen nach Angaben des Louvre und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften derzeit zwischen 3 und 6 Stunden. Bei der Russischen Akademie der Wissenschaften in St.Petersburg dauert dies angeblich nur 10min, was allerdings eine erheblich stärkere Beta-Strahlenquelle erfordert.

6 Bei dem Standardgeräteaufbau des Niederländische Kunsthistorischen Institutes zu Florenz, der auch Basis für Abb.1 war, beträgt bei einem Objektformat A4 der Unterschied s_1 zu s_2 nahezu 22%.

Alle schon eingangs erwähnten Verfahren zur Wasserzeichenaufnahme sind bisher Filmgebunden. Hieraus wird sich in fernerer Zukunft ein neues Problem entwickeln. So wird AGFA, als einer der weltweit größten Röntgenfilmproduzenten, die Produktion von eben diesen vermutlich schon im nächsten Jahrzehnt einstellen. Ursache hierfür ist der seit Jahren stark rückläufige Einsatz von analogen, filmgebundenen Röntgengeräten. Einer der zwei großen Kundenkreise, die medizinischen Anwender, wie z.B. Krankenhäuser, Ärzte usw. sind schon weitgehend auf das digitale Röntgen bzw. die Computerradiographie⁷ übergegangen. Der andere große Kundenkreis sind Anwender aus dem Bereich der Materialprüfung, beispielsweise bei der Prüfung von Schweißnähten an Pipelines. Da die Prüfstände meist sehr rau und schmutzig sind, kann hier nicht auf das digitale Röntgen zurückgegriffen werden. Die dafür benötigten Detektoren sind nicht nur viel zu teuer, sondern auch gerade im Hinblick auf Beschädigungen viel zu empfindlich. Aus diesem Grunde liegt der Entwicklungsschwerpunkt auf diesem Gebiet bei der Computerradiographie. Wenngleich es auch hier erste mobile Computerradiographiegeräte gibt, so wird auf diesem Gebiet derzeit noch größtenteils mit Filmen gearbeitet. Die Frage ist allerdings – wie lange noch. Sicherlich werden sich hier innerhalb der nächsten Jahre die digitale Systeme ebenfalls durchsetzen.

Spätestens dann wird mit der baldigen Einstellung der Röntgenfilmproduktion zu rechnen sein müssen, da sämtliche übrigen Anwendungen, wie es auch die Wasserzeichenaufnahme darstellt, nur kleine Nischenanwendungen sind. Grund genug für die Niederländischen Forscher sich auch zu diesem Thema schon heute Gedanken zu machen. So war der zweite Bestandteil des schon erwähnten Forschungsprojektes die Umstellung von analoger Filmbelichtung auf ein filmloses, digitales Verfahren. Hier entschied man sich für die Computerradiographie. Dabei kommt anstatt eines Filmes eine ca. 18 x 24cm große beschichtete Folie⁸ als latenter Bildspeicher zum Einsatz. Nach der Belichtung mit dem Weichstrahlgerät und unter dem Heliumsack

wird diese anschließend von einem Laserscanner ausgelesen und zur erneuten Verwendung gelöscht. Die aufgenommene Papierstruktur und das Wasserzeichen stehen sofort digital zur eventuellen Nachbearbeitung zur Verfügung. So benötigt man von der Bildaufnahme bis zur Ausgabe des bearbeiteten Wasserzeichens, z.B. als Ausdruck oder als digitaler Bestand, im Durchschnitt etwa 10min. Abgesehen von den derzeit noch recht hohen Anschaffungskosten, die vor allem durch ein solchen Scanner verursacht werden, lassen sich die Betriebskosten einer solchen Anlage vernachlässigen. Dies stellt einen weiteren bedeutenden Vorteil gegenüber allen konventionellen Röntgenverfahren dar, da nicht nur die relativ hohen Filmkosten, sondern auch die nicht unerheblichen Kosten zur

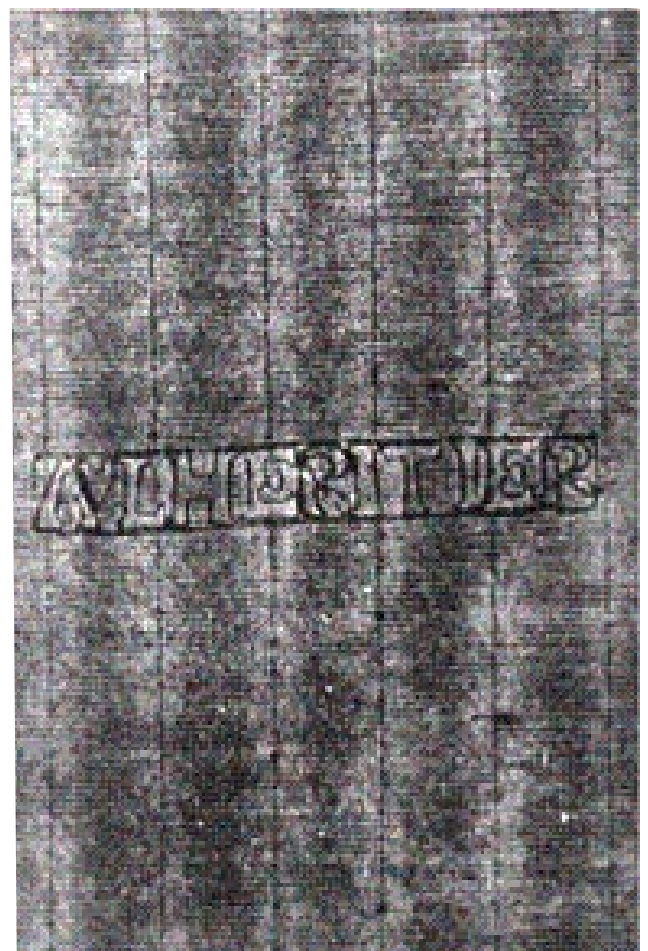


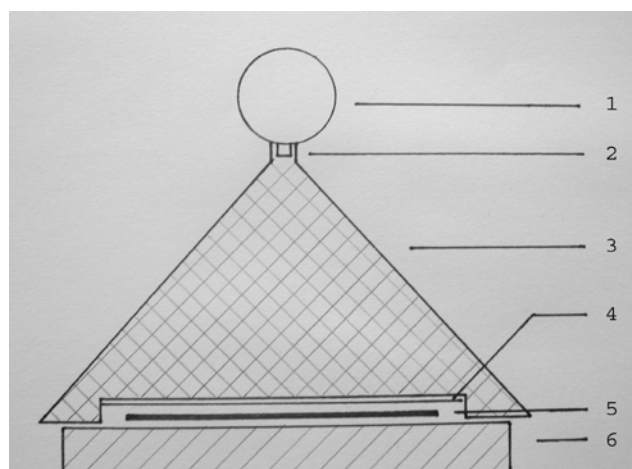
Abb.3

Digitale Aufnahme von Wasserzeichen und Papierstruktur

Filmentwicklung und Digitalisierung entfallen. Auf die wesentlich bessere Umweltbilanz durch den Wegfall der Entwicklungschemie sei hier nur ganz am Rande hingewiesen.

Der in Delft zum Einsatz gekommene Scanner ist leider nicht transportfähig, doch ist auf diesem Gebiet mittelbar mit Lösungen zu rechnen. Bei *General Electric* hat man bereits seit 2004 transportable Computerradiographie-Scanner im Angebot. Bei Tests mit diesem zeigte sich jedoch, dass dieser in Kombination mit den zu verwendenden Folien zur Wasserzeichenaufnahme noch nicht geeignet ist.

Abschließend kann festgestellt werden, dass es dem Holländisch Team gelungen ist, ein seit Jahren eingesetztes Weichstrahlgerät soweit zu modifizieren, dass einerseits die bisher vorhandenen Probleme mit den unterschiedlichen Belichtungsintensitäten gelöst wurden und andererseits ein wegweisender Ein- und Umstieg auf ein digitales Röntgenverfahren geglückt ist. Mit den dort gewonnenen Erkenntnissen können nun den anderen mit Röntgenverfahren arbeitenden Institutionen bedeutende Entwicklungsaufwendungen und Erprobungszeiten erspart bleiben. Der Weg ist aufgezeigt!



Legende:

- | | |
|----------------------------------|----------------------------|
| 1 Röntgenquelle | 4 Objekt mit Wasserzeichen |
| 2 Strahlenausstritt | 5 "Phosphor"-Folie |
| 3 Plastiksack gefüllt mit Helium | 6 Objekträger/-tisch |

Abb.4

Schema Computerradiographie mit Heliumsack

7 Beim digitalen Röntgen kommen Detektoren aus Silizium oder Selen zum Einsatz, auf denen die Röntgenstrahlung direkt in digitale Signale umgesetzt werden. Bei der Computerradiographie wird das auf einem Zwischenmedium latent gespeichert und anschließend durch einen Scanner ‚ausgelesen‘. In diesen Scannern werden die Zwischenspeicherplatten durch einen Laser zur Fluoreszenz angeregt, gescannt und anschließend gelöscht.

8 Anfangs bestand diese Beschichtung, genau wie beim ‚Siener‘-Verfahren, aus Phosphorkristallen. Da diese verhältnismäßig grob sind, werden inzwischen andere Beschichtungen, meist Materialmischungen verwendet. Mitunter werden sowohl die Folien als auch das Verfahren noch als ‚Phosphorfolien‘-Technik bzw. Phosphorfolien bezeichnet, womit aber die Computerradiographie gemeint ist.