

Tomografie

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Theorie	1
3	Verkennen opstelling	4
4	Onderzoeksvragen en werkplan	7
5	Metingen	7
6	Rapportage	8

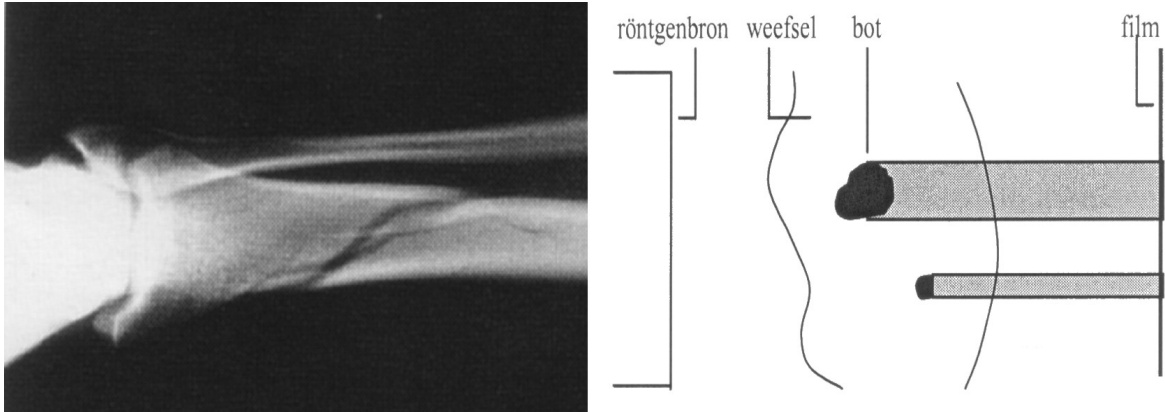
1 Inleiding

In de geneeskunde wordt een groot aantal technieken gebruikt om beelden van het inwendige van het lichaam te maken. De verzamelnaam voor deze technieken is medische beeldvorming. Een bekend voorbeeld van zo'n techniek is het maken van een röntgenfoto. Op een normale röntgenfoto zijn vooral de botten in het lichaam goed zichtbaar. Deze botten absorberen een groot deel van de invallende röntgenstraling. De absorptie van deze straling door het omliggende weefsel is veel kleiner. Daardoor ontstaat op de film een afbeelding van de botten, vergelijkbaar met een schaduwbeeld. Een daarmee samenhangend (bekend) voorbeeld van medische beeldvorming is de tomografie.

2 Theorie

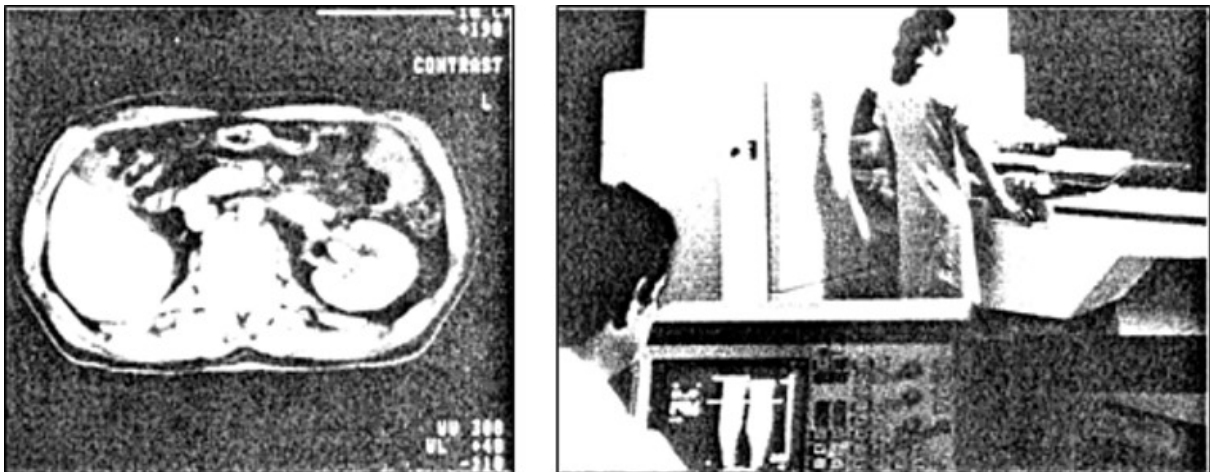
Om je goed voor te bereiden op het experiment wordt eerst de theorie bestudeerd.

2.1 Tomografie

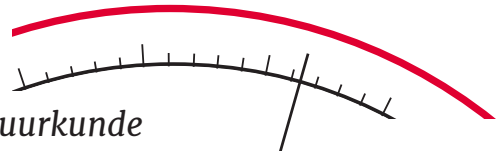


Figuur 1: Röntgenfoto (links). Bij het maken van een röntgenfoto ontstaat het beeld door een verschil in absorptie van röntgenstraling door verschillende delen van het lichaam (rechts).

De tomografie is een afbeeldingstechniek die gebruik maakt van absorptie van röntgenstraling door verschillende media in het lichaam. Hierbij ontstaat – net als bij het maken van een röntgenfoto – een schaduwbeeld. Maar door de röntgenstraling achtereenvolgens vanuit verschillende richtingen te laten invallen, ontstaat een verzameling schaduwbeelden. Met de computer is uit deze verzameling schaduwbeelden een beeld in de vorm van een dwarsdoorsnede van het lichaam te berekenen: een tomogram. Deze afbeeldingstechniek werkt overigens ook bij andere vormen van straling dan röntgenstraling.

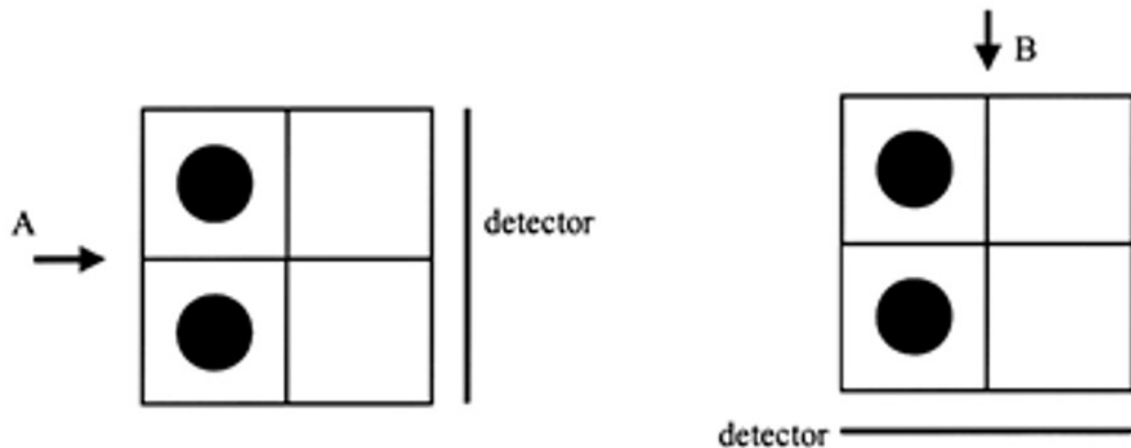


Figuur 2: Tomogram (links). Bij het maken van een tomogram draaien de stralingsbron en de detector rond het lichaam van de patiënt, en berekent de computer een beeld van de gewenste dwarsdoorsnede van het lichaam (rechts).

**Opdracht 1: Tomografie-principe**

Het uitgangspunt bij tomografie is het maken van een verzameling schaduwbeelden van een onbekend voorwerp. Uit die schaduwbeelden moet dan de dwarsdoorsnede van het voorwerp worden geconstrueerd. In figuur 3 is een zo sterk mogelijk vereenvoudigde situatie weergegeven: een horizontaal rastervlak van vier vierkanten met daarop een 'voorwerp' dat uit twee cilinders bestaat. Deze cilinders absorberen de invallende straling.

- De straling valt vanuit richting A op het voorwerp in, zoals weergegeven in figuur 3 (links). Teken het schaduwbeeld van het voorwerp op de detector. Is het mogelijk om uit alleen dit schaduwbeeld te bepalen op welke vierkanten van het rastervlak cilinders staan? Leg uit waarom wel of niet.
- De stralingsbron en de detector worden beide over een hoek van 90o gedraaid, zoals weergegeven in figuur 3 (rechts). De straling valt nu vanuit richting B op hetzelfde voorwerp in. Teken weer het schaduwbeeld van het voorwerp op de detector. Is het mogelijk om uit alleen dit tweede schaduwbeeld te bepalen op welke vierkanten van het rastervlak cilinders staan? Leg uit waarom wel of niet.
- Is het mogelijk om uit de combinatie van de twee schaduwbeelden te bepalen op welke vierkanten van het rastervlak cilinders staan? Leg uit waarom wel of niet.



Figuur 3: Een rastervlak met twee straling absorberende cilinders in bovenaanzicht.

Opdracht 2: Afbeeldingsproblemen

In opdracht 1 is het tomografie-principe verkend aan de hand van een sterk vereenvoudigd voorwerp. In die situatie blijkt het mogelijk om uit de combinatie van twee schaduwbeelden in onderling loodrechte richtingen te bepalen op welke vierkanten van het rastervlak cilinders staan. Met andere woorden: uit de twee schaduwbeelden is de dwarsdoorsnede (of: het bovenaanzicht) van het voorwerp te construeren.

- Is het mogelijk om uit de schaduwbeelden in de twee gegeven richtingen af te leiden dat er 'cilinders' (dus: voorwerpen met een cirkelvormige doorsnede) op het rastervlak staan? Leg uit waarom wel of niet.
- Schuif één van de twee cilinders van het voorwerp in figuur 3 een vak opzij. Is het nu mogelijk om uit de schaduwbeelden in de twee gegeven richtingen te bepalen op welke vierkanten van het rastervlak 'iets' staat? Leg uit waarom wel of niet.
- Welke twee afbeeldingsproblemen zijn er (dus) alleen al bij het construeren van een beeld van de dwarsdoorsnede (het tomogram) van een eenvoudig voorwerp? Hoe zou je deze afbeeldingsproblemen kunnen oplossen? Probeer met een voorbeeld duidelijk te maken hoe deze oplossing werkt.

Opdracht 3: Computer

In opdracht 2 zijn de afbeeldingsproblemen bij tomografie verkend aan de hand van een sterk vereenvoudigd voorwerp. Uit die verkenning volgt dat een computer onmisbaar is bij het construeren van een beeld van de dwarsdoorsnede (het tomogram) van een voorwerp uit een verzameling schaduwbeelden. Probeer uit te leggen waarom.

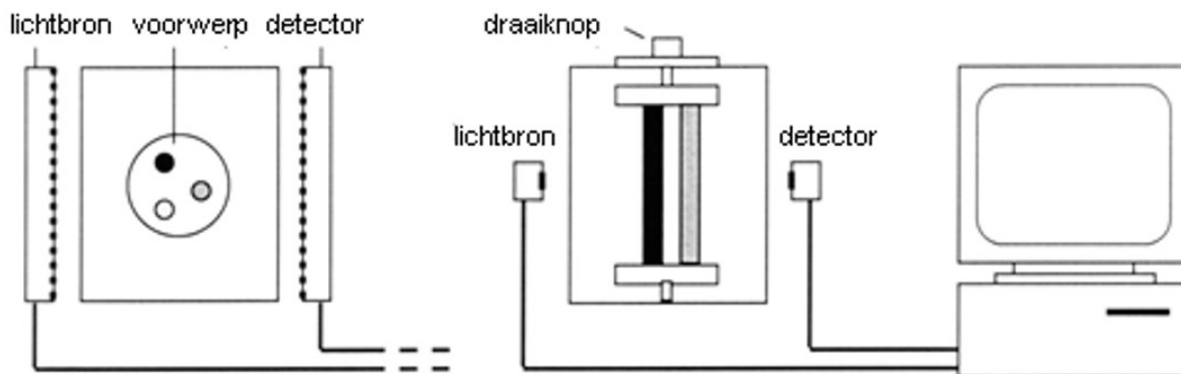
In dit onderzoek ga je na hoe bij tomografie het beeld tot stand komt, en welke eigenschappen dat beeld heeft – wat is er bijvoorbeeld wel en niet goed te zien op zo'n tomogram. Een onderzoek naar de eigenschappen van het beeld is aan het lichaam zelf moeilijk uit te voeren, omdat je dan met röntgenstraling zou moeten werken en omdat je bovendien niet goed weet wat er nu eigenlijk in het tomogram te zien zou moeten zijn. Een vergelijking tussen het voorwerp en het beeld is makkelijker te maken in een model-opstelling. In het volgende onderdeel staat een beschrijving van de beschikbare meetopstelling. Daarin wordt duidelijk welke grootheden je in de meetopstelling kunt variëren en meten. Daarna kun je met die kennis de onderzoeksvraag formuleren, een werkplan opstellen, de meetmethode verkennen en het experimenteel onderzoek uitvoeren. Ten slotte ga je de resultaten van het experimenteel onderzoek verklaren met behulp van de theorie over het berekenen van een tomogram.

3 Verkennen opstelling

Je gaat nu aan de slag met de opstelling waarbij je eerst zal lezen over hoe de opstelling werkt en daarna een aantal proefmetingen zal uitvoeren. Op deze manier begrijp je goed hoe de opstelling werkt. Daarna ga je, op basis van deze kennis, het werkplan opstellen.

3.1 De opstelling

In figuur 4 is de tomografie-opstelling weergegeven. Deze meetopstelling bestaat uit een perspex bak met vloeistof, een serie van veertig lichtbronnen (LED's) en een serie van veertig detectoren (fotodiodes). De hierop aangesloten computer wordt gebruikt voor het maken van een tomogram van een voorwerp in de bak.



Figuur 4: Tomografie-opstelling in bovenaanzicht (links) en zijaanzicht (rechts).

Het computerprogramma zorgt voor het opeenvolgend in- en uitschakelen van de LED's en het meten van het signaal van de bijbehorende fotodiodes, zodat het voorwerp als het ware wordt afgetast (of: gescand). Bij dat aftasten worden dus veertig metingen gedaan. Deze metingen vormen samen een absorptieprofiel (of: een schaduwbeeld). Het voorwerp in de bak bestaat uit drie glazen buisjes met vloeistof. Deze vloeistof is gemengd met een donkere kleurstof, zodat de buisjes een deel van het doorgaande licht absorberen – het ene buisje meer dan het andere. De vloeistof in de bak en in de buisjes heeft ongeveer dezelfde brekingsindex als het glas van de buisjes. Het licht dat door de bak gaat wordt daardoor bij de buisjes vrijwel niet teruggekaatst of gebroken. Het licht gaat gewoon rechtdoor – net zoals dat in de praktijk bij het gebruik van röntgenstraling het geval is.

Bij het maken van een tomogram in het ziekenhuis draaien de stralingsbron en de detector rond het voorwerp: het lichaam van de patiënt. In de tomografie-opstelling is het makkelijker om de stralingsbron en detector op een vaste plaats te laten staan, en het voorwerp te laten draaien. Voor het maken van een tomogram maakt dat verschil met de praktijk niets uit. In de tomografie-opstelling kun je het voorwerp draaien met een knop bovenop de bak. De stand van het voorwerp is af te lezen op een schaalverdeling. Zo kun je de computer het absorptieprofiel laten meten bij een (groot) aantal verschillende standen van het voorwerp. En daaruit kan de computer het tomogram berekenen: een beeld van de dwarsdoorsnede van het voorwerp.

3.2 Proefmeting

Voordat je nu in het volgende onderdeel bij opdracht ?? je werkplan kunt uitvoeren, is eerst een verkenning van de meetopstelling en de meetmethode nodig. Bij opdracht 4 voer je een zogenaamde blanco-meting uit om de meetapparatuur in te stellen. Bij opdracht ?? oefen je met het doen van een meting en het interpreteren van het daaruit door de computer berekende tomogram.

Meetprogramma

Na het starten van de computer en het meetprogramma LabView_ tomografie verschijnt een venster met daarin de volgende tabbladen: 'Blanco-meting', 'Enkel profiel', 'Meerdere profielen', 'Simulatie' en 'Testen, instellingen, info blanco-meting'.

Opdracht 4: Blanco-meting

De computer verwerkt bij een meting de signalen van de detector tot een absorptieprofiel. Om dat goed te kunnen doen moet het computerprogramma eerst 'weten' welke waarde die signalen hebben als er geen voorwerp aanwezig is. Deze meting noemen we de blanco-meting.

Klik in het tabblad 'Blanco-meting' op 'Start blanco-meting' en volg de instructies op het beeldscherm. Nadat de meting geaccepteerd is blijft deze in het geheugen van de computer staan tot je het programma afsluit.

Opdracht 5: Enkel profiel

Om wat ervaring op te doen met het meten en het interpreteren van het schermbeeld maak je eerst een tomogram op basis van één meting. Dus: op basis van de meting van één absorptieprofiel van het voorwerp in een bepaalde stand.

- **Profiel meten**

Ga naar het tabblad 'Enkel profiel'. Zorg ervoor dat de hoekpositieknop op het beeldscherm en de hoekpositieknop in de opstelling de waarde 0 (= 100) aangeven. Klik nu op de knop 'Meet profiel'. Op het beeldscherm verschijnt dan een absorptieprofiel. Verklaar de vorm van dit absorptieprofiel op grond van de vorm en de stand van het voorwerp.

- **Tomogram berekenen**

Laat het computerprogramma het bijbehorende tomogram berekenen met een klik op de knop 'Enkel profiel tomogram'. Je ziet nu verticale banden in verschillende kleuren blauw. Iedere kleur hoort bij een bepaalde waarde van de absorptie in dit tomogram (maximale absorptie geeft de kleur zwart, minimale absorptie de kleur wit). Verklaar de eigenschappen van het tomogram: wat stellen de verticale banden op het beeldscherm voor?

- **Andere hoeken**

Herhaal nu dezelfde meting (enkel profiel) bij een of meer andere hoeken. Zorg er steeds voor dat bij een meting de hoekposities op het beeldscherm en in de opstelling dezelfde waarde aangeven. Verklaar de eigenschappen van het tomogram op grond van de vorm en de stand van het voorwerp.

4 Onderzoeksvragen en werkplan

Na de theoretische voorbereiding en het verkennen van de opstelling kun je nu de onderzoeksvraag en een werkplan op te stellen.

Opdracht 6: Onderzoeksvragen

Formuleer de onderzoeksvraag die je met deze opstelling wilt beantwoorden. Gebruik hiervoor de kennis die je hebt opgedaan in de voorbereiding. Je moet de onderzoeksvraag kunnen beantwoorden met deze opstelling. Stel voor de onderzoeksvraag een hypothese op. De hypothese is wat je verwacht dat het antwoord zal zijn op de onderzoeksvraag.

Opdracht 7: Werkplan

Stel nu het werkplan op waarin in ieder geval de volgende punten behandeld worden:

- De onderzoeksvraag en hypothese.
- De grootheden die gevarieerd worden.
- De grootheden die gemeten worden en hoe deze metingen gedaan worden.
- Het aantal metingen.
- Hoe de data weergegeven wordt.

Laat het werkplan controleren voordat je verder gaat.

5 Metingen

Nadat je de voorbereiding hebt uitgevoerd en het werkplan is goedgekeurd door de docent of assistent, kan je het experiment gaan uitvoeren.

Opdracht 8: Metingen

Zoek met behulp van de meetopstelling volgens je werkplan een antwoord op de onderzoeksvraag en controleer de opgestelde hypothese.

Tomogrammen opnemen (1)

Voor een volledig tomogram heb je een aantal absorptieprofielen nodig vanuit verschillende richtingen die gelijkmatig verdeeld zijn over één volledige omwenteling van het voorwerp. Daarvoor gebruik je het tabblad 'Meerdere profielen'. Op dat tabblad zie je ook de samenstelling van de enkele-richting-tomogrammen tot één volledig tomogram. Het meetprogramma kan zelf aanwijzingen geven voor de hoekpositie van het voorwerp. Dat kan door de schakelaar 'Verhoog positie na meting' aan te zetten en het positie-interval op de gewenste waarde te zetten. Bedenk hoe je die waarde berekent uit het gewenste aantal profielen per omwenteling van het voorwerp. Een screenshot van het tabblad 'Meerdere profielen' is te vinden in de aanvullende beschrijving van de meetopstelling bij dit experiment.

Tomogrammen opnemen (2)

Je kunt nu de computer absorptie-profielen laten meten en tomogrammen laten berekenen van het voorwerp in de bak. Hieronder staan daarvoor wat aanwijzingen en suggesties.

- Bekijk het voorwerp in de bak nauwkeurig. Welke eigenschappen heeft dit voorwerp, en hoe zou het tomogram van dit voorwerp er dus uit moeten zien?
- Experimenteer met het meetprogramma in het tabblad 'Meerdere profielen' door het aantal gemeten absorptieprofielen bij één volledige omwenteling van het voorwerp stap voor stap groter te maken: begin met twee profielen per omwenteling, daarna drie en zo voort. Laat de computer steeds het tomogram berekenen, en verklaar de schermbeelden. Ga na welke invloed het aantal gemeten absorptie-profielen heeft op de beeldkwaliteit van het tomogram.
- Het meetprogramma biedt de mogelijkheid om met de schakelaar 'Gebruik filter' drempels in te stellen. Dit is een vorm van beeldbewerking: in elk gemeten absorptieprofiel wordt de absorptie onder de ingestelde drempelwaarde op nul gesteld. Daardoor filtert de computer als het ware alle 'ruis' uit de absorptieprofielen. Experimenteer met deze beeld-bewerking bij een of meer tomogrammen, en ga na welk effect dit heeft op de beeldkwaliteit van het tomogram.

Meetbestanden opslaan

Het programma LabView_tomografie biedt de mogelijkheid om meetbestanden op te slaan. Maar omdat de school dit programma niet heeft, kun je met zo'n meetbestand verder niets meer doen. Sla de gemaakte schermbeelden dus via printscreen en plakken op in bijvoorbeeld een Word-document.

Het opslaan van meetbestanden kan wel handig zijn als je later tijdens de uitvoering van het experiment nog eens terug wilt kijken naar een eerder opgenomen tomogram.

6 Rapportage

Afhankelijk van wat je docent van je verwacht rapporteer je met een schriftelijk verslag of een presentatie over het onderzoek. Zorg ervoor dat in dit verslag of deze presentatie de volgende onderdelen duidelijk naar voren komen:

- De onderzoeksvraag en hypothese.
- Een beschrijving en een uitleg van de werking van de meetopstelling.
- Grafische weergave van de meetresultaten.
- Verwerking en interpretatie van de meetresultaten.
- Het antwoord op de onderzoeksvraag verkregen door de meetresultaten.