

**Hoeveel tijd is gemoeid met een röntgenonderzoek aan het schilderij ?**

De tijd die nodig is om het gehele schilderij op röntgenfoto vast te leggen is afhankelijk van de afmetingen van het schilderij. Voor een schilderij met afmetingen tot 30cm x 40cm kan volstaan worden met één röntgenfilm. Het onderzoek zal ongeveer 1 á 2 uur in beslag nemen. Iedere vervolgoname zal ongeveer een kwartier aan tijd vragen. Een schilderij van 60cm x 80cm vereist bijvoorbeeld vier röntgenfilms van 30cm x 40cm. De benodigde tijd voor het röntgenonderzoek aan een schilderij met dergelijke afmetingen bedraagt naar verwachting 2 á 3 uur. De eerste opname kost relatief veel tijd omdat de verzwakking van het schilderij gemeten wordt, de optimale energie van de röntgenstraling bepaald wordt en de bestralingstijd gekozen wordt.

**Moet ik zelf bij het röntgenonderzoek aanwezig zijn ?**

Het schilderij kan niet bij mij achtergelaten worden. Indien u (of uw medewerker) met uw schilderij naar mijn studio komt worden de röntgenopnamen direct gemaakt en samen met u beoordeeld. Besluiten over eventuele vervolgonamen worden gezamenlijk genomen. Bij vertrek neemt u het schilderij weer mee.

Bij röntgenonderzoek bij u op lokatie wordt verwacht dat u (of uw vertegenwoordiger) bij de röntgenopnamen aanwezig bent.

**Wiens eigendom zijn de röntgenfoto's ?**

De röntgenfoto's zijn uiteraard uw eigendom. Na afloop van de werkzaamheden worden de röntgenopnamen gedigitaliseerd. U neemt bij uw vertrek zowel de originele röntgenfoto's als de digitale beelden (op usb) mee.

Indien het röntgenonderzoek op lokatie bij u thuis of in uw atelier plaatsvindt dan is het niet in alle gevallen mogelijk om de films ter plaatse te ontwikkelen. In een dergelijk geval worden de röntgenfoto's de dag na het onderzoek in mijn studio ontwikkeld en per post aan u gestuurd.

**Welke kosten zijn gemoeid met een röntgenonderzoek aan een schilderij ?**

Het tarief voor een eerste röntgenfoto(30cm x 40cm) van het schilderij is vergelijkbaar met het tarief dat een dierenarts rekent voor een röntgenfoto van een huisdier. Soms maken de afmetingen van het schilderij meerdere röntgenfoto's noodzakelijk om het gehele schilderij op röntgenfilm af te beelden. De in dat geval vereiste vervolgonamen zijn goedkoper. Röntgenfoto's die na ontwikkelen onder- of overbelicht blijken te zijn worden niet in rekening gebracht. Bij röntgenonderzoek op lokatie worden reiskosten in rekening gebracht.

**Hoeveel straling is nodig voor de röntgenopname ?**

De hoeveelheid straling (dosis) die nodig is voor een goed belichte röntgenopname is vooral afhankelijk van het gebruikte filmmateriaal. Bij röntgenopnamen op lokatie maak ik gebruik van medische film met versterkingsscherm. De benodigde hoeveelheid straling (dosis) voor de röntgenopname bedraagt dan ongeveer 0.02 milliGray (mGy). Bij röntgenopnamen in mijn studio maak ik gebruik van industriële of medische film die een dosis van enkele tientallen mGy's vereist.

**Brengt de röntgenstraling schade toe aan het schilderij ?**

Nee. Voor de röntgenopname is een hoeveelheid straling (dosis) van ten hoogste enkele tientallen milliGrays (mGy) nodig. In 1936 en 1937 publiceerde Muller-Skjold in het tijdschrift *Angewandte Chemie* de resultaten van bestraling met een dosis van 350.000 mGy. Bij deze hoge dosis werd geen verandering in het schilderij waargenomen.

(Müller-Skjold, F, *Zur Frage der Schädigung von Gemälden durch Röntgenstrahlen*, *Angewandte Chemie*, 49(9), 161-182, 1936.

Müller-Skjold, F, *Zur Frage der Schädigung von Gemälden durch Röntgenstrahlen.II*, *Angewandte Chemie*, 50(18), 321-323, 1937.)

**Veroorzaakt de röntgenstraling veranderingen in het schilderij ?**

De energie van de op het schilderij vallende röntgenstraling wordt (deels) afgestaan aan elektronen die door de röntgenstraling uit de atomen in het schilderij gestoten worden. Toch veranderen de atomen in het schilderij daardoor niet. De plaatsen van de uitgestoten elektronen worden namelijk direct opgevuld door de overal ruim aanwezige vrije elektronen. Bij deze opvulling komt straling met een voor het element karakteristieke energie vrij. Maar het atoom verandert niet. Mangaan blijft mangaan, cadmium blijft cadmium, lood blijft lood enz. Het hele proces van absorptie en verzwakking van de röntgenstraling is energie uitwisseling.

**Zendt het schilderij na het röntgenonderzoek nog enige tijd straling uit ?**

Na de röntgenopname wordt het röntgentoestel uitgeschakeld. Er is dan geen straling meer. Ook het schilderij straalt niet na. Ter vergelijking: als we de verlichting uit doen blijft de ruit waar het licht doorheen viel niet nalichten. Er blijft geen licht in de ruit hangen. Zo blijft er ook geen röntgenstraling in het schilderij hangen.

Soms hoor ik nog wel eens "er is een röntgenfoto van gemaakt nu geeft het licht". Nonsens. Maar een hardnekkige misvatting. Waar komt die vandaan ?

**Is er gevaar voor de bij het röntgenonderzoek aanwezigen ?**

Bij opnamen in mijn studio is het compartiment waarbinnen de röntgenopname gemaakt wordt afgeschermd door van lood voorziene wanden en loodglazen kijkvensters. Bediening van de apparatuur vindt plaats van buiten het compartiment. Aanwezigen worden daardoor niet blootgesteld aan straling.

Bij opname op lokatie wordt gewerkt met een zeer gevoelige röntgenfilm-scherm combinatie. De hoeveelheid straling (dosis) per opname bedraagt op 1 m achter of naast het röntgentoestel minder dan 0.00001 milliGray (mGy) = 0.01 µGy.

Ter vergelijking: de dosis die we in Nederland van nature oplopen bedraagt ongeveer 5 µGy per dag.

**Kan niet beter voor infrarood- in plaats van röntgenonderzoek gekozen worden ?**

Infraroodreflectografie (IRR) is geen vervanger voor röntgen. Infrarood en röntgen vullen elkaar aan. In tegenstelling tot infrarood kan röntgen koolstof niet "zien". Infrarood is daarmee geschikt om eventuele ondertekening zichtbaar te maken. Röntgen is met name geschikt om onderschildering zichtbaar te maken, de staat van de drager te beoordelen en eerdere restauraties te traceren.

**Kan uit een “normale” röntgenfoto de samenstelling van de verf vastgesteld worden ?**

Bij de “normale” röntgenfoto zoals ik die maak kan niet vastgesteld worden welke metalen er in de pigmenten zitten. Dit komt omdat de verzwakking van de röntgenstraling niet alleen bepaald wordt door het soort metaal maar ook door de dikte van de verflaag.

**Zijn er röntgentechnieken waarmee de samenstelling van de verf bepaald kan worden ?**

Met röntgendiffractie kan bepaald worden welke elementen er in de verf aanwezig zijn. Bij deze methode is het wel noodzakelijk dat er een verfmonster uit het schilderij genomen wordt. Ook met röntgenfluorescentie (XRF) kunnen de elementen in de verf bepaald worden. Er zijn hand-held XRF toestellen beschikbaar. De afmetingen van dit toestel zijn vergelijkbaar met een handboormachine. Het XRF toestel wordt op korte afstand voor het schilderij gehouden en laat een röntgenbundel met diameter 8 mm (oppervlak ca. 50 mm<sup>2</sup>) op het schilderij vallen. Door deze bestraling gaat de verf op zijn beurt straling uitzenden met een voor het element in de verf karakteristieke energie. Het XRF toestel meet de energie van de door de verf uitgezonden straling en bepaalt daarmee het element.

Op 28 september 2012 bezocht ik *Het Instrument* in de RAI. Ik ging op bezoek bij de stands van Technex (Wormerveer), PANalytical(Almelo) en XtaC Analytica (Leiden). Alledrie konden ze in een mum van tijd een XRF maken van het schilderijtje dat ik bij me had. Fantastisch om te zien welke elementen er in welke hoeveelheid in mijn schilderijtje zaten.

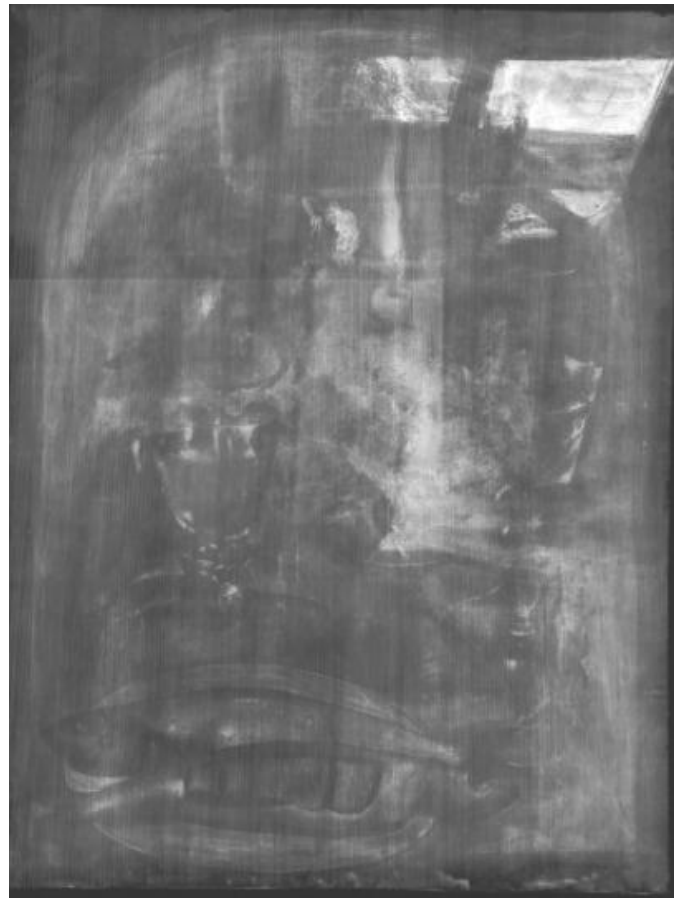
De methode van röntgenfluorescentie is door Joris Dik verfijnd. Om een goede resolutie te verkrijgen werd het oppervlak per meting teruggebracht tot 1 mm<sup>2</sup>. Voor een betrouwbare meting per meetpunt is een minimale hoeveelheid door de verf uitgezonden karakteristieke straling nodig. De opnametijd per meetpunt mag echter niet te lang worden. Er is daarom veel aandacht besteed aan het vermogen van de röntgenbuis en de gevoeligheid van de detectoren voor de energiemeting. Ook zijn meerdere detectoren geplaatst. De apparatuur is op een computergestuurde scantafel gemonteerd. Hiermee kan het schilderij volautomatisch van meetpunt tot meetpunt gescand worden en de plaatselijke elementen in de verf bepaald worden.

(Alfeld M, Janssens K, Dik J, Nolf de W, Snickt van der G, *Optimization of mobile scanning macro-XRF systems for the in situ investigation of historical paintings*, J.Anal.At.Spectrom., 26, 899-909, 2011.)

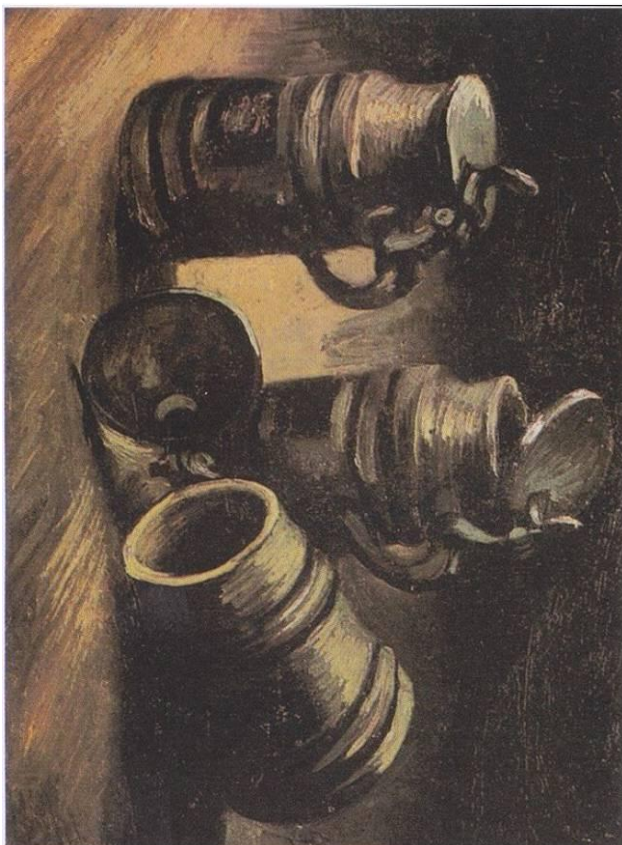
**Wat zijn de eigen ervaringen tot nu toe ?**

In de afgelopen jaren ben ik met röntgen een scala aan interessante zaken tegengekomen die met het blote oog niet zichtbaar waren. Watermerken in prenten, eerder uitgevoerde restauraties aan schilderijen, staat en opbouw van panelen, iconen en wijzerplaten, onderschilderingen enz.

De resultaten van mijn onderzoek zijn uitsluitend beschikbaar voor de eigenaar van het kunstwerk. Op deze site worden ze daarom niet getoond. Op internet zijn echter legio voorbeelden te vinden. Omdat onderschilderingen het meest tot de verbeelding spreken sluit ik deze paragraaf af met een drietal voorbeelden die ik van internet haalde.



Rembrandt (?). *Tobit en Anna*, 1659. Oil on panel, 54 X 40 cm. Boijmans van Beuningen, Rotterdam. Afbeelding een kwart slag gedraaid. De röntgenopname laat in onderschildering een stilleven met een plateau met vissen, drinkglazen e.d. zien.



Van Gogh. *Still life with three beer mugs*. Nuenen, April 1885. Oil on canvas, 32 x 43 cm. Van Gogh museum, Amsterdam.

Afbeelding een kwart slag gedraaid. De röntgenopname laat in onderschildering het portret van een vrouw zien.



Picasso. *The old guitarist*. 1903. Oil on panel, 121 x 82 cm. Art Institute of Chicago.

De röntgenopname laat in onderschildering een smekende vrouw met uitgestrekte armen, een moeder met kind en de koppen van een koe en een kalf zien.