

Hulpmiddelen voor het ontwerpen van stangen- en tandwielmechanismen

Citation for published version (APA):

Dijksman, E. A. (1990). Hulpmiddelen voor het ontwerpen van stangen- en tandwielmechanismen. *Constructeur*, 29(7), 18-22.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1990

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

Take down policy

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

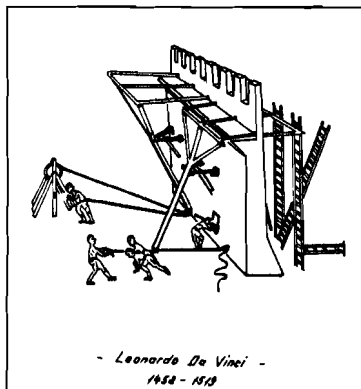
openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

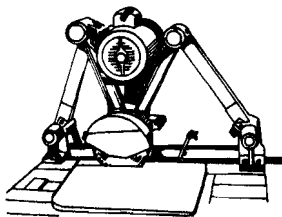
Hulpmiddelen voor het ontwerpen van stangen- en tandwielmechanismen

In het artikel gaat de auteur in op het vinden van alternatieve (mechanische) oplossingen voor een identiek probleem. Bijzondere aandacht wordt daarbij besteed aan het vinden van 'verzwaarde' tandwielmechanismen.

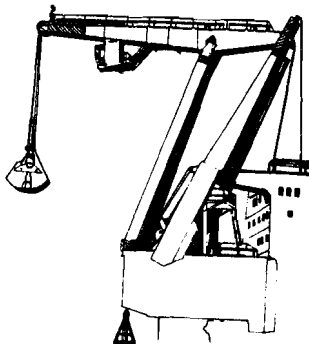
Bij mechanismen zijn praktijkproblemen vaak vanwege de slechte toegankelijkheid moeilijk op directe wijze op te lossen. Verplaatsing van het probleem naar een beter beheersbaar gebied, biedt dan veelal uitkomst. Denk bij voorbeeld aan het door Leonardi da Vinci gevonden mechanisme voor het wegduwen van stormladers, die door de vijand tegen de muur van een vestingwerk werden gezet, (fig. 1).



Figuur 1



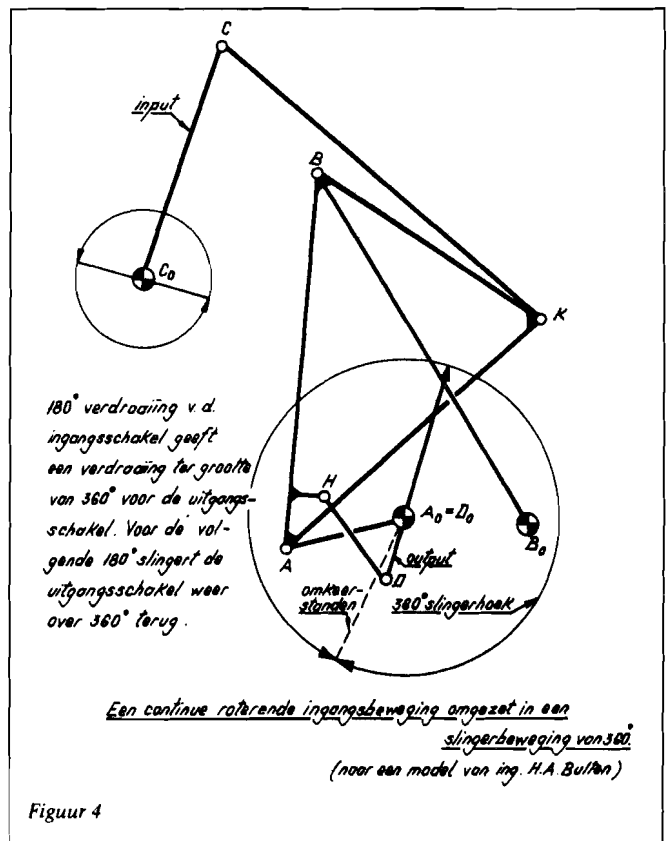
Figuur 2



Figuur 3

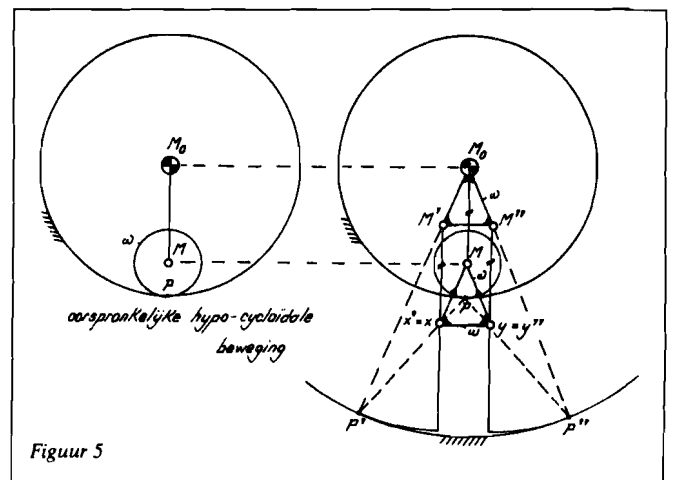
Een ander voorbeeld is de rechtgeleiding van een cirkelzaag, [1] (fig. 2) of het transport van stukgoederen middels een tuime-larmkraan bij en have-nopslagplaats, [1] (fig. 3). Belangrijk is verder de keuze van het mechanisme, dat een gewenste functie moet kunnen uitoefenen. Vaak kan een probleemstelling niet door een eenvoudig mechanisme worden opgelost, en dient het probleem in deelproblemen te worden opgedeeld. Denk bij voorbeeld aan het omzetten van een rotatiebeweging in een slingerbeweging van 360° (fig. 4). De wijze van samenstellen van ieder der deelmechanismen dient met zorg te geschieden, waarbij vooral ook op de onderlinge afstelling (nul-posities) gelet moet worden.

Alternatieve oplossingen van een (deel-)probleem zijn voor de constructeur eveneens van wezenlijk belang vooral in verband met de kosten en de beschikbare plaatsruimte. Ook kan het zijn, dat bij een geplande (flexibele) automatisering of mechanisering van een tot nu toe telkens door menshand in te stellen machine, een



Figuur 4

deel van de oorspronkelijke beweging gereproduceerd dient te worden in verband met de afstemming van het toe te voegen geautomatiseerde gedeelte op dat van het reeds bestaande gedeelte van de machine.



Figuur 5

Verzwagerd mechanisme

In een voorbeeld, [2], waarbij dit optreedt (fig. 5) wordt een reproductie van een hypocycloïdale beweging aan de buitenkant van een bestaande machine vereist. Voor de oplossing van dit probleem wordt gebruik gemaakt van een oude stelling, [3], van De La Hire uit 1706. Deze stelling wijst op de reproductie van een cycloïdale baan door één punt van een soortgelijk, zogenaamde 'verzwagerd' mechanisme (figuren 6 en 7).

De combinatie van twee van zulke verzwagerde mechanismen voor 2 verschillende koppelpunten van het bewegende vlak levert dan de reproductie van het hele bewegende vlak op. Er ontstaat een alternatief mechanisme, dat door bijzondere keuze van de beide koppelpunten inderdaad buiten het oorspronkelijke wielensstelsel kan worden geplaatst.

Het mechanisme, zoals gedemonstreerd in figuur 8, heeft gediend om een bestaande machine voor de productie van papieren industriezakken, sneller te kunnen omstellen voor andere zakmaten teneinde een te grote voorraadvorming en een daarmee verbandhoudend beslag op het bedrijfskapitaal te kunnen tegen gaan, [4].

Alternatieve oplossingen zijn anderzijds ook van belang als het er om gaat concurrerende patenten te omzeilen. Zoals we gezien hebben, behoeft daarbij het aantal schakels of lichamen niet hetzelfde te blijven.

De cycloïdale beweging kan anderzijds ook minder omslachtig met slechts één extra tandwiel worden gereproduceerd.

Er zijn 4 verschillende manieren waarop dit kan gebeuren. Dit blijkt met name uit nevenstaande figuren en de bijbehorende tabel. Een hypo-cycloïdale beweging, [5], kan bij voorbeeld worden voortgebracht, wanneer voor de rolstralen van de beide wielen $R_2 < R_1$ en bovendien het tekenproduct van de twee elementenparen met het tussenwiel positief uitvalt, (zie de hulpfiguur, de tabel en de figuren 9 t/m 18). Anderzijds wordt een epi-cycloïdale beweging gereproduceerd wanneer bij de 3 frictiewielen, waarvan de middelpunten een starre, ternaire schakel vormen, alleen het product der tekens van de twee elementenparen, negatief uitvalt. Indien tenslotte $R_2 > R_1$ en het product van de tekens van de twee elementenparen is positief, dan is sprake van een peri-cycloïdale beweging (overigens mag het tussenwiel 4, dat tussen de wielen 1 en 2 is geplaatst, een willekeurige straal R_4 hebben: haar enige functie is dan ook te zorgen voor de bewegingsoverdracht).

Mechanismen, waarin uitsluitend stangen voorkomen, worden onderscheiden naar het aantal stangen, die in het mechanisme optreden, en naar de structuur, waarin ze zijn geplaatst (de zgn. kinematische keten).

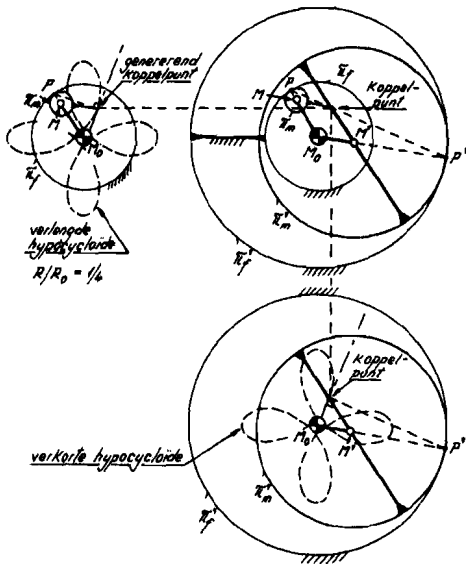
Alternatieve stangenmechanismen zijn mechanismen, die weliswaar dezelfde taak uitvoeren, maar niet noodzakelijk dezelfde kinematische keten hoeven te hebben, [8].

Daarentegen: zijn verzwagerde stangenmechanismen alternatieve mechanismen met dezelfde kinematische keten.

Ze zijn niet alleen verzwagerd vanwege de gelijkblijvende structuur, maar óók omdat zij gedurende de gehele beweging dezelfde taak (of functie) kunnen uitvoeren. Zelfs wanneer het aantal schakels dezelfde is maar de structuur, of kinematische keten, is anders dan bij het oorspronkelijke mechanisme, spreken we reeds van een alternatief in plaats van een verzwagerd mechanisme.

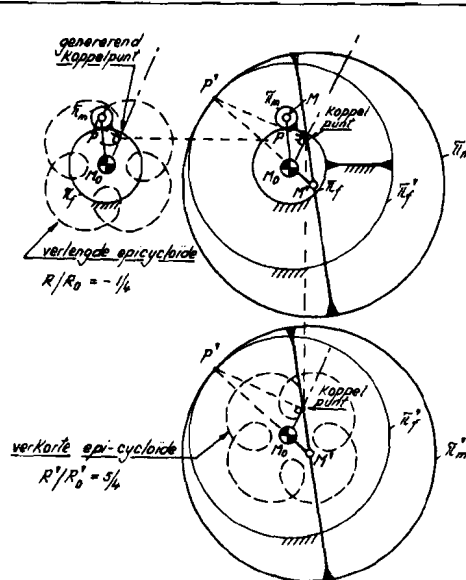
Voor de meer algemene groep van de alternatieve mechanismen, kan men nog de volgende indeling maken:

- Momentane - of M.S.P. (*)-gelijkwaardige mechanismen. Dat zijn mechanismen, waarbij punt(en) of schakel(s) hoogstens dezelfde precisieposities innemen (de kinematische keten kan daarbij al of niet verschillend zijn).
- Vervangingsmechanismen met een identieke taakvervulling met betrekking tot de totale beweging, maar met een andere kinematische keten.
- Verzwagerde mechanismen met eenzelfde kinematische keten en eenzelfde (identieke) taakvervulling.
- Kinematisch identieke mechanismen, maar werktuigbouwkundig op onderscheiden wijze gerealiseerd.



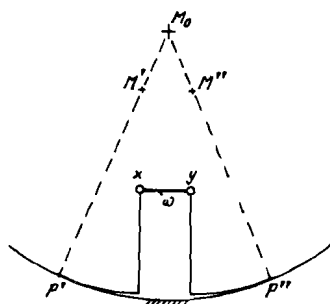
Identieke hypocycloïden, voortgebracht door kromme-
verwante tandwielmechanismen.
Stelling van De La Hire (1706)

Figuur 6



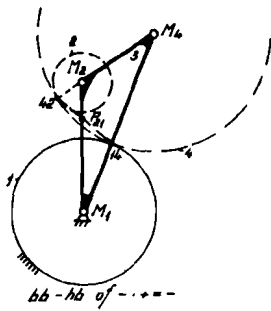
Identieke hypocycloïden, voortgebracht door kromme-
verwante tandwielmechanismen.
Stelling van De La Hire (1706)

Figuur 7

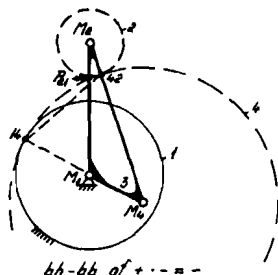


Alternatief mechanisme voor de
hypo-cycloïdale beweging (met 3
tandwielen en één verbindingsstaf xy).

Figuur 8



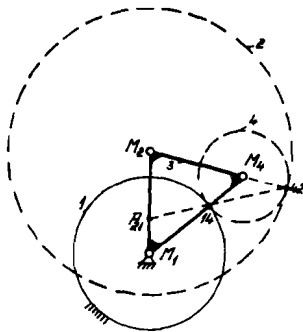
Eerste soortige reproductie van een epi-cycloidale beweging ($\frac{1}{2}$ / $\frac{1}{4}$)



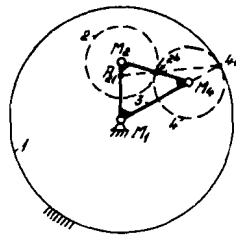
Tweede anderssoortige reproductie van de epi-cycloidale beweging.

Fig. 14

Fig. 15



Derde anderssoortige reproductie van de epi-cycloidale beweging.



Vierde anderssoortige reproductie van de epi-cycloidale beweging.

Fig. 16

Fig. 17

Stuitstelling: Er wordt een epi-cycloidale beweging tot stand gebracht, indien voor 3 wrijvingswielen, waarvan de middelpunten een ternaire schakel vormen, het tekenproduct van de twee elementenparen tussen de wielen, negatief uitvalt.

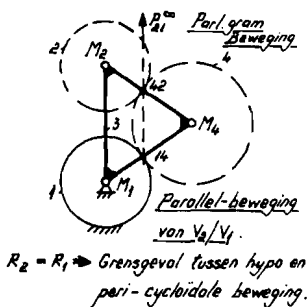


Fig. 18

tabel

14	42	
bb	bb	Fig. 9 (hypo) en peri
	bh	16 (epi)
	hb	14 (epi)
bh	bb	15 (epi)
	bh	13 (peri)
	hb	10 (hypo) en peri
hb	bb	17 (epi)
	bh	11 (hypo) en peri
	hb	12 (hypo)

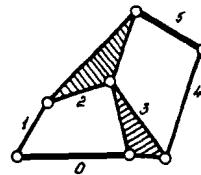
h = concaaf b = convex

Samenvatting voor de 9 optredende combinaties. Iedere hypo-, peri-, of epi-cycloidale beweging verschijnt in 4 verschillende soorten.

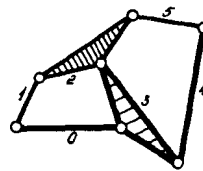
koppelpunt vast zit aan een binaire schakel, waarvan, in het algemeen gesproken, geen enkel punt een cirkelboog beschrijft, [6]. Zie voor een bijzonder geval de figuren 19 t/m 22. Ook zijn er, om een ander voorbeeld te geven, 4 krommeverwanten van een Stephenson-2 zesstangenmechanisme, als het tenminste een genererend punt betreft, dat aan een binaire schakel vastzit, [7].

Tabulering (I)

Verzwagerde 6-stangenmechanismen van het type Watt.



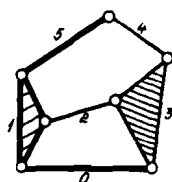
Er zijn in totaal twee Koppelverwanten van het type Watt, die de schakels 0 en 5 gemeen hebben. Voor de twee Koppelverwanten hebben de twee ternaire schakels alleen elkaars hoeksnelheid overgenomen. ($2 \cong 3$)



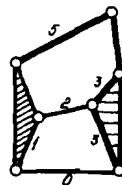
Er zijn ∞^2 verzwagerde Koppelverwanten, met een identieke beweging voor de schakels 0-3-4:
 - Als 0 het gestel is, zijn er ∞^2 Watt-1 Koppelverwanten.
 - Is 3 het gestel, dan zijn er ∞^2 Watt-2 functieverwanten.

Tabulering (II)

Verzwagerde 6-stangenmechanismen van het type Stephenson.



Er zijn in totaal steeds twee Koppelverwanten van het type Stephenson met de gemeenschappelijke schakels 0-1-5:
 - Is 0 het gestel \Rightarrow 2 Stephenson-1 Koppelverwanten.
 - Is 1 het gestel \Rightarrow 2 Stephenson-3 functieverwanten.
 - Is 5 het gestel \Rightarrow 2 Stephenson-2 Koppelverwanten.



Er zijn in totaal steeds drie Koppelverwanten van het type Stephenson met de gemeenschappelijke schakels 3-4-5:
 - Is 3 het gestel \Rightarrow 3 Stephenson-3 Koppelverwanten (Rischen).
 - Is 4 het gestel \Rightarrow 3 Stephenson-2 functieverwanten.
 - Is 5 het gestel \Rightarrow 3 Stephenson-2 Koppelverwanten (Kiper).

Hulpmiddelen voor het ontwerpen van stangen- en tandwielmechanismen

Samenvatting

Dit artikel is voor een groot deel gewijd aan het vinden van alternatieve (mechanische) oplossingen voor een gelijk probleem. Daarbij is bijzondere aandacht besteed aan het vinden van 'verzwagerde' tandwielmechanismen. Zo blijkt bij voorbeeld een hypo-, peri- of een epicycloïdale beweging telkens op vier (technisch) verschillende manieren met 3 tandwielen te kunnen worden voortgebracht.

Voor het vinden van verzwagerde stangenmechanismen is volstaan met een opsomming en verwijzing naar bestaande literatuur over dit onderwerp. Eenvoudige voorbeelden van zulke alternatieve mechanismen illustreren het bestaan van deze theorie van verzwageringen.

Literatuur

- [1]. Dijkman E.A., 'Motion Geometry of Mechanisms', Cambridge University Press-Cambridge London-New York-Melbourne (1976).
- [2]. Dijkman E.A., 'De flexibele automatisering van machines met tandwielmechanismen', I²-Werktuigbouwkunde 1985 nr. 6 pp. 30-42.
- [3]. Hire P., De La, 'Traité des roulettes', Mémoires de l'Académie-Paris (1706) p. 340.
- [4a]. Eurlings R., 'Onderzoek naar omsteltijden en mogelijkheden ter verbetering van de flexibiliteit in de productie van papieren industriezakken', Rapport nr. WPB 143 Technische Universiteit Eindhoven (jan. '85).
- [4b]. Dijkman E.A., 'De flexibele automatisering van machines met tandwielmechanismen', I²-Werktuigbouwkunde (1985), nr. 6 pp. 39-42.
- [5]. Dijkman E.A., 'Geometrisch ontwerpen van vlakke mechanismen', deel 1 en 2, De Constructeur, dec. '78, nr. 12 p. 61; De Constructeur, febr. '79, nr. 2 pp. 22-24.
- [6]. Dijkman E.A., 'Six Bar Cognates of Watt's form', Journal of Engineering for Industry, Transactions of the ASME, febr. 1971 pp. 183-190.
- [7]. Dijkman E.A., 'Six Bar Cognates of a Stephenson-Mechanism, Jnl. of Mechanisms, Vol.6(1971) nr.1, pp. 31-57.
- [8]. Dijkman E.A., 'Alternative and Cognate Mechanisms', Part of 'Linkage Design Monographs' (1976), chapter 42, pp.1-21, Editor A.H. Soni (Oklahoma State University).
- [9]. Dijkman E.A., 'How to replace the four-bar coupler motion by the coupler motion of a six-bar mechanism that does not contain a parallelogram', IFToMM-Symposium on Machines and Mechanisms University Research Work and its Application to Industry, Dublin, sept. 12, 13, 1974. Revue Roumaine des Sciences Techniques Serie de Mécanique Appliquée 21 (1976) 3 pp. 359-370.
- [10]. Dijkman E.A., 'How to design four-bar function-cognates', 4th World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, Newcastle upon Tyne, England 8-13 sept. 1975, Paper nr. 158 (Proceedings Vol. 4, pp. 847-853, Inst. of Mech. Eng.).

Groep (II) refereert aan (stangen-)mechanismen, die niet alleen eenzelfde baan kunnen produceren, maar dat ook nog met dezelfde (zo nodig variabele) snelheid doen in relatie tot de ingangsschakel. Indien bij voorbeeld de aandrijvende kruk van beide mechanismen bij het gelijktijdig doorlopen van de betrokken baan met dezelfde (zo nodig variabele) hoeksnelheid beweegt, spreken we van twee tijdsafhankelijke krommeverwanten.

Bij de stangenvierzijde bestaat in het algemeen maar één zo'n andere tijd-afhankelijke krommeverwant. Dit betreft dan een Deelconfiguratie van Roberts.

Groep (III) wijst op een gemeenschappelijk koppelvlak, waarvan de totale beweging, geometrisch gezien, identiek is.

Bij de stangenvierzijde treft men zulke koppelverwanten niet aan. Wel zijn er vele alternatieve zes-stangenmechanismen, die de beweging van het koppelvlak van een stangen- vierzijde kunnen regenereren, [9]. Zes-stangenmechanismen bezitten in het algemeen wel één of meerdere koppelverwanten (in een enkel geval zelfs oneindig veel).

Groep (IV) is een deelverzameling van de verzwagerde mechanismen uit groep (III). Dit komt, omdat behalve de voorgeschreven geometrische beweging van het koppelvlak, ook nog de wijze waarop dat gebeurt, in haar afhankelijkheid van de tijd, is voorgeschreven. Ook in dit geval bezitten alle zes-stangenmechanismen in het algemeen tenminste één ander tijdsafhankelijke koppelverwant. In een enkel geval zelfs twee of meer of zelfs oneindig veel, [8].

Groep (V) Functieverwanten, die betrekking hebben op het functionele verband tussen de hoekverdraaiingen van de uit- en ingaande schakel ten opzichte van het gestel, zijn er niet voor de stangenvierzijde. (Wel als het gaat om het functionele verband tussen de diagonaalhoeken in de stangenvierzijde, [10]).

Voor zes-stangenmechanismen bestaan ze wel. Zo zijn er bij voorbeeld oneindig kwadraat veel Watt-2 functieverwanten, drie Stephenson-2 functie- verwanten en twee Stephenson-3 functieverwanten.

Zie voor meer gedetailleerde bijzonderheden het bijgaande overzicht van de belangrijkste resultaten van de verzwagerde zesstangenmechanismen.

*) M.S.P. = Multiply Separated Positions

* *) Het oorspronkelijke mechanisme meegeteld

