

93 JAAR EVOLUTIE IN DE TANDHEELKUNDIGE RÖNTGENOLOGIE

SAMENVATTING

De ontwikkeling in de tandheelkundige röntgenologie kan als een onderdeel van de biologische evolutie en de door de mens gecreëerde technische evolutie worden gezien. Er zijn behalve veel punten van overeenkomst tussen de biologische en de technische evolutie ook punten van verschil. De conventionele opnametechniek heeft zich in de afgelopen 93 jaar, behalve enkele verbeteringen in de technische uitvoering, weinig gewijzigd. Er zijn echter wel belangrijke nieuwe technieken tot ontwikkeling gekomen waardoor zowel vlakke als gebogen lagen uit de patiënt afgebeeld kunnen worden. Kwantificering van de informatie is een volgende belangrijke stap die door het gebruik van de computer een extra stimulans heeft gekregen. Het is opvallend dat de als nieuw gebrachte technieken in principe echter reeds in de jaren 30 door Ziedses des Plantes werden beschreven. Al deze ontwikkelingen zijn in een schema ondergebracht waarin tevens is aangegeven op welke terreinen de vakgroep tandheelkundige röntgenologie in Utrecht een bijdrage heeft geleverd.

VAN AKEN J. 93 jaar evolutie in de tandheelkundige röntgenologie. Ned Tijdschr Tandheelkd 1988; 95: 475-81.

J. van Aken, tandarts

Uit de vakgroep Tandheelkundige Röntgenologie van de rijksuniversiteit te Utrecht.

Trefwoorden: **Röntgenologie** - Tandheelkundige historie

Datum van acceptatie: 24 juni 1988.

Adres: Prof. J. van Aken, Hoefijzerlaan 19, 3981 GK Bunnik.

1. EVOLUTIEPARALLELEN

De ontwikkeling die de tandheelkundige röntgenologie in de afgelopen 93 jaar heeft doorgemaakt vormt een onderdeel van alle veranderingen die door menselijke activiteiten in deze periode zijn ontstaan. Maar niet alleen de activiteiten in deze periode zijn van belang, ook de ontwikkelingen die er aan zijn voorafgegaan hebben de verdere evolutie mogelijk gemaakt. Het ligt daardoor voor de hand de ontwikkelingen als een stukje van de evolutie te beschouwen.

Het leven op aarde begon met primitieve ééncellige organismen die zich ontwikkelden tot zeer gecompliceerde organismen zoals de zoogdieren (afb. 1). Een volgend niveau van evolutie begon met het verschijnen van de mens, die door zijn intelligentie leerde om zijn omgeving te beïnvloeden en te benutten om daarmee zijn biologische mogelijkheden te vergroten. Tot een van de vele takken in de technische ontwikkeling die hierdoor ontstonden, behoorde de tandheelkundige röntgenologie.

Het is opvallend dat er een grote mate van overeenkomst is tussen de wijze waarop de biologische evolutie plaatsvindt en de evolutie in de röntgendiagnostiek.

In de evolutie zijn een aantal grote stappen in de ontwikkeling te onderscheiden waardoor het leven zich onafhankelijker heeft weten te maken van zijn omgeving. Te benoemen zijn: de ontwikkeling van een skelet, de ontwikkeling van een ademhalingsstelsel, de ontwikkeling van een temperatuurregulatie en de ontwikkeling van intelligentie.

Ook in de röntgenologie zijn enkele grote stappen aan te geven die geheel nieuwe mogelijkheden openen, zoals de ontwikkeling van de gloeikathode, de ontwikkeling van de beeldversterker, de ontwikkeling



Afb. 1. De stamboom van het dierenrijk. Heintz A, Størmer L. Paleontologisch museum Oslo.

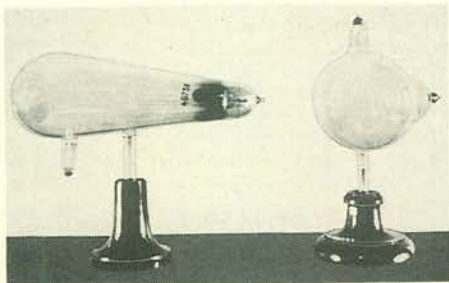
van scintillatiedetectoren en de ontwikkeling van de micro-elektronika.

Behalve deze grote stappen zijn er een onnoemelijk aantal kleine stappen, 'mutaties' in de bekende patronen van mogelijkheden. Evenals in de biologische evolutie zullen slechts die varianten zich weten te handhaven die hun nut hebben. De niet-buikbare varianten verdwijnen en behoren tot de uitgestorven technieken. Een voorbeeld hiervan zijn de gasontladingsbuizen die in het begin werden gebruikt om röntgenstraling op te wekken (afb. 2); exemplaren hiervan zijn thans slechts te vinden in musea.

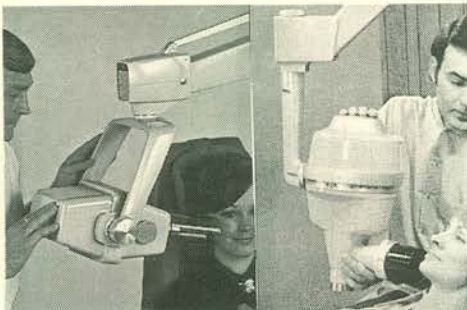
Een variatie in de vorm kan ook worden waargenomen en is geïllustreerd in afbeelding 3. Ook de aanpassing aan de omge-

ving, een belangrijk aspect in de evolutie, treedt op bij de aanpassing van technische mogelijkheden aan het 'tandheelkundige milieu' (afb. 4).

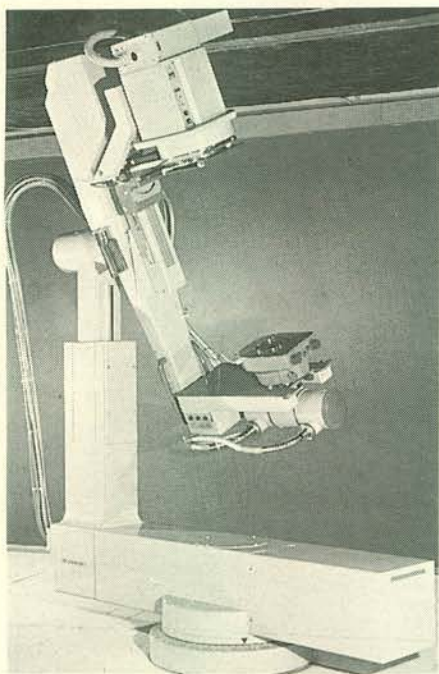
In de biologische evolutie komen verschillende soorten soms tot hetzelfde vermogen. Zo hebben bepaalde insecten, vissen, reptielen, vogels en zoogdieren de capaciteit verworven om te kunnen vliegen. Evenzo zijn een aantal totaal verschillende röntgenologische technieken in staat door 'aanpassing' de gebogen tandboog op een plat vlak af te beelden. Deze afbeeldingswijze is mogelijk met een aan de omgeving aangepaste röntgenbuis waardoor zij in de mondholte geplaatst kan worden (afb. 5).¹ Een andere techniek, de tomografie, is door aanpassing eveneens in staat de gebo-



Afb. 2. Voorbeeld van een gasontladingsbuis waarmee de X-stralen werden ontdekt.



Afb. 3. Twee verschillende röntgenapparaten waaruit de variabiliteit in de modellen blijkt.



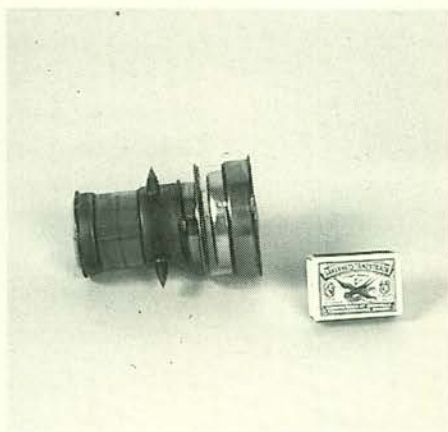
Afb. 4. Links een medisch statief waarop een beeldversterker is geplaatst. Rechts een beeldversterkerbuis die is aangepast aan de afmetingen van de mondholte.

mensionele gedigitaliseerde informatie via de computer een beeld van de tandboog geven.

Met deze voorbeelden is de sterke overeenkomst in de beide vormen van evolutie geïllustreerd, er zijn echter ook punten van groot verschil. Zo wordt bij de evolutie die door de mens wordt gecreëerd op technisch en cultureel gebied vaak op vernuftige wijze een combinatie gemaakt van nieuwe verworvenheden op verschillende vakgebieden. In de biologische evolutie worden geen verworven eigenschappen tussen soorten uitgewisseld (beïnvloeden zij elkaar misschien toch wel?).

2. ONTWIKKELINGEN BINNEN DE RÖNTGENOLOGIE

Afbeelding 9 toont een schematisch overzicht van de ontwikkelingen op het gebied van de beeldvorming in de tandheelkundige röntgendiagnostiek. De belangrijkste principiële stappen die tot nieuwe mogelijkheden hebben geleid zijn aangegeven, evenals de wegen die zijn gevonden om tot een bepaald beeldvormend vermogen te komen. De donkere rechthoeken stellen röntgenfoto's voor waarop verschillende aspecten van de patiënt kunnen zijn weergegeven zoals het gehele doorstraalde gebied ('GEHEEL'), een bepaalde vlakke laag uit de patiënt met een beperkte dikte ('LAAG') of een gebogen laag zoals de tandboog ('TANDBOOG'). De weergave van hetzelfde beeld op een monitor is door een 'T.V.'-symbool weergegeven dat met

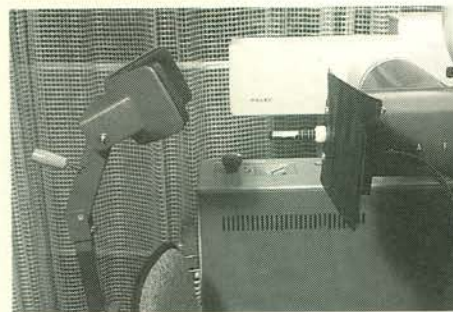


gen tandboog af te beelden (afb. 6).² Het gebruik van een kleine radioactieve bron, die in de mondholte geplaatst wordt en een film aan de buitenzijde, leidt tot hetzelfde resultaat (afb. 7).³ Een verdere perfectivering van 'dynamic tomography' opent eveneens de mogelijkheid de gewenste beeldvorming tot stand te brengen (afb. 8).⁴ Ten slotte kan in principe elke driedi-

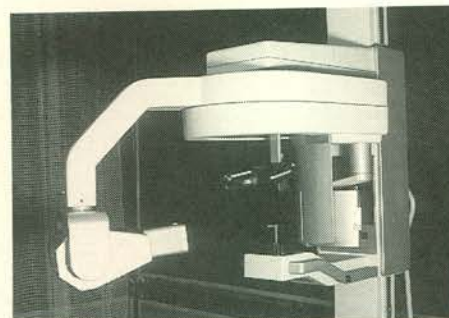
de rechterbovenhoek van de film verbonden is.

3. TECHNISCHE VERBETERINGEN

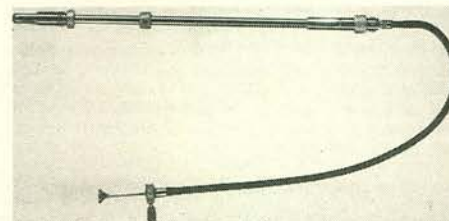
De schuin verlopende lijn die 'Wilhelm Conrad Röntgen' (afb. 10) verbindt met het beeld van het 'geheel' geeft de tot nu



Afb. 5. Röntgenapparaat waarbij de vorm van de röntgenbuis zodanig is gevormd dat de stralenproducerende focus in de mondholte kan worden geplaatst.



Afb. 6. Röntgenapparaat geschikt om tomografische panorama-opnamen te maken.



Afb. 7. Ingekapselde radioactieve bron die in de mondholte kan worden gebracht. De afscherming kan worden weggeklapt door middel van een sluiters.

toe meest gebruikte en meest bekende weg aan om een beeld van het object te verkrijgen. Deze techniek werd in de eerste experimenten die W.C. Röntgen in 1895 uitvoerde reeds toegepast. Aan het principe is in de loop van de tijd niets veranderd. De technische uitvoering is in zijn onderdelen echter wel verbeterd.

De gashoudende kathodestraalbuis met een koude kathode (afb. 1) werd in 1913 vervangen door de Coolidge-buis die een hoog vacuüm heeft en een gloeidraad als kathode (afb. 11).

In 1929 kwam de draai-anodebuis in gebruik (afb. 12) die door haar hogere opbrengst aan straling van belang is voor de medische röntgendiagnostiek en enkele speciale toepassingen in de tandheelkunde zoals de röntgencefalometrie waar een gro-

te afstand tussen stralingsbron en object gewenst is.

In de loop van de tijd is de filtratie van de bundel verbeterd door toepassing van speciale filtercombinaties of het gebruik van filters die één van de zeldzame aarden bevatten (afb. 13).¹¹

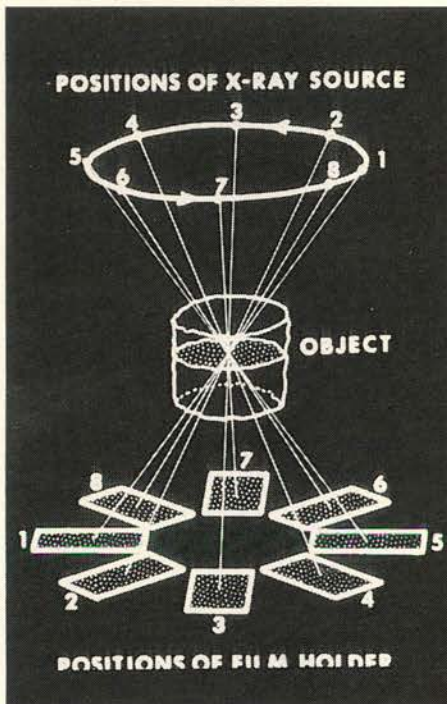
Ook de wijze waarop de hoogspanning wordt opgewekt, die voor het functioneren van de röntgenbuis vereist is, is aan verandering onderhevig. Tegenwoordig maakt men vaak gebruik van een nieuwe techniek die ten behoeve van televisietoestellen is ontwikkeld. In plaats van een hoogspanningstransformator gebruikt men daarbij een kleine hoogfrequent transformator met een cascadeschakeling (afb. 14). Het beeldregistrerende medium, vroeger de fotografische glasplaat, nu de röntgenfilm, is verbeterd wat zijn gevoeligheid voor straling betreft. Door aanpassing is de xeroradiografie die al langer medisch werd toegepast, geschikt gemaakt voor intra-oraal gebruik (afb. 15).

Al deze verbeteringen hebben echter het principe onaangetast gelaten.

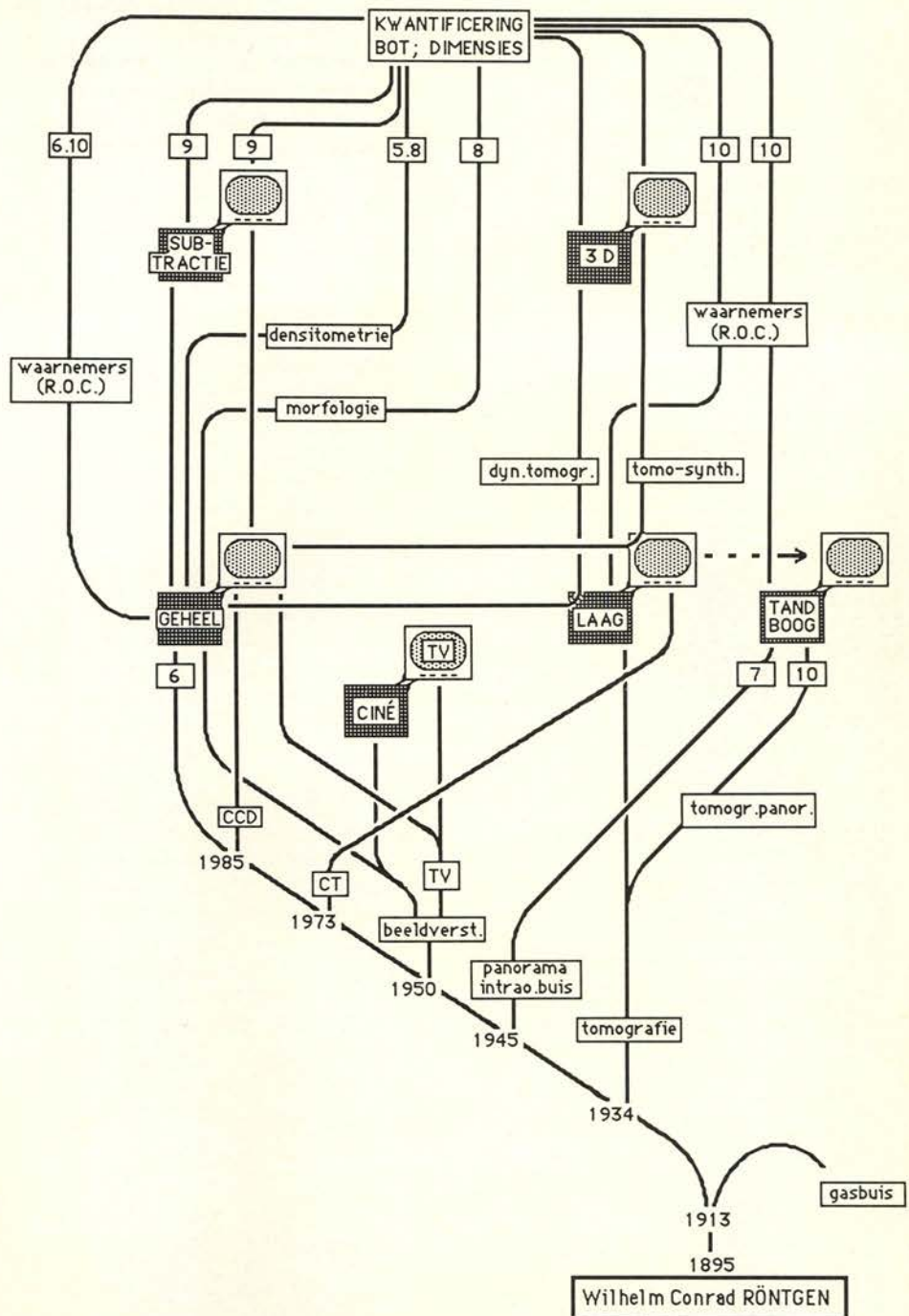
4. NIEUWE MOGELIJKHEDEN

We zullen nu enkele meer principiële veranderingen aangeven.

In 1934 promoveerde Ziedses des Planes in Utrecht op een proefschrift getiteld Planigraphie en subtractie. Hiermee werden nieuwe wegen ingeslagen; sindsdien kan men een bepaalde laag uit het object afbeelden terwijl de ervoor en erachter lig-



Afb. 8. Diagram dat laat zien hoe een 'dynamic tomographic' onderzoek wordt uitgevoerd.



Afb. 9. Schema dat de evolutie van de tandheelkundige röntgenologie toont. De nummers verwijzen naar de proefschriften in de literatuurlijst.

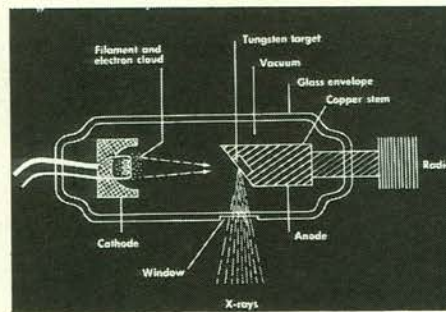
gende structuren worden vervaagd (afb. 16). Deze techniek werd verder uitgebreid tot het zichtbaar maken van een gebogen laag door de introductie van apparatuur, ontwikkeld door Y.V. Paatero omstreeks 1945.² Hiermee begon de periode van de tomografische panorama-opnamen in de tandheelkunde (afb. 6 en afb. 17).

In dezelfde periode ontwikkelde W. Ott samen met de buizenfabrikant Comet in Zwitserland een miniaturröntgenbuis van een speciaal model om in de mondholte te plaatsen.¹ Met behulp van deze buis is het mogelijk een opname te maken met een omgekeerde richting van de stralenbundel,

van binnen naar buiten in plaats van van buiten naar binnen (afb. 5 en afb. 18). Het op deze wijze vervaardigen van panoramische beelden is de belangrijkste toepassing van deze speciaal ontwikkelde stralingsbron.

Omstreeks 1950 werd onder invloed van de ontwikkeling van de elektronen-optica de beeldversterkerbuis geïntroduceerd waarmee het mogelijk is het beeld circa 1000-voudig te versterken (afb. 4 en afb. 19). Deze beelden kunnen worden gefotografeerd waarmee een enorme reductie in de benodigde hoeveelheid straling per opname verkregen wordt. Ook de röntgenci-

nematografie was hiermee gebaat door de grotere helderheid van de op te nemen beelden. De combinatie van de beeldversterker met een televisiecamera opende geheel nieuwe mogelijkheden van zichtbaar maken, registratie, transport en opslag van beelden. Toepassing van deze technieken vindt in de tandheelkunde slechts in grotere centra en universitaire instellingen plaats. Aanpassingen aan de tandheelkunde zijn reeds tientallen jaren in het experimentele stadium en ondanks dat prototypen worden



Afb. 11. Een doorsnede van een zogenaamde Coolidge buis met een gloeikathode.

elektronisch regel voor regel worden uitgelezen. Door de signaalsterkte van alle veldjes regel voor regel op een monitor zichtbaar te maken ontstaat een beeld op de monitor dat overeenkomt met de oplichting van de gevoelige laag in de detector. Deze CCD's worden ook in videocamera's toegepast.

Uit het voorgaande blijkt dat drie verschillende soorten van afbeeldingen mogelijk zijn. Een afbeelding van het gehele doorstraalde gebied, een afbeelding van een vlakke laag uit het object met een bepaalde dikte en ten slotte de afbeelding van een gebogen laag van bepaalde dikte die de vorm van de tandboog heeft. De

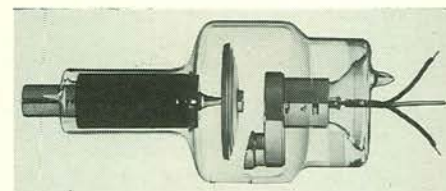


Afb. 10. Portret van Röntgen, getekend door Louise Constance Adriëne Röntgen te Deventer 'kort na ontdekking der röntgenstralen'.

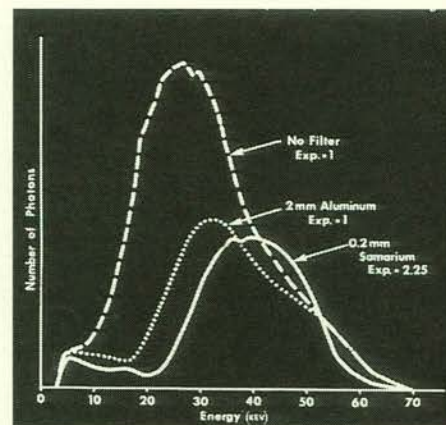
gedemonstreerd, zijn handelsprodukten tot nu toe uitgebleven (afb. 4).

Een andere ontwikkeling, die door de hoge kosten slechts in grotere ziekenhuizen toepassing vindt, is de computer- (assisted) tomografie, afgekort de CT of CAT (afb. 20). Deze techniek die ook één of meerdere lagen van de patiënt vastlegt en op een monitor zichtbaar kan maken is in principe geschikt om een panoramisch beeld van de tandboog te produceren. Deze mogelijkheid is echter nog niet in praktijk gebracht.

Een zeer recente nieuwe ontwikkeling is door F. Mouyen uit Frankrijk op gang gebracht; het betreft een detector, opgebouwd uit een oplichtende laag die door middel van een speciaal geconstrueerd glasvezel tussenstuk gekoppeld is aan een CCD (charge coupled device) (afb. 21). De CCD bestaat uit een plaatje waarop enkele honderdduizenden microscopisch kleine rechthoekige veldjes als de velden van een schaakbord zijn aangebracht. Te zamen hebben ze een oppervlakte van ongeveer één vierkante cm. Elk veldje is lichtgevoelig en de hoeveelheid ontvangen licht kan



Afb. 12. Een draaianodebuis met hoge opbrengst aan straling door gebruik te maken van een roterende anode.

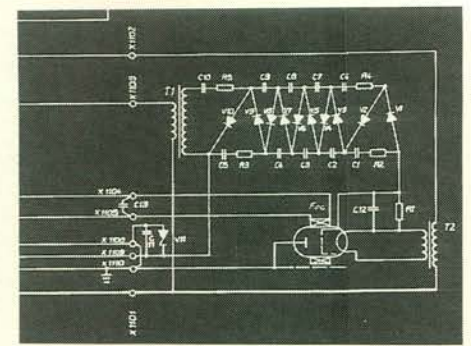


Afb. 13. Verandering in het spectrum van de röntgenstraling door gebruik van een filter uit Samarium (een der zeldzame aarden).

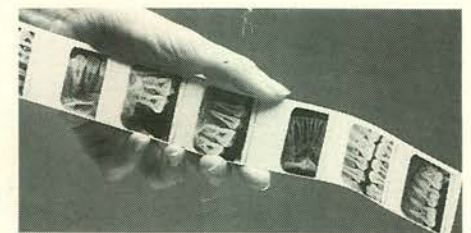
afbeelding kan op film of papier zijn vastgelegd maar ook door middel van een beeld op een monitor. Deze twee wijzen van afbeelden zijn uitwisselbaar. Door middel van een televisiecamera kan het fotografische beeld in een monitorbeeld worden omgezet en omgekeerd kan een printstelsel het monitorbeeld op papier overbrengen. In afbeelding 9 is dit aangegeven door een nauwe verbinding tussen de symbolen die deze twee afbeeldingsystemen weer geven.

5. KWANTIFICERING VAN INFORMATIE

Bij sommige klinische toepassingen van de röntgendiagnostiek, zoals bij voorbeeld in



Afb. 14. Hoogspanningsbron voor een röntgenbuis met een cascadeschakeling van gelijkrichters en condensatoren.



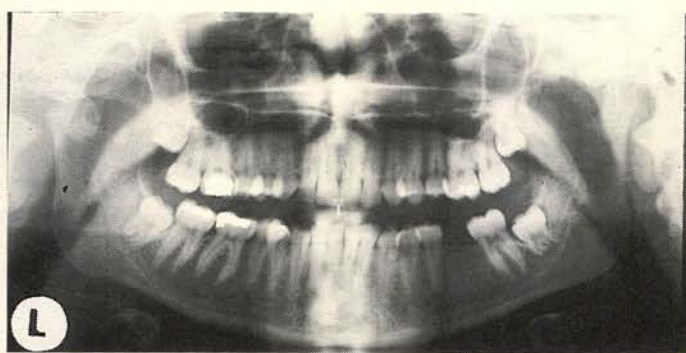
Afb. 15. Strip met xeroradiografische beelden.

de orthodontie, worden kwantitatieve gegevens aan de beelden ontleend. Bij wetenschappelijk onderzoek is kwantificering van de verkregen gegevens bijna altijd het hoofddoel. Het bovenste deel van afbeelding 9 geeft de belangrijkste wegen aan waarlangs kwantificering van informatie tot stand kan komen.

Conventionele beelden, zie links in de afbeelding bij 'GEHEEL', kunnen beoordeeld worden op de zichtbaarheid van bepaalde structuren. Door inschakeling van meerdere waarnemers kan nauwkeuriger worden bepaald hoe goed de zichtbaarheid van een detail is. Wordt daarbij tevens de zekerheid, die de waarnemer heeft ten aanzien van zijn uitspraak betrokken dan kun-



Afb. 16. Tomogram van het aangezichtsskelet dat een doorsnede toont ter hoogte van de eerste molaren van de bovenkaak.



Afb. 17. Tomografische panorama-opname van de tandboog.

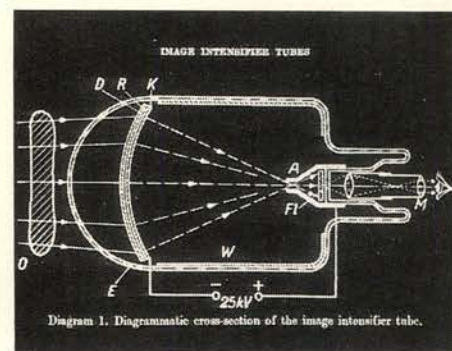
nen de percentages van een juiste positieve beslissing tegen een foutieve positieve beslissing bij verschillende zekerheidsdrempels worden uitgezet. Dit verband wordt een Receiver Operating Characteristic curve genoemd (ROC).¹² Deze techniek wordt in de tandheelkunde tot nu toe het meest toegepast bij onderzoek over de cariësdagnostiek.

Door afstanden tussen anatomische structuren op gestandaardiseerd opgenomen beelden te meten kan de morfologie gekwantificeerd worden. Van oudsher gebeurt dit in de orthodontie. Een andere toepassing betreft metingen van de atrofie van de processus alveolaris. Deze methode is speciaal in de belangstelling gekomen door de ontwikkeling van de implantologie.



Afb. 18. Niet-tomografische panorama-opname met behulp van de intra-orale buis.

Een andere vorm van informatie kan ontleend worden aan de zwartingen die de film vertoont (de densitometrie). Per plekje is de zwarting een maat voor de verzwakking die de afzonderlijke stralen in het ob-

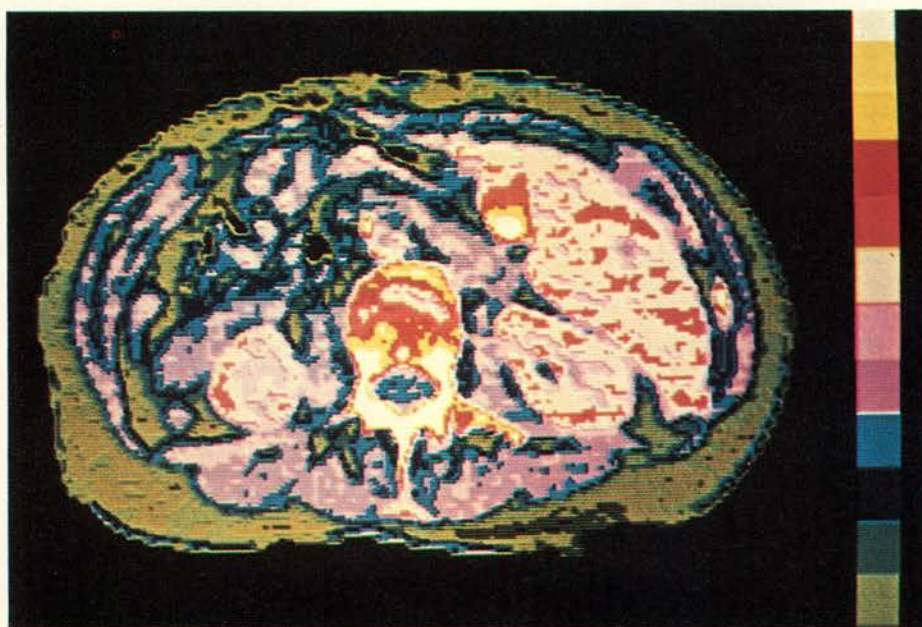


Afb. 19. Doorsnede van een beeldversterkerbuis.

ject hebben ondergaan en kan daardoor gebruikt worden om gegevens te verkrijgen over de samenstelling en bouw van de patiënt. Door de grote verschillen die tussen de patiënten bestaan zijn hiermee alleen grote afwijkingen van het gemiddelde te onderkennen. De methode is meer geschikt voor bestudering van veranderingen die in de loop van de tijd optreden.

Een verfijning van de methode van de densitometrie wordt verkregen indien beelden van dezelfde patiënt, die vergeleken moeten worden, van elkaar worden afgetrokken. Dit kan fotografisch door van de tweede foto een negatief te maken en op de eerste te leggen. Indien de beide beelden identiek zijn en het negatief exact het omgekeerde is van het origineel dan zullen de twee op elkaar gelegde foto's een homogeen grijs veld vertonen. Bij lokale verschillen tussen de twee foto's zullen donkere of lichte gebieden zichtbaar worden. Verschillen tussen de foto's zullen daarvoor direct in het oog springen en de vergelijking tussen de twee foto's veel nauwkeuriger maken (afb. 22). Deze methode van subtractie kan op een elegantere wijze worden uitgevoerd met behulp van beelden op een monitor en subtractie via de computer. Door gebruik van referentie-objecten is het bovendien mogelijk de gedetecteerde verschillen te kwantificeren.

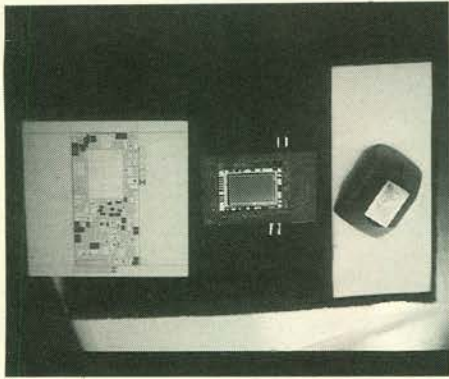
Alle methoden die worden toegepast om



Afb. 20. Beeld verkregen met een computer-tomograaf; de kleuren geven per beeldelement aan in welke mate de straling werd geabsorbeerd. Doorsnede van de buikholte ter plaatse van de lever en de nieren.

uit foto's kwantitatieve informatie te halen kunnen in principe eveneens via het monitorbeeld en de computer worden uitgevoerd. De analyse via de computer heeft als voordeel dat het proces sneller gaat en dat de beelden op een bijna ongelimiteerd aantal manieren bewerkt kunnen worden. Het is daarom vrijwel ondoenlijk alle wegen die nu reeds bewandeld worden in een overzicht te plaatsen. Afbeelding 9 geeft dan ook slechts een beperkte keuze uit deze mogelijkheden weer.

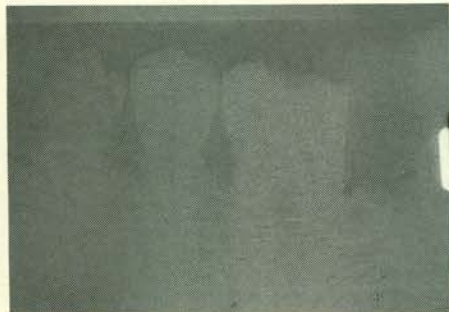
Hoewel alles via de computer mogelijk lijkt dient men zich toch te realiseren dat het menselijk brein voorlopig nog niet in alle opzichten geëvenaard kan worden. Zo blijft de herkenning van structuren, ondanks verwoede pogingen hier via de computer binnen te dringen, voorlopig nog grotendeels een privilege van de waarnemer.



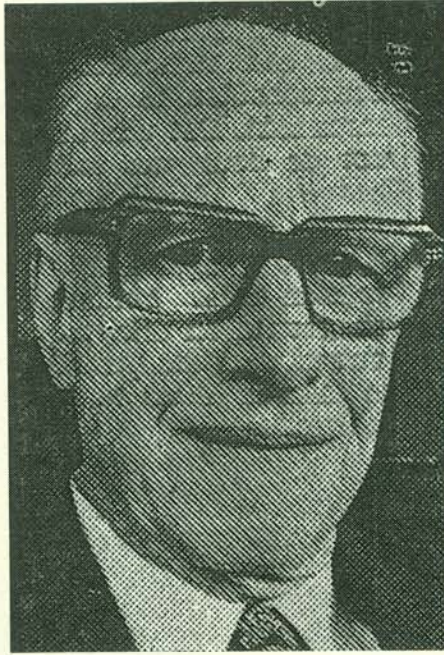
Afb. 21. Componenten in de sensor van de RVG (radio/visio/graphy). Links de micro-elektronika, in het midden de CCD en rechts het speciale glasvezel tussenstuk.

In het algemeen kan men stellen dat het de mens blijft die zijn wensen uit en naar oplossingen zoekt, waarbij de computer behulpzaam kan zijn.

De kwantificering van informatie is op dit moment wetenschappelijk van uitermate groot belang. Zij staat echter, behalve op enkele gebieden zoals bij de orthodontie



Afb. 22. Subtractiebeeld van twee opnamen van de onderkaak waarbij distaal van de laatste molaar botverlies is opgetreden.



Afb. 23. Portret van Ziedses des Plantes.

waar ze geheel ingeburgerd is, voor de algemeen-practicus nog niet direct voor de deur. Ook op congressen over 'medical imaging' worden kritische geluiden gehoord over de 'digital sacred cow': 'Is the total digital medical imaging department of the future a dream or a nightmare?' is een van de hartekreten die men hoort.¹³

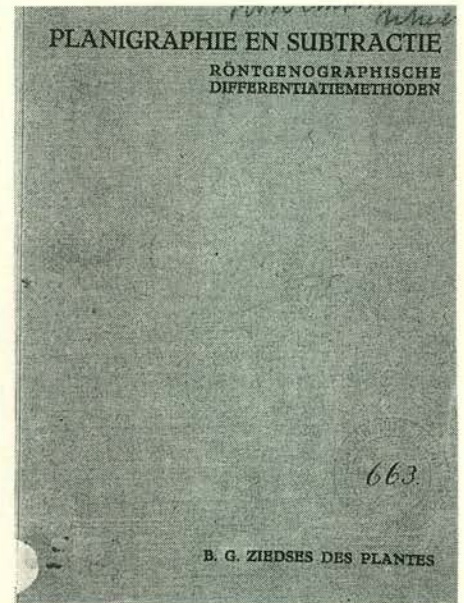
Keren we terug naar het schema dat de vele verworvenheden uitbeeldt dan dient nog een korte toelichting gegeven te worden op de weg '3D' die in het schema is opgenomen. Indien een aantal opnamen van hetzelfde object, maar onder verschillende invalshoeken gemaakt, ter beschikking staan dan is het mogelijk door deze beelden in verschillende posities ten opzichte van elkaar op elkaar te leggen, een oneindig aantal evenwijdige vlakken van het te onderzoeken voorwerp afzonderlijk te beschouwen. Dit kan zowel langs fotografische weg ('dynamic tomography') als via de computer ('tomosynthesis') geschieden.^{4 14} Uit deze doorsneden kunnen alle gewenste andere doorsneden worden afgeleid. Omdat deze methoden binnen de tandheelkunde worden toegepast en in toenemende mate de belangstelling trekken is het goed te memoreren dat Ziedses des Plantes, (afb. 23) die behalve de tomografie en de subtractie, waarop hij in 1934 te Utrecht promoveerde (afb. 24), eveneens de hierboven aangegeven techniek in 1935 heeft beschreven.¹⁵

6. WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK UTRECHT

Het onderzoek uitgevoerd door de medewerkers van de vakgroep Tandheelkundige

Röntgenologie te Utrecht heeft geresulteerd in zo'n 70 publikaties. Deze betreffen vele aspecten van het vakgebied, en zijn zowel op de praktijk gericht als meer fundamenteel van aard. Na de verhuizing naar de Uithof in 1974 waardoor betere onderzoeksfaciliteiten ter beschikking kwamen en de extra belasting veroorzaakt door het ontwerpen en invoeren van een nieuw geprogrammeerd curriculum voorbij waren, werd het onderzoek geïntensiveerd waardoor academische proefschriften op het terrein van de tandheelkundige röntgenologie verschenen. In afbeelding 9 is door middel van nummers, die overeenkomen met de nummers in de literatuurlijst, aangegeven welke technieken in de proefschriften werden onderzocht of toegepast. Uiteraard waren de onderzoeken sterk gericht op kwantificering van diagnostische informatie. Uit de literatuur blijkt dat men zich in het begin hoofdzakelijk richt op alle fysische processen die met het ontstaan van het beeld verband houden. Pas de laatste tijd neemt de aandacht voor de rol van de waarnemer duidelijk toe.

Bij het onderzoek naar de meest geschikte opname-omstandigheden om cariës en parodontale botafbraak te registreren werden dan ook waarnemers ingeschakeld.^{6 7}



Afb. 24. Omslag van het proefschrift van Ziedses des Plantes.

Ook bij een onderzoek naar de diagnostische waarde van verschillende methoden om de gehele dentitie af te beelden werd van het oordeel van waarnemers gebruik gemaakt.⁹ Een ander onderzoek had betrekking op de vraag in hoeverre fysische parameters gebruikt kunnen worden om te voorspellen welke opnametechniek voor tomografische panorama-opnamen, bij een beoordeling van de beelden door waarne-

mers, de beste resultaten oplevert. Het blijkt dat de fysische maten niet altijd tot de juiste conclusies leiden en waarnemersstudies dus onontbeerlijk zijn.¹⁰ Door de grote variabiliteit in het oordeel van waarnemers werd getracht deze bij het bepalen van veranderingen van het bot zoveel mogelijk uit te sluiten.⁵ Een meetmethode zonder gebruik te maken van waarnemers is eveneens benut bij onderzoek naar zowel morfologische als kwantitatieve veranderingen van het bot die optreden bij overdentures en parodontopathieën.^{8,9} Een kwantitatieve gedigitaliseerde subtractie met behulp van een computerprogramma werd ontwikkeld en vergeleken met de resultaten die met behulp van waarnemers worden verkregen. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat de gekwantificeerde subtractie marginale botdefecten kan detecteren die voor de waarnemer onzichtbaar zijn.⁹ Door toepassing van nog niet zo gangbare technieken hebben sommige proefschriften een zeer specialistische tint gekregen.^{9,10}

SUMMARY

93 YEAR EVOLUTION IN ORAL RADIOLOGY

Key words: Dental Radiography - History of Dentistry

The evolution of oral radiology can be considered to be a part of the biological evolution and the technical evolution created by man. There are besides aspects of similarity between the biological and the technical evolution also dissimilarities. The conventional technique of making radiographs has not much changed in the 93 years of its history except for some improvements in the technical procedure. New techniques have been introduced however which make it possible to image flat and curved layers within the patient. Another step of importance is the development of possibilities to quantify the information contained within the image. The use of a computer gave an extra stimulus to this development. It is striking however that the 'new' techniques were already described as early as in the thirties by Ziedses des Plantes. The developments described are visualised in a scheme in which is also indicated where the contributions of the department of oral radiology of the Utrecht University Dental School to this evolution are located.

LITERATUUR

- ¹OTT W. Panorama-Röntgentechnik. Festschrift zur 50-Jahr-Feier der Graubündner Zahnärzte-Gesellschaft; Chur 1961.
 - ²PAATERO YV. A new tomographical method for radiographing curved outer surfaces. *Acta Radiol* 1949; 32: 177-84.
 - ³HENRIKSON CO. Iodine 125 as a radiation source for odontological roentgenology. *Acta Radiol* 1967; suppl 269.
 - ⁴RICHARDS AG. Dynamic tomography. *Oral Surg* 1976; 42: 685.
 - ⁵TROUERBACH WTh. Radiographic aluminium equivalent value of bone. Academisch proefschrift, Erasmus Universiteit Rotterdam, 1982.
 - ⁶ARNOLD LV. The radiographic detection of initial carious lesions on the proximal surfaces of teeth. Academisch proefschrift, rijksuniversiteit Utrecht, 1983.
 - ⁷JENSEN ThW. Panoramic radiography of the teeth and maxillo-facial complex by radiographic magnification. Academisch proefschrift, Universiteit Göteborg, 1983.
 - ⁸STEEN WHA. Measuring mandibular ridge reduction. Academisch proefschrift, rijksuniversiteit Utrecht 1984.
 - ⁹JANSSEN PTM. An investigation on clinical, radiological and biochemical methods for assessing periodontitis activity. Academisch proefschrift, rijksuniversiteit Utrecht, 1987.
 - ¹⁰SANDERING GCH. Imaging characteristics in rotational panoramic radiography. Academisch proefschrift rijksuniversiteit Utrecht, 1987.
 - ¹¹RICHARDS AG, BARBOUR GL, BADER JD, et al. Samarium filtration in dental radiography. *Oral Surg* 1970; 29: 704.
 - ¹²METZ CE, GOODENOUGH DF, ROSSMANN K. Evaluation of receiver operating characteristic curve data in terms of information theory with applications in radiography. *Radiology* 1973; 109: 297-303.
 - ¹³GRAY JE, KARSELL PR, BECKER GP, GEHRING DG. A skeptical look at a (digital) sacred cow. *SPIE* 1984; 486 Medical Imaging and Instrumentation: 160-6.
 - ¹⁴GRANT DG. Tomosynthesis: A three dimensional radiographic imaging technique. *IEEE Trans Biomed Eng* 1972; 19: 20-8.
 - ¹⁵ZIEDESSES des PLANTES BG. Serioscopie, een röntgenographische methode welke het mogelijk maakt achtereenvolgens een oneindig aantal evenwijdige vlakken van het te onderzoeken voorwerp afzonderlijk te beschouwen. *Ned Tijdschr Geneesk* 1935; 79: 852-6.
-