



Achtergrondinformatie

Straling bij kunsthistorisch onderzoek

Bij kunsthistorisch onderzoek wordt straling van röntgenbronnen en radioactieve isotopen op verschillende manieren ingezet. Een speciale techniek daarbij is het bestralen van voorwerpen met neutronen, waardoor atoomkernen in het bestraalde voorwerp radioactief worden en op hun beurt straling gaan uitzenden. Zie daarvoor ook de pagina [Neutronen-activeringsanalyse](#).

Hieronder staan enkele voorbeelden van het gebruik van ioniserende straling bij kunsthistorisch onderzoek.

Schilderijen in het röntgenapparaat

Het schilderij *Wandelaars in een park* (Parijs, 1886) van Van Gogh blijkt een overschildering van een portret te zijn. Dat is na röntgenonderzoek aan het licht gekomen. Of het een portret of een zelfportret van Van Gogh betreft, is nog niet bekend.



Links: Van Goghs *Wandelaars in het park* (1886). Daarnaast het portret onder dit schilderij.

Met het blote oog is op het schilderij in heldere herfstkleuren niets te zien van een onderliggende afbeelding. Die kwam aan het licht tijdens een onderzoek naar de vraag welk park in Parijs Van Gogh hier heeft afgebeeld. Daarbij viel op dat er iets vreemds aan de hand was met de bovenste verflaag: misschien een weggeschilderde kerktoeren? Vervolgens deed het Van Gogh Museum in Amsterdam röntgenonderzoek, waarbij het onderliggende portret werd ontdekt.

Overschilderingen komen veel voor bij Van Gogh. In 1996 onderzocht het museum de hele eigen collectie. Toen kwamen zo'n twintig overgeschilderde voorstellingen aan het licht. Meestal zijn het landschappen of studies van het uiteindelijke schilderij. Maar een portret zoals onder de *Wandelaars in het park* is wel bijzonder.

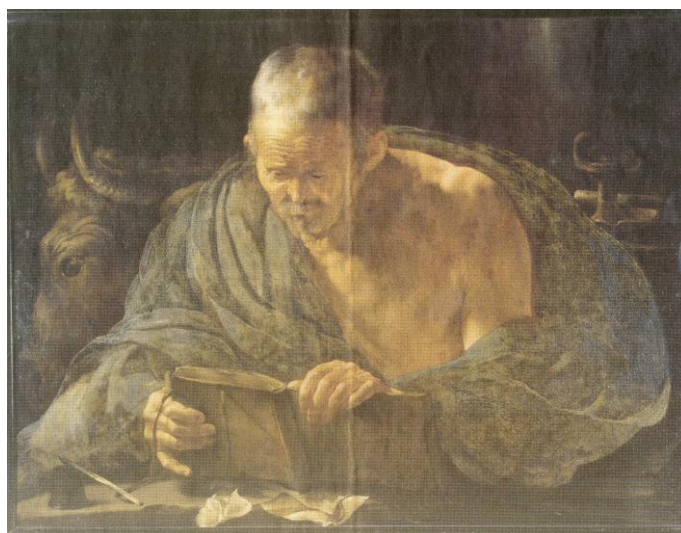
Van het vroege werk van Van Gogh, uit Nuenen en Parijs, is vijftien procent overgeschilderd. Volgens kunsthistorici zie je dat vaker bij beginnende kunstenaars. Ze maakten nog veel fouten, en een doek was te kostbaar om weg te gooien. Dus schilderden zij het over.

Schilderijen in de kernreactor

Maak een schilderij tijdelijk radioactief, en de oorspronkelijke kleuren, de onderlagen en de schildertechniek worden zichtbaar.

Kleurstelling – Een voorbeeld is het schilderij *De Heilige Lucas* van Hendrick ter Brugghen, een zeventiende-eeuwse schilder. Dit schilderij is in de lage-fluxreactor (LFR) in Petten bestraald en daarna onderzocht. Met die methode konden de oorspronkelijke kleurstelling van het werk en de onderlagen, de eerste aanzetten van de schilder, worden achterhaald. Dat is interessant voor kunsthistorici, maar ook leerzaam voor de restaurateur die aan de slag gaat met het in de loop der eeuwen flink verkleurde schilderij. Het blauw op de mantel van de evangelist is op de meeste plaatsen verkleurd tot groezelig bruin. Op sommige plaatsen is de verflaag zelfs enigszins doorzichtig. Volgens kunsthistorici is dit schilderij van Ter Brugghen een schoolvoorbeeld van hoe veel gebruikte blauwpigmenten in oude meesterwerken drastisch kunnen verkleuren.

Volgens oude recepten uit de zeventiende eeuw is dat blauwpigment kobalthoudend fijn-gemalen glas. De ontkleuring ervan is waarschijnlijk te wijten aan de geleidelijke omzetting van het oorspronkelijk driewaardige kobalt-ion in tweewaardig kobalt onder invloed van kalium uit het glas.



Het schilderij *De Heilige Lucas* van Hendrick ter Brugghen in zijn huidige staat (midden). De blauwe verf van de mantel is na eeuwen groezelig en verkleurd. Links is een eerste schets van het schilderij te zien, waarvoor een mangaanhoudende verf is gebruikt. Rechts de digitale invulling van de oorspronkelijk helblauwe mantel.

Om de precieze kleurstelling van het oude, diepblauwe pigment te achterhalen, is het schilderij van Ter Brugghen in de LFR in Petten bestookt met langzame neutronen. Kobalt-atomen in het oorspronkelijk gebruikte pigment worden daarbij omgezet in radioactieve kobaltisotopen, die vervolgens langzaam vervallen onder uitzending van β -straling. De halveringstijd van deze kobaltisotoop is 5,2 jaar. De vrijgekomen β -straling is op een fotografisch gevoelige plaat zichtbaar te maken. De zwarte, belichte plekken op de foto geven aan waar het blauwe pigment heeft gezeten. Uit de mate van zwarting is in principe de dikte van de verflaag te bepalen.

Autoradiografie – De neutronenflux activeert niet alleen het kobalt maar ook andere chemische elementen in de gebruikte pigmenten, waaronder arseen met een halveringstijd van ruim 26 uur en mangaan met een halveringstijd van 2,6 uur. Zo komen met deze techniek van neutronen-activering of *autoradiografie* – bestralen om vervolgens zelf te stralen – ook de penseelstreken met andere pigmenten boven water, zoals die met het basale omber, een goedkope, bruinige, mangaanhoudende ijzeroxideverf. Veel schilders hebben die gebruikt om de contouren van een schilderij te schetsen, in de eerste onderlaag. De neutronen zetten mangaan-atomen om in mangaanisotopen die vervolgens vervallen, eveneens onder uitzending van β -straling. Het tempo hiervan ligt aanzienlijk hoger dan het verval van kobaltisotopen, vanwege de kleinere halveringstijd van het mangaan. Door de belichtingstijden slim te kiezen, zijn aparte foto's te maken van die eerste omberschets en van de daaroverheen geschilderde blauwe verf. Aan de hand van literatuuronderzoek en bestraling van proefstukken is eerst een optimale, goed contrasterende bestralingstijd berekend van drie kwartier. Een te lange bestraling zou tot gevolg hebben dat het schilderij te lang radioactief blijft. Na die neutronenbestraling is het schilderij op enkele fotografische platen gelegd om het verval van de verschillende isotopen in beeld te brengen aan de hand van vrijkomende β -straling. Een eerste plaat is na een belichting van ruim zes uur verwijderd. Daarop is de in mangaanhoudend omber geschetste ondergrond te zien. Op een volgende plaat, verwijderd na belichting van ruim een dag (de mangaanactiviteit is dan inmiddels verdwenen), is te zien waar arseenhoudende verf is gebruikt, onder meer in het kobaltblauw van de mantel en in mindere mate op andere plaatsen in het schilderij. En op weer een volgende plaat is na een belichting van vier maanden te zien waar de schilder kobalthoudende blauwe verf heeft opgebracht: alleen in de mantel.

Uit de opname van de eerste mangaanhoudende onderlaag blijkt dat Ter Brugghen zijn schilderij eerst in schets heeft gemaakt. Die heeft hij vervolgens ingekleurd, onder meer de mantel met kobaltblauw. De definitieve versie van het schilderij en de eerste schets bevatten slechts een beperkt aantal verschillen.

Reconstructie – Aan de hand van de verschillende fotografische platen is een digitale reconstructie van het schilderij gemaakt. Op basis van de kobaltopname is in de computer de mantel ingekleurd met de oorspronkelijke diepblauwe kleur. De bedoeling hiervan is om een indruk te krijgen van hoe het schilderij er in het verleden heeft uitgezien. Zo'n digitale invulling is van belang voor kunsthistorici. Die kunnen zo zien hoe er destijds werd gekeken naar bijvoorbeeld de eenheid van kleur, de onderlinge afstemming. Het is niet de bedoeling om de digitale reconstructie bij de restauratie van het schilderij na te volgen. Die restauratie zal zich beperken tot het aanstippen van plaatsen waar de blauwe verf is verdwenen of geheel doorzichtig is geworden in met name het rechterdeel van de mantel.

De kunstwereld heeft grote interesse in deze autoradiografische techniek, omdat zo niet alleen de oorspronkelijke kleurstelling en de opbouw van de verflagen te achterhalen zijn, maar ook de eventuele aanwezigheid van onderschilderingen. Autoradiografie biedt bovendien de mogelijkheid om de schildertechniek te onderzoeken. Dat kan belangrijk zijn bij het achterhalen van de authenticiteit van een schilderij.

Schildertechniek – Een voorbeeld daarvan is het schilderij *De Lachende Jongeman*. Kunsthistorici dateren het werk op omstreeks 1630. Het bewuste schilderij is in 1982 door het Rembrandt Research Project (RRP) in categorie C ondergebracht: geen werk van de zeventiende-eeuwse meester. Het schilderij *De Lachende Jongeman* is mogelijk van de hand van Jan Lievens, die eind jaren twintig van de zeventiende eeuw in Leiden een atelier deelde met Rembrandt van Rijn, dacht het RRP destijds.



Het schilderij *De lachende Jongeman* van Rembrandt (omstreeks 1630). Rechts de met neutronen-activering of radiografie blootgelegde onderschildering.

Opvallend zijn de korte halen waarmee onder meer het haar van de man is geschilderd. Diezelfde korte penseelstreken zijn terug te vinden op schilderijen die wél aan Rembrandt worden toegeschreven. Dit gaf aanleiding voor het gebruik van autoradiografie om meer details over de onderschildering – de met mangaanhoudende ijzeroxideverf geschetste contouren – te achterhalen. Op de mangaanopname zijn de voor Rembrandt karakteristieke korte, borstelige penseelstreken uitstekend te zien, met een hoge resolutie. Die details brengen de techniek van de schilder in beeld, en zijn te vergelijken met de kwaststreken op andere schilderijen. Zo levert autoradiografie sterke aanwijzingen dat het schilderij *De Lachende Jongeman* toch een echte Rembrandt is.

Bronnen

- *de Volkskrant*, 29 oktober 2005 – Machteld van Hulten: *Portret ontdekt onder doek Van Gogh*
- *de Volkskrant*, 22 december 2001 – Broer Scholtens: *Een heilige in de reactor*
- *de Volkskrant*, 1 juni 2002 – Broer Scholtens: *Over Rembrandts schouder*

1 Neutronenbestraling

Bij autoradiografie worden schilderijen eerst bestraald met langzame neutronen in een kernreactor.

- Leg met een voorbeeld uit dat daardoor atoomkernen in het bestraalde voorwerp radioactief worden en vervallen onder uitzending van β -straling. Geef daarbij ook de reactievergelijkingen.

2 Belichtingstijden

Bij autoradiografie worden verschillende 'belichtingstijden' gebruikt om de verschillende gebruikte pigmenten – mangaan-, arseen- en kobalthoudende pigmenten – afzonderlijk zichtbaar te maken.

- Leg uit waarom die verschillende belichtingstijden nodig zijn. Gebruik daarbij de begrippen activiteit en halveringstijd.
- Geef een verklaring voor de grootte-orde van die verschillende belichtingstijden.
- Leg uit waarom het woord 'belichtingstijd' in de inleiding van deze vraag tussen aanhalingstekens staat.

3 Belichten

Uit de gegeven beschrijving van autoradiografie lijkt op te maken dat een schilderij na bestraling met neutronen met een aantal fotografische platen wordt bedekt, en dat deze achtereenvolgens stuk voor stuk na een bepaalde belichtingstijd worden weggehaald om te worden ontwikkeld.

- Zijn op die manier de verschillende gebruikte pigmenten afzonderlijk zichtbaar te maken? Leg uit waarom wel of niet.
- Als dat niet het geval is: hoe wordt dat belichten dan wél uitgevoerd? Leg daarbij uit waarom dan wél de afzonderlijke pigmenten zichtbaar worden.

4 Radioactieve schilderijen

Een belemmering voor autoradiografie is dat sommige kunsthistorici denken dat een schilderij na bestraling radioactief blijft – en dus niet meer op een tentoonstelling kan hangen.

- Is deze vrees terecht? Leg uit waarom wel of niet.