

## **Elektrische auto's: Vooruitgang of stilstand?**

Jaap Vleugel  
TU Delft  
[j.m.vleugel@tudelft.nl](mailto:j.m.vleugel@tudelft.nl)

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk  
19 en 20 november 2009, Antwerpen**

## Samenvatting

### *Elektrische auto's: Vooruitgang of stilstand?*

De recente aandacht voor elektrische auto's kan als de derde fase in de geschiedenis van auto's met elektrische aandrijving worden gezien, die eigenlijk al halverwege de 19e eeuw is begonnen. Rond 1920 bereikte de elektrische auto zijn grootste afzet, met name onder de upper class in Amerikaanse steden dankzij het gebruiksgemak en de betrouwbaarheid. Toen de interne verbrandingsmotor volwassen werd en goedkope olie beschikbaar kwam verdween de elektrische auto voor algemeen gebruik. De tweede fase kwam begin jaren '90 van de vorige eeuw met de groeiende aandacht voor luchtvervuiling. Strengere emissiewetgeving in met name Californië leidde daar tot de ontwikkeling van nieuwe elektrische prototypen, waarbij vooral opviel dat autoproducenten de afzet daarvan tegenwerkten. Technische ontwikkeling bij conventionele motoren maakte het mogelijk om aan de emissienormen te voldoen. Deze waren inmiddels versoepeld dankzij een sterke lobby tegen emissie- en verbruiksnormen. Dit, samen met de onderontwikkelde accutechnologie, liet de elektrische auto weer van de markt verdwijnen.

De huidige verwachting dat gebruik van elektrische auto's de CO<sub>2</sub>-uitstoot door personenauto's kan verminderen is mede gebaseerd op ontwikkelingen in technische componenten van auto's, zoals betere accu's. Overheden, zoals de Nederlandse steunen deze ontwikkelingen. Elektrische aandrijving kan de uitstoot van CO<sub>2</sub> per personenauto verminderen. Bij conventionele auto's is echter nog veel winst te behalen. Beide zijn nodig om tot een reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot te komen die op zijn minst het effect van de groei van het aantal auto's compenseert.

Een snelle en grootschalige vervanging van interne verbrandingsmotoren door elektrische motoren is afhankelijk van de vraag of technische ontwikkeling succesvol is. Als het daarbij tegenzit, dan loopt de elektrische auto het risico een nicheproduct te worden. De invoering van elektrische auto's vereist forse (onbekende) (des)investeringen in de electriciteitsvoorziening en in lokale netwerken.

Een nieuw type aandrijving heeft echter nog steeds primaire energie nodig. Conventionele brandstoffen worden schaars, terwijl alternatieve bronnen nog in ontwikkeling zijn en er nog geen ervaring is met zeer grootschalige toepassing en gebruik daarvan.

Het is ook de vraag of de miljarden die bedrijven en overheden willen steken in het standhouden van het autosysteem wel voldoende toekomstgericht zijn en of er geen alternatieve aanwendingsmogelijkheden (nieuwe vervoerssystemen) mogelijk zijn. Ik pleit voor verdere (scenario)studies voordat deze miljarden worden geïnvesteerd.

## **1. Inleiding**

### *1.1 Gedrag en beleid*

Personenauto's zijn de dominante factor binnen het personenvervoer. Aan het gebruik van personenauto's is een scala van individuele en maatschappelijke voor- en nadelen verbonden. Tot de laatste categorie behoort schade aan milieu en klimaat (door CO<sub>2</sub>-emissies). Om die schade te verminderen bestaat er milieu- en klimaatbeleid, dat ondergeschikt is aan het duurzaamheidsbeleid. Bij dit laatste worden afwegingen gemaakt tussen milieu- en economische en sociale doelstellingen (Planbureau voor de Leefomgeving, 2008). Verkeers- en vervoersbeleid is niet sturend, maar faciliterend. Consument en bedrijf hebben keuzevrijheid en er is sprake van gewoontegedrag. Over sturende instrumenten, bijvoorbeeld rekeningrijden, wordt vooral gepraat.

### *1.2 Technologische uitdagingen*

In dit paper ligt de nadruk op vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door het autoverkeer. Deze is 1:1 verbonden met het brandstofgebruik, dat van een scala van factoren afhankelijk is, zoals motortechniek in combinatie met de manier waarop een auto gebruikt wordt. Om de CO<sub>2</sub>-uitstoot omlaag te krijgen kan een combinatie van zuiniger motoren en zuiniger en minder rijden goede resultaten opleveren. Er valt ook veel te behalen als de gemiddelde snelheid (fors) omlaag zou gaan, want er bestaat een derde machtsrelatie tussen snelheid en vermogen (2x zo snel vereist 8x zoveel vermogen (De Decker, 2008).

Gedragsverandering is echter min of meer taboe verklaard. Om CO<sub>2</sub>-vermindering te bereiken, is er dan maar één alternatief en dat is gebruik maken van technologische ontwikkeling. In veel sectoren zijn op deze wijze belangrijke effecten gerealiseerd. Hierbij hoefde een groeiende consumptie en productie dankzij een toegenomen eco-efficiency niet te leiden tot een vergelijkbare groei in uitstoot, energie- of grondstofgebruik. Voor de autosector betekende dit een voortgaan op het pad dat eind jaren 70 ingeslagen werd met onder meer geavanceerdere aandrijvingstechnologieën. De luchtvervuiling door het totale verkeer in Nederland is in de periode 1990-2007 sterk gedaald (NO<sub>x</sub> daalde van 328 naar 187 kiloton; SO<sub>2</sub> van 18 naar 5 kiloton). Ook bij fijnstof zijn belangrijke verbeteringen gerealiseerd.

De uitstoot van CO<sub>2</sub> is in deze periode echter met bijna 25% gegroeid (van 30 naar 39 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten). Deze groei is te verklaren uit de groei van het aantal auto's, het toegenomen comfort (airco, audio/videosystemen) en extra voertuiggewicht door uitgebreidere veiligheidssystemen. Verder is de trend in aanschafgedrag altijd opwaarts geweest, wat wil zeggen dat autokopers beginnen met een kleine auto en dan stapsgewijs doorgroeien naar een grote auto. Het met 'downsizing' verbonden comfortverlies wordt meestal pas op latere leeftijd (noodgedwongen) geaccepteerd.

### *Emissie-standaarden*

Terugdringing van de CO<sub>2</sub>-uitstoot vraagt om energie-efficiency- en/of CO<sub>2</sub>-standaarden. Hieraan wordt inmiddels in veel landen gewerkt. In de USA is de EISA-wetgeving (25%/liter zuiniger nieuwe auto's en lichte trucks) samen met de slooppremie voor benzineslurpers ingevoerd. In Japan wordt de 'Top Runner'-methode gebruikt. Hierbij

worden energie-efficiency standaarden gebaseerd op de zuinigste auto's in een bepaalde gewichtsklasse en moeten andere auto's een bepaalde tijd later daaraan voldoen. De eisen nemen stapsgewijs toe (FIA et al. 2009). In Europa zijn nu eisen aan de CO<sub>2</sub>-uitstoot gesteld (160 gCO<sub>2</sub>/km in 2006 en 130 gCO<sub>2</sub>/km in 2012-2015). Dit stimuleert de technologische ontwikkeling.

Recent beleid ter stimulering van de aanschaf van zuiniger auto's in Nederland blijkt de CO<sub>2</sub>-uitstoot nauwelijks te verminderen. Dit komt omdat de groep zuinige auto's maar 22% uitmaakt van de nieuw aangeschafte auto's en het energielabel aan het voertuiggewicht gekoppeld is en daarmee kleine auto's benadeelt (Planbureau voor de Leefomgeving, 2008). Er wordt wel gedacht aan een aanpassing van dit systeem.

#### *Alternatieve brandstoffen*

De autoindustrie experimenteert al enkele decennia met alternatieve brandstoffen in personenauto's. Zo wordt ethanol uit suiker al ruim 30 jaar in Brazilië als motorbrandstof gebruikt, zowel in pure vorm (E100) als vermengd met benzine (E25 = 25%). Recent wordt er ook in andere landen fors geïnvesteerd in biobrandstoffen, als kleine toevoeging aan bestaande brandstoffen. Studies hebben inmiddels duidelijk gemaakt dat deze toepassing meer na- dan voordelen voor mens, milieu en natuur lijkt op te leveren (Planbureau voor de Leefomgeving, 2008).

#### *Nieuwe motoren*

Een meer acceptabele optie lijkt de toepassing van nieuwe motoren. Op dit moment zijn verschillende mogelijkheden hetzij beschikbaar of in ontwikkeling: de nu al verkochte hybrides (met een interne verbrandingsmotor en een kleine electromotor), de uitsluitend door een electromotor aangedreven auto's en auto's met motoren die werken op hervulbare brandstofcellen (gevuld met waterstof).

Wie de aandacht die in de media en in de politiek (bijv. Electricforum, 2009b; Neeve, 2009) wordt geschonken aan de introductie van auto's met elektrische aandrijving naast enige historische informatie (zie volgende sectie) legt, kan zich afvragen:

- Is er sprake is van een structurele verandering, zodanig dat elektrische motoren op grote schaal als vervanger van interne verbrandingsmotoren toegepast gaan worden?
- Wat zijn de mogelijke (maatschappelijke) effecten van zo'n verandering?
- Zijn de miljarden die bedrijven en overheden steken in het in standhouden van het autosysteem wel toekomstgericht en zo niet, zijn er alternatieve aanwendingsmogelijkheden die mogelijk meer perspectief bieden?

Uiteraard kan in het format van een congrespaper niet tot in extenso op deze vragen worden ingegaan. Vandaar dat gekozen is voor een discussiepaper.

Deze bijdrage is als volgt opgebouwd. In sectie 2 wordt kort ingegaan op de historie van de elektrische auto. In sectie 3 wordt gekeken welke factoren doorslaggevend lijken te zijn voor de acceptatie en het succes van elektrische auto's. In sectie 4 plaats ik wat kanttekeningen en ga ik in op een mogelijke onderzoeksagenda. In sectie 5 volgen enige conclusies en aanbevelingen.

## 2. Elektrische auto's: Beknopte historie

### 2.1 1830-1920: De jaren van de elektrische auto

Elektrische aandrijving voor (personen)auto's is niet nieuw. In tegendeel, de allereerste 'echte' auto's waren er al mee uitgerust. Elektrische motoren zijn rond 1832-1839 in Europa ontwikkeld en werden voor het eerst in de USA in 1842 in wegvoertuigen toegepast. De elektrische energie voor een electromotor moet, vanwege het ontbreken van een vaste verbinding met een externe stroomvoorziening (zoals bij elektrische treinen, trams en trolleybussen), opgeslagen worden in accu's of supercondensatoren. In de beginjaren was de accutechnologie de beperkende factor. Er bestonden niet-heroplaadbare elektrische cellen. Pas rond 1865 werd in Frankrijk een bruikbare sterke en herlaadbare batterij ontwikkeld. Rond 1881 was de accutechniek voldoende ontwikkeld voor massagebruik. Frankrijk en Groot-Brittannië stimuleerden het gebruik. Er zijn uit die tijd ook veel snelheidsrecords bekend. Rond 1888 kwam toepassing in de USA en andere landen op gang, zowel in auto's als in autobussen. Edison hield zich hier bijvoorbeeld mee bezig. In deze periode zijn o.m. elektrische taxi's ontwikkeld. Hoewel de maximumsnelheid vanwege het ontbreken van (moderne) elektronica rond de 32 km/h lag hadden ze niet de nadelen die toen aan benzine-, diesel- en door stoom aangedreven auto's kleefden, zoals startproblemen, trillingen, reuk, geluid en gebrekkig schakelende versnellingsbakken. Ze waren populair en werden m.n. aan de upperclass verkocht als stadsauto's. Rond 1891 verschenen de eerste benzineauto's, die gaandeweg beter werden. Het hoogtepunt van de productie van elektrische auto's werd in 1912 bereikt (Wikipedia, 2009a; Hughes, 1996).

### 2.2 1920-1980: Massa-motorisering

Na 1920 was het echter snel afgelopen met de elektrische auto voor algemeen gebruik. Als we kijken naar de toonaangevende Amerikaanse markt dan zijn hiervoor de volgende factoren verantwoordelijk (Wikipedia, 2009a; Hughes, 1996):

- In de USA was een stedelijk netwerk ontstaan dat vroeg om een netwerk van langafstandsverbindingen met vervoermiddelen die lange afstanden konden afleggen;
- In Texas werd olie gevonden, waardoor de prijs van benzine zodanig daalde dat massaconsumptie op gaan kon komen;
- De elektrische starter werd ontwikkeld, waardoor automotoren veel makkelijker te starten waren;
- Henri Ford startte met massaproductie van auto's met interne verbrandingsmotoren die veel goedkoper waren dan de toen beschikbare elektrische auto's (in prijzen van 1912: USD 650 vs. USD 1750). Dit prijsverschil is terug te voeren op het feit dat electromotoren minder efficiënt waren te produceren dan benzinemotoren.
- Accutechnologie ontwikkelde zich weliswaar, maar de levensduur van de lood-zuur accu's was beperkt tot 2 jaar. Daarnaast waren de accu's zwaar, was er emissie van zuren door breuken en in gasvorm, en de accu-efficiency was temperatuurafhankelijk. Alternatieve accu's, zoals nickel-alkaline hadden een te

lage energiedichtheid, waardoor ze te weinig vermogen per gewichtseenheid leverden.

Als gevolg van deze (technische en economische) ontwikkelingen werd elektrische aandrijving naar marktniches verdreven. Eind jaren 30 waren de producenten van elektrische wegvoertuigen in de USA van de markt verdwenen. Alleen producenten van voertuigen voor speciale toepassingen bleven overeind. Ook nu nog kennen we de elektrisch aangedreven nutsvoertuigen, zoals golfkarretjes en kleine voertuigen in gebruik bij reinigingsdiensten of de vorkheftrucks bij op- en overslagbedrijven.

### *2.3 1990-heden: Dwang of keuze voor aanbieders?*

Begin jaren 90 ontstond met name in de staat Californië onder invloed van strengere luchtkwaliteitswetgeving druk op de autoindustrie om zogenoemde zero-emission vehicles (ZEV) op de markt te brengen. Het politieke klimaat liet deze trendbreuk toe. De (Amerikaanse) autoindustrie is echter een bedrijfstak die jarenlang normen voor energiegebruik, milieuvervuiling en veiligheid tegengewerkt heeft (Sperling, 1995). De ZEVs werden dan ook actief tegengewerkt door de Amerikaanse autoindustrie. Minimale marketing en financieringsmogelijkheden beperkten de verkoop van dit type auto's. Tegelijk wist men de emissie-eisen samen met lobbyisten uit de olieindustrie zodanig af te zwakken, dat ook auto's met benzinemotoren daaraan konden voldoen. Zodra dat gelukt was werd het grootste deel van de elektrische auto's door hun fabrikanten gesloopt (Wikipedia, 2009a). Een andere factor was de onderontwikkelde accutechnologie (Bailey, 2009).

Na het jaar 2000 lijkt de elektrische auto een nieuwe fase in te zijn gegaan. Naast pioniers als Toyota en Honda hebben nieuwe, kleine, onafhankelijke producenten modellen met elektrische aandrijving ontwikkeld. Er bestaan nu zelfs sportauto's met deze aandrijving (zoals van het merk Tesla), die niet onder hoeven te doen voor vergelijkbare voertuigen met benzinemotoren. Inmiddels hebben de meeste grote producenten productieverversies van auto's met elektrische aandrijving aangekondigd (Addison, 2008).

## **3. Acceptatie en succes**

### *3.1 Inleiding*

Als elektrisch (EV) of hybride (HEV of PHEV) aangedreven auto's op grote schaal de huidige door benzine, diesel of gas (ICEV) aangedreven auto's zouden (moeten) vervangen, dan dienen deze tenminste vergelijkbare technische eigenschappen te hebben teneinde dezelfde gebruiksmogelijkheden te kunnen bieden, anders blijft er sprake van een nicheproduct (bijv. beperking tot stadsauto). De factor comfort speelt een belangrijke rol bij autobezit. Autoproducenten voorzagen in het verleden vooral in steeds luxere, zwaardere en snellere modellen. Hierbij speelden toenemende veiligheids- en comfortverwachtingen, naast bedrijfseconomische overwegingen (hogere marges en klantenbinding) een belangrijke rol.

Verlaging van het gewicht van auto's is een mogelijkheid om meer vermogen/gewicht te krijgen en daarmee de brandstofkosten te drukken. Dit kan echter consequenties hebben voor de voertuigveiligheid.

### 3.2 Vergelijking eigenschappen

In onderstaand overzicht is een vergelijking gemaakt van auto's met interne verbrandingsmotor en die met een elektrische/hybride motor.

Tabel 1. Globale technische vergelijking

Categorie	Interne verbranding (ct/km)	Electrisch (hybride)
Luchtvervuiling	Hoger, maar tendens is neerwaarts (schoner)	Geen lokale emissies, wel bij opwekking en transport
CO <sub>2</sub> -uitstoot	Lokale emissies, sommige dieselauto's minder dan elektrische	Lokale emissie en bij opwekking en transport. In geval van kolencentrales hogere uitstoot <sup>1)</sup>
Grondstoffen/vervuiling (aandrijving)		Accu's hebben beperkte levensduur (2-3 jaar) Afhankelijk van het soort accumateriaal
Energie-efficiency <sup>2)</sup>	Rendement benzinemotor: 30% Moderne diesel is net zo efficiënt als een elektrische auto en 'groen' bij gebruik 100% biodiesel	Rendement centrale: 40%. Rendement e-motor: 80 %. Totaal rendement: 32 %. Accus zijn bij koud weer minder efficiënt. Er zijn verliezen bij snelladen en door leegloop
Geluidsemissie	Bij lage snelheden meer geluid dan een elektrische auto	Bij hogere snelheden overheerst aerodynamisch geluid, waardoor het verschil kleiner of nihil wordt
Additionele systemen (verwarming bijv.)		Verwarming vraagt om 4 kW vermogen, dit moet meegenomen worden in efficiencyberekeningen.
Nuttig gewicht		Accus zorgen voor meer nutteloos gewicht, terwijl bij hybrides een (gevulde) brandstoftank nog steeds nodig is
Actieradius	Afhankelijk van tankinhoud, verbruik en netwerk van tankstations	30-300 km afhankelijk van accutype, tankinhoud, oplaadmogelijkheden <sup>3)</sup> etc.
Techniek algemeen	Intern complexer dan	Bij hybride complexiteit door

	electrische motor	interactie van 2 motorsystemen
Tank/laadtijd	Tanken kost onder normale omstandigheden weinig tijd	Langzaam laden kan een nacht duren, (super)snel laden kan de levensduur van de accu beperken en is afhankelijk van de laadinfrastructuur <sup>3, 4)</sup>
Verkeersveiligheid		Stillere voertuigen worden minder goed waargenomen in stedelijke gebieden, waardoor meer conflicten met overige verkeersdeelnemers kunnen optreden Indien voertuiggewicht verlaagd wordt (energiebesparing) dan mogelijk onveiliger

Noten:

- 1) De gemiddelde Nederlandse auto stoot aan CO<sub>2</sub> 160 gr/km uit. Een elektrische auto nu 110-120 gr/km. De Euronorm voor 2015 is 130 gr/km. Opgewekt met kernenergie 8 gr/km, met waterkracht en bioenergie 2 gr/km en met verouderde kolencentrales 170 gr/km (Rai Vereniging, 2009).
- 2) Van Waveren, 2009.
- 3) Dit geldt alleen voor accus die via een externe lader thuis of onderweg bijgeladen kunnen worden. Tot nu toe worden accus via het boordsysteem tijdens het rijden opgeladen, m.n. via omzetting van kinetische energie bij het afremmen. Voor de toekomst wordt aan een netwerk van externe laadstations gedacht;
- 4) Snelladen vereist zeer krachtige laadstations. Deze moeten gevoed worden door bestaande en nieuwe centrales of via alternatieve energiebronnen.

Uit dit overzicht valt op te maken dat bij de huidige stand van de techniek, die uiteraard in ontwikkeling is, de elektrische aandrijving (nog) niet in alle opzichten beter scoort dan conventionele aandrijving.

### 3.3 Eenvoudige, globale kostenvergelijking

Bij een kostenvergelijking is een groot aantal parameters van belang. De waarden van deze parameters zijn afhankelijk van de gehanteerde veronderstellingen. Andere veronderstellingen kunnen leiden tot andere uitkomsten. Naarmate de scores van twee opties dicht bij elkaar liggen wordt het moeilijker om aan te geven welke beter/slechter is. Tevens dient rekening gehouden te worden met het feit dat de meeste mensen geen totale kostenberekening maken bij het vergelijken van de kosten van hun auto en mogelijke alternatieven. Psychologische factoren spelen een niet onbelangrijke rol (wat o.a. de trouwheid aan een bepaald merk of model auto verklaart).



Hier wordt een eenvoudig voorbeeld gegeven dat ongewijzigd is overgenomen uit een afstudeerverslag van een student (Van den Bulk, 2009). Uitgangspunt is de situatie waarin een elektrische auto in aanschaf nog een stuk is duurder dan een conventionele auto uit dezelfde klasse (in dit voorbeeld ruim € 22.000 vs. 15.000). Bij gelijke levensduur (6 jaar, 15.000 km/jaar) zijn de afschrijvingskosten per kilometer dus hoger. Aan brandstof (1 liter à € 1.40, 1:14 vs. 23 ct/km per kWh), onderhoud en overige vaste kosten is de gebruiker minder kwijt.

*Tabel 2. Kostenvergelijking*

Kostencategorie	Interne verbranding (ct/km)	Electrische aandrijving
Afschrijving	11,5	17,3
Brandstof	8,9	2,9
Onderhoud	3,0	1,2
Vaste kosten (belasting etc.)	10,5	7,2
Totaal	33,8	28,7

Bron: Van den Bulk, 2009.

Dit voorbeeld oogt wat statisch. Bij grootschalige serieproductie kan de kostprijs van een elektrische auto omlaag gaan, daarmee wordt deze aantrekkelijker. De vergelijking van de brandstofprijzen is lastiger. Nu bestaat de pomprijs voor resp. 52% (diesel) en 60% (benzine) uit accijnzen en btw (United Consumers resp. InformatieRijk, 2009). Bij grootschalige toepassing van elektrische/hybride auto's zullen de aan brandstofverkoop gerelateerde belastinginkomsten van de overheid (accijnzen etc.) sterk dalen. Dit miljardenverlies zal niet geaccepteerd worden door het Ministerie van Financiën. Een hogere accijns op electra (Electricforum, 2009a) lijkt onontkoombaar, net als een aangepast (thuis)tariefstelsel voor electra. Afschaffing van de BPM voor elektrische auto's betekent ook verlies aan belastinginkomsten. Tenslotte zal bij toenemende schaarste aan brandstoffen de inkoopprijs van centrales omhoog gaan, wat doorberekend zal worden in de electriciteitstarieven. Schaarste aan primaire brandstoffen is een punt dat zeker aandacht zou moeten krijgen in de discussie rond de elektrische auto.

### *3.4 Technologie in ontwikkeling*

Technologische ontwikkeling is een voortgaand proces, dat met de nodige onzekerheid gepaard gaat. Op dit moment gaat het onder meer om het volgende zaken:

- Accutechnologie:
  - o Opschalen accuproductie, over 6 jaar zal de jaarproductie op 1-2 miljoen accus liggen (ZERAUTO, 2009), wat een fractie is van de wereldautoproduktie (in 2007 ruim 73 miljoen stuks);
  - o Beschikbaar komen van accus met meer vermogen, langere levensduur, lagere kosten en minder milieubelasting tijdens levenscyclus.
  - o Korte laadtijd leidt tot hoger piekvermogen: een korte laadtijd maakt aanschaf concurrerender. Acht 8 uur nachtladen vraagt ongeveer 3 kW/uur (totaal 25 kW vermogen), 10 minuten snelladen 155 kW (De Decker, K., 2009a).

- Vervalt bijladen en komt een systeem van snelle en veilige accuwisseling in zwang? Dit vereist onder meer standaardisatie en hulpmiddelen (een accupakket weegt 100-500 kg).
- Motortechnologie:
  - wat wordt de basismotor in de volgende generatie auto's, is dat de benzinemotor met electromotor als hulpmotor of de omgekeerde situatie? De veel verkochte Toyota Prius is in feite een benzineauto, net als de hybride Honda Civic. Daarin wordt een elektrische motor voor starten en opwarmen gebruikt en de benzinemotor voor gewoon gebruik. Afremmen helpt om de accu te laden. In het Europese en Aziatische model zit nu een EV-knop om (kort) uitsluitend elektrisch te rijden tot de accu leeg is.
  - hybride of volledig elektrisch: een benzinemotor kan onderweg batterijen opladen en extra vermogen leveren bovenop de electromotor. Hij elimineert ook het risico dat er geen oplaadstation in de buurt is. Hybrides hebben nu meestal geen stekkerdoos aan boord, dus is extern (bij)laden niet mogelijk. Bij een plug-in hybride (PHEV) kan dit wel.
- Electriciteitsinfrastructuur:
  - Is een netwerk vergelijkbaar met de huidige tankstations nodig of zal dit een andere vorm krijgen? Hoe wordt dit gevoed, met vuile of schone stroom (wordt Nederland nog nauwelijks geproduceerd)? 's Nachts is er overcapaciteit, dus is off-peak gebruik interessant, maar als er overdag geladen gaat worden, dan lijkt een serie extra centrales nodig om het forse extra (piek)verbruik op te vangen. Extra centrales geven meer CO<sub>2</sub>-uitstoot.
  - De verwachting is dat zich een mengvorm van extern en thuisladen zal gaan ontwikkelen. Essent heeft hiervoor het Mobile Smart Grid concept bedacht (Autoleasewereld, 2009). Bij thuisladen zal ook de elektrische huisinfrastructuur aangepast moeten worden, maar niet iedereen kan zijn auto voor het huis parkeren om op te laden.

## **4. Keuzes voor de toekomst**

### *4.1 Inleiding*

De invoering van elektrische auto's is naar mijn mening zo ingrijpend dat een maatschappelijke discussie en zorgvuldige begeleiding door de overheid wenselijk is.

### 4.2 Evolutie of revolutie?

Voordat er op grote schaal en voor miljarden door burger, bedrijfsleven en belastingbetaler in nieuwe infrastructuur en voertuigtechniek geïnvesteerd gaat worden zou de vraag gesteld kunnen worden of dit wel zinvol is.

De reden voor deze vraag is driedelig. In de eerste plaats staat de positie van de (westerse) autoindustrie onder druk. Al ver voor de huidige crisis waren er grote economische problemen in deze industrie. Na miljarden kostende reorganisaties bedient nu een beperkt aantal conglomeraten de wereldmarkt. De huidige steunoperaties

maskeren in belangrijke mate structurele problemen in deze industrie. Steun aan een industrietak in problemen betekent in de praktijk meestal uitstel van executie: veel basisindustrieën zijn reeds uit onze regio verdwenen (zie ook Koot et al., 2009).

Vervolgens betreft de uitdaging om problemen als luchtvervuiling en klimaatverandering en lokale geluidsbelasting via nieuwe voertuigtechniek aan te pakken slechts een beperkt onderdeel van de hele problematiek rond (auto)mobiliteit. Ruimtebeslag door wegen en parkeerplaatsen, doorsnijding en 'egalisering' van landschappen, horizonvervuiling, opraken van schaarse grondstoffen, al deze zaken gaan onverminderd door.

Het is niet uitgesloten dat het salonfähiger worden van auto's in steden betekent dat deze daar verder kunnen penetreren, ten koste van andere vervoersmogelijkheden, zoals het openbaar vervoer en de fiets. Dat zou betekenen, dat de elektrische auto niet als vervanger van de bestaande auto met interne verbrandingsmotor, maar als een soort tussenproduct moet worden beschouwd (zie ook TNO, 2009c), wat tegelijk te denken geeft over de feitelijk te bereiken voordelen voor milieu en klimaat.

In de derde plaats kan de elektrische auto niet zonder nieuwe infrastructuur. Voor volledig elektrisch rijden is een netwerk van oplaadpunten nodig. Dat gaat met aanzienlijke investeringskosten gepaard. Voor Nederland denkt Enexis (ex-Essent) aan een netwerk van 10.000 oplaadpunten, dat voor een bedrag tussen de 7 en 30 miljard euro gerealiseerd kan worden (Jessayan, 2009). Het laagste bedrag wordt gerealiseerd bij geleidelijke omschakeling, waarbij gebruik gemaakt wordt van het feit dat de bestaande netwerken sowieso aan vervanging toe zijn. Als bestaande netwerken (verder) gedigitaliseerd worden en daarbij veranderen in 'smart grids', dan worden volgens de voorstanders energievraag en aanbod beter op elkaar afgestemd en ontstaan er voordelen op het gebied van energie- en kostenbesparing, leverbetrouwbaarheid en transparantie (slimme meters) (Wikipedia, 2009b). Smart grids kunnen mogelijk een deeloplossing bieden in de controverse rond de noodzaak van extra centrales in Nederland en met wat voor brandstof die gestookt moeten worden. In Nederland zijn nu ongeveer 3300 benzinstations in gebruik (FEM Business & Finance, 2003), 10.000 oplaadpunten lijkt dan redelijk.

In andere landen wordt ook geëxperimenteerd, waarbij vooral Israël opvalt. Voor dit land, de helft kleiner dan Nederland, is een plan opgesteld dat uitgaat van 500.000 laadstations en iets minder dan 200 accu-uitwisselpunten. Een commerciële onderneming (Better Place) heeft inmiddels 17 van zijn geplande 150.000 laadstations geopend (Wikipedia, 2009). Het veel hogere aantal geplande laadpunten in Israël roept de vraag op of Nederland wel met 10.000 laadpunten uitkomt. Een veel hoger aantal zal de kosten van het netwerk fors verhogen. Naast landen zijn ook diverse steden actief of hebben plannen daartoe, zoals London (Electricforum, 2009b) en Amsterdam.

Ook het Ministerie van Economische Zaken heeft besloten om een actieve rol te gaan spelen bij de introductie van de elektrische auto. Voor 65 miljoen zal bijgedragen worden aan een 'internationale proeftuin voor elektrisch rijden'. De insteek lijkt hierbij vooral economisch van aard, gezien de sterke focus op de kansen van de Nederlandse industrie (Regering.nl, 2009).

Tegelijk moet vermeld worden dat het voortbestaan van het bestaande brandstofsysteem (van bron tot pomp) ook forse investeringen en maatschappelijke kosten en risico's met zich meebrengt. Deze zullen voor een deel vervallen.

#### 4.3 Voortgaan of echt kiezen?

Het marktaandeel van elektrische auto's zal – gegeven het huidige vervangingstempo van auto's – pas over enkele decennia merkbaar zijn. Dat maakt het halen van de doelstellingen voor 2050 (de CO<sub>2</sub>-uitstoot in Nederland moet dan met 80% afgenomen zijn) een spannende zaak. Volgens FIA et al. (2009) is naast de invoering van elektrische auto's een halvering van het energiegebruik van auto's met interne verbrandingsmotor met 50% nodig (overeenkomend met 2 Gton aan CO<sub>2</sub> of 600 miljard barrels olie). Naast aanpassingen aan motoren wordt een scala van maatregelen voorgesteld, die de autogebruiker direct aangaan, zoals hogere bandenspanning etc.

Deze halvering is nodig omdat volgens recente prognoses het aantal auto's in de wereld zal toenemen van 600 miljoen nu naar 1.4-2.7 miljard stuks in 2050. 80% van die groei zal in de nu onderontwikkelde landen zijn, de rest daar buiten, waaronder Nederland. Ervan uitgaande dat onderontwikkelde landen achter blijven lopen qua marktpenetratie van nieuwe technieken, zal er nog meer druk komen op westerse landen om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen.

Zelfs al zou er tegen die tijd voldoende energie zijn om al deze voertuigen in beweging te krijgen, dan zal de automobilititeit vastlopen op een gebrek aan (ruimte voor) infrastructuur.

Vandaar dat het goed is om de vraag te stellen of de maatschappij niet voor een veel verdergaande volgende stap in de ontwikkeling van het maatschappelijk vervoerssysteem staat. Als we toch miljarden gaan investeren, wordt het dan niet tijd tijd voor een geheel nieuw vervoerssysteem, hetzij een combinatie van individueel en collectief vervoer, dan wel een geheel nieuw collectief systeem? Is de bestaande visie op mobiliteit als vrij goed nog wel houdbaar? Moet nut en noodzaak van individuele mobiliteit ter discussie gesteld worden om te voorkomen dat we in Nederland letterlijk onder water verdwijnen of dat schaarse grondstoffen alleen maar aan mobiliteit op gaan?

#### 4.4 Interessante onderzoeksthema's

Ik wil dit paper afsluiten met een aantal onderzoeksonderwerpen.

In de eerste plaats denk ik aan een scenariostudie naar toekomstige vervoerssystemen met daarin aandacht voor de eisen waaraan zij zouden moeten voldoen. Hierbij gaat het met name om de gebruikseisen van diverse doelgroepen (voor de langere termijn is zeker een trend als toenemende vergrijzing van belang), vereiste klimaatdoelstellingen in relatie met te berekenen CO<sub>2</sub>-emissies in een referentiejaar, (des)investerings- en operationele kosten etc. In de studie dienen individuele en collectieve systemen in samenhang beschreven te worden.

In de tweede plaats denk ik aan een ontwerpstudie: welke technische systemen zijn beschikbaar of zouden beschikbaar moeten zijn om te voldoen aan de eerder genoemde doelstellingen. Hierbij gaat het zowel om individuele en collectieve systemen, als om technische systemen voor energievoorziening. Wat het eerste betreft, elektrische aandrijving wordt al jaren in het openbaar vervoer gebruikt, alleen is de toepassing vaak zeer kostbaar, want railgebonden. Dit beperkt de toepassing in belangrijke mate. Vaak

wordt de trein als ankerpunt van het OV gezien, echter de meeste mensen reizen over relatief korte afstanden. Voor die afstandscategorie is een bus (en niet dure systemen zoals light rail) een veel beter ankerpunt, maar dan wel in een vorm die ook aantrekkelijk genoeg is voor automobilisten en het klimaat minder schaadt dan de huidige bus. Een systeem van (regionale) trolleybussen kan mogelijk aan deze doelstellingen voldoen. Voor zo'n systeem is de accutechnologie en oplaadinfrastructuur ook niet relevant.

In de derde plaats denk ik aan het ontwikkelen van een invoeringsplan met duidelijke doelen, planningsstappen en investeringsomvang voor consumenten, producenten en overheden.

Dit type studies valt binnen de onderzoeksagenda van onze sectie V&I (Janic, 2008).

## **5. Conclusies en aanbevelingen**

Electrische aandrijving is een optie om de uitstoot van CO<sub>2</sub> door personenauto's te verminderen. Het is echter niet de enige: ook interne verbrandingsmotoren kunnen veel minder energie gebruiken en zo de CO<sub>2</sub>-emissies beperken.

Dat er meer elektrische auto's op de markt zullen komen is niet aan twijfel onderhevig. Of het (snel) tot een grootschalige vervanging van interne verbrandingsmotoren door elektrische motoren komt is echter de vraag. De autoindustrie heeft in het verleden haar kaarten (incl. marketing) vooral op verbetering van het gebruiksgemak gezet, met daarbij ruime aandacht voor motorprestaties. Gezien deze historie zal zij er niet snel voor kiezen om het imago van de auto en daarmee de verwachtingen van de consument bij te sturen. Veel eerder zal zij motoren proberen te ontwikkelen die minstens zo goed presteren als conventionele motoren. Daarbij gaat het dan niet meer om de vraag of een (weinig verkocht) instapmodel aan de eisen voldoet, maar of het hele aanbod van de producent daaraan voldoet. Of een 'technology fix' op zich voldoende is om aan de klimaatdoelstellingen te voldoen is echter de vraag.

De invoering van elektrische voertuigen zal een grote invloed op de maatschappij hebben, denk bijvoorbeeld aan investeringen in de aanpassing van de energievoorziening. Daar tegenover staan besparingen, zoals vervanging van het systeem van benzinestations (productie van benzine vervalt alsmede de bevoorrading).

Een nieuw type aandrijving heeft echter nog steeds primaire energie nodig (voor de centrales). Conventionele brandstoffen worden schaars, terwijl alternatieve bronnen nog in ontwikkeling zijn en er nog geen ervaring is met zeer grootschalige toepassing en gebruik daarvan.

Het is dan ook de vraag of de miljarden die bedrijven en overheden steken in het in standhouden van het autosysteem wel voldoende toekomstgericht zijn en of er geen alternatieve aanwendingsmogelijkheden zijn. Wij pleiten voor verdere (scenario)studies voordat miljarden worden geïnvesteerd.

## Referenties

Addison, J., 2008, Electric cars for 2010, <http://www.cleantechblog.com/2008/06/electric-cars-for-2010.html>, 6 juni 2008.

Autoleasewereld, 2009, Essent: Elektro-auto heeft toekomst en nu ook netwerk, [http://www.autoleasewereld.nl/Nieuws/11/302-essent\\_elektro\\_auto\\_heeft\\_toekomst\\_en\\_nu\\_ook\\_n....html](http://www.autoleasewereld.nl/Nieuws/11/302-essent_elektro_auto_heeft_toekomst_en_nu_ook_n....html), 13 juli 2009.

Bailey, R., 2009, Obama's Clean Car Chimera Battery technology is still not good enough to jumpstart an electric car revolution, <http://www.zerauto.nl/blog/index.php/2009/04/03/elektrische-auto-accuproductie-reason.html>.

Bulk, J. van den, 2009, Kosten van elektrische auto, <http://www.olino.org/2009/2/17/kosten-van-elektrische-auto.html>.

De Decker, K., 2008, Snelheid vreet energie, <http://www.lowtechmagazine.be/2008/10/snelheid.html>, 30 oktober 2008.

De Decker, K., 2009a, Waarom de elektrische auto geen toekomst heeft, <http://www.lowtechmagazine.be/2009/03/elektrische-auto-snelle-oplaadtijden-elektriciteitsnetwerk...>, 17 maart 2009.

De Decker, K., 2009b, Trolleybussen en trolleytrucks: elektrisch transport voor een koopje, <http://www.lowtechmagazine.be/2009/07/trolleybussen-en-trolleytrucks.html#more>, 11 juli 2009.

Electricforum, 2009a, Why is the idea of electric cars so taxing, <http://www.Electricforum.com/electric-cars/why-is-the-idea-of-elect...html>.

Electricforum, 2009b, Boris Johnson and 1000,000 electric cars in the capital, <http://www.electricforum.com/electric-cars/boris-johnson-and-100...html>.

Ent, 2009, Elektrische auto met beleid implementeren., TNO persbericht.

FEM Business & Finance, 2003, <http://archieffembusiness.nl/2003/02/15/nummer-7/Financieel-Shell-schiet-in-eigen-voet.htm>

FIA, IEA, OECD, UNEP, 2009, 50by50 Global fuel economy initiative, [www.50by50campaign.org](http://www.50by50campaign.org).

Hughes, P.A., 1996, A history of early electric cars, <http://www.geocities.com/Athens/Crete/6111/electcar.html>.

InformatieRijk, Opbouw benzineprijs, 2009, <http://www.informatierijk.nl/opbouwbenzineprijs.html>.

Janic, M., 2008, Research Program Transport Studies 2009-2014, OTB, Section V&I, Delft.

Jessayan, H, 2009, Netwerk op komst voor 'slimme stroom', 7 augustus 2009, fd.nl.

Koot, J., en J-W. de Lange, 2009, Kleisterlee: Laat oude industrie inslapen, Het financieele dagblad (fd.nl), 28 februari 2009.

Land van Energie, 2009, In Nederland goede mogelijkheden voor elektrische auto, 8 januari 2009, [http://www.landvanenergie.nl/?type=news\\_item&id=421.html](http://www.landvanenergie.nl/?type=news_item&id=421.html).

Neeve, M. de, 2009, Amsterdam wil stadsvervoer in 2040 geheel elektrisch, <http://tweakers.net/nieuws/59237/amsterdam-wil-stadsvervoer-in-2...html>.

Planbureau voor de Leefomgeving, 2008, Milieubalans 2008, Bilthoven.

RAI Vereniging, 2009, Hoe goed scoort electriciteit op de thema's van de duurzaamheidsagenda?, <http://www.raivereniging.nl/dossiers/klimaat/electrische-auto/elektr...html>.

Regering.nl, 2009, Kabinet stimuleert elektrisch rijden, [http://regering.nl/Actueel/Persberichten\\_ministerraad/2009/juli/...html](http://regering.nl/Actueel/Persberichten_ministerraad/2009/juli/...html), 3 juli 2009.

Schrijver, J., 2009, Elektrische auto verre van marktrijp, fd.nl, 6 juli 2009.

Sperling, R., 1995, Bringing electric cars to market, Access, vol. 6, Spring 1995, pp. 12-18.

Th!nk, Technical data / Specifications / TH!NK city / Home – Website Interface, <http://www.think.no/TH!NK-city/Specifications/Technical-data...html>.

TNO, 2009a, De trekkracht van de elektrische auto, <http://www.tno.nl/content.cfm?context=overtno&content=nieuwsbericht&laag1=37&laag2=2&item...html>, 16 april 2009..

TNO, 2009b, Elektrische mobiliteit, TNO persbericht 1-4-2009.

TNO, 2009c, Verslag van congres 'De introductie van de elektrische auto in Nederland', Amsterdam 9 april 2009.

TU Delft, 2008, Elektrisch vervoer, <http://www.tudelft.nl/live/pagina.jsp?id=e1df0c2a-759c-41bb-b239...html>.

United Consumers, 2009, Prijsopbouw Diesel, 28 maart 2009, [www.bovag.nl/BOVAG/2009/Cijfers/2009\\_prijsopbouw\\_diesel.pdf](http://www.bovag.nl/BOVAG/2009/Cijfers/2009_prijsopbouw_diesel.pdf).

Waveren, N.J. van, 2009, Elektrische auto, ingezonden stuk in Milieudefensie Magazine 6 – 2009, p. 35.

Wikipedia, 2009a, Electric car, [http://en.wikipedia.org/wiki/Electric\\_car.html](http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car.html).

Wikipedia, 2009b, Smart grid, [http://en.wikipedia.org/wiki/Smart\\_grid](http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_grid).

ZERAuto, 2009, Accu grootste rem bij opmars elektrische auto; prijs te hoog, productie te laag, <http://www.zerauto.nl/blog/index.php/2009/04/03/elektrische-auto-acc...>