

# Nieuwsbrief

## De rotatiemotor – door Hans Walrecht

Stoom in de luchtvaart kwam zeker voor (zie Nieuwsbrief 35, 36 en 71). Het was vooral succesvol bij de bestuurbare ballonnen of luchtschepen. Voor vliegtuigen was de stoommachine meestal te zwaar. De Rus Kostovich gebruikte in 1887 daarom als eerste een benzinemotor in zijn luchtschip, omdat op langere vluchten het totale gewicht van motor en brandstof bij stoomvoortstuwing veel ongunstiger uitpakte dan bij een benzinemotor.

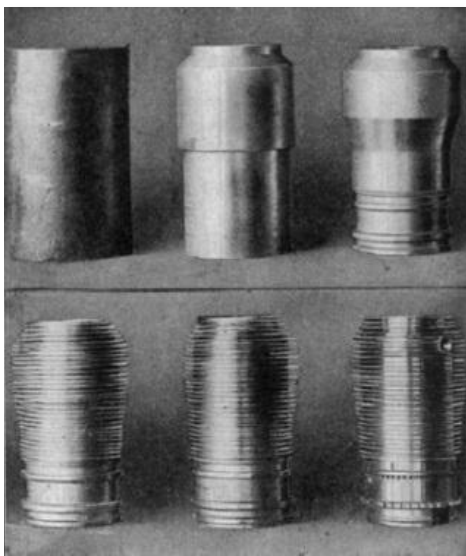
Men moest zich in de luchtvaart aanvankelijk echter behelpen met zware watergekoelde motoren van het lijn- of V-type. De heersende gedachte was: "Alle goede auto's hebben watergekoelde motoren". Er was ook luchtkoeling maar die werd vooral voor goedkopere motoren gebruikt.

Die eerste watergekoelde motoren werden vaak te heet, omdat de gietijzeren zuigers en cilinders de warmte niet goed afvoerden. De luchtgekoelde stermotor was ook al bekend maar vanwege de eveneens gietijzeren cilinders hadden die hetzelfde probleem als de watergekoelde motoren. Bovendien kon men bij deze gietstukken de koelribben nog niet dicht op elkaar krijgen, waardoor het koeloppervlak onvoldoende was.

Vanwege de koelproblemen ontstond aan het eind van de 19<sup>e</sup> eeuw de rotatiemotor, niet te verwarren met de Wankel motor. De rotatiemotor in dit artikel is een stermotor waarbij de krukas stil staat en de motor met propeller rond draaien. De Fransman Félix Millet kreeg in 1888 een patent op deze motor en in 1889 bouwde hij die in het achterwiel van een motorfiets.

### Gnome rotatiemotor

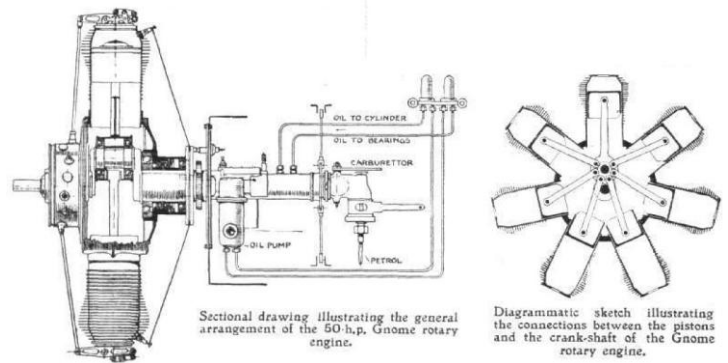
De Franse gebroeders Seguin pikten het idee op voor de luchtvaart. Ze stamden uit een familie van technici en hadden al stationaire benzinemotoren gebouwd. Laurent en Louis Seguin vatten in 1905 het plan op om een lichte, sterke en goed gekoelde motor te bouwen met de voor die tijd ongehoorde verhouding van 1kg per geleverde pk!



De eerste vliegtuigmotor die ze in 1908 bouwden was een vijf cilinder van ongeveer 35 pk. De uiteindelijke productie motor was de zeven cilinder 50 pk Gnome "Omega". Ze gebruikten voor de bouw het sterkste materiaal dat op dat

moment voor handen was: nikkelstaal. Ook kochten ze de beste Amerikaanse en Duitse draaibanken. Om het gewicht laag te houden werd elke cilinder uit een blok nikkelstaal van 44 kg gedraaid. De wanden van de cilinders waren slechts 1,5 mm dik. Dat kon ook bij een maximum compressie van 1:4,5. De zuigerstangen werden uitgefreesd om ze zo licht mogelijk te maken en het carter was ook uit één blok staal vervaardigd. Nu is deze werkwijze normaal in de luchtvaart, maar in 1908 was het nog heel ongebruikelijk. Hun product was het Zwitserse horloge onder de motoren en daar hing wel natuurlijk wel een prijskaartje aan.

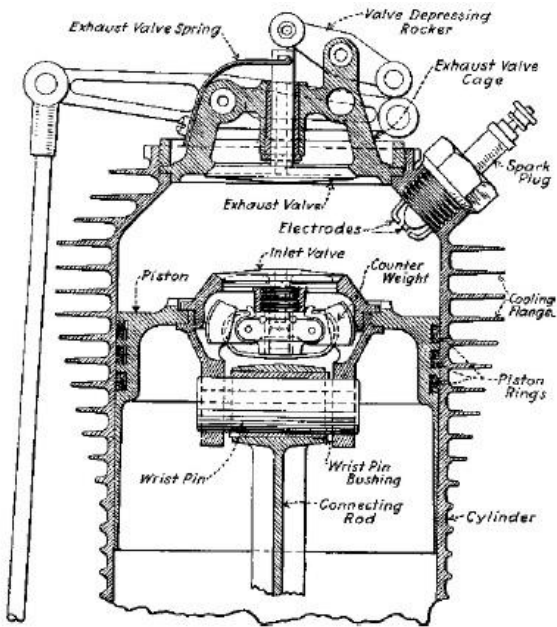
De zeven cilinder Gnome had net als andere benzinemotoren een eenvoudige carburateur. De bevestiging van de motor aan de romp van het vliegtuig bestond uit een holle buis die overging in de eveneens holle en stilstaande krukas.



Via de buis en de holle krukas kwam het benzine-lucht mengsel in het carter terecht. Vanwege het feit dat de vulling van de cilinders niet geweldig was en om het gevaar van carterexplosies te verminderen, hield men het mengsel rijk. De motor werd gesmeerd met wonderolie (*castor oil*), gemaakt uit noten. Deze olie werd gekozen omdat het weinig as achterliet bij de verbranding.

De wonderolie smeerde o.a. het cilinder-zuiger oppervlak. Per uur ging er zo'n 10 liter doorheen. Uiteraard kwam de olie ook in de verbrandingsruimte boven de zuiger terecht waar het gedeeltelijk verbrandde. Het restant verliet de uitlaatkleppen bovenop de cilinders, waar het de klep tuimelaars smeerde. Dit gaf een vette nevel van olie en verbrandingsgassen. Rotatiemotoren waren dan ook altijd omgeven door een kap met openingen aan de onderzijde. En nog zat de piloot onder de olie. Bovendien ademde hij het in en aangezien het wonderolie was moest menig piloot na afloop van een vlucht naar de wc rennen...

De inlaatklep van de Gnome zat in de zuiger. Als de uitlaatklep gesloten was ontstond er bij de neergang van de zuiger een gedeeltelijk vacuüm in de cilinder. Daardoor opende de inlaatklep in de zuiger zich en stroomde het rijke mengsel in de verbrandingsruimte. Op het onderste dode punt werd de inlaatklep dichtgetrokken door een veer.



Bij de omhooggaande beweging van de zuiger, voor de compressieslag, zou deze klep open geslingerd kunnen worden door de centrifugale kracht.

Om dit te voorkomen bevond zich in de zuiger een systeem met contragewichtjes dat door dezelfde centrifugale kracht de klep weer op de zitting trok.

### Monosoupape

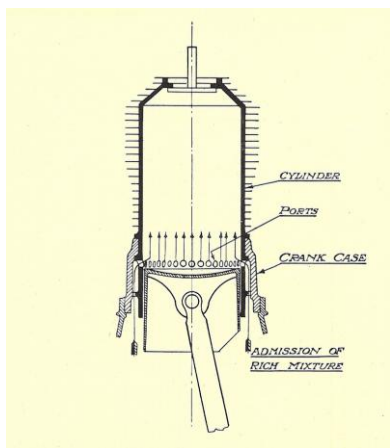
Vanwege de smering met wonderolie bleef de inlaatklep wel eens plakken. De gebroeders Seguin kwamen toen met een oplossing die wel iets op een tweetaktmotor leek.



Het geheim zat in een ring met openingen die vrijkwam als een zuiger in de onderste stand stond. De nieuwe motor kreeg maar één klep, de uitlaatklep. Daarom werd deze motor "monosoupape" genoemd. De timing van de uitlaatklep werd bij de monosoupape totaal anders.

Al tijdens de arbeidsslag werd de uitlaatklep geopend. Dat was geen probleem, want de benzine had begin vorige eeuw een laag octaangetal en de verbranding verliep snel. Op die manier kon een deel van het uitlaatgas onder druk snel ontsnappen.

Vervolgens bleef de uitlaatklep open staan, want nu volgde de echte uitlaatslag. De nu volgende inlaatslag zoog verse lucht aan, via de uitlaatklep, die nog steeds open stond. Pas als de neergaande zuiger een derde van zijn weg had afgelegd, werd de uitlaatklep gesloten.



Ook nu ontstond er weer een gedeeltelijk vacuüm en als de openingen onderaan de cilinder vrijkwamen, werd het rijke mengsel aangezogen. Hierna begon de compressieslag.

De monosoupape had wel een nadeel: hij was niet te regelen. Lucht werd aangezogen door de uitlaatklep en het lucht/brandstofmengsel ook nog eens via de holle krukas. Hij kon dus vol gas draaien of helemaal niet. Voor het vliegen was dat geen probleem want elke pk was welkom. Bij de landing was het iets lastiger, zeker toen de monosoupapes krachtiger werden. De piloten schakelden dan hun ontsteking uit met de "blijp switch". En weer aan, als dat nodig was. De roterende motor werkte als een behoorlijk vliegwiel, dus hij pakte gemakkelijk op als de ontsteking weer werd ingeschakeld. Tot men de motor te lang zonder ontsteking liet uitdraaien. Dan werden de bougies vet door de wonderolie en was opnieuw starten onmogelijk.

De mens is echter vindingrijk en al snel kwam er een ontsteking systeem waarbij de cilinders regelmatig niet ontstoken werden. Een schakelaar kon bijvoorbeeld op "halve kracht" gezet worden en dan werd elke cilinder eenmaal per acht omwentelingen ontstoken in plaats van vier. Bij "een achtste kracht" gebeurde dat eenmaal per 32 omwentelingen.

Het meesterstuk van de Sequins was de 200 pk "Delta Delta" met twee rijen van zeven cilinders.

### Clerget en Le Rhône



Het succes van de Gnome was ook andere fabrieken niet ontgaan. Pierre Clerget en Louis Verdet bouwden respectievelijk hun "Clerget" en "Le Rhône" motoren, waarbij ze vooral wat betreft de kleppen afweken van de Seguin patenten. Op de foto zien we een negen cilinder Le Rhône motor met een inlaat- en een uitlaatklep. Via koperen buizen werd het rijke mengsel naar de inlaatkleppen gevoerd. Bijzonder bij de Le Rhône was het feit dat één klepstoter een kantelend systeem voor de kleppen bediende. De in Frankrijk en Engeland gebouwde Clerget had gewoon twee klepstoters.

Er waren problemen met de Britse Clerget en Luitenant W.O. Bentley (toen al een auto ontwerper) verbeterde het ontwerp en bracht het zelf in productie. Hij gebruikte in zijn



motor aluminium cilinders waarin gietijzeren busen gekrompen waren. Eind 1917 stond er een rotatiemotor van 234 pk op de testbank.

Het succes van de rotatiemotor was ook in Duitsland opgevallen. De "Oberursel Motorenfabrik", die later eigendom werd van Anthony Fokker, bouwde kopieën van Le Rhône en Gnome motoren, zonder overigens de licentierechten te betalen, want het was immers oorlog.

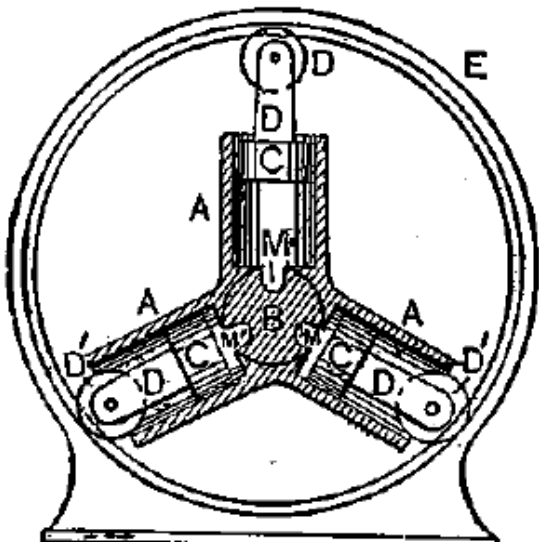
Siemens und Halske borduurde op de Clerget voort, maar door een planetair tandwiel stelsel draaide de propeller tegengesteld aan de motor. Zo werd de gyroscopische kracht van de motor deels opgeheven. Bovendien zorgde het tandwielstelsel ervoor dat de motor 1600 tpm draaide en de propeller 800.

(Op YouTube staat een interessant filmpje. Tik in het zoekvenster: "Oberursel UR-II Rotary Engine").

### Vliegwiel

De rotatiemotoren kwamen precies op tijd voor de Eerste Wereldoorlog en er zijn er dan ook tienduizenden gebouwd. Ze maakten 80% van alle motoren uit.

Het succes was te danken aan het feit dat ze licht waren, goed gekoeld konden worden en soepel liepen op de slechte benzine in die periode. De onregelmatige loop werd gelijkmatiger omdat de rotatiemotor als bonus ook nog eens als vliegwiel werkte. Bovendien bewogen de heen- en weergaande delen meer in cirkels dan in rechte lijnen, waardoor trillingen ook verminderd werden. Nadelen waren het hoge olieconsumptie, het flinke benzineconsumptie, de rondvliegende wonderolie en de gyroscopische werking van de motor.



Dat begon zeker een probleem te worden toen het vermogen richting 200 pk ging. Het beïnvloedde de besturing van het vliegtuig aanzienlijk. Daar de meeste rotatiemotoren vanuit de piloot gezien rechtsom draaiden, trok het vliegtuig bij een bocht naar links omhoog en bij een bocht naar rechts naar beneden. Dat laatste was veel gevaarlijker. De vlieger maakte dus bij voorkeur linker bochten. Wachtcircuits bij vliegvelden werden dan ook linksom gevlogen en daardoor zit de gezagvoerder anno 2015 nog steeds op de linker stoel...

Vrij snel na 1920 raakte de rotatiemotor in onbruik omdat de techniek inmiddels gevorderd was door o.a. het gebruik van aluminium, dat een betere koeling bood.

### En stoom?

Er zijn diverse rotatiemotoren gebouwd volgens het Wankel principe, dus met een ruimte tussen rotor en trommelwand die variabel van inhoud is. En net als tegenwoordig, zorgde de afdichting voor grote problemen. Dit type motor werd bij de spoorwegen en marine gebruikt om dynamo's aan te drijven. Al spoedig werden ze echter door kleine stoomturbines vervangen.

Motoren zoals de "Ruth's Rotary Engine" zijn een kruising tussen een rotatiemotor en een Wankelmotor. In de tekening zien we drie cilinders (A). Ze zijn met een as verbonden die excentrisch ten opzichte van de buitenring staat. Stoom wordt toe- en afgevoerd via de openingen M. Op YouTube staat een mooie animatie van deze Ruth. Deze motoren waren echter van marginaal belang.

(Meer over luchtvaarttechniek:

<http://www.hansonline.eu/wright100/techniek.htm>)

### Naamswijziging collectiestichting

– door het bestuur



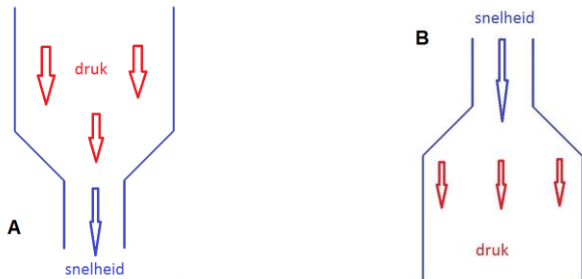
Tijdens de viering van het dertigjarig jubileum van het stoommachinemuseum maakte het bestuur van het stoommachinemuseum bekend dat zij heeft besloten om de naam van de collectiestichting te wijzigen van "Stichting Stoommachinemuseum Medemblik" in "**Stichting Stoommachinemuseum Kees Jongert**", om zo een blijvende herinnering te houden aan de oprichter van de collectie, Kees Jongert (14 februari 1949 \* - 26 oktober 2010 †).



## Centrifugale compressor en pomp

- door Hans Walrecht

Ik heb me eigenlijk nooit afgevraagd waarom een centrifugaalpomp druk levert. Ja, water wordt uit een waaier geslingerd en daarna weer vanuit het midden aangevoerd. Wel ben ik goed op de hoogte van de werking van compressoren in straalmotoren, maar door een afbeelding van een centrifugale waterpomp in het boek "Stoom" van de "Vereeniging Krachtwerktuigen" ging bij mij een lichtje branden: de centrifugaalpomp werkt volgens hetzelfde principe!



Ik begin op een voor mij vertrouwd terrein met een wet van de Zwitserse wis- en natuurkundige Daniel Bernoulli, die in de 18<sup>e</sup> eeuw leefde. Zijn wet komt erop neer dat als lucht of een vloeistof door een *convergerende* opening stroomt, de snelheid toeneemt (zie tekening A). Een voorbeeld is de tuinslang. Als we de uitstroomopening daarvan dichtknijpen neemt de snelheid toe en krijgen we een straal water die aardig ver komt. Omgekeerd werkt het ook: als de opening zich verwijdert, of *divergeert*, neemt de snelheid af en de druk toe (tekening B). Voor een divergerende opening wordt ook vaak het Engelse woord *diffuser* gebruikt.

Dat is het principe waarop de centrifugale compressor van een straalmotor werkt.

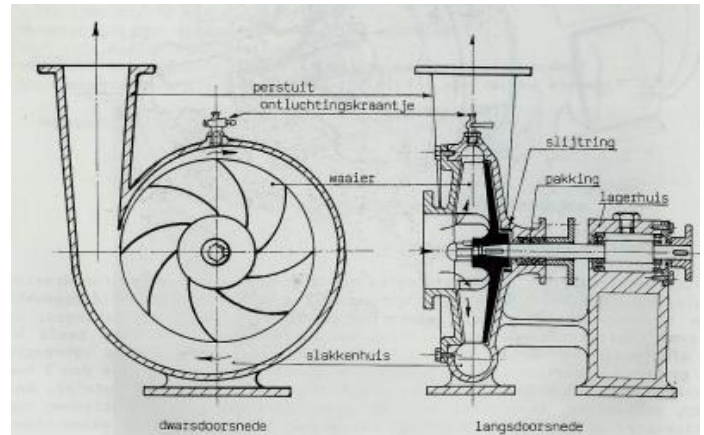
De eerste straalmotoren waren van het centrifugale type.



Het schoepenrad **S** in deze Rolls Royce "Nene" straalmotor is dubbelzijdig uitgevoerd. De lucht wordt met grote kracht tussen de schoepen uit geslingerd en voortdurend aangevuld via het midden van de twee schoepenraderen. De lucht die de schoepenraderen verlaat heeft een grote snelheid, maar op dit moment is het in feite nog niets anders

dan een grote haardroger. De divergerende opening **D** zet die snelheid echter om in druk. De drie geleidevaantjes (links) maken ook deel uit van het divergeren. De relatief kleine verwijding zet bij deze motor de hoge snelheid van de lucht om in een druk van ongeveer 4 bar. Er zijn rond de schoepenraderen negen van die punten waar de lucht afgevoerd wordt en snelheid omgezet wordt in druk. De gecomprimeerde lucht wordt vervolgens toegevoerd aan negen verbrandingskamers, waar brandstof wordt toegevoegd als een heel fijne nevel. Na ontsteken van het mengsel ontbrandt dit en het volgt een zichzelf onderhoudende verbranding. Het resultaat is stuwkracht die de motor aan de achterzijde verlaat. In de gasstroom bevindt zich een turbine die een deel van de energie uit de gasstroom haalt om compressor aan te drijven.

Iets later kwamen de *axiale* compressoren waarbij de luchtstroom parallel loopt aan de as van de motor. Draaiende vaantjes op de rotor geven de lucht snelheid en de stilstaande vaantjes (de stator) zijn als vleugeltjes uitgevoerd waarbij de vorm daarvan ook een divergerende werking heeft. En dus de druk verhogen. Veertien tot zeventien trappen (met elk een rotor en een stator) is niet ongebruikelijk. Moderne straalmotoren komen zo aan een druk van 40 bar na de compressor! Tot zover de straalmotor, of gasturbine.



Dit is een vergelijkbare afbeelding als in het boek "Stoom". Aangezien de wet van Bernoulli niet alleen voor een gas geldt, maar ook voor vloeistoffen, gelden hier dezelfde principes. Het water wordt uit het schoepenrad of de waaier geslingerd. Als we goed kijken zien we dat het pomphuis de vorm van een slakkenhuis heeft, waarin ook sprake is van een diffuser. Die verwijding is genoeg om een flinke druk te realiseren. Weer een link met de luchtvaart! En eigenlijk had ik dit kunnen weten want ook de negentiende-eeuwse centrifugale luchtcompressoren voor de mijnbouw hadden bij nader inzien een slakkenhuis.

De vereniging VRIENDEN van het Stoommachinemuseum Vier Noorder Koggen geeft deze Nieuwsbrief driemaal per jaar uit in een oplage van circa 1000 stuks. Redactie en vormgeving: Marcel van Meel. Druk: Puurdrukken b.v. – Grootebroek.

De vereniging heeft ten doel de belangen van het Stoommachinemuseum in brede zin te behartigen.

Het lidmaatschap bedraagt € 12,50 per jaar.

Wilt u het lidmaatschap beëindigen, meld dit dan schriftelijk of per e-mail uiterlijk 1 december van het lopende jaar.

Secretariaat: Graaf Willemstraat 186, 1611 HN Bovenkarspel.

Telefoon: 0228-513187

Bankrelatie: NL17INGB0004378100

E-mail: info@stoomvrienden.nl

Website: <http://www.stoomvrienden.nl>

