

# ANALYSE DER KAAKBEWEGINGEN (IV)

## HISTORISCH OVERZICHT

DOOR A. A. D. DERKSEN

(*Vervolg*)

Eén en ander was voor de auteur aanleiding het probleem van zuiver mathematische kant aan te vatten. In dit licht bezien is de onderkaak een lichaam dat zich in de ruimte kan bewegen.

Als voorbeeld van de hierboven aangeduide onderzoekingsmethode bepalen wij ons bij de behandeling hiervan tot het eenvoudigste geval: de voorwaartse beweging.

De propaline beweging nu, kan bij benadering worden gezien als een beweging, die in aan het sagittale vlak evenwijdige vlakken verloopt. Alle punten van het lichaam welke in lijnen loodrecht op dit IJ Z vlak liggen, zullen congruente banen beschrijven, die in dit vlak een gemeenschappelijke projectie vinden. De voorwaartse beweging kan dus worden beschouwd als een beweging van een figuur in een plat vlak.

Voor een dergelijke beweging is het voldoende de beweging van twee punten, vast met het lichaam verbonden, te kennen. Schrijver koos hiervoor twee punten van de driehoek van Bonwill nl. C en I.

Wanneer we aannemen dat gedurende de propaline beweging zowel C als I zich langs een rechte lijn bewegen, kan de vraag gesteld worden hoe de vorm van poolbaan en poolkromme is en welke baan b.v. de kroonheuvel van  $M_1$  inf. beschrijft.

Deze vragen kunnen langs mathematische weg worden beantwoord. Immers: een rechte C I (de projectie van de verbindingslijn van condylus en symphyse op het sagittale vlak) beweegt zich met C langs de lijn O X (de condylusbaan) en met I langs O Y (de baan der snijtandgeleiding). Gevraagd wordt poolbaan en poolkromme der beweging en de baan van een met C I verbonden punt M. (b.v. de kroonheuvel van  $M_1$  inf.) te bepalen.

In fig. 35, is C I de bewegende lijn. C is langs O X naar  $C_1$  en I langs O Y naar  $I_1$  bewogen.

$C I = C_1 I_1$  en  $\perp C O I = \perp C_1 O I_1$ . De omgeschreven cirkels van de driehoek C O I en  $C_1 O I_1$  zijn dus gelijk. Immers de planimetrie leert: als van twee driehoeken een zijde en de hoek tegenover die zijde even groot zijn, dan zijn de omgeschreven cirkels gelijk (fig. 36). O P is dus gelijk aan  $OP_1$ , zijnde de middellijnen van beide omgeschreven cirkels. Met O als middelpunt kan dus een cirkel worden getrokken die alle cirkels  $(m_1)$   $(m_2)$   $(m_3)$  en  $(m_n)$  omsluit. Wanneer men nu C I vast verbonden denkt aan cirkel m dan zal, als C en I respectievelijk langs

OX en OY glijden, cirkel m rollen in cirkel O. Maar ook het omgekeerde is het geval, m.a.w. cirkel O is de poolbaan en cirkel m de poolkromme.

Uit één en ander blijkt dat de grootte van cirkel m afhankelijk is van de lengte van CI en van de hoek die OX met OY maakt. Ook is duidelijk dat de middellijn van cirkel  $m_1$ ,  $OP_1$ , gelijk is aan de straal van cirkel O,

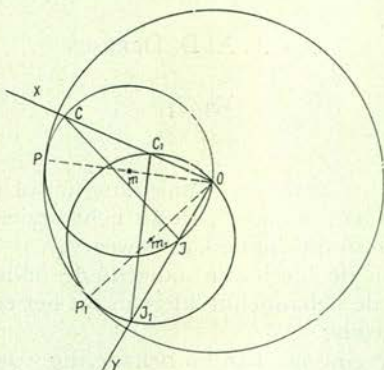


Fig. 35. (Volgens B a k k e r)

m.a.w. de vorm van poolbaan en poolkromme zijn volkomen gedefinieerd.

De volgende figuur (37) geeft nogmaals een indruk van het voor de propaline beweging hierboven gestelde. Voor de gecompleteerde baan van het punt M (de kroonheuvel van de  $M_1$  inf.) valt nu met behulp van

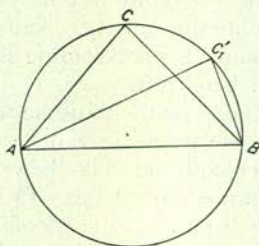


Fig. 36. (Volgens B a k k e r)

de analytische meetkunde de vergelijking  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$  af te leiden, m.a.w. deze baan is een ellips.

Hoewel we in deze verhandeling ook B a k k e r niet op de voet zullen volgen leek het ons nuttig wat langer bij zijn werk stil te staan, daar hij de eerste is geweest die met weglating van alle anatomische- en physiologische kwesties de kaakbeweging zuiver mathematisch heeft belicht. Bij de propaline beweging vond hij twintig verschillende bewegingstypen, die in fig. 38 schematisch zijn weergegeven.



„De betekenis van deze wijze van onderzoek ligt nu voornamelijk in drie momenten” nl. „in de eerste plaats kan ieder der typen grafisch

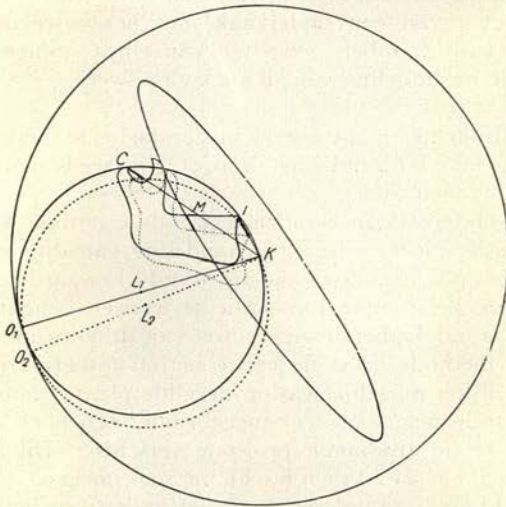


Fig. 37. (Volgens Bakker)

met grote nauwkeurigheid worden behandeld . . . Vervolgens zal men elk experimenteel gevonden stel banen steeds als een der typen kunnen

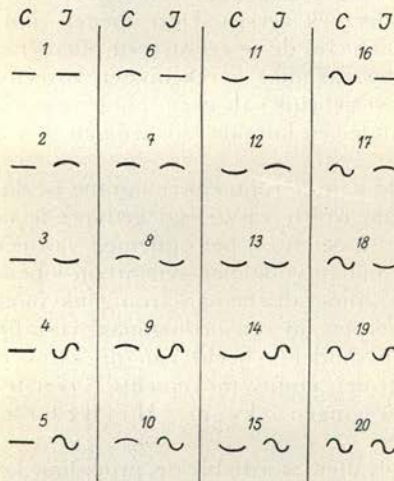


Fig. 38. Bewegingstypen van de onderkaak bij de propaline beweging. (Volgens Bakker)

beschouwen en als zodanig analyseren . . . In de derde plaats heeft deze methode van werken het voordeel van in deze typen alle bewegingen

terug te brengen tot in de kinematica bekende gevallen." Als voorbeeld werd hierboven de gang van zaken bij de behandeling van bewegings-type 1 nader uiteen gezet. Voor dit type kan dus o.m. resumerend worden opgemerkt: „van een onderkaak met het bewegingstype 1 beschrijven alle kauwknobbels gedeelten van ellipsvormige banen.”

Tot zover de behandeling van B a k k e r's werk.

Het is noodzakelijk in dit overzicht aandacht te besteden aan het werk van H i l d e b r a n d, die in 1931 zijn reeds eerder genoemde studie het licht deed zien.

Hoewel dit onderzoek in hoofdzaak aan de eigenlijke kauwbeweging was gewijd en de meer volledige behandeling van dit deel der onderkaakbewegingen tot een later tijdstip wordt bewaard, dienen enkele punten uit deze belangrijke publicatie te worden belicht.

H i l d e b r a n d bediende zich zowel van de foto- als van de röntgenografische methode. Wat de eerste betreft fotografeerde de auteur frontaal, terwijl het mogelijk was op dezelfde plaat tevens een sagittale opname vast te leggen door een spiegel onder een hoek van  $45^\circ$  op te stellen, in welke de zijwaartse projectie verscheen. Dit laatste was al door J e p p e n e r H a l t e n h o f f in 1925 toegepast. Als indicator gebruikte H i l d e b r a n d een aan het onderfront bevestigde draad aan welks uiteinde zich een bolletje bevond.

De door G ö t t e n R o s e n t h a l in 1912 voor het eerst toegepaste methode der röntgenkymografie werd ook door H i l d e b r a n d bij zijn onderzoek gebruikt. Alleen wanneer een driedimensionele beweging dient te worden geregistreerd, is het gebruik van indicatoren bij deze wijze van onderzoek vereist. Deze dienen dan zo klein mogelijk te zijn, terwijl ze dicht bij de te registreren plaats moeten worden aangebracht om de noodzakelijke berekeningen zo eenvoudig mogelijk te maken. Tevens is het gebruik van twee röntgentoestellen vereist. Het ene toestel legt de caudale- en laterale bewegingen, het andere de ventrale bewegingen vast.

Het kenmerkende van de röntgenkymografie is, dat de röntgenplaten waarop de beweging wordt vastgelegd gedurende deze beweging verschuiven. Uiteraard moeten bij het opnemen van een driedimensionele beweging de beide platen volkomen synchroon lopen.

Zowel de langs fotografische als röntgenkymografische weg verkregen gegevens werden op een orthogonaal coördinatensysteem overgebracht zodat een duidelijk beeld van de kauwbeweging werd verkregen. Wat betreft de „empty movements” (niet te verwarren met de eigenlijke kauwbewegingen), kwam H i l d e b r a n d o.m. tot de volgende conclusies:

In „normale” gevallen wordt bij de propaline beweging, zolang er contact blijft bestaan tussen onder- en bovenfront, de baan van het voorste punt van de driehoek van B o n w i l l uitsluitend door de overbeet bepaald. In de „non normal cases” wordt de beweging én door de in contact staande elementen én door de condylusbaan beheerst. Gewoonlijk is de lengte der condylusbaan  $\pm 10$  mm.



Wat de „empty“ frontal gliding“ betreft komt deze auteur die overigens één der weinigen is, die uitvoerige inlichtingen over zijn patiëntenmateriaal verschaft, tot deze uitspraak:

„The curve of it goes in the horizontal plane first quite laterally, afterwards mainly following a circle with its center in the lateral condyle“.

Hildebrand onderscheidde een „mesiale“- en een „laterale“ condylus, waarmede hij de bewegingsrichting van het betrokken kaakkopje aanduidde. De „mesiale condylus“ verplaatst zich dus in mesiale-, de „laterale condylus“ in laterale richting. De auteur zegt hierover zelf het volgende:

„The lateral condyle, as a rule, though not always, moves somewhat laterally, sometimes a trifle ventrally or dorsally.

In cases with deep overbite the curve of *id* (infra-dentale) in the frontal plane is determined entirely by the front teeth and canines; in other cases by both the teeth and condyles. The appearance of the curve in the horizontal plane indicates that the character of the frontal gliding, as in the caudal movement, is that of a combined movement of rotation and displacement. The nature of this combination seems to be determined by the conditions of articulation. Sometimes the movement seems to be pure rotation.

The medial condyle, as a rule, goes down onto tub. artic. as in ventral gliding. The lateral condyle moves somewhat laterally though not more than about 2 mm.; it also moves slightly ventrally but, only exceptionally, dorsally.“

De orthale beweging besprekend komt Hildebrand tot de volgende uitspraak:

„As a rule, the curve of *id* corresponds to a combined sagittal displacement and rotation. In isolated cases the path of the curve seems to be a circle, being thus equivalent to a pure rotation movement. The curve varies in the frontal and sagittal planes from time to time in the same individual. The cranial curve usually passes the caudal curve ventrally.

The ventral gliding of the condyle, as a rule, is equally distributed over the entire caudal movement; it may, however, vary from case to case so that sometimes it preponderates in the beginning, sometimes in the middle and sometimes at the end of the caudal movement. The position of the condyle at the maximal caudal position of the mandible seems to be constant for any one individual. This position is situated from 10 to 20 mm. ventrally from the starting position, so that it may be considerable in front of tub. artic.

My experiments confirm previous results respecting the curve of *id*; I have not, however, found any definite rule concerning the positional relation between the caudal and cranial curves.“

Ook Hildebrand's inzichten betreffende de baan der condylusmogen in dit overzicht niet ontbreken, weshalve ze hier letterlijk worden overgenomen.

„The condyle path in the sagittal plane is, broadly speaking, the same for the different movements. In the horizontal plane the condyle path of frontal gliding deviates medially from the two others. The path of the caudal movement is longer than that of sagittal and frontal gliding. The



inclination of the path in relation to the occlusal plane varies from case to case and, as a rule, differs for the right and left sides in the same individual.

The condyle path commences on Camper's plane about an inch ventrally from porion, goes down over tub. artic. and up on its ventral side, sometimes as far ventrally as dorsally, finishing approximately at Camper's plane. Since the height of tub. artic. and the length of the dorsal part of the condyle path varies, the inclination of the path will also vary both for the right and left sides and from case to case. The average inclination is about  $16^\circ$ . The path usually has the form of a long-drawn-out S. Divergent forms occur more often in non-normal than in normal cases. In caudal movement the path is about twice as long as the paths in sagittal and frontal gliding which are equally long."

Als afsluiting van Hildebrand's werk moge hier nog worden opgemerkt dat de conclusies van deze schrijver vrijwel onvertaald zijn weergegeven omdat opzet en uitvoering van dit uitgebreide onderzoek zo voortreffelijk zijn, dat het zelfs anno 1953, dus ruim twintig jaar, later nog steeds als een der beste publicaties mag worden beschouwd die over dit onderwerp zijn verschenen. Het zij overigens aan de aandachtige lezer overgelaten Hildebrand's conclusie met die van de andere besproken auteurs te vergelijken.

In 1942 verscheen van de hand van de Amerikaan Kurth een publicatie over de bewegingen van de onderkaak, waarin hij o.m. de door hem gebruikte methoden vrij uitvoerig beschreef en tevens even als Hildebrand dat gedaan had, maar minder uitvoerig, nadere gegevens verschaftte over het aantal onderzochte proefpersonen en de kenmerken van hun gebitten. Op deze laatste twee punten dient de nadruk te worden gelegd, daar in verreweg de meeste publicaties dergelijke gegevens helaas ontbreken. Hoewel ook deze studie gewijd was aan de „mandibular movements in mastication" werden tevens de z.g. „empty movements" aan een nadere analyse onderworpen. Allereerst registreerde deze auteur, met een speciaal voor dit doel ontworpen facebow, de banen, die de hoekpunten van de driehoek van Bonwill uitvoeren, in het horizontale-, het sagittale- en het transversale vlak. Hierbij kwam hij tot de conclusie „that the directions of mandibular movements were virtually the same for the subjects studied, although the angle and the extent of movement varied."

Niet alleen dat Kurth, althans volgens zijn zeggen, de eerste was, die langs grafische weg de banen, die de hoekpunten van de driehoek van Bonwill beschrijven, op een orthogonaal coördinatensysteem vastlegde, ook komt hem de eer toe de fotografie met de stroboscoop in de tandheelkunde te hebben ingevoerd. De stroboscoop wordt in het algemeen gebruikt om bewegende lichamen in schijnbaar stilstaande toestand waar te nemen alsmede voor het analyseren van snelle bewegingen. Daar Kurth zelf niet nader op het principe van deze techniek ingaat, zij hier ter verduidelijking van het geheel een citaat opgenomen uit het boek „Kunstlicht in de fotografie" door Dr. Ir. J. A. M. v. Liemp t.

„Bekijkt men b.v. een roterende witte schijf met zwarte radiale streep in het licht van een stroboscoop, dan kan men de frequentie daarvan zó



regelen, dat de lichtontwikkeling juist plaats heeft als de zwarte streep in een bepaalde stand is gekomen.

Dit zal het geval zijn als de frequentie van de rotatie der schijf en die van het licht gelijk of een veelvoud van elkaar zijn. Bij kleine verschillen van die frequenties zal bij positief ronddraaien, de schijf de streep langzaam of positief of negatief ronddraaien, naar gelang de frequentie van de lamp kleiner, resp. groter is dan die van de schijf.

Hiermede is de mogelijkheid geschapen om het gedrag van bewegende voorwerpen tijdens de beweging te bestuderen, omdat ze zich schijnbaar in rust aan ons vertonen.

Voor het bestuderen b.v. van snel bewegende machinedelen is dit van groot belang.

De visuele schijnbare rustbeweging kan vanzelfsprekend normaal fotografisch worden opgenomen.

Zowel hiervoor als voor de visuele waarneming, is een kortstondige, grote lichtstroom van instelbare periodiciteit een eerste eis.

Men kan echter ook slechts één lichtflits van de stroboscoop gebruiken. Indien men dan een bepaald moment der beweging weet te synchroniseren met de lichtflits, zijn hiermede uiterst korte momentopnamen mogelijk."

Met behulp van Edgerton's apparatuur kwam Kurth langs experimentele weg tot de conclusie „that twenty-five visual images per second were necessary for a clear picture of the direction of the mandibular movement”.

Ook deze onderzoeker maakte gebruik van een indicator, die bestond uit een metalen draad, aan welks uiteinde zich een op hoogglans gepolijste bol bevond, die in het mediaanvlak van het onderfront was bevestigd. Alleen de bewegingen van dit punt werden met behulp van de stroboscoop vastgelegd, daar „the movement at the condylus is so slight that interpretation of the photographs would be difficult”.

Hoewel met bovengenoemde methode slechts één proefpersoon werd onderzocht, bleken de op deze wijze verkregen gegevens vrijwel te kloppen met die, welke de grafische methode opleverde. Terloops zij er hier nog op gewezen (al wordt zoals reeds eerder is opgemerkt in deze verhandeling niet nader op de eigenlijke kauwbeweging ingegaan) dat „the masticatory stroke is not within the confines of the gothic arch, but posterior to centric relation” (!).

Wat de grafische methode van Kurth aangaat, zij hier verwezen naar de opmerkingen die naar aanleiding van Gysi's methodiek zijn gemaakt, daar ook Kurth de afgelegde wegen van de condyli en de symphyse niet op zijn registratievlakken *projecteert*.

Tenslotte zij hier nog gewezen op enige moderne methoden van onderzoek, zoals die in de recente literatuur zijn beschreven. Hoewel, voor zover schrijver dezes bekend, tot op heden geen definitieve resultaten zijn gepubliceerd, dient toch op deze wijzen van onderzoek de aandacht te worden gevestigd, daar wellicht in de nabije toekomst met behulp van, in het bijzonder de laatste methode, een vollediger beeld van de bewegingen der onderkaak zal kunnen worden verkregen. Een groot voordeel is, dat ook de z.g. articulatie-bewegingen, die overigens in deze



verhandeling onbesproken zijn gebleven, vastgelegd kunnen worden.

Op het congres der „Deutschen Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde“ in 1949, beschreef S t r a c k de z.g. fotokymografische methode zoals die in Tübingen werd ontwikkeld en welke in het kort op het volgende neerkomt. Aan het onderfront van de proefpersoon werd een soort kruis bevestigd, „so dasz drei feste Punkte im Bilde als Kugeln sichtbar . . . waren“.

Met behulp van twee spiegels, welke onder een hoek van  $45^\circ$  werden opgesteld, was het mogelijk een evenwijdige lichtbundel, in dit geval één met een doorsnede van 12 mm., in drie loodrecht op elkaar staande lichtstralen te transformeren.

Wanneer de drie uiteinden van het aan de onderkaak van de proefpersoon bevestigde kruis van een kleine spiegel werden voorzien, bogen deze de op de hierboven aangeduide wijze verkregen drie loodrecht op elkaar staande lichtstralen, af zodat in het geheel negen lichtstralen op de fotografische plaat werden geworpen, die boven het hoofd van de proefpersoon werd voortbewogen.

Na er op gewezen te hebben dat aldus de bewegingen van drie vast met de onderkaak verbonden punten kunnen worden vastgelegd, merkte S t r a c k op: „Die weitere Ermittlung des Poles einer solchen Bewegung stellt eine zwar umfangreiche Berechnung dar, die aber sonst ohne schwierige Probleme abläuft“.

Afgezien van het laatste deel van deze opmerking zou hier de vraag kunnen worden gesteld of met „die weitere Ermittlung des Poles“ het probleem volledig is opgelost.

Ook de tweede methode, de oscillografisch-kymografische, werd door S t r a c k, nu in samenwerking met K n a p p w o s t, ontwikkeld.

In principe komt de methode op het volgende neer:

Aan de onderkaak van de proefpersoon worden drie onderling loodrecht op elkaar staande spoelen (Primärspulen) bevestigd, welke zich vrij in drie eveneens loodrecht op elkaar staande, aan de bovenkaak gefixeerde spoelen (Sekundärspulen) kunnen bewegen. Als door alle spoelen wisselstroom wordt gevoerd, zal, wanneer de primairspoel zich in de richting van zijn lengte-as (en dus ook in die van de secundairspoel) beweegt, in de laatste een stroomstoot worden veroorzaakt, welke uiteraard te registreren is.

Worden de respectieve spoelen zuiver volgens de X, Y en Z as georiënteerd, „so lassen sich an den Stromstößen ohne jede Berechnung die Werte X, Y und Z der Gesamtbewegung direkt ablesen“.

Met behulp van deze ongetwijfeld ingenieuze methode zal het, zoals reeds is opgemerkt, wellicht mogelijk blijken, onze kennis der kaakbewegingen aanzienlijk uit te breiden, al doet zich hier het probleem voor (hetwelk S t r a c k zelf overigens niet aanvoert) hoe met deze vrij omvangrijke apparatuur de bewegingen van drie vast met de onderkaak verbonden punten op het zelfde ogenblik kunnen worden vastgelegd.

Tot dusver hebben wij ons in het voorgaande in het bijzonder bezig gehouden met de z.g. extreme bewegingen, die de onderkaak kan uit-



voeren. Bij deze bespreking zijn wij op het werk van verschillende onderzoekers nader ingegaan en zijn hierbij in de gelegenheid geweest hun methodiek te bezien. Hoewel hier en daar een critische opmerking moest worden gemaakt hebben wij ons met opzet zoveel mogelijk van commentaar op de besproken publicaties onthouden. Dit laatste om verschillende redenen.

In de eerste plaats omdat vele onderzoekingen moeten worden gezien in het licht van de tijd waarin ze werden verricht en het achteraf gemakkelijk is ze aan, overigens gerechtvaardigde, critiek te onderwerpen. Onze kennis en methodologie zijn in de loop der jaren immers sterk vooruit gegaan.

In de tweede plaats is het de opzet van deze verhandeling, een overzicht te geven van de *historische groei* van onze kennis, betrekking hebbend op de bewegingen van de onderkaak, de moeilijkheden die zich hierbij voorgedaan hebben en nog voordoen. Bovendien zou een te polemisch opgezet overzicht de schijn kunnen wekken van gebrek aan waardering voor de besproken auteurs, hetgeen geenszins in de bedoeling lag, daar velen van hen hebben bijgedragen tot de huidige stand van ons weten.

Wel is getracht, door hier en daar de nadruk te leggen op enkele fundamentele begrippen, betrekking hebbend op de beweging van een lichaam, hetzij in het platte vlak hetzij in de ruimte, de lezer zelf in staat te stellen de waarde der verschillende methoden en de conclusies die uit de verkregen resultaten werden getrokken, voor zichzelf te bepalen.

Hiermede zouden wij de behandeling van de bovenaangeduide bewegingen kunnen afsluiten, in de overtuiging dat aan verschillende auteurs, aan wie stilzwijgend is voorbij gegaan, niet die aandacht is besteed die zij misschien hadden verdiend. Er moest nu eenmaal een (uiteraard subjectieve) keus worden gedaan.

Het is echter gewenst aan het einde van het eerste deel van deze verhandeling op enige punten terug te komen, om in kort bestek de ontwikkeling van de in de loop der jaren gevolgde methoden, de revue te laten passeren. Dit zal hier o.m. geschieden aan de hand van de indelingen van **B a k k e r** en **H i l d e b r a n d**.

Reeds in de tweede helft van de negentiende eeuw is men begonnen de bewegingen van de onderkaak te onderzoeken.

De verschillende auteurs die zich met dit onderwerp hebben bezig gehouden, kunnen wij allereerst in twee groepen verdelen n.l.:

1. de groep die zich op de *anatomische gegevens* richtte en die door **B a k k e r** de groep der „anatomen” of „statici” werd genoemd;

2. de groep die zich uitsluitend met de *bewegingen* bezig hield en hieruit conclusies poogde te trekken.

De eerste groep van onderzoekers trachtte op grond van anatomische gegevens de onderkaakbeweging te doorgronden.

Al spoedig bleek dat dit ondoenlijk was, zoals ook de mechanica leert. Immers alleen in zeer bijzondere gevallen kan men uit de vorm van de gewrichtsdelen de beweging afleiden.



Anderen hielden zich meer in het bijzonder bezig met de vorm van de kauwvlakken en de wijze waarop onder- en boven kauwvlakken-complex elkaar raken. Enigen van hen maten allerlei hoeken en afstanden en kwamen zo tot een „mathematische” vormbepaling. Wat deze laatste betreft zij zullen dienen aan te tonen, „dat het aanrakingsvlak in kwestie, een omwentelingsvlak, een algemeen cilindervlak of een schroefvlak is, terwijl voor het eerste en het laatste de vormbepalende maten nader zouden moeten worden opgegeven”.

Ook zijn er auteurs, die het kaakgewricht en het kauwvlakkencomplex in onderling verband beschouwden. Zij wilden dus uit zuiver anatomische gegevens de resulterende bewegingen afleiden. Men kent echter geen der vlakken nauwkeurig genoeg om tot juiste conclusies te geraken.

De tweede groep: de „fysiologen” of kinematici, kan weer in tweeën worden gesplitst. Voor beide geldt, dat ze zich met de beweging zelf bezighielden, deze op de een of andere wijze registreerden en uit de gevonden gegevens trachtten algemene conclusies te trekken.

Eerst zullen wij die onderzoekers bespreken, die door Bakker de „onvoldragen kinematici” werden genoemd.

Zij trachtten de beweging te leren kennen uit twee of drie geregistreerde standen, meestal de begin- en de eindstand, en soms nog één of andere tussenstand. Van deze standen uitgaande trachtten zij een punt te vinden (of een as) waarom de onderkaak gedraaid was, om van de ene stand in de andere te komen. Zij zagen dus de kaakbeweging als een zuivere rotatiebeweging.

Zoals gebleken is, is het punt van uitgang onjuist, daar wij bijna steeds met een meer gecompliceerde beweging te maken hebben. En hierbij is geen vaststaande rotatie-as aanwezig maar steeds hebben wij met een in de ruimte bewegend rotatie-centrum te doen. „Zij hebben slechts de pool van de volledige beweging gevonden, die in dit geval slechts fictieve waarde heeft.”

Tenslotte de tweede groep van de „fysiologen-kinematici”. Zij registreerden de te onderzoeken bewegingen volledig en redeneerden, hoewel niet geheel juist, als volgt:

De kauwbeweging is samengesteld uit drie bewegingen, n.l.

1. de orthale beweging in het sagittale vlak.
2. de propaline beweging in het sagittale vlak.
3. de ectale-entale beweging in het horizontale vlak.

Deze bewegingen werden afzonderlijk op meer of minder goede wijze bestudeerd.

Als deze methode exact wordt uitgevoerd is zij, zoals wij hebben gezien, zeer tijdrovend; zij vergt zeer veel rekenwerk en is niet efficiënt voor het grote aantal gevallen, dat noodzakelijk is om de verschillende bewegingstypen te kunnen vergelijken.

Het blijkt dus uitermate moeilijk te zijn met behulp van het experiment een inzicht te krijgen in de aard van de kaakbewegingen. Daarom werd een andere weg ingeslagen, die het probleem zuiver mathematisch



benaderde. Alle anatomische en physiologische kwesties werden hierbij met rust gelaten.

Maar ook deze pogingen zijn tot op heden, voorzover schrijver dezes bekend, niet met succes bekroond. Wel heeft deze „benaderings-methode” meer licht geworpen op die bewegingen die in één vlak verlopen, de analyse der ruimtelijke beweging is echter nog niet gegeven.

Wat de verschillende methoden van registratie betreft, kan de volgende indeling worden gemaakt, zonder dat verder in details wordt getreden:

1. grafisch
2. fotografisch
3. röntgenografisch
4. kinematografisch
5. röntgen-kymografisch
6. stroboscopisch
7. photo-kymografisch
8. oscillografisch-kymografisch

*(Wordt vervolgd)*