

Beleid om elektrische auto's te stimuleren¹

Bert van Wee

TU Delft

Kees Maat

TU Delft

Cees de Bont

TU Delft

Elektrisch rijden is één van de manieren om de milieubelasting en het fossiele energiegebruik van personenmobiliteit te verminderen. We geven een overzicht van categorieën beleidsinstrumenten die beschikbaar zijn om aanschaf en gebruik van elektrische auto's te stimuleren. Daaraan voorafgaand presenteren we een conceptueel model waarin de factoren zijn opgenomen die van belang zijn voor de milieubelasting van personenmobiliteit, en een categorisering van gerelateerde beleidsinstrumenten en hun effecten. Vervolgens passen we beiden toe op beleid dat zicht richt op elektrische auto's. Verder bediscussiëren we de implicaties van een toename van elektrische auto's voor beleid, waaronder stedelijk beleid. We concluderen ten eerste dat elektrische auto's substantiële milieu- en energievoordelen kennen, die op de lange termijn echter vooral afhangen van de mate waarin ze de weerstand van verplaatsen beïnvloeden (onder andere door 'rebound effecten' als die weerstand fors afneemt). De belangrijkste nadelen van elektrische auto's ten opzichte van auto's met een verbrandingsmotor zijn de hogere aanschafkosten en de lagere actieradius in combinatie met de lange oplaadtijd. Al deze drie factoren kunnen in de toekomst goed wijzigen. Een tweede conclusie is dat mede daarom stimuleringsbeleid adaptief moet zijn. Dit niet alleen omdat de wenselijkheid van financieel beleid afhangt van de ontwikkeling in kosten van elektrische auto's, maar ook omdat in de vroege stadia van de innovatiecyclus toegangs- en parkeerprivileges in centrale stedelijke gebieden nuttig zijn, maar op langere termijn is beperking daarvan nodig. Ten derde: in vergelijking met een brandstofmotor biedt een elektromotor weliswaar voordelen op het gebied van emissies, maar vormt voor het terugdringen van andere nadelen in stedelijke gebieden geen gelijkwaardig alternatief voor het openbaar vervoer, dat efficiënter is qua ruimtebeslag en gebruik van infrastructuur.

Trefwoorden: beleid , elektrische auto's, evaluatie, milieu

¹ Dit artikel is eerder in het engels verschenen als: Van Wee, B., K. Maat, C. de Bont (2012), Improving Sustainability in Urban Areas: Discussing the Potential for Transforming Conventional Car-based Travel into Electric Mobility. *European Planning Studies*, 20 (1) 95-110. Het is bewerkt en geactualiseerd.

1. Inleiding

Transport is één van de sectoren met de hoogste milieubelasting (zie paragraaf 2) en is sterk afhankelijk van fossiele brandstoffen. Verschillende technologische opties zijn de afgelopen decennia bediscussieerd, zowel in onderzoek als in beleid, om de milieubelasting en de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen. Sinds Californië begin jaren negentig aankondigde dat in 1998 twee procent en in 2003 tien procent van alle nieuw verkochte auto's emissieloos zouden moeten zijn, is de elektrische auto een van de opties. Maar door een gebrek aan technologische doorbraken, met name in de accutechnologie, is de aankondiging niet omgezet in beleid. De aandacht verschoof naar waterstof en biobrandstoffen en zeer zuinige auto's met een verbrandingsmotor. Sinds enkele jaren staat de elektrische auto weer volop in de belangstelling, mede omdat ze volop op de markt komen. Het betreft zowel volledig elektrische auto's zoals de Nissan Leaf als 'plug-in' hybride elektrische auto's met tevens een verbrandingsmotor zoals de Opel Ampera en de Volvo V60/70 PHEV. Bijna alle autofabrikanten produceren momenteel elektrische auto's, in toenemende mate als productiemodel. Het aantal typen elektrische auto's neemt bovendien snel toe.

De wetenschappelijke literatuur over elektrische auto's gaat vooral over technische zaken en consumentenvoorkeuren. Vanuit een beleidsperspectief, met name vanuit het oogpunt van de rol van de elektrische auto in beleid gericht op klimaatverandering en verduurzaming van mobiliteit in steden, zijn de volgende vragen van groot belang:

- Welke categorieën beleidsinstrumenten hebben beleidsmakers beschikbaar als ze beleid willen voeren ter stimulering van elektrische auto's?
- Welke relaties zijn van belang tussen enerzijds beleid gericht op elektrische auto's en anderzijds het overig beleid om verkeer duurzamer te maken, zoals stimulering van openbaar vervoer en fiets?

De eerste vraag beantwoorden we niet alleen, maar plaatsen we tevens in een bredere context waarin we ingaan op het belang van adaptief beleid. Ook gaan we in op de vraag of elektrische auto's wel of niet een succes gaan worden. We beantwoorden deze vragen op basis van literatuur en analytisch denken.

We beperken ons tot auto's met een stekker: volledig elektrische auto's en plug-in hybrides. Een deel van wat we stellen is niettemin ook toepasbaar op andere relatief zuinige hybrides en elektrische fietsen. We richten ons op het beleid dat Nederlandse overheden kunnen voeren (rijk, provincie, gemeenten), en laten de EU buiten beschouwing.

Voordat we deze vragen beantwoorden, geven we in Paragraaf 2 een overzicht van de relaties tussen milieu en transport, waarna we in paragraaf 3 een conceptueel model voor de effecten van transport op milieu, bereikbaarheid en veiligheid presenteren. Paragraaf 4 bediscussieert beleidsinstrumenten ter vermindering van de milieubelasting van transport en hun potentiële milieueffecten. Deze drie paragrafen hebben een algemenere strekking en zijn niet specifiek voor elektrische auto's. In paragraaf 5, de kern van dit artikel, bediscussiëren we de beleidsopties gericht op elektrische auto's. Tevens bespreken we de wenselijkheid van adaptief beleid, en gaan we in op succes- en faalfactoren van elektrische auto's. Tenslotte vat paragraaf 6 de belangrijkste conclusies samen. Het artikel is een aangepaste en naar het Nederlands vertaalde versie van een artikel van dezelfde auteurs dat is verschenen in *European Planning Studies* (Van Wee et al., 2012).

2. Verkeer en milieu²

De invloed van verkeer op milieu is zeer divers, en betreft van uitlaatgassen (emissies) gerelateerde problemen (klimaatverandering, verzuring, luchtverontreiniging), geluidhinder, geurhinder, doorsnijding van het landschap en barrièrewerking, en aantasting van de leefomgeving door rijdende en geparkeerde voertuigen. In deze paragraaf beperken we ons tot emissie gerelateerde problemen omdat elektrische auto's vooral daarop invloed hebben omdat ze relatief schoon en zuinig zijn. Algemeen kunnen we stellen dat de nadelige invloed van verkeer op het milieu zogenoemde externe kosten zijn (kosten die de gebruiker niet meeneemt in haar of zijn beslissing) en een reden zijn voor overheidsbeleid. Hierop komen we in paragraaf 4 en 5 terug.

Tabel 1 geeft het aandeel van transport (personen en goederen, alle modaliteiten; zie voor een nadere toelichting PBL, 2012) in de emissies van NO_x, VOS, PM_{2.5}, PM₁₀ en CO₂ in Nederland.

De aandelen in emissies zijn niet gelijk aan de aandelen in de schade van die emissies, met name gezondheidsschade, omdat de afstand tussen bron en ontvangers in het geval van wegtransport veel korter is dan wanneer emissies afkomstig zijn van de industrie of elektriciteitscentrales. Daardoor zijn emissies van verkeer per kilogram relatief schadelijk (Dorland en Jansen 1997; Eyre et al., 1997; Newton 1997). Het belang van de afstand tussen bron en ontvanger komt tot uitdrukking in het concept 'intake fraction', door Bennet et al. (2002) gedefinieerd als de massa geïnhaleerde stof gedeeld door de massa geëmitteerde stof. Uit een literatuuroverzicht van Evans et al. (2002), en publicaties van Smith (1993a, b) blijkt dat de intake fraction (deel van de emissies dat mensen inademen) van wegverkeer ruwweg 10 keer hoger is dan van een elektriciteitscentrale. Hoe de waarde voor Nederland liggen is ons niet bekend, maar we verwachten dat ook in Nederland emissies van wegverkeer vele malen schadelijker zijn dan van elektriciteitscentrales. Voor verdere literatuur over dit concept verwijzen we naar Marshall et al. (2003, 2005). We concluderen dat niet alleen het aandeel van verkeer in emissies relatief hoog is, maar dat het aandeel in de schade door luchtverontreiniging nog hoger is dan de aandelen in emissies suggereren.

Tabel 1: Aandeel van transport in emissies (%) in Nederland

NO _x	62
NMVOS	25
PM-2.5	50
PM-10	32
CO ₂	23

PBL, 2012

De meeste scenariostudies verwachten dat de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen door verkeer en vervoer (alle modaliteiten, personen- en goederenvervoer), met name CO, VOS, NO_x en PM, zullen afnemen en dat de emissies van CO₂ zullen toenemen (zie bijvoorbeeld WBCSD, 2004).

² Deze paragraaf is deels gebaseerd op Van Wee (2012).

3. Een conceptueel model voor de effecten van transport op milieu, bereikbaarheid en veiligheid

Ten behoeve van de discussie over beleidsopties gericht op elektrische auto's, is inzicht noodzakelijk in de factoren die de invloed van het transportsysteem op het milieu bepalen. Immers, beleidsopties kunnen die invloed verminderen door op die factoren aan te grijpen. Figuur 1 conceptualiseert deze factoren. De figuur is algemeen en heeft betrekking op personenvervoer (alle modaliteiten). Niettemin zullen we illustraties geven die deels specifiek zijn voor elektrische auto's. De figuur stelt ons in staat te doordenken welke factoren van belang zijn voor de hoeveelheid verkeer en vervoer (bijvoorbeeld uitgedrukt in personenkilometers of voertuigkilometers) naar modaliteit, plaats en tijd, en voor de effecten van verkeer en vervoer op milieu, bereikbaarheid en veiligheid, en hoe die factoren onderling samenhangen.

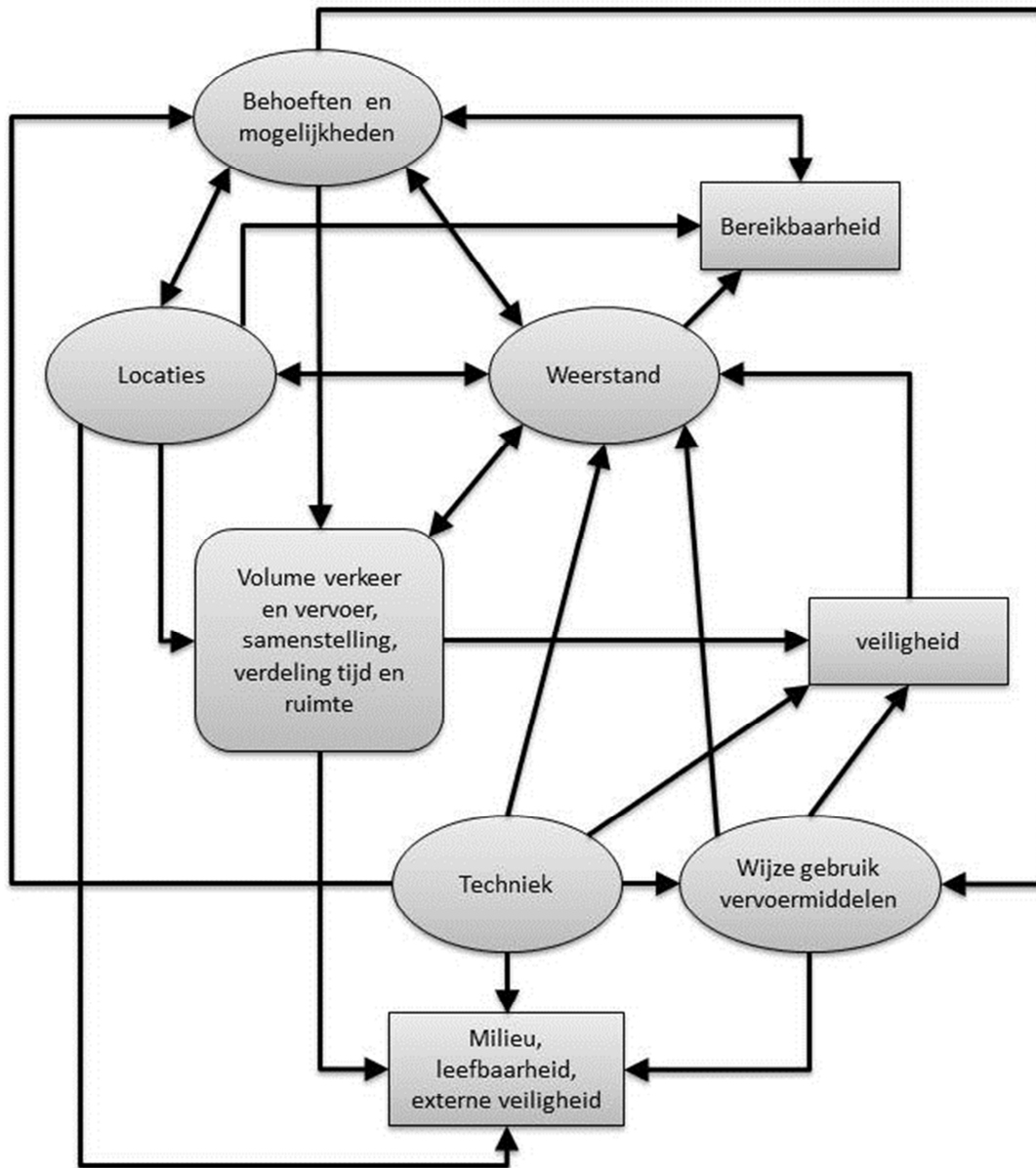
Elektrificering van auto's valt onder technologie. Figuur 2 maakt duidelijk dat technologie van invloed is op de milieubelasting (en mogelijk ook veiligheid, in geval van elektrische auto's omdat ze stiller zijn; dit onderwerp blijft in dit paper buiten beschouwing), maar ook op de weerstand van verplaatsingen. Technologie heeft ook invloed op de wijze waarop mensen vervoermiddelen gebruiken (snelheid, acceleratie, afremmen) en vervolgens op rijtijden en comfort (weerstand) en daarmee op bereikbaarheid en milieu. De verdeling van verkeer over de ruimte heeft invloed op veiligheid, milieu, en bereikbaarheid.

Technologie, heeft niet alleen een directe invloed op het milieu, maar ook een indirecte via omvang en samenstelling van het verkeer. Uit Figuur 1 blijkt dat bij een gegeven bevolkingsomvang en -samenstelling de hoeveelheid verkeer en de decompositie naar modaliteit, tijd en plaats, afhangt van:

- de behoeften en keuzemogelijkheden van mensen en bedrijven;
- de locaties van ruimtegebonden activiteiten, zoals wonen, werken en recreëren;
- de weerstand van verplaatsingen, veelal uitgedrukt in tijd, geld en overige factoren, die we aanduiden als 'moeite', waaronder risico's (onveiligheid) en (on)betrouwbaarheid.

Uit de figuur blijkt dat deze factoren elkaar ook onderling beïnvloeden. Een algemeen voorbeeld: de groei van kantoorwerkgelegenheid nabij snelwegen aan de rand van de stad heeft de voorkeur aan auto's doen toenemen, en de aantrekkelijkheid van het reizen met het openbaar vervoer doen afnemen. Per saldo is het autogebruik toe- en het openbaar vervoergebruik afgenomen. Omdat elektrische auto's de weerstand van verplaatsingen kunnen beïnvloeden, kunnen ze de hoeveelheid en samenstelling van verkeer beïnvloeden. Bijvoorbeeld, als elektrische auto's per kilometer lagere energiekosten hebben (wat het geval is in landen met forse heffingen op brandstof zoals Nederland), kan het autogebruik toenemen als het aandeel elektrische auto's toeneemt. Beleid gericht op stimulering van elektrische auto's heeft dan als direct effect lagere emissies, maar een deel van het directe effect wordt teniet gedaan door een toename van het autogebruik (indirect effect). Dit 'rebound effect' uit zich onder meer in additionele mobiliteit of in de overstap van openbaar vervoer naar de elektrische auto. Algemeen gesteld: uit de figuur blijkt dat beleid gericht op een van de factoren (ovalen) naast een direct effect ook indirecte effecten kan hebben.

Omdat alle factoren elkaar in alle richtingen en op verschillende tijdsschalen beïnvloeden, ontstaat niet of zelden een soort van evenwicht. Voordat een evenwicht is opgetreden, zijn nieuwe wijzigingen opgetreden die nog niet geheel zijn uitgekristalliseerd.



Figuur 1: Een conceptueel model voor de effecten van het transportsysteem op bereikbaarheid, milieu en veiligheid (Bron: van Wee, 2009)

Samenvattend: de invloed van het verkeers- en vervoersysteem op milieu, bereikbaarheid en veiligheid hangt af van vele onderling op dynamische wijze samenhangende factoren.

4. Een categorisering van beleidsinstrumenten

Wat kunnen beleidsmakers doen om het transportsysteem milieuvriendelijker te maken? Doel van deze paragraaf is het geven van een overzicht van categorieën beleidsinstrumenten die beleidsmakers daarvoor beschikbaar hebben. Dit overzicht is bruikbaar voor beleid gericht op elektrische mobiliteit, maar is uiteraard ook toepasbaar op andere beleidsdossiers. In paragraaf 5 gebruiken we het overzicht door het te koppelen aan beleid gericht op elektrische mobiliteit.

Die instrumenten kunnen aangrijpen op (zie Figuur 1): het volume (inclusief de verdeling ervan naar plaats en tijd), de verdeling naar vervoerwijzen (modal split) (in Figuur 1 vormen deze twee factoren gezamenlijk het centrale blok in het midden: volume verkeer en vervoer, samenstelling, verdeling tijd en ruimte), technologie die in het transportsysteem wordt gebruikt (in dit geval dus: elektrische voertuigen), de efficiency van het gebruik van vervoermiddelen, en de wijze van gebruik van vervoermiddelen.

Tabel 2 maakt duidelijk dat regulering en prijsmaatregelen alle aangrijpingspunten kunnen beïnvloeden. Ook ruimtelijke en infrastructurele maatregelen kunnen diverse aangrijpingspunten beïnvloeden. Zie voor voorbeelden Van Wee (2009). De tabel bevat instrumenten die direct ingrijpen in het transportsysteem en het gebruik ervan, waaronder regelgeving, prijsbeleid, ruimtelijke planning, ov-beleid en infrastructuurbeleid, evenals instrumenttypen die indirect werken, zoals marketing, informatie en communicatie, en innovatie/R&D-beleid.

Tabel 2: Dominante relaties tussen beleidsinstrumenten gericht op transport en determinanten voor de milieubelasting van verkeer en vervoer. Bron: grotendeels gebaseerd op Blok en Van Wee (1994)

	Volume	Verdeling naar vervoerswijze	Technologie	Efficiency gebruik vervoermiddelen	Wijze gebruik vervoermiddelen
Regelgeving	•	•	•	•	•
Prijsbeleid	•	•	•	•	•
Ruimtelijke planning	•	•			•
OV-beleid	•	•		•	
Infrastructuurbeleid	•	•			•
Marketing		•			
Informatie en communicatie	•	•		•	•
Innovatie / R&D-beleid			•		

5. Elektrische auto's: een discussie

5.1 Gedragsveranderingen door elektrische auto's gebaseerd op Figuur 1

We komen nu terug op de vragen gesteld in de inleiding, gebruikmakend van het conceptueel model uit Figuur 1 en de beleidsinstrumenten en hun aangrijpingspunten in tabel 2. Een eerste stap betreft de vraag: wat betekent de positionering van elektrische auto's in Figuur 1 concreet voor de invloed van die technologie op de verplaatsingsweerstand? Hiertoe vergelijkt tabel 3 de belangrijkste kenmerken van auto's met een elektrische en een conventionele verbrandingsmotor. De tabel is gebaseerd op wetenschappelijke en grijze literatuur, experts en informatie van autofabrikanten. De tabel is gebaseerd op de huidige stand van zaken. Naar verwachting zal de prestatie van elektrische voertuigen sneller verbeteren dan die van auto's met een verbrandingsmotor, omdat elektrische auto's zich nog in een vroeg stadium van ontwikkeling bevinden. Kosten van nieuwe technologie dalen in het algemeen door schaal- en leereffecten, en we verwachten dan ook een daling van kosten van elektrische auto's, vooral waar het gaat om de kosten van de batterijen. De recent gestarte race in de VS om zo snel mogelijk een elektrische auto voor de massa te maken (zie bijvoorbeeld <http://qz.com/252990/the-story-of-elon-musk-and-gms-race-to-build-the-first-mass-market-electric-car/>) - lees een auto met een range van tenminste 200 mijl voor zo'n 35.000 dollar - is een illustratie van de verwachting dat de kosten wellicht gaan dalen, en daarnaast ook de actieradius gaat toenemen.

Tabel 3: Belangrijke kenmerken van elektrische auto's in vergelijking tot auto's met een verbrandingsmotor

Kenmerk	Indicatie	Voorbeelden referenties
Lagere kosten per kilometer	40-50% lagere kosten per kilometer t.o.v. een 'gewone' auto	http://www.anwb.nl/auto/themas/elektrischrijden/wat-kost-het (geraadpleegd 3-9-2014)
Lagere milieubelasting (CO ₂ emissie, emissie van luchtverontreinigende stoffen / luchtkwaliteit, geluidhinder)	Gebruiksfase: sterk afhankelijk van de wijze van elektriciteitsproductie. Nederlandse park, volledig elektrische auto: -60% CO ₂ -emissie ten opzichte van 'gewone' auto. Emissie NO _x en fijn stof: volledig elektrische auto nihil in de gebruiksfase. Wel via elektriciteitscentrale. Plug-in elektrische auto: -25 tot -80% ten opzichte van benzineauto.	Verbeek en Kampman (2012)
Lagere actieradius	Uitgaande van meest verkochte auto's is de range: 100-150 km. Dan: 70-85% lagere actieradius. De range	http://www.anwb.nl/auto/themas/elektrischrijden/wat-kost-het (geraadpleegd 3-9-2014)

	kan mogelijk flink toenemen, zoals geïllustreerd door de Tesla model S die in de variant met het grootste accupakket een actieradius heeft van meer dan 400 km.	
Lange laadtijd (veel langer dan tijd benodigd om te tanken)	Huidige technologie: thuis laden: tot 8 uur, oplaadpunt: 2 uur, snelladen tot 30 minuten, doch verkort mogelijk de levensduur van accu's.	http://www.anwb.nl/auto/themas/elektrisch-rijden/wat-kost-het (geraadpleegd 3-9-2014)
Prestatie (snelle acceleratie, vooralsnog geen trekhaak)	Acceleratietijd: -0 tot -50%. Rijkeigenschappen: beter.	Acceleratie: http://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Roadster http://www.anwb.nl/auto/themas/elektrisch-rijden/elektrische-autos/welke-autos-zijn-er/nissan-leaf Trekhaak: http://trekhaken.digi-aanbieding.nl/tag/geen-trekhaak-voor-elektrische-en-hybride-auto/ Rijkeigenschappen: Skippon, (2014).
Parkeervoordelen in stedelijke gebieden	Sterk variërend tussen steden; vooral aanwezig in grotere steden	Zie bijvoorbeeld Utrecht: http://www.utrecht.nl/utrecht-elektrisch/opladen/
Parkeervoordelen op werkplekken en andere locaties	Zeer locatiespecifiek. Soms zijn er aparte parkeerplaatsen met laadfaciliteiten voor elektrische auto's, dicht bij ingangen van gebouwen.	Voordelen: zie bijvoorbeeld Utrecht, cel hierboven. Zie voor een kaart met oplaadpunten: http://www.epyon.nl/opladen-van-elektrische-autos/

Elektrische auto's beïnvloeden de weerstand van verplaatsen op diverse wijzen. De energiekosten per kilometer zijn aanmerkelijk lager dan van een auto die rijdt op fossiele brandstoffen, zeker een benzine-auto, wat kan leiden tot een toename van het gebruik (ten opzichte van auto's met een verbrandingsmotor). Als elektrische auto's gebruikt gaan worden voor elektriciteitsopslag (als onderdeel van een 'smart grid') kunnen in de toekomst bezitters van elektrische auto's daar financieel beter van worden, wat de kosten (en dus de weerstand) verder doet verlagen. Verder kunnen de psychologische nadelen van individueel autogebruik voor zover die samenhangen met milieunadelen verminderen, vanwege de lagere milieubelasting van elektrische auto's, wat zou kunnen resulteren in een toename van het (elektrische) autogebruik, eventueel ten koste van het gebruik van het openbaar vervoer of de fiets. De fiets scoort uiteraard nog veel beter op het aspect milieubelasting, maar het verschil tussen een elektrische auto en de

fiets is wel kleiner dan het verschil tussen een 'gewone' auto en de fiets. Tenslotte waarderen veel consumenten de rijke eigenschappen van elektrische auto's, zoals lagere geluidproductie en overig rijcomfort (Skippon, 2014).

Daar staan andere karakteristieken tegenover die juist weerstandverhogend kunnen werken. Dat betreft ten eerste de veel lagere actieradius in combinatie met de relatief lange oplaadtijd (Hoen en Koetse, 2014). Technologische doorbraken kunnen deze weerstandscomponent doen verminderen. Vermoedelijk is een doorbraak in hetzij oplaadtijd, hetzij actieradius alleen al sterk weerstandverlagend; een lagere actieradius is minder bezwaarlijk als opladen heel snel gaat, en snel opladen is minder belangrijk als de actieradius veel groter is. Een toename van oplaadmogelijkheden op andere locaties dan thuis, bijvoorbeeld op de werkplek, kan ook weerstandverlagend werken. Hetzelfde geldt voor concepten waarbij accupakketten verwisseld kunnen worden. Standaardisatie van pakketten en wisselstations is dan een voorwaarde.

Het is goed denkbaar dat, om aan de belangrijkste bezwaren tegemoet te komen, plug-in hybrides voor veel mensen aantrekkelijker zijn dan volledig elektrische auto's (Hoen en Koetse, 2014), niet alleen omdat de beperkte actieradius opgerekt wordt en er minder hoeft te worden opgeladen, maar ook omdat de vrees om voortijdig stil te komen te staan, de zogenoemde range anxiety, verdwijnt. Dit ondanks dat de voordelen ten opzichte van een 'gewone' auto, met name op milieugebied, minder groot zijn.

Een derde cluster weerstandfactoren betreft de prestaties van elektrische auto's. Het accupakket van elektrische auto's, met name als ze zijn afgeleid van conventionele auto's, reduceert de bagageruimte ten opzichte van vergelijkbare auto's met verbrandingsmotoren. Bij speciaal ontworpen elektrische auto's kan dat wel eens minder het geval zijn, omdat elektrische auto's kleinere motoren hebben, die bovendien, evenals de accu's, op allerlei andere plekken in de auto kunnen worden weggewerkt. Verder gaat het om rijgedrag en comfort gerelateerde zaken: elektrische auto's accelereren sneller, hebben een lagere topsnelheid, maken minder herrie (waardoor autorijden comfortabeler wordt). De lagere topsnelheid lijkt ons niet zozeer een functionele barrière, want elektrische auto's kunnen in het algemeen de maximaal toegestane snelheden gemakkelijk overschrijden, maar eerder een psychologische. Uit onderzoek van Jensen et al. (2014) blijkt dat het concrete gebruik van elektrische auto's maakt dat mensen een lagere topsnelheid niet zo belangrijk vinden, mits die niet lager is dan 120 km/u. Dergelijke kenmerken hebben direct invloed op het comfort van autorijden. Het kan bovendien zo zijn dat mensen juist zuiniger met een elektrische auto willen rijden (bijvoorbeeld: minder hard) om de actieradius te vergroten; in Figuur 1 is dit geconceptualiseerd via de pijl van 'technologie' naar 'wijze gebruik vervoermiddelen'. Daarnaast speelt mogelijk een geheel andere factor: auto's zijn vermoedelijk een 'positioneel goed' (zie bijvoorbeeld Alpizar et al., 2005), wat inhoudt dat het nut dat mensen eraan toekennen mede afhangt van de kenmerken van auto's van familieleden, vrienden, collega's en andere bekenden (Hoen et al., 2011; Verhoef en van Wee, 2000). Een lagere maximum snelheid kan daarmee een nadeel zijn, ook al ligt die boven de wettelijk toegestane maximum snelheid. Hoewel we hiervoor geen empirisch bewijs hebben gevonden, vermoeden we verder dat privileges voor elektrische auto's de weerstand van het gebruik ervan kunnen doen afnemen. Denk bijvoorbeeld aan parkeerprivileges, al dan niet gecombineerd met oplaadmogelijkheden of toegang tot straten of delen van stadscentra waar auto's met een verbrandingsmotor niet zijn toegestaan.

Naast deze directe invloeden via weerstand maakt de pijl van 'weerstand' naar 'locaties' duidelijk dat er een indirecte invloed van elektrische auto's op het verkeersvolume is: mensen kunnen hun bestemmingskeuze aanpassen. Die aanpassing kan het gevolg zijn van de beperktere actieradius, of van privileges, bijvoorbeeld parkeermogelijkheden in de binnenstad, waardoor ze daar gaan winkelen in plaats van elders. Ook door veranderingen in comfort kan de reisweerstand veranderen, waardoor mensen hun bestemming kunnen aanpassen. Op langere termijn kunnen wijzigingen in ruimtegebruik ontstaan, zoals tot uitdrukking komt in het concept 'Land Use - Transport Interaction' (LUTI) (Wegener en Fürst, 1999). Zo zou een sterke toename

van het aandeel elektrische auto's er toe kunnen leiden dat het winkelaanbod ruimtelijk verschuift naar plekken waar het parkeren van elektrische auto's relatief makkelijk is. Ook zouden door bereikbaarheidsveranderingen mensen hun activiteitenpatronen en gerelateerde locaties kunnen aanpassen. Verder beïnvloedt de verandering in weerstand de voorkeuren van mensen. Mogelijk leidt een eventuele toekomstige beschikbaarheid van goedkope elektrische auto's (waarbij een elektrische auto goedkoper is dan een 'gewone') tot een hoger niveau van autobezit, met name door toename van het aantal auto's binnen huishoudens. Figuur 1 maakt verder duidelijk dat niet alleen de milieu-invloed van verkeer, maar ook de bereikbaarheid kan veranderen door de wijziging in weerstand, zowel direct, als indirect via locatiekeuzen, ruimtelijke veranderingen en veranderingen in behoeften.

Samenvattend kunnen we stellen dat de elektrische auto voor- en nadelen heeft voor de gebruikers, die aangrijpen op de weerstand van verplaatsingen. De directe weerstand van autogebruik is in geval van elektrische auto's op diverse wijzen ongelijk aan die van het gebruik van conventionele auto's. Lager brandstofkosten en de waardering van milieuvoordelen werken weerstandverlagend, oplaadtijd en beperkte locaties om te kunnen opladen, evenals de beperktere actieradius werken weerstandverhogend. Verder blijkt uit Figuur 1 dat er indirecte relaties zijn door de invloed van weerstand op locaties, en behoeften.

5.2 Beleidsinstrumenten

Gebaseerd op tabel 2 bediscussieert deze paragraaf beleidsinstrumenten die beschikbaar zijn voor het stimuleren van bezit en gebruik van elektrische auto's. Als beleidsmakers elektrische auto's willen stimuleren, kunnen ze enerzijds bijdragen aan een betere financiële marktpositie van elektrische auto's ten opzichte van conventionele auto's, en anderzijds kunnen ze bijdragen aan de beschikbaarheid van voldoende laadinfrastructuur (zie het artikel van Dimitropoulos et al. in dit special issue). De volgende instrumenten zijn hiertoe beschikbaar.

Via regelgeving hebben overheden invloed op de toegang tot bepaalde wegen en parkeerplaatsen. Te denken aan toegang in bepaalde gebieden voor auto's zonder uitlaatgassen (lees: elektrische, of in de toekomst mogelijk ook hybride auto's), of aan parkeerplaatsen voor emissieloze auto's (al dan niet gecombineerd met laadfaciliteiten). Het is denkbaar privileges verder uit te breiden, maar juist bij een sterke toename van het aantal elektrische auto's zouden bestaande privileges ook kunnen vervallen, bijvoorbeeld omdat het stimuleringsbeleid niet meer zo nodig wordt geacht of omdat de druk op binnenstedelijk parkeren van elektrische auto's te groot wordt (zie ook paragraaf 5.4). Eventuele beperkingen in privileges kunnen wellicht het beste helder, en liefst ook van te voren, goed worden gecommuniceerd om het beeld van een onbetrouwbare overheid te voorkomen. Aanscherpingen van de maximum snelheden, vooral op snelwegen, kunnen het relatieve nadeel van de lagere maximum snelheid van elektrische auto's doen verminderen.

Prijsbeleid kan zowel op nationaal als lokaal of regionaal niveau worden ingevoerd. Op nationaal niveau gaat het om het niveau van aanschafbelasting (BPM) en motorrijtuigenbelasting (MRB), instrumenten die Nederland nu al toepast; zie het artikel van Sierzchula et al. in dit special issue. Een kilometerheffing kan ook sturend werken, waarbij het denkbaar is dat elektrische auto's per kilometer betalen, ter compensatie voor het feit dat ze niet via brandstofheffingen bijdragen aan de schatkist. Ook beleid gericht op elektriciteitsprijzen heeft invloed op de kosten per kilometer van het gebruik van elektrische auto's.

Prijsbeleid kan het laadgedrag van mensen beïnvloeden. Zo kunnen lagere nachtelijke tarieven het laden 's nachts stimuleren, waardoor er geen capaciteitsproblemen in het elektriciteitsnetwerk ontstaan. Ook kan prijsbeleid mensen stimuleren zonnepanelen op het dak van hun huis te plaatsen, wat eerder rendabel wordt als die ook voor het opladen van de elektrische auto worden gebruikt. Zo voert Duitsland al jaren actief beleid gericht op zonnepanelen, met garanties ten aanzien van tarieven voor geleverde stroom.

Ruimtelijk-infrastructureel beleid kan zich richten op de locatie van laadpalen en parkeerbeleid gericht op elektrische voertuigen. In gebieden met veel parkeerplekken, zoals luchthavens, kan het aantrekkelijk zijn de accu's van elektrische voertuigen te gebruiken voor de opslag van elektriciteit ('smart grid'; zie bijvoorbeeld Silvester et al., 2010).

Een andere vorm van infrastructuurbeleid betreft beleid gericht op de ontwikkeling van een grid gebaseerd systeem, waarbij elektrische voertuigen stroom ontvangen van het grid – zie bijvoorbeeld Gilbert en Perl (2007) voor een beschrijving van zo'n systeem. Mogelijk wordt inductieladen (vorm van contactloos laden) in de toekomst een optie. Dat kan zijn doordat voertuigen op specifieke locaties, bijvoorbeeld kruisingen met verkeerslichten, snel kunnen bijladen (puntinfrastructuur), maar het kan ook zijn dat op (snel)wegen (lijninfrastructuur) voertuigen kunnen bijladen en stroom kunnen aftappen. Dergelijke systemen, zeker in geval van lijninfrastructuur, vereisen grote investeringen. Aan de andere kant kan de accucapaciteit van elektrische voertuigen beperkt blijven omdat de actieradius niet groot hoeft te zijn. Stel dat alle snelwegen onderdeel uitmaken van een inductiesysteem, dan volstaat een range die voldoende groot is om vanaf de snelweg bestemmingen te bereiken, en van die bestemmingen de snelweg weer te bereiken. Mogelijk is een wat grotere capaciteit voor lokaal verkeer handig, maar daar staat tegenover dat thuisladen in veel gevallen een alternatief kan zijn.

Marketing, informatie en communicatie kunnen zich richten op elektrische auto's, en aanschafgedrag en gebruik beïnvloeden. Te denken valt bijvoorbeeld aan online dynamische informatie over parkeerplekken en laadmogelijkheden (informatie), interactie tussen gebruikers van elektrische auto's en parkeermanagers over parkeerverwensen en -mogelijkheden (communicatie), en aan marketing gericht op de voordelen van elektrische auto's voor de gebruikers (bijvoorbeeld: gratis testperiode).

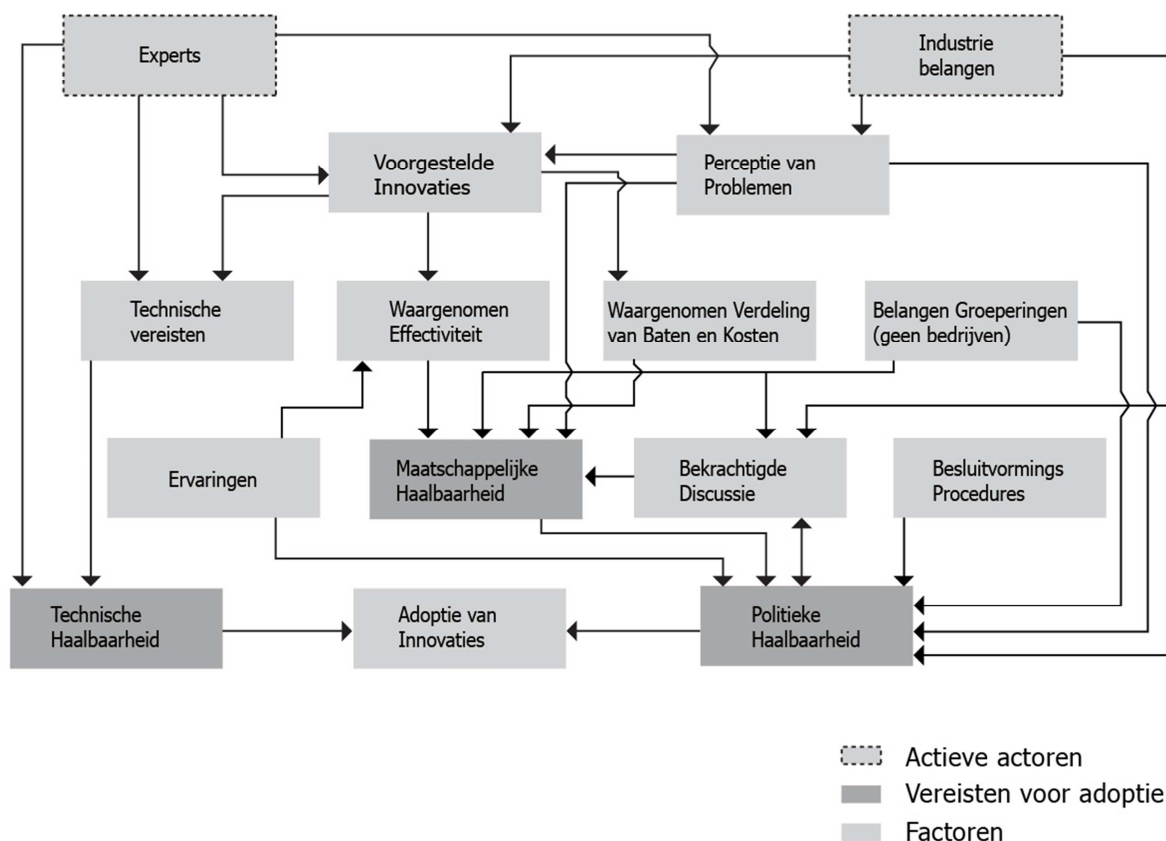
Innovatie en R&D-beleid betreft onder andere het stimuleren van fundamenteel onderzoek, toegepast onderzoek en faciliteren van pilots. Met name pilots zijn van groot belang voor het verkrijgen van inzicht in effecten van innovatieve beleidsopties, en vinden rond elektrische auto's op grote schaal plaats, in diverse landen. Pilots kunnen bijvoorbeeld inzicht geven in ervaringen van gebruikers van elektrische auto's. Zo blijkt, zoals hierboven aangegeven, uit onderzoek van Jensen et al. (2014) dat het concrete gebruik van elektrische auto's maakt dat mensen een lagere topsnelheid niet zo belangrijk vinden, mits die niet lager is dan 120 km/u.

Combinaties van beleidsmaatregelen kunnen leiden tot positieve synergie-effecten. Bijvoorbeeld: als er meer oplaadpunten komen, kan informatie potentiële gebruikers daarop wijzen. De combinatie van ruimtelijk beleid, prijsbeleid en restricties tezamen kunnen bezit en gebruik van elektrische auto's stimuleren. Een typische vorm van de combinatie van beleidsopties betreft strategisch niche management (Kemp et al., 1998). De basis daarvan is de creatie of het management van specifieke niches voor veelbelovende technologieën, zoals elektrische auto's. In geval van elektrische auto's kan het gaan om bijvoorbeeld het aanschaffen van elektrische auto's door overheden, het geven van parkeerprivileges aan die auto's, en fiscale voordelen.

Een belangrijk risico van het stimuleren van een specifieke technologie, zoals elektrische auto's, is het mogelijke ontstaan van lock-in: we kunnen in een fuik terecht komen waar we niet makkelijk meer uit komen, zelfs als we dat wel zouden willen omdat er betere opties zijn. Stel dat bijvoorbeeld doorbraken op het gebied van accucapaciteit (en dus actieradius), accuprijzen en snelladen uitblijven, terwijl er substantiële voortgang wordt geboekt op het terrein van waterstofauto's, dan kan het lastig zijn alsnog om te schakelen naar een op waterstof gebaseerd systeem, wanneer er al veel is geïnvesteerd in de infrastructuur voor elektrische auto's.

5.3 Succes en falen van elektrische auto's

Voor beleidsmakers is het niet alleen van belang om te weten welke categorieën beleidsinstrumenten ze beschikbaar hebben en hoe ze die kunnen inzetten, maar ook is de vraag relevant of het beleid het beoogde succes zal hebben. Als beleid gericht is op een sterke toename van bezit en gebruik van elektrische auto's, is de hamvraag: zullen elektrische auto's een succes worden, waardoor we minder afhankelijk worden van olie en de milieubelasting van personenmobiliteit afneemt? Het is lastig deze vraag adequaat te beantwoorden. Van groot belang zijn doorbraken op het gebied van accutechnologie en snelladen, veranderingen in aanschafprijzen en energiekosten per kilometer (in absolute termen en relatief ten opzichte van auto's met verbrandingsmotoren) - op deze terreinen liggen de belangrijkste barrières voor de aanschaf en het gebruik van elektrische auto's (zie bijvoorbeeld Carley et al., 2013, Hoen en Koetse, 2014). Naast meer instrumentele overwegingen spelen meer symbolische en affectieve overwegingen een rol, zoals attitudes ten aanzien van het milieu en innovaties en statusoverwegingen (zie bijvoorbeeld Noppers et al., 2014; Jensen et al., 2014; Steg et al., 2014), en ontwikkelingen in aantallen en locaties van oplaadinfrastructuur en speciale parkeerplekken. We hebben inzichten uit diverse disciplines nodig om het mogelijke succes of falen van elektrische auto's te begrijpen, in wel in hun onderlinge samenhang. We gebruiken het conceptueel model van Feitelson en Salomon (2004) om de samenhang tussen mogelijke succes- en faalfactoren te schematiseren. Dat model is expliciet ontwikkeld voor innovaties waarin het publieke domein een grote rol speelt, en daarvan is sprake bij elektrische auto's.



Figuur 2: Een politiek-economisch conceptueel model voor succes of falen van innovaties. Bron: Feitelson en Salomon (2004)

Het model geeft aan dat de adoptie van nieuwe technologieën afhangt van de technische en politieke haalbaarheid ervan. Beide hangen af van veel onderling interacterende factoren. In geval van elektrische auto's gaat het om de meningen van experts, de belangen van de auto-olie- en accu-industrie en elektriciteitsproducenten en netwerkbeheerders, de 'sense of urgency' ten aanzien van het opraken van goedkope olie en klimaatverandering, en voor- en nadelen (werkelijke en gepercipieerde) van elektrische auto's ten opzichte van alternatieven voor zowel de gebruikers als de maatschappij. Een belangrijke rol is weggelegd voor de auto-industrie. Die kunnen we splitsen in enerzijds de gevestigde grote autofabrikanten zoals General Motors, Ford, Volkswagen en Toyota, en anderzijds opkomende 'nieuwe' bedrijven. Tesla is op het gebied van elektrische auto's vooralsnog de bekendste en wellicht meest succesvolle. In de innovatieliteratuur komt naar voren dat belangrijke doorbraken vaak niet komen van de 'gevestigde orde' (in dit geval: de grote autofabrikanten), maar van andere bedrijven (Sierzchula et al., 2012; in press). De betrokkenheid van Google bij de ontwikkeling van automatisch rijdende auto's is hiervan een goed voorbeeld.

We concluderen dat het model aannemelijk maakt dat het nogal onzeker is of elektrische auto's succesvol zullen worden. Naast onzekerheden op het gebied van technologieën, zijn er belangrijke onzekerheden ten aanzien van de belangen van actoren (publieke en private) en hun onderlinge interacties, en onzekerheden ten aanzien van consumentengedrag en dat van overige gebruikers van elektrische voertuigen (zoals bedrijven). Garanties dat beleid gericht op de stimulering van bezit en gebruik van elektrische auto's ook daadwerkelijk zal relateren in een sterke toename van het aandeel elektrische auto's in het autopark zijn daarom niet te geven. Bedacht moet worden dat vele andere partijen, naast overheden, een belangrijke rol spelen in de marktpositie van elektrische auto's. Overheden zijn overigens niet als actoren in het model opgenomen, anders dan dat ze een cruciale rol spelen in de politieke haalbaarheid. Burgers zijn niet expliciet opgenomen. Hun belang loopt deels via belangengroeperingen, maar ook via de politieke haalbaarheid. Bovendien beïnvloedt sociale haalbaarheid de politieke haalbaarheid, bijvoorbeeld omdat politici kunnen denken dat ze stemmen winnen of verliezen, afhankelijk van hun politieke standpunten (Buchanan en Tullock, 1962).

5.4 *Dynamiek en adaptief beleid maken*

Het proces van diffusie van elektrische auto's maakt adaptief beleid noodzakelijk maken. Dit geldt ten eerste vanwege de vele onzekerheden, zoals geconceptualiseerd in Figuur 2. Daarnaast kunnen ervaringen met reeds ingezet beleid maken dat aanpassingen ervan wenselijk zijn. De recente ervaringen met fiscaal beleid in Nederland gericht op de stimulering van (plug in) elektrische voertuigen (en andere zuinige auto's), en recente aanpassingen als gevolg van die ervaringen in het fiscale beleid, illustreren dit. Door een stapeling van subsidies werden sommige auto's zoals de Mitsubishi Outlander wel erg aantrekkelijk. Bovendien bleken veel leaserijders de auto's veel minder vaak op te laden dan verondersteld in het beleid, mede omdat ze brandstof gratis kunnen tanken, terwijl de kosten van opladen voor eigen rekening komen. Bovendien is tanken minder 'gedoe' dan opladen.

Adaptive Policy Making (APM) is een concept dat is ontwikkeld wanneer beleidsmakers wel doelen hebben, maar er veel onzekerheid is over allerlei relevante zaken. Het concept wordt geïllustreerd in een metafoor in Marchau et al. (2010). Enigszins vrij vertaald naar het Nederlands: "het basis concept adaptatie is eenvoudig uit te leggen. Het is analoog aan de benadering van het sturen van een schip tijdens een lange oceaanreis. Het doel - de bestemming - staat van te voren vast, maar onderweg kunnen onvoorspelbare stormen en andere zaken de beoogde route verstoren. Dus wordt het beleid - de te kiezen route - onderweg aangepast. Al voorafgaand aan de reis begreep men al dat er zich waarschijnlijk wijzigingen voordoen en staat men stil bij de manier waarop men kan reageren op wijzigingen. Wat belangrijk is, is dat het

uiteindelijke doel ongewijzigd blijft, en dat de beleidsmaatregelen gericht blijven op het halen van dat doel. (Het doel kan veranderen, maar dan moet er een nieuw plan komen).

In geval van elektrische auto's is de verkoop van veel elektrische auto's niet het doel vanuit milieuperspectief. Die doelen liggen een niveau hoger, zoals beperking van de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen, lagere CO₂-emissie, en reductie van luchtverontreiniging en geluidhinder. Elektrische auto's zijn een interessante optie om deze doelen te bereiken en daarom is er beleid nodig om ze succesvol te laten penetreren in het autopark. Maar welk beleid in welk stadium gewenst is, is nog onzeker. En als de doelen zouden wijzigen, neemt de onzekerheid verder toe, wat de noodzaak van adaptief beleid verder vergroot. Hetzelfde geldt indien zou blijken dat elektrische auto's ernstige milieunadelen zouden hebben of toch niet de meest gunstige en realistische weg zijn naar de eerder genoemde doelen. Naar onze mening is het domein van adaptief beleid dan ook breder dan in het voorbeeld hierboven waarbij het doel constant blijft.

APM is een systematische, stapsgewijze benadering. Het is niet het doel van dit artikel deze benadering verder uit te werken; voor deze uitwerking, in combinatie met illustraties op het gebied van transport verwijzen we naar Marchau et al. (2010). Cruciaal is de notie van vele onzekerheden en hun beleidsimplicaties, en die zijn er volop in geval van elektrische auto's. Uitgaande van het kader van Figuur 2, vat Tabel 4 deze samen.

Tabel 4: Belangrijkste onzekerheden relevant voor beleid gericht op elektrische auto's

Technologische onzekerheden	Technologische doorbraken, met name gericht op accucapaciteit, levensduur accu's, laadinfrastructuur, opties voor uitwisseling accupakketten
	Interactie met elektriciteitsproductie (o.a. ontwikkelingen in smart grid technologie)
	Doorbraken in concurrerende technologieën, zoals waterstof biobrandstoffen, zeer zuinige auto's met verbrandingsmotoren
Onzekerheden in externe ontwikkelingen	Olieprijzen, olievoorraden, stabiliteit in olieproductie (inclusief geopolitieke factoren), ontwikkelingen in schalieolie- en gas.
	Klimaatbeleid
Maatschappelijke onzekerheden	Veiligheid (laden met hoogspanning, hogere risico's door stillere voertuigen)
	Consumentenacceptatie en adoptie
	Gedrag van huidige en potentieel nieuwe autoproducenten en van de olie-industrie
Economische onzekerheden	Kosten en prijzen van accupakketten en elektrische voertuigen (inclusief restwaarde van beide)
Beleidsonzekerheden	Beleid andere landen en EU
	Lokaal beleid
	Beleid van werkgevers
	Oplaainfrastructuur (hangt af van publieke en private actoren)

Vanwege al deze onzekerheden is het niet mogelijk nu vast te stellen welk toekomstig beleid het 'beste' is. Daarom is adaptief beleid aan te bevelen. Maar ook om andere redenen kan adaptief

beleid nuttig zijn. Ten eerste: stel dat lokale overheden elektrische voertuigen willen stimuleren door ze parkeerprivileges te geven, zoals een gratis parkeerplek in het centrum. Dan zullen ze dat beleid moeten aanpassen, afhankelijk van het succes ervan, met name als het aandeel elektrische voertuigen snel zal toenemen. Ten tweede: als overheden in de beginstadia veel elektrische voertuigen zouden kopen (bijvoorbeeld als onderdeel van strategisch nichemanagement of als 'launching customer'), dan kunnen ze daarmee stoppen als de marktpenetratie van elektrische voertuigen goed op gang komt. Ten derde is het denkbaar dat private partijen de rol van publieke partijen overnemen, zoals de aanleg en het beheer van laadinfrastructuur. Ten vierde is adaptief beleid misschien nodig om ruimtelijke redenen of redenen van leefbaarheid: elektrische voertuigen heffen immers niet de nadelen in de vorm van ruimtebeslag (rijdende en geparkeerde voertuigen) en veiligheid op. Privileges voor elektrische voertuigen zijn om dergelijke redenen wellicht niet tot in lengte van dagen vol te houden.

5.5 *Implicaties voor traditionele beleidsinstrumenten*

De negatieve kanten van autogebruik liggen ten grondslag aan het feit dat veel Europese steden en soms ook landen beleid hebben gevoerd dat gericht is op beperking van (de groei van) autogebruik, met name in steden. Toch heeft de auto een hoog aandeel in het totaal aantal afgelegde kilometers in Westerse landen, in de meeste landen is dat meer dan 70%. Ruimtelijke ontwikkelingen zijn mede het gevolg van de dominantie van de auto in ons verplaatsingsgedrag. Openbaar vervoer en langzaam verkeer zullen die rol niet makkelijk op grote schaal kunnen overnemen. Het meest waarschijnlijke alternatief voor de huidige auto is een meer duurzame auto.

Stel dat de elektrische auto doorbreekt en een groot marktaandeel krijgt, zijn traditionele beleidsvormen gericht op het beïnvloeden van de vervoerwijzekeuze van de auto naar het openbaar vervoer en langzaam verkeer dan overbodig? Het antwoord op deze vraag hangt af van de doelen van dat beleid. Waar het gaat om CO₂ emissie, lokale luchtverontreiniging en energiebeleid, helpt een verschuiving naar elektrische auto's in combinatie met duurzame elektriciteitsopwekking veel beter dan beleid gericht op het stimuleren van het openbaar vervoer of de fiets, en beleid gericht op het ontmoedigen van de auto (zoals prijsbeleid, parkeerrestricties) (tenzij die ontmoediging zeer drastisch plaatsvindt, zo niet dan resulteert ontmoedigingsbeleid in hooguit enkele procenten tot maximaal circa 10% vermindering van het autogebruik). Maar de elektrische auto is geen oplossing voor de meeste lokale effecten, zoals veiligheid, hinder van rijdende en geparkeerde voertuigen en ruimtebeslag, zoals ze zich vooral in steden manifesteren. Het openbaar vervoer en de fiets zijn veel ruimte-efficiënter en dragen daarom wel bij aan de reductie van dergelijke problemen. Bovendien kunnen ze de bereikbaarheid van mensen helpen vergroten. Tevens zal de elektrische fiets de range van de fiets kunnen vergroten ten koste van de kortere autoritten. Daarom denken we dat beleid gericht op deze modaliteiten niet overbodig wordt bij grootschalig gebruik van elektrische auto's.

6. Conclusies en discussie

Uitgaande van de vragen die we in de eerste paragraaf hebben opgeworpen, concluderen we dat de elektrische auto de potentie heeft om doelen gericht op milieu en energie, te helpen bereiken. Het gaat vooral om luchtverontreiniging en CO₂-emissie, olieafhankelijkheid, en geluidhinder. Zeker in geval van duurzaam geproduceerde stroom is de milieubelasting van elektrische auto's veel lager dan van conventionele auto's. We vermoeden dat, mits er doorbraken komen op het gebied van prijs, actieradius en oplaadmogelijkheden en -tijd, een verschuiving naar elektrische auto's makkelijker te realiseren is dan een grootschalige verschuiving van de auto naar de fiets en het openbaar vervoer. Maar de uiteindelijke voordelen van elektrische auto's hangen wel sterk af van de relatieve score (ten opzichte van gewone auto's) over de gehele levenscyclus, inclusief de productie van voertuigen, het energiegebruik op 'well-to-wheel' basis en uiteraard ook van ontwikkelingen van auto's met verbrandingsmotoren, dan wel auto's met andere alternatieve energiebronnen, met name waterstof of biobrandstoffen.

Ten tweede constateren we dat de elektrische auto voor- en nadelen voor de gebruiker heeft. Belangrijke nadelen liggen op het terrein van de hogere aanschafkosten, beperkte actieradius (en de daarmee samenhangende range anxiety), en de beperkte oplaadmogelijkheden. Overheidsbeleid kan die weerstandverhogende factoren deels verlagen, onder meer door invloed uit te oefenen op de prijs, de laadinfrastructuur en op parkeren. Dat beleid zou bij voorkeur adaptief moeten zijn. Overheidsbeleid kan die weerstandverhogende factoren deels verlagen, onder meer door prijsbeleid, beleid gericht op laadinfrastructuur en parkeerbeleid. Dat beleid kan vermoedelijk het beste adaptief zijn. Privileges liggen vooral in de vroegere stadia voor de hand.

Ten derde denken we dat elektrische auto's en het openbaar vervoer en fiets complementair zijn: aan auto's blijft behoefte, maar de beide andere vervoersmiddelen zijn veel efficiënter in termen van ruimtegebruik en het gebruik van infrastructuur.

Referenties

- Alpizar, F., F. Carlsson, O. and O. Johansson-Stenman (2005), How much do we care about absolute versus relative income and consumption? *Journal of Economic Behavior and Organization* 56 (3), 405-421.
- Bennett , D.H., T.E. McKone, J.S. Evans, W.W. Nazaroff, M. D. Margni, O. Jolliet and K.R. Smit (2002), Defining intake fraction. *Environmental Science & Technology*, May 2002, 3-7.
- Blok, P. and B. Van Wee (1994) Het Verkeersvraagstuk, In: F. Dietz, W. Hafkamp, J. Van der Straaten (red.), *Basisboek milieu-economie*. Boom, Amsterdam/Meppel.
- Buchanan, J.M. and G. Tullock. (1962), *The Calculus of Consent*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Carley, S. , R.M. Krause, B.W. Lane and J.D. Graham (2013), Intent to purchase a plug-in electric vehicle: A survey of early impressions in large US cities. *Transportation Research part D* 18(1) 39-45.
- Dorland, C. and Jansen. H.M.A. (1997), *ExternE Transport - the Netherlands. Dutch case studies on transport externalities*. Institute for Environmental Studies (IVM), Free University, Amsterdam.
- Evans, J.S., S.K. Wolff, K. Phonboon, J.I. Levy and K.R., Smith (2002), Exposure efficiency: an idea whose time has come? *Chemosphere* 49 (2002), 1075-1091.
- Eyre, N.J., E. Ozdemiroglu, D.W. Pearce and P. Steele (1997). Fuel and Location Effects on the Damage Costs of Transport Emissions. *Journal of Transport Economics and Policy* 31 (1),5-24.
- Feitelson, E. and I. Salomon (2004), the political economy of transport innovations. In: M Beuthe, V. Himanen, A Reggiani & L Zamparini (Eds.), *Transport developments and innovations in an evolving world* (pp. 235-251). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Gilbert, R. and A. Perl (2007), *Transport Revolutions. Moving people and freight without oil*. London: Earthscan.
- Hoen, A. and M.J. Koetse (2014), A choice experiment on alternative fuel vehicle preferences of private car owners in the Netherlands . *Transportation Research Part A* 61 199-215.
- Kemp, R. J. Schot and R. Hoogma (1998), Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(2), 175 - 198.
- Jensen, A.F., E. Cherchi and S.L. Mabit (2014), On the stability of preferences and attitudes before and after experiencing an electric vehicle. *Transportation Research part D* 25 24-32.
- Marchau, V.A.W.J., W.E. Walker and G.P. van Wee (2010), Dynamic adaptive transport policies for handling deep uncertainty, *Technological Forecasting and Social Change* 77 (6), 940-950.
- Marshall, J.D., W.J. Riley, Th.E. McKone and W. Nazaroff (2003), Intake fraction of primary pollutants: motor vehicle emissions in the South Coast Air Basin, *Atmospheric Environment* 37 (2003), 3455-3468.
- Marshall, J.D., T.E. Mc Kone, E. Deaking and W.W. Nazaroff (2005), Inhalation of motor vehicle emissions: effects of urban population and land area, *Atmospheric Environment* 39 (2005), 283-295.
- Newton, P.N. (ed.) (1997) *Reshaping cities for a more sustainable future - exploring the link between urban form, air quality, energy and greenhouse gas emissions*. Research Monograph 6, Melbourne: Australian Housing and Research Institute (AHURI).
[http://www.ea.gov.au/atmosphere/airquality/urban-air/urban air docs.html](http://www.ea.gov.au/atmosphere/airquality/urban-air/urban%20air%20docs.html).

- Noppers, E.H. , K. Keizer, J.W. Bolderdijk and L. Steg (2014), The adoption of sustainable innovations: Driven by symbolic and environmental motives. *Global Environmental Change* 25 (1) 52-62.
- Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). *Balans van de leefomgeving 2012*. Den Haag: Planbureau voor de leefomgeving.
- Sierzechula, W., S. Bakker, K. Maat and B. van Wee (2012), Technological diversity of emerging eco-innovations: a case study of the automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, 37, 211-220.
- Sierzechula W., S. Bakker, K. Maat and B. van Wee (2014), Alliance formation in the automobile sector during an era of ferment. *Creativity and Innovation Management*, (in press)
- Silvester, S., S.K. Beella, A. Van Timmeren, P. Bauer, J.N. Quist and S.J. van Dijk (2010), *Integration of electric mobility into the built environment*. Schiphol The Grounds. Research report Delft University of Technology.
- Skippon, S.M. (2014), How consumer drivers construe vehicle performance: Implications for electric vehicles. *Transportation Research part F* 23 15-31
- Smith, K.R. (1993a) Fuel combustion, air pollution, and health: The situation in developing countries. *Annual Review of Energy and the Environment* 18, 529-566.
- Smith, K.R. (1993b) Taking the true measure of air pollution. *EPA Journal* 19 (4), 6-8.
- Steg, L. , J.W. Bolderdijk, K. Keizer, K. and G. Perlaviciute (2014), An Integrated Framework for Encouraging Pro-environmental Behaviour: The role of values, situational factors and goals. *Journal of Environmental Psychology* 38 104-115
- Van Wee, B. (2009), Verkeer en vervoer: een introductie. In B. van Wee and Jan Anne Annema: *Verkeer en vervoer in hoofdlijnen*. Bussum: Coutinho.
- Van Wee, B. (2012), Urban transport and sustainability. In: E. van Bueren, H. van Bohemen, L. Itard and H. Visscher (eds.), *Sustainable Urban Environments: an Ecosystem Approach*, Dordrecht: Springer.
- Van Wee, B., K. Maat and C. de Bont (2012), Improving Sustainability in Urban Areas: Discussing the Potential for Transforming Conventional Car-based Travel into Electric Mobility. *European Planning Studies*, 20 (1) 95-110.
- Verbeek, R. and B. Kampman (2012). *Factsheet Brandstoffen voor het wegverkeer. Kenmerken en perspectief*. Delft: TNO en CE
- Wegener, M. and F. Fürst (1999) *Land-Use Transport Interaction: State of the Art. Deliverable D2a of the project TRANSLAND* (Integration of Transport and Land use Planning). Berichte aus den Insitut für Raumplanung 46, Universität Dortmund, Insitut für Raumplanung, DortmundWorld Business Council for Sustainable Development (2004), *Mobility 2030: meeting the challenges to sustainability*.