

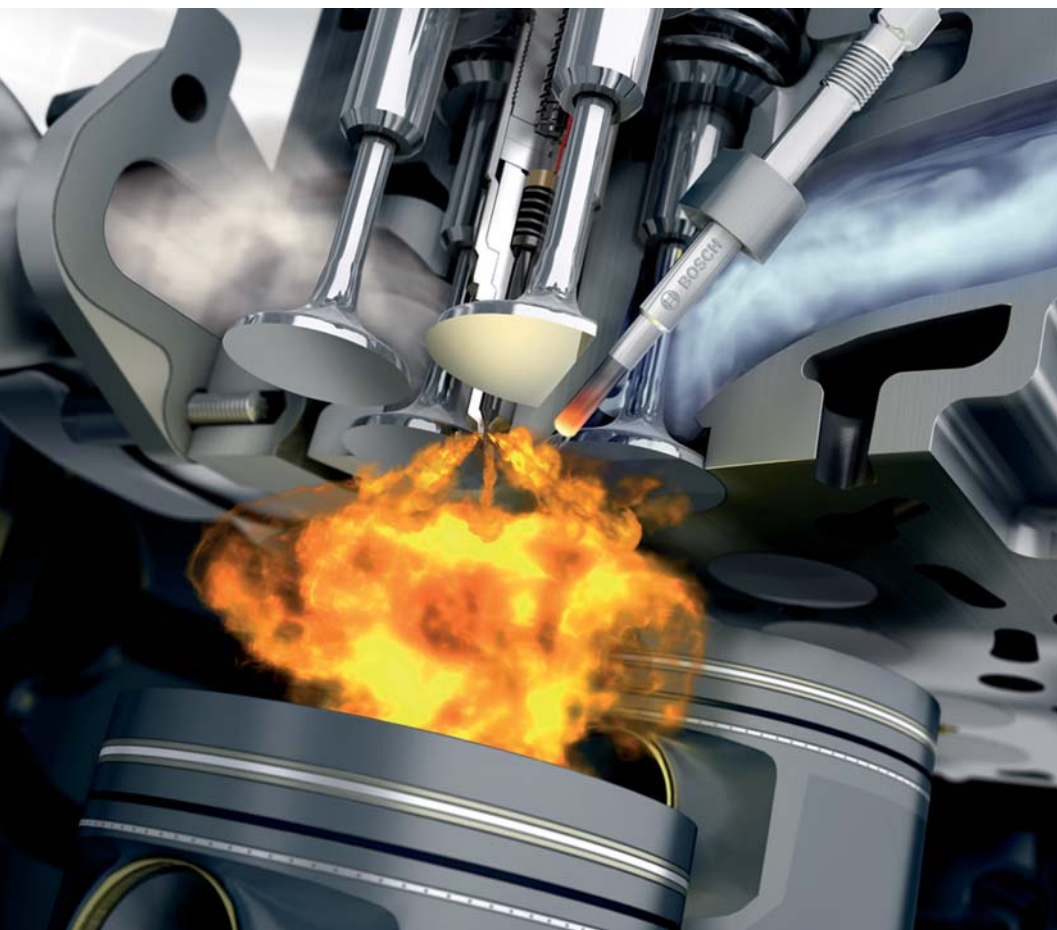
**Auto & Motor
TECHNIEK**

© **WWW.AMT.NL** - Dé internetsite voor de Automotive Professional

Motor eenderde zuiniger, accu eenderde goedkoper

Bezuinigen volgens Bosch

Naar goede traditie nodigde Bosch ons uit om bij te praten over een reeks toekomstontwikkelingen. Directievoorzitter van de voertuigafdeling Bernd Bohr benadrukte dat het natuurlijk ook voor Bosch crisis is, maar dat ontwikkeling en research toch gewoon doorgaan. Vooral staan in motor- en aandrijftechniek veel spannende dingen te gebeuren, om de aardolieconsumptie en CO₂-productie te reduceren.

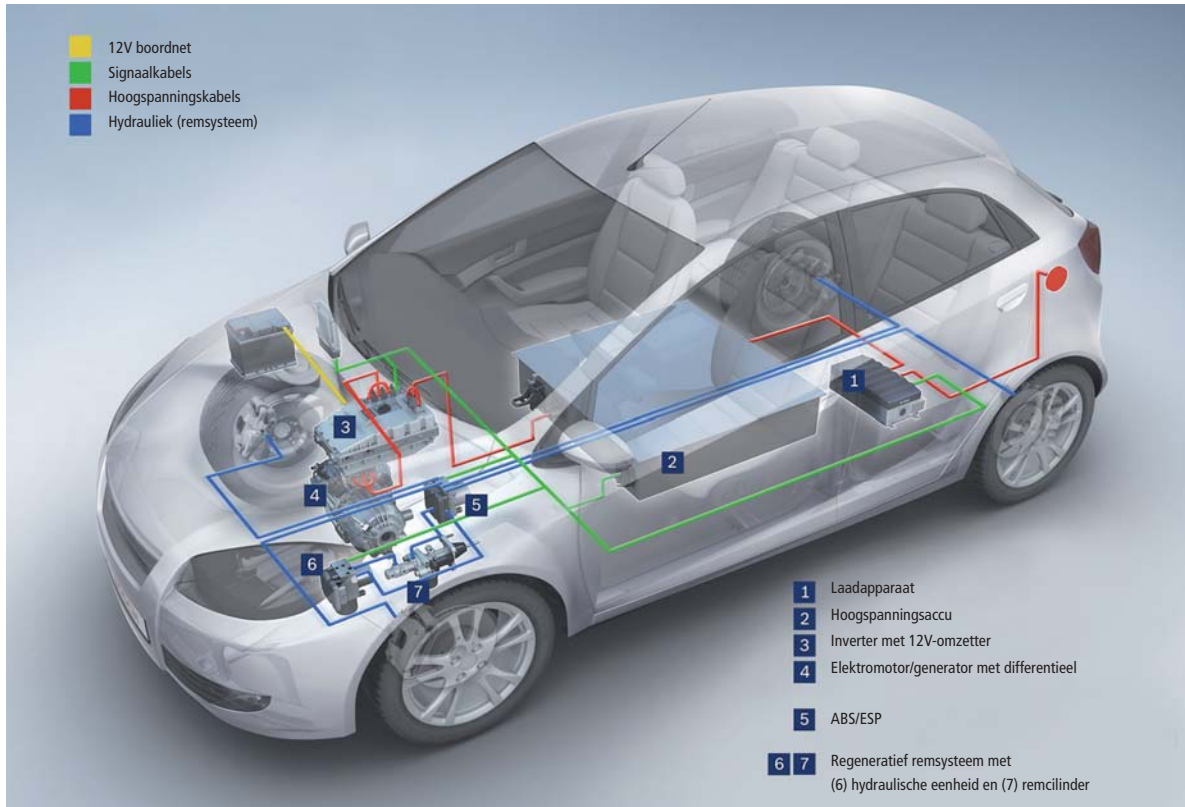


Regelmatig houdt Bosch, als grootste toeleverancier in de automotivebranche, persbijeenkomsten om op de nieuwste ontwikkelingen vooruit te blikken. Belangrijke autotechnische primeurs worden al jaren ontwikkeld bij toeleveranciers, voordat een autofabrikant met de eer als eerste gebruiker gaat strijken. Het betekent wel vaak dat Bosch een nieuwtje pas mag noemen als de eerste afnemer al bezig is met productievoorbereiding. Dus niet meer dan één of twee jaar vooruitkijkend. Deze keer werd het veel meer een strategische blik over langere termijn. Als thema's stonden veiligheid en milieu voorop. Met nadruk op dat laatste, want in autoveiligheid liggen nauwelijks nog revolutionaire sprongen vooruit in het verschiet, eerder uitbreiden en verfijnen. Wat het milieu betreft lijkt er wel revolutie op til. Er wordt aanzienlijke reductie in de CO₂-uitwerp verlangd. Het schijnt dat we daarvoor deels elektrisch gaan rijden. Diesels zouden hun langste tijd gehad hebben. Bij benzinemotoren moeten flinke ontwikkelingsstappen gevonden worden. Bosch zit er middenin, met de voertuigsector als grootste bedrijfspoot. Voor hen is van levensbelang waar het echt heen gaat, op die grote lijnen ging directeur Bernd Bohr eerst in.

Het belang van omvang

Onvermijdelijk moest hij iets zeggen over de crisis in autoland. "Natuurlijk treft dat ook Bosch zwaar, maar we proberen het op te vangen met bezuinigen zonder ontslagen. Alleen

Een mooi beeld, vindt u niet? Bosch voorspelt dat dit nog vele jaren in veruit de meeste auto's te vinden zal zijn, voordat we allen overschakelen op onzichtbare elektriciteit.



Plug-in hybride of volledig elektrische aandrijving blijft nogal kostbaar. Bosch wil het volledige systeem kunnen leveren, met zelf ontwikkelde onderdelen.

moet voor banengarantie in het tweede halfjaar de markt niet nog slechter worden. Maar hoe dan ook is deze crisis tijdelijk. Wij investeren dit jaar onveranderd drie miljard euro in ontwikkeling en onderzoek voor de toekomst." Bohr onderstreept dat in die toekomst nog tientallen jaren de verbrandingsmotor meedraait. Elektrische aandrijving zal eerst in heel bescheiden mate opkomen. "Ook over enkele

jaren zal een accupakket nog evenveel kosten als een kleine auto, tussen € 8.000,- en 12.000,-. Wij denken dat in 2015 wereldwijd een half miljoen elektrische auto's verkocht worden, minder dan een procent van de totale autoverkoop. Pas in 2020 komt het echt op gang." Daarbij wijst Bohr erop dat elektrisch rijden niet per definitie het CO₂-probleem oplost. "Het hangt sterk af van de methoden voor

stroomopwekking. Frankrijk gebruikt bijvoorbeeld veel kernenergie, Duitsland meer kolen centrales, China zal een nog groter aandeel stroom opwekken met kolen. Voor Duitse stroom gerekend levert puur elektrisch rijden toch 120 g/km CO₂ op. Door optimalisering kan dat wel naar 100 g/km omlaag, maar dat kunnen we ook bereiken met benzine- en dieselmotoren."

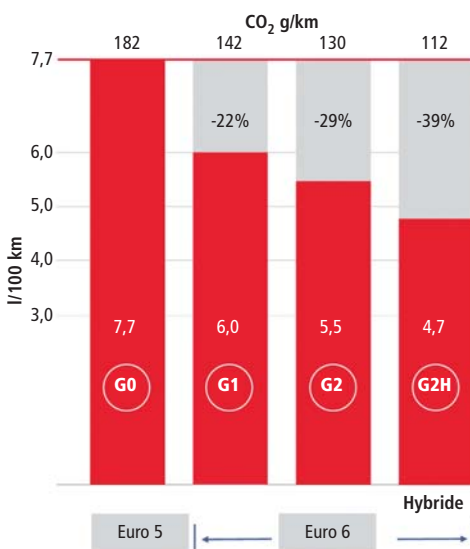
Een punt van zorg is de kostprijs van accu's. Over de verbetering daarvan zegt Bohr: "Europa en de VS moeten zorgen niet achterop te raken. In China en Japan is er een duidelijk regeringsprogramma om deze ontwikkeling te sturen en steunen. Het is zeer te wensen dat er niet teveel accuproducenten komen, om hoge ontwikkelkosten over een grote productie te kunnen spreiden. Anders blijven accu's veel te duur".

Ook bij ontwikkelingen in veiligheid noemt Bohr voldoende bedrijfsomvang een vereiste. "Wij zien veel in navigatie om de rijveiligheid uit te breiden. Daarvoor moet navigatie samenwerken met allerlei boordsystemen in de auto. Zoiets kan alleen een toeleverancier ontwikkelen die ook al deze boordsystemen in huis heeft."

Elektrisch rijden met beperkingen

Hoewel elektrisch of hybride rijden zeker niet op korte termijn de standaard wordt, gaan we eerst in op wat Bosch daarover zegt. Het is immers de meestbesproken actualiteit. Hierover laat Wolf-Henning Scheider, leider van de afde-

Verbruiksvoordeel met nieuwe benzinemotoren

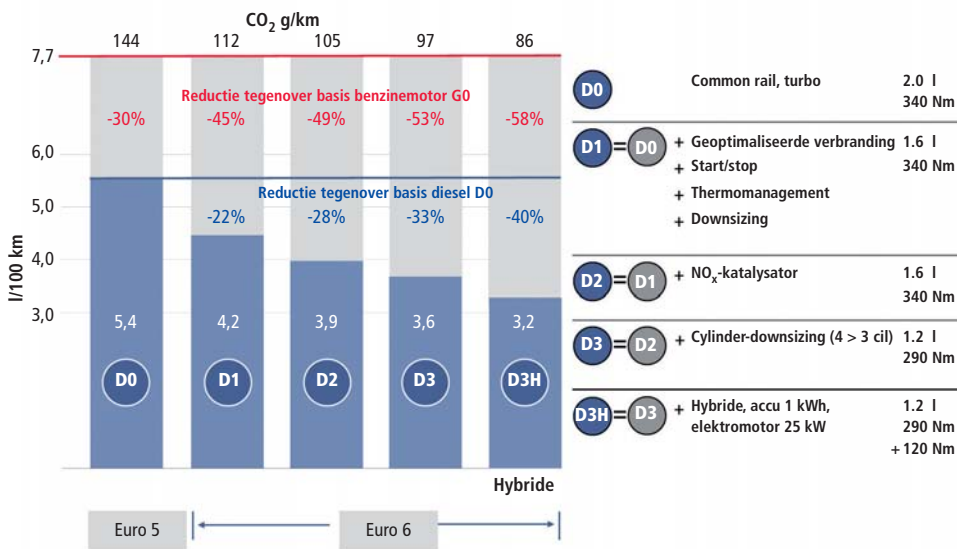


G0	Indirecte injectie	2.0 l 200 Nm
G1 = G0	+ Directe injectie + Downsizing, start/stop + Thermomanagement + Compressor	1.4 l 210 Nm
G2 = G1	+ Cylinder-downsizing (4 > 3 cil) + Variabele klepsturing	1.1 l 204 Nm
G2H = G2	+ Hybride, accu 1 kWh, elektromotor 25 kW	1.1 l 204 Nm + 140 Nm

Totaalgewicht 1400 kg, 100 kW, NEDC
G0-G2: handschakeling
G2H: automaat

Deze vergelijkingsgrafiek toont de besparingsmogelijkheden van de benzinemotor, met als voorwaarde dat het maximum koppel en daarmee het prestatieniveau niet afneemt.

Verbruiksvoordeel met nieuwe dieselmotoren



Bij de diesel houdt Bosch deze ontwikkeling van verbruik en CO₂-uitstoot voor mogelijk. Ter vergelijking bovenaan wat de 'standaard benzinemotor G0' presteert.

ling Benzinesystemen, zijn licht schijnen. Met om te beginnen een goede reden voor overstap op elektromotoren. "Op een kWh energiewaarde van de brandstof komt een verbrandingsmotor 1,5 tot 2,5 km ver. Met een dieselhybride kun je dat oprekken tot maximaal 3,2 km. Een elektromotor haalt meer dan 6,5 km uit een kWh."

Daar moeten we dus heen, elektrische aandrijving. Het eerst in mega-steden, waarvan er steeds meer ontstaan. Daar is het belangrijk de lucht schoon te houden, en worden kortere ritten gemaakt die goed elektrisch kunnen. Vooral in China ziet Bosch een groot potentieel voor elektrisch rijden, omdat daar de massamotorisering pas begint. Men is nog niet gewend aan de eigenschappen van huidige auto's, en dus meer bereid een beperkte topsnelheid en actieradius te accepteren.

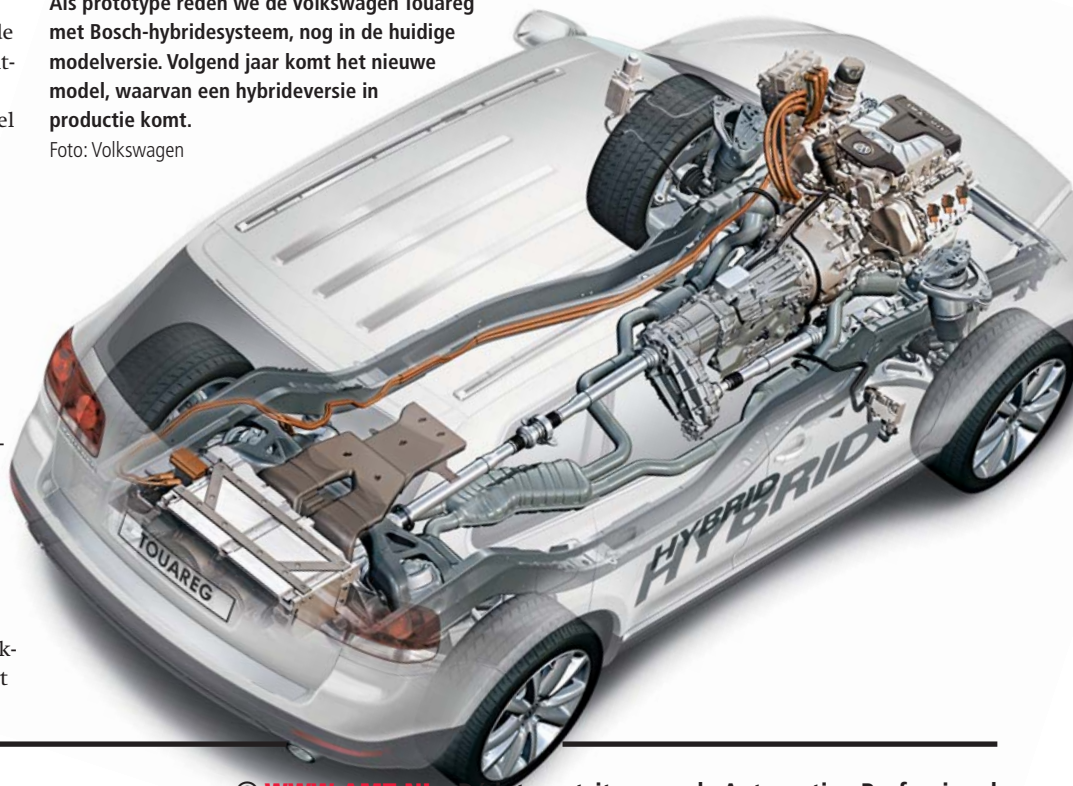
Bernd Bohr schetst de elektrische auto van 2015 als een 1000 kg zware compacte gezinsauto, die op een 40 kW elektromotor maximaal 120 km/h haalt. Enquêtes tonen aan dat de automobilist een actieradius van minstens 200 km verlangt, ook al wordt feitelijk gemiddeld minder dan 100 km per dag gereden. Maar niemand wil aan het eind van elke dag 'op reserve' rijden, een accu die bijna leeg is. De automobilist wil heel zeker weten dat hij nog thuis kan komen, met voldoende reserve als onverwacht een extra ritje nodig is. In de auto die Bohr beschrijft moet dan een accupakket van 35 kWh, dat in 2015 nog 250 kg weegt en naar verwachting € 12.000,- kost. Zie ons

kader op pagina 52 over Li-ion-accu's, dat is als de prijs per kWh tot € 350,- teruggedrongen kan worden.

Dat is dus wel even wennen. Beperkte prestaties en actieradius zijn noodzakelijk om geen nog zwaarder en duurder accupakket te moeten gebruiken. Als alles meezit, zegt Bohr,

Als prototype reden we de Volkswagen Touareg met Bosch-hybridesysteem, nog in de huidige modelversie. Volgend jaar komt het nieuwe model, waarvan een hybrideversie in productie komt.

Foto: Volkswagen



hoeft het 35 kWh-pakket misschien zelfs maar € 8.000,- te kosten. Maar dan nog wordt een elektrische stadsauto veel duurder dan de kleinere auto's van nu.

Hybride als tussenstap

Goedkoper, en al vóór 2015, kunnen conventionele auto's zuiniger worden met hybridetechniek. Scheider rekent voor dat een milde hybride, met kleine Li-ion-accu en elektrisch ondersteunde benzinemotor, 15% zuiniger kan draaien dan een niet-hybride. Net zo zuinig als een diesel, voor ongeveer dezelfde meerprijs als een diesel zou vergen. Uitgaande van de modernste motortechnieken, directe benzineinjectie en de zuinigste dieseltechniek.

Een sterke hybride, die met grote elektromotor en accu ook een stukje elektrisch kan rijden, kan 25% zuiniger zijn. Maar wel tegen anderhalf maal zo hoge meerkosten als een milde hybride-ombouw. Daarom lijkt dit Bosch niet aantrekkelijk voor kleine of middelgrote auto's, die goedkoper aan meer zuinigheid geholpen kunnen worden met verbeterde verbrandingsmotoren.

Ze weten waar ze het over hebben, want Bosch heeft het complete hybridesysteem ontworpen voor de komende Volkswagen Touareg/Porsche Cayenne (zie ook AMT 2009-3). Alleen nog niet met SB Limotive-accupakket, maar gewoon NiMH-accu's. Ook ontwikkelt Bosch het elektrisch deel voor de Peugeot dieselhybrides, met als eerste de 3008 Hybrid4, waarover op pagina 28 in deze AMT meer. Daarbij hoort de aansturing van motor en accu. "Voor die elektronica hebben we nu bij een 50 kW-systeem een inbouwwolume van 13 tot 14 liter nodig. Bij de

Veiliger en zuiniger met navigatie

Het aantal al of niet automatisch werkende, elektronische veiligheidsassistenten in de auto is de laatste tijd enorm gegroeid. Daar valt niet veel meer aan toe te voegen, tenzij de auto nog beter zijn omgeving gaat waarnemen en herkennen. Meer een kwestie van verbetering, dan van iets heel nieuws. Radar en videocamera's zijn al in gebruik om vooral te speuren naar overig verkeer.

Car-to-X

Werner Struth, chef Chassissystemen bij Bosch, geeft daarbij aan dat de prijs van veiligheidssystemen zoals ESP, radar of airbag-controllers in twintig jaar met 80% is gedaald, wat ze bereikbaar maakt voor een steeds groter deel van het wagenpark. Een belangrijke vooruitgang kan nog komen van Car-to-X-communicatie, waarbij auto's informatie gaan uitwisselen met hun omgeving. De recente ESF-veiligheidsconferentie, waar onder meer Mercedes-Benz zijn ESF 2009-studie toonde (zie AMT-6), leverde op dat zinvolle informatie in zo'n netwerk ontstaat als minstens tien procent van het rijdend wagenpark meedoet. Struth wijst erop dat veel vrachtwagens al de vereiste navigatie aan boord hebben, waardoor die tien procent snel haalbaar zou kunnen zijn. Daar doet zijn baas Bernd Bohr weer aan af: "kijk naar ESP, minder dan dubbel zo duur als ABS, en al heel lang beschikbaar. Toch is pas 20% van het bestaande wagenpark er nu mee uitgerust. Dus voordat we aan 10% met Car-to-X-uitrusting zitten duurt wel even".

Vooruitzien met navigatie

Een van de basisvoorwaarden voor Car-to-X is positiebepaling, zodat auto's weten waar ze zijn, en dat ook aan andere auto's kunnen doorgeven. Daar zal het niet aan mankeren, want Bosch gaat navigatie steeds meer als 'sensor' inzetten. Navigatie wordt om te beginnen opgenomen in het eigen netwerk van de auto.

Volgend jaar al verschijnt een bochtassistent, die met geluid- en lichtwaarschuwing aangeeft wanneer te hard gereden wordt bij nadering van een bocht. In 2012 komt een luxe middenklasse auto met koplichtbesturing op basis van navigatie. Ook kan navigatie helpen om zuiniger te rijden. Een voorbeeld is het nieuwe Nissan Connect-infotainmentsysteem, geleverd door Bosch. In Japan wordt het al geboden, met als optie bij de routeberekening de zuinigste 'eco-route' te kiezen. Daarop zijn vele uitbreidingen gepland. De rijder zal dan aanwijzingen krijgen voor een zuinige rijstijl, zoals een advies om niet te accelereren als iets verderop weer afgeremd



In volgende generaties zal de bochtwaarschuwing gekoppeld worden aan andere systemen, om bijvoorbeeld vast de remmen voor te bereiden, of de gordelspanner aan te trekken bij te snelle nadering van een bocht.

Foto: BMW

moet worden voor een bocht of file. Een nog verder gaande stap is dat het hele functioneren van de auto gekoppeld wordt

aan navigatie. Motor- en transmissie-management worden ingesteld op de bereden weg. Gaat die stijgen of dalen, zitten er bochten in, wordt een snelweg opgereden of juist verlaten? Door vooruitziende sturing van de aandrijflijn kan die zuiniger werken. Ook kunnen antislipsystemen gegevens over het wegverloop benutten.

Komen hybride- en elektrische auto's op, dan kan hun regelstrategie aangepast worden op de te rijden route. Waar zal remenergie te regenereren zijn, waar zal op hellingen de elektromotor in een hybride moeten bijspringen? Langs welke route kan een plug-in-auto voldoende oplaadpunten vinden? Welke route levert met elektro-aandrijving het gunstigste energieverbruik en dus de grootste actieradius op? Zo wordt navigatie een sensor die gegevens uitwisselt met alle andere elektronische systemen in de auto.



Variabele verlichting wordt met navigatie tijdig aangepast aan het soort weg, nadering van zijwegen of kruisingen, bochten en dergelijke.

Toekomst van de Li-ion-accu

Samen met Samsung richtte Bosch SB Limotive op, om lithium-ion-accu's voor auto's te ontwikkelen en produceren. Ook als de auto elektrisch wordt wil Bosch complete systemen kunnen bieden, niet alleen elektrische aandrijving en regeling, maar ook de bijbehorende accupakketten. Waarbij dus geheel wordt ingezet op Li-ion, met het grootste potentieel voor doorontwikkeling.

Vice-president Joachim Fetzer van SB Limotive schetst ons de voor- en nadelen, en de problemen die opgelost moeten worden. We weten nu wel dat Li-ion-accu's veel kleiner en lichter zijn dan de nikkel-metaalhydridetypen van huidige hybride modellen. Maar ze gaan ook langer mee, kunnen vaker opgeladen worden, en hebben weinig last van zelfontlading. Als de auto een paar weken staat loopt niet vanzelf de accu leeg.

Het moet goedkoper

Dit neemt niet weg dat er nog een heel ontwikkelingsprogramma doorlopen moet worden. De Limotive-accu's moeten meer stroom kunnen opslaan, ze zullen flink goedkoper moeten worden, de levensduur moet nog omhoog, en de veiligheid zal

moeten aansluiten bij de heersende standards van de auto-industrie. Er is wel al een eerste klant binnen. BMW gaat Limotive-accu's gebruiken voor de elektrische auto's die in ontwikkeling zijn voor het project "Megacity Vehicle".

Tot 2013 gaan Samsung en Bosch een half miljard euro besteden aan ontwikkeling van de Limotive-accu's. Er zal gewerkt worden aan de chemie van de afzonderlijke cellen, aan de samenstelling van cellen tot een accumodule, en aan het accumanagement voor regeling en bewaking van de cellen.

Wat betreft de kosten rekt Fetzer voor dat ze nu liggen bij € 500,- per kWh energieopslag. Dat zou in 2015, mede door oplopende productieaantallen, verlaagd kunnen zijn tot € 350,- per kWh. Accupakketten voor hybride-auto's gaat SB Limotive vanaf 2011 produceren, voor puur elektrische auto's vanaf 2012.

Verschillende typen

Het laatste geeft aan dat Li-ion-accu's er dus in soorten zijn. Voor een hybride is de vermogensdichtheid het belangrijkste, voor een elektrische auto de energiedichtheid. In een hybride moet

de accu snel een flinke dot elektrisch vermogen kunnen afgeven of opnemen. Afgeven, als de elektromotor bijspringt om een verkleinde verbrandingsmotor te helpen. En opnemen, wanneer bij vertragen zoveel mogelijk remenergie in stroom wordt omgezet. Het betekent ook dat de accu's in een hybride heel vaak bij- en ontladen.

In een elektro-auto worden accu's veel meer continu en gelijkmatig belast, en gebeurt echt 'voltanken' niet voortdurend tijdens de rit. Hier is belangrijk dat de accu een grote hoeveelheid elektrische energie kan opnemen, zodat je ver komt op een acculading. Fetzer drukt het in cijfers uit: "nu staan we bij een hybride-accu op omstreeks 3000 W/kg vermogen en 85 Wh/kg energie. Voor een elektrisch voertuig kunnen we 110 Wh/kg opslaan. We willen vooral door verbeterde celchemie in 2012 komen op meer dan 4000 W/kg voor een hybride, en meer dan 150 Wh/kg voor elektrovoertuigen. Dus 30 tot 40% betere accuprestaties.

Accubesturing

Zo zijn er meer details die duidelijk maken wat er van een accu verlangd wordt. "Een hybride-accu moeten we berekenen op meer dan een miljoen laad- en ontlaadcycli. Om hem niet te zwaar te belasten wordt doorgaans maar 20% van de totale opslagcapaciteit werkelijk benut. Een elektrische auto kan toe met 2500 tot 3000 keer opladen. Hierbij wordt 80% van de opslagcapaciteit benut. Dat diepere ontladen belast de accu zwaarder, en bekort de levensduur. Ook snelladen

Uit een aantal van deze enkele SB Limotive Li-ion-cellen worden sets samengesteld, die samen in een doos met klimaatregeling en beveiliging een accupakket vormen.

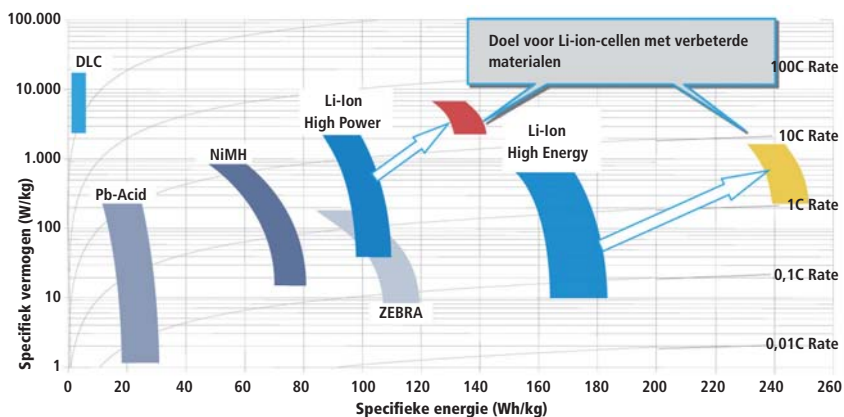
is trouwens slecht voor de levensduur. Wij houden aan dat het accupakket een autoleven lang mee moet, meer dan twaalf jaar of 250.000 km. Het is zo duur dat niemand het zal willen vervangen."

Daarop vult Fetzer aan dat een accupakket als versleten wordt beschouwd wanneer de capaciteit meer dan 20% is teruggelopen. Om die levensduur op peil te houden zal een Li-ion-accu op temperatuur gehouden moeten worden. Hij voelt zich lekker tussen +15 en 45°C. Hogere temperatuur bekort de levensduur, lagere temperatuur gaat ten koste van de prestaties. Daar wordt bij de ontwikkeling ook naar gekeken, hoe dat werkbereik groter kan. Opwarmen of koelen van de accu's kost immers ook weer energie. Voor de veiligheid moet het laden en ontladen per cel apart worden bewaakt, om zeker te stellen dat nergens oververhitting optreedt, of te diepe ontlading die de cel beschadigt. Ook is natuurlijk een botsbestendige verpakking van de accu's nodig, waarbij sterk meetelt waar in de auto het accupakket geplaatst wordt.

Deze eisen en de daarmee gemoeide ontwikkelingskosten onderstrepen dat het een illusie is binnen afzienbare termijn goedkope Li-ion-accu's te verwachten. Een andere zorg kon worden weggenomen: lopen we het risico op een tekort aan lithium, en daardoor oplopende accuprijs? "Grondstofkosten maken maar 10% van de accuprijs uit. Er is voor minstens zeventig jaar lithium beschikbaar, als er niet gerecycled wordt. En er is 90% hergebruik mogelijk."



Vergelijking van accuelsoorten



In een Ragone-grafiek worden batterijprestaties afgebeeld. U ziet helemaal links de traditionele lood/zuur accu, daarboven de condensator. ZEBRA slaat op de verwarmde natrium/nikkel-accu. De lichtgrijze krommen in de achtergrond staan voor het aantal laad/ontlaadcycli per uur.

volgende generatie past het in vijf liter, we werken aan een versie die maar drie liter omvang zal hebben”, kijkt Scheider vooruit.

Nog een toekomstblik: “een kilogram benzine bevat 50 tot 100 maal zoveel energie als een kilogram accu kan opslaan. Net als nu 600 tot 800 km rijden op een volle tank zal ook in de verdere toekomst op stroom niet tegen draaglijke kosten mogelijk zijn”. We zullen aan de eigenaardigheden van elektro- en hybride-auto's moeten wennen. Daarom ziet Bosch een heel geleidelijke opkomst. In 2015 verwachten ze vijf miljoen hybrides in de verkoop, en een half miljoen elektrische of plug-in hybride-auto's, samen een procent of zeven van de totale wereldautomarkt. Vijf jaar later komt er pas meer vaart in, met zes miljoen hybrides en drie miljoen elektro/plug-in-modellen, goed voor samen 9% marktaandeel.

Brandstofverbruik 29 tot 33% verlagen

Ook over vijf tot tien jaar zullen de meeste nieuwe auto's dus volgens Bosch nog alleen een benzine- of dieselmotor hebben. Dit betekent niet dat de ontwikkeling van zuiniger auto's daarmee weinig vaart heeft, zegt Rolf Leonhard, directeur Dieselontwikkeling. Hij schetst het pad waarlangs in 2015 de benzine-motor 29% zuiniger zal draaien, en de diesel zelfs 33% zuiniger.

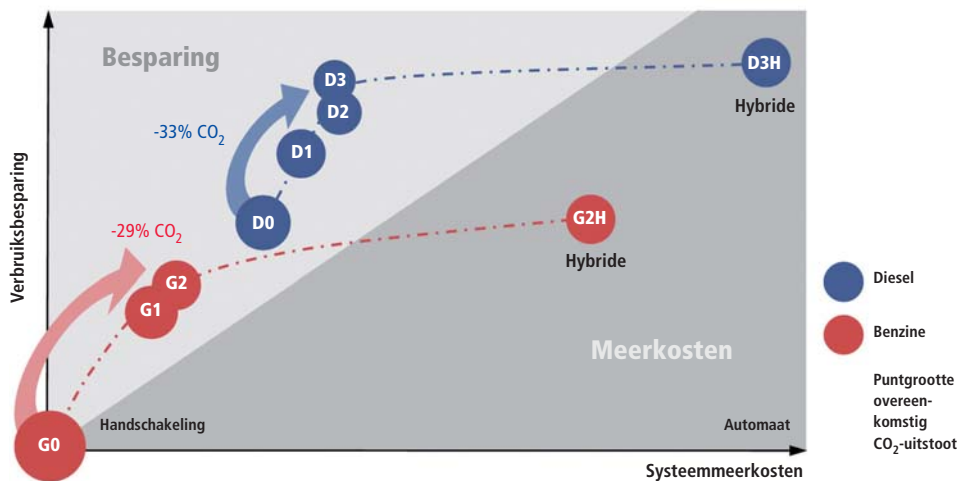
Dit in vergelijking met de gemiddelde Europese auto van nu, 1400 kg zwaar en voorzien van een 2.0 viercilinder met indirecte benzine-injectie en 100 kW vermogen. Hij verbruikt 7,7 l/100 km en produceert daarbij 182 g/km CO₂. Voor de diesel wordt een tweeliter met turbo en common rail als standaard voor het heden genomen.

Het blijkt wel dat Leonhard hierbij een flinke aanloop naar de beloofde besparingen neemt met techniek die nu al gebruikt wordt. Bij de benzinemotor begint het met directe inspuiting en een eerste downsizingfase, waarmee Leonhard 15% verbruikswinst inboekt. Hij rekent met een soort 'vlootgemiddelde', deze 15% wordt bereikt als niet enkele merken, maar alle merken zoiets als de 1.4 TSI van Volkswagen inzetten, ter vervanging van de 'standaard tweeliter'.

De verkleinde motor moet naast directe injectie een turbo hebben, twee verstelbare nokkenassen, en een kleptiming met flinke overlap om de cilinders aan het begin van de inlaatslag goed door te blazen met turbolucht. Terzijde: daarom wil Bosch ook turbotechniek in huis hebben, en zette samen met Mahle turbofabriecage op.

“Doen we daar ons start/stopsysteem bij, en thermomanagement om de motor sneller op temperatuur te brengen, dan halen we 22% besparing.” Tot aan 2015 moet een tweede pakket maatregelen de besparing naar 29% opvoeren. Hierbij gaat de cilinderinhoud terug naar 1,1 liter, de turbodruk groeit van maximaal 1,8

Verbruiksbesparing kost geld



Aanname: kosten over drie jaar á 15.000 km elk, gem. brandstofprijzen in Duitsland over 2006-2008: diesel € 1,20 p. liter, benzine € 1,33 p. liter

In een grafische kosten/batenanalyse toont Bosch dat verbruiksbesparing met een hybride netto geld kost. Lagere brandstofkosten compenseren niet de meerprijs van de techniek.

naar 2,4 bar, bij de kleppen moet ook de licht-hoogte variabel worden. “We verwachten in 2015 ook de eerste HCCI-motoren, benzinemotoren met zelfontsteking. Die zullen vooral bij deellast zuiniger draaien. Dat kan nog twee tot drie procent extra besparing opleveren.”

NO_x-kat maakt diesel zuiniger

Voor de overgang van Euro 5 naar Euro 6 zal de diesel een gehalveerde NO_x-uitstoot moeten hebben. Dit gaat Bosch realiseren met hoger EGR-aandeel, hogere inspuitedruk en hogere turbodruk. De aldus verbeterde verbranding levert volgens Leonhard 22% verbruiksbesparing tegenover zijn 'standaard diesel', waarmee de aangepaste motor op 112 g/km CO₂ zou komen. Hierin meegerekend is net als bij benzinemotoren een start/stopsysteem en thermomanagement.

Ook zal er een voorinspuiting zijn die zeer kort voor de hoofdspuiting ligt. Bosch zegt dat met magneetgestuurde inspuitedventielen te kunnen bereiken, ze kunnen even snel schakelen als (duurdere) piëzoventielen. Die hebben alleen een beter dynamisch gedrag, doelend op de bewegingssnelheid van de verstuivernaald. Rolf Leonhard licht toe dat Bosch beide verstuivertypen doorontwikkelt, en voorlopig nog het meest magneetventielen toepast.

Wanneer echter NO_x-katalysatoren worden ingezet om Euro 6-eisen te halen schept dat ruimte om compressie en verbrandingstemperatuur in de diesel weer op te voeren. Dat geeft meer NO_x, maar daar rekent de katalysator wel mee af. Met hetetere verbranding kan de diesel efficiënter draaien, en zit er vijf tot zeven pro-

cent verbruiksbesparing in. Vervolgens gaat daar een downsizing-slag overheen, naar een 1.2 driecilinder met 100 kW vermogen die maar 97 g/km CO₂ uitstoot.

Kosten en baten

Zo voorspelt Leonhard samengevat dat in 2015 een tweeliter viercilinder vervangen zal zijn door driecilinders van 1,1 (benzine) of 1,2 liter (diesel). Met start/stopsysteem en thermomanagement, met een generator die remenergie terugwint, en met elektrische hulpaggregaten zoals stuurbeheersing of waterpomp. Een gezinsauto zal op benzine 5,5 l/100 km verbruiken, op diesel 3,6 l/100 km.

Als er ook nog hybridisering op losgelaten wordt, en optimalisaties zoals lager autogewicht, betere stroomlijn en lagere rolweerstand, rekent Leonhard dat auto's van 2015 in totaal wel vijftig procent zuiniger kunnen dan die van vandaag. Daar hangt een kostenplaatje aan, maar de automobilist verdient het terug met lagere brandstofkosten.

“Verbetering van de verbrandingsmotor gaat sneller en goedkoper dan hybridisering, er liggen nog volop mogelijkheden”, stelt Leonhard. Zo kun je het hele verhaal over de aandrijving van de nabije toekomst samenvatten in een kosten/batenanalyse. Daarin zijn blijvend hoge accukosten een zwak punt voor elektrische aandrijvingen. En de brandstofcel? Bohr geeft aan dat Bosch hier weinig geloof in heeft, hij staat nog op lager ontwikkelingspeil dan de accutechniek. De verbrandingsmotor staat op hoog ontwikkelingspeil, maar toch niet aan het eind van zijn carrière. Overigens verwacht Bohr ook niet het einde van de diesel. De VS en Azië zullen de zuinige diesel gaan accepteren, waardoor het wereldwijd aandeel van dieselmotoren nog licht zal stijgen, naar 28%. ●

Peter Fokker