

# Geheimnisse alter Meister entdecken

## IR-KAMERAS UNTERSTÜTZEN KUNSTHISTORIKER UND RESTAURATOREN

Unterzeichnungen in Gemälden lassen sich mit der Infrarot-Analyse, der sogenannten Reflektografie, sehr gut erkennen. NIR-Kameras, die mit InGaAs- und HgCdTe-Sensoren ausgerüstet sind, vereinfachen und beschleunigen die Reflektografie, da sie ein breiteres Spektrum abdecken als andere Kamertypen.

### BOB GRIETENS

Schon seit Längerem wird die IR- (Infrarot-) Analyse in der Kunstgeschichte und Restaurationstechnik eingesetzt, um den Erhaltungszustand von Bildern zu bestimmen. Mit ihr lassen sich aber auch Unterzeichnungen (**Titelbild**) und Übermalungen erkennen. Die langwellige Strahlung wird nämlich nur geringfügig durch die oberen Farbschichten abgeschwächt. Daher erlaubt es diese einfache und vor allem zerstörungsfreie Methode, unter die Farbschicht zu sehen, um darunter liegende Strukturen, Entwürfe und Vorversionen auf kostbaren Gemälden zu erkennen und auszuwerten.

### Unterzeichnungen helfen beim Restaurieren

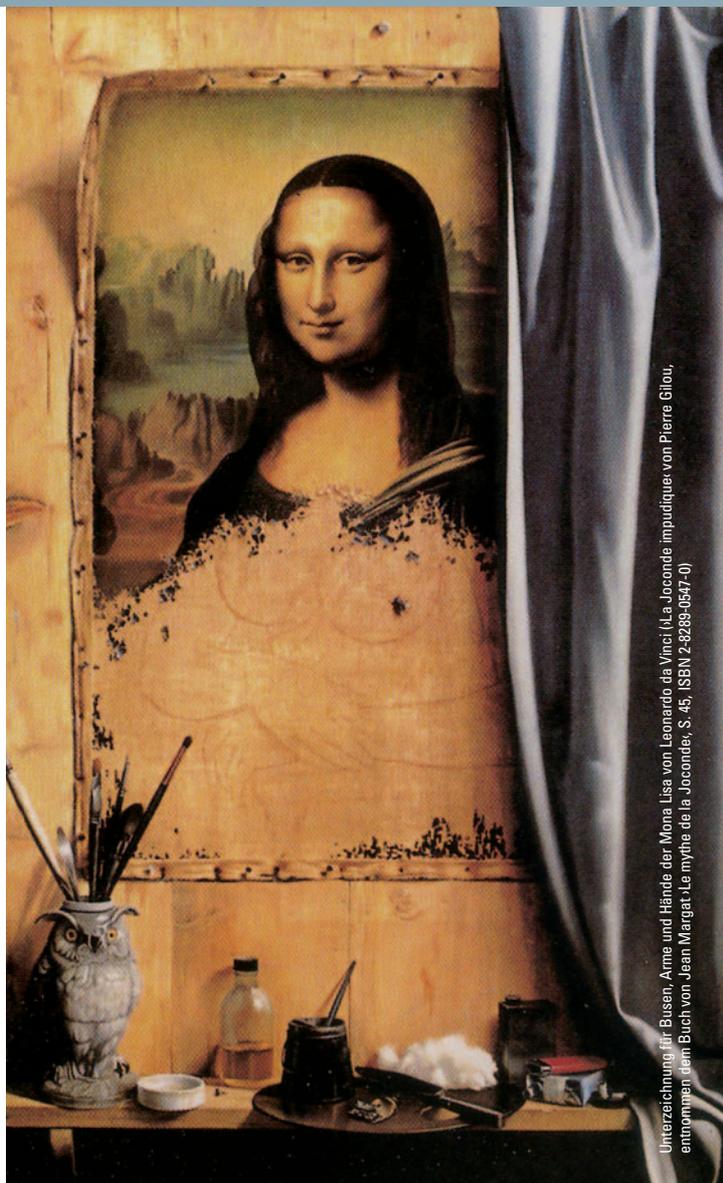
Unterzeichnungen lassen sich auf vielen Bildern aus jeder Epoche finden. Es handelt sich um Entwürfe, die vorzugsweise mit Kohlestift, Bleistift oder Pinselstrichen ausgeführt werden. Später verschwinden sie meist unter der endgültigen Farbschicht. Jeder Maler setzt Unterzeichnungen individuell ein: von einfachen perspektivischen Vorgaben bis zu detaillierten Skizzen. Daher kann eine Unter-

zeichnung auch Einblicke in den kreativen Schaffensprozess des Künstlers vermitteln. Diese Erkenntnisse haben dann Einfluss darauf, wie beim Konservieren und Restaurieren eines Kunstwerks vorgegangen werden muss, um die künstlerische Intention nicht zu verändern.

Allerdings liefert die Infrarot-Analyse nicht immer zufriedenstellende Ergebnisse. Ob der Kontrast stark genug ist, um die Unterzeichnung sichtbar zu machen, hängt zum einen davon ab, womit die Unterzeichnung gemacht wurde, und zum anderen von den darüber liegenden Farbschichten (**Bild 1**). Sehr gut erkennbar sind beispielsweise Unterzeichnungen, die mit einem Kohlestift erstellt wurden oder mit Graphit auf hellem Grund. Dagegen

### KONTAKT

XenICs nv,  
3001 Leuven, Belgien,  
Tel. +32 /16 /38 99 00,  
Fax +32 /16 /38 99 01,  
www.xenics.com

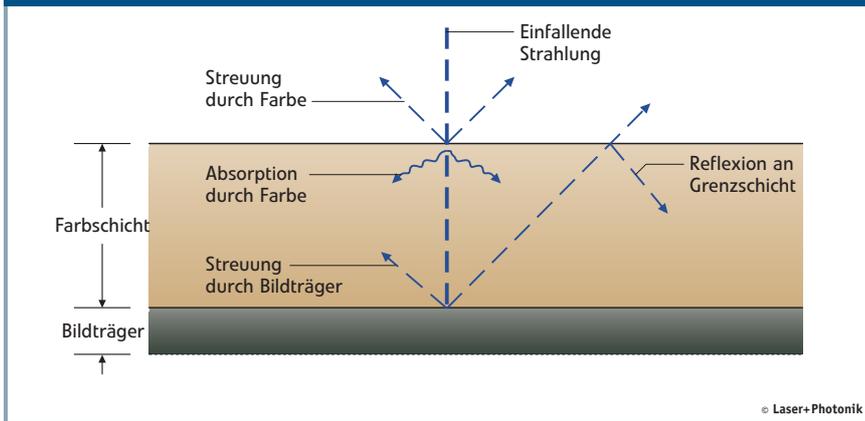


Unterzeichnung für Busen, Arme und Hände der Mona Lisa von Leonardo da Vinci (La Joconde impudique) von Pierre Gilou, entnommen dem Buch von Jean Margat: Le mythe de la Joconde, S. 45, ISBN 2-8289-0847-0

ist Kreide für Infrarotstrahlen praktisch durchsichtig. Außerdem sollte die Farbschicht, die über einer Unterzeichnung liegt, das IR-Licht nur wenig dämpfen. Das trifft auf dünne Farbschichten und helle Farben am roten Ende des sichtbaren Spektrums, wie etwa Hauttöne, zu. Dick aufgetragene Farbschichten (Pastos) und eine starke Absorption der IR-Strahlung durch Pigmente können dagegen die Analyse einer Unterzeichnung unmöglich machen. Da die Absorption der Materialien frequenzabhängig ist, nutzen moderne Untersuchungsverfahren vornehmlich das aussagekräftige Spektrum zwischen 1,0 und 1,8  $\mu\text{m}$  und unter Umständen noch bis zu 2,2  $\mu\text{m}$ .

Geeignete Bildaufnahmegeräte für diese digitalen IR-Aufnahmen müssen aber nicht nur eine ausreichend hohe Empfindlichkeit im NIR-Bereich aufweisen, sondern auch den schwierigen Einsatzbedingungen in der Bildumgebung gewachsen

## Reflexion und Absorption in der Farbschicht eines Bildes



**1 Unterzeichnungen werden nur sichtbar, wenn die Farbschicht die IR-Strahlung nicht zu stark dämpft**  
(Quelle: Chad Weiner, »Improved Acquisition Technique of Underdrawings in Oil-Paintings using IR-Reflectography«)

sein. Letztere fordern von der eingesetzten Kamera zusätzlich ein geringes Gewicht, eine einfache Anwendung, niedrige Kosten und eine schnelle Analyse, um die Vorgehensweise beim Konservieren und Restaurieren von Bildern festlegen zu können.

## FPA-Technologie am wirtschaftlichsten

Derzeit sind NIR-Kameras in drei Technologien gebräuchlich, die üblicherweise mit Filtern ausgerüstet sind: CCD-Kameras in Si-Technologie für ein Spektrum von 0,9 bis 1,05  $\mu\text{m}$  sowie digitale FPA- (Focal Plane Array-) Kameras mit InGaAs-Flächensensor für 0,9 bis 1,7  $\mu\text{m}$  oder mit Aufnahme-Arrays in HgCdTe-Technologie für den erweiterten NIR-Bereich von 0,85 bis 2,4  $\mu\text{m}$  Wellenlänge.

Eindeutig am billigsten sind CCD-Kameras, da sie aus der Massenfertigung stammen. Allerdings ist ihr nutzbares Spek-

trum nicht besonders breit. Am größten ist das nutzbare Spektrum bei den robusten FPA-Kameras. Sie eignen sich daher sehr gut für die NIR-Untersuchung von Unterzeichnungen. Die wichtigsten Kriterien für wirtschaftlich einsetzbare NIR-Sensoren sind: keine oder lediglich TE- (thermoelektrische) Kühlung, niedrige Kosten, geringe Abmessungen, hohe Empfind-

Typ	Technologie	Spektrum	Auflösung	Bildrate	Datenbreite	Kühlung
Xeva-FPA-320	InGaAs	0,9–1,7 $\mu\text{m}$	320×256	60 Hz 100 Hz 350 Hz	12 bit 12 bit 14 bit	TE1 bis TE3
Xeva-FPA-640	InGaAs	0,9–1,7 $\mu\text{m}$	640×512	15 Hz 25 Hz 90 Hz	14 bit	TE1 bis TE3
Xeva-CL-FPA-2.5-320	HgCdTe	0,85–2,5 $\mu\text{m}$	320×256	60 Hz 100 Hz	14 bit	TE4

**A Technische Daten der verschiedenen Xenics-NIR-Kameras**

lichkeit, gute kommerzielle Verfügbarkeit und eine kostengünstige Fertigung.

Bei der Fertigung von NIR-Sensoren auf der Basis von InGaAs nutzt Xenics Standard-Fertigungsprozesse bei den Silizium-Halbleitern. Dabei werden dünne InGaAs-Schichten auf Substrate mit passender Kristallgitterkonstante, wie InP, mit einer hohen Ausbeute auf einen Wafer mit einem Durchmesser von bis zu 4 Zoll aufgebracht. Die Sensorelemente in den InGaAs-Sensoren sind über eine vielpolige Flip-Chip-Verbindung von durchgeführten Pixel-Elektroden des Sensor-Arrays mit der Ausleseschaltung verbunden. Da heißt, Sensor und Auswerteschaltung sitzen direkt aufeinander und benötigen nur eine sehr kleine Fläche. Das erlaubt es, besonders kompakte Kameras zu bauen. Geschützt wird diese Kombination durch ein flaches Gehäuse mit NIR-durchlässi-

gem Glasfenster. Diese Baugruppe wird dann mit Objektiv, Verbindungselementen, Software und optionalen thermoelektrischen (TE) Kühlern zu einem Kamerasystem integriert. An der Frontseite können Standardoptiken mit C-Mount-Gewinde aufgeschraubt oder auch ein Spektrometer angeflanscht werden. **Bild 2** zeigt die neue NIR-Kamera »Xeva-CL-FPA-2.5-320-TE4« von Xenics mit einem Standardobjektiv. Ihr vierstufig thermoelektrisch gekühltes Focal Plane Array (320 x 256 Pixel) deckt ein breites Spektrum von 0,85 bis 2,5  $\mu\text{m}$  ab. **Tabelle A** listet weitere technische Daten auch von anderen Xenics-NIR-Kameras auf.

Jeder Kamera ist mit der grafischen Benutzeroberfläche X-Control ausgestattet. Über diese Oberfläche lassen sich zum Beispiel Belichtungszeit und Betriebstemperatur der Kamera einstellen. Zu den Software-Tools gehören die Zweipunkt-Korrektur der Gleichförmigkeit und Bad-Pixel-Nachbildung. Der Software-Treiber von Xenics ist Windows 2000/XP-kompatibel, um die Integration in Bildanalysesysteme zu erleichtern. ■

## Fazit: Nicht nur der Preis entscheidet

Mit den neuen Xenics-FPA-Kameras lassen sich Unterzeichnungen auf Gemälden einfach und schnell analysieren. Sie sind zwar in der Anschaffung nicht so billig wie CCD-Kameras, arbeiten aber mit einem Spektrum von 0,85 bis 2,5  $\mu\text{m}$ , sind außerdem klein und leicht handhabbar. Daher lohnt es sich, die bisher für Untersuchungen von Unterzeichnungen verwendeten IR-Methoden und -Geräte kritisch zu prüfen und die erweiterten Einsatzmöglichkeiten moderner NIR-Kameras für eine schnellere Bildanalyse in Betracht zu ziehen.

### AUTOR

BOB GRIETENS ist CEO bei Xenics in Leuven, Belgien.



**2 Digitale NIR-Kamera Xeva-CL-FPA-2.5-320-TE4 von Xenics deckt mit ihrem vierstufig thermoelektrisch gekühlten Focal Plane Array (320 x 256 Pixel) den erweiterten Wellenlängenbereich von 0,85 bis 2,5  $\mu\text{m}$  ab**