

Bijzondere motoren die niet op stroom lopen

Alternatieve aandrijforganen

Hoewel alle aandacht nu uitgaat naar elektrisch rijden, geven experts toe dat het de eerstkomende tien tot twintig jaar een klein deel van de markt blijft. Voor de andere negentig procent moeten we aan zuiniger verbrandingsmotoren blijven werken. Hobbyisten en professionals denken ook daarvoor aan radicale veranderingen. AMT brengt enkele fantastische mogelijkheden voor het voetlicht.

In het najaar van 2008 brachten we onze Nieuwsbrieflezers de aankondiging dat Lotus Engineering, samen met Jaguar en de universiteit van Belfast, de Omnivore-motor ging ontwikkelen. Het zou een tweetakt met variabele compressie worden, ideaal aangepast om op alcohol, benzine of willekeurige mengsels daarvan te lopen.

Lotus Engineering gelooft nogal in alcohol als autobrandstof. Er zijn dan geen volledig nieuwe motoren nodig, of volledig andere tankstations. Uiteindelijk zou synthetische alcohol gemaakt kun-

nen worden uit waterstof en kooldioxide. En dan rijden auto's volledig klimaatneutraal, ze hergebruiken hun eigen CO₂! Zo is een geleidelijke overgang mogelijk met deze motorische alleseters, omnivoren in biologische termen, die elk mengsel van alcohol en benzine lusten.

Omnivore met variabele compressie

De alcoholsoort methanol heeft een betere klopvastheid dan superbenzine, maar ook een lagere energie-inhoud per liter. Op methanol gaat de

motor meer verbruiken. Anderzijds, bij een flink aandeel methanol in de brandstof kan de compressie omhoog, wat het verbruik weer drukt. Hoe doen we dat, de compressie tijdelijk verhogen, zo lang we methanol verbranden? Met turbodruk kunnen we de effectieve compressie verhogen. Alleen gaat dat niet best bij lage motorlast, dus weinig uitlaatgas.

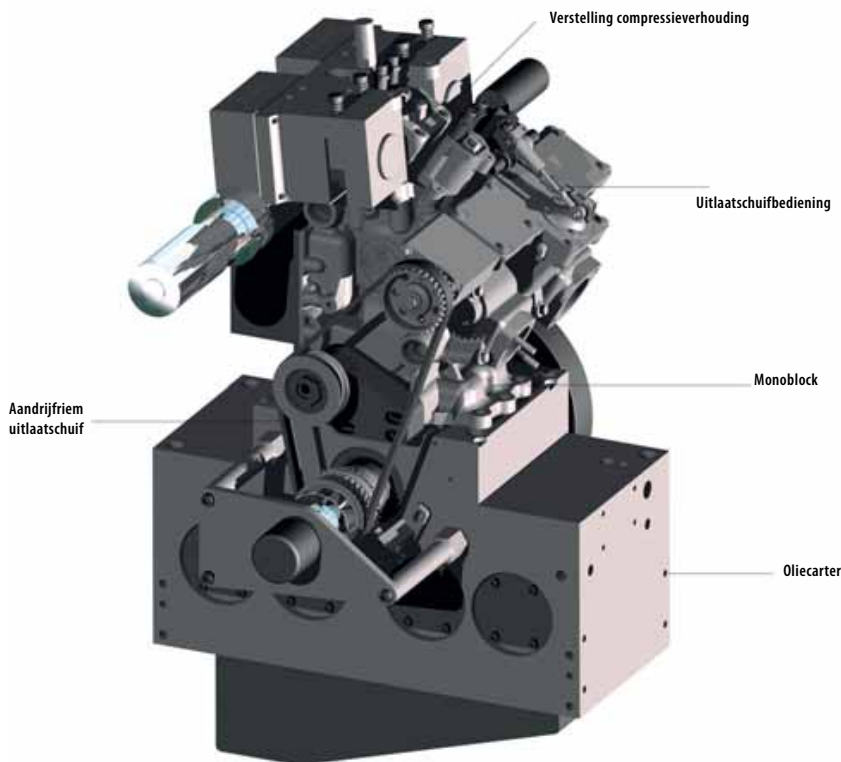
Het meest draait de motor op lage last, dus willen we liever een andere methode voor variabele compressie. Als we een tweetakt nemen verhoogt dat het rendement, dacht Lotus. Het leuke van een tweetakt is dat er geen kleppen in de kop zitten. Dat maakt het makkelijker om met een verstelbare kop de compressie aan te passen. Bovendien houdt Lotus van de simpele monoblock motorconstructie, met cilinder en kop als één geheel. Lekker stabiel, goedkoper te produceren en op te bouwen, zonder pakkingen en bouten.

In het cilinderdak maakte Lotus een 'puck', een per excenter mechaniek in- en uitschuifbare schijf. Zonder kleppen die open moeten kunnen kan de zuiger tot vrijwel tegen het cilinderdak komen, waar de met zuigerveren en een O-ring afgedichte 'puck' een extra kamer kan vrijmaken, zodat de compressie van 40:1 tot 10:1 variabel is.

Zelfontsteking en regelbare uitlaat

Daar kunnen we nog iets leuks mee, dacht Lotus, als we de compressie niet alleen aanpassen op de alcohol-/benzineverhouding, maar ook op de motorlast. Dan maken we HCCI, een motor die met zelfontbranding werkt. Ook bij lage last, iets wat nog geen ander lukt, zonder zo'n enorm verhoogbare compressie.

Toen ze toch bezig waren, pakten ze meteen de Atkinson-cyclus mee. In wezen is de Omnivore-motor een klassieke poortgestuurde tweetakt. Alleen niet met aanzuiging via het carter. Er wordt met een compressor lucht ingeblazen, en er is sprake van directe brandstofinjectie met een Orbital FlexDI-systeem. Dat mengt een beetje lucht bij de ingespoten brandstof. Probleem blijft dat de in- en uitlaatpoorten vaak te lang beide open



De Lotus-proefmotor ziet er wel een beetje ingewikkeld uit. Een getande riem drijft vanaf de krukas de schuiven in de uitlaatpoorten. Een heel gevaarte bovenop bedient de schijven die de compressieverhouding variëren. Tussen de schijven- en schuivenhuizen past nog net een Orbital-inspuitventiel.



Dit ingewikkelde gietstuk is de kern van de Omnivore-motor: cilinder plus kop uit één stuk. Bovenin het gat voor de verstelbare compressie, opzij de uitlaatpoort.



Ook al geen simpel mechaniek, een uitlaatschuif met bedieningsarm.

staan, en dat is slecht voor compressie en cilinderspoeling. Daarom werkte Lotus een per excenter bediend luikje uit, dat de uitlaatpoort van bovenaf deels kan afsluiten. Nu kan de expansieslag langer worden, met het luikje omlaag, terwijl daarna bij de compressieslag het luikje weer opent. Nu hebben we een langere expansie- dan compressieslag (Atkinson). En we kunnen dat regelen, via de bedieningsarm van de uitlaatschuif. Want er is regeling van inwendige EGR nodig om HCCL-zelfontbranding te helpen sturen. Mooi bedacht, en het werkt ook nog. De eerste tests met een 500 cc enkelcilinder proefmotor leverden bij gematigd toerental tien procent verbruikswinst. En dat is in vergelijking met de allerbeste conventionele benzinemotoren, met straalgeleide directe injectie. Dan spreken we van de nieuwste Mercedes CGI- of BMW HPI-motoren. Hierbij zegt Lotus dat de NOx-uitstoot laag ligt, terwijl de HC/CO-uitstoot op gelijk niveau ligt met een viertakt benzinemotor. Hoe de Omnivore het doet op alcohol is nog een vraag. Maar voorlopig ziet het er veelbelovend uit.

Kromme dubbelzuigermotor

Er blijft altijd hoop op een wondermotor, die veel presteert en weinig verbruikt. Begin vorig jaar schreven we over de Achatos dubbelzuigerdiesel, die het wonder waar zou maken. De Belgische constructeur Devaere presenteerde iets nog mooiers, namelijk zijn toroidale dubbelzuigermotor. We zien dat Achatos dit jaar een nieuwe website ontwikkelde, met een nog mooiere tekening hoe een viercilinder dubbelzuigermotor eruit zou gaan zien. Er werd ook meer durfkapitaal aangehouden, om de ontwikkeling voort te zetten. Maar concreet lijkt het bij dit Amerikaanse uitvindersbedrijf nog steeds te gaan om een éencilinder proefmotor, de veertigste versie die sinds 2004 werd uitgewerkt. Helemaal schoon blijkt deze tweetakt diesel toch niet te lopen, aan oplossingen daarvoor wordt nu gewerkt. Het zou nog wel drie tot vijf jaar duren voor een productierijpe hele motor klaar is. Ondertussen wordt met een scheef oog gekeken naar het ook in de VS ontstane EcoMotors, dat eveneens werkt aan een dubbelzuiger tweetakt diesel. Maar net als Achatos hebben ze nog geen licentienemers, en geen testresultaten die aantonen dat deze motor buitengewone voordelen biedt. Bij EcoMotors dachten ze dit jaar een productierijp ontwerp af te kunnen hebben, zagen we in 2009. Sindsdien is er niet zichtbaar iets bereikt, behalve dan aantrekken van meer goedwillende investeerders.

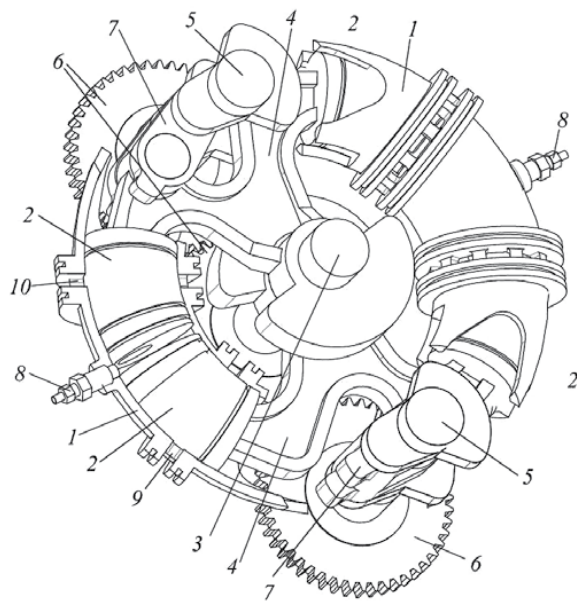
Ronde tweetaktmotor

Het idee lijkt aantrekkelijk. Een tweetakt levert hoge prestaties, met dubbel zoveel arbeidsslagen als een viertakt. Kleppen heb je niet nodig, dat scheelt in aantal onderdelen en gewicht. Met twee zuigers die tegenover elkaar in een cilinder staan



Constructeur Devaere doopte zijn ronde motor TROPE, voor Toroidal Opposed Piston Engine. Aan twee kanten ziet u onder de uitlaat, boven de inlaat en ertussen inspuiventielen. Er zouden hier viermaal vier zuigers aan het werk zijn.

spaar je een cilinderkop uit, en het warmteverlies daarvan. Ook handig voor de cilinderspoeling bij een tweetakt, je kunt één zuiger voor de inlaatsturing en de andere voor de uitlaat gebruiken. Een probleem is dat je twee krukassen nodig hebt, en die moet koppelen aan één uitgaande as. Dat maakt de motor zwaar en omvangrijk. Het voordeel van veel vermogen en weinig onderdelen wordt zo verkleind. Hiermee komen we bij de toroidale motor, een dubbelzuiger type met gebogen cilinders. Een ronde constructie met een soort krukas in het midden. Al mooier dan een recht dubbelzuiger motorblok met aan twee kanten krukassen. Bovendien heb je geen twee rechtlijnig heen en weer gaande massa's per cilinder, wat zware mechanische belasting geeft en geen hoge toerentallen toelaat. In een ronde motor heb je een om een middelpunt heen en weer draaiende massa. Het is alleen constructief al een enorme uitdaging.



De toroidale motor van binnen, met bij 2 de kromme zuigers, en een heel ingewikkeld samenstel van drie assen met krukken om ze te laten bewegen.

Maak cilinders als een rond gebogen buis, maak daarin bijpassende kromme zuigers. Verzin dan nog iets om twee zuigers in een cilinderpijp tegengesteld te laten bewegen vanaf een centrale as. En bedenk hoe je dat gaat smeren.

Historische voorbeelden

Constructeur Franky Devaere heeft zich op zo'n ontwerp gestort. Vooral het als een duikeleendje heen en weer laten zwaaien van de zuigers vanaf een ronddraaiende as is lastig te realiseren. Devaere werkte het uit tot een viercilinder tweetak, maar laat het bij computertekeningen. Nu studeert hij op een dubbelzuiger motor met variabele compressie die op een homogeen mengsel loopt. Ofwel HCCI, de benzinemotor met zelfontsteking.

Onze Belgische tipgever gaf voorbeelden van andere toroidale dubbelzuigerconstructies. Hij noemt de Omega-motor van de Brit Granville Bradshaw uit de jaren vijftig, en een patent van de Amerikaan Wolff uit de jaren dertig. Waar hij ook op wijst is de Niama-Reisser motor, van alweer een Amerikaans uitvindingsbedrijf dat de loop der historie denkt te wijzigen. Heinz-Gustav Reisser bedacht in 2004 opnieuw de toroidale dubbelzuiger motor, en richtte daarna het constructiebureau Niama-Reisser op dat onder meer die motor ontwikkelt.

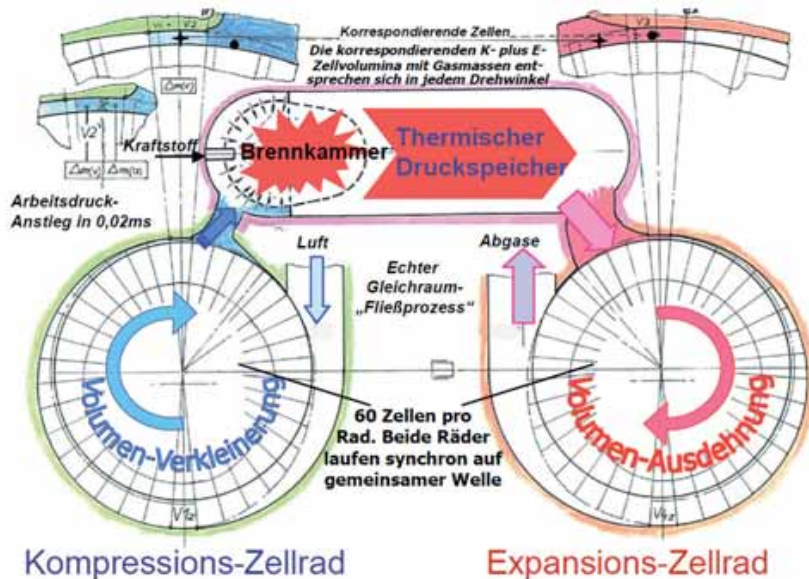
Zelf spoorden we in 2007 de MYT-motor van Angel Labs op. Met weer het dubbelzuiger tweetak diesel idee, dat in een heel klein aggregaat wel 3000 pk zou kunnen leveren. In 1954 bracht AMT een artikel over een Commer bedrijfswagenmotor, met rechte dubbelzuigerdiesel (zie maandossier www.amt.nl/februari2011). Er zijn dus in het verleden al zulke motoren geproduceerd, maar wonderen in prestaties en verbruik bleven uit. Of het wonder nu nog geschiedt valt helaas te betwijfelen. Maar als het ergens in deze constructie schuilt, dan vinden de uitvinders van vandaag het misschien.

Help de drukcelmotor!

Het mag langzaam maar duidelijk zijn dat onze huidige automotoren het niet lang meer gaan maken. Met de drukcel kun je het brandstofverbruik halveren. Alleen is er nog wat hulp nodig bij de ontwikkeling.

Wat is eigenlijk een drukcelmotor? Hij bestaat uit drie delen, waarbij de drukcel letterlijk centraal staat. Ervoor zit een compressor, erachter een expansiemachine die identiek kan zijn aan de compressor. Dat zouden bijvoorbeeld een zuigercompressor en -motor kunnen zijn.

In de drukcel vindt de verbranding plaats, net als bij een straalmotor gaat dat continu. Er kunnen allerlei gassen en vloeistoffen verbrand worden, zoals benzine, diesel, aardgas, of (bio)ethanol. Je kunt die verbranding goed controleren, zodat hij volledig verloopt zonder onverbrande resten. Bij een temperatuur die niet zo hoog is dat NOx ont-



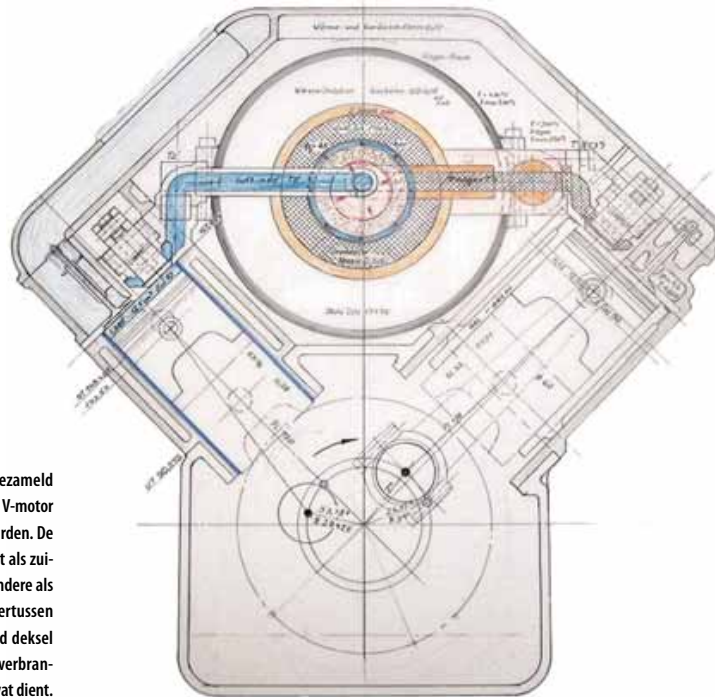
Zo had ontwerper Reitz zich de ideale motor voorgesteld. Identieke compressor en expander op één as, met rotors voorzien van verende schotten. Daartussen een verbrandingskamer en geïsoleerd drukvat, dat ook als drukbuffer kan dienen.

staat. Dus compleet schoon, al houd je wel CO₂-productie. De druk die deze continue verbranding oplevert blijft om te beginnen in het geïsoleerde verbrandingsvat, de drukcel. Een gekoelde compressor levert lucht voor de verbranding. Uit de drukcel kan gas naar de expansiemachine stromen, zodat arbeid wordt geleverd. De compressor zit op dezelfde as als de expansiemachine. Omdat compressie en expansie gescheiden zijn

kan de machine ook zo uitgevoerd worden, dat de expansieruimte groter is dan de compressieruimte. Zodat volledige expansie van het verbrandingsgas binnen bereik komt. Dat betekent een hoger rendement.

Stukken zuiniger?

Deze motor zou nooit stationair draaien. Als geen aandrijving nodig is stopt hij, de verbranding gaat



Als genoeg geld ingezameld kan worden zou deze V-motor beproefd kunnen worden. De ene cilinder(rij) dient als zuigercompressor, de andere als werkcilinders. Met ertussen onder een geïsoleerd dekfel de trommel die verbrandingskamer en drukvat dient.

ook uit. Maar pas als de drukcel op druk is, zodat op die drukreserve de motor op wens weer kan starten. Theoretisch zou 50% rendement uit de drukcelmotor kunnen komen, haast het dubbele wat een benzinemotor haalt. Neem je het niet stationair lopen erbij, dan kom je wel aan 50% besparing. Het allermooist zouden roterende compressie- en expansiemachines zijn. Geen trilling van heen en weer gaande beweging, geen aanzuigverliezen van een zuigermotor. Zo werd de eerste drukcelmotor bedacht en gebouwd door Johannes Reitz. Een werktuigkundig ingenieur, die lange tijd werkte in de Duitse auto-industrie aan motorontwikkeling. Bij zijn pensionering in 1993 begon hij de drukcelmotor uit te werken, in 2010 overleed hij. Samen met de technische hogescholen van Heilbronn en Wismar werkte Reitz zijn motor uit tot een proefmodel. Als compressor en expansiemachine wilde hij schottenverdringers gebruiken, hetzelfde idee als de nu veelgebruikte schottenpomp voor motorsmering.

Vrijwel alleen roterende delen, relatief simpele bouw, weinig behoefte aan smering. Maar toen de eerste schottenmotor getest werd bleek er veel te veel lekkage langs de schuivende schotten te zijn. Een verbeterde versie ontstond nadat in 2003 een 'belangenvereniging voor de drukcelmotor' werd opgericht, die geld en behulpzame technische ideeën inzamelt. Maar helaas liep in 2007 het verbeterde prototype ernstig averij op. Geld om een nieuw prototype te maken is er niet meer. De gedachte is nu om een zuigermotor om te bouwen, met een drukcel erop, om te meten of het berekende hoge rendement er in de praktijk uitkomt. Daarom wordt het papieren idee nu links en rechts in de openbaarheid gebracht. Zo hoopt de belangenvereniging de nodige sponsors te interesseren.

Lontra mescompressor en motor

Met Britse overheidssteun voor nieuwe technologie zou een consortium van Lontra, Ricardo en Ford een demo-auto met downsized compressor-motor willen produceren. Kern van de zaak is de Lontra mescompressor, met voordelen tegenover andere mechanische compressors. Je zou er zelfs een motor van kunnen maken.

Lontra is een Engels uitvindingsbedrijfje waar de mescompressor bedacht is. Onder meer voor gebruik bij automotoren, waar gerenommeerd motorspecialist Ricardo de helpende hand toesteekt. Ford is erg geïnteresseerd in downsizen van motoren, en wil wel weten of er wat beters is dan turbo's. Lontra zegt dat hun mescompressor een 20% hoger rendement heeft. Hij zet dus beter energie om in druklucht.

Daar komt bij dat de opbrengst goed regelbaar zou zijn in volume en druk. In de compressor zelf, niet door het ding sneller te laten draaien, of overtoellige druk af te blazen. De luchtopbrengst van de mescompressor kan perfect aangepast worden aan de behoefte van de automotor. Dat vergemakelijkt maximale downsizing, waar andere com-

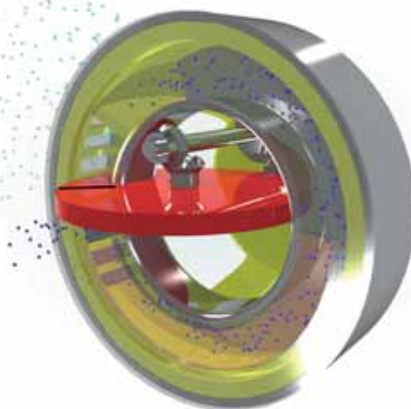


Zo ziet een mescompressor er van buiten uit. Rechts de aandrijving, links de aanzuigtuit, middenin de druklucht-uitlaat.

pressors op een heel klein motortje óf bij laag toerental, óf bij hoog toerental genoeg pompen, nooit allebei.

Dubbelwerkend mes

Hoe krijgen ze dat voor elkaar? Om daarvan een idee te krijgen is zware kost voor de hersens. Het mes binnenop een draaiende ring werkt als dubbelwerkende zuiger. Achter het mes wordt lucht aangezogen, voor het mes uit vindt compressie plaats. Voorop de compressor zit de aanzuiging,



Zonder animatie, die u vindt in het maanddossier www.amt.nl/februari2011, is nauwelijks te bevatten hoe dit werkt. De glanzende binnenring staat stil, de rode schijf draait, mechanisch gekoppeld aan de gele rotor in het stilstaande grijze huis. Aan die rotor zit het 'mes' dat precies door de spleet in de rode schijf heen draait. In dit beeld komt van voren de verse lucht, die door de linksom draaiende rotor wordt meegezogen. Voor het mes uit wordt lucht, die niet langs de rode schijf kan, uit de radiale poorten weggeperst.

op de buitenrand een uitlaatpoort. Een dwars in de ring-met-mes roterende schijf houdt aanzuigen en compressiekant gescheiden. Ring en schijf hebben gekoppelde aandrijving, zodat de zaak gesynchroniseerd blijft, om het mes op het juiste moment door een opening in de schijf te laten gaan.

De regeling gebeurt met een schuif voor de aanzuigopening. Hoe verder je die afsluit, hoe eerder de compressie begint en hoe hoger de compressiedruk oploopt. Ook wordt meer lucht verpompt. Lontra noemt als voordeel dat de mescompressor met constant toerental kan draaien, terwijl toch de druk regelbaar is. Er is wel uitwendige aandrijving nodig. Dat zou een elektromotor kunnen zijn.

Lindsey-motor

Steve Lindsey, die dit allemaal uitvond, denkt voorzichtig verder aan een motor. In zijn visie kun je het mes zien als een zuiger, die door een cirkelvormig gebogen cilinder loopt. Als je er nu twee achter elkaar zet, met een brandstofvoorziening ertussen, krijg je de Lindsey-motor. De eerste compressor zorgt voor aanzuigen en comprimeren, dan brandstof inspuiten, in de tweede compressor vindt expanderen en uitlaten plaats. Juist, dan krijg je zoiets als de hiervoor beschreven drukcelmotor, met roterende compressie- en expansiemachines. Een theoretisch ontwerp liet in 2004 volgens Lontra 30% verbruiksbesparing tegenover conventionele motoren zien. Eerst maar eens zien hoe Ricardo deze compressor in een Ford verwerkt. Voorwaarde voor de subsidie van de Britse Technology Strategy Board is dat een project maximaal een jaar loopt. Dat betekent dat de projectpartners nog dit jaar vóór de zomer moeten tonen of het werkt.