

# Werkstuk Techniek MRI



Werkstuk door een scholier

3109 woorden

13 jaar geleden

★ 6,4

72 keer beoordeeld

Vak

Techniek

## De NMR scanner

NMR staat voor “nucleaire magnetische resonantie”. De Engelse versie voor NMR is MRI, die staat voor “Magnetic Resonance Imaging”. De Franse benaming voor NMR is gewoon MR.

Deze methode wordt gebruikt om doorsnede foto's van het menselijke lichaam te maken, dit kan in alle richtingen. In tegenstelling tot röntgenfoto's worden er geen röntgenstralen gebruikt maar wel een magneet.

(In het verdere verloop van de tekst gaan we MRI gebruiken als term voor NMR)

In de hele geschiedenis van de MRI zijn er al verschillende versies uitgebracht.

De eerste open MRI scanner was er een van Toshiba. Hij bestaat uit een permanente magneet (verliest zijn magneetveld niet). Deze MRI scanner had maar een veldsterkte van 0.064 tot 0.2 Tesla. Bij de aarde bedraagt die  $3,1 \cdot 10^{-5}$  T.

Vervolgens heb je de MRI scanners met de resistieve magneet. Dit wil zeggen dat de magneet kan ofwel een ijzeren ofwel met een luchtkern heeft. Deze magneet verbruikt veel elektriciteit en wordt bijgevolg zeer warm waardoor hij met water gekoeld moet worden.

Tenslotte heb je nog de MRI scanner met een supergeleidende magneet die later in dit werkstuk gaat besproken worden. In het kort: hij bestaat uit een lus geleidende draad waar men een elektrische stroom door stuwt waardoor er een magnetisch veld ontstaat. Men koelt deze draad met vloeibaar helium waardoor de weerstand  $\pm 0$  wordt = supergeleidende magneet.

Om de werking van de MRI uit te leggen moeten we beginnen met de rusttoestand van een H atoom te bespreken. Een H atoom bestaat uit een kern (proton)waarrond één elektron draait. Het H atoom is elektrisch geladen met een heel kleine lading en maakt zo dus ook een heel klein magneetveldje aan. In rusttoestand draait een H atoom rond zijn as. (Een H atoom in rust lijkt fel op de aarde, de aarde draait ook rond zijn eigen as en heeft ook een “elektron” dat rond hem draait, namelijk de maan en is elektrisch geladen.) De richting waarin het H atoom draait is te visualiseren met een vector.

Maar, een H atoom komt eigenlijk nooit alleen voor in de natuur dus moeten we eigenlijk de rusttoestand van 2 of meerdere H atomen bespreken. Wanneer men deze toestand bekijkt bijvoorbeeld 5 H atomen, ziet men dat al hun vectoren in verschillende richtingen wijzen. Wanneer je al deze vectoren (van de H atomen in rust) optelt kom je een punt uit. Dit wil zeggen dat al de magneetveldjes van de H atomen elkaar neutraliseren. Hierdoor is ons lichaam magnetisch gezien in balans. Wanneer dit niet het geval zou zijn zouden we tijdens onze wandeling in het park wel eens kans hebben om een metalen bank of fiets tegen ons hoofd te krijgen. Het zijn deze H atomen die we nodig hebben om onze MRI te maken.

Maar waarom gebruiken we de H atomen om de MRI te maken?

Iedereen weet dat ons lichaam voor ongeveer 80% uit water bestaat zodat een onderzoek van deze 80% ons ook een duidelijk beeld verschaft over wat er in ons lichaam omgaat. Dit is een belangrijke reden waarom we naar de H atomen kijken. Maar er is er nog een. Namelijk omdat de "Gyro Magnetisch Ratio" voor waterstof het grootste is, (Elk van de 110 elementen in ons lichaam heeft een "Gyro Magnetisch Ratio") namelijk: 42.57MHz/Tesla.

Voor we kunnen uitleggen hoe een MRI onderzoek in zijn werk gaat moeten we eerst uitleggen hoe een MRI scanner er eigenlijk uitziet en uit welke materialen hij bestaat.

De nieuwste MRI scanners die men nu gebruikt zijn scanners in de vorm van een tunnel (zie figuur onder) Er bestaan er ook nog andere zoals bleek in de geschiedenis van de MRI. Ze bestaan uit een supergeleidende magneet. Bij het principe van een supergeleidende magneet wordt er een magneetveld opgewekt door een elektrische stroom door een draadlus te sturen. Deze wordt extreem gekoeld ( -269°C) door een cryogeen (koude opwekkende stof) De draad verliest hierbij zijn weerstand zodat het mogelijk is een zeer hoge veldsterkte (tot 12 Tesla) op te wekken. Tegenwoordig wordt er als cryogene stof vooral vloeibaar Helium gebruikt hetgeen zeer kostelijk is.

Rond dit geheel dat eigenlijk de magnetische kern vormt zit een mantel van afschermingen zoals een magnetische afscherming en vacuümkamer om verdamping van het vloeibare Helium te voorkomen. Wanneer men nu de MRI scanner opzet ontstaat er dus een magnetisch veld opgewekt door de supergeleidende magneet. Bij de moderne MRI scanner is dit meestal 1.5 Tesla.

Wat gebeurt er nu als je een lichaam in de MRI scanner plaatst? Laten we eerst naar de H atomen kijken. Deze gaan zich op 2 verschillende manieren richten. Ofwel parallel (in de richting van het magneetveld van de scanner) ofwel anti-parallel.

De waterstofatomen met de vector naar boven zijn de parallelle ( $B_0$  = het magneetveld van de MRI scanner)

De andere zijn de antiparallele. (figuur links)

Hierbij gaan ze dan ook nog eens in een bepaalde richting schommelen zoals een tol die na een tijdje naar buiten gaat beginnen te hellen.. Dit noemt men de Larmor frequentie. (figuur rechts)

De Larmor frequentie wordt berekend met de volgende formule:

$$\omega_0 = \gamma \cdot B_0$$

Larmor frequentie = Gyro Magnetische Ratio . Magneetveldsterkte

Als je nu deze formule toepast met een MRI scanner gebruikt die 1.5 Tesla levert komt men aan een Larmor frequentie van:

GMR water is 42.57MHz/Tesla. Magnetische veldsterkte 1.5 Tesla = een Larmor frequentie van 63.855MHz

Nu gaan we weer verder. De protonen H atomen in ons lichaam ondervinden dus een bepaald effect van het magneetveld: namelijk ze gaan zich parallel of antiparallel richten. Wanneer ze in een parallelle toestand zijn hebben ze eigenlijk een lagere energietoestand. Het is dan ook logisch dat de antiparallele een hogere energietoestand hebben. Het verschil tussen het aantal parallelle en antiparallele is niet zo groot. Er zijn slechts 3 protonen per miljoen meer parallel dan antiparallel. Maar in ons hele lichaam zijn dat er dus wel aardig wat!!! Al deze overblijvende parallelle protonen noemen we de NETTO MAGNETISATIE.

Tijdens het MRI onderzoek wordt er enkel gebruik gemaakt van deze netto magnetisatie. Om te begrijpen hoe het verder verloopt maken we gebruik van vectoren in een 3D assenstelsel met een X,Y en Z as.

De netto magnetische vector staat in dezelfde richting als het magnetische veld dat is opgewekt door de supergeleidende magneet. Namelijk in dezelfde richting als de Z-as. Wanneer de netto magnetisatie beweegt kunnen we dit nu simpel weergeven doormiddel van de X en Y as die loodrecht op de Z as staan. Zo komen we tot enkele begrippen waarmee we eigenlijk helemaal kunnen begrijpen hoe de MRI eigenlijk werkt.

Deze begrippen zijn: excitatie, relaxatie en acquisitie.

### **Excitatie**

In het begin van het onderzoek doet het systeem een snelle meting om te weten wat de Larmor frequentie is van de protonen (met welke frequentie de protonen draaien). Dit is nodig voordat men een radio frequentie puls kan uitzenden.

De RF puls moet dezelfde frequentie hebben als de Larmor frequentie. Daarom is de snelle meting van in het begin zeer belangrijk. Wanneer deze frequenties niet overeen komen zal er niets gebeuren. Alleen de protonen die met dezelfde frequentie draaien als de RF zullen reageren. (figuur onder). Wanneer de RF puls een proton bereikt (met dezelfde frequentie) dan zal het proton een rotatie maken van  $90^\circ$  zodat deze vector op het X,Y-vlak gaat geplaatst worden. Op dit moment is de vector  $90^\circ$  geflipt.

Dit gebeuren noemt men de excitatie.

Tijdens dit proces heeft het proton een hogere energietoestand aangenomen, hij heeft de energie van de RF puls geabsorbeerd. Omdat een proton naar een zo laag mogelijke energietoestand streeft gaat hij deze opgenomen energie ook terug afgeven. Zo komen we bij het volgende begrip.

### **Relaxatie**

Relaxatie kan men onderverdelen in twee verschillende processen: T1 en T2 relaxatie.

#### *T1 relaxatie:*

De protonen die tijdens de excitatie energie hebben opgenomen willen deze nu ook terug kwijt. Dit is relaxatie, het terug afgeven van de opgenomen energie. Bij T1 relaxatie mag men alleen naar de verandering op de Z-as kijken, over de X en de Y-as gaan we nu niet spreken.

Men ziet op de tekening dat de RF puls de vector op de Y-as heeft "gezet". Hierna gaat deze vector op de Y-as weer beginnen afnemen en op de Z-as terug beginnen groeien. Dit komt doordat de RF puls is gestopt en het proton weer de laagste energietoestand zoekt.

Tijdens dit proces gaan er RF golven/pulsen ontstaan. Het zijn deze golven die men gaat waarnemen tijdens het onderzoek.

Het is belangrijk om weten dat al naargelang de stof waarin H atomen zich bevinden hun verbindingen lossen of vaster kunnen zijn. Zo bijvoorbeeld zullen H atomen in vetweefsel een sterkere verbinding hebben dan in water waar de waterstofatomen in een losse verbinding voorkomen. Dit verschil in verbindingen zorgt er ook voor dat ze ook in verschillende maten hun energie afgeven. Hierdoor kan men verschillende soorten weefsels onderscheiden op de MRI scan.

Hiernaast zie je het verloop van het afgeven van energie voor een bepaalde soort verbinding. Wanneer de tijd 0 is zie je dat er op de Mz as nog niets te zien is. Maar na een heel korte tijd zie je dat er al een verandering is opgetreden. T1 is gedefinieerd als de tijd die de Mz ( Longitudinale Magnetisatie) nodig heeft om 63% van de originele waarde te bereiken. Dit wil zeggen dat naarmate u stof een minder vaste

verbinding heeft, het langer gaat duren om 63% van de originele waarde te bereiken en hoe donkerder deze stof gaat kleuren op de afbeelding van de scan. Voor het weefsel op de curve te zien is dit ongeveer 550ms.

Op de foto hiernaast ziet u in

T1 gewogen (= T1 relaxatie) dat de donkere plekken een lichtere verbinding hebben dan de licht gekleurde plekken. Dan komen we uiteindelijk aan ...

*T2 relaxatie:*

Bij de T2 relaxatie kijkt men niet meer naar de Z-as maar naar het vlak waar de X en de Y-as in gelegen zijn. Het T2 proces gebeurt tegelijkertijd met het T1 proces maar heeft er voor de rest niets mee te maken. Voordat we het T2 proces kunnen uitleggen moeten we eerst een begrip verduidelijken. Namelijk: in fase lopen

In fase lopen: wanneer iets in fase loopt wilt dat zeggen dat ze synchroon met elkaar gelijk lopen. Bij militairen is dit bij het marcheren eerst linker dan rechter voet, allemaal mooi gelijk. Als men dit bij 2 wielen met een wijzer op doet, wilt dat zeggen dat de wielen alle twee even snel draaien en dat de wijzers op elk moment in exact dezelfde richting wijzen. Ze lopen dan in fase of zijn in fase coherentie

Als men nu terug gaat kijken naar de protonen in het lichaam zie je dat al deze protonen wel even snel draaien maar dat ze niet in fase lopen.

Op het moment dat de RF puls het proton bereikt gaat de magnetisatie van de Z-as naar het X-Y vlak geflipt worden (zie excitatie). Op dat ogenblik gaan de protonen ook in fase beginnen draaien. Direct nadat de vectoren 90° geflipt zijn gaan ze in het X-Y vlak rond de Z-as draaien. Dit is maar een kortstondig gebeuren. De protonen hebben allemaal een positieve en negatieve kant (je kan ze vergelijken met een staafmagneet). De gelijke polen gaan elkaar aantrekken en de tegengestelde polen gaan elkaar afstoten. Dit gebeurt direct na de 90° flip waardoor de ene vector trager gaat beginnen lopen dan de andere en andersom. Hierdoor gaan de protonen weer niet meer in fase lopen. Dit noemt men het defaseren. In het begin gaat dit proces traag maar naarmate men in de tijd vooruit gaat, gaat dit proces sneller beginnen gaan. Op het moment dat er geen fase coherentie meer is en er dus geen vectoren meer in dezelfde richting wijzen is de defasering gedaan.

Dit hele proces is de T2 relaxatie. De relaxatie gebeurt geleidelijk, niet plots op één moment. En zoals bij de T1 relaxatie is de T2 relaxatie voor elke stof verschillend.

Op het tijdstip 0 liggen alle netto magnetisatie vectoren nog in het XY-vlak en lopen ze nog allemaal in fase. Naarmate de tijd vordert gaan er meer en meer vectoren defaseren.

T2 is gedefinieerd als de tijd die nodig is voor de transversale magnetisatie ( $M_{xy}$ ) om tot 37% van de originele waarde te defaseren. Dit wil zeggen dat naarmate een stof een vastere verbinding heeft, het langer gaat duren om 63% van de protonen te defaseren en hoe donkerder deze stof gaat kleuren op de afbeelding van de scan.

De T2 relaxatie gebeurt veel sneller dan de T1 relaxatie. De T1 relaxatie kan enkele seconden duren terwijl de T2 relaxatie op enkele milliseconden gedaan is.

De protonen bevinden zich weer in dezelfde situatie als in het begin (in de richting van de  $B_0$  en uit fase) wanneer deze twee processen volledig gedaan zijn.

Zo komen we tot het laatste begrip ...

## Acquisitie

De acquisitie is eigenlijk het proces waar men de radiofrequente golven opvangt die door de protonen tijdens de relaxatie zijn uitgezonden. Deze golven worden opgevangen door de ontvangspoel. Deze spoel moet perfect loodrecht op de magnetische veldlijnen van de MRI scanner staan. De bedoeling van de ontvangspoel is dat hij de zwakke radiosignalen opvangt die zijn uitgezonden door de relaxatie van de protonen. Wanneer de veldlijnen van de MRI scanner door de ontvangspoel gaan overstemmen zede zachte signalen van de protonen. Maar wanneer men een spoel loodrecht op de veldlijnen van de MRI legt dan worden deze veldlijnen niet meer gemeten. Daardoor zijn alleen de signalen van de protonen "zichtbaar".

(figuur boven) Op deze manier is het mogelijk om de signalen van de protonen op te vangen en zo een gedetailleerde scan te bekomen.

Vele spoelen zijn gemaakt om een bepaald lichaamsdeel te kunnen bekijken. Daardoor zijn er nog wel enkele probleempjes ontstaan om de spoelen zo te construeren zodat ze altijd in de juiste richting staan op de veldlijnen van de MRI scanner. Maar dit heeft niets meer te maken met de werking van de scanner zelf. Hoe worden al deze gegevens bij elkaar gezet? Hiervoor zijn we onze gevorderde wetenschap zeer dankbaar. Alle gegevens worden door de computer digitaal bewerkt en komen na een moment op je scherm te staan. En dat nog wel in zo een mooie "foto".

Tot zover werking van de MRI scanner.

### Waarvoor gebruiken we de MRI scanner:

De MRI is bedoeld om kleine contrasten te zien in levend of dood weefsel. Uit deze contrasten kan de arts eventuele afwijkingen ontdekken. Op basis van zo'n afwijking kan dan een diagnose gesteld worden. Deze techniek wordt vooral toegepast in het onderzoek naar weke weefsels omdat de klassieke onderzoeken via röntgenstralen minder contrasterende en dus ook minder duidelijke beelden geeft. Daarom wordt het vaak gebruikt in de zoektocht naar hersenletsels maar ook voor letsels of misvormingen aan andere levende of dode organen bewijst het apparaat zijn nut. Men gebruikt het ook regelmatig voor onderzoek naar de wervelkolom, gewrichten en lymfeklieren. Artrose, parkinson en andere degeneratie ziektes worden nader bekeken en opgespoord via de MRI. Men gebruikt de scanner omdat hij een grotere gevoeligheid heeft, sneller resultaten geeft en de mogelijkheid biedt een 3-dimensionaal beeld weer te geven waardoor men preciezere informatie kan krijgen hetgeen zeer belangrijk is in de reconstructieve chirurgie.

### Wie gebruikt de MRI scanner:

Voor het proces heeft men altijd een team van mensen nodig:

verplegers die de patiënt begeleiden voor tijdens en na het proces

technici die de apparatuur besturen

een of meerdere geneesheren met een opleiding radiologie die op het hele proces toezicht houden en de gegevens interpreteren.

Zijn er ook risico's verbonden aan een MRI onderzoek? Er zijn tot nu toe nog geen gekende gevaren in de normale omstandigheden. Toch zal men in bepaalde omstandigheden geen MRI scan uitvoeren: (Met uitzondering bij bepaalde groepen:)

-Zwangere vrouwen: vermits tijdens de eerste 12 weken de vorming van de foetus plaatsvindt zal men uit voorzorg geen MRI scan doen.

-Mensen met pacemakers: er kan ontregeling optreden van de pulsen.

-Mensen met een metalen voorwerp in of op het lichaam: de temperatuur in het lichaam stijgt wat op zich

niet erg is. Maar er kunnen brandwonden veroorzaakt worden door de oplopende temperatuur van het metaal.

Wanneer men een metalen voorwerp in het lichaam heeft ( metalen heup,...) bestaat er natuurlijk ook het gevaar dat dit voorwerp wordt aangetrokken tijdens het onderzoek. Zelfs wanneer men het lokaal binnenkomt waar de MRI staat ( moet zelfs nog niet aan staan ) worden alle metalen voorwerpen al aangetrokken.

Wanneer een patiënt een behandeling heeft gehad tegen aneurysma's is het zeer waarschijnlijk dat hij metalen clips in zijn hersenen heeft. Een aneurysma komt meestal voor op een splitsing van de hersenslagader, op deze plekken is de wand van de slagader het dunste en is er meer kans op aneurysma's (dit wil zeggen dat op die dunne plek de ader begint uit te zetten en daar eigenlijk een uitstulping krijgt. Dit wordt dan bij de behandeling afgeknepen met een metalen clip.) Voor deze mensen is er al een oplossing. De laatste tijd worden er titanium clips gebruikt. De wetenschap is nu al zover gevorderd dat men ook andere

implantaten in titanium kan maken. Waarom is titanium dan de oplossing: Titanium heeft niet de eigenschap om magnetisch te reageren. Daarom kunnen ze zonder enig probleem mee onder de MRI.

-Mensen met claustrofobie: het feit dat men voor het onderzoek in een nauwe tunnel moet plaatsnemen kan claustrofobisch werken waardoor de patiënten in paniek raken en zichzelf kunnen verwonden.

-Mensen met oude tatoeages: deze tatoeages kunnen door het magneetveld vervloeien.

Er zijn ook nog gevaren die niet voor de patiënten gelden. Wanneer men met een metalen voorwerp in de buurt van een MRI scanner komt (zelf voor de MRI aan staat) wordt dit voorwerp onmiddellijk door het sterke magnetische veld aangetrokken. Daarom zijn er ook zeer strenge voorzorgsmaatregelen. Daarom moet iedereen die de MRI ruimte betreedt alle metalen voorwerpen en kaarten met magneetstrip (bankkaart) opbergen in een kast. (Normaal moeten verplegers al hun ringen en sieraden uitdoen bij het beginnen van hun werkdag.)

Wanneer er een groter metalen voorwerp in de MRI scanner vliegt is er veel kans dat hij onherstelbaar beschadigd is.

## **Bibliografie**

[www.neurochirurgie-zwolle.nl/mri.html](http://www.neurochirurgie-zwolle.nl/mri.html)

[www.sweetlove.be/ond\\_nmr.html](http://www.sweetlove.be/ond_nmr.html)

[www.en.wikipedia.org/wiki/MRI](http://www.en.wikipedia.org/wiki/MRI)

[www.siemens.nl/persinfo/pressinfo.asp?id=389](http://www.siemens.nl/persinfo/pressinfo.asp?id=389)

[www.nl.wikipedia.org/wiki/MRI-scanner](http://www.nl.wikipedia.org/wiki/MRI-scanner)

[www.bbc.co.uk/dna/h2g2/A2263493](http://www.bbc.co.uk/dna/h2g2/A2263493)

[www.vega.org.uk/video/programme/73](http://www.vega.org.uk/video/programme/73) è video

[www.e-mri.org](http://www.e-mri.org) è gedetailleerde uitleg + tekeningen

[www.mriontheweb.nl/Joomla4/](http://www.mriontheweb.nl/Joomla4/) è korte samenvatting

<http://video.google.com/videoplay?docid=6570881016564809241>

[www.mri-physics.com/bin/mri-physics-nl.pdf](http://www.mri-physics.com/bin/mri-physics-nl.pdf)

(raadpleging Radioloog)