

## Ontwerp extractormechanisme : toepassingsvoorbeeld stangenmechanismen

**Citation for published version (APA):**

Dijksman, E. A. (1983). Ontwerp extractormechanisme : toepassingsvoorbeeld stangenmechanismen. *Pt. Werktuigbouw*, 38(12), 58-61.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1983

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Toepassingsvoorbeeld stangenmechanismen

# Ontwerp extractormechanisme

Deeltjes die zich langs een spiraalvormige baan in het binnenste van een cyclotron bewegen, dienen te worden ingevangen in een spiraalvormig gekromde extractor. De uiteinden van deze extractor moeten onafhankelijk van elkaar kunnen worden ingesteld. Dit kan gebeuren met stangenmechanismen met twee onafhankelijk in te stellen krukken die beurtelings een der uiteinden stilzetten en het andere bewegen. In dit artikel worden hiervoor diverse mechanismen tegen elkaar afgewogen en wordt het eenvoudigste type nader uitgewerkt.

Een cyclotron is een deeltjesversneller. Deze deeltjes worden ingevoerd door middel van een bron in het middelpunt van het cyclotron. Zij worden daarna versneld tot een bepaald energieniveau om vervolgens te worden opgevangen in een zogenaamde extractor, waarna ze worden afgevoerd, hetzij om te worden gebruikt voor medische doeleinden (denk aan isotopen), hetzij voor het bombarderen van bepaalde materialen die dan nader op hun eigenschappen kunnen worden onderzocht. Bij dit alles is er sprake van een grote, de mens vijandige radio-activiteit in het inwendige van het cyclotron. Een sterk magneetveld zorgt ervoor, dat de ingebrachte deeltjes in een 'cirkelvormige' baan blijven lopen. Bovendien 'tilt' een elektrisch hoogspanningsveld van 64 kV de deeltjes tweemaal tijdens hun omloop in een volgende baan met een grotere straal.

Het magneetveld en het elektrische veld samen maken dat de deeltjes in hun resulterende beweging langs een 'spiraalvormige' baan zullen gaan lopen. Min of meer aan de rand, maar nog steeds binnen in het inwendige van het cyclotron bevindt zich de extractor, bestaande uit een 'septum' en een 'elektrode' die samen een tunnel vormen die een nauwe bundel deeltjes van een bepaald energieniveau moet invangen, doorgeleiden en weer afvoeren voor verder gebruik.

De juiste positionering van zowel septum als de onder hoogspanning staande elektrode gebeurt door twee op elkaar gestapelde stangenvijfzijden (fig. 1). Met de eerste stangenvijfzide, de basisvijfhoek, wordt zowel de in- als de uitgang van het septum ingesteld, terwijl de twee uiteinden van de elektrode ten opzichte van het septum met de tweede, daarbovenopgestapelde vijfhoek kunnen worden gepositioneerd. De in- en uitgangs-

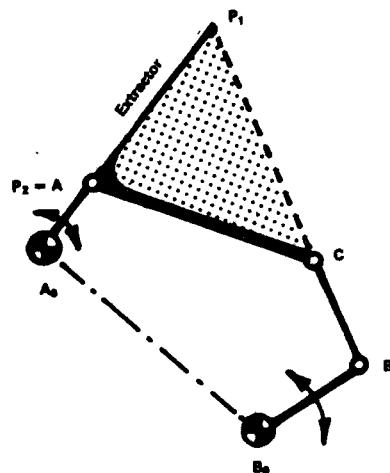
dr. E.A. Dijkman

zijde van het septum dienen te worden gestuurd door de twee respectievelijke krukken van de basisvijfhoek, terwijl de beide krukken van de gestapelde vijfhoek datzelfde behoren te doen voor de fijninstelling van de in- en uitgangszijde van de elektrode ten opzichte van het septum. Zowel het septum- als het elektrodegeleidingsmechanisme heeft dus twee graden van vrijheid van beweging. De bedoeling is dat het 'extractierendement'  $\eta = (Q_2/Q_1)$  100 % zo groot mogelijk is voor een bepaalde bundel.

Een nadeel van de tot nu toe gebruikte vijfhoeken voor de besturing van het extractormechanisme is dat een eenmaal verkregen instelling van bijvoorbeeld de ingangszijde met een van de twee krukken, door de andere kruk, die dan bedoeld is voor de instelling van de uitgangszijde, weer wordt ontregeld. De twee krukken van een vijfhoek werken dus niet onafhankelijk.

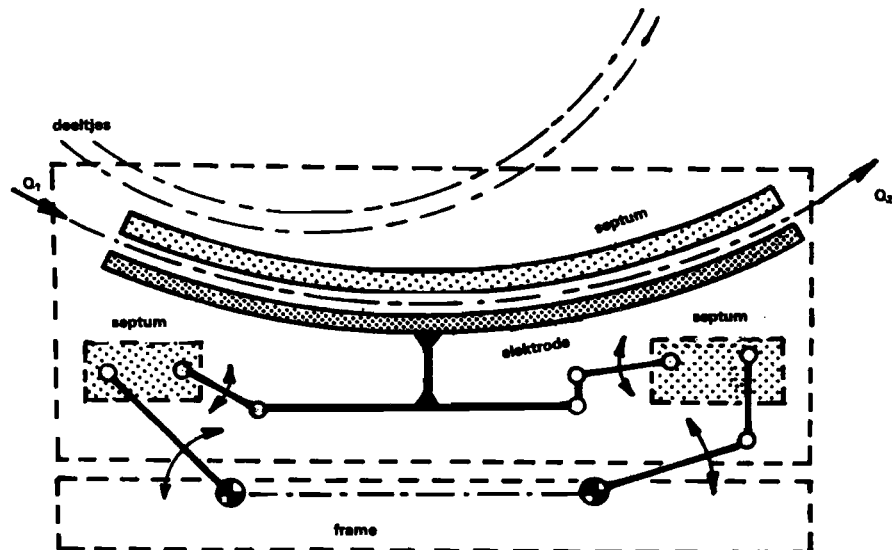
Met een vijfhoek kan in principe hoogstens

1. Het extractor-mechanisme.



2. Een vijfstangenmechanisme met de onvermijdelijke samenvalling van draaipunt en extractor-uiteinde.

een uiteinde (bijvoorbeeld  $P_1$ ) worden stilgezet, waarom dan het andere uiteinde  $P_2$  kan roteren. In figuur 2 is dit gedemonstreerd door kruk  $A_0A$  te bewegen en daarbij de andere kruk  $B_0B$  vast te houden. Daardoor hebben we in feite te maken met de stangenvierzijde  $A_0ACB$ , waarbij het snijpunt  $P_1$  van  $A_0A$  en  $BC$  fungeert als momentaan rotatiecentrum. Houden we echter omgekeerd  $A_0A$  vast en bewegen we  $B_0B$ , dan wordt automatisch  $A$  de pool, zodat het septum of de elektrode



Dr. E.A. Dijkman is verbonden aan de Sectie Bedrijfsmechanisatie en Mechanismen van de Afdeling der Werktuigbouwkunde van de TH-Eindhoven.

dan om de krukken A gaat draaien, zodat wanneer geëist wordt dat  $P_2 \neq A$ , het uiteinde  $P_2$  van de extractor niet meer stilgezet kan worden. In het geval dus waarbij  $A_0A$  stilgezet is en  $B_0B$  wordt bewogen, verplaatsen zich dus beide uiteinden  $P_1$  en  $P_2$  ( $\neq A$ ). Alleen  $P_1$  wat meer dan  $P_2$ , als  $P_2$  dichterbij A ligt. Bij deze redenering is er, zoals gezegd, vanuit gegaan dat geen draaipunt kan worden gelegd ter plaatse van een der extractoruiteinden. Op grond hiervan moet dus de vijfhoek in principe worden afgewezen. Daarom dient gezocht te worden naar een ander mechanisme waarbij de beide krukken wel onafhankelijk van elkaar kunnen opereren. Dat wil dus zeggen, dat het mechanisme zo moet worden ingericht dat bij de beweging van de ene kruk bijvoorbeeld de ingangszijde stilstaat en bij beweging van de andere kruk de uitgangszijde onbeweeglijk blijft. De eerste kruk bedient dan de beweging van alleen de uitgangszijde en de tweede kruk van alleen de ingangszijde.

**Twee stangenvierzijden versus andere mechanismen**

De opzet een uiteinde tijdelijk stil te zetten en het andere uiteinde daarom heen te laten draaien, en omgekeerd, kan weliswaar niet door een vijfhoek maar wel door een ander type mechanisme worden gerealiseerd. Een punt van een schakel (in dit geval het septum of de elektrode) kan tijdelijk worden stilgezet door er voor te zorgen dat in de nominale (dat is de ontwerp-) stand de momentane (snelheids-)pool van die schakel met dat punt komt samen te vallen, dus  $P = P_1$  respectievelijk  $P_2$ . Een kleine verplaatsing van het 'stilgezette' punt P kan overigens wel worden toegelaten. In de praktijk wordt namelijk een maximale verplaatsing van 0,05 mm van het stilgezette uiteinde toegestaan bij 1 mm verplaatsing van het te justeren andere uiteinde. Na de vijfhoek komt voor de oplossing van dit probleem alleen een zevenstangenmechanisme in aanmerking, omdat het mechanisme in elk geval twee graden van vrijheid van beweging moet hebben, om beide uiteinden van de extractor onafhankelijk van elkaar te kunnen bewegen. Volgens de formule van Grübler is namelijk:

$$2 = f = 3(n-1) - 2d = 3(7-1) - 2 \cdot 8,$$

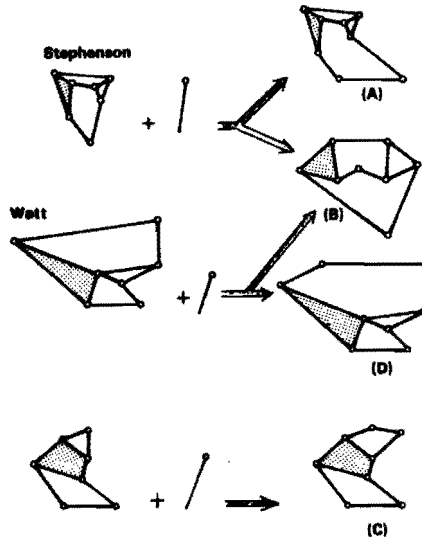
waaruit inderdaad blijkt dat voor het geval dat  $f = 2$ , het aantal schakels  $n = 7$  en het aantal draaipunten  $d = 8$  dient te zijn.

De verschillende mogelijkheden met een zevenstangenmechanisme zijn onder meer af te leiden uit de zeestangenketens van Watt en van Stephenson, die een gedwongen beweging inhouden. Men doet dit door aan dergelijke ketens een staaf en een draaipunt toe te voegen. In formulevorm betekent dit, dat:

$$2 = f = (3(6-1) - 2 \cdot 7) + 3 \cdot \Delta n - 2 \cdot \Delta d = 1 + (3-2),$$

zodat inderdaad  $\Delta n = 1$  en  $\Delta d = 1$ . In schema zijn de ontstaansmogelijkheden weergegeven in figuur 3.

Het zevenstangenmechanisme dat is opge-



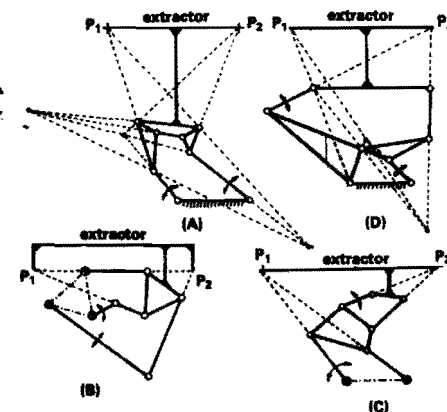
3. Zevenstangenketens afgeleid uit de zesstangige met een gedwongen beweging.

bouwd uit twee op elkaar gestapelde stangenvierzijden, kan daarbij ontstaan gedacht worden uit een stangenvierzijde met een quaternair koppelvlak, waaraan nog een tweeslag is gekoppeld. Ook in dit geval leidt de toevoeging van een enkele staaf en een draaipunt dan tot een zevenstangenmechanisme met acht draaipunten en twee graden van vrijheid van beweging.

Figuur 4 demonstreert de vier mogelijke oplossingen die uit de diverse ketens zijn af te leiden. Bij ieder van hen wordt bij vasthouden van een der krukken ten opzichte van zijn naburige schakel, waarvoor meestal het gestel en anders een voor de hand liggende schakel wordt genomen, de resterende beweging een 'gedwongen' beweging. De 'body' van de extractor kan daarbij aan een in beide gevallen te bewegen koppelvlak worden bevestigd, dat dan afhankelijk van welke kruk wordt bewogen, momentaan om  $P_1$  of om  $P_2$  zal roteren.

Bepaling van  $P_1$  of  $P_2$  gebeurt eenvoudig door herhaalde toepassing van de Stelling

4. Zevenstangenmechanismen met twee beurtelings stil te zetten punten  $P_1$  en  $P_2$ , waaromheen een staaf kan draaien.



van Aronhold-Kennedy, die zegt dat telkens drie relatieve polen van drie bewegende schakels op een rechte komen. In de vier demonstratiegevallen zijn omgekeerd de beurtelings stil te zetten uiteinden  $P_1$  en  $P_2$  van de extractor gegeven en zijn de afmetingen daaraan aangepast. Weegt men verder de oplossingen tegen elkaar af, dan blijkt dat oplossing A (fig. 3) vrij gecompliceerd is, zeker wanneer het gewenst is om een of andere reden de afmetingen nog wat te wijzigen. Oplossing B valt in de praktijk direct af, omdat een staaf langs  $P_1P_2$  valt en zodoende boven de naar onderen gekromde extractor komt te liggen. Ook oplossing D heeft het nadeel te gecompliceerd te zijn: wanneer namelijk de extractor een ogenblik om  $P_1$  draait, krijgen we te doen met een hogere koppelvlakbeweging van een zesstangenmechanisme.

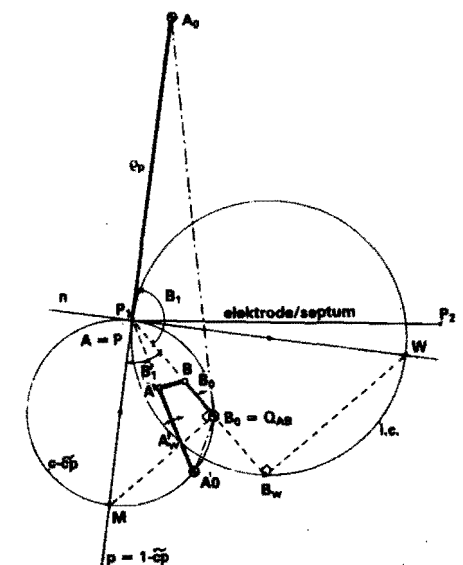
De oplossing volgens type C blijkt de meest eenvoudige te zijn: in feite is daarbij alleen de kinematische kennis van de stangenvierzijde nodig: steeds wanneer een der beide te hanteren krukken wordt vastgehouden, hebben we met een stangenvierzijde te doen. Dit is een direct gevolg van het feit dat de configuratie bestaat uit een eenvoudige stapeling van twee stangenvierzijden.

**Ontwerp stangenvierzijde**

Bij het vastzetten van een der krukken blijft, in het ontwerp volgens type C, steeds een stangenvierzijde over waarvan de koppelstang, direct of indirect, star verbonden is met het septum of met de elektrode, al naar gelang er sprake is van het septum- of van het elektrodegeleidingsmechanisme.

In de ontwerpstand van de betrokken vierzijde valt de snelheidspool P van het koppelvlak A'B samen met de in- ( $P_1$ ) of uitgangszijde ( $P_2$ ) van het septum of de elektrode (fig. 5). Ook de spiraalraaklijn (n) van de door de

5. Constructie van een stangenvierzijde met gelijke kromming  $1/\rho_P$  voor de heen- en teruggaande baan in het keerpunt P.



deeltjes gevolgd baan ter plaatse van de in- of uitgang van de extractor mag als gegeven worden aangenomen. Tenslotte kan men zelfs nog rekening houden met de kromming  $\rho_p^{-1}$  van de spiraalvormige baan bij de extractoruiteinden: de spiraalvormige baan der deeltjes aan in- of uitgangszijde P van de extractor kan daar namelijk door een cirkelvormige baan worden benaderd. Kinematisch wordt dit alles dan weergegeven door te stellen dat  $A = P$  en door het bij het punt A horen de krommingsmiddelpunt  $A_0$  in het osculatiemiddelpunt van de spiraal te leggen.

We hebben dan dus  $\rho_p = \overline{AA_0}$ . Omdat de keerpuntsraaklijn in de pool P de poolnormaal (n) is, dient men deze poolnormaal langs de spiraalraaklijn te leggen, waardoor ook de poolraaklijn (p) met de spiraalnormaal in P samenvalt. (Hiermee wordt bereikt dat kleine bewegingen van het in de ontwerpositie stilgezette extractoruiteinde alleen plaatsvinden in de langsrichting van de spiraal, zodat ook de kwaliteit der ingevangen deeltjes constant blijft en optredende botsingen met de wanden van de extractor, die gepaard gaan met verlies van intensiteit, zo gering mogelijk zullen zijn. Om zo weinig mogelijk botsingen met de tunnelvormige extractorwanden te krijgen, is trouwens de gebogen vorm van de extractor zo gekozen dat deze overeenkomt met de spiraalvormige baan, die door de deeltjes wordt gevolgd.)

Waar precies het punt  $A_0$  op p dient te liggen, blijkt in het vervolg slechts voor een vierde orde-benadering van belang te zijn. Voor een benadering tot en met de derde orde kan worden volstaan met het gegeven van alleen de richting van de spiraalraaklijn in P. Het gestelpunt  $B_0$  mag voorts volkomen willekeurig en dus tot genoegen van de constructeur in het vlak van tekening worden aangenomen. Ook de stanglengte  $\overline{BB_0}$  is willekeurig. Voor de ontwerper betekent dit dat het draaipunt B, althans in de ontwerpositie, willekeurig op de poolrechte  $PB_0$  mag worden aangenomen. De 'body' van het septum of de elektrode wordt nu vast verbonden gedacht met het koppelvlak AB. De staaf  $AA_0$  kan echter in de praktijk niet worden gerealiseerd. Deze dient daarom vervangen te worden door de staaf  $A'A_0$  maar zodanig dat de beweging van het koppelvlak AB door die van  $A'B$  tot en met de derde orde wordt benaderd.

De vervanging van de ongewenste (denkbeeldige) staaf  $AA_0$  door een voor de constructeur acceptabele staaf  $A'A_0$  gebeurt nu als volgt:

- Kies de pool P in een der betrokken uiteinden  $P_1$  of  $P_2$  van de extractor.
- Neem voorts  $A = P$  en bepaal de ligging van het osculatiemiddelpunt  $A_0$  van de spiraalbaan in P.
- Teken in P de spiraalraaklijn (= poolnormaal n) en de spiraalnormaal (= poolraaklijn p).  $A_0$  ligt dus op p.

- Kies de draaipunten  $B_0$  en B willekeurig op een willekeurige poolstraal door P.

- Bepaal het snijpunt  $B_w$  van deze poolstraal met de buigcirkel met behulp van de Euler-Savarysche betrekking:  $\overline{PB}^2 = \overline{BB_0} \cdot \overline{BB_w}$ .

- Bepaal de buigcirkel die door  $B_w$  gaat en in P aan p raakt.

- Bepaal vervolgens de 'middelpuntscirkel' c- $\dot{c}p$ , die door  $B_0$  gaat en in P aan n raakt (deze cirkel c- $\dot{c}p$  is een tak van de momentane middelpuntscirkel  $\dot{c}p$ , waartoe in dit geval ook de poolraaklijn behoort; dus  $l - \dot{c}p = p$ .)

- Kies een voor de constructeur gunstig gelegen poolstraal  $PA_0$  die gesneden met c- $\dot{c}p$  het vervangende gestelpunt  $A'_0$  oplevert.

- Bepaal het snijpunt  $A_w$  van  $PA_0$  en de buigcirkel.

- Bereken tenslotte de ligging van het vervangende draaipunt A' met behulp van de Euler-Savarysche betrekking:

$$\frac{1}{\overline{PA'}} - \frac{1}{\overline{PA'_0}} = \frac{1}{\overline{PA_w}}$$

- Maak tenslotte de koppelstang A'B van de verkregen stangenvierzijde  $A'_0A''B_0$  (direct of indirect) vast aan respectievelijk septum of elektrode.

Het koppelpunt P zal dan een keerpunt (snavelpunt) doorlopen, de keerpuntsraaklijn zal met de spiraalraaklijn samenvallen en zullen 'boven' en 'onderkant' van de snavel tenslotte dezelfde kromming vertonen. Het is mogelijk om de grootte van de krommestraal ( $\rho_p = \overline{AA_0}$ ) ook nog te verdisconteren. In dat geval kan echter  $A'_0$  niet meer willekeu-

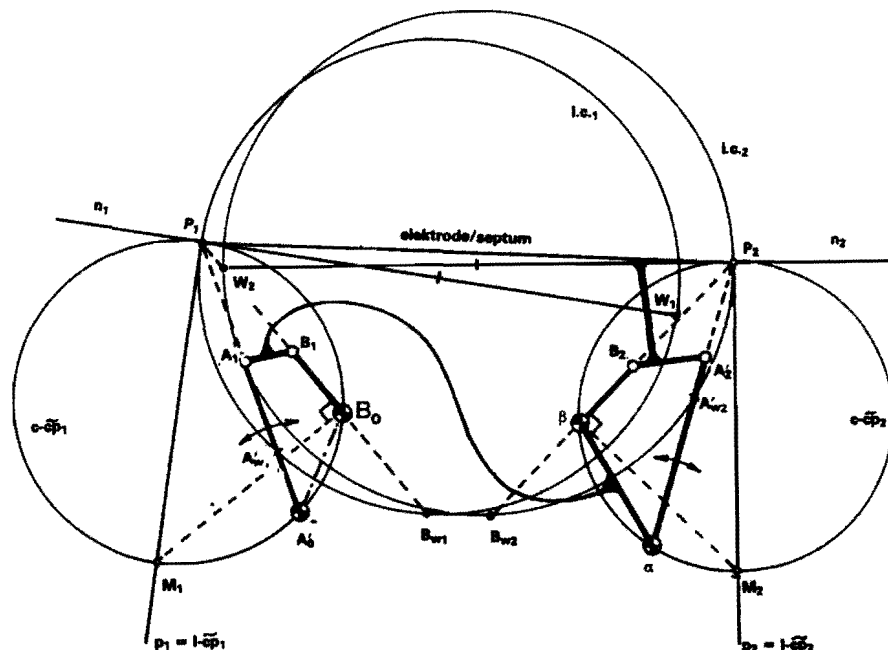
rig op c- $\dot{c}p$  worden aangenomen. De ligging van  $A'_0$  op c- $\dot{c}p$  wordt dan door de vierkantsvergelijking bepaald. Dit leidt dan tot ten hoogste twee reële oplossingspunten  $A'_0$  waarvan het de vraag is of een van beide met de wensen van de constructeur overeenkomt.

Als verantwoording voor de hier aangehouden constructie kan de volgende redenering gelden. Door de wetenschap dat  $A_0$  op p ligt, ontardt de momentane middelpuntscirkel  $\dot{c}p$  in p en in een cirkel die in P aan n raakt. Vanzelfsprekend ligt hier  $B_0$  op c- $\dot{c}p$  en  $A_0$  op l- $\dot{c}p$ . De vervanging van  $AA_0$  door  $A'A_0$  is van de eerste orde, wanneer alleen rekening wordt gehouden met de ligging van de pool P; zij is van de tweede orde als ook de buigcirkel in de constructie wordt betrokken en van de derde orde wanneer tevens de middelpuntscirkel  $\dot{c}p$  wordt verdisconteerd. Een benadering tot in de vierde orde kan principieel worden bereikt door de ligging van de twee stellen al dan niet reële 'Burmester'-paren te bepalen, die bij de gegeven stangenvierzijde  $A_0ABB_0$  horen [1, 2, 3, 5]. De richtingscoëfficiënten  $\tau$ , waaraan de twee poolstralen  $A_0A'$  dan behoren te voldoen, zijn te berekenen met behulp van de vierkantsvergelijking:

$$\frac{\overline{AB} \cdot \overline{AB_0}}{\overline{B_0M}} \tau^2 - (\overline{BB_0} - \overline{AB}) \tau - \frac{\overline{BB_0}}{\tau_0} = 0$$

Hierin is M het tegenover P diametraal gelegen punt op c- $\dot{c}p$ ; en  $\tau_0 = \tan \beta_0 = \tan \angle PQ_{AB}A_0$  met  $Q_{AB} = B_0$ . In

6. Ontwerp van een zevenstangenmechanisme (type C) met behulp van de middelpuntscirkel en vier willekeurig gekozen poolstralen, en van de draaipuntparen  $(B_1, B_2)$  en  $(B_2, \beta)$  op twee van hen.



het bijzondere geval dat bijvoorbeeld  $BB_0 = (\overline{AB})$ , waardoor  $B_0 = B_w$ , en bovendien  $A_0 = A_0^*$ , waardoor  $B_0 A_0 / p$ , wordt  $\tau = \pm 1$ , zodat dan de bissectrices van het orthogonale assenstelsel  $(p, P, n)$  de poolstralen zijn, die de twee Burmestercentra  $A_0'$  op c- $\dot{c}$ p aanwijzen. In het kwadrant waarin ook  $B_0$  ligt, is dan slechts een oplossing  $A_0'$  bruikbaar).

De voor de constructeur bijkomende moeilijkheid om ook voor een goede krachtoverdracht cq acceptabele overbrengingshoek zorg te dragen, maakt echter de toepassing van de Burmester-theorie tot in de vierde orde vaak tot een onmogelijkheid. Vandaar de in dit bestek gedane aanbeveling de vrijheid van keuze van  $A_0'$  op de cirkel c- $\dot{c}$ p aan de constructeur over te laten en daarmee dus ook de eis van de grootte en de richting van de spiraalkromming maar liever te negeren.

Achteraf kan omgekeerd een bepaling van  $A_0$  uit het eenmaal gekozen punt  $A_0'$  op c- $\dot{c}$ p ook nuttig zijn, te meer om daarmee een indruk te krijgen van de afwijking van de door het punt  $A = P$  beschreven kromming van de feitelijke spiraalkromming aan het uiteinde van de extractor. Het is natuurlijk wel gewenst dat  $A_0$  niet te ver uit de buurt komt, althans zeker niet aan de verkeerde kant van P komt te liggen. (Merk op, dat  $A_0$  grofweg in de buurt van het cyclotronmideelpunt behoort te liggen.)

### Constructie septum- of elektrodegeleidingsmechanisme

In figuur 6, waarin deze constructie is doorgevoerd, zijn in- en uitgang van het septum of van de elektrode aangegeven met de punten  $P_1$  en  $P_2$ . De afstand  $\overline{P_1 P_2}$  is daarmee bepalend voor de schaal waarin het ontwerp wordt getekend.

Ieder van de twee stangenvierzijden  $A_0' A_1 B_1 B_0$  en  $\alpha A_2 B_2 \beta$  wordt bepaald op de manier zoals hiervoor is aangegeven. De eerstgenoemde stangenvierzijde is gericht op  $P_1$ , de tweede op  $P_2$ . Bij beweging van de kruk  $A_0' A_1$  en vasthouden van  $\alpha A_2$  staat  $P_1$  (nagenoeg) stil en wordt  $P_2$  ingesteld. Bij beweging van de kruk  $\alpha A_2$  en vasthouden van  $A_0' A_1$  staat omgekeerd  $P_2$  (nagenoeg) stil en wordt  $P_1$  verschoven. In beide gevallen beweegt het 'stilgezette' punt volgens de raaklijn aan het gebogen septum of -elektrode daar ter plaatse. Onverschillig welke richting een ingaande kruk wordt verdraaid, steeds beweegt het 'stilgezette' punt A langs eenzelfde baan in de directe omgeving van zijn keerpunt P.

Uitgaande van de in dit artikel aangegeven kinematische constructie is zowel het septum als het elektrodegeleidingsmechanisme ook constructief verwezenlijkt en nader uitgewerkt door Dr.-Ing. I. Janežič van de Edvarda Kardelja Universiteit van Ljubljana in Joegoslavië tijdens zijn studieverblijf hier te lande [3].

De initiële gegevens, nodig voor de aanzet van dit artikel en voor de bovengenoemde werktuigbouwkundige materialisering van de constructie, zijn verstrekt door de leden van de onderwerpgroep Cyclotronoepassingen (met name door de enthousiaste medewerking van ing. A. Platje) van de Technische Hogeschool te Eindhoven.

### Literatuur

1. Dijkman, E.A.: Approximate straight-line mechanisms through four-bar linkages. Rev. Roumaine des Sciences Techniques, Série de Mécanique Appliquée, 17 (1972) 2, blz. 329 en fig. 35 blz. 361.
2. Dijkman, E.A.: Rechtgeleidingen met Stangenvierzijden. Polytechnisch Tijdschrift, Editie A 21 (1966) 6, p. 247A-254A deel I, 21 (1966) 7, p. 294A-303A deel II en 21 (1966) 8, p. 339A-347A deel III in het bijzonder formule (31) alsmede figuur 35.
3. Janežič, I. en Dijkman, E.A.: Revised Extractor-Mechanism with two independent adjustments. Sixth IFTOMM Congress on Theory of Machines and Mechanisms, New Delhi, December 15-20, 1983.
4. Dijkman, E.A.: Motion Geometry of Mechanisms. Cambridge University Press (1976), Cambridge, London, New York, Melbourne, fig. 3.22, blz. 117.
5. Veldkamp, G.R.: Curvature theory in plane kinematics'. J.B. Wolters, Groningen, (dissertatie 1963) blz. 6-8, 75-77, 81-83 en 91.

## Hoe lang zoekt U al naar een betaalbare drukopnemer met de volgende eigenschappen:



- volkomen statisch, dus zonder slijtage
- zowel voor absolute + of - drukken, als wel voor verschillendrukken
- uitgangssignalen 0-20 mA = / 4-20 mA = / 0-10 V =
- (verschil-)drukken van 0-6 mbar tot 0-10 bar met intrinsiek zeer hoge werkdrukken (tot 25 bar!)
- met standaard 3 meter aansluitkabel

Vraag onze brochure RA 9-1 aan.

Ook leveren wij uit voorraad meetinstrumenten met schaal 0-100%, welke in serie met signaal 0-20 mA geschakeld kunnen worden voor procentuele druk(verschil)aanwijzing.

Ook leveren wij uiterst concurrerend druk-(verschil) en vacuumschakelaars met aanwijzing en omschakelcontact.



Postadres: Postbus 441  
1500 EK Zaandam  
Telefoon 075 - 12 32 82  
Telex 19151

Electroproject bv  
Zaandam - Holland  
Sluispolderweg 15  
1505 HJ Zaandam