



Universiteit  
Leiden

The Netherlands

## Tailoring x-ray tomography techniques for cultural heritage research

Bossema, F.G.

### Citation

Bossema, F. G. (2024, May 23). *Tailoring x-ray tomography techniques for cultural heritage research*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3754491>

Version: Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3754491>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

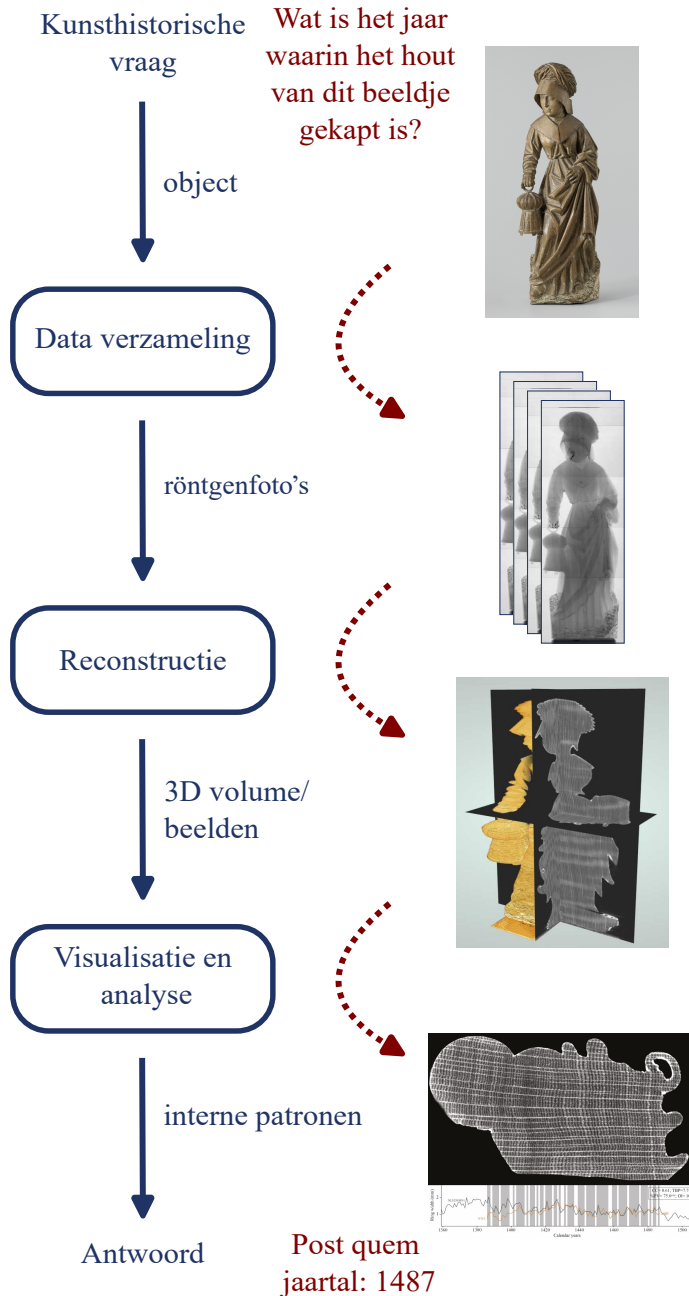
# Samenvatting

## Röntgentomografische technieken ontwikkelen voor onderzoek naar cultureel erfgoed

### Introductie

Het visualiseren van de binnenkant van kunstobjecten is een cruciale stap in het verwerven van kennis over de herkomst, huidige staat en samenstelling van cultureel erfgoed. Een van de meest krachtige technieken voor het zichtbaar maken van de binnenkant van museumobjecten is computer tomografie (CT). CT is een techniek die vooral bekend is uit de medische wereld. Met behulp van honderden röntgenfoto's uit verschillende hoeken wordt er een driedimensionaal digitaal beeld van het object opgebouwd, dat in verschillende richtingen kan worden doorsneden om de interne patronen van het object te bekijken. Het gebrek aan betaalbare en flexibele CT-setups in musea, gecombineerd met de uitdagingen die gepaard gaan met het vervoeren van waardevolle objecten uit de collectie, zorgt ervoor dat deze techniek op dit moment onbereikbaar is voor de meeste toepassingen binnen de kunstwereld. In dit proefschrift onderzoeken we hoe CT-scannen verder kan worden geïntegreerd voor toepassingen binnen de kunstwereld door 1) de experts actief bij het scanproces te betrekken, 2) de methoden waarop data wordt verzameld aan te passen aan de objecten om specifieke informatie te vergaren, 3) een betaalbare methode te ontwikkelen om de röntgenfaciliteiten die aanwezig zijn in musea te kunnen gebruiken voor CT-scans en 4) software te ontwikkelen om het interactief visualiseren en inspecteren van de CT-data te vergemakkelijken.

In figuur S1 is in blauw de workflow weergegeven voor het CT-scannen van kunstobjecten. Een voorbeeld van het toepassen van deze workflow is ernaast weergegeven in het rood. Het onderzoek wordt gedreven vanuit een kunsthistorische vraag. In het voorbeeld is dat: 'Wat is het jaar waarin het hout van dit beeldje gekapt is?'. Als de verwachting is dat die vraag beantwoord kan worden met behulp van CT-scans wordt er data opgenomen. De data bestaat uit een reeks van honderden röntgenfoto's uit verschillende hoeken. Vervolgens wordt die data met behulp van reconstructiealgoritmen verwerkt tot een driedimensionaal digitaal beeld van het object. Tot slot wordt deze reconstructie gevisualiseerd en geanalyseerd om tot een antwoord op de vraag te komen.



**Figuur S1:** Het CT-onderzoeksproces van vraag tot antwoord (in blauw), geïllustreerd met als voorbeeld de scans van de *Heilige vrouw met lantaarn* (in rood). Een *post quem jaartal* is het vroegste jaar waarin de boom gekapt kan zijn, zodat het object gemaakt moet zijn na dat jaar.

## CT-scans voor het onderzoeken van kunstobjecten

Een CT-scanner bestaat uit een röntgenbron en een detector met daartussen een draaitafel waarop het te scannen object wordt neergezet. De detector meet de intensiteit van de röntgenstraling, nadat deze door het object is heengegaan. Het beeld op de detector is afhankelijk van de dichtheid van het materiaal van het object en de dikte van het object. Daarnaast wordt het beeld beïnvloed door de oriëntatie van het object en de onderlinge afstand tussen de onderdelen.

Voor de dataverzameling worden honderden röntgenfoto's opgenomen, uit verschillende hoeken. Die worden vervolgens met behulp van reconstructiealgoritmen gecombineerd tot een driedimensionaal digitaal beeld van het object. Dit kan digitaal worden doorgesneden om de binnenkant van het object te bekijken. Dit is nuttig voor het onderzoeken van kunstobjecten, omdat de binnenkant vaak veel informatie bevat die van de buitenkant niet te zien is. CT-scans kunnen bijvoorbeeld informatie opleveren over de kunstenaar, hoe het object gemaakt is, hoe oud het is en of het in goede staat verkeert. Hierbij kijken we naar interne patronen zoals jaarringen, lijnlijnen of stukken van ander materiaal wat kan wijzen op een restauratie.

## Probleemstelling en samenvatting van de hoofdstukken

Het CT-scannen van kunstobjecten is een uitdaging vanwege de grote verscheidenheid aan materialen, vormen en maten van kunstobjecten. Daarnaast zijn CT-faciliteiten niet makkelijk toegankelijk voor het scannen van kunstobjecten. Ten eerste vanwege het feit dat er vaak transport van waardevolle objecten naar de CT-scanner nodig is en ten tweede vanwege de mogelijke kosten die transport en scans met zich meebrengen. Tot slot is het een uitdaging om tweedimensionale doorsnedes van driedimensionale objecten te interpreteren, met name voor de object experts die getraind zijn om objecten met het blote oog te bestuderen. In de hoofdstukken in dit proefschrift hebben we oplossingen aangedragen voor deze uitdagingen door algoritmes en software te ontwikkelen in samenwerking met object experts. In elk hoofdstuk worden de voorgestelde methoden toegepast op kunstobjecten uit museumcollecties.

In **Hoofdstuk 2** bespreken we het belang van het actief betrekken van de object experts bij het scanproces. Hun kennis kan de dataverzameling sturen, zodat precies die informatie verzameld wordt die de vragen kan beantwoorden. Ook kunnen zij tussentijdse resultaten analyseren die nieuwe vragen oproepen en wellicht leiden tot extra of aangepaste scans. In hoofdstuk 2 is dit toegepast op een houten muziekinstrument uit de Rijksmuseum-collectie: een cornetto.

In **Hoofdstuk 3** bekijken we het probleem dat veel grote objecten niet in de CT-scanner passen. De vraag om de jaarringen in beeld te brengen om de Hugo de Grootkist (Rijksmuseum-collectie) te kunnen dateren leidde tot een nieuwe vorm van dataverzameling, namelijk door het object alleen van links naar rechts te bewegen en zo vanuit een steeds net andere hoek de jaarringen te bekijken. Hierdoor was er steeds een deel van de jaarringen scherp te zien op de röntgenfoto's en was het mogelijk om een scherp beeld van de jaarringen te maken. In dit hoofdstuk werd de data-opname dus op maat gemaakt voor het beantwoorden van een specifieke vraag. Deze techniek

kan nu ook worden ingezet voor het dateren van andere grote houten voorwerpen.

In **Hoofdstuk 4** ontwikkelen we een methode om de röntgenopstellingen die vaak aanwezig zijn in grotere musea voor live-inspectie van een object, te gebruiken voor CT-reconstructies. Dit was voorheen niet mogelijk, omdat die opstellingen geen informatie geven over de locatie van alle onderdelen van de setup: waar de bron staat, waar de detector staat, waar het object staat en hoeveel de rotatietafel gedraaid is tussen twee opnames. We voegden kleine metalen balletjes toe aan een stuk foam, dat met het object werd meegescand. We ontwikkelden algoritmes die op basis van de locatie van die balletjes op de röntgenfoto's alle benodigde informatie terugrekenen. Zo maakten we CT-reconstructies met opstellingen waarmee dat tot nu toe niet kon. Deze methode maakt het makkelijker om CT-onderzoek toe te passen op kunstobjecten, omdat die niet naar een CT-scanner hoeven te worden gebracht, maar in het museum zelf kunnen worden gescand. Onze methode kost bovendien geen extra geld, terwijl een gespecialiseerde CT-scanner vaak niet binnen de financiële mogelijkheden van een museum ligt. Deze methode hebben we getest in het British Museum (London), waar wel een CT-scanner staat en we dus het resultaat van onze methode konden vergelijken met hun standaard protocollen. Daarna hebben we het toegepast in het J. Paul Getty Museum (Los Angeles) en het Rijksmuseum (Amsterdam), waar voorheen geen CT-scans konden worden gemaakt in de huidige röntgenopstelling. De toegevoegde waarde van onze aanpak voor het onderzoeken van kunstobjecten hebben we vervolgens geïllustreerd met een scan van een object van het J. Paul Getty Museum: *Python Killing a Gnu* van Antoine Barye. Uit de scan kwam duidelijk naar voren hoe het object uit verschillende lagen was opgebouwd en dat het object oorspronkelijk een andere vorm had en later opnieuw is vormgegeven.

In **Hoofdstuk 5** stellen we vast we dat het interpreteren van CT-scans voor kunstprofessionals een uitdaging kan zijn. Dit komt ten eerste doordat CT-data meestal wordt geanalyseerd in tweedimensionale doorsnedes, maar het object zelf natuurlijk driedimensionaal is. Het is daardoor lastig om wat er met het blote oog aan de buitenkant te zien is te relateren aan de CT-scan die informatie geeft over de binnenkant. Een tweede uitdaging is dat de CT-scan een zwart/wit beeld geeft, gebaseerd op de dichtheden van de materialen in het object. Het object zelf is vaak van buiten kleurrijk en heeft bepaalde structuren. Als oplossing hebben we software gebouwd om een driedimensionale oppervlakte scan (die de kleuren en texturen aan de buitenkant meet) te combineren met de CT-scan (die de informatie over de binnenkant bevat). Vervolgens kunnen beide scans op een interactieve manier bekeken worden. Dit draagt bij aan de kennisvergarig op basis van CT-scans en maakt het makkelijker voor conservatoren, restauratoren en kunsthistorici om de data te interpreteren.