

KUNSTGESCHICHTE KUNSTTECHNOLOGIE UND RESTAURIERUNG

Neue Perspektiven der Zusammenarbeit



A
MATTER
OF
TEAMWORK

ART HISTORY CONSERVATION AND CONSERVATION SCIENCE

Reimer

New perspectives for cooperation

IN MEMORIAM
JILLEN NADOLNY

KUNSTGESCHICHTE,
KUNSTTECHNOLOGIE UND
RESTAURIERUNG:
Neue Perspektiven der Zusammenarbeit
Eine Einführung

ART HISTORY,
CONSERVATION AND
CONSERVATION SCIENCE:
New Perspectives for Cooperation
An Introduction

herausgegeben von/edited by

Aviva Burnstock, Tanja Klemm, Tilly Laaser, Karin Leonhard,
Wibke Neugebauer, Anna von Reden

übersetzt von/translated by

Lee Holt, Bram Opstelten, Katharine Schmidt

Table of Contents

Aviva Burnstock, Tanja Klemm, Tilly Laaser, Karin Leonhard,
Wibke Neugebauer, Anna von Reden

Introduction	8
Acknowledgements	56

I – Processes of Making

Short Introduction.....	60
Mareike Gerken [Berlin], Stephan Knobloch [Frankfurt a.M.], Jochen Sander [Frankfurt a.M.] Jan van Eyck's <i>Lucca Madonna</i> : Genesis and Painting Technique. A Case Study from the Interdisciplinary Research Project on Macro X-Ray Flourescence Analysis (MA-XRF) at the Städel Museum in Frankfurt.....	66
Iris Schaefer [Cologne] The Mysterious Technique of Painting Trees in Easel Painting.....	94
Veronica Peselmann [Groningen] From Plastic to Stone. Traces of Memory and Artistic Practices of Fluid Material Semantization.....	124

II – Object Histories

Short Introduction.....	152
Rebecca Chipkin [The Hague], Helen Kohn [Dresden] Beneath Wyndham Lewis's <i>Praxitella</i> – A Case in Point for an Interdisciplinary Collaboration.....	158
Carolin Bohlmann [Vienna] A Non-Interlocking Puzzle, or: A Matter of Documentation. Carolee Schneemann's Performance <i>Up to and Including Her Limits</i>	186
Regina Urbanek [Cologne] <i>What Are We Looking At?</i> On Work Histories and the Reception History of Sculptures and Ensembles, Taking as an Example the Baroque Golden Chamber at the Church of St. Ursula in Cologne	220
Anupam Sah [Mumbai] The <i>Orissan Murals Revival Project</i> – Heritage Conservation as a Lever for Development	256

Inhaltsverzeichnis

Aviva Burnstock, Tanja Klemm, Tilly Laaser, Karin Leonhard,
Wibke Neugebauer, Anna von Reden

Einleitung.....	9
Danksagung.....	57

I – Werkprozesse

Kurzeinleitung	61
Mareike Gerken [Berlin], Stephan Knobloch [Frankfurt a.M.], Jochen Sander [Frankfurt a.M.] Bildgenese und Maltechnik von Jan van Eycks <i>Lucca-Madonna</i> . Ein Fallbeispiel aus dem interdisziplinären Forschungsprojekt zur Makro-Röntgenfluoreszenzanalyse (MA-XRF) am Städel Museum Frankfurt	67
Iris Schaefer [Köln] Zur geheimnisvollen Technik des Baumschlags in der Staffelmalerie	95
Veronica Peselmann [Groningen] Erinnerungsspuren von Plastik zu Stein. Künstlerische Verfahren fluider Materialesemantisierung	125

II – Objektgeschichten

Kurzeinleitung	153
Rebecca Chipkin [Den Haag], Helen Kohn [Dresden] Die Wiederentdeckung des verschollenen Gemäldes <i>Atlantic City</i> – Ein Paradebeispiel interdisziplinärer Zusammenarbeit	159
Carolin Bohlmann [Wien] Ein unverfügbares Puzzle, oder: eine Frage der Dokumentation. Carolee Schneemanns Performance <i>Up to and Including Her Limits</i>	187
Regina Urbanek [Köln] <i>Worauf schauen wir?</i> Zur Werk- und Rezeptionsgeschichte von skulpturalen Werken und Ensembles am Beispiel der barocken Goldenen Kammer in St. Ursula in Köln	221
Anupam Sah [Mumbai] Das <i>Orissan Murals Revival Project</i> – Erhalt von Kulturerbe als Hebel für Entwicklung	257

III – Conservation Decisions

Short Introduction.....	296
Clare Richardson [London], Kate Stonor [London] Understanding Rubens' <i>Moses and the Brazen Serpent</i> : Collaborations Past and Present	304
Christoph Herm [Dresden], Christoph Schölzel [Dresden] Cooperative Frameworks. Interdisciplinary Research on Questions Related to Painting Technique and the Restoration of Johannes Vermeer's Painting <i>Girl Reading a Letter at an Open Window</i>	338
Beth Boyce [Campbell River], Heidi Swierenga [Vancouver] Finding a Good Way: Collaboration, Power and Practice.....	368

IV – Questions of Authentication

Short Introduction.....	404
Henry Keazor [Heidelberg] “Where Salvation Arises...”: On the Tension-Laden Relationship between Restoration and Forgery.....	410
Lawrence Hendra [London], Philip Mould [London] The Face Beneath: Collaboration in the Art Market	442
Petra Mandt [Cologne], Maria Kokkori [Chicago], Jilleen Nadolny [London] Russian Avant-Garde Art, Scientific Research and Multidisciplinary Collaboration.....	482
Jessica David [New Haven], Richard Hark [New Haven], Edward Town [New Haven] “Drawn in Colours Bright”: Shedding New Light on Tudor and Early Stuart Portraiture Through Collaboration and Partnership	512
Glossary	550
Names.....	613
Authors	614
Graduate Research Program <i>Changing Frames</i>	618
Image Credits.....	620
Imprint.....	624

III – Restaurierungsentscheidungen

Kurzeinleitung.....	297
Clare Richardson [London], Kate Stonor [London] Zum Verständnis des Gemäldes <i>Moses und die eberne Schlange</i> von Peter Paul Rubens: Vergangene und gegenwärtige Kooperationen	305
Christoph Heim [Dresden], Christoph Schölzel [Dresden] Prozesse der Zusammenarbeit. Interdisziplinäre Untersuchungen zur Klärung restauratorischer und maltechnischer Fragen am Beispiel des Gemäldes <i>Brieflesendes Mädchen am offenen Fenster</i> von Johannes Vermeer	339
Beth Boyce [Campbell River], Heidi Swierenga [Vancouver] Einen guten Weg finden: Kooperation, Macht und Praxis	369

IV – Fragen der Authentifizierung

Kurzeinleitung.....	405
Henry Keazor [Heidelberg] „Wo das Rettende wächst...“: Zum spannungsvollen Verhältnis von Restaurierung und Fälschung	411
Lawrence Hendra [London], Philip Mould [London] The Face Beneath. Kollaborative Arbeit im Kunstmarkt	443
Petra Mandt [Köln], Maria Kokkori [Chicago], Jilleen Nadolny [London] Kunst der russischen Avantgarde, wissenschaftliche Forschung und multidisziplinäre Zusammenarbeit.....	483
Jessica David [New Haven], Richard Hark [New Haven], Edward Town [New Haven] „Drawn in Colours Bright“: Neue Erkenntnisse über die Porträtmalerei in der Tudor- und frühen Stuart-Zeit durch interdisziplinäre Zusammenarbeit	513
Glossar.....	550
Namenskürzel.....	613
Autor*innen.....	614
Graduiertenkolleg <i>Rahmenwechsel</i>	618
Bildnachweis.....	620
Impressum	624

Jan van Eyck's *Lucca Madonna*: Genesis and Painting Technique

A Case Study from the Interdisciplinary
Research Project on Macro X-Ray Fluorescence
Analysis [MA-XRF] at the Städel Museum in
Frankfurt

Translation from German by Katharine Schmidt

Introduction

Since 1988, art historians and conservators have collaborated on studies of the paintings of the Old Masters Collection of the Städel Museum, in order to compile the museum's scholarly catalogues. The publication in 1993 of the volume entitled *Niederländische Gemälde im Städel Museum 1400–1550*¹ set the standard for this endeavor; the early Netherlandish paintings in the collection of the Städel Museum are of particular importance due to their quality. One of the outstanding works in this group is without a doubt the *Lucca Madonna*, painted around 1437 by Jan van Eyck (c. 1390–1441) (**fig. 1**). The art historical (→ art history, → *Kunstwissenschaft*, *Bildwissenschaft*) significance of this panel painting is also evident in its extensive history of art technological (→ art technology) research (**fig. 2**). As early as 1938, Christian Wolters created an X-ray image of the Virgin and Child, for a study of Van Eyck's use of lead white.² In 1958, Jules Desneux was the first to use infrared photography to analyze the underdrawing.³ Following further technological examinations (X-ray images and infrared reflectography, hereafter referred to as IRR) published in the scholarly catalogue of 1993, the painting was once again analyzed both by Noëlle L.W. Streeton⁴ and in the context of the project *Van Eyck Research in Open Access* (VERONA) of the Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium/Institut Royal du Patrimoine artistique (KIK/IRPA).⁵

The technological analyses of the painting performed during the preparation of the 1993 scholarly catalog not only provided a detailed insight into the painting technique used to create the artwork, but additionally, they afforded a surprising glimpse into the genesis of the *Lucca Madonna*. Initially, the painting was conceived as a self-contained space into which viewers would look, as if into a dollhouse; with a few modifications in the painting process (→ working process), however, Jan van Eyck succeeded in opening the boundary between representation and reality. As a result, the room depicted in the painting now appears to seamlessly extend into the space around the viewer: Not only the carpet, but also the windows and the niches in the side walls, as well as the cross-ribbed vaulted

Bildgenese und Maltechnik von Jan van Eycks *Lucca-Madonna*

Ein Fallbeispiel aus dem interdisziplinären
Forschungsprojekt zur Makro-
Röntgenfluoreszenzanalyse [MA-XRF]
am Städel Museum Frankfurt

Einleitung

Seit 1988 werden die Gemälde der Altmeister-Sammlung des Städel Museums für die seither entstehenden wissenschaftlichen Bestandskataloge gemeinsam von Kunsthistoriker*innen und Restaurator*innen untersucht. Wegweisend dafür war die Publikation des Bestandskatalogs *Niederländische Gemälde im Städel Museum 1400–1550*¹ von 1993, wobei die frühen niederländischen Gemälde in der Sammlung des Städel Museums aufgrund ihrer Qualität einen besonderen Stellenwert einnehmen. Eines der herausragenden Werke dieser Gruppe ist zweifelsohne die um 1437 entstandene *Lucca-Madonna* Jan van Eycks (um 1390–1441) (**Abb. 1**). Die kunstwissenschaftliche (→Kunstgeschichte, →Kunstwissenschaft, Bildwissenschaft) Bedeutung des Tafelgemäldes zeigt sich auch in seiner umfangreichen gemäldetechnologischen (→Kunsttechnologie) Untersuchungsgeschichte (**Abb. 2**). Bereits 1938 hatte Christian Wolters eine Röntgenaufnahme der Figurengruppe zum Studium der Bleiweißverwendung Van Eycks angefertigt.² 1958 erfolgte die erste Untersuchung der Unterzeichnung mit einer Infrarot-Fotografie durch Jules Desneux.³ Nach den für den Altniederländer-Katalog 1993 durchgeführten Untersuchungen (Röntgenaufnahmen und Infrarot-Reflektografie, nachfolgend IRR) wurde das Gemälde von Noëlle L.W. Streeton⁴ und im Rahmen des Projekts *Van Eyck Research in Open Access* (VERONA) des Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium/Institut Royal du Patrimoine artistique (KIK/IRPA) erneut untersucht.⁵

Die im Zuge der Erstellung des Bestandskatalogs 1993 durchgeführten gemäldetechnologischen Untersuchungen erlaubten nicht nur erstmals einen detaillierten Einblick in die Maltechnik des Gemäldes, sondern sie boten darüber hinaus einen überraschenden Einblick in die Bildgenese der *Lucca-Madonna*. Anfänglich als in sich abgeschlossener Raum konzipiert, in den die Betrachter*innen wie in ein Puppenhaus hineinblicken, gelang es Jan van Eyck durch wenige Modifikationen im Malprozess (→Werkprozess), die Grenze zwischen Darstellung und Wirklichkeit so zu öffnen, dass sich der gemalte Raum nunmehr im Raum

ceiling are depicted only partially, thus suggesting their continuation on the viewer's side of the picture plane.⁶

In preparation for a new edition of the scholarly catalog of Netherlandish paintings from 1450 to 1500, the painting has now been the subject of in-depth analyses, with a focus on macro X-ray fluorescence analysis (MA-XRF).⁷ MA-XRF analysis is based on the excitation of matter with high-energy X-rays, which evokes fluorescence radiation specific to each chemical element.⁸ Thus, MA-XRF analysis allows for the non-destructive identification of chemical elements, and the visualization of their distribution throughout a painting. Hence, it enables insights not only into the materials and pigments used but also into the underlying layers, providing a direct glimpse into the process of a painting's creation.

The objective of the new analysis was to gain a deeper understanding of the production process of one of the showpieces in the Early Netherlandish collection. For this purpose, more detailed knowledge of Jan van Eyck's concrete painting technique – in particular, the composition of pigments and their use, as well as the sequence of paint layers – was to be obtained in order to better comprehend the individual steps and changes undertaken in the process of creating the painting, along with the associated artistic decision-making. Deciphering the creative process is of interdisciplinary significance, as it enables insights into the work of Jan van Eyck, one of the most important and influential artists of the fifteenth century. Therefore, the results of the art technological investigations were discussed and contextualized after their evaluation within the framework of the interdisciplinary project *MA-XRF Research at the Städel Museum*. Although the painting has frequently been subjected to art technological studies, unexpected findings have emerged in the course of the new analyses, providing a novel perspective on Jan van Eyck's work.

New Art Technological Analyses

Methodology

As part of the new analysis, three macro X-ray fluorescence scans (MA-XRF),⁹ several X-ray fluorescence point measurements (XRF),¹⁰ and a digital X-ray image (XRR)¹¹ were taken of the *Lucca Madonna*. The evaluation of MA-XRF datasets incorporated previous results¹² and was accompanied by microscopic examinations.¹³ This step-by-step process allows for the reconstruction of the artistic process of the *Lucca Madonna*, which will be described below in chronological order.

The Ground Layer

The white priming layer contains calcium, as strong calcium signals (Ca) can be detected alongside the edges of the panel, in the craquelure and in the areas covered with only a thin layer of paint (**fig. 3**, Ca). The use of an aqueously bound chalk ground was common in the fifteenth century in the Netherlands and has been identified in numerous works by Jan van Eyck.¹⁴

der Betrachter*innen unmittelbar fortzusetzen scheint: Nicht nur der Teppich, auch die Fenster- beziehungsweise Nischengruppe in den Seitenwänden und die kreuzrippengewölbte Decke sind nur ausschnitthaft im Bild dargestellt und suggerieren damit ihre Fortsetzung diesseits der Bildebene.⁶

Nun ist das Gemälde in Vorbereitung für die Neuauflage des Bestandskatalogs der niederländischen Gemälde 1450–1500 erneut Gegenstand tiefgehender Analysen mit Fokus auf die Makro-Röntgenfluoreszenzanalyse (MA-XRF) geworden.⁷ Die MA-XRF-Analyse beruht auf der Anregung von Materie mit energiereicher Röntgenstrahlung, die im →Material die sogenannte Fluoreszenzstrahlung evoziert, welche spezifisch für jedes chemische Element ist.⁸ Mit der MA-XRF-Analyse können also chemische Elemente zerstörungsfrei detektiert und in ihrer Verteilung auf dem Gemälde sichtbar gemacht werden. So kann nicht nur auf verwendete Farbstoffe und Pigmente rückgeschlossen werden, sondern auch unter die Oberfläche, sozusagen direkt in den Schaffensprozess eines Gemäldes, geblickt werden.

Ziel der Untersuchungen war es, mehr über den Herstellungsprozess eines der Glanzstücke der Altniederländischen Sammlung herauszufinden. Dafür sollte das konkrete maltechnische Vorgehen Jan van Eycks – insbesondere die Pigmentzusammensetzung und -verwendung und der Malschichtaufbau – weitergehend präzisiert werden, um die einzelnen Schritte und Veränderungsmaßnahmen in der Bildgenese und die damit verbundenen Gestaltungsabsichten des Künstlers besser verstehen zu können. Die Entschlüsselung des Schaffensprozesses ist fachübergreifend von Bedeutung, da so Einblicke in das Wirken Jan van Eycks ermöglicht werden. Im Rahmen des interdisziplinären Projektes *MA-XRF Forschung am Städel Museum* wurden daher die kunsttechnologischen Untersuchungsergebnisse nach Abschluss der Auswertung im Team diskutiert und kontextualisiert. Obwohl das Gemälde bereits häufig Gegenstand kunsttechnologischer Untersuchungen geworden ist, traten im Zuge der neuen Analysen unvorhergesehene Funde zutage, die einen neuen Blick auf die Arbeit Jan van Eycks ermöglichen.

Neue kunsttechnologische Untersuchungen Methodik

Im Zuge der neuen Untersuchungen wurden drei Röntgenfluoreszenzscans (MA-XRF),⁹ mehrere Röntgenfluoreszenz-Punktmessungen (XRF)¹⁰ und eine digitale Röntgenaufnahme (XRR)¹¹ von der *Lucca-Madonna* angefertigt. Die Auswertung der MA-XRF-Datensätze erfolgte unter Einbezug früherer Ergebnisse¹² und begleitet von mikroskopischen Untersuchungen.¹³ So kann Stück für Stück der Werkprozess der *Lucca-Madonna* rekonstruiert werden, der im Folgenden in chronologischer Reihenfolge beschrieben wird.

Moreover, lead signals (Pb) detectable across the surface and in the uniform absorption of X-rays in XRR indicate the presence of an isolation layer (“primuersel”¹⁵) applied with broad vertical brushstrokes over the entire pictorial ground (**fig. 4**). However, the analysis cannot unambiguously determine whether this layer is located above or below the underdrawing.¹⁶

The Underdrawing

Already in 1993, extensive underdrawings, particularly under the Virgin’s red garment, were visualized using a Hamamatsu IRR Vidicon system (**fig. 2a**).¹⁷ The IRR conducted by the Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium/Institut Royal du Patrimoine artistique (KIK/IRPA) shows the underdrawing in greater detail (**fig. 2b**).¹⁸ Due to the absorption of a broad wavelength range in the infrared, a carbon-based material, which seems to have been the most common medium for underdrawings in early Netherlandish painting, can be assumed.¹⁹ A re-evaluation of the high-resolution IRR now indicates an additional underdrawing phase in the creation of the *Lucca Madonna*, executed with a metalpoint.²⁰ In some areas of the Virgin’s garment, next to the previously described meticulous brush drawing, fine lines with a homogenous line width can be seen in IRR, that roughly indicate the fall of the drapery (**fig. 5b**). In the lower right area of the red garment these lines are visible through the thinly applied paint layer as consistently wide, gray lines (**fig. 5a**).²¹ While a metalpoint can be presumed based on the characteristics found, the exact material cannot be identified.²² It is likely that this metalpoint drawing was used during one of the initial stages of the composition, which the artist subsequently retraced with black ink and brush, refining it with more details and sporadic hatchings. The use of metalpoints in underdrawings in early Netherlandish paintings has been repeatedly mentioned in art technological research since the 1970s.²³ Recent studies have now provided evidence of metalpoints whose material composition could not be further identified, for (under-)drawings on primed wood panels in works by the Van Eyck brothers, such as the exposed drawing of the painting entitled *Saint Barbara* (1437, Antwerp, Royal Museum of Fine Arts),²⁴ or in the *Ghent Altarpiece* (1432, Ghent, St. Bavo’s Cathedral).²⁵

The Paint Layers Pigments and Fillers

MA-XRF analysis primarily allows for the identification of inorganic pigments. Lead white was used as a white pigment (**fig. 3**, Pb). Various iron-containing earth pigments, such as yellow, red, and brown ocher, are visible in the iron distribution. The presence of various blue and green copper-based pigments can be presumed based on the co-occurrence of varying ratios of copper and zinc (**fig. 3**, Cu, Zn). Copper blue, for instance, is found in the brocade fabric, in the glass vial on the right-hand edge, and in small blue details of the ornaments on

Grundierung

Die weiße Grundierung ist calciumhaltig, da in Randbereichen, im Craquelé und in dünn bemalten Flächen starke Calcium-Signale (Ca) detektiert werden können (**Abb. 3**, Ca). Üblich in den Niederlanden des 15. Jahrhunderts und in zahlreichen Werken Jan van Eycks nachgewiesen ist die Verwendung einer wässrig gebundenen Kreide-Grundierung.¹⁴

In den flächig auftretenden Blei-Signalen (Pb) und der gleichmäßigen Absorption von Röntgenstrahlen im XRR (**Abb. 4**) zeigt sich zudem eine mit breiten vertikalen Pinselstrichen aufgetragene Isolierschicht („primuerseel“¹⁵), die den gesamten Bildgrund überzieht. Ob diese über oder unter der Unterzeichnung liegt, lässt sich mit der angewandten Analytik jedoch nicht eindeutig klären.¹⁶

Unterzeichnung

Bereits 1993 konnte mit dem Hamamatsu-IRR-Vidicon-System die umfangreiche Unterzeichnung insbesondere unter dem roten Gewand der Madonna sichtbar gemacht werden (**Abb. 2a**).¹⁷ Die IRR des Koninklijk Instituut voor het Kunstpatrimonium/Institut Royal du Patrimoine artistique (KIK/IRPA) zeigt diese in größerer Detailgenauigkeit (**Abb. 2b**).¹⁸ Aufgrund der Absorption eines breiten Wellenlängenbereichs im Infrarot kann hier ein kohlenstoffhaltiges Material vermutet werden, das in der altniederländischen Malerei das gängigste Unterzeichnungsmedium gewesen zu sein scheint.¹⁹ Eine erneute Auswertung der hochauflösenden IRR deutet nun bei der *Lucca-Madonna* auf eine weitere Unterzeichnungsphase mit einem Metallstift hin.²⁰ So zeigen sich in einigen wenigen Bereichen im Madonnengewand, neben der bereits beschriebenen sorgfältigen Pinselzeichnung, feine homogene Stiftspuren im IRR, die grob den Faltenwurf angeben (**Abb. 5b**). Im unteren rechten Bereich des roten Gewands sind diese durch die nur dünn aufgetragene Malschicht als gleichmäßig breite, graue Linien sichtbar (**Abb. 5a**).²¹ So lässt sich aufgrund der Charakteristika zwar ein Metallstift vermuten, das verwendete Material kann aber nicht identifiziert werden.²² Vermutlich wurde diese Metallstiftzeichnung im Zuge einer der ersten Bildanlagen verwendet, die der Künstler anschließend mit einer schwarzen Tusche und dem Pinsel nachzog und durch einen höheren Detailreichtum und die Anlage sporadischer Schraffuren verfeinerte. Auf die Verwendung von Metallstiften in Unterzeichnungen der frühen Niederländer ist bereits seit den 1970er Jahren wiederholt hingewiesen worden.²³ Jüngere Forschungen konnten nun den Einsatz von materialanalytisch nicht näher identifizierten Metallstiften zur (Unter-)Zeichnung auf grundierter Holztafel in weiteren Werken Van Eycks nachweisen, etwa freiliegend in der *Hl. Barbara* (1437, Antwerpen, Koninklijk Museum voor Schone Kunsten)²⁴ oder im *Genter Altar* (1432, Gent, St.-Bavo-Kathedrale).²⁵

the Virgin's garment; copper green can be found in the green brocade decoration (**fig. 6**).²⁶ Ultramarine (K) was used for the Virgin's blue undergarment as well as for depicting vibrant blue details in the brocade ornamentation, the beads on the seam of the garment, and on the blue tiles.²⁷ Vermilion (HgS) was employed for the extensive application of paint in the Virgin's garment, and for vibrant red brocade and fabric embellishments on the throne and in the carpet (**fig. 3**, Hg). For bright light-yellow details and highlights, lead-tin yellow partly mixed with yellow ocher was used, as seen in the light-yellow brocade patterning of the carpet.

By identifying filler materials and substrates related to the creation of organic lake pigments, as well as the admixture of color modifiers, it is also possible to deduce the use of organic lake pigments through MA-XRF analysis.²⁸ The meticulous elaboration of the *Lucca Madonna* is also based on the use of these lake pigments, which are evident in the distribution of both calcium and potassium. The latter is often associated with translucent, deep-red glazes used for shading the depths of the garments and brocade, and in some places also contains manganese.²⁹ Moreover, strong calcium signals are also present in brown and black tones, such as the initial depiction of the ceiling.³⁰

Of particular interest are the extensive zinc signals, appearing both in paint applied over large areas and fine details (**fig. 3**, Zn). Zinc is detectable in reddish-brown areas of the picture, such as the wood and the brass bowl on the right-hand edge of the artwork, as well as in the dark-brown-to-black contouring of the brocade pattern and the figures of the Christ Child and the Virgin Mary (**fig. 6b**). Furthermore, zinc can be found in light-yellow (up to brown) brocade ornaments on the baldachin. Jana Sanyova et al. were also able to identify zinc in the original painting of the *Ghent Altarpiece*, where it often co-occurs with potassium and manganese.³¹ In both the *Lucca Madonna* and the *Ghent Altarpiece*, zinc is found together with copper in the shadowy areas of the room. Sanyova et al. attribute this to the admixture of various drying modifiers to slow-drying paint. Thus, red paint layers contain glass and zinc-based materials, while copper-based salts like verdigris and blue vitriol are found in dark areas.³²

The Genesis of the Work

The first application of paint meant to initially divide the pictorial ground, and was therefore executed with broad, quickly applied brushstrokes. An initial light-gray indication of the interior space has already been described by Streeton,³³ based on microscopic examinations, and can also be seen over a wide area both in the X-ray image and in the lead distribution of the MA-XRF analysis (**fig. 3**, Pb).³⁴ The application of this initial layer traces the depiction of the room by leaving the borders of individual pictorial elements exposed.³⁵ The MA-XRF lead distribution clearly indicates that the artist applied the paint in these individual areas at a fast pace. Besides the light-gray underpainting of the room, the Virgin's red garment is underpainted with vermilion in a thin application. The purpose of this layer is clearly evident in the brushstroke, which does not follow the folds of the garment, but quickly covers the area in various directions (**fig. 3**, Hg). The area

Malschicht

Pigmente und Füllstoffe

Mit der MA-XRF-Analyse können vornehmlich anorganische Pigmente identifiziert werden. Als Weißpigment fand Bleiweiß Verwendung (**Abb. 3**, Pb). Verschiedenfarbige eisenhaltige Erdpigmente, wie gelber, roter und brauner Ocker, werden in der Eisen-Verteilung sichtbar. Diverse blaue und grüne kupferbasierte Pigmente können aufgrund des gemeinsamen Auftretens variierender Verhältnisse von Kupfer und Zink vermutet werden (**Abb. 3**, Cu, Zn). Kupferblau findet sich etwa im Brokatstoff, in der Glasphiole am rechten Rand und in kleinen blauen Details des Dekors am Mariengewand, Kupfergrün in der grünen Brokatverzierung (**Abb. 6**).²⁶ Ultramarin (K) ist im blauen Untergewand der Madonna sowie für die Darstellung leuchtend blauer Details etwa im Brokatmuster, den Perlen am Gewandsaum oder in den blauen Kacheln vermalt worden.²⁷ Zinnober (HgS) fand im Mariengewand zur flächigen Farbanlage und für leuchtend rote Brokat- und Stoffverzierungen von Thron und Teppich Verwendung (**Abb. 3**, Hg). Für leuchtend hellgelbe Details und Lichter wurde Bleizinnigelb genutzt, das partiell auch in Ausmischung mit gelbem Ocker verarbeitet wurde, etwa in den hellgelben Brokatverzierungen des Teppichs.

Über die Identifizierung von Fällungsstoffen und Substraten der Verlackung organischer Farblacke sowie der Beimengung von Farbmodifikatoren lässt sich auch die Verwendung organischer Farblacke durch die MA-XRF-Analyse nachweisen.²⁸ Die diffizile Ausarbeitung der *Lucca-Madonna* basiert auch auf dem Einsatz dieser Lacke, welche sich sowohl in der Calcium- als auch in der Kalium-Verteilung zeigen. Letztere kann oft mit transluzenten tiefroten Lasuren zur Schattierung der Gewandtiefen und des Brokats assoziiert werden, die zum Teil auch Mangan enthalten.²⁹ Starke Calcium-Signale liegen darüber hinaus in braunen und schwarzen Tönen vor, wie etwa in der initialen Anlage der Raumdecke.³⁰

Interessant sind zudem die umfangreichen Zink-Signale, die sowohl relativ flächig als auch in feinen Details auftreten (**Abb. 3**, Zn). Nachweisbar ist Zink etwa in (rötlich-)braunen Bildbereichen wie dem dargestellten Holz und der Messingschüssel am rechten Bildrand, aber auch in der dunkelbraunen bis schwarzen Konturierung des Brokatmusters sowie der Christus- und Marienfigur (**Abb. 6b**). Darüber hinaus ist Zink in hellgelben (bis braunen) Brokatverzierungen im Baldachin detektierbar. Sanyova et al. konnten im *Genter Altar* in der originalen Malerei ebenfalls Zink nachweisen, das dort oft gemeinsam mit Kalium und Mangan auftritt.³¹ Sowohl an der *Lucca-Madonna* als auch im *Genter Altar* tritt Zink in tiefen Raumschatten gemeinsam mit Kupfer auf. Sanyova et al. führen dies auf die Beimengung unterschiedlicher Trocknungsbeschleuniger zu schlecht-trocknenden Farben zurück. So finden sich in roten Farblacken Glas und zinkhaltige Materialien, in dunklen Bereichen kupferbasierte Salze wie etwa Grünspan oder blauer Vitriol.³²

of the brocade fabric was likewise colored in a first step with a copper-based blue or green paint, applied in a horizontal or meandering manner around the figures depicted (**fig. 3**, Cu). Unlike the light-gray underpainting of the interior architecture, observed by Streeton,³⁶ these copper- and mercury-containing intermediate layers do not adhere to the borders of the depiction, but serve solely as coloring.

Within the first application of paint, the light-gray underpainting was likely used to depict the initial interior architecture, as it includes a step in the front of the floor that was later rejected in favor of the wooden throne platform located on the tiled floor seen today (**fig. 3**, Pb), which is nowadays covered by the copper-based underpainting of the subsequently conceived carpet. In this first coloring of the richly embellished carpet, the only area left unpainted is an initially more generously designed fold in the Virgin's red garment on the lower left side, which in turn was also left uncovered by the vermilion-red underpainting of the Virgin's garment (**fig. 7**, Cu). Thus, the following layer sequence for the build-up of the painting emerges: 1. light-gray toning of the architectural background with lead white and ochers; 2. blue and/or green underpainting of the throne, the carpet, and the green landscape on the left in the window; 3. red underpainting of the Virgin's garment.

The painting of the image was subsequently executed on top of the underpaintings by incorporating these first layers of paint. The interior architecture, for instance, is painted above the light-gray intermediate layer, and indicated only by bright and shaded areas.³⁷ Several symbolic elements,³⁸ such as the washbowl and the two lions on the front ends of the armrests on the throne, were left unpainted in the lead-containing layer from the beginning onward, and thus, were already envisioned in the initial composition. Others, such as the lion figures on the rear throne posts, the pieces of fruit on the left windowsill, and the candle holder and glass carafe in the niche on the right edge, were executed above the application of the light-gray intermediate paint layer used to depict the room. In the case of the first three details, this underpainting is completely covered by the application of opaque paint. In the depiction of the carafe, however, the underlying layer is skillfully integrated through the use of glazes and a few selectively applied opaque light reflexes.

The extensive revision of the interior architecture during the painting process has already been described in detail.³⁹ While only minor details were changed in the group of figures consisting of the Virgin and Child, the depiction of the room was fundamentally altered through a few painterly interventions.⁴⁰ The initially planned flat ceiling was already dark-colored, with a paint layer containing ocher (Fe) and calcium. Only afterward did the artist execute the Gothic arches, the elevated height of the room's vault, and the oculi above the window and niche, using a mixture of lead-, copper-, and iron-based pigments (**fig. 3**, Fe; see **fig. 2b**). In the left area of the painting, the left wall and the ceiling were shaded together, while the distinct border between the illuminated wall and the discarded dark ceiling on the right side of the painting was integrated as a shadow of the throne in today's image. The Gothic architecture, localized in the corners of the room, was created in a sketch-like manner. Beside the individual brushstrokes that give form to the pillars and the cross-rib vaults, translucent shadings and fine light reflexes were applied only in certain areas. Between them, the underlying paint layer is exposed. The canopy of the throne was also enlarged and adjusted to fit the

Werkgenese

Die erste Farbanlage der *Lucca-Madonna* zur Unterteilung der Bildfläche erfolgte mit breitem, zügig aufgetragenem Pinselstrich. Eine erste hellgraue Angabe des Innenraums wurde bereits von Streeton³³ aufgrund mikroskopischer Untersuchungen beschrieben und zeigt sich auch flächig in der Röntgenaufnahme sowie der MA-XRF Blei-Verteilung (**Abb. 3**, Pb).³⁴ Diese folgt in ihrem Auftrag der Darstellung des Raumes, indem die Grenzen einzelner Bildelemente offen stehengelassen wurden.³⁵ In der MA-XRF Blei-Verteilung wird deutlich, dass der Künstler den Auftrag dieser einzelnen Flächen mit schnellem Tempo ausführte. Neben der hellgrauen Untermauerung ist aber ebenso das rote Mariengewand mit Zinnober in dünnem Farbauftrag unterlegt. Der Zweck dieser Schicht ist deutlich im Pinselauftrag erkennbar, der nicht dem Verlauf der Gewandfalten folgt, sondern in verschiedene Richtungen verlaufend zügig die Fläche initial einfärbt (**Abb. 3**, Hg). Auch der Brokatstoff wurde in einem der ersten Schritte des Malprozesses mit einem kupferbasierten Blau- oder Grünpigment in horizontalem oder um die Figuren mäandernden Duktus angelegt (**Abb. 3**, Cu). Im Gegensatz zu den Beobachtungen Streetons³⁶ an der hellgrauen Untermauerung des Innenraumes beachtet der Auftrag dieser kupfer- und quecksilberhaltigen Zwischenschichten die Grenzen der Darstellung nicht, sondern hat eine reine farbgebende Funktion.

Innerhalb der ersten Farbanlage erfolgte vermutlich die hellgraue Untermauerung der zunächst geplanten Raumarchitektur, da die in dieser Farbschicht angelegte und später zugunsten des teppichbedeckten hölzernen Thronpodestes auf Fliesenboden verworfene vordere Bodenstufe (**Abb. 3**, Pb) von der kupferbasierten Untermauerung des später erdachten Teppichs bedeckt ist. Ausgespart in dieser ersten farbigen Angabe des reich verzierten Teppichs ist nur eine zunächst umfangreicher angelegte Gewandfalte des roten Madonnenumhangs im linken unteren Bildbereich, die wiederum aber nicht mit der zinnoberroten Untermauerung des Mariengewands belegt ist (**Abb. 7**, Cu). Somit ergibt sich folgende Schichtenabfolge: 1. hellgraue Eintönung des Hintergrundes mit Bleiweiß und Ocker(n), 2. blaue und/oder grüne Untermauerung des Throns, des Teppichs und der grünen Landschaft links im Fenster, 3. rote Untermauerung des Mariengewandes.

Über den Untermauerungen wurde anschließend die Darstellung unter Einbezug der ersten Farbschichten malerisch ausgeführt. Die Raumarchitektur etwa ist auf der ersten grauen Farbanlage nur durch lichte und schattige Bereiche angegeben.³⁷ Einige symbolistische Elemente,³⁸ wie die Waschschüssel und die beiden Löwen an den vorderen Armlehnen des Throns, wurden von Anfang an von der bleihaltigen Schicht ausgespart und waren daher bereits in der ersten kompositorischen Anlage der Darstellung vorgesehen. Andere, etwa die Löwenfiguren auf den hinteren Thronpfosten, die Früchte auf dem linken Fensterbrett oder Kerzenhalter und Glaskaraffe in der Nische am rechten Bildrand, sind erst auf der hellgrauen Farbschicht des Innenraums ausgeführt worden. Im Falle der ersten drei Details wurde die unterliegende Farbschicht vollständig durch opaken Farbauftrag bedeckt. In die Darstellung der Glaskaraffe hingegen ist sie durch lasurartige Schichten und wenig deckend gesetzte Lichtreflexe gekonnt eingebunden.



Abb. 1 Jan van Eyck, *Lucca-Madonna*, ca. 1437, 65,7 × 49,6 × 0,8 cm, Mischtechnik auf Eichenholz, Inv.-Nr. 944, Frankfurt, Städel Museum. // **Fig. 1** Jan van Eyck, *Lucca Madonna*, c. 1437, 65.7 × 49.6 × 0.8 cm, mixed technique on oak, inv. no. 944, Frankfurt, Städel Museum.

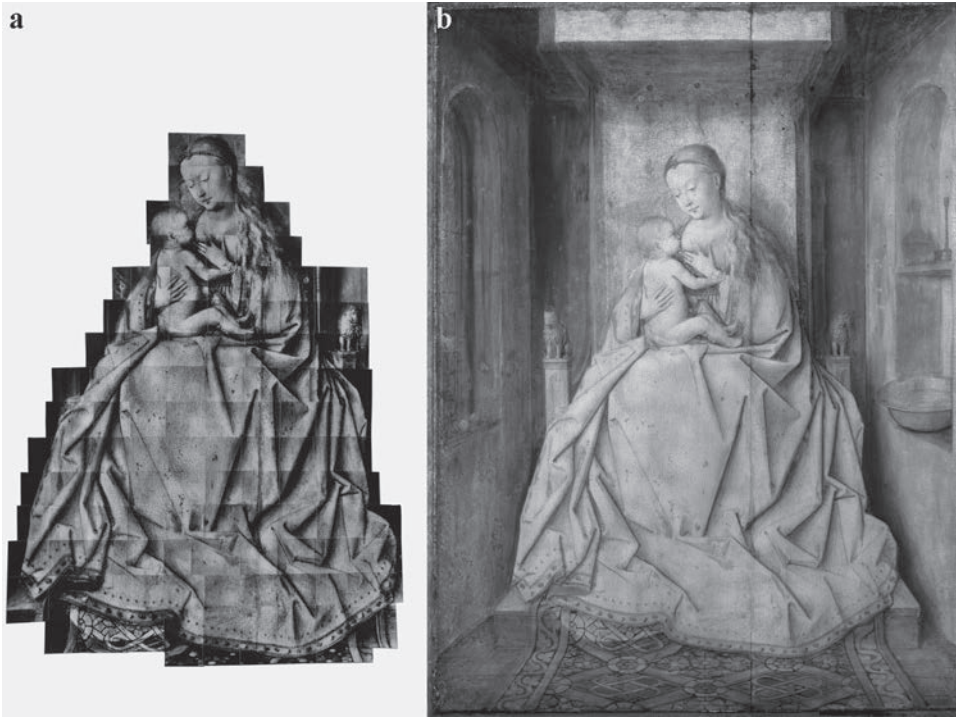


Abb. 2 Die Weiterentwicklung der Infrarotreflektografie (IRR) 1993–2015 am Beispiel der *Lucca-Madonna*. (a) IRR-Assemblage mit der Vidicon (Hamamatsu), (b) Hochaufgelöste IRR (Osiris). // **Fig. 2** The evolution in the development of infrared reflectography (IRR) from 1993 to 2015, taking as an example the *Lucca Madonna*. (a) IRR assemblage made with vidicon (Haamatsu), (b) high-resolution IRR (Osiris).

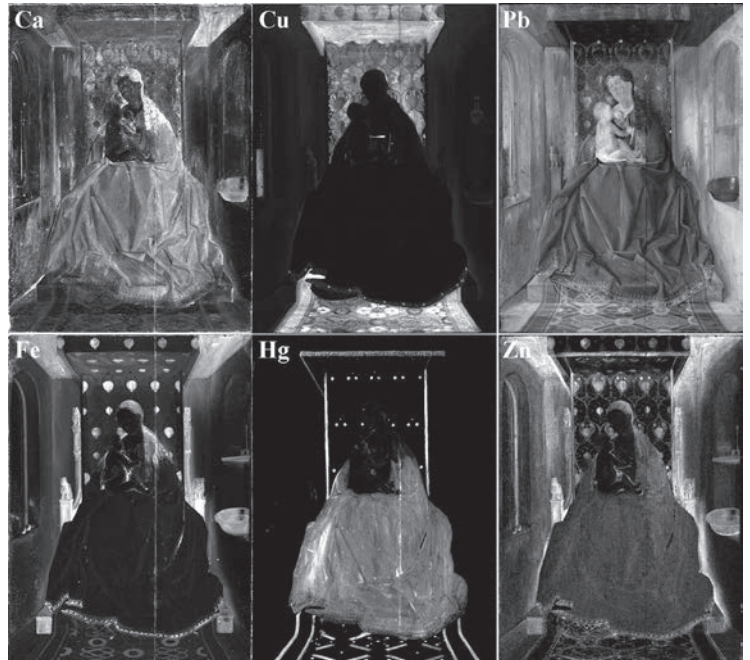


Abb. 3 MA-XRF-Element-Verteilung von Calcium (Ca-K), Kupfer (Cu-K), Eisen (Fe-K), Quecksilber (Hg-L), Blei (Pb-L) und Zink (Zn-K). Je heller ein Bereich ist, desto mehr ist von dem jeweiligen Element vorhanden. // **Fig. 3** MA-XRF element distribution for calcium (Ca-K), copper (Cu-K), iron (Fe-K), quicksilver (Hg-L), lead (Pb-L), and zinc (Zn-K). The lighter the area appears, the more of the respective element it contains.

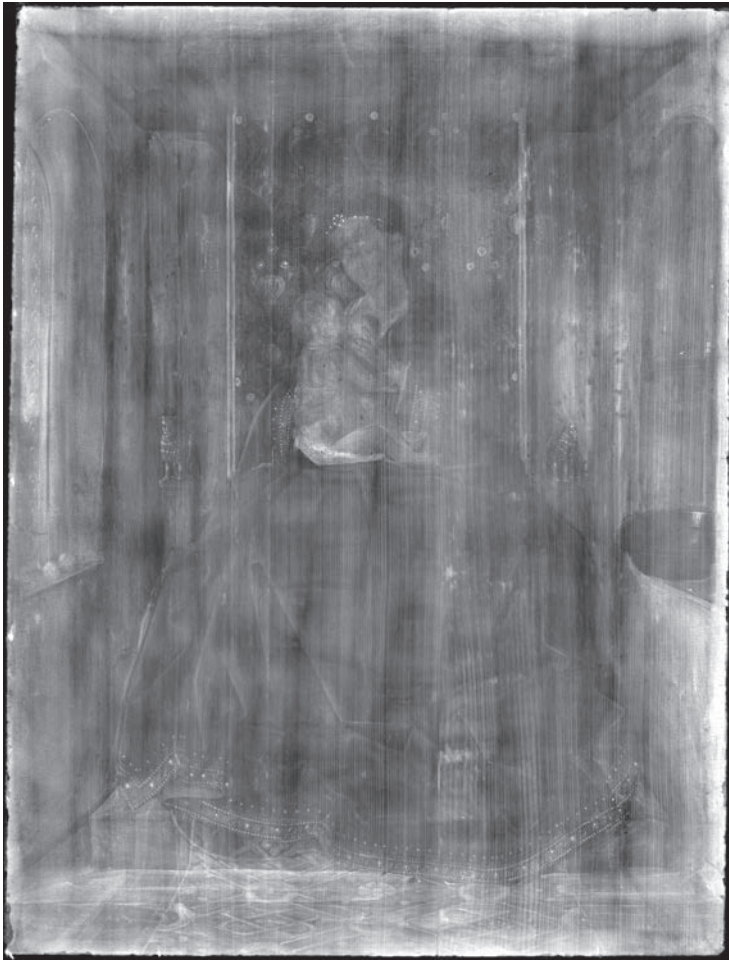


Abb. 4 Digitale Röntgenaufnahme (XRR). // **Fig. 4** Digital X-ray image (XRR).

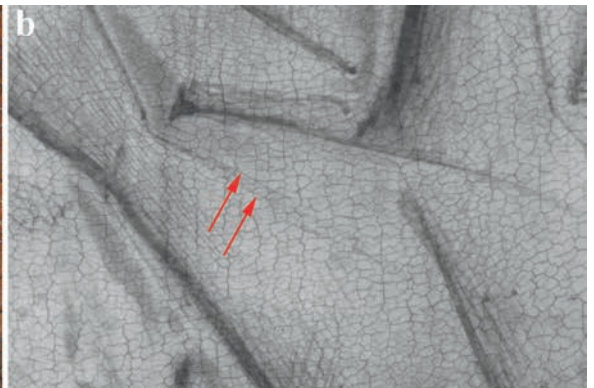
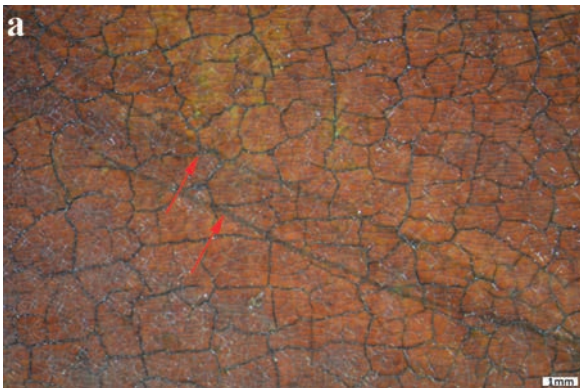


Abb. 5 Metallstift-Unterzeichnung im roten Gewand (a) unter dem Mikroskop und (b) in der IRR. // **Fig. 5** Metal-stylus underdrawing in red garment (a) under the microscope and (b) in IRR.



Abb. 6 Detail der Malerei im (a) sichtbaren Licht und (b) MA-XRF-Korrelation der Cu-K- und Zn-K-Signale. Die Korrelations-Kartierung desselben Bereiches zeigt die Präsenz verschiedener zink- und kupferbasierter Pigmente und Additive. // **Fig. 6** Detail from the painting in (a) visible light and (b) MA-XRF correlation of the Cu-K and Zn-K signals. The correlation mapping of this area shows the presence of different zinc- and copper-based pigments and additives.

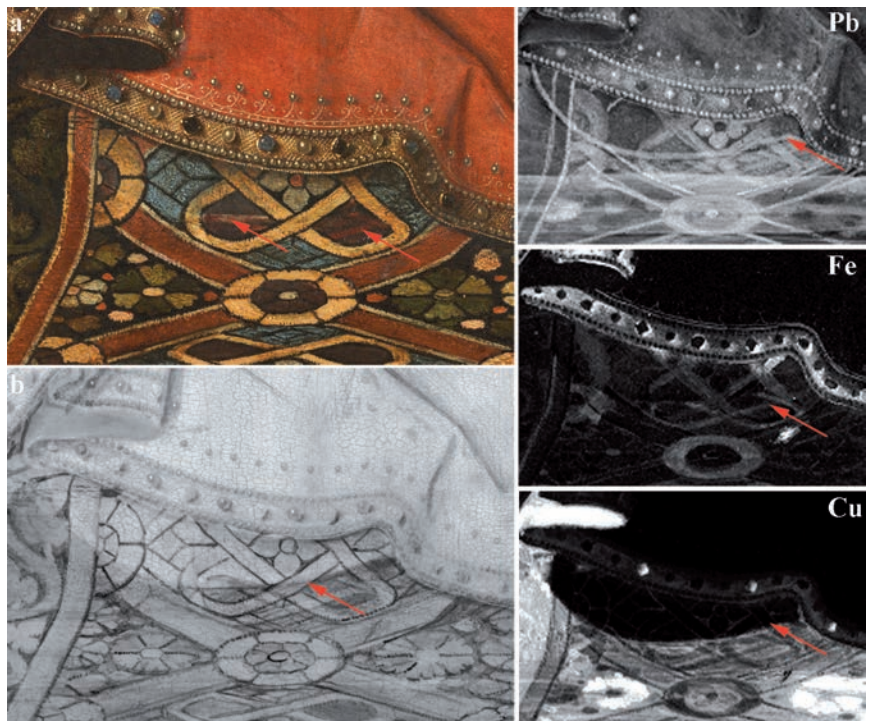


Abb. 7 Pentimento im Teppich im (a) sichtbaren Licht und (b) unter infraroter Strahlung. MA-XRF-Element-Verteilung von Blei (Pb-L), Eisen (Fe-K) und Kupfer (Cu-K). Die vielschichtigen Veränderungen dieses Bereiches können verschiedenen Phasen der Werkgenese zugeordnet werden. // **Fig. 7** Pentimento in the carpet in (a) visible light and (b) under infrared radiation. MA-XRF element distribution of lead (Pb-L), iron (Fe-K), and copper (Cu-K). The multi-layered changes in this area can be categorized as belonging to different phases of the genesis of the work.

perspective of the image (**fig. 3**, Ca, Fe, Pb). The figure of a young, bearded man, described by Hugh Hudson,⁴¹ which was discarded during the painting process, was until recently visible only in IR photography⁴² and in the first IRR (Vidicon).⁴³ It was now possible to prove, by means of MA-XRF analysis, that the figure was executed with an iron-based earth pigment. A similar figure – presumably representing a prophet, as a reference to the Old Testament – on the right side of the throne would be consistent, but it has not been possible to identify such a figure, neither by means of IRR nor in the elemental distribution of the MA-XRF analysis. In the context of the discarded figure, it is also worth mentioning that only the two lower lions – in a clear allusion to the throne of King Solomon in the Old Testament – were omitted in the original application of paint.⁴⁴ The lions visible today on the rear throne-posts, on the other hand, were painted directly on top of the finalized paint layers of the background.

As described by Jeltje Dijkstra in 2005, the production process in early Netherlandish painting, which entailed working from light, opaque layers to dark, translucent layers, gives these paintings their unique luminosity.⁴⁵ The drapery folds in the Virgin's red gown are based on the intermediate vermilion layer that was covered in the depths of the garment with a red and/or brown ocher (Fe, Mn), and in bright areas with a light red tone based on the admixture of lead white, as well as on the partial application of a red glaze. Blue areas containing expensive ultramarine pigments were commonly underpainted with azurite, to cut costs. An underpainting with azurite such as this cannot, however, be detected in the Virgin's blue garment (**fig. 3**, Cu), although potassium signals clearly point to the use of ultramarine.⁴⁶ The modification of the composition continued during the painting process. Thus, in the area of the above-mentioned pentimento in the copper-blue underpainting of the carpet in the lower left, changes in the carpet patterning are visible (**fig. 7b**, Cu). The rejected garment fold was outlined with a bright ribbon visible not only in the distribution of lead (**fig. 7**, Pb), but also to an extent with the naked eye, since it shines through translucent areas of paint (**fig. 7a**). Furthermore, the yellow quatrefoil pattern was at first executed with the same perspective foreshortening as the other two yellow decorative elements (**fig. 7**, Fe). Since the carpet runs over the edge of the podium, its shape was altered during the painting process. The final subtle details, such as the opulent beadwork of the garments and the elaborate brocade fabric of the carpet, stand out due to the meticulous application of paint and the shading of individual elements. The Virgin's bead-embroidered seam was underlaid with an ocher, on which the depicted gold threads were executed with lead-tin-yellow, while the gems and pearls were painted with lead white, ultramarine, and copper pigments.

The Interdisciplinary Perspective on the Technological Results

What conclusions can be drawn from an art technological study with such a specific focus? In the present case, the results of the MA-XRF analysis illustrate the spectrum of variation in Jan van Eyck's painting technique, ranging from the broad and rapid application of paint in different areas to the meticulous individual

Die umfangreiche Überarbeitung des dargestellten Innenraums im Malprozess ist bereits detailliert beschrieben worden.³⁹ Während die Figurengruppe aus Madonna und Kind nur in kleinen Details verschoben ist, wurde die Raumdarstellung durch einige wenige malerische Eingriffe grundlegend verändert.⁴⁰ Die initial geplante flache Raumdecke war mit einer ocker- (Fe) und calciumhaltigen Farbschicht bereits malerisch dunkel eingetönt. Erst anschließend führte der Künstler die gotischen Bögen, die entrückte Höhe des Raumes und die angeschnittenen runden Fensteröffnungen mit einer Mischung blei-, kupfer- und eisenhaltiger Pigmente aus (**Abb. 3**, Fe, vgl. **Abb. 2b**). Im linken Bildbereich wurden dazu die linke Wand und die Raumdecke gemeinsam abgeschattiert, während die deutliche Grenze zwischen der beleuchteten Wand und der verworfenen dunklen Raumdecke auf der rechten Bildseite als Schatten des Throns in die heutige Darstellung eingebunden ist. Die in den Raumecken lokalisierte gotische Architektur des Raumes ist skizzenartig gestaltet. Neben den einzelnen Pinselftrichen, die die Form der Säulen und des Kreuzrippengewölbes erfassen, wurden nur partiell transluzente Schattierungen und feine Lichtreflexionen aufgetragen. Dazwischen liegt die unterliegende Farbschicht offen. Ebenso wurde auch der Baldachin des Throns vergrößert und perspektivisch an die Darstellung angepasst (**Abb. 3**, Ca, Fe, Pb). Die von Hugh Hudson⁴¹ beschriebene, im Malprozess verworfene Figur eines jungen bärtigen Mannes unter dem linken oberen Löwen am Marienthron war bisher ausschließlich in der IR-Fotografie⁴² und der ersten IRR (Vidicon) sichtbar.⁴³ Mittels MA-XRF-Analyse konnte nun nachgewiesen werden, dass die Figur mit einem eisenbasierten Erdpigment angelegt ist. Eine gleichartige Figur – die vermutlich als Hinweis auf das Alte Testament einen Propheten darstellen sollte – an der rechten Thronseite wäre logisch, konnte jedoch weder in der IRR noch in der Element-Verteilung der MA-XRF-Analyse nachgewiesen werden. Im Kontext dieser verworfenen Figur ist ebenfalls bemerkenswert, dass nur die beiden unteren Löwen – als klare Anspielung auf den alttestamentlichen Thron König Salomons – in der ursprünglichen Anlage ausgespart wurden.⁴⁴ Die heute sichtbaren Löwen auf den hinteren Thronpfosten sind demgegenüber direkt auf bereits ausgeführte Farbschichten des Hintergrunds gemalt.

Wie bereits 2005 von Jeltje Dijkstra beschrieben, wird in der frühniederländischen Malerei von lichten, opaken Schichten zu dunklen, transluzenten gearbeitet, die diesen Gemälden ihre einzigartige Leuchtkraft geben.⁴⁵ Der Faltenwurf im roten Gewand der Madonna wurde auf der flächigen Zinnoberanlage durch die Ausführung der Gewandtiefen mit einem roten und/oder braunen Ocker (Fe, Mn), eines zur Aufhellung mit Bleiweiß ausgemischten Rottens sowie durch partiellen Auftrag eines roten Farblackes angelegt. Blaue Bildbereiche mit teurem Ultramarin wurden gewöhnlich aus Kostengründen mit Azurit unterlegt. Bei dem blauen Mariengewand kann eine solche Untermalung mit Azurit allerdings nicht nachgewiesen werden (**Abb. 3**, Cu), obschon Kalium-Signale eindeutig auf die Verwendung von Ultramarin hinweisen.⁴⁶ Auch im Malprozess wurde die Darstellung noch angepasst. So zeigen sich im Bereich des bereits beschriebenen Pentiments in der kupferblauen Untermalung des Teppichs im linken unteren Bildbereich auch Änderungen im Teppichdekor (**Abb. 7b**, Cu). Die in der heutigen Darstellung verworfene Gewandfalte wurde mit einem hellen Band umrandet, das nicht nur

brushstrokes executed to render fine details. The skillful integration of initial intermediate paint layers into the final image, the changes adeptly made during the painting process, the finely executed details and the evidence regarding the admixture of paint modifiers all attest to the artist's deep understanding of painting techniques, and to his craftsmanship. The extensive revision of the background is a distinctive feature of the *Lucca Madonna*, which stands out not only for its technical execution but also for its refined aesthetic effect, which seemingly blurs the boundary between the pictorial space and the space inhabited by the viewer. The results of the XRF scans now make the sequence of these partial revisions more comprehensible, by means of material analysis and the overlapping of elemental distributions.

The newly gained knowledge on the materials and genesis of the *Lucca Madonna* illuminates two points. First, repeated analysis may contribute to a deeper understanding of an object. Furthermore, in the context of interdisciplinary exchange, results that might otherwise have remained undiscovered can be deciphered and interpreted in a sound manner. In the present case, the new findings can advance the current state of research by deepening knowledge on the creation of the work as described by Jochen Sander back in 1993, through the identification of the materials used and the clarification of the sequence of complex working steps.⁴⁷ This can be seen in the discarded male figure on the throne, described by Hudson,⁴⁸ which can be interpreted as a prophet figure analogous to numerous comparable figures in paintings by Jan van Eyck. Previously attributed to the underdrawing, this figure can now be more precisely located within the painting process. The rejection of this figure during the stage of painting hence suggests that Jan van Eyck's artistic approach retained a certain spontaneity throughout the entire creative process.

This case study demonstrates the potential of modern non-destructive examination methods: MA-XRF analysis is just as suitable for interdisciplinary collaboration and discussion as IRR,⁴⁹ since on the one hand, each of the 700,000 measurement points generated by scanning the *Lucca Madonna* contains materials-science data, and on the other hand, the results can be presented as easily accessible visible images. Thus, the visual results of the element distributions, which enable researchers to look into the depths of a painting, can in particular be used for interdisciplinary discussions or public relations in a museum context (→art mediation, art education), such as in public tours. However, there are also limitations. As with any examination, questions remain; to answer them, further analysis that might require sampling would be needed to achieve a deeper understanding of the stratigraphy and →materiality of the painting. Taking as an example the pentimenti on the throne, it is currently not possible to determine non-invasively whether a second prophet figure was originally envisioned on the right side of the throne.

What is the benefit of interdisciplinary collaboration? This can be clearly demonstrated, using once again the example of the prophet figure on the Virgin's throne. An asymmetrical throne decoration can be ruled out from an art-historical perspective, while the art-technological examination demonstrated that the figure was already partially executed in paint; taken together, this evidence indicates

in der Blei-Verteilung sichtbar wird (**Abb. 7**, Pb), sondern partiell auch mit bloßem Auge durch transluzente Farbbereiche durchscheint (**Abb. 7a**). Darüber hinaus wurde ebenso das gelbe vierblättrige Knotenmuster zunächst mit derselben perspektivischen Verkürzung angelegt, mit der auch die anderen beiden gelben Dekorelemente dargestellt sind (**Abb. 7**, Fe). Da der Teppich über die Stufe des Podests verläuft, wurde die Form im Malprozess angepasst. Letzte feine Details, so etwa die reiche Perlenverzierung der Gewänder und der aufwendige Brokattstoff des Teppichs, bestechen durch ihren minutiösen Farbauftrag und die Abschattierung einzelner Elemente. Der perlenbestickte Saum Mariens wurde mit einem Ocker unterlegt, auf dem die Goldfäden mit Bleizinn gelb, die Edelsteine und Perlen mit Bleiweiß, Ultramarin und Kupferpigmenten ausgeführt wurden.

Der interdisziplinäre Blick auf die technologischen Ergebnisse

Was lässt sich von einer so spezifischen kunsttechnologischen Untersuchung ableiten? Im vorliegenden Fall illustrieren die Ergebnisse der MA-XRF-Analyse das Variationsspektrum des Farbauftrags Jan van Eycks, der von der groben und schnellen Anlage verschiedener Farbbereiche bis zu einzelnen minutiös aufgetragenen Pinselzügen zur Modellierung feiner Details rangiert. Das gekonnte Einbinden erster Farbschichten in die Darstellung, die souverän ausgeführten Veränderungen der Darstellung im Malprozess, die fein ausgearbeiteten Details und die Hinweise auf Beimengungen verschiedener Farbmodifikatoren zeugen vom tiefen malerischen Verständnis und der Könnerschaft des Künstlers. Eine Besonderheit der *Lucca-Madonna* ist die weitreichende Überarbeitung des Hintergrundes, die neben der Leichtigkeit ihrer technischen Ausführung auch durch ihre raffinierte wirkungsästhetische Konsequenz besticht, mit der die Grenze zwischen Bild- und Betrachter*innenraum scheinbar aufgehoben wird. Die Ergebnisse der XRF-Scans lassen die Abfolge dieser Umarbeitungen durch die materialtechnische Analyse und die Überlappungen der Element-Verteilungen nun besser nachvollziehbar werden.

Die neu gewonnenen Erkenntnisse zu Material und Aufbau der *Lucca-Madonna* verdeutlichen zweierlei: Zunächst trägt auch das wiederholte Untersuchen zum tieferen Verständnis eines Objektes bei. Darüber hinaus können insbesondere im fachlichen Austausch verschiedener Disziplinen Ergebnisse entschlüsselt und fundiert interpretiert werden, die anderenfalls möglicherweise unentdeckt geblieben wären. Im vorliegenden Fall können die neuen Ergebnisse den Stand der Forschung erweitern, indem das Wissen um die bereits 1993 von Sander beschriebene Werkgenese durch die Identifizierung der verwendeten Materialien und eine Klärung der Abfolge der komplexen Arbeitsschritte vertieft werden.⁴⁷ Hier sei beispielsweise auf die von Hudson⁴⁸ beschriebene verworfene männliche Figur am Thron hingewiesen, die in Analogie zu zahlreichen vergleichbaren Figurendarstellungen in Gemälden Jan van Eycks als Prophetenfigur zu deuten ist. Bisher der Unterzeichnung zugeordnet, wird diese nun nicht nur präziser fassbar, sondern kann direkt in den Malprozess verortet werden. Sie zeugt somit davon, dass der künstlerische Ansatz Jan van Eycks im gesamten Schaffensprozess

a symmetrical composition of the figures within the underdrawing stage. On the basis of the interlinked expertise employed here, it can be presumed that Jan van Eyck initially intended to depict a second figure. Whether this is actually the case is a question to be answered in the future.

Bibliography

- Abe, Yoshinari, Koen Janssens, Anna Krekeler, Izumi Nakai, Petria Noble, Geert van der Snickt, Annelies van Loon, et al. “Artificial Orpiment, a New Pigment in Rembrandt’s Palette.” *Heritage Science* 5, no. 1 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40494-017-0138-1> (last access 07.20.2022).
- Agostini, Giovanni, Marine Cotte, Tiphaine Fabris, Debora M. Meira, Vicente A. Solé, and Laurence de Viguerie. “Watching Kinetic Studies as Chemical Maps Using Open-Source Software.” *Analytical Chemistry* 88, no. 12 (2016): 6154–60. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5b04819> (last access 05.02.2022).
- Alfeld, Matthias and Koen Janssens. “Strategies for Processing Mega-Pixel X-Ray Fluorescence Hyperspectral Data: A Case Study on a Version of Caravaggio’s Painting Supper at Emmaus.” *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 30, no. 3 (2015): 777–89. <https://doi.org/10.1039/C4JA00387J> (last access 06.16.2022).
- Alfeld, Matthias, Joana Vaz Pedroso, Margriet van Eikema Hommes, Geert Van der Snickt, Gwen Tauber, Jorik Blaas, Michael Haschke, et al. “A Mobile Instrument for in Situ Scanning Macro-XRF Investigation of Historical Paintings.” *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* 28, no. 5 (2013): 760–67. <https://doi.org/10.1039/c3ja30341a> (last access 06.19.2022).
- Asperen de Boer, Johann R. J. van “Reflectography of Paintings Using an Infrared Vidicon System.” *Studies in Conservation* 14, no. 3 (1969): 96–118.
- Asperen de Boer, Johann R. J. van “A Note on the Use of an Improved Infrared Vidicon for Reflectography of Paintings.” *Studies in Conservation* 19, no. 2 (1974): 97–99.
- Colombo, Marco, Mareike Gerken, Peter Hoffmann, Almut Pollmer-Schmidt, Friederike Schütt, Brunhilde Thybusch, Christiane Weber, et al. “Uncovering Georg Flegel’s Painting Technique by Non-Invasive State-of-the-Art Analysis.” *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* 34, no. 2 (2021): 463–79.
- Cotte, Marine, Emmanuel Papillon, Vicente A. Solé, Jean Susini, and Philippe Walter. “A Multiplatform Code for the Analysis of Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence Spectra.” *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 62, no. 1 (2007): 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2006.12.002> (last access 06.16.2022).
- Desneux, Jules. “Underdrawings and Pentimenti in the Pictures of Jan Van Eyck.” *The Art Bulletin* 40, no. 1 (1958): 13–21.
- Dietz, Stephanie. “Malen mit Glas – Studien zur Maltechnik von Hans Holbein d. Ä.” *Kölner Schriften zur Geistes- und Gesellschaftswissenschaftlichen Forschung* (1/2016). <https://cos.bibl.th-koeln.de/frontdoor/index/index/docId/324> (last access 07.22.2022).
- Dijkstra, Jeltje. “Technical Examination.” In *Early Netherlandish Paintings: Rediscovery, Reception and Research*, edited by Bernhard Ridderbos, Anne van Buren and Henk van Heen. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2005, 292–329.
- Ensinger, Wolfgang, Peter Hoffmann, Stefan Flege, Jochen Sander, Stefanie Seeberg, Christiane Weber, Fabian Wolf, et al. “MA-XRF Investigation of the Altenberg Retable from 1330.” *X-Ray Spectrometry* 47, no. 3 (2018): 215–22. <https://10.1002/xrs.2829> (last access 07.20.2022).
- Ensinger, Wolfgang, Stefan Flege, Peter Hoffmann, Jochen Sander, Stefanie Seeberg, Christiane Weber, Fabian Wolf, et al. “Die bildgebende Röntgenfluoreszenz-Untersuchung des Altenberger Altars von ca. 1330: Neue Befunde zur rückseitigen Bemalung eines der frühesten Hochaltarretabel im deutschsprachigen Raum.” *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung* 31, no. 1 (2017): 5–33.

eine gewisse Spontanität wahrt. Das Fallbeispiel zeigt die Möglichkeiten moderner zerstörungsfreier Untersuchungsmethoden auf: Die MA-XRF-Analyse stellt sich als ebenso geeignet für den interdisziplinären Austausch dar wie die IRR,⁴⁹ da einerseits jeder der an der *Lucca-Madonna* generierten siebenhunderttausend Messpunkte materialwissenschaftliche Daten enthält, die Ergebnisse andererseits als didaktisch leicht zugängliche Abbildungen dargestellt werden können. So können insbesondere die visuellen Ergebnisse der Element-Verteilungen, die den Blick in die Tiefe eines Gemäldes erlauben, interdisziplinär diskutiert oder im musealen Kontext für die Öffentlichkeitsarbeit (→ Kunstvermittlung), etwa in öffentlichen Führungen, verwendet werden. Es zeigen sich aber auch Grenzen. So verbleiben (wie wohl nach jeder Untersuchung) ungeklärte Fragen, deren Beantwortung die Entnahme einer Probe bedingen würden, um Stratigrafie und → Materialität des Gemäldes in einem höheren Grad nachzuvollziehen. Am Beispiel der *Pentimenti am Thron* heißt dies etwa, dass zurzeit mit zerstörungsfreien Methoden nicht geklärt werden kann, ob eine zweite Prophetenfigur auf der rechten Throneite angelegt war.

Und der Gewinn der fachübergreifenden Arbeit? Dieser lässt sich an demselben Beispiel, der Prophetenfigur am Madonnen-Thron, klar aufzeigen. Da von kunsthistorischer Seite eine asymmetrische Thronkonstruktion ausgeschlossen werden kann und die kunsttechnologische Untersuchung nachweisen konnte, dass die Figur bereits zum Teil malerisch ausgeführt war, ist eine beidseitige Anlage in der Unterzeichnung logisch. Es könnte somit aufgrund des ineinandergreifenden Fachwissens vermutet werden, dass initial eine zweite Figur angedacht war. Ob dies tatsächlich der Fall ist, muss in der Zukunft beantwortet werden.

- Faries, Molly. "Technical Studies of Early Netherlandish Painting: A Critical Overview of Recent Developments." In *Recent Developments in the Technical Examination of Early Netherlandish Painting: Methodology, Limitations & Perspectives*, edited by Molly Faries and Ron Spronk. Cambridge, Massachusetts/Turnhout: Brepols, 2003, 1–38.
- Fransen, Bart and Cyriel Stroo, eds. *The Ghent Altarpiece: Research and Conservation of the Exterior. Contributions to the Study of the Flemish Primitives (CSFP)*. Turnhout: Brepols, 2020.
- Hudson, Hugh. "Shedding Light on an Eyckian Virgin: The Infrared Reflectography of the Ince Hall Virgin and Child." In *Jérôme Bosch Et Son Entourage Et Autres E'tudes*, edited by Hélène Verougstraete. Leuven: Peeters, 2001, 260–72.
- Hudson, Hugh. *Jan van Eyck. The Ince Hall Virgin and Child, and the Scientific Examination of Early Netherlandish Paintings*. Riga: VDM Verlag Dr. Müller, 2009.
- Keyser, Nouchka de, Koen Janssens, Stijn Legrand, Geert van der Snickt, Annelies van Loon, Arie Wallert. "Jan Davidsz. De Heem (1606–1684): A Technical Examination of Fruit and Flower Still Lifes Combining MA-XRF Scanning, Cross-Section Analysis and Technical Historical Sources." *Heritage Science* 5, no. 1 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40494-017-0151-4> (last access 07.20.2022).
- KIK-IRPA, ed. "Closer to Van Eyck." <http://clostertovaneyck.kikirpa.be> (last access 07.22.2022).
- Koller, Manfred. "Das Staffeleibild der Neuzeit." In *Reclams Handbuch der K unstlerischen Techniken: Farbmittel, Buchmalerei, Tafel- und Leinwandmalerei*. Vol. 1., edited by Hermann Kühn, Heinz Roosen-Runge, Rolf E. Straub, and Manfred Koller. Stuttgart: Reclam, 1988, 261–434.
- Périer D'Iteren, Catheline. "La technique du dessin sous-jacent des peintres flamands des XVe et XVI siècles. Nouvelles hypotheses de travail." In *Dessins Sous-Jacent Et Autres Techniques Graphiques*, edited by Roger van Schoute and Dominique Hollanders-Favart. Louvain-la-Neuve: Coll ge Erasme, 1985, 61–69.
- Postec, Marie and Griet Seyaert. "Was Metalpoint Used for the Van Eyck's Saint Barbara? A New Hypothesis Based on its Reexamination." In *Workshop Practice in Early Netherlandish Painting: Case Studies from Van Eyck through Gossart*, edited by Maryan W. Ainsworth. Turnhout: Brepols, 2017, 12–25.
- Postec, Marie and Griet Seyaert. "The Van Eycks' Creative Process: The Paintings: From (Under) Drawing to the Final Touch in Paint." In *The Ghent Altarpiece: Research and Conservation of the Exterior. Contributions to the Study of the Flemish Primitives (CSFP)*, edited by Bart Fransen and Cyriel Stroo. Turnhout: Brepols, 2020, 195–249.
- Sander, Jochen. *Niederländische Gemälde im Städel 1400–1550*. Mainz: Philipp von Zabern, 1993.
- Sander, Jochen, ed. *Fokus auf Jan van Eyck: Lucca Madonna: Um 1437/38 (Inv. Nr. 944)*. Frankfurt: Städel Museum, 2006. Published in conjunction with an exhibition of the same title, organized by and presented at the Städel Museum, May 31–October 29, 2006.
- Sanvoya, Jana, Alexia Coudray, Hélène Dubois, Koen Janssens, Peter Vandenaabeele, and Geert van der Snickt. "Paint and Polychromy: Chemical Investigation of the Overpaints." In *The Ghent Altarpiece: Research and Conservation of the Exterior. Contributions to the Study of the Flemish Primitives (CSFP)*, edited by Bart Fransen and Cyriel Stroo. Turnhout: Brepols, 2020, 77–110.
- Siejek, Andreas. "Identifikation und Rekonstruktion graphischer Mittel auf dem Malgrund." In *Die Unterzeichnung auf dem Malgrund. Graphische Mittel und Übertragungsverfahren im 15.–17. Jabrbundert*, edited by Ingo Sandner. Munich: Siegl, 2004, 13–146.
- Sonkes, Michele. "Le dessin sous-jacent chez les Primitifs flamands." *Bulletin d'Institute Royal de Patrimoine Artistique* 12 (1970): 195–226.
- Spring, Marika. "New Insights into the Materials of Fifteenth- and Sixteenth-Century Netherlandish Paintings in the National Gallery, London." *Heritage Science* 5, no. 1 (2017). <https://doi.org/10.1186/s40494-017-0152-3> (last access 06.19.2022).
- Streeton, No lle E. "Emulating van Eyck: The Significance of Grisaille." In *European Paintings 15th–18th Century: Copying, Replicating and Emulating*, edited by Erma Hermens. London: Archetype, 2014, 29–35.
- Wolters, Christian. *Die Bedeutung der Gem lgedurchleuchtung mit Röntgenstrahlen für die Kunstgeschichte: Dargestellt an Beispielen des 15. und 16. Jabrbunderts*. Frankfurt: Prestel, 1938.