

<b>Zeitschrift:</b>	Zeitschrift für schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte = Revue suisse d'art et d'archéologie = Rivista svizzera d'arte e d'archeologia = Journal of Swiss archeology and art history
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerisches Nationalmuseum
<b>Band:</b>	39 (1982)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Fortschritt in der naturwissenschaftlichen Gemäldeuntersuchung : die Erforschung der Unterzeichnung mit dem Infrarot-Fernsehgerät
<b>Autor:</b>	Bosshard, Emil D.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-167869">https://doi.org/10.5169/seals-167869</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Fortschritt in der naturwissenschaftlichen Gemäldeuntersuchung

Die Erforschung der Unterzeichnung mit dem Infrarot-Fernsehgerät

von EMIL D. BOSSHARD

Die noch junge Disziplin der naturwissenschaftlichen Untersuchung von Kunstwerken gewann in den letzten Jahren unzweifelhaft schnell an Bedeutung. Sie stellt heute einen nicht mehr wegzudenkenden Faktor bei der Erforschung von Kunstwerken dar. Durch die sich in jüngster Zeit enorm verbesserten technischen Hilfsmittel, durch immer präziser werdende Methoden der Materialanalysen und durch das systematische Sammeln der dadurch gewonnenen Erkenntnisse lassen sich Fragen der Echtheit, der Datierung und der Herkunft von Kunstwerken weitgehend klären. Aber auch die spezifische Arbeitsweise eines bestimmten Künstlers und die Entstehungsgeschichte eines Objekts lassen sich oft exakt ergründen.

Zu den gebräuchlichsten Untersuchungsmethoden für Gemälde zählt die Flächenuntersuchung in den verschiedenen sichtbaren und unsichtbaren Bereichen des Spektrums der elektromagnetischen Wellen. Die für die Gemäldeuntersuchung wichtigsten Strahlen sind die Röntgenstrahlen, die ultravioletten, die infraroten und nicht zuletzt die sichtbaren Strahlen (= Licht), wobei sich durch die unterschiedlichen Wellenlängen diverse Anwendungsmöglichkeiten ergeben. An den schmalen Bereich sichtbarer elektromagnetischer Strahlung, welche man als Licht bezeichnet (ca. 400 nm bis 750 nm), schliessen sich zu den kürzeren Wellen hin die *ultravioletten Strahlen* an. Diese regen gealterte Firnis- und Malschichten zum Leuchten, d.h. zum Fluoreszieren an. Die UV-Fluoreszenzuntersuchung dient daher ausschliesslich der Ermittlung der Oberflächenbeschaffenheit eines Bildes. Die unsichtbare Ultraviolettsstrahlung wird von der obersten Schicht – das bedeutet bei alten Gemälden in der Regel vom Firnis – mehr oder weniger stark in sichtbares Licht umgewandelt und als solches reflektiert. Mit Hilfe dieser Untersuchungsmethode können in günstigen Fällen Retuschen, Übermalungen, alte Firmisse bzw. frühere Reinigungen ausgemacht und auch teilweise unterschieden werden.

Die wesentlich kürzeren *Röntgenstrahlen* liefern bei der Gemäldeuntersuchung völlig andere Informationen: Sie durchdringen Malschichten, Grundierung und Bildträger und ergeben auf dem Röntgenfilm eine Abbildung, welche dem unterschiedlichen Absorptionsvermögen der verschiedenen Mal- und Konstruktionsmaterialien entspricht. Hierbei spielen die chemische Zusammensetzung der verwendeten Farbpigmente und die Schichtdicke des Farbauftakes eine bedeutende Rolle. Die mit der Radiografie zu gewinnenden Informationen resultieren vor allem aus der verstärkten Sichtbarmachung des

Pinselduktus', also der charakteristischen «Handschrift» eines Künstlers; so wird beispielsweise der Umgang mit dem stark absorbierenden Bleiweiss besonders gut verdeutlicht. Anhand von Röntgenaufnahmen lassen sich dadurch oft Werkstattarbeiten, Kopien und Fälschungen von Originalen unterscheiden. Auch Pentimenti und spätere Übermalungen können in der Regel mit der Radiografie festgestellt werden. Ferner ist sie für die Erforschung des Erhaltungszustandes eines Gemäldes unter Umständen sehr aufschlussreich, da z.B. restaurierte Farbausbrüche oder Risse im Bildträger deutlich sichtbar werden. Ganz untauglich ist die Radiografie jedoch für die Untersuchung von Signaturen und Unterzeichnungen (Vorzeichnungen). Hierfür bietet sich der infrarote Strahlungsbe- reich an.

Die unsichtbaren *infraroten Strahlen* schliessen am langwelligen Ende des sichtbaren Spektrums an und reichen von ca. 760 nm bis 2 mm Wellenlänge. Infrarote Strahlen vermögen Malschichten zu durchdringen und werden von darunterliegenden hellen Grundierungen reflektiert bzw. von der auf der Grundierung liegenden dunklen bis schwarzen Unterzeichnung absorbiert. Dadurch wird es möglich, die unter der Malschicht verborgene erste zeichnerische Anlage zu erkennen. Bis vor kurzem wurden Gemälde mit Hilfe der Infrarotfotografie oder dem Infrarotbildwandlergerät untersucht. Indessen kann nur ein kleiner Teil des Infrarotbereiches fotografisch erfasst werden. Die gebräuchlichen IR-Fotomaterialien erlauben nur eine Untersuchung im Bereich von höchstens 700 nm bis 860 nm, was zur Folge hat, dass völlig deckende Malschichten, besonders aber blaue und grüne Farben, nicht registrierbar durchdrungen werden können. Eine kaum entscheidende Verbesserung bringt der Infrarotbildwandler. Als Bildwandler wird ein Gerät bezeichnet, welches unsichtbare Infrarotstrahlenemissionen oder -reflexionen in den sichtbaren Strahlungsbereich umwandelt und auf einem kleinen Leuchtschirm sichtbar macht. Da dieses Gerät jedoch in ungefähr demselben Wellenlängenbereich wie die IR-Fotografie arbeitet, liefert es keine wesentlich genaueren Informationen. Durchdrungen werden auch hier hauptsächlich rote, weisse und braune Farbtöne.

Vor einigen Jahren wurde nun auf dem Gebiet der Gemäldeuntersuchung im infraroten Bereich durch die Entwicklung der *Infrarotreflektografie* ein entscheidender Fortschritt erzielt. Diese durch einen holländischen Physiker erstmals auf Kunstobjekte angewandte Technik ist inzwischen mit dem Infrarot Vidicon Fernsehsystem soweit vervollkommen worden, dass

ihrer Anwendung durch den Kunsttechnologen oder Kunsthistoriker nichts mehr im Wege steht. Das Schweizerische Institut für Kunstwissenschaft verfügt übrigens seit einiger Zeit über das bisher einzige Gerät dieser Art in der Schweiz. Das für die Infrarotreflektografie benötigte Instrumentarium besteht im wesentlichen aus einem closed-circuit-television-system: von einer Lichtquelle mit hohem infrarotem Strahlungsanteil werden IR-Strahlen auf ein Gemälde gesandt. Diese durchdringen die Malschichten mehr oder weniger stark und werden von der hellen Grundierung reflektiert. Die reflektierte Strahlung wird von einer speziell im IR-Bereich empfindlichen Fernsehbildempfängerröhre aufgenommen und auf elektronischem Weg auf einem Monitor sichtbar gemacht. Von dieser Aufnahmeröhre können Strahlen mit Wellenlängen bis gegen 2000 nm registriert und ausgewertet werden. Weil die Strahlendurchlässigkeit von Ölfarben proportional mit der Wellenlänge der Strahlen zunimmt, können mit Hilfe des Gerätes fast sämtliche Farbtöne durchdrungen werden. Eine Ausnahme stellen lediglich schwarze oder mit Schwarz ausgemischte Farbtöne dar, da der darin enthaltene Kohlenstoff infrarote Strahlen absorbiert.

Die erfolgreiche Sichtbarmachung der Unterzeichnung hängt in erster Linie vom Kontrast im Reflexions- bzw. Absorptionsvermögen der Unterzeichnung gegenüber der Grundierung ab. Ferner sind die Dicke und Deckfähigkeit der darüberliegenden Farbschichten wichtige Faktoren, wobei letztere wiederum von der Grösse der Pigmente, vom Bindemittel und vom Mengenverhältnis Pigment/Bindemittel abhängig ist. Es darf angenommen werden, dass jedes Gemälde in irgendeiner Form eine Unterzeichnung besitzt. Die Malerei des 15. und 16. Jahrhunderts eignet sich jedoch besonders gut für die Untersuchung mit der Infrarotreflektografie, da zu dieser Zeit in der Regel die Unterzeichnung mit dunklen bis schwarzen grafischen Mitteln (Metallstiften, Kohle, Tusche, Tinte) auf hellen Grundierungen (Kreide, Gips) ausgeführt wurde. Mit dem Aufkommen der farbigen Grundierungen am Ende des 16. Jahrhunderts und vor allem im 17. Jahrhundert ändert sich auch die Praxis der Unterzeichnung: Nicht selten wurde nun mit weissen oder braunen Kreiden und Ölfarben die erste Anlage des Bildes entworfen. Für diese Art von Gemälden ist die hier besprochene Untersuchungstechnik nicht anwendbar, weil keine Kontrastwirkung entstehen kann.

Die Resultate, die mit der Infrarotreflektografie erzielt werden, sind frappierend. Wegen der sicheren Annahme des Künstlers, dass die Unterzeichnung bei der Ausführung mit Farbe überdeckt, also unsichtbar werden würde, ist sie oft ausgesprochen unbekümmert und spontan ausgeführt worden. Sie verrät deshalb die persönliche Handschrift und den Charakter eines Meisters viel ausgeprägter als seine eigentlichen Zeichnungen, wie dies z.B. bei Niklaus Manuel in besonders überraschendem Masse festgestellt werden konnte (Abb. 1a, b). Das Studium der Unterzeichnung erlaubt daneben einen faszinierenden Einblick in den Schaffensprozess eines Künstlers: Nicht selten sind in der Ausführung der Malerei deutliche Abänderungen gegenüber dem ersten, ursprünglichen Bildent-

wurf zu konstatieren (Abb. 2a, b, 3a, b). Dies wiederum lässt Schlüsse auf die Eigenhändigkeit der Ausarbeitung eines Gemäldes zu. Außerdem können Signaturen, sofern sie etwas Kohlenstoff enthalten, besser lesbar gemacht oder überhaupt erst entdeckt werden (Abb. 4). Eventuell können Ritzzeichnungen und technische Hilfsmittel zur Bildkonstruktion wie Lineal und Zirkel nachgewiesen werden. Durch die Verwendung eines Mikroobjektivs vor der Kamera ist es ferner möglich, Details bis um das Zehnfache zu vergrössern, so dass man die verschiedenen Unterzeichnungsmaterialien bzw. -techniken (z.B. Metallstift, Kohle, Feder, Pinsel) zu unterscheiden



Abb. 1a *Niklaus Manuel: Der hl. Lukas malt die Madonna*; Ausschnitt. Kunstmuseum Bern.



Abb. 1b Infrarotreflektogramm, Ausschnitt: Spontane und ungezwungene Unterzeichnung der Landschaft.



Abb. 2a *Niklaus Manuel*: Die Marter der Zehntausend auf dem Berge Ararat; rechter Flügel. Kunstmuseum Bern.



Abb. 2b Infrarotreflektogramm, Ausschnitt: In der Baumgruppe war ursprünglich die Darstellung Kaiser Hadrians mit seinem Gefolge vorgesehen.

vermag (Abb. 5). Dadurch dass die Infrarotreflektografie auch Ausparungen in den Malschichte, Pentimenti und andere Korrekturen deutlich registriert, können handwerkliche sowie künstlerische Malprozesse rekonstruiert werden. Außerdem lässt sich in günstigen Fällen unter Übermalungen sehen, ohne dass diese erst abgenommen werden müssten.

Werden direkt vom Monitorbildschirm fotografische Aufnahmen gemacht, erhält man sogenannte Reflektogramme, welche man anschliessend in beliebiger Grösse zusammenmontieren kann. Dadurch wird es möglich, die Gesamtheit der Unterzeichnung eines Gemäldes stilkritisch auszuwerten. Die Anwendung der Infrarotreflektografie ist für das Kunstwerk absolut ungefährlich, da keinerlei Materialproben entnommen



Abb. 3a *Niklaus Manuel*: Geburt der Maria; Ausschnitt. Kunstmuseum Bern.



Abb. 3b Infrarotreflektogramm, Ausschnitt: Abänderungen in der Haartracht und der Kleidung.

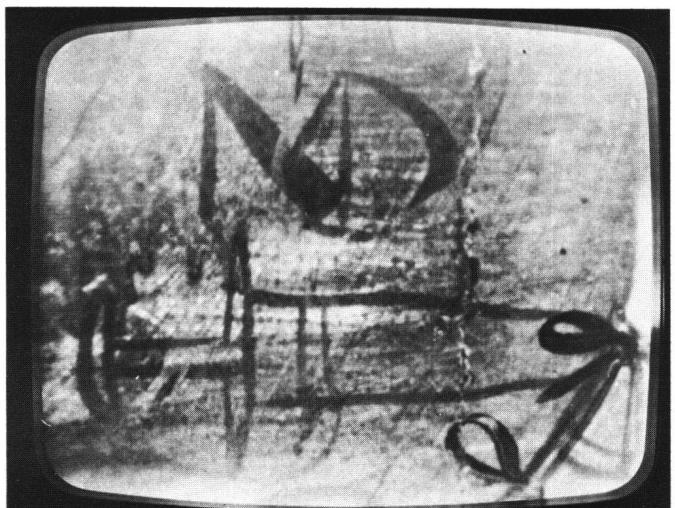


Abb. 4 *Niklaus Manuel*: Anbetung der Könige. Kunstmuseum Bern. – Infrarotreflektogramm: Neuentdecktes Monogramm mit Dolch in der Unterzeichnung.

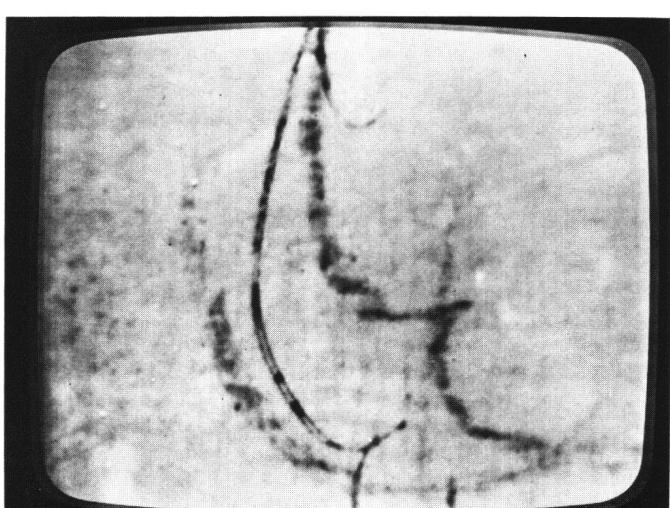


Abb. 5 *Hans Asper*: Herrenporträt. Privatbesitz. – Infrarotreflektogramm: Unterzeichnung in ca. 5facher Vergrösserung: Erste, grobe Zeichnung mit Kohle; zweite, feinere Zeichnung mit der Feder.

werden müssen und das Gemälde *in situ*, also ohne jede Berührung untersucht werden kann. Zumindest im Bereich der traditionellen Malerei wird es fortan sicher eine Unterlassungs-

sünde sein, wenn diese technische Möglichkeit bei der kunstwissenschaftlichen Erforschung eines Meisters oder einer Stilepoche nicht ausgenützt werden würde.

## BIBLIOGRAFIE

- VAN ASPEREN DE BOER, J.R.J.: *Reflectography of paintings using an Infrared Vidicon System*, in: *Studies in Conservation* 14, 1969, S. 96–118.
- VAN ASPEREN DE BOER, J.R.J.: *A note on the use of an improved Infrared Vidicon for Reflectography of paintings*, in: *Studies in Conservation* 19, 1974, S. 97 ff.
- NICOLAUS, K.: *Infrarotuntersuchung von Gemälden*, in: *Maltechnik-Restauro* 2, 1976, S. 73–101.
- KOLLER, M./ MAIRINGER, F.: *Bemerkungen zur Infrarotuntersuchung von Malerei*, in: *Maltechnik-Restauro* 1, 1977, S. 25–32.
- MAIRINGER, F.: *Untersuchungen von Kunstwerken mit sichtbaren und unsichtbaren Strahlen*, Wien 1977.
- NICOLAUS, K.: *Gemälde, untersucht – entdeckt – erforscht*, Braunschweig 1979.

## ABBILDUNGSNACHWEIS

Abb. 1a, 2a, 3a: Kunstmuseum Bern  
Abb. 1b, 2b, 3b, 4, 5: Schweizerisches Institut für Kunstwissenschaft

## ZUSAMMENFASSUNG

Als wesentlicher Fortschritt auf dem Gebiet der naturwissenschaftlichen Gemäldeuntersuchung darf die Infrarot-Reflektografie gelten. Dabei kann mit Hilfe einer ausschliesslich im infraroten Strahlenbereich empfindlichen Fernsehkamera die Unterzeichnung unter den Farbschichten sichtbar gemacht werden. Das Studium dieser Unter-

zeichnungen gibt Aufschluss über den persönlichen künstlerischen Schaffensprozess eines Künstlers. Die stilistische Beurteilung der Unterzeichnung kann auch bei Zuschreibungs- und Echtheitsfragen von entscheidender Bedeutung sein.

## RÉSUMÉ

On peut considérer la réflectographie d'infrarouge comme un progrès important dans le domaine de l'analyse scientifique des peintures. Elle permet, à l'aide d'une caméra de télévision sensible seulement aux rayons infrarouges, de rendre le dessin sous-jacent visible sous les

couches de couleur. L'étude du dessin sous-jacent donne des informations sur le processus créatif dans l'œuvre d'un artiste, et son analyse stylistique peut être décisive lors de problèmes d'attribution et d'authenticité.

## RIASSUNTO

Si può considerare la riflettografia infrarossa come un progresso importante nel campo dell'analisi scientifica delle pitture. Con l'aiuto di una macchina da presa televisiva sensibile soltanto ai raggi infrarossi è possibile di rendere visibile il disegno sotto gli strati di colore. Lo studio

di questi disegni chiarisce il processo creativo dell'opera di un'artista, e la loro analisi stilistica può essere di importanza decisiva per quanto riguarda i problemi di attribuzione e di autenticità.

## SUMMARY

A significant progress in the scientific examination of paintings is the infrared-reflectography. Only with the aid of a TV-camera sensitive to infrared radiation it is possible to make an underdrawing visible beneath layers of paint. The study of these underdrawings yields infor-

mation about the creative process in the work of an artist. The stylistic examination of an underdrawing might prove helpful in clarifying questions of attribution and authenticity.