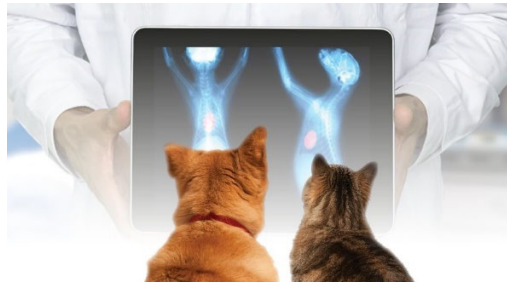


Departement Biowetenschappen en Industriële Technologie

Agro- en Biotechnologie

Campus Melle

Brusselsesteenweg 161, 9090 Melle



Inleiding tot de medische beeldvorming en radioprotectie in de diergeneeskunde Olod Veterinaire Assistentietechnieken

2^{de} jaar professionele bachelor Agro- en Biotechnologie

Afstudeerrichting Dierenzorg

Academiejaar 2022 – 2023

HO GENT

Da. Lynn Mosselmans

Lynn.mosselmans@hogent.be

© HOGENT

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.

Ondanks de aan de samenstelling van de tekst bestede zorg, kan noch de auteur, noch de uitgever aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele schade die zou kunnen voortvloeien uit enige fouten die in deze uitgave zou kunnen voorkomen.

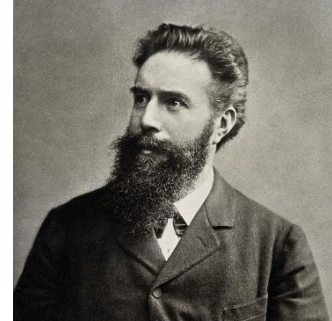
De verschillende beeldvormingstechnieken toegepast in diergeneeskunde.....	2
Inleiding	2
Radiografie	4
Wat is een röntgenstraal?	4
Blootstelling aan ioniserende straling.....	5
Hoe ontstaan X-stralen?.....	6
Factoren die de emissie van X-stralen bepalen	9
Eigenschappen van X-stralen	10
Ontstaan van een röntgenbeeld	13
Beoordeling van de kwaliteit van de röntgenopname.....	14
Fenomenen die van belang zijn tijdens de interpretatie van röntgenopnamen.....	15
De ontwikkeling van een röntgenbeeld	18
Computer Tomografie (CT)	23
Werking van een CT-scan	23
Hoe komt een CT-beeld tot stand?	24
Voor- en nadelen van een CT-scan.....	24
Indicaties, positioneren en fixatie van de patiënt tijdens een CT-scan	25
Echografie	27
Werkingsmechanisme	27
Frequentie en resolutie	28
Impedantie en de echogeniciteit van structuren.....	28
Opbouw van een transducer en factoren die keuze van transducer bepalen.....	28
Doppler echografie.....	31
Praktische toepassingen van echografie in de diergeneeskunde	32
MRI (Magnetic Resonance Imaging)	34

Werkingsmechanisme MRI	34
Scintigrafie	36
Werkwijze.....	36
Radioprotectie	38
Effecten van straling op het lichaam	38
Type straling	38
Hoe gebeurt de beschadiging?.....	38
Effecten van deze DNA schade?.....	39
Wat is stralingsbescherming en hoe brengen we ze in praktijk?	39
Basisprincipes van stralingsbescherming.....	39
Praktische stralingsbeschermingsmaatregelen.....	40
Literatuurlijst	42

INLEIDING

Op 8 november 1895 werd radiologie als medische beeldvormingstechniek geboren.

Radiologie is tot op de dag van vandaag een fundamenteel onderdeel van de medische beeldvorming in de diergeneeskunde en is vernoemd naar de ontdekker van röntgenstraling, namelijk Wilhelm Conrad Röntgen. Op 8 november 1895 werden röntgenstralen toevallig ontdekt door Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), in Würzburg, Duitsland toen hij experimenteerde met elektrische ladingen in verdunde gassen.

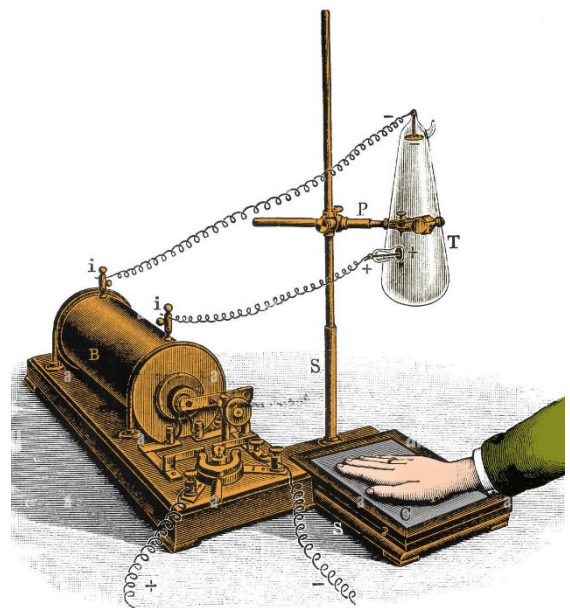


Bij toeval ontdekte Wilhelm Conrad Röntgen de X-stralen toen hij een proef van Leonard herhaalde waarbij hij experimenteerde met elektrische ladingen in verdunde gassen.

In 1895 werkte Röntgen aan stroomgeleiding door gassen bij een lage druk, een onderwerp dat in die tijd erg in de belangstelling stond. Het apparaat waarmee hij deze experimenten deed, bestond uit een glazen buis met aan de ene kant als kathode een gloeidraad en aan de andere kant als anode een metalen plaatje. Deze buis was een voorloper van de latere röntgenbuis.

Bij het aanbrengen van een elektrisch veld in een glazen buis (gevuld met een verdund gas) zag Röntgen een vonk overspringen tussen de beide elektroden van de buis. Wanneer hij de druk in de kathodebuis verlaagde ontstond er een blauwachtige vonk tussen de beide elektroden. Wanneer de inhoud van de glazen buis onder vacuüm werd geplaatst kon hij geen vonk meer zien overspringen.

Tijdens dit laatste experiment merkte Röntgen op dat, in geval van een volledig verduisterd laboratorium, en wanneer de glazen buis in de nabijheid stond van een scherm met bariumplatinocyanide, dit scherm ging 'oplichten' (fluorescentie) tijdens de elektrische ontladingen in de kathodebuis. Anders dan tijdgenoten negeerde hij dit lichtverschijnsel niet, maar deed hij hier verder onderzoek naar.



In november en december 1895 onderzocht Röntgen systematisch de eigenschappen van deze nieuwe straling, die hij X-straling noemde, naar de onbekende variabele in de wiskunde. Hij ontdekte dat deze stralen ongehinderd door zachte materialen zoals papier en textiel heen gingen en toch nog het scherm deden oplichten. Deze X-stralen waren bovendien in staat om door een hand of vingers heen het skelet af te beelden op het cyaanzuurscherm wanneer deze geplaatst werden tussen de glazen buis en het scherm. Zo kwam de eerste RX opname tot stand.

In 1901 ontving Röntgen voor deze uitvinding de allereerste Nobelprijs. In veel talen, onder andere Engels, heet de straling nog steeds zo, maar in andere talen spreekt men van röntgenstraling. Men heeft deze straling al vrij snel weten toe te passen in de geneeskunde. Hieruit groeide zelfs een aparte specialiteit namelijk de radiologie.

Een tweede beeldvormingstechniek heeft in het begin van de jaren 40 met de Oostenrijkse Karl Theodore Dussik een medische toepassing gekregen: **de echografie**. Tot dan werden ultrageluidsgolven het meest gebruikt als SONAR maar Dussik slaagde erin om een echografie van de hersenen te maken door een transducer langs elke kant van het hoofd te plaatsen en zo hersentumoren op te sporen. Veel succes boekte hij niet doordat het bot veel van de signalen absorbeerde, maar hij legde hiermee wel een zeer belangrijke basis voor verder onderzoek. In 1949 past John Julian Wild echografie toe op weefsels en hiermee was de medische echografie ontdekt. Door de ontwikkeling van Doppler, kleurendoppler en 3D-beelden werd er steeds meer evolutie geboekt in deze medische beeldvormingstechniek.

Andere technieken die sinds de jaren '70 ontwikkeld werden zijn oa. **Computer Tomografie (CT)**, **Nucleaire Magnetische Resonantie (NMR)**, **radiotherapie** en nucleaire geneeskunde (oa. **Scintigrafie**). Radiotherapie is momenteel ook een onderdeel van de discipline Medische Beeldvorming in de diergeneeskunde waarbij tijdens een behandeling met radioactieve stralen kankercellen vernietigd worden.

Radioprotectie is een zeer belangrijk onderwerp in de wereld van de medische beeldvorming en de belangrijkste toepassingen zullen kort in deze cursus besproken worden.

Het gebruik van medische beeldvorming in de diergeneeskunde is de laatste 30 jaar sterk toegenomen. In de veterinaire beeldvorming wordt, zoals bij de mens, gebruik gemaakt van klassieke radiologie, echografie, computer tomografie (CT), magnetische resonantie (MRI) en scintigrafie. Het aantal geavanceerde en goed uitgeruste dierenartsencentra is de laatste jaren erg toegenomen waardoor deze diagnostiek vandaag de dag in veel praktijken frequent wordt toegepast.

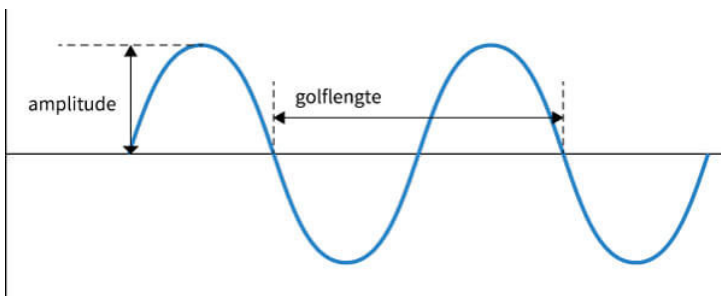
WAT IS EEN RÖNTGENSTRAAL?

Röntgenstralen zijn elektromagnetische golven. Andere vormen van elektromagnetische golven zijn: gamma-stralen, radiogolven en zichtbaar licht. Alle vormen van elektromagnetische stralen vertonen een aantal gemeenschappelijke kenmerken. De verplaatsing van de golven gebeurt met de snelheid van het licht (300 000 km/sec) en dit in rechte lijnen. Ze vereisen geen medium en er is dus ook transmissie doorheen vacuüm. Ze hebben als eigenschap dat de golven door materie kunnen gaan en daarbij hun energie aan die materie kunnen doorgeven of teruggekaatst worden.

Zoals bij ieder ander golfverschijnsel geldt ook voor elektromagnetische straling een omgekeerde evenredigheid tussen frequentie en golflengte: hoe korter de golflengte, hoe hoger de frequentie. Dit is te verklaren aan de hand van onderstaande formule:

$$v = \lambda \times f \text{ waarbij}$$

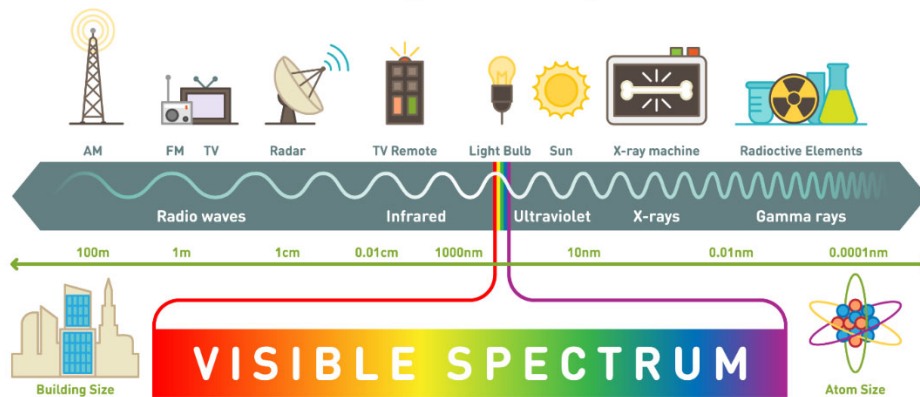
- v is de snelheid van de elektromagnetische golf (in geval van X-straling is 300 000 km/sec)
- λ is de Griekse letter Lambda voor golflengte= de weg afgelegd in één trillingstijd (uitgedrukt in nanometer)
- f = trillingsgetal of 'frequentie'= aantal golven per seconde uitgedrukt in Hertz



Voor röntgenopnames wordt meestal gebruikt gemaakt van golflengtes tussen de 0,05 en de 10 nm (nanometer). Omwille van de korte golflengte zijn röntgenstralen dus in staat om doorheen materie te dringen waar zichtbaar licht geabsorbeerd of gereflecteerd wordt. Zo kunnen ze hun energie doorgeven aan deze materie waardoor deze geïoniseerd wordt. Vandaar dat men vaak de term ioniserende straling gebruikt voor röntgenstralen.

Ioniserende straling heeft voldoende energie om elektronen uit atomen te verwijderen; bij dit proces, ionisatie genoemd, blijven elektrisch geladen deeltjes (ionen) achter op atoomniveau. Niet-ioniserende straling daarentegen, zoals radiostraling (radiogolven), zichtbaar licht of ultraviolette straling bevat onvoldoende energie om een ionisatieproces op gang te brengen.

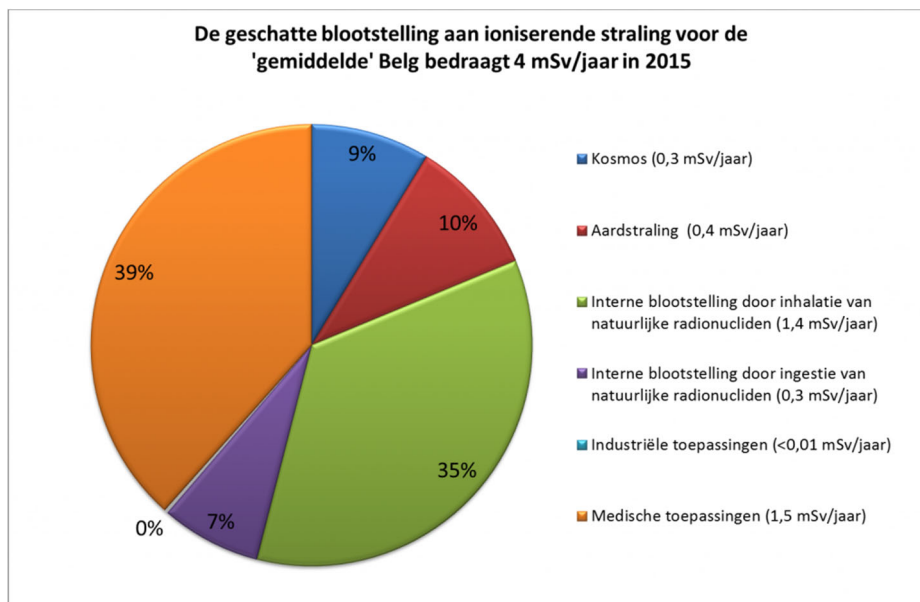
Electromagnetic Spectrum



BLOOTSTELLING AAN IONISERENDE STRALING

Het is interessant om te weten dat wij allemaal dagelijks onderhevig zijn aan stralingen afkomstig uit onze omgeving (= natuurlijke straling).

De gemiddelde blootstelling aan ioniserende straling in België wordt geschat op **4 mSv/jaar**. Dit gemiddelde omvat zowel **natuurlijke als kunstmatige radioactiviteit**: kosmos, aardstraling, interne blootstelling door inhalatie van natuurlijke radionucliden, interne blootstelling door ingestie van natuurlijke radionucliden, industriële toepassingen, medische toepassingen. De **totale blootstelling aan natuurlijke straling** wordt geschat op **2,4 mSv/jaar**.



Kosmische straling is ioniserende straling uit de ruimte die door radioactiviteit veroorzaakt wordt. Een fractie van deze straling bereikt het aardoppervlak en draagt voor ongeveer < 1 bij tot de jaarlijkse gemiddelde natuurlijke stralingsdosis waaraan de bevolking wordt blootgesteld, wat neerkomt op een dosis van ongeveer

0.35 mSv/jaar. Kosmische en aardse straling, samen met natuurlijke radioactieve stoffen die we oraal innemen, zijn verantwoordelijk voor ongeveer 54% van onze blootstelling.

We inhaleren ook natuurlijke radionucliden. **Radon**, een radioactief gas dat overal in de ondergrond aanwezig is, is de hoofdverantwoordelijke wat betreft interne blootstelling bij inademing. Door de samenstelling van de ondergrond is de radonconcentratie in het zuiden van het land hoger dan in het noorden.

Bijna 40% van het jaarlijkse gemiddelde is in feite afkomstig van **medische toepassingen** zoals radiologie en nucleaire geneeskunde. Radiotherapie wordt hierbij niet meegenomen in het gemiddelde omdat, voor de 'gemiddelde Belg', dergelijke medische procedures vrij zeldzaam zijn, met heel specifieke doses per patiënt. Anderzijds laat iedereen wel minstens een keer in zijn leven een röntgenfoto maken. Bovendien moet men weten dat in de beeldvorming niet alle onderzoeksmethoden gebruik maken van röntgenstraling. Onderzoeksmethodes zoals echografie en magnetische resonantie (MRI) maken gebruik van respectievelijk geluidsgolven en magnetische velden en radiogolven.

Onderzoeksmethodes die wel gebruik maken van röntgenstralen (radiologie en CT-scan) geven per onderzoek slechts een dosis die vergelijkbaar is met de omgevingsstraling. Sommige onderzoeksmethodes kunnen een dosis geven tot 12 milliSievert (angiografie, coronarografie). Wanneer men deze laatste onderzoeken niet voortdurend herhaald is ook het schadelijke effect hiervan verwaarloosbaar.

Industriële installaties (waaronder kerncentrales) zijn verantwoordelijk voor minder dan 1% van de jaarlijkse ontvangen dosis.

HOE ONTSTAAN X-STRALEN?

Een elektromagnetische straling kan men ook beschouwen als een serie kleine energiepakketten of fotonen die zich met een grote snelheid voortbewegen. Als deze elektronen met een grote snelheid tegen materiaal botsen worden ze afgeremd. Deze remming veroorzaakt warmte en X-straling. Om röntgenstralen op te wekken maken we gebruik van een röntgenbuis.

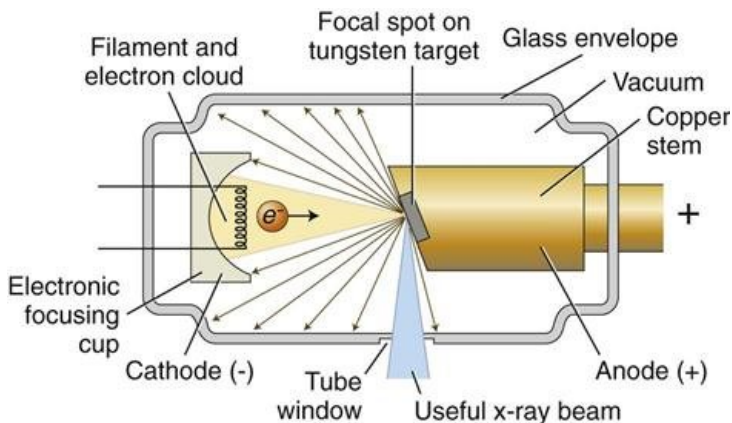
OPBOUW VAN EEN RADIOGRAFIE TOESTEL

Met een röntgentoestel kan men RX-opnamen maken van alle delen van het lichaam. De X-stralen die worden gevormd in de röntgenbuis, gaan doorheen de patiënt en vallen op een film of een digitale receptor. Zo komt een röntgenbeeld tot stand respectievelijk op een röntgenfilm of op een computer.

Alle apparatuur in de radiologie die gebruik maakt van X-stralen (conventionele RX toestellen, CT-scan) bevat een röntgenbuis zoals hieronder besproken.

Eigenlijk is een röntgenbuis een uit de kluiten gewassen lamp waarin een lage druk (of vacuüm) heerst. Dit vacuüm zal er voor zorgen dat de elektronen niet kunnen botsen met de luchtmoleculen en dat ze zo hun snelheid niet kunnen verliezen.

Deze buis bestaat uit twee hoofdcomponenten: de anode en de kathode.

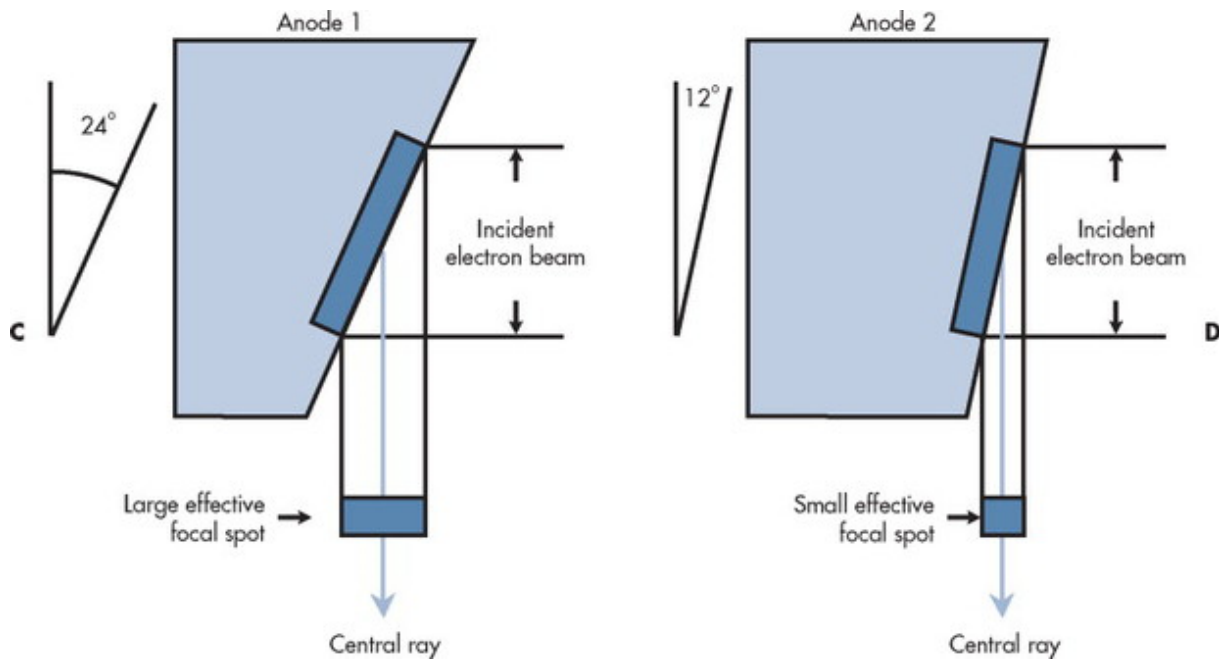


De kathode is het negatief geladen onderdeel van de buis. Deze is opgebouwd uit een dunne laag wolfram aangezien deze stof het hoogste smeltpunt heeft, namelijk 3422°C . Hierdoor zal ondanks de vrijgekomen warmte, de buis niet gaan smelten en is deze dus voldoende warmteresistent.

In de kathode (de gloeidraad van de röntgenbuis) wordt er een "wolk" van negatief geladen deeltjes (elektronen) opgewekt rond de gloeidraad via een elektrische stroom. Door **de anode** (platte schijf in de Röntgenbuis) positief te maken t.o.v. de kathode (door een aanleggen van een spanningsverschil) worden de negatief geladen elektronen aangetrokken en ontstaat er een buisstroom tussen de kathode en de anode. Door botsing van de elektronen tegen de anode, wordt de elektrische energie omgezet in deels warmte en deels X-stralen of Röntgenstralen. Het rendement van een röntgenbuis voor X-stralen productie is zeer laag: er wordt echter maar 1% van deze energie omgezet in X-stralen. De overige 99% van deze energie bestaat uit warmte. Het is met deze reden dus dat al het materiaal voldoende warmteresistent moet zijn om de hoge temperaturen afkomstig van dit proces te kunnen doorstaan.

Vanuit de plaats op de anode waar de elektronen botsen (= **focus**) wordt de straling in alle richtingen verspreid. Daarom is de röntgenbuis voorzien van een loden omhulsel met slechts op een plaats een venster. Zo krijgt men een bepaalde richting van straling die we naar het te onderzoeken object kunnen richten.

Om een scherpe afbeelding te waarborgen moet het focus zo klein mogelijk zijn. De elektronenbundel wordt in de röntgenbuis door een kathodedop gericht naar het focusoppervlak op de anode. Ideaal gezien zou de anode een puntvormige focus moeten bezitten, maar door de enorme warmteontwikkeling zou een dergelijke focus zelfs bij een kleine belasting smelten. Daarom heeft het focus een bepaalde grootte overeenkomstig de belasting waaraan het is blootgesteld en heeft de anode tevens ook een bepaalde helling tegenover de elektronenbundel van de buisstroom. Hoe kleiner de anodehoek wordt, hoe kleiner het effectief focus en hoe scherper de afbeelding wordt. De anodehoek kan niet onbeperkt verkleind worden.



Een grotere focus geeft een minder scherp beeld maar laat een hogere belasting toe.

Er zijn **twee typen röntgenbuizen** die verschillen in de koeling van het doelmateriaal:

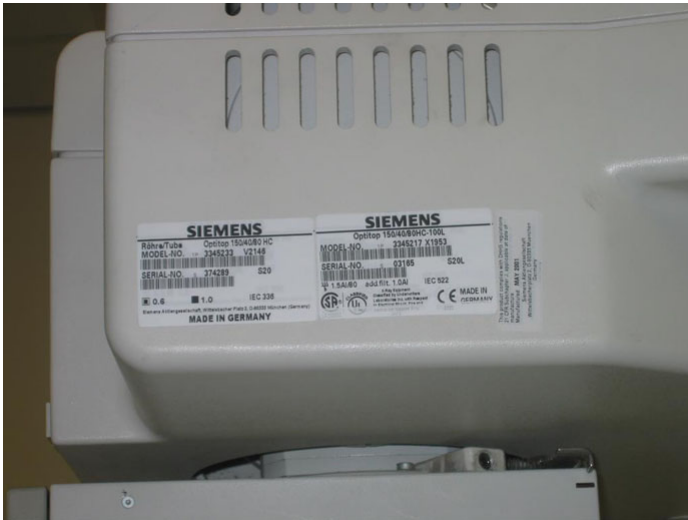
- *gesloten buis (sealed tube)*: Een glazen of keramische buis waarin alle onderdelen zijn ingesloten, en die in de fabriek is vacuüm gezogen en afgesloten. Afhankelijk van het type kosten deze buizen enkele duizenden euro per stuk. De anode in een gesloten buis is een vaste anode en bestaat uit een dunne metaalfolie.
- *draaianode buis (rotating anode tube)*: Hierin heeft de anode de vorm van een wiel dat met grote snelheid wordt rondgedraaid (3000-9000 toeren per minuut). Aan de binnenkant wordt het wiel gekoeld met water. Deze buis kan niet eenvoudig worden afgesloten omdat de as door de buis naar buiten steekt, en moet kunnen draaien. Een compleet systeem voor een draaianode buis heeft dan ook veel meer componenten dan een systeem voor een gesloten buis. Ze is daarom ook duurder. Deze systemen met een draaiende anode zijn voorzien van een rotor die zich buiten de vacuümbuis bevindt. Een draaianode kan zwaarder worden belast omdat het draaien de anode koelt en omdat zo meerdere plaatsen op de anode belast worden waardoor de röntgenstraling intenser is.

Het buisomhulsel op zich is niet alleen een verpakkingsmateriaal. Wanneer we de buis bekijken, zijn er 3 potentiële gevaren aan verbonden; in eerste instantie *het stralingsgevaar*, maar ook een *hoogspanningsgevaar* en *thermisch gevaar*. Het hoogspanningsgevaar is bij de moderne röntgenbuizen volledig verdwenen omdat dit metalen omhulsel volledig geaard is en de hoogspanningsverschijnselen zich uitsluitend in dit omhulsel afspelen.

Bij de inslag van de elektronen op de anode treedt een enorme temperatuurstijging in de anode op. Deze warmteontwikkeling moet worden afgevoerd. In de moderne buizen wordt dit door oliekoeling verkregen. De olie situeert zich tussen de buis en het buisomhulsel. Lekken of koelingsproblemen kunnen zware brandwonden veroorzaken bij patiënten of bedieningspersoneel.

Door de fabrikant van de toestellen worden al uitgebreide voorzieningen voor stralenbescherming van zowel patiënt als personeel genomen. Het volledig loodomhulsel van de buis zorgt voor afscherming van de stralenbron op het kleine buisvenster na, waarlangs de gewenste straling de buis kan verlaten.

Elke röntgenbuis heeft zijn eigen emissiekenmerken. De gegevens van elke buis, zogenaamde **nomogrammen**, kunnen bij de fabrikanten verkregen worden, de administratieve specificaties van de buizen staan op het buisomhulsel. De hoeveelheid warmte die een buis kan verwerken wordt eveneens opgegeven door de fabrikant in de nomogrammen : warmte-dissipatiecapaciteit in H.U., Heat Units.



Nomogram op de achterzijde van het RX-toestel

FACTOREN DIE DE EMISSIE VAN X-STRALEN BEPALEN

Het aantal elektronen en de snelheid waarmee ze op de anode te pletter vliegen bepalen de kwantiteit en de kwaliteit van de straling

1) De kwaliteit

Hoe groter het spanningsverschil tussen anode en kathode, hoe sneller de elektronen door de buis vliegen en hoe meer energie per botsend elektron overgaat in röntgenenergie. Hoe hoger de energie van de straling, hoe korter de golflengte van de straling en hoe gemakkelijker de straling doorheen de materie dringt.

Straling met een hoog energetische waarde wordt ook wel 'harde straling' genoemd aangezien er zeer milde absorptie plaatsvindt. De laag energetische straling wordt in overeenkomst hiermee ook wel zachte straling genoemd.

De kwaliteit van de X-stralen hangt dus af van het spanningsverschil tussen anode en kathode, dit spanningsverschil wordt uitgedrukt in kV (kiloVolt). In de medische beeldvorming werkt men met een kV van 40kV – 150kV.

2) De kwantiteit

De hoeveelheid stralen die zich ontwikkelen ter hoogte van de anode is in de eerste plaats afhankelijk van het aantal elektronen dat botst op de anode (wordt weergegeven in mA waarbij $1A = 6,25 \times 10^8$ elektronen per seconde). *De kwantiteit wordt dus ook bepaald door het spanningsverschil aanwezig tussen anode en kathode.* De hoeveelheid straling is recht evenredig met het kwadraat van het spanningsverschil.

De hoeveelheid elektronen hangt daarbij ook af van de tijd (sec) gedurende welke men de buisstroom laat doorgaan. Deze zogenaamde *belichtingstijd* is in de radiografie zo kort mogelijk (0.001 tot 0.1sec bij zware apparatuur, bij lichtere apparatuur 1 tot 2 sec) maar dit betekent nog altijd enorm veel botsende elektronen per belichting. De combinatie van bovenstaande zaken (mA en s) wordt het mAs getal genoemd en bepaalt dus in hoge mate de kwantiteit van de X-stralen.

Als laatste is de kwantiteit ook beïnvloedbaar door het atoomgetal van het materiaal waartegen de elektronen botsen. Aangezien dit steeds Wolfram is, kan dit als een vaste waarde beschouwd worden.

EIGENSCHAPPEN VAN X-STRALEN

Om te begrijpen hoe een radiografie tot stand is het belangrijk om de verschillende eigenschappen van de X-stralen te kennen. Deze eigenschappen kunnen we makkelijk onthouden als we de weg van de uitgezonden straling volgen. Vanuit de anode vertrekt de primaire bundel X-stralen doorheen de lucht en dringt nadien doorheen een object (mens/dier). Tijdens dit proces worden er moleculen in de lucht en in de materie geïoniseerd. Nadien fluoresceren ze versterkingsschermen die zich in een cassette bevinden waarin een film aanwezig is. Hierdoor ontstaat ons radiografische beeld.

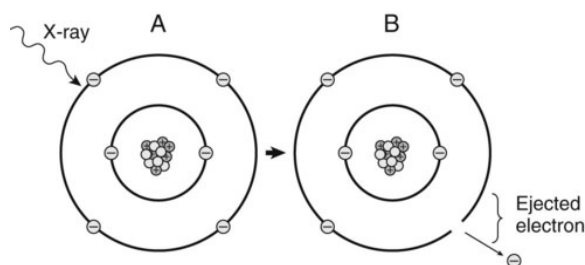
Hier rekening mee houdende kunnen we volgende kenmerken toekennen aan X-stralen

- 1) Ioniserende werking
- 2) Doordringingsvermogen
- 3) Fluorescerend vermogen
- 4) Fotografisch vermogen
- 5) Biologische werking: dit is het gevolg van de ionisatie en dit maakt dat X-stralen schadelijk zijn voor levend materiaal (zie verder in het hoofdstuk van radioprotectie)

HET DOORDRINGINGSVERMOGEN

Hierbij spelen twee factoren een belangrijke rol, nl. de absorptie en de strooi-straling.

- 1) Het foto-elektrisch effect: de absorptie

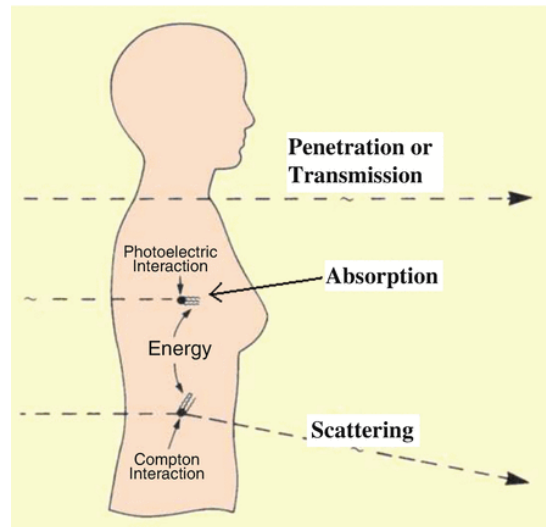


Weefsels (ook de materie genoemd) zijn opgebouwd uit atomen, dewelke op hun beurt bestaan uit een kern met daarrond elektronen. Röntgenstralen kunnen botsen met de elektronen van de materie en kunnen op deze manier elektronen van de materie vrij maken en deze elektronen voorzien van een zekere snelheid. De röntgenstraal verliest op deze manier zijn volledige energie en wordt aldus geabsorbeerd in de materie. Ze verdwijnen uit de primaire stralenbundel en kunnen dus geen effect op de fotogevoelige plaat uitoefenen. De mate van absorptie is afhankelijk van de te doordringen materie (afhankelijk van het atoomnummer van de materie).

2) De diffusie of stroostraling

Als de röntgenstraling een orgaan treft, ontstaat er naast absorptie ook secundaire röntgenstraling of stroostraling, met een lagere energie zoals hierboven beschreven. Bij elke bestraling ontstaat er dus een secundaire straling in alle richtingen. Deze stroostraling kan de film ook raken en daar zwarting teweeg brengen, hetgeen zichtbaar wordt als een algemeen sluiereffect dat de afbeelding eerder zal verdoezelen. Dit fenomeen is van groot belang voor het contrast van de radiografie.

De aard van de straling (vooral het kV of de kwantiteit van de stralen) en de objectdikte spelen hierin een belangrijke rol. Hoe hoger de kV, hoe harder de straling, hoe meer penetratievermogen en hoe meer stroostraling er ontstaat. Hetzelfde principe geldt ook voor de objectdikte: hoe breder het object, hoe meer stroostraling er zal ontstaan.



Stroostralen veroorzaken een zwarting of sluier op de film en veroorzaken hierdoor minder contrast van het röntgenbeeld, hetgeen de interpretatie zal bemoeilijken. Daarom is het belangrijk om het nadelige effect van stroostraling zoveel mogelijk te gaan beperken. Diafragmeren, het gebruik van een stroostralenrooster en een filter zijn hierbij de meest toegepaste maatregelen.

1. Diafragmeren

Een eerste manier om stroostraling te beperken is de bundel diafragmeren. Als men een object bestraalt, zal men door een looddiafragma de bundel beperken tot de plaats die men wil in beeld brengen. Hoe kleiner het bestraalde veld, hoe minder stroostraling er zal ontstaan. Daarom wordt op een röntgenbuis een lichtvizier of collimator aangebracht. Hierdoor wordt ook de stralenbelasting voor de patiënt beperkt. Het is verplicht dat iedere röntgenbuis uitgerust moet zijn met een collimator die toelaat om het te belichten gebied efficiënt af te bakenen met licht. Bij het activeren van de collimator verkrijgt men een lichtbundel die vanuit de buis vertrekt en die dezelfde afmeting heeft als de onzichtbare X-stralen bundel. De diafragma's zijn in de lengte en de breedte verstelbaar.

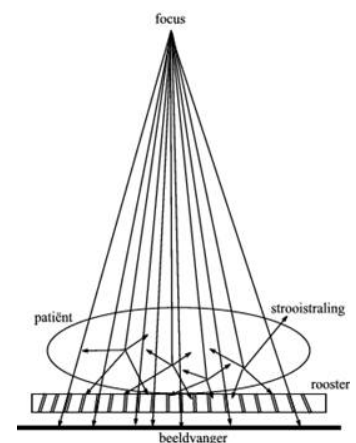


2. Stroostralenrooster

Omdat stroostraling een andere richting heeft dan de primaire X-stralenbundel kan deze worden gefilterd door een stroostralenrooster. Dit rooster is opgebouwd uit een groot aantal zeer dunne loden lamellen naar elkaar dewelke op hun plaats gehouden worden door een materiaal dat de röntgenstraling slechts weinig absorbeert (hout of een kunststof).

Stroostraling verloopt schuiner dan de primaire straling en wordt opgevangen door de loden lamellen. Een goed rooster moet ongeveer 80-90% van de stroostraling kunnen verwijderen. Grote objecten veroorzaken veel stroostralen en daarom is het gebruik van een stroostralenrooster hierbij van groot belang. Voor kleinere objecten ligt de hoeveelheid stroostraling zeer laag waardoor een rooster niet van belang is.

Het stroostralenrooster bevindt zich tussen de patiënt en de röntgenfilm. In sommige gevallen moet je dit rooster nog manueel plaatsen tussen de patiënt en de tafel, in de modernere apparatuur werd dit rooster reeds geïntegreerd in de tafel zelf.

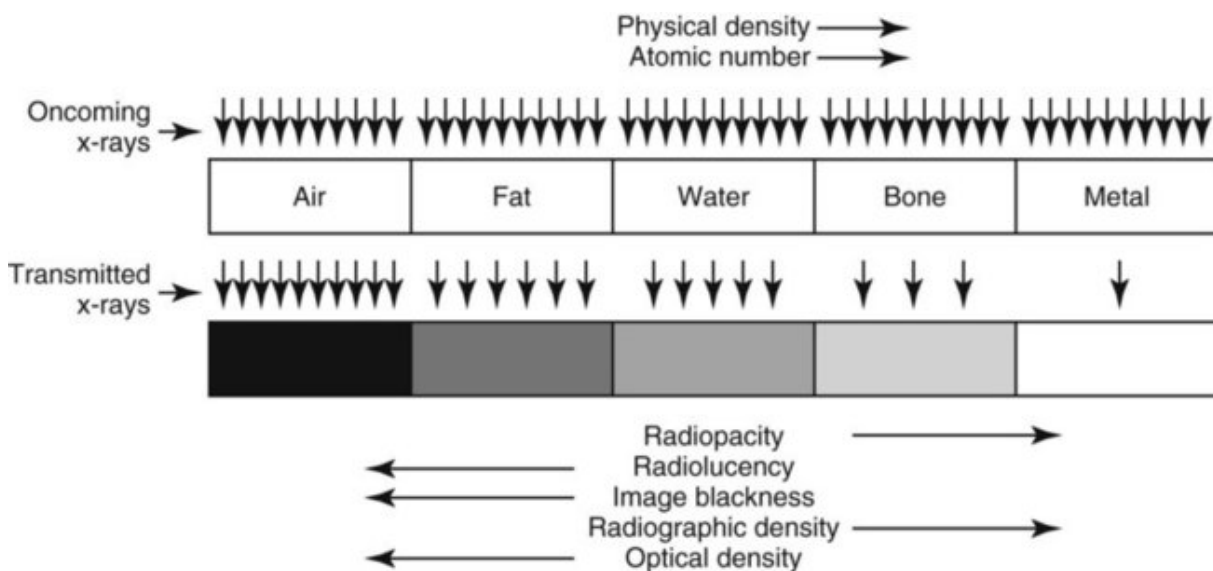


3. Filter

In de moderne toestellen zijn er nog bijkomende filters aanwezig, welke in of op het diafragmahuis worden geplaatst. Aangezien er zich in de directe bundel uit de röntgenbuis ook straling bevindt met een lagere energie (straling die niet nodig is voor de opname) wordt deze straling opgevangen door bijkomende filters en op deze manier wordt de stralingsbescherming voor de patiënt zo klein mogelijk gehouden.

ONTSTAAN VAN EEN RÖNTGENBEELD

Bij het klassieke “doorlichten” worden de röntgenstralen, die doorheen de patiënt gaan, opgevangen op een röntgenfilm. Naargelang de weefsels van de patiënt, worden de röntgenstralen meer of minder geabsorbeerd en komen er respectievelijk minder of meer röntgenstralen op de röntgenfilm terecht die aan de film, na ontwikkelen, een verschillende zwarting geven. Deze verschillen in röntgenabsorptie (röntgendensiteit) tussen de weefsels is van essentieel belang om tot een beoordeelbaar röntgenbeeld te komen.



Er zijn 4 essentieel verschillende röntgendensiteiten in het lichaam:

- Lucht / gas: weinig of niet absorberend (zwart op RX= radioluscent)
- Vet: minder doorlaatbaar dan lucht, meer dan weke delen (donker grijs op rx)
- weke delen: spier, bloed, lever, milt, hersenen hebben ongeveer dezelfde doorlaatbaarheid als water (lichter grijs op rx).
- beenweefsel: hoge absorptiecoëfficiënt (bijna wit op rx). Tandweefsel is nog harder dan beenweefsel.
- (metaal laat geen straling door)

Daarnaast hebben alle andere materialen hun specifieke densiteit. De dikte van eender welk materiaal speelt natuurlijk een grote rol. Metaal laat geen straling door. Glas en hout zijn normaal niet te zien, maar een stuk hout of glas kan toch zichtbaar worden als het voldoende dik is en in een gunstige positie licht ten opzichte van de stralenbundel.

Vermits het lichaam van mens en dier een heterogene samenstelling heeft zal een primaire stralenbundel die doorheen het lichaam is gedrongen er heel anders uitzien. Als een X-stralenbundel doorheen een object treedt ondergaat hij door absorptie belangrijke veranderingen. Als we dit beeld vastleggen op een fotogevoelige plaat bekomen we een radiografie.

BEOORDELING VAN DE KWALITEIT VAN DE RÖNTGENOPNAME

Tijdens de beoordeling van de kwaliteit van een röntgenbeeld spelen *meerdere factoren* een belangrijke rol. De belangrijkste factoren worden hieronder opgesomd.

1. Contrast

Onder deze term verstaat men het verschil in zwarteheid (zwartingsverschillen) die met het blote oog waarneembaar is tijdens de interpretatie van een radiografisch beeld. Sommige weefsels absorberen de X-stralen niet tot amper (denk maar aan longweefsel) en deze zijn radioluscent (zwart), andere weefsels (bv. botweefsel) zijn dan weer radiopaak bij inspectie van het RX-beeld. Op deze manier wordt de inwendige structurele samenstelling en anatomische bouw in beeld gebracht. Deze zwartingsverschillen moeten minimaal 25% bedragen om door het blote oog opgemerkt te worden.

Een te korte ontwikkelingstijd en overbelichting zijn mogelijke boosdoeners voor een tekort aan contrast in de RX-opname. Een contrastloze radiografie kan dus te wijten zijn aan te weinig penetratie van de X-stralen doorheen het weefsel en/of teveel ontstane stroostralen (zeker in het geval van een dik object). Dit kan je preventief voorkomen door steeds goed te diaframeren en een stroostralenrooster te gebruiken. Indien het contrast nog niet voldoende hoog is kan met de kV verhogen (5-10 kV bijvoegen).

In het geval het om een thoraxradiografie gaat moet men er rekening mee houden dat dat mAs zeker niet mag verhoogd worden (bewegingsonscherpte!) maar wel de kV.

2. Scherpte

We spreken in de radiografie van 'scherpte' als bijvoorbeeld de trabeculaire structuur van een bot duidelijk is afgeijnd ten opzichte van de cortex van het bot. Er zijn verschillende factoren die de onscherpte van een radiografisch beeld bepalen, maar in de diergeneeskunde is de meest voorkomende oorzaak hiervan bewegingsonscherpte.

Bewegingsonscherpte uit zich als een vorm van sluier over de RX-opname, waarbij er minder contrast aanwezig is ter hoogte van de weke delen en de botstructuren. Mogelijke oorzaken van dit fenomeen zijn:

- ❖ Onvoldoende of slechte fixatie van de patiënt. Sedatie of anesthesie kan hiervoor toegepast worden
- ❖ Te lange belichtingstijd
- ❖ De cassette en dus de film zelf kan bewegen tijdens de opname → stabiele cassettehouders gebruiken
- ❖ Fysiologisch (patiënt met bv. dyspnee)

Bewegingsonscherpte is het grootst als de beweging loodrecht gebeurt op de richting van de centrale straal. Beweging in de richting van de centrale straal wordt bijna niet opgemerkt.

3. Overbelichting

Bij een overbelichte röntgenopname stellen we vast dat de opname te donker is. Oorzaken die aan de basis kunnen liggen van een overbelichte röntgenopname zijn:

- ❖ kV, mA of de belichtingstijd (s) die te hoog ligt. Indien de overbelichting te wijten is aan een te hoge dosis zal men de mA waarde halveren bij een constante kV. Indien een te penetrante straling de boosdoener is, zal de kV verminderd worden en de mA blijft dan constant. en
- ❖ FFA (Focus-Film-Afstand) die te klein is
- ❖ In geval van conventionele radiografie: te lange ontwikkelingstijd, de temperatuur van het ontwikkelbad die te hoog ligt of doordat er de ontwikkelruimte niet volledig 'licht-werend' is.

4. Onderbelichting

Bij onderbelichting stelt men vast dat de radiografie te licht of te doorzichtig is. Oorzaken hiervoor zijn:

- ❖ kV, mA of de belichtingstijd die te laag is
- ❖ FFA die te groot is
- ❖ Bij conventionele radiografie: te korte ontwikkelingstijd
- ❖ Het niet gebruiken of niet correct gebruiken (omgekeerd geplaatst rooster) van een strooi-stralenrooster



5. Artefacten

Digitale radiografie is zeer gevoelig voor artefacten. Haren of zand in de cassette zullen witte vlekken of strepen veroorzaken, alsook vuil op het dier (stro, modder, faeces). In het geval van conventionele radiografie kan er een zware band aanwezig zijn langs één zijde van de film door het insijpelen van licht.

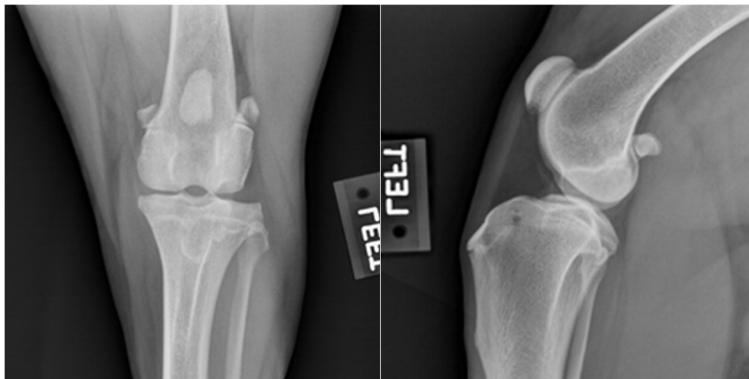
FENOMENEN DIE VAN BELANG ZIJN TIJDENS DE INTERPRATIE VAN RÖNTGENENOPNAMEN

1. De superpositie

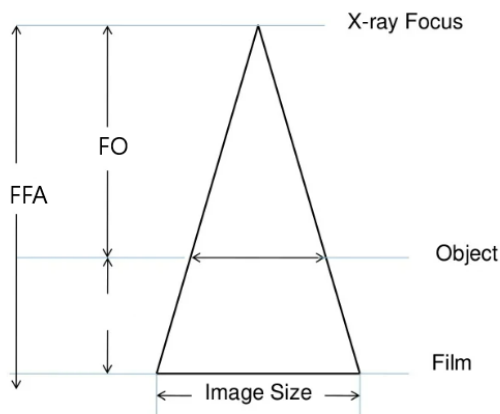
Een röntgenopname vormt een tweedimensionaal beeld van het object, hoewel patiënten steeds driedimensionaal zijn opgebouwd. Dit kan een probleem vormen bij de interpretatie van de opname aangezien ruimtelijk van elkaar gescheiden objectdelen in en naast elkaar worden geprojecteerd in dit tweedimensionaal beeld.

Iedere radiografie is een superpositiebeeld en het is noodzakelijk om voldoende ruim inzicht te bekomen dat er steeds twee projecties loodrecht op elkaar worden gemaakt.

Als we kijken naar het kniegewricht zal men naast de eerste dorsoplantaire opname ook een medio-laterale opname moeten maken. Op die manier bekomt men een opname waarbij de patella voor de femur wordt uitprojecteerd.

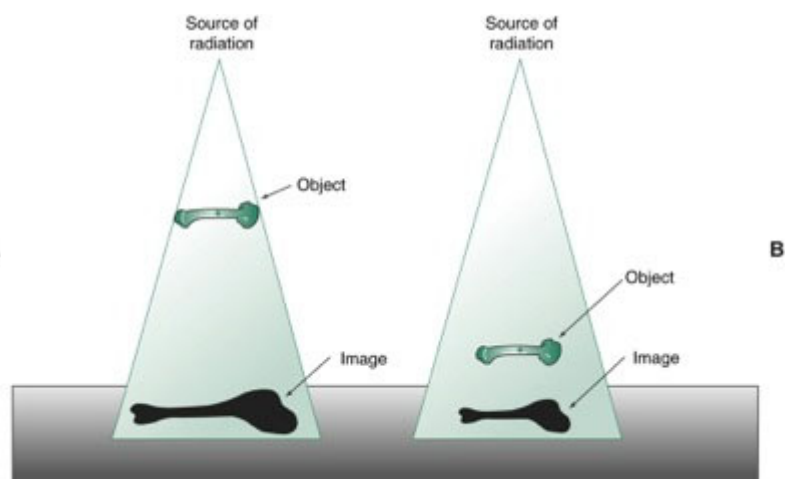


2. De vergroting



Het onderdeel waaruit de primaire X-stralenbundel vanuit de röntgenbuis vertrekt noemen we het focus. Dit is een klein vakje maar we kunnen het net als een punt gaan beschouwen om het vergrotingseffect te bespreken. Wanneer de afstand tussen de focus en het object (FO) groter wordt zal dit ervoor zorgen dat er een toename is in scherpte en een vermindering van vergroting. Hieruit volgt dan ook dat hoe korter de afstand is tussen het object en de focus, hoe groter het effect van vergroting aanwezig zal zijn in de opname.

Wanneer de film korter bij het object wordt gebracht, zal het vergrotingseffect minder aanwezig zijn en kan men ook een toename in scherpte zien. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de vergroting van het object recht evenredig is met de film focus afstand (FFA) en omgekeerd evenredig met de afstand van het object tot het focus (FO). Het gevolg hiervan is ook dat delen die het dichtst bij de film liggen tijdens de opname, ook het scherpst en het minst misvormd afgebeeld worden. Daarom worden delen die voor een onderzoek het belangrijkst zijn, het dichtst tegen de cassette/radiografietafel geplaatst.



3. Het Hochkant effect

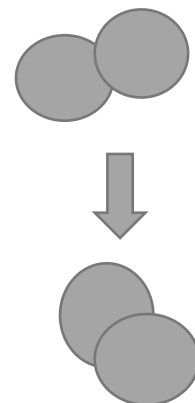
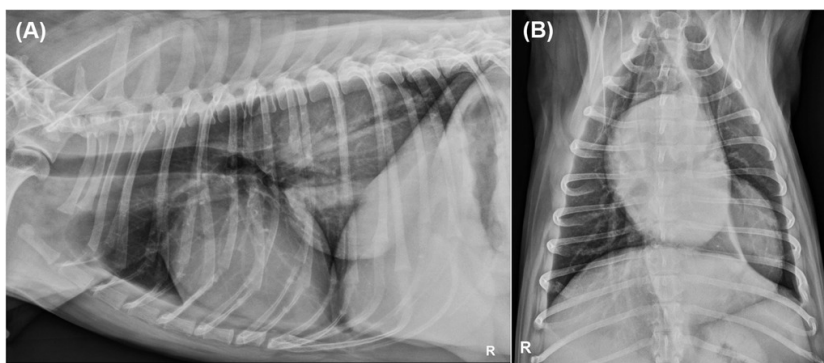


Door het Hochkant effect is het mogelijk dat een bepaald detail in één richting onzichtbaar is en in een andere richting wel zichtbaar. Hierdoor moet men bij fissuren en fracturen van beenderen steeds minstens 2 verschillende opnames maken loodrecht ten opzichte van elkaar.

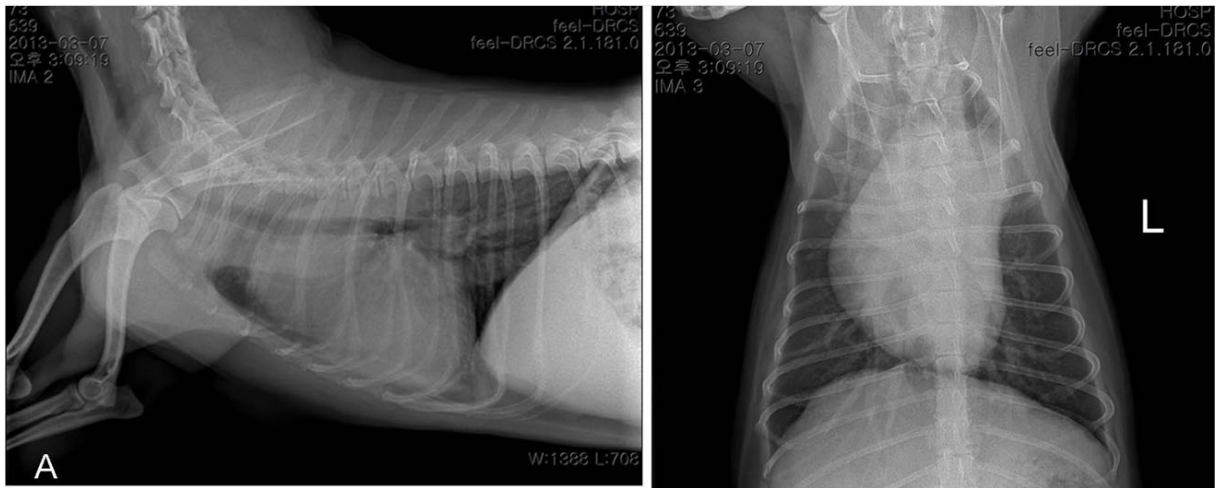
Soms is het ook noodzakelijk om verschillende opnames te maken die afwijken van de klassieke opnames.

4. Het Silhouet sign

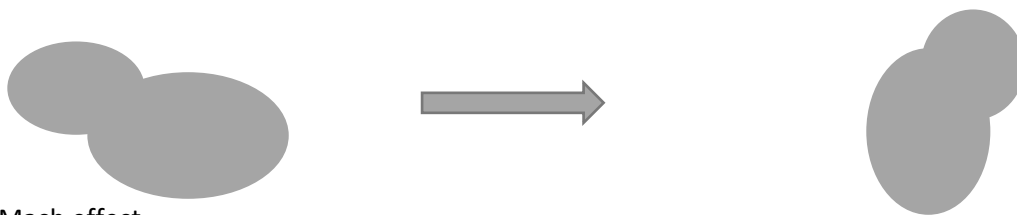
De randen van twee structuren met dezelfde densiteit maar op verschillende diepte gelegen, tekenen zich scherp af als ze op elkaar gesuperponeerd worden. Bij globaal en intiem contact zullen deze scherpe randen verdwijnen en gedragen beide structuren zich als één geheel.



RX beeld waarbij de thoracale massa niet in contact komt met het hart



Hartbasistumor : 2 massa's die wel met elkaar in contact komen



5. Het Mach effect



Dit is een fenomeen waarbij het oog een bepaald contrast overdreven en onjuist gaat waarnemen waardoor er een transluscente band ontstaat waarvan men kan denken dat het een fractuur is. Dit is echter een louter subjectieve waarneming. Bij superpositie en overlapping van twee beenderen kan er aan de rand van één van de beenderen plots een transluscente band verschijnen waarvan men zou denken dat ze veroorzaakt is door een fractuurvlak.

DE ONTWIKKELING VAN EEN RÖNTGENBEELD

In het radiologisch landschap zijn er de laatste decennia belangrijke veranderingen gebeurd wat betreft de ontwikkeling en het digitaliseren van röntgenbeelden.

DE KLASSIEKE OF CONVENTIONELE RÖNTGENOPNAME

In de jaren '90 en 2000 werden röntgenfilms nog op een conventionele manier ontwikkeld. De röntgenfilm was een zilverhoudende film (zoals de films die we in de klassieke fotografie gebruiken) doch die speciaal gevoelig is voor röntgenstralen. Net zoals de klassieke film werd de röntgenfilm ontwikkeld met chemicaliën (ontwikkelbad, fixeerbad en spoelbad).



Films moesten koel en droog bewaard worden, weg van de stralenbron en opslag gebeurde verticaal naast elkaar. Daarbij was een lichtdichte, stofvrije kamer essentieel tijdens het ontwikkelingsproces. De röntgenfilm zat in een lichtdichte cassette (soort doos) zodat deze film geen risico loopt op belichting door dag- of kunstlicht. De ontwikkelingsprocedure was hierbij van groot belang om een goede radiografische opname te kunnen bekomen.

Aan de klassieke röntgenfilm waren ook een aantal nadelen verbonden. Wanneer de röntgenstralen op de film een beeld van de patiënt maken, dan kon dit beeld nog nauwelijks veranderd worden (**1^e nadeel**). De keuze voor de correcte belichtingsparameters (kV, mAs) was essentieel voor de kwaliteit van de opname.

Een **2^e belangrijk nadeel** was het feit dat de röntgenopname een tastbaar medium was dat maar op één plaats tegelijkertijd kon zijn. Als deze werden meegegeven met de eigenaar moesten deze goed bewaard worden en gebeurde het dat de eigenaar de opname verloor.

De relatief hoge kostprijs en de belasting voor het milieu vormen een **3^e nadeel** van de klassieke röntgenopname. De relatief hoge kostprijs is te wijten aan de zilverhoudende film. Deze film dient ontwikkeld te worden door chemische agentia, waarbij er een recyclage en een zuivering van het afvalwater gebeurd om de milieubelasting te beperken. Ook dit heeft natuurlijk zijn prijskaartje.

Deze nadelen vormden de aanleiding voor de start van de digitale radiografie in de geneeskunde en de diergeneeskunde. Het was van groot belang dat er zo snel mogelijk op automatische ontwikkeling werd overgegaan.

DIGITALE RADIOGRAFIE

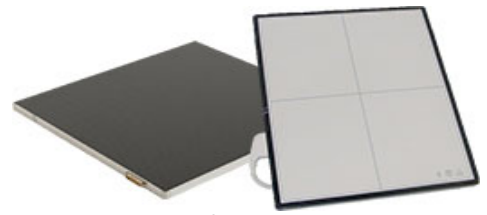
Digitale radiografie werd in de humane geneeskunde toegepast vanaf de jaren '70. In de diergeneeskundige wereld vond het zijn intrede vanaf de beginjaren 2000, waarin we vandaag kunnen concluderen dat digitale radiografie meer de algemene regel is dan de uitzondering.

Tegenwoordig wordt meer en meer alle conventionele (zilverhoudende) röntgenfilmen vervangen door de **digitale radiografie** wat tal van voordelen met zich meebrengt zoals onder andere digitale opslag en archivering.

Bij digitale radiografie heeft men de keuze tussen twee systemen: **computer radiografie (CR)** en **digitale radiografie (DR)**.

COMPUTER RADIOGRAFIE

Bij computer radiografie wordt het X-stralenbeeld tijdelijk opgeslagen op een herbruikbare fosforplaat (analoog) die door een scanner wordt uitgelezen. Deze detectorplaat slaat de energie van de X-stralen die er doorheen gaan op en geven deze opgeslagen energie tijdens het scannen (meestal via een laserstraal) vrij onder de vorm van energie. Het computersysteem kan deze vrijgekomen energie gaan meten en geeft hieraan een digitale waarde weer, hetgeen door de computer vertaald wordt in een radiografisch beeld.



DIGITALE RADIOGRAFIE

Bij digitale radiografie is de cassette vervangen door een optische detector die de elektromagnetische energie van de X-stralen omzet naar een elektrisch signaal dat vervolgens wordt omgezet naar een digitaal beeld. Deze detectorplaat zit geïntegreerd in de radiografietafel en geeft onmiddellijk digitaal beeld op het scherm.



Voordelen

1) Goedkoper in gebruik

Digitale radiografie vereist geen films, geen ontwikkelingsproducten (aankoop + afvalverwerking), geen ruimte om de opname te ontwikkelen en de oude films te archiveren en er is geen tijdverlies met het opzoeken en archiveren van oude films.

2) Minder heropnames

Een van de belangrijkste eigenschappen van digitale beelden is de mogelijkheid om het beeld te manipuleren. De mogelijkheden bij digitale radiografie reiken veel verder dan bij conventionele systemen, waar alleen een goede lichtbox en vergrootglas de verkregen informatie kunnen helpen visualiseren. Beeldverbetering en beeldanalysegereedschap of 'tools' zijn aanwezig in de bijhorende softwarepakketten van de digitale systemen. Beeldverbetering is het aanpassen van een beeld, zodat een visueel betere versie dan het origineel ontstaat (opgelet: de nadruk ligt hier op visueel beter, aangezien dit niet altijd correleert met een beter diagnostisch resultaat). Dit maakt dat er minder heropnames moeten genomen worden, maar fouten gemaakt door slechte positionering of bewegingsonscherpte zijn nog steeds mogelijk!

3) Efficiënter

Een van de grootste voordelen van digitalisering is tijdwinst. De röntgenfoto's zijn niet alleen sneller klaar, maar de dierenarts kan nu ook in een minimum van tijd de opname doorsturen naar een collega-dierenarts/specialist voor een second opinion. Het archiveren verloopt (meestal) automatisch en ook het opvragen van informatie en opzoeken van vroegere opnames verloopt veel sneller.

4) Geen verlies van RX-opnames

5) Milieuvriendelijker: geen chemicaliën nodig voor de ontwikkeling

6) Betere visualisatie van de weke delen in vergelijking met conventionele radiografie

Nadelen

1) Hogere aankoopprijs. Dit kan als investering terugverdiend worden door de lage gebruikskosten en indien het werkvolume hoog genoeg is.

2) Risico's van gebruiksgemak

3) Moeilijk om bepaalde metingen uit te voeren (afhankelijk van de bijgeleverde software)

4) Hoge gevoeligheid (bv. stof), artefacten vaak zichtbaar

Een belangrijke boodschap hierbij blijft dat digitale radiografie de diagnose mogelijkheden meestal zeer weinig tot niet gaat verbeteren in vergelijking met een goede conventionele opname.

Door de opmars van digitale radiografie kwam er een grote nood aan een netwerk, een centraal opslag- en archiveringssysteem voor de gemaakte digitale radiografieën. Het kwam erop aan om al deze computersystemen via interne netwerken en gecentraliseerde opslag- en serversystemen tot één geïntegreerd geheel om te vormen: de **PACS-systemen (Picture Archiving and Communication System)**. Dit netwerk fungeert als communicatietool tussen de verschillende digitale beeldvormingssystemen en de werkstations.

De verschillende beeldformaten die frequent toegepast worden in de medische beeldvorming worden hieronder kort opgesomd:

- **DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine)**
Dit is een standaard beeldformaat (ontwikkeld door de American College of Radiology en de National Electrical Manufacturers Association) waarmee bijna alle digitale toestellen werken als bestandsformaat. Dit beeldformaat zorgt ervoor dat er tussen de toestellen van verschillende fabrikanten een gemakkelijke uitwisseling mogelijk is. Wanneer deze beelden in DICOM formaat worden doorgestuurd kan de ontvanger deze beelden aanpassen en verbeteren via het digitale systeem, alsook metingen en andere zaken uitvoeren. Het bestandsformaat van een DICOM bestand is echter groot blijft het ook mogelijk (8-32Mb).
- **JPEG (Joint Photographic Experts Group)**
Dit formaat laat een zeer sterke compressie toe met weinig kwaliteitsverlies. Beeldbewerking is hierbij echter niet mogelijk.
- **GIF, PNG, TIFF:** worden op dit moment niet zo vaak gebruikt.

Digitale radiografie is niet meer weg te denken in de diergeneeskunde. Het is minder duur dan conventionele radiografie als je genoeg patiënten hebt om de initiële aankoopprijs terug te verdienen. Aangezien de diergeneeskunde de laatste jaren steeds meer gespecialiseerde diagnostiek en behandelingen uitvoert, wegen de beperkte nadelen niet op ten opzichte van de vele voordelen.