

Een glas- en keramiekrestaurator van het Rijksmuseum (links) toont een Chinese puzzelbol die in 3D is gescand bij het Centrum voor Wiskunde en Informatie te Amsterdam.

MODERNE SCANNER LICHT MUSEUMSCHATTEN DOOR

Een kijkje in de kunst

Een eeuwenoude kunstschat kun je natuurlijk niet zomaar uit elkaar halen. Toch willen onderzoekers vaak maar al te graag weten hoe zo'n bijzonder object er van binnen uit ziet. De geplande nieuwe CT-scanner van het Rijksmuseum biedt uitkomst. tekst ir. Jim Heirbaut

Is het een Rembrandt of een Vermeer? Geen idee, maar de persoon op het levensgrote schilderij kijkt de bezoeker indringend aan. Welkom in het Ateliergebouw, vlak naast het Rijksmuseum in Amsterdam. Deze ruimte staat vol met de prachtigste

schilderijen; elders zijn hele zalen gevuld met houten meubelen, metalen beelden, eeuwenoud textiel en tekeningen en prenten.

Al deze kunstschaten staan er echter niet om te worden bewonderd, maar voor restauratie of onderzoek.

Het Ateliergebouw is dan ook voorzien van allerlei moderne analyseapparatuur: microscopen, infrarood-camera's, röntgenapparaten ... En binnenkort komt daar een CT-scanner bij, waarmee objecten zijn door te lichten. 'We willen zo graag in kunstvoor-

TECHNOLOGIE VEROVERT KUNSTWERELD

Onderzoeker technische kunstgeschiedenis Erma Hermens ziet de laatste tien, twintig jaar steeds meer technologie haar vakgebied binnensijpelen. Bij schilderijen wordt bijvoorbeeld al veel gebruikgemaakt van de 2D-röntgen-scanner. Wat zit er onder die bovenste verflaag? Hiervoor gaat een schilderij soms zelfs een deeltjesversneller in. Verder wordt chemische analyse van stoffen toegepast, bijvoorbeeld met spectroscopie met infrarood licht (FTIR). Nieuw is een project waarbij onderzoekers *nano-indentation*, een bepaalde hardheidstest, inzetten om meer te weten te komen over het craqueleren van

verflagen, oftewel het ontstaan van barstjes.

Samen met onderzoeksinstituut NIKHEF werkt het Centrum voor Wiskunde en Informatica aan een uitbreiding op hun Flexray-scanner die straling van meerdere golflengtes gaat gebruiken. Daarmee is te bepalen welke scheikundige elementen er in een object zitten en waar.

Bij al die technische analyses moet je je wel steeds de vraag blijven stellen waarom je iets wil weten, vindt Hermens. 'We willen iets leren over het maakproces van het kunstvoorwerp, zodat we dat aan het publiek kunnen vertellen. Het verhaal bij de data is minstens zo belangrijk als de data.'



werpen kijken, en erdoorheen', zegt prof.dr. Erma Hermens, onderzoeker bij het Rijksmuseum en hoogleraar atelierpraktijken en technische kunstgeschiedenis aan de Universiteit van Amsterdam. 'Als ik nu onderzoek doe naar een voorwerp, dan denk ik vaak: o, als ik nu dáár even onder zou kunnen kijken, dan was ik weer wat wijzer. Maar het ding moet natuurlijk heel blijven.'

Laagje dieper

Om deze state-of-the-art scanner te realiseren, ging begin deze maand het onderzoeksproject Impact4Art van start, een samenwerking tussen het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) en het Rijksmuseum. De scanner is geïnspireerd op de zogeheten Flexray-scanner die nu ruim een jaar draait bij het CWI in Amsterdam-Oost. Aangezien de technologie nagenoeg hetzelfde is, ligt de nadruk hier vooral op het gebruiksvriendelijk maken van het apparaat, zodat kunsthistorici er probleemloos mee kunnen werken.

Waar de bezoeker van het museum bij een kunstwerk vooral geniet van vormen, kleuren en het verhaal dat erbij wordt verteld, probeert Hermens een laagje dieper te gaan. Zij is geïnteresseerd in hoe een object is gemaakt. Hoe pakte de kunstenaar of ambachtsman dat aan? Welke gereedschappen gebruikte hij? In welke volgorde ging hij het ruwe materiaal te lijf? Daarbij is ze altijd op zoek naar sporen, zoals de *toolmarks* die gereedschap heeft achtergelaten, of van de hand van de kunstenaar.

Neem de keramische objecten die het Rijksmuseum in bezit heeft. Op het keramiek zit een dikke glazuurlaag, waardoor lastig is te bepalen of het voorwerp is geboetseerd door mensenhanden of uit een mal komt. 'De CT-scanner is gedetailleerd genoeg om als het ware het glazuur er virtueel af te kunnen halen en dan de vingerafdrukken in de klei te laten zien – die wijzen op boetsen – of een naadje, dat duidt op het gebruik van een mal.'

Het mooie is dat het een non-destructieve techniek is, waarbij een kunstvoorwerp dus helemaal niet wordt beschadigd. Bovendien kan de CT-scanner met allerlei materialen overweg: van glas tot metaal en keramiek. Hooguit zullen de instellingen wat anders zijn.

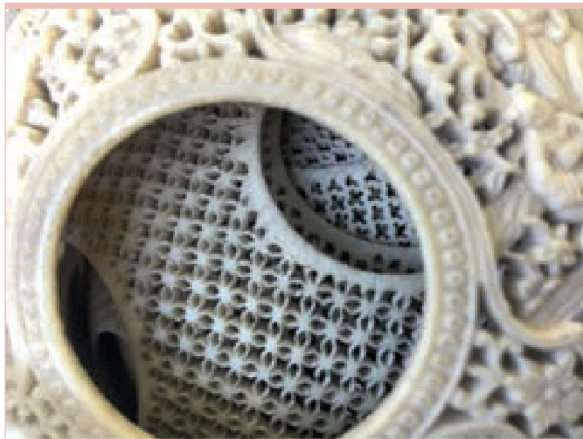
Grote voorwerpen

Over naar het CWI, waar de voorloper van de scanner van het Rijksmuseum staat: de Flexray-scanner, die werd ontwikkeld en gebouwd in samenwerking met het deeltjesfysicainstituut Nikhef en de bedrijven XRE en ASI. Hoe werkt deze CT-scanner eigenlijk? Het simpele antwoord is: ongeveer net zoals die in het ziekenhuis. Van

foto Rijksmuseum



Deze Chinese puzzelbol, een ivoren kunstwerk van in elkaar geplaatste holle bollen versierd met patronen, werd onderzocht met de Flexray-scanner van het CWI.



Close-up van de Chinese puzzelbol, waarop het detailniveau van de versieringen is te zien. Het grote gat heeft een diameter van ongeveer 1 cm.

foto Rijksmuseum



een voorwerp worden vele tweedimensionale röntgenopnames gemaakt vanuit verschillende hoeken. Uit al die beelden wordt vervolgens een 3D-beeld van het object berekend.

Voor een enkele scan gaat dat zo: de röntgenbuis zendt röntgenstraling uit met een vaste, vooraf ingesteld energie. De straling reist door het voorwerp heen – behalve daar waar hij wordt tegengehouden door materiaal – en komt op de detector terecht. Die bestaat uit 2500 bij 1500 elementjes van 75 bij 75 μm , die elk op een punt de intensiteit meten van de inkomende straling en samen een beeld opbouwen. Het apparaat kan zo beelden maken met details van 30 μm .

Een verschil met een conventionele scanner is dat de Flexray-scanner veel meer vrijheidsgraden heeft, dankzij tien motoren die onafhankelijk zijn te programmeren. 'Dankzij deze flexibiliteit kunnen wij hier experimenten doen die elders onmogelijk zijn', zegt dr. Sophia Coban, onderzoeker bij de groep Computational Imaging van het CWI.

Een nog belangrijker *selling point* is de mogelijkheid om er grote voorwerpen in te stoppen. Die zijn weliswaar niet in één keer in beeld te brengen; daar is de detector te klein voor. Maar door het object stevig op zijn plek te houden en de detector steeds wat op te schuiven, kun je beelden maken van het hele object en die achteraf aan elkaar plakken.

Zwarte gebieden

Misschien wel het sterkste punt van de Flexray-scanner is dat de gebruiker er live mee kan inzoomen op een interessant deel van een voorwerp. Tot nu toe maakte een CT-scanner opnames die later werden verwerkt tot 3D-beelden om te bestuderen. 'Maar wij kunnen scannen terwijl de inhoudelijk expert daarbij aanwezig is, zoals een kunsthistoricus of een deskundige van eeuwenoud textiel', zegt Coban. 'Die kan ons dan

aanwijzingen geven waarmee we de data-acquisitie kunnen verbeteren, zodat we zo goed mogelijk de onderzoeksvraag kunnen beantwoorden.'

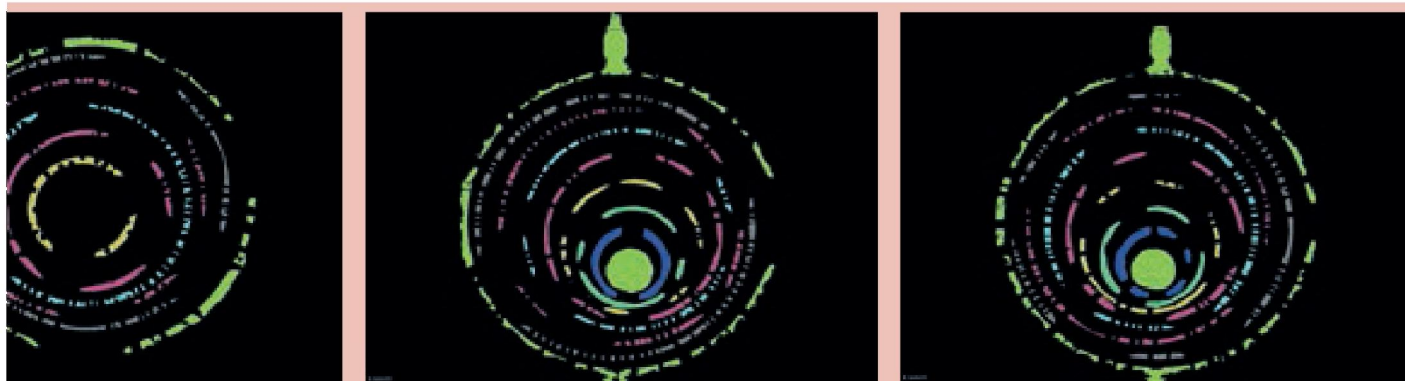
Die mogelijkheden hebben ze bij CWI al meer dan eens goed benut. Zo brachten medewerkers van het Rijksmuseum een keer een gigantisch stuk van een Perzisch tapijt mee. 'Alleen al het strak en stabiel opspannen was een enorme klus', herinnert Coban zich. Maar het lukte wel om het te scannen, wat voorheen nergens kon. Het leverde het museum nieuwe inzichten op over de gebruikte weefpatronen, die soms kunnen vertellen uit welke streek de maker kwam.

Verder kwamen wetenschappers van het Naturalis Biodiversity Center aanzetten met het dijbeen van een prehistorische mens. Hierbij was het probleem dat het vroeger de gewoonte was om een laagje pleisterkalk op zo'n bot te smeren om het te conserveren, maar dat dit materiaal nu nauwelijks meer van het bot zelf is te onderscheiden. De zeer precieze Flexray-scanner slaagde hier wel in.

'We kunnen voorwerpen na het scannen virtueel uit elkaar halen'

De software van de Flexray-scanner is helemaal bij het CWI ontwikkeld. 'De algoritmes die in een ziekenhuis-CT-scanner zitten, zijn toegespitst op medische doeleinden. Maar voor kunstvoorwerpen zijn de eisen heel anders; daar zitten vaak spijkers in, of verf op basis van zware metalen', zegt informaticus prof.dr.ir. Robert van Liere van het CWI, die de ontwikkeling leidt van de analysesoftware van de scanner.

Een van de grootste uitdagingen was dat bepaalde materialen de röntgenstralen vrijwel helemaal tegenhouden. Dat betekent dat er in het verlengde van zo'n materiaal geen straling meer door het voorwerp gaat en er dus ook geen informatie over de structuur wordt verzameld. Om deze zwarte gebieden toch in het uiteindelijke 3D-plaatje af te kunnen beelden, moeten algoritmes ze invullen. Dat doen ze niet *out of the blue*, maar door bijvoorbeeld gebruik te maken van informatie over het zware materiaal dat de röntgenstralen tegenhoudt. 'Als je al weet dat ergens een stuk ijzer zit, dan weet je ook waarom er geen fotonen op de detector zijn gekomen', zegt Van Liere.



Illustraties CWI

Röntgenopnames van de Chinese puzzelbol, vanuit drie richtingen genomen in de Flexray-scanner. Algoritmes kunnen de holle bollen (weergegeven in verschillende kleuren) van elkaar onderscheiden.

Illustraties CWI



Het resultaat is een digitale reconstructie van alle lagen waaruit de puzzelbol bestaat.

In het Rijksmuseum staat een mooi voorbeeld van de kracht van het CT-scannen: een ivoren Chinese puzzelbol. Dit is een rijk versierde holle bol, met daarin weer een holle bol en dáárin weer een, enzovoort. Sommige puzzelbollen zijn opgebouwd uit wel elf lagen die precies in elkaar passen. Elke bol heeft weer een ander patroontje, dat er door de ambachtsman met vaste hand en engelengeduld in is aangebracht. Waarschijnlijk kostte het maanden werk om zo'n bol te vervaardigen.

Uit scans bij het CWI bleek dat op één van de binnenste bollen cirkelvormige groeven zaten, die precies laten zien hoe breed en hoog het mesje was dat werd gebruikt. Hermens: 'Met de CT-scanner kunnen we ook inzoomen op zo'n groef en de breedte en diepte meten. We kunnen het zelfs zien als een guts of een mesje beschadigd was. Vind je dergelijke sporen ook in andere objecten, dan zijn ze misschien in dezelfde werkplaats gemaakt.'

De geavanceerde software van de CT-scanner kan verder de grenzen tussen twee onderdelen herkennen, ook als die tegen elkaar aan zitten. Dat komt bijvoorbeeld van pas bij het onderzoek naar zestiende-eeuwse voorwerpen, die vaak

bestaan uit verschillende materialen, zoals goud, hout, metaal en edelstenen. Hermens: 'Na het scannen hebben we een driedimensionaal beeld van het voorwerp, waar we van alles mee kunnen doen. Omdat we nu de grenzen weten tussen de onderdelen, kunnen we ze virtueel uit elkaar halen, wat ons iets vertelt over hoe de maker het voorwerp destijds in elkaar heeft gezet.'

Er zijn allerhande opengewerkte plaatjes te tonen van de bollen en ze zijn ten opzichte van elkaar te draaien; zelfs alle afmetingen rollen zo uit de software. 'En kijk hier eens', zegt Van Liere op zijn werkkamer bij het CWI, terwijl hij een kast opentrekt. Daar verschijnen zes, zeven flinterdunne holle bollen van plastic in verschillende kleuren, precies zo rijk versierd als het ivoor op de foto's. 'Die zijn gemaakt met een 3D-printer. Die stap is niet zo moeilijk, want we hebben nu immers de driedimensionale data.'

Blinde bezoekers

Dankzij die driedimensionale weergave zou de CT-scanner ook een educatief hulpmiddel kunnen worden. 'Stel je maar eens voor wat je allemaal kunt doen wanneer we ook een 3D-printer zouden aanschaffen. Misschien kunnen we wel 3D-prints maken van kunstvoorwerpen, waar blinde museumbezoekers aan mogen zitten', fantaseert Hermens.

Ook zou 3D-printen kunnen helpen bij het restaureren van beschadigde voorwerpen. Zo heeft een van de Chinese puzzelbollen een forse beschadiging in een van de lagen. Het is denkbaar dat dit wordt opgevuld met een 3D-geprint stukje bol, waarvan het patroon is geleend van een gaaf stukje elders op de bol.

Als de nieuwe CT-scanner straks draait, is hij een van de beste in de wereld. Hermens: 'Er zijn wel andere musea met een scanner, maar onze software is bijzonder.' Andere musea hebben echter weer andere specialisaties. 'We zullen dan ook samenwerken, bijvoorbeeld om het CT-scannen te koppelen aan andere analysetechnieken.' Dan is het een kwestie van tijd voor ook andere kunstvoorwerpen hun geheimen prijsgeven. |