

Alternatieve Brandstoffen voor auto's

Op welke brandstof rijden onze toekomstige auto's?



Figuur 1: Tesla Roadster | Bron: Tesla.com

Voorwoord

Dit is het dus. Mijn eindwerkstuk, waar ik de afgelopen maanden aan heb gewerkt. Er was een moeizaam begin, maar stiekem ben ik toch trots op wat ik hier heb neergezet. Nu maar hopen dat ik ook trots mag zijn op mijn beoordeling.

In de elfde klas kregen we een periode toegewijd aan het eindwerkstuk. Hier kregen we de uitleg en een aantal oefeningen om de basisvaardigheden voor het doen van een onderzoek te leren. Ook stond deze periode in het teken van het vinden van een goed onderwerp. Ik twijfelde uiteindelijk tussen twee verschillende onderwerpen: “zelfrijdende auto’s” en het “ultieme smart home”. Uiteindelijk bleek zelfrijdende auto’s het betere onderwerp, hier is meer concrete informatie over te vinden, het is actueler en het zal een belangrijkere rol spelen in onze toekomst. Ook vind ik het heel interessant, nog interessanter dan smart homes.

Het was echter heel lastig om een begin te vinden voor het onderzoek. Ook het persoonlijk deel was een dingetje; wat kan ik hier in hemelsnaam voor doen? Arthur, de docent die de EWS periode gaf, had wel een idee: Maak zelf een werkende zelfrijdende auto. Hij bedoelde hier natuurlijk een schaalmodel mee, maar ik wist al meteen dat dit voor iemand als ik onhaalbaar ging blijken.

Toen gingen we bij scheikunde het hoofdstuk “redoxchemie” behandelen. Hier leerden we de werking van een accu en hoe een brandstofcel elektrische energie uit bijvoorbeeld waterstof kan halen. Bij natuurkunde hadden we het hoofdstuk “elektromagnetisme” al eerder dat jaar behandeld. Hier leerden we onder andere de werking van een elektromotor, ook dit vond ik al heel interessant. Ik ben, zoals te zien aan het voorblad, een enorme Tesla-fan en ik bedacht me dat er twee dingen zijn die Tesla onderscheiden van de rest: Ze zijn goed in zelfrijdende auto’s (mijn originele onderwerp) en ze zijn heel belangrijk voor de opkomst en ontwikkeling van elektrische auto’s. Toen wist ik dat mijn eindwerkstuk over elektrische auto’s moet gaan. Het onderwerp “alternatieve brandstoffen voor auto’s” is geboren...

Ik wil graag Gerlach bedanken met zijn uitstekende begeleiding. Ik moet toegeven dat ik aan het begin een beetje twijfelde of ik wel blij moest zijn, maar hij heeft me daadwerkelijk geholpen op manieren die ik niet mogelijk had verwacht. Hij heeft me niet alleen geholpen met het vinden van een persoonlijk deel en het afbakenen van het onderwerp, maar ook met kleine details zoals het formuleren van zinnen tot het aanscherpen van vragen voor mijn enquête. Al onze gesprekken duurden makkelijk een uur, maar waren dan ook heel nuttig.

Ook wil ik mijn ouders bedanken met de steun die ze me hebben gegeven. In het bijzonder mijn moeder, die zichzelf soms soort-van heeft opgeofferd door me achterna te zitten en ervoor te zorgen dat ik (eindelijk) iets ging doen.

Ik wil de directie van school bedanken voor het maken van een uitzondering en het versturen van mijn enquête naar de ouders/verzorgers van leerlingen van verschillende klassen. Ook wil ik iedereen die zich de tijd heeft genomen die enquête in te vullen bedanken, zonder jullie was het niet gelukt.

Maar natuurlijk wil ik ook jou, als lezer, bedanken voor de interesse die je toont. Zelfs als je niet het hele eindwerkstuk doorleest en zelfs als je het niet eens bent met mijn conclusie. Het is een eer dat een werkstuk van mij momenteel in jouw handen ligt.

- Jochem Verstegen

Inhoudsopgave

Hoe het allemaal begon.....	1
Inleiding.....	2
De Verbrandingsmotor	3
Elektrische Auto	4
Accu's.....	4
Opladen.....	5
Voor- en nadelen.....	6
Waterstofauto.....	7
Chemie	7
Tanken	8
Wat willen wij?.....	9
Wat men heeft.....	9
Wat men wil	10
Wat men vindt.....	11
Wat men wil betalen	12
Wat men verwacht.....	13
Conclusie	14
Bronnen.....	15
Bijlagen.....	17
Bijlage 1: De enquête	17
Bijlage 2: De antwoorden.....	27

Hoe het allemaal begon

Bijna vijfhonderd jaar geleden, in 1580, werd in Hongarije de draagstoel vervangen door een koets. Waar de draagstoel door mensen werd gedragen, stond de koets met twee wielen op de grond en werd getrokken door paarden. De paarden werden bestuurd door een ruiter op het linker paard (Wikipedia, 2007). Een aantal eeuwen later werden er twee wielen aan toegevoegd, intussen heeft de ruiter ook een plekje gekregen aan de voorkant van de koets.

In de negentiende eeuw begon men met het experimenteren met motoren, die de paarden zouden vervangen. De eerste motoren waren stoommachines, welke eind 18^e eeuw in koetsen werden verwerkt. De eerste stoomauto werd gerealiseerd in 1769 en ontwikkelde zich geleidelijk, maar bleek niet heel geschikt te zijn om op een ongelijke ondergrond te rijden. Hierdoor begon men met het bouwen van wegen die bestonden uit twee metalen rails, waardoor de stoomtrein een feit werd. (Wikipedia, 2006)

In 1862 werd een belangrijke ontdekking gedaan om het brandstofmengsel in dezelfde cilinder te comprimeren als waar het tot ontploffing werd gebracht. Dit leidde tot de viertaktmotor, welke heel belangrijk werd voor de verdere ontwikkeling van auto's die op aardolie worden aangedreven. De meest gebruikte brandstof werd al snel benzine. (Wikipedia, 2006)

Een belangrijk persoon voor de opkomst van de automobiel is de Duitser Carl Benz. Hij bouwde zijn eerste automobiel in 1885. Zijn vrouw maakte een succesvolle proefrit van 80 km met de auto, waardoor hij tientallen van zijn auto's kon verkopen (Wikipedia, 2006). Dit markeert het begin van de snelgroeïende populariteit van auto's, welke nu nog steeds enorm is.



*Figuur 2: Eerste automobiel van Carl Benz |
Bron: M.M. Minderhoud*

De elektrische auto is echt iets van deze tijd. Althans, dat zou je denken. De geschiedenis van de elektrische auto gaat echter ver terug in de tijd, tot het moment dat de auto werd uitgevonden. De eerste elektromagnetische auto, dat weliswaar een schaalmodel is, stamt al uit 1835 en is gemaakt door de Nederlander Sibrandus Stratingh (Rijksuniversiteit Groningen, 2019). Met de in 1898 gebouwde elektrische "La Jamais Contente" was de Belg Camille Jenatzy in 1899 de eerste mens die sneller ging dan 100 km/h met een auto (Hoekstra, 2017). Hij verbrak het snelheidsrecord met 105,882 km/h met deze elektrische auto (Wikipedia, 2018).

Er was een tijd dat bijna alle auto's elektrisch waren. Dit duurde tot het einde van de 19^e eeuw, toen de verbrandingsmotor steeds beter werd en het uiteindelijk won van de elektrische auto. Dit komt vooral door de accu in de auto, welke de snelheid en actieradius terughield ten opzichte van de verbrandingsmotor. De ontwikkeling stopte echter niet en kreeg tijdens de Tweede Wereldoorlog en de 17^e eeuw zelfs een tijdelijke opleving, mede dankzij brandstoftekorten. Langzaam nam de populariteit weer toe en sinds 2010 begon Tesla Motors met de verkoop van elektrische auto's op grote schaal. De nieuwe generatie elektrische auto's is geboren en lijkt auto's met verbrandingsmotoren voorgoed te zullen verslaan.

Inleiding

Elektriciteit is echter niet de enige alternatieve brandstof die we in de toekomst zouden kunnen gaan gebruiken. Waterstof is een andere alternatieve brandstof die zich met de discussie mengt. Dit is ook een kanshebber als toekomstige brandstof en lijkt de nadelen van elektrische auto's op te lossen. Een waterstofauto is echter ook niet perfect, ook deze heeft nadelen.

In dit onderzoek is door middel van een enquête onderzocht wat de gewone mens het liefste zou willen gebruiken. Dit is gedaan door de respondenten zélf de voor- en nadelen tegen elkaar op te laten wegen en zo tot een conclusie komen met wat hen het prettigst lijkt. Ook wordt er door middel van andere vragen beredeneerd wat de beste alternatieve brandstof is, gebaseerd op het huidige gebruik van auto's.

De wereld is verdeeld over twee kampen: het ene kamp vindt elektrische auto's de beste optie en het andere kamp vindt waterstof duidelijk superieur. De vraag die hieruit voortkomt gaan we door middel van dit onderzoek voorgoed beantwoorden: *Wat is nou toch de beste alternatieve brandstof?* Is het waterstof, of toch elektriciteit?

De Verbrandingsmotor

De huidige meest gebruikte brandstoffen komen voort uit aardolie. Hier wordt onder andere benzine, diesel, lpg en kerosine van gemaakt door middel van distillatie van aardolie. In auto's worden deze energiebronnen gebruikt door de chemisch opgeslagen energie om te zetten in warmte, ofwel ze worden verbrand (Wikipedia, 2005). Hierdoor ontstaan er verschillende gassen, waardoor de druk toeneemt. Deze gassen worden uiteindelijk door een verbrandingsmotor geleid waardoor deze gaat bewegen. Er bestaan verschillende soorten verbrandingsmotoren, maar ze berusten allemaal op de verbranding van brandstoffen (Wikipedia, 2005).

Aan het gebruik van fossiele brandstoffen is één heel belangrijk voordeel verbonden. Het is simpel. Het winnen is relatief eenvoudig en om het te gebruiken is er geen ingewikkelde techniek nodig. Dit maakt het een goedkope energiebron om te gebruiken, omdat er geen dure techniek aan bod komt en het niet zo tijdrovend is.

Nadelen zijn echter met name in het milieu zichtbaar. Er komt bij de verbranding veel koolstofdioxide vrij, wat een belangrijke bijdrage levert aan het broeikaseffect. Zo is het gebruik van aardolie een oorzaak van de (versnelde) opwarming van de aarde. Daarbij zorgen gassen als roet, fijnstof, zwavel en stikstof voor luchtvervuiling en zure regen, wat een negatieve invloed heeft op onze gezondheid. Ook kunnen bij het boren naar olie en gas lekkages optreden die niet makkelijk zijn tegen te houden. (Wikipedia, 2012)

Een ander probleem is de wereldvoorraad. Langzaam maar zeker wordt deze uitgeput, waardoor er uiteindelijk simpelweg geen aardolie meer is om te gebruiken. Deze zogenaamde Hubbert Peak, ook wel Peak Oil, wordt geschat om rond 2030 plaats te vinden en zal gigantische gevolgen hebben voor niet alleen het personenvervoer, maar ook voor het opwekken van energie, produceren van producten en de gehele economie in het algemeen. Het is onvermijdelijk dat de olievoorraad ooit op raakt, dus het is goed om ons erop voor te bereiden. (Wikipedia, 2004)

Elektrische Auto

De elektrische auto is één van de potentiële alternatieven voor auto's met een verbrandingsmotor. Bij de elektrische auto staat de accu centraal. Hierin is elektrische energie opgeslagen, waardoor alle processen die energie nodig hebben worden aangedreven. Zo wordt de elektriciteit gebruikt voor onder andere de autoradio, de verwarming, de airco en de elektrische ramen. De belangrijkste energiegebruiker is echter de elektromotor. Deze gebruikt elektrische energie om de stator (buitenkant) een magnetisch veld op te laten wekken, waardoor de rotor (binnenkant) van de motor gaat draaien.

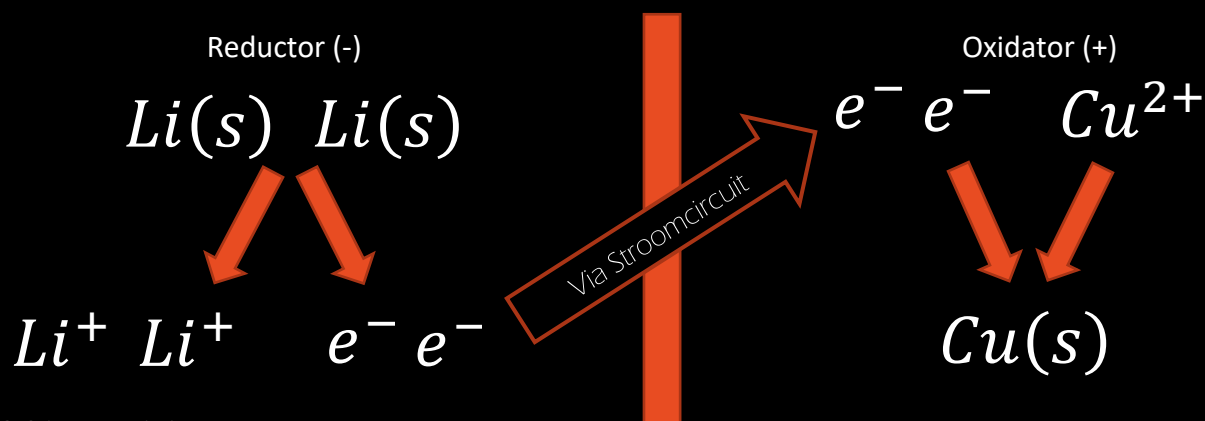
Accu's

In een accu zitten veel verschillende stoffen. Deze zijn niet bij iedere accu hetzelfde, in de ene zit meer kobalt terwijl in de andere meer magnesium zit. De meest gebruikte oplaadbare accu is de lithium-ion accu, deze is te vinden in bijvoorbeeld smartphones of laptops, maar ook in elektrische auto's. De accu is gebaseerd rond het lithiumatoom, dat een aantal zeer gunstige eigenschappen heeft. Ten eerste heeft het één elektron in zijn buitenste ring, welke hij heel makkelijk afstaat waardoor een lithium-ion ontstaat, een positief geladen deeltje. Doordat lithium het lichtste metaalatoom is en daardoor ook zeer klein is, zorgt het voor een hoge energiedichtheid. Een lithium-ion accu kan dus meer energie opslaan dan een even grote accu zonder lithium. (Batteryuniversity, 2018)

Een accu bestaat uit verschillende onderdelen en stoffen. De belangrijkste stoffen voor het leveren van energie zijn de reductor en de oxidator. De reductor staat elektronen af bij zijn reductiereactie, de oxidator neemt deze elektronen op om zijn oxidatiereactie te laten plaatsvinden. Elektronen zijn negatief geladen deeltjes, omdat die vrijkomen bij de reductiereactie noemen we dit het negatief geladen deel van de accu. Het deel met de oxidator die de elektronen opneemt is dus het positief geladen deel. Positief en negatief trekken elkaar immers aan.

In dit voorbeeld gaan we uit van vast lithium als reductor en koperionen als oxidator. In de praktijk heeft een accu een zeer ingewikkelde werking en heeft deze een andere reductor en/of oxidator, maar het principe blijft hetzelfde. Ook bestaat iedere accu weer uit andere stoffen.

Uit het vast lithium komen zowel lithium-ionen als elektronen vrij. Ieder lithiumatoom staat één elektron af, waarbij ook één lithium-ion ontstaat. De reactie hiervan is $\text{Li}(s) \rightarrow \text{Li}^+ + e^-$ (vast lithium \rightarrow lithium-ion + elektron). De elektronen die bij de reductor, ofwel het lithium vrijkomen, gaan via het apparaat, zoals de motor, naar het positieve deel van de accu, namelijk de oxidator. Deze bestaat uit positief geladen koperionen die elk twee elektronen opnemen, waardoor de reactie $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}(s)$ (koper-ion + 2 elektronen \rightarrow vast koper) plaatsvindt. Hierdoor wordt één koperatoom gevormd. In totaal moet de reductiereactie twee keer verlopen om de oxidatiereactie één keer te kunnen laten verlopen. De totaalreactie ziet er dan als volgt uit: $2\text{Li}(s) + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}(s) + 2\text{Li}^+$ (2 lithiumatomen + koper-ion \rightarrow koperatoom + twee lithiumionen).



Figuur 3: Schema ontladen accu

In de realiteit worden andere stoffen gebruikt met ingewikkeldere chemische reacties, maar het principe van de accu is hier al goed zichtbaar: De elektronen die bij de reductiereactie vrijkomen lopen via het apparaat naar de oxidatiereactie, waar ze worden opgenomen. Als er elektronen door een circuit lopen, loopt er dus ook stroom en als er stroom door een elektromotor loopt levert deze een kracht.

De kracht die de elektromotor levert is afhankelijk van de elektrische spanning, ofwel het voltage. Bij een hogere spanning levert de motor meer kracht en kan deze sneller bewegen. Het voltage dat een accu levert kan worden verhoogd door meerdere accucellen in serie te verbinden, ofwel achter elkaar. De capaciteit, ofwel de hoeveelheid opgeslagen energie, wordt verhoogd door de cellen parallel aan elkaar te verbinden, ofwel naast elkaar.

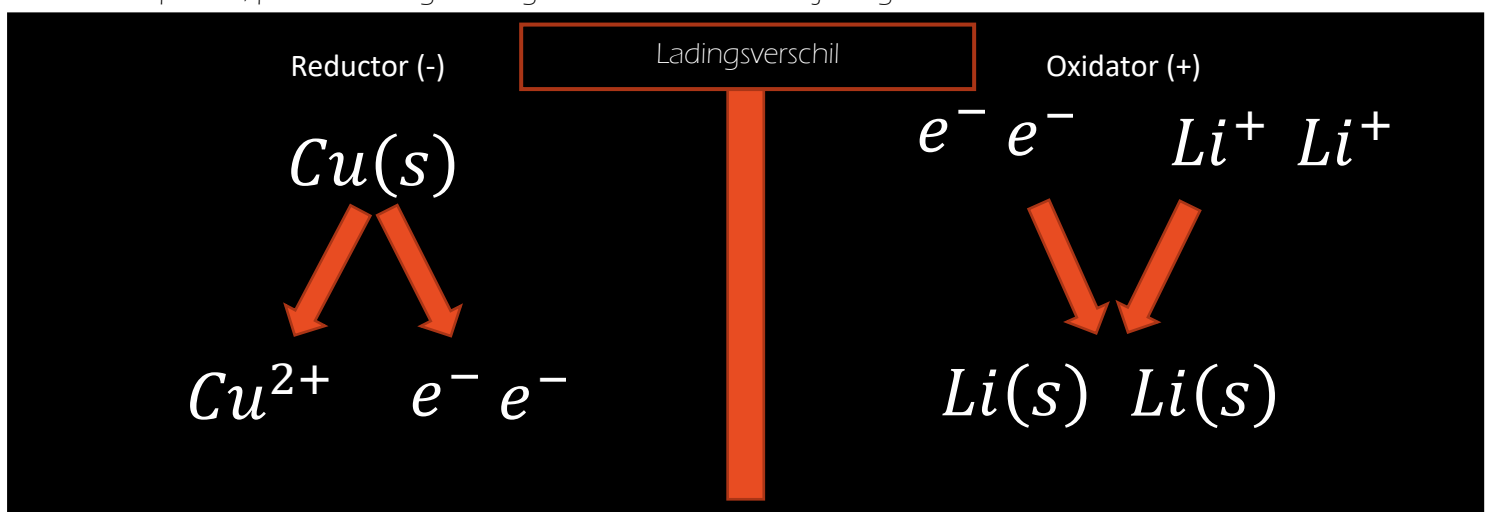


Figuur 4: Accu in serie en parallel | Bron: accudienst.nl

Opladen

Een volle accu levert een bepaalde spanning. Als de accu leeg raakt, neemt de spanning af. Het positieve deel van de accu is dan minder positief en het negatieve deel is minder negatief. Als er te weinig ladingsverschil tussen het positieve en negatieve deel is, levert de accu onvoldoende spanning. Dit betekent dat hij leeg is en moet worden opgeladen. Als een accu wordt opgeladen, vinden dezelfde reacties plaats als tijdens het gebruik, maar dan andersom.

Bij het gebruik van de accu was het vast lithium de reductor en vormde dit het negatieve deel. De elektronen gaan immers naar het positieve deel, de oxidator. Als de accu wordt opgeladen wordt deze aan een stroombron, zoals het elektriciteitsnet, verbonden. Hier komen elektronen uit, want er is stroom als er elektronen stromen. Deze elektronen gaan naar de positieve kant van de accu, met lithiumionen als oxidator. De oxidatiereactie vindt plaats, deze luidt: $\text{Li}^+ + e^- \rightarrow \text{Li(s)}$ (lithium-ion + elektron \rightarrow lithiumatoom). Hier komt vast lithium bij vrij. Door het ontstane ladingsverschil binnen de accu vindt de reductiereactie plaats, die ziet er als volgt uit: $\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e^-$ (vast koper \rightarrow koper-ion + 2 elektronen). Hier komen koperionen bij vrij. De elektronen die uit het vast koper als reductor vrijkomen gaan vervolgens terug naar het elektriciteitsnet. $2\text{Li}^+ + \text{Cu(s)} \rightarrow 2\text{Li(s)} + \text{Cu}^{2+}$ (twee lithiumionen + koperatoom \rightarrow 2 lithiumatomen + koper-ion) is dus de totaalreactie bij het opladen, precies het tegenovergestelde als de reactie bij het gebruiken van de accu.



Figuur 5: Schema opladen accu

Ook bij het opladen geldt dat er sprake is van een ladingsverschil tussen beide delen van de accu. Dit ladingsverschil wordt kleiner naarmate de accu voller wordt, waardoor de accu een lager voltage kan aannemen. Dit verklaart waarom een accu steeds langzamer gaat laden naarmate hij voller raakt. Door de afname van het ladingsverschil kunnen de reacties steeds minder snel verlopen. Hierdoor laadt je telefoon snel op tot ongeveer 60%, waarna het steeds langer duurt om een procent erbij te krijgen. Voor een elektrische auto geldt dat ook.

Voor- en nadelen

De voordelen van elektrische auto's zijn gigantisch. Zo zijn er ten eerste minder bewegende onderdelen, waardoor onderhoud makkelijker wordt en er überhaupt minder kapot kan gaan. Een elektromotor is ook lichter en kleiner dan een benzine- of dieselmotor, waardoor er meer ruimte in de auto kan worden gecreëerd. De elektromotor is ook efficiënter: deze zet een groter aandeel van de energie om in beweging dan een verbrandingsmotor, waardoor het rijden ook minder energie kost. Het opladen van die energie hoeft ook niet bij een tankstation te gebeuren, maar kan ook gewoon thuis of op het werk. Hier kan zelfs energie voor worden gebruikt die zelf is opgewekt. Ook is het beter voor mens en natuur, omdat het minder schadelijke gassen uitstoot, zelfs als de energie wordt opgewekt door kolencentrales.

Een elektrische auto is in theorie ook een veiligere auto. Dit komt doordat het zware accupakket in de bodem van de auto ligt, waardoor het zwaartepunt van de auto lager komt te liggen. Dit betekent een betere wegligging en minder kans om omver te kiepen bij een snelle bocht of een ongeluk. (Two Bit da Vinci, 2018)

Nadelen zijn er echter ook. Zo is een elektrische auto momenteel stukken duurder dan een vergelijkbare auto met verbrandingsmotor. Dat verschil wordt echter steeds minder, daarbij doen overheden hun best dit te ondervangen met subsidies en belastingvoordelen. De meeste nadelen zijn een direct gevolg van het feit dat de auto elektrisch is. Zo is er een lagere actieradius dan een auto met verbrandingsmotor, terwijl het langer duurt om de accu weer op te laden. Een alternatieve oplossing, verwisselbare batterijen, is nog niet beschikbaar en wordt erg over getwijfeld door autofabrikanten. Er wordt echter ook gewerkt aan verschillende oplossingen om de auto tijdens het rijden op te laden, zo is er al een weg in Zweden die dit doet door middel van een rails in de weg (Lumb, 2018). In de winter kost het verwarmen van de auto meer energie, omdat de motor standaard veel minder warmte produceert. Tevens zijn de prestaties van een accu niet optimaal als het te koud of juist te warm is.

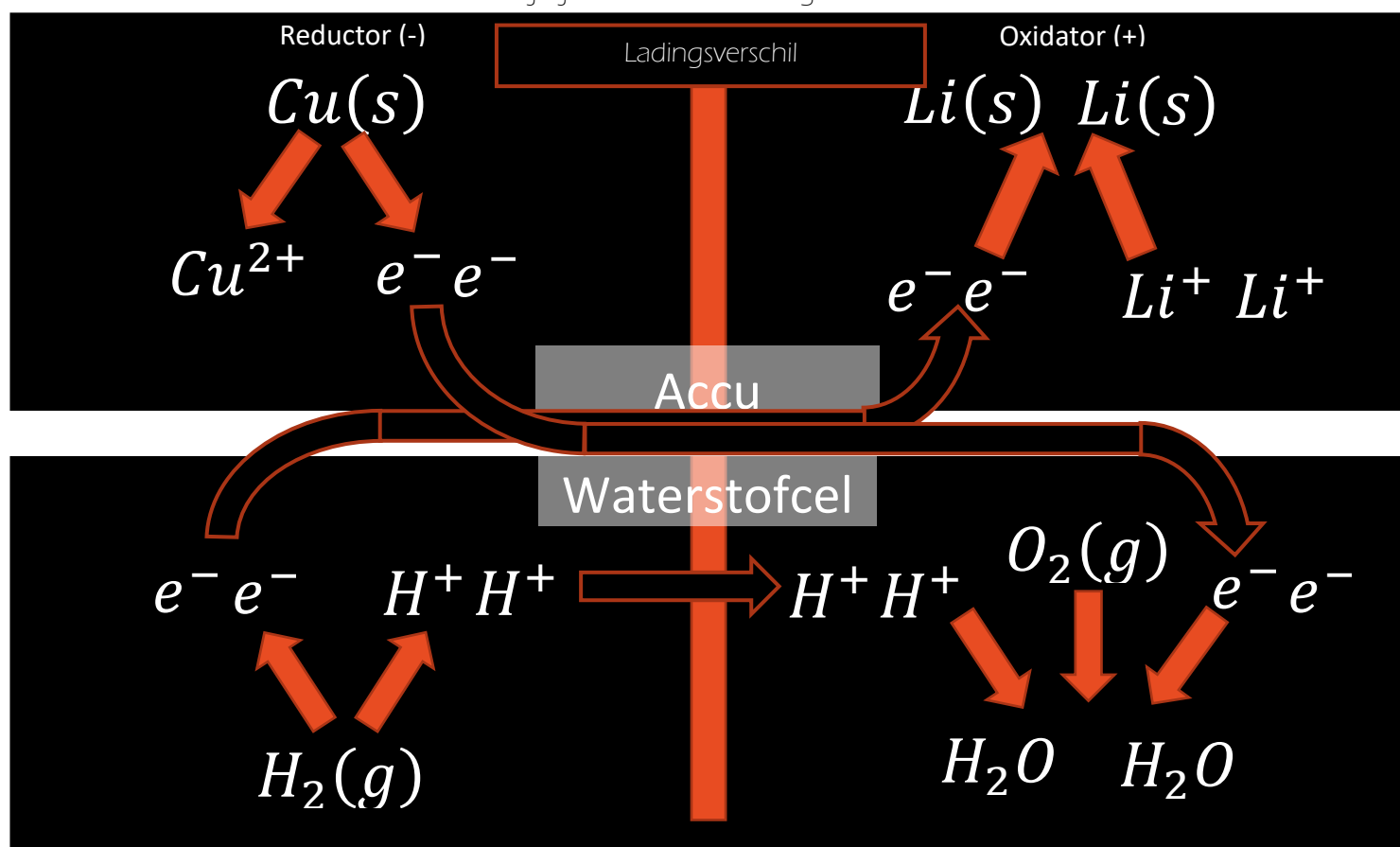
Een ander nadeel is de levensduur van de accu. Deze is nog niet zeker, de capaciteit zal standaard een beetje afnemen naarmate de accu meer wordt gebruikt. Volgens Ben Sullins van Teslanomics valt dit echter reuze mee, hij heeft dit namelijk onderzocht door eigenaren van Tesla's gegevens te vragen over de huidige staat van hun accu. Zo zou een elektrische auto van 4 jaar oud gemiddeld 95% van zijn originele accucapaciteit over hebben. Dit geldt uiteraard voor auto's die al in gebruik zijn, wat betekent dat dit in de toekomst alleen maar beter kan. (Sullins, 2018)

Waterstofauto

Op het eerste gezicht lijkt een auto op waterstof voor degenen te zijn die de voordelen van elektrische en traditionele auto's willen combineren. Ook waterstofauto's worden namelijk aangedreven door een elektromotor, maar de energie is niet opgeslagen in een accu. In plaats daarvan is er een waterstoftank aanwezig in combinatie met een brandstofcel. Er is nog steeds een accu aanwezig, deze is een stuk kleiner dan die in een elektrische auto. Een brandstofcel is namelijk ongeschikt om te reageren op de wisselende energievraag van de auto. De brandstofcel laadt dus in feite de accu constant op, welke nog steeds verantwoordelijk is voor het verdelen en leveren van de energie. (Middendorp, 2019)

Chemie

In deze waterstofcel reageert waterstof met zuurstof, een reactie waar energie bij vrijkomt. Ook deze chemische reactie is een redoxreactie, net als die in een accu. Als reductor wordt waterstof gebruikt, met de reactie $H_2(g) \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ (waterstof \rightarrow 2 waterstofionen + 2 elektronen). De reactie van de oxidator ziet er als volgt uit: $O_2(g) + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$ (zuurstof + 4 waterstofionen + 4 elektronen \rightarrow 2 watermoleculen). Zuurstof is dus de oxidator. Als totaalreactie volgt $2H_2(g) + O_2 + 4H^+ \rightarrow 4H^+ + 2H_2O$ (2 waterstofmoleculen + zuurstof + 4 waterstofionen \rightarrow 4 waterstofionen + 2 watermoleculen). Hieruit volgt $2H_2(g) + O_2 \rightarrow 2H_2O$ (2 waterstofmoleculen + zuurstof \rightarrow 2 watermoleculen). Er komen elektronen vrij uit waterstof, welke gebruikt worden om de lithiumionen in de accu om te zetten in lithiumatomen (zie de uitleg over het opladen van een accu). Door het ontstane ladingsverschil in de accu wordt koper omgezet in koperionen. De elektronen die bij deze reactie vrijkomen gaan terug naar de waterstofcel om vervolgens de ontstane waterstofionen te laten reageren met zuurstof. Dit resulteert in puur water als enige uitstoot van een waterstofauto. Dit is zelfs gewoon drinkbaar, afgezien van het feit dat de binnenkant van de auto waarschijnlijk niet wordt schoongemaakt.



Figuur 6: Schema waterstofcel

Tanken

Voordelen van waterstofauto's hebben met name betrekking tot de aanwezigheid van een tank. Het duurt minder lang om de auto bij te tanken en de actieradius is beter dan die van elektrische auto's. Een ander voordeel ten opzichte van fossiele brandstoffen is dat het waterstof eigenlijk nooit op kan raken, omdat van de uitstoot, water, weer een nieuwe portie waterstof kan worden gemaakt. Het enige dat het kost is energie om de reactie te laten verlopen en dus de auto te laten rijden.

Nadelen zijn er echter ook. Omdat waterstof een lage energiedichtheid heeft, moet het onder hoge druk worden opgeslagen. Dit zorgt ervoor dat het ook veel energie kost om de waterstof te vervoeren en te tanken, naast het produceren ervan. Echter is er in de auto ook veel ruimte nodig om het allemaal op te slaan, waardoor kleine waterstofauto's (nog) niet mogelijk zijn. De enorme waterstoftanks passen immers alleen in grote auto's. Daarbij is waterstof een explosief gas als het in aanraking komt met zuurstof, dus als de brandstofcel of waterstoftank kapot zouden gaan kan dit ernstige gevolgen hebben. Ditzelfde geldt echter ook voor auto's op benzine of LPG en zelfs defecte accu's kunnen ontvlammen. Het grootste nadeel blijft echter toch de efficiëntie van waterstof als energiebron. Het is efficiënter dan een verbrandingsmotor, maar een elektrische auto met accu is op dit gebied nog beter. (Wikipedia, 2006).

Wat lijkt men beter en prettiger?

Door middel van een enquête die is ingevuld door 147 mensen is onderzocht wat de gebruiker wil. Er wordt onder andere onderzocht wat voor auto's mensen nu gebruiken, waarvoor ze gebruikt worden en wat men belangrijk vindt. Verwachtingen voor de toekomst en meningen over verschillende alternatieve brandstoffen spelen ook een belangrijke rol. Het gebruikersgemak van de verschillende brandstoffen worden tegen de voor- en nadelen afgewogen en er wordt bekeken of de invloed op het milieu effect heeft op de keuze voor een bepaalde auto.

In totaal is de enquête door vijf doelgroepen ingevuld. De antwoorden van deze doelgroepen worden met elkaar vergeleken en opmerkelijke zaken zullen worden toegelicht.

<i>Doelgroep</i>	<i>Aantal respondenten</i>
<i>Docenten Bernard Lievegoed School</i>	21
<i>Ouders/verzorgers van leerlingen van de BLVS</i>	40
<i>Leden van een fanfare</i>	27
<i>Bedrijfsleven</i>	21
<i>Ambtenaren</i>	35
<i>Totaal</i>	147

Iedere doelgroep had een week of langer de tijd om de enquête in te vullen. De docenten hadden de meeste tijd met negen dagen (van maandag tot en met woensdag de opvolgende week). De fanfareleden, werknemers binnen het bedrijfsleven en ambtenaren hadden één dag minder en de ouders van leerlingen in 5 HAVO en 6 VWO hadden een week de tijd.

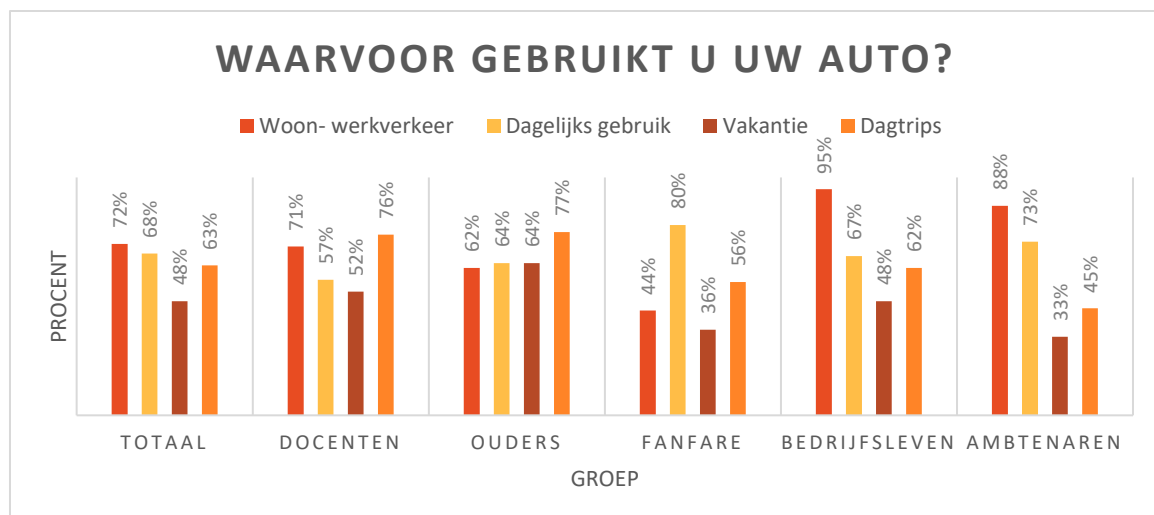
De respondenten kregen ook de mogelijkheid alleen de eerste helft van de enquête in te vullen, waardoor het diepgaande deel over de toekomst werd overgeslagen. 138 mensen hebben dit deel ingevuld, 9 mensen hebben het deel overgeslagen.

Zie bijlage 1 voor alle vragen van de enquête.

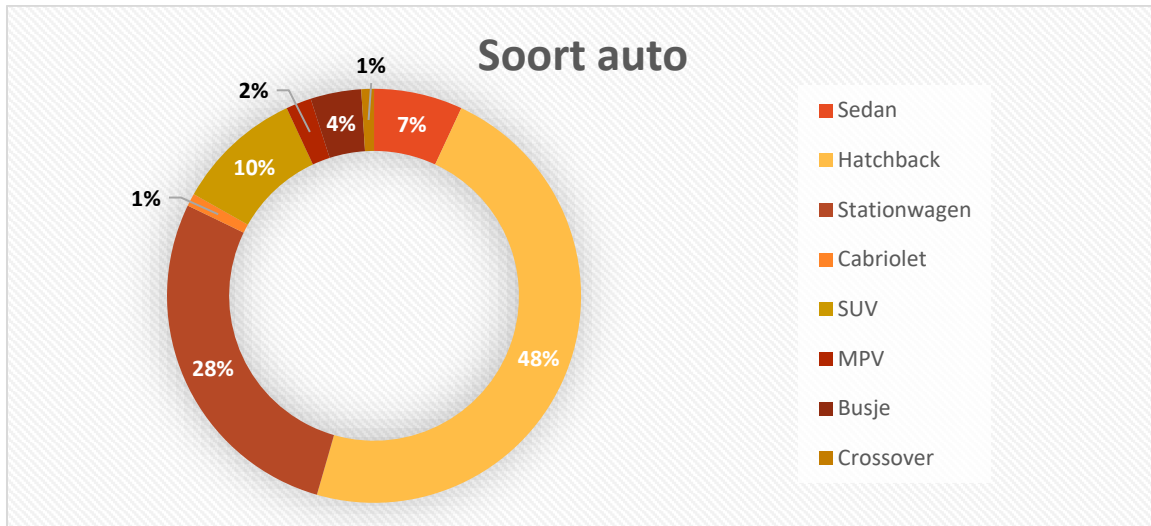
Zie bijlage 2 voor alle antwoorden bij elkaar opgeteld. De antwoorden van de verschillende doelgroepen zijn te zien via bit.ly/ewsjochem.

Wat men momenteel gebruikt

Van de 147 deelnemers hebben 141 mensen momenteel een auto in gebruik. 72% geeft aan hun auto voor het woon- werkverkeer te gebruiken en 68% gebruikt hun auto om bijvoorbeeld boodschappen te doen of kinderen weg te brengen. Meer mensen maken dagtrips van boven de 100km dan mensen die met de auto naar een vakantieadres te reizen, met 63% tegenover 48%. Verder geven slechts een paar mensen aan hun auto voor zakelijke doeleinden of slechts incidenteel te gebruiken.



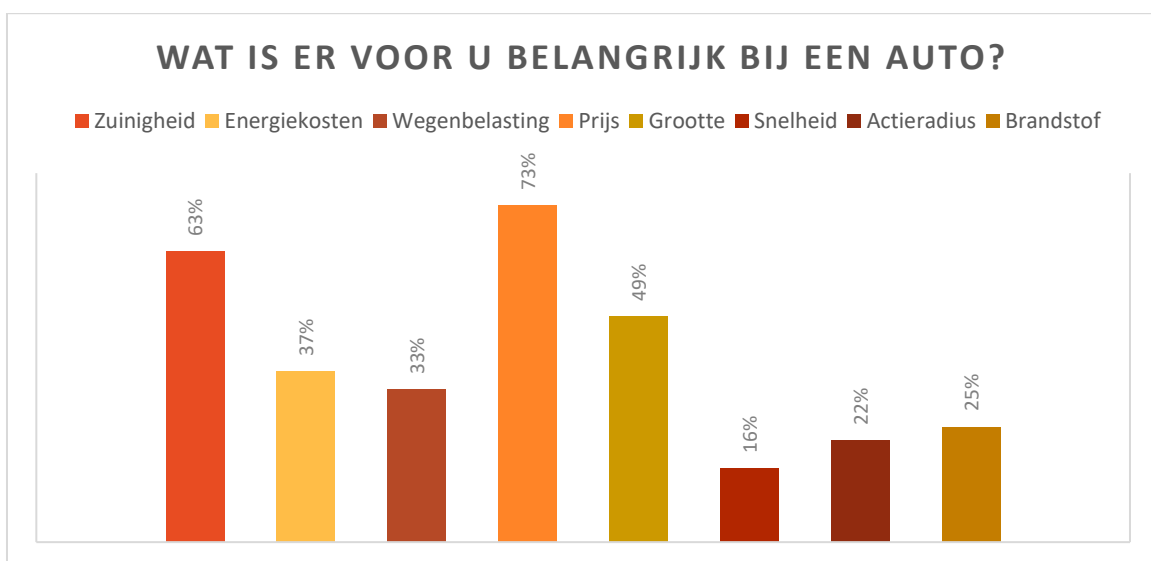
Qua model is de hatchback veruit de populairste, bijna de helft van de respondenten gebruikt er een. De stationwagen volgt met 28% van de antwoorden, terwijl dit het meest gebruikte model is onder de ouders van leerlingen. Maar liefst 41% van de 39 autogebruikers uit deze groep geeft aan een stationwagen te gebruiken. Een ander populair automodel is de SUV, met 10% van alle antwoorden.



70% van de auto's van de respondenten rijdt op benzine. Bij de ambtenaren, de groep die bijna massaal in hatchbacks rijdt, loopt dit op tot 85% van de 33 autorijders. 137 mensen hebben aangegeven hoe veel ze met hun auto rijden. 58% hiervan zit tussen de 5.000 en 20.000 kilometer, met 26% tussen de 20.000 en 50.000. Dit geldt niet voor de werknemers in het bedrijfsleven, deze groep is hier gelijk over verdeeld. 52% hiervan geeft aan onder de 20.000 km te zitten en 48% zit boven de 20.000 km.

Wat men wil gebruiken

De zuinigheid van een auto is belangrijk. 63% van de 147 respondenten is het hiermee eens, wat betekent dat de invloed op het milieu toch al een redelijk belangrijke factor is bij het uitkiezen van een auto. Het enige dat nog belangrijker is, is de prijs. 73% van de deelnemers geeft aan dit belangrijk te vinden bij een auto. Dan hebben we het niet over de maandelijkse lasten, want slecht 37% vindt de benzine-/diesel-/energiekosten belangrijk en 33% geeft om de wegenbelasting. De grootte van de auto is voor de helft van de deelnemers belangrijk, de prestaties zoals snelheid en actieradius maken de meesten niet zoveel uit.



Over het algemeen geeft men aan het bijtanken van auto's makkelijk, snel genoeg maar ook duur te vinden. Ook geven veel mensen aan het niet leuk vinden om te doen en dat ze er best vanaf willen. Over het opladen van elektrische auto's geeft het merendeel aan te verwachten dat het makkelijk is, terwijl de helft er zeker van is dat het niet snel genoeg zal gaan. Over de kosten zijn de meningen verdeeld, even veel mensen die aangeven dat het duur wordt zeggen dat het niet duur wordt. Over het algemeen is men positiever over het opladen van elektrische auto's en denken minder mensen er later weer vanaf te willen. Omdat het opladen langer duurt dan tanken, denkt men vaker bij een winkeltje of restaurant langs te zullen gaan.

Qua verwachtingen geldt voor het bijtanken van waterstofauto's ongeveer hetzelfde als voor het bijtanken van de huidige auto's, maar met een veel grotere onzekerheid. Bij de meeste vragen heeft ongeveer de helft van de respondenten "weet ik niet" aangeklikt. Dit betekent dat veel mensen niet weten wat ze moeten verwachten over het bijtanken van waterstofauto's. Dit is niet meer dan logisch, gezien er nog verschillende mogelijkheden zijn voor het bijtanken. Er wordt behalve het gebruik van puur waterstofgas ook nog geëxperimenteerd met het binden van waterstof aan mierenzuur, wat vloeibaar is en dus heel anders zal werken. Net als over de kosten is over het bijtanken nog niet veel concreets te zeggen.

Wat men vindt over de alternatieve brandstoffen

Ondanks de onbekendheid van waterstof geloven veel mensen hierin als alternatieve brandstof. Van de 138 mensen die het diepgaande deel van de enquête hebben ingevuld, denkt 42% dat elektrische auto's de toekomst hebben en denkt 41% dat waterstofauto's beter zijn. De meningen zijn dus erg verdeeld. Er worden verschillende redenen genoemd om de keuzes te onderbouwen. Zo zijn elektrische auto's het efficiëntst, is de energie het goedkoopst en hoeft er geen nieuwe infrastructuur aangelegd te worden omdat laadpalen gewoon op het stroomnet kunnen worden aangesloten. Ook vinden mensen het fijn dat de energie voor een elektrische auto zelf opgewekt kan worden en de auto ook thuis opgeladen kan worden.

De mensen die geloven in waterstof doen dit met name omdat het tanken makkelijk is en sneller gaat. Ook zit je na het gebruik met minder zeldzame metalen van een accu, waardoor men minder vervuiling na gebruik verwacht. De actieradius is beter dan een elektrische auto en sommige mensen zijn juist bezorgd om het elektriciteitsnet. Zij willen juist een toekomst op waterstof zodat het elektriciteitsnet minder belast wordt door een hoop laadpalen.

Veel bestaande eigenaars van elektrische auto's geven aan dat het opladen zowel een voordeel als een nadeel kan zijn. Het voordeel is dat de auto 's nachts opgeladen kan worden. Dit betekent dat de auto de volgende dag met een volle lading kan beginnen. Voor gewoon woon- werk verkeer en andere korte tot middelmatige afstanden hoef je dus nooit meer bij een tankstation te stoppen. Een nadeel hoort bij lange afstanden. Ga je met de auto op vakantie, dan zal de auto onderweg opgeladen moeten worden, waarschijnlijk meerdere keren. Hier zijn snelladers voor, welke de auto in ongeveer 20 tot 30 minuten (grotendeels) kunnen opladen. Dit duurt langer dan het stoppen bij een tankstation.

Een voordeel van waterstofauto's is dat ze kunnen worden bijgetankt. Dit moet onder hoge druk gebeuren, omdat het een gas is. Dit kan niet thuis gebeuren en moet dus op de "ouderwetse" manier: bij een tankstation. Een waterstofauto heeft een betere actieradius dan een elektrische auto, maar zal vooralsnog minder ver kunnen rijden dan een auto op benzine. Er moet dus vaker worden gestopt bij een tankstation, al zou daar nog verandering in kunnen komen.

48% van de respondenten vinden de voordelen van elektriciteit interessanter dan die van waterstof. Zij geven dan ook aan dat een elektrische auto hen prettiger lijkt in het gebruik en vinden het geen probleem een langere pauze in te lassen tijdens langere ritten. 31% is meer overtuigd van het rijden op waterstof, met name omdat het bijtanken sneller is dan het opladen van een elektrische auto.

Ook de actieradius speelt een rol. 21% zegt dat een verbrandingsmotor hen nog steeds het prettigst lijkt, vanwege de grote actieradius.

Hoeveel het kost en wat men wil betalen

Zowel elektriciteit als waterstof is beter voor het milieu dan fossiele brandstoffen, omdat het opgewekt kan worden met groene energie. Daarbij zijn elektromotoren efficiënter dan verbrandingsmotoren, waardoor de elektrische auto en de waterstofauto minder kostbare energie gebruiken dan een auto met verbrandingsmotor.

De elektrische auto gaat het efficiëntst om met de energie. Er wordt energie opgewekt, gaat via het elektriciteitsnet de accu van de auto in en wordt gebruikt.

De Hyundai KONA Electric wordt in deze berekening als voorbeeld gebruikt.

Het maximale rijbereik van de Hyundai KONA is 449 km. Dit met een accu met een capaciteit van 64 kWh. Eén kilowattuur (kWh) staat gelijk aan $3,6 \times 10^6$ J, ofwel 3,6 miljoen Joule. Per 100 kilometer gebruikt de auto dus minimaal 14,25 kWh aan energie. (Hyundai, sd)

Aantal km	449	100
Aantal kWh	64	14,25

In 2019 kost één kWh aan energie 22 cent, dus het rijden van de elektrische Hyundai KONA kost minimaal $14,25 \times 0,22 = €3,14$ per 100 kilometer. Dit geldt als de auto thuis wordt opgeladen, de prijzen bij snelladers kunnen variëren.

Deze prijzen kunnen echter afnemen door het gebruik van zonne- of windenergie. Als deze energie thuis wordt opgewekt is deze gratis beschikbaar en is het dus nog goedkoper om te rijden.

Het produceren van waterstof kost meer energie dan wat eruit komt bij gebruik. Daarbij zal waterstof onder hoge druk naar tankstations moeten worden getransporteerd, wat ook energie kost. Het tanken zelf kost ook nog energie, omdat de installatie een hoge druk moet leveren om genoeg waterstof de auto in te krijgen.

De Hyundai NEXO is een waterstofauto van Hyundai. Deze auto wordt in deze berekening als voorbeeld gebruikt.

Het maximale rijbereik van de Hyundai NEXO is 650 km. Dit met een waterstoftank van 6 kg. Om 100 kilometer te rijden gebruikt de auto dus minimaal 923 gram waterstof.

Aantal km	650	100
Aantal kg	6	0,923

Momenteel kost waterstof €12,- per kilogram (Middendorp, 2019), dus het rijden van de Hyundai NEXO kost minimaal $0,923 \times 12 = €11,08$ per 100 kilometer. Concrete prijzen zijn nog niet te noemen, omdat ze afhangen van de manier waarop waterstof uiteindelijk geproduceerd gaat worden. Het is wel zeker dat het rijden op waterstof aanmerkelijk duurder zal zijn dan het rijden op elektriciteit.

De helft van de deelnemers van de enquête wil in de toekomst het liefst een elektrische auto hebben. De prijs is hierbij een belangrijke, maar niet de enige factor. Ook het algemene gebruikersgemak telt mee, waarbij het thuis op kunnen laden ook als reden wordt genoemd. De 27% die voor waterstof kiest, doet dit met name om de actieradius en omdat het in het gebruik het meest lijkt op fossiele brandstoffen. 17% vindt een elektrische auto wel interessant, maar wil niet afhankelijk zijn van alleen een accu. Zij kiezen dus voor een hybrideauto.

60% van de 138 respondenten geeft aan bereid te zijn meer te betalen voor een “schone” auto, omdat deze beter is voor het milieu. 30% weet dit niet zeker en 10% wil dit niet doen. Men vindt wel dat de overheid iets moet doen om “schone” auto's voordeliger te maken voor de consument.

Zaken die met name worden benoemd zijn subsidies, wijzigingen aan het belastingsysteem, zorgen voor genoeg laadpalen/tankstations en zorgen dat met name de overgang op gang komt. Zo zou de tweedehandsmarkt voller raken, wat alleen maar goed is.

Wat men verwacht in de toekomst

Aan alle respondenten is gevraagd voor verschillende soorten auto's de kans in te schatten dat dit hun volgende wordt. Hiervoor moesten ze per auto een antwoord geven op schaal van 10. 1 Betekent hierbij dat het zeker weten niet de volgende auto wordt, 10 betekent zeker weten van wel. Daarna kwam dezelfde vraag, maar dan voor de verwachtingen over twintig jaar. Van alle cijfers is per auto het gemiddelde cijfer berekend, ook op een schaal van 1 tot 10. Hierbij geldt: hoe hoger het cijfer, hoe hoger de kans.

<i>Soort auto</i>	<i>Kans als volgende auto</i>	<i>Kans over 20 jaar</i>
<i>Elektrische auto</i>	5,31	7,33
<i>Waterstofauto</i>	3,69	5,96
<i>Hybrideauto</i>	5,23	5,04
<i>Auto op benzine</i>	5,64	3,18
<i>Auto op diesel</i>	2,72	1,84
<i>Auto op LPG</i>	2,55	2,10

Wat hier meteen opvalt zijn de lage cijfers bij de kansen als volgende auto. Dit kan twee dingen betekenen: Niemand weet wat als volgende auto te kiezen, of de meningen zijn enorm verdeeld. De hoogste waarde wordt in ieder geval gegeven aan de benzineauto, puur omdat deze nog vele malen goedkoper is dan een elektrische auto. De hybrideauto en elektrische auto komen hier echter flink in de buurt. Dit zou kunnen betekenen dat de markt zich momenteel is aan het omkeren, wat ook verklaart dat mensen nu even niet weten wat te doen. Wel duidelijk is dat waterstof momenteel nog geen kans maakt, net als diesel en LPG.

De cijfers over 20 jaar zijn ook duidelijk: men verwacht dat elektriciteit de brandstof van de toekomst wordt. Waterstof is echter ook nog een kanshebber, de fossiele brandstoffen zullen we volgens de meeste mensen dan niet meer terugzien. Het hoge cijfer voor de elektrische auto is te wijten aan de verbetering van de techniek en dat de prijzen flink zullen dalen. Ook geeft men de invloed op het milieu als belangrijke reden.

Conclusie

Het is wel duidelijk dat de fossiele brandstoffen in de toekomst tot de verleden tijd zullen horen. De twee mogelijke alternatieven zijn elektriciteit en waterstof, ieder met aparte voor- en nadelen. De harde cijfers liegen er niet om: elektrische auto's zijn efficiënter dan waterstofauto's en zullen goedkoper zijn om te rijden. De meningen zijn desondanks sterk verdeeld. Veel mensen willen het liefst een elektrische auto, omdat deze thuis op te laden zijn. Voor normale afstanden, zoals woon-werkverkeer, is het dus niet langer nodig om te stoppen bij een tankstation. Ook het zelf kunnen opwekken van elektrische energie is een reden.

Er zijn ook een hoop mensen die toch liever op waterstof willen rijden. De grotere actieradius is hiervoor een belangrijke reden, maar deze mensen willen ook niet lang wachten op het opladen van hun auto als ze een langere afstand af willen leggen. Dit maakt het bijtanken toch een interessante optie, wat bij waterstofauto's wel moet gebeuren. De auto kan thuis echter niet worden opgeladen.

De verwachtingen zijn dat elektriciteit het van waterstof gaat winnen. Het vervolg van deze strijd zal echter afhangen van de ontwikkelingen. Vroeger was elektriciteit namelijk ook de betere optie, totdat de verbrandingsmotor veel beter werd. Het zou zomaar kunnen dat ditzelfde nu weer gaat gebeuren, maar dan met waterstof als winnaar. Het zou echter ook kunnen dat elektriciteit definitief beter blijkt dan waterstof. Veel maakt het niet uit, want de grote verliezer is al bekend: De fossiele brandstoffen.

Dit brengt ons terug tot de vraag die we aan het begin van dit onderzoek hebben gesteld: ***Wat is nou toch de beste alternatieve brandstof?*** Voor nu lijkt het erop dat de elektrische auto de beste alternatieve brandstof is. Kan deze vraag met 100% zekerheid worden beantwoord? Absoluut niet, maar wel met veel meer zekerheid dan aan het begin van dit onderzoek.

Bronnen

- Batteryuniversity. (2018, juni 1). *Lithium-based Batteries Information*. Opgehaald van Batteryuniversity: https://batteryuniversity.com/learn/article/lithium_based_batteries
- de Bont, K. F., Zeiler, W., Boxem, G., Aduda, K. O., & van der Velden, J. (2016, maart 1). *Decentrale elektrische energie opslag: voor elektrisch infrastructuur in stedelijke gebieden*. TVVL Magazine. Opgehaald van tue.
- de Kerpel, D. (2019, februari 18). *Hoe maak je waterstof en hoeveel kost het?* Opgehaald van Egear: <https://www.egear.be/waterstof-maken/>
- Hoekstra, A. (2017, maart 24). *Tank jij straks uit je stopcontact?* Opgeroepen op september 24, 2019, van Universiteit van Nederland: <https://universiteitvannederland.nl/college/tank-jij-straks-uit-je-stopcontact>
- Hyundai. (sd). *Hyundai KONA Electric*. Opgehaald van Hyundai: <https://www.hyundai.nl/hyundai-kona-electric>
- Lumb, D. (2018, december 4). *Sweden modified a road to recharge EVs while driving*. (D. Lumb, Redacteur, & Engadget) Opgehaald van Engadget: <https://www.engadget.com/2018/04/12/sweden-modified-road-recharge-electric-car-while-driving/>
- Middendorp, R. (2019, februari 28). *7 vragen over rijden op waterstof*. Opgehaald van Bright: <https://www.bright.nl/tests/artikel/4614791/waterstof-auto-waterstofauto-rijden-tanken-tankstation-milieu-hyundai-nexo>
- Rijksuniversiteit Groningen. (2019, mei 22). *Sibrandus Stratingh*. Opgeroepen op september 24, 2019, van Rijksuniversiteit Groningen: <https://www.rug.nl/university-museum/history/prominent-professors/sibrandus-stratingh>
- Sullins, B. (2018, januari 8). *Tesla Limits Model 3 Battery Warranty to 100K Miles - Should You be Worried?* (Teslanomics) Opgehaald van YouTube: <https://youtu.be/kKk4UJggHKK?t=539>
- Two Bit da Vinci. (2018, september 21). *Why all future Sports Cars will be Electric Vehicles*. Opgehaald van YouTube: Why all future Sports Cars will be Electric Vehicles
- Wikipedia. (2004, december 8). *Aardolie*. Opgehaald van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Aardolie>
- Wikipedia. (2005, augustus 19). *Motorbrandstof*. Opgehaald van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Motorbrandstof>
- Wikipedia. (2005, december 14). *Verbrandingsmotor*. Opgehaald van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Verbrandingsmotor>
- Wikipedia. (2006, februari 14). *Geschiedenis van de auto (1885-1904)*. Opgeroepen op september 24, 2019, van Wikipedia: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Geschiedenis_van_de_auto_\(1885-1904\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Geschiedenis_van_de_auto_(1885-1904))
- Wikipedia. (2006, april 8). *Geschiedenis van de auto (voor 1885)*, 1. Opgeroepen op september 24, 2019, van Wikipedia: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Geschiedenis_van_de_auto_\(voor_1885\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Geschiedenis_van_de_auto_(voor_1885))
- Wikipedia. (2006, april 30). *Waterstofauto*. Opgehaald van Wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Waterstofauto>

Wikipedia. (2007, januari 22). *Koets*, 17. Opgeroepen op september 24, 2019, van Wikipedia:
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Koets>

Wikipedia. (2012, mei 22). *Fossiele Brandstof*. Opgehaald van Wikipedia:
https://nl.wikipedia.org/wiki/Fossiele_brandstof

Wikipedia. (2018, juli 14). *Elektrische auto*. Opgehaald van Wikipedia:
https://nl.wikipedia.org/wiki/Elektrische_auto

Ziebart, W. (2016, november 16). *Hydrogen fuel cells a "complete nonsense" says JLR's technical design chief*. (M. Burt, Redacteur, & Autocar) Opgehaald van Autocar:
<https://www.autocar.co.uk/car-news/motor-shows-la-motor-show/hydrogen-fuel-cells-complete-nonsense-says-jlrs-technical-design>

Bijlagen

Bijlage 1: De enquête

Bijlage 1: Enquête alternatieve brandstoffen voor auto's

Welkom bij deze enquête over alternatieve brandstoffen voor auto's. De antwoorden worden gebruikt voor mijn profielwerkstuk over alternatieve brandstoffen voor auto's. Het onderzoek gaat over de werking van verschillende alternatieve brandstoffen en de voor- en nadelen ervan. Door middel van deze enquête zal in kaart worden gebracht in hoeverre de consument zijn gedrag wil veranderen om gebruik te maken van deze alternatieve brandstoffen, zoals elektriciteit of waterstof.

De enquête bestaat uit 3 delen:

- Wat doen mensen momenteel met hun auto?
- Wat vinden mensen belangrijk?
- Wat wordt er van de toekomst verwacht?

Vooraf bij het laatste deel worden er een paar feiten op een rijtje gezet, om u te helpen een mening te vormen. Dit is het belangrijkste deel, dus ga hier even goed voor zitten.

Het invullen van deze vragenlijst duurt ongeveer 10 minuten en is anoniem. Nadat de resultaten zijn geanalyseerd en verwerkt worden ze vernietigd. Er worden alleen gemiddelden en percentages gepubliceerd, geen individueel ingevulde vragenlijsten. De antwoorden zijn nooit te herleiden tot een individueel persoon.

Ter motivatie wordt er onder de deelnemers een cadeaukaart van winkel naar keuze ter waarde van €10,- verloot. Voorwaarde is dat de enquête duidelijk en volledig wordt ingevuld.

Hartelijk dank voor uw tijd en succes!

Heeft u een rijbewijs?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

Hoe oud bent u?

Kiezen ▼

Heeft u momenteel een auto in gebruik?

- ☐ Ja
- ☐ Nee

Uw auto

De volgende vragen hebben betrekking tot de auto die u het meest gebruikt. Heeft u een tweede auto, bijvoorbeeld voor uw partner? Baseer uw antwoorden dan op de auto die u het vaakst gebruikt en laat uw partner deze enquête ook invullen.

Waarvoor gebruikt u uw auto?

Als u meerdere auto's heeft, betrek uw antwoord dan op de auto die u het meest gebruikt. Meerdere antwoorden zijn mogelijk, u kunt ook een eigen antwoord geven.



☐ Woon- werkverkeer



☐ (Bijna) dagelijks (bijv. boodschappen, sport, kinderen brengen, etc.)



☐ Op vakantie gaan (jaarlijks met de auto naar het vakantieadres, dus niet met vliegtuig of bus)



☐ Korte vakanties of dagtrips (boven de 100 km)

☐ Anders:



Wat voor auto heeft u?

Als u meerdere auto's heeft, selecteer dan het model dat u het meest gebruikt. U kunt ook een eigen antwoord geven.



☐ Sedan



☐ Hatchback



☐ Stationwagen



☐ Cabriolet

☐ Anders:

Op welke brandstof rijdt uw huidige auto?

Heeft u meerdere auto's op verschillende brandstoffen? Selecteer dan de brandstof van de door u meest gebruikte auto.

☐ Benzine

☐ Diesel

☐ LPG

☐ Waterstof

☐ Elektriciteit

☐ Hybride

☐ Anders:

Hoeveel kilometer rijdt u ongeveer per jaar?

Als u het écht niet weet kunt u de vraag overslaan.

- ☐ Minder dan 5.000 km
- ☐ 5.000 - 20.000 km
- ☐ 20.000 - 50.000 km
- ☐ Meer dan 50.000 km
- ☐ Anders: _____

Persoonlijke voorkeur

De volgende vragen gaan over uw persoonlijke voorkeur met betrekking tot auto's. Geef hierbij uw mening.

Wat is er voor u belangrijk bij een auto?

Het helpt om uzelf de vraag te stellen waar u zich door laat leiden bij de aankoop van een auto. Meerdere antwoorden zijn mogelijk, u kunt ook een eigen antwoord geven.

- ☐ De zuinigheid
- ☐ Benzine- / Diesel- / Energiekosten
- ☐ Wegenbelasting
- ☐ De prijs
- ☐ Grootte
- ☐ Snelheid / Acceleratie
- ☐ Actieradius
- ☐ Brandstof
- ☐ Zelfrijdend
- ☐ Anders: _____

Wat is uw mening over het bijtanken van auto's?

Het gaat hierbij over het bijtanken van fossiele brandstoffen, zoals benzine of diesel.

	Ja	Een beetje	Nee	Weet ik niet
Vind u het makkelijk?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gaat het snel genoeg?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vind u het duur?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vind u het leuk om te doen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Is het onmisbaar bij een auto?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wilt u er vanaf?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Koopt u vaak iets bij het winkeltje van het tankstation?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wat verwacht/denkt u over het opladen van elektrische auto's?

Het gaat hierbij over het opladen van elektrische auto's met een accu. Baseer uw antwoord op uw huidige kennis, verwachtingen en mening.

	Ja	Een beetje	Nee	Weet ik niet
Lijkt het u makkelijk?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gaat het snel genoeg?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Denkt u dat het duur wordt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lijkt het u leuk om te doen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Is het onmisbaar bij een auto?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zou u er na een tijdje vanaf willen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Denkt u vaak iets bij een winkeltje of restaurant te kopen tijdens het opladen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wat verwacht/denkt u over het bijtanken van waterstofauto's?

Het gaat hierbij over het bijtanken van auto's met waterstof als brandstof. Baseer uw antwoord op uw huidige kennis, verwachtingen en mening.

	Ja	Een beetje	Nee	Weet ik niet
Lijkt het u makkelijk?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gaat het snel genoeg?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Denkt u dat het duur wordt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lijkt het u leuk om te doen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Is het onmisbaar bij een auto?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zou u er na een tijdje vanaf willen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Denkt u vaak iets bij het winkeltje van het tankstation te zullen kopen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

De toekomst

Nu komen er een paar vragen over de toekomst van auto's. Het is zeer waarschijnlijk dat auto's over een aantal jaren elektrisch rijden of op waterstof rijden. Er wordt dadelijk van u gevraagd over verschillende zaken uw mening te geven. Om u hierbij te helpen worden er een paar vragen uitgelegd en een paar feiten op een rijtje gezet.

Wat lijkt u momenteel de beste brandstof voor toekomstige auto's?

- ☐ Benzine
- ☐ Diesel
- ☐ Elektriciteit
- ☐ Waterstof
- ☐ Hybride
- ☐ Anders: _____

Kunt u dit toelichten?

Jouw antwoord

Het opladen van een elektrische auto

Veel eigenaars van elektrische auto's geven aan dat het opladen zowel een voordeel als een nadeel kan zijn.

Het 's nachts opladen van de auto betekent dat de auto de volgende dag met een volle lading kan beginnen. Voor gewoon woon- werk verkeer en andere korte tot middelmatige afstanden hoef je dus nooit meer bij een tankstation te stoppen.

Een nadeel hoort bij lange afstanden. Ga je met de auto op vakantie, dan zal de auto onderweg opgeladen moeten worden, waarschijnlijk meerdere keren. Hier zijn snelladers voor, welke de auto in ongeveer 20 tot 30 minuten (grotendeels) kunnen opladen. Dit duurt langer dan het stoppen bij een tankstation.

Waterstof

Een andere mogelijke brandstof is waterstof. Een waterstofauto heeft een waterstofcel waarin het waterstof met zuurstof reageert. Uit deze reactie komt energie vrij, wat een elektromotor kan aandrijven. Uit de uitlaat druppelt water. Het waterstof moet worden bijgetankt. Dit moet onder hoge druk gebeuren, omdat het een gas is. Hij zal echter iets vaker moeten worden bijgetankt, omdat de actieradius van een waterstofauto lager is dan die van een auto op fossiele brandstoffen.

Wat lijkt u prettiger in gebruik?

- ☐ Een elektrische auto, vanwege het thuis op kunnen laden. Die keren dat ik een lange afstand afleg vind ik een of meerdere korte pauze(s) geen probleem.
- ☐ Een waterstofauto, omdat deze bijgetankt moet worden.
- ☐ Een auto met verbrandingsmotor, omdat deze minder vaak bijgetankt hoeft te worden.
- ☐ Anders: _____

Elektriciteit tegenover waterstof

Beide energiedragers zijn beter voor het milieu dan fossiele brandstoffen, omdat ze opgewekt kunnen worden met groene energie. Daarbij zijn elektromotoren efficiënter dan verbrandingsmotoren, waardoor de elektrische auto en de waterstofauto minder kostbare energie gebruiken dan een auto met verbrandingsmotor.

De elektrische auto is het efficiëntst. Hiervoor wordt energie opgewekt wat via het stroomnet de accu van de auto in gaat. Daarbij is het mogelijk om zelf energie voor de elektrische auto op te wekken met zonnepanelen, die de opgewekte energie in een accu stoppen die de auto 's nachts op kan laden. Energiekosten zijn hierdoor het laagst. Afhankelijk van de auto en de kosten per kWh energie kost een elektrische auto zo'n €3,14 per 100 gereden kilometers, zonder hier zelf energie voor op te wekken.

Het produceren van waterstof kost meer energie dan wat eruit komt bij gebruik. Daarbij zal waterstof onder hoge druk naar tankstations moeten worden getransporteerd, wat ook energie kost. Het tanken zelf kost ook nog energie, omdat de installatie een hoge druk moet leveren om genoeg waterstof de auto in te krijgen. Afhankelijk van de productie van waterstof kost het dus 4 tot 8 euro per 100 gereden kilometers. Concrete prijzen zijn nog niet te noemen, maar het is wel zeker dat het rijden op waterstof aanmerkelijk duurder zal zijn dan het rijden op elektriciteit.

Wat voor type auto zou u in de toekomst het liefst willen gebruiken?

- ☐ Een elektrische auto
- ☐ Een waterstofauto
- ☐ Een auto met verbrandingsmotor
- ☐ Een hybride auto
- ☐ Anders: _____

Waarom?

Geef een duidelijke uitleg waarom u voor deze soort auto kiest. Benoem hierbij wat voor u belangrijk is. Denk aan: energiekosten, invloed op milieu, actieradius, snelheid, gebruikersgemak, etc. U kunt ook eigen argumenten bedenken.

Jouw antwoord

Geef bij iedere auto aan hoe groot de kans is dat dit uw volgende wordt.

1 = Zeker weten van niet / 10 = Zeker weten van wel

	1	2	3	4	5	6	7	8
Elektrische auto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Waterstofauto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hybride auto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auto op benzine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auto op diesel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auto op LPG	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Kunt u dit toelichten?

Jouw antwoord

Geef bij iedere auto aan hoe groot de kans is dat u hier over 20 jaar mee rijdt.

Ga hierbij ervan uit dat nieuwe technologie goedkoper wordt. Elektrische auto's en waterstofauto's dus ook.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Elektrische auto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Waterstofauto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hybride auto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auto op benzine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auto op diesel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auto op LPG	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Kunt u dit toelichten?

Jouw antwoord

Zou u bereid zijn iets meer te betalen voor een "schone" auto omdat deze beter is voor het milieu?

- ☐ Ja
- ☐ Nee
- ☐ Misschien

Zou uw keuze voor een toekomstige auto af kunnen hangen van wat uw buurman, vriend(in) of familielid heeft (groepsdruk)?

Bijvoorbeeld: Als uw neef en buurvrouw een elektrische auto hebben, zou u dan eerder geneigd zijn er ook een te kopen?

- ☐ Ja
- ☐ Nee
- ☐ Misschien

Vind u dat de overheid iets moet doen om auto's met alternatieve brandstoffen voordeliger te maken voor de consument?

- ☐ Ja
- ☐ Nee
- ☐ Misschien

Waarom wel / niet? Wat moet de overheid doen?

Jouw antwoord

VERZENDEN

Verzend nooit wachtwoorden via Google Formulieren.

Bijlage 2: De antwoorden

Heeft u een rijbewijs?

Totaal aantal
antwoorden:
148

Ja	Nee
145	3
98%	2%

Hoe oud bent u?

Totaal aantal
antwoorden:
147

<20	20 tot 29	30 tot 39	40 tot 49	50 tot 59	60 tot 69	70 tot 79	80 tot 89	>90
2	14	23	36	45	22	5	0	0
1%	10%	16%	24%	31%	15%	3%	0%	0%

Heeft u momenteel een auto in gebruik?

Totaal aantal
antwoorden:
147

Ja	Nee
141	6
96%	4%

Waarvoor gebruikt u uw auto?

Totaal aantal
antwoorden:

141

Doel	Aantal	%
Woon- werkverkeer	101	72%
(Bijna) dagelijks (bijv. boodschappen, sport, kinderen brengen, etc.)	96	68%
Op vakantie gaan (jaarlijks met de auto naar het vakantieadres,	67	48%

dus niet met vliegtuig of bus)		
Korte vakanties of dagtrips (boven de 100 km)	89	63%
Zakelijk	5	4%
Incidenteel	5	4%

Wat voor auto heeft u?

Totaal aantal antwoorden:
141

Soort	Aantal	%
Sedan	10	7%
Hatchback	67	48%
Stationwagen	40	28%
Cabriolet	1	1%
SUV	14	10%
MPV	3	2%
Busje	5	4%
Cross-over	1	1%

Op welke brandstof rijdt uw huidige auto?

Totaal aantal antwoorden:
141

Benzine	Diesel	Hybride	LPG	Waterstof	Elektriciteit
98	25	12	4	0	2
70%	18%	9%	3%	0%	1%

Hoeveel kilometer rijdt u ongeveer per jaar?

<5.000 km	5.000 - 20.000	20.000- 50.000	>50.000 km
-----------	----------------	----------------	------------

Totaal aantal
antwoorden:

137

14	79	36	8
10%	58%	26%	6%

**Wat is er voor u
belangrijk bij een
auto?**

Totaal aantal
antwoorden:

147

Factor	Aantal	%
Zuinigheid	92	63%
Energiekosten	55	37%
Wegenbelasting	49	33%
Prijs	108	73%
Grootte	72	49%
Snelheid	24	16%
Actieradius	33	22%
Brandstof	37	25%
Zelfrijdend	3	2%
Automaat	2	1%
Design	4	3%
Veiligheid	10	7%
Comfort	10	7%

Wat is uw mening over het bijtanken van auto's?

	- Ja	Een beetje	Nee	Weet ik niet	Totaal	% Ja	% Een beetje	% Nee	% Weet ik niet
Makkelijk?	131	8	2	6	147	89%	5%	1%	4%
Snel genoeg?	117	14	8	8	147	80%	10%	5%	5%
Duur?	107	29	6	5	147	73%	20%	4%	3%

Leuk?	7	23	106	11	147	5%	16%	72%	7%
Onmisbaar?	84	16	32	15	147	57%	11%	22%	10%
Wilt u ervan af?	57	32	32	26	147	39%	22%	22%	18%
Winkeltje?	7	16	117	7	147	5%	11%	80%	5%

Wat verwacht/denkt u over het opladen van elektrische auto's?

	- Ja	Een beetje	Nee	Weet ik niet	Totaal	% Ja	% Een beetje	% Nee	% Weet ik niet
Makkelijk?	95	26	19	7	147	65%	18%	13%	5%
Snel genoeg?	18	25	72	32	147	12%	17%	49%	22%
Duur?	41	39	44	23	147	28%	27%	30%	16%
Leuk?	26	30	78	13	147	18%	20%	53%	9%
Onmisbaar?	74	14	36	23	147	50%	10%	24%	16%
Wilt u ervan af?	37	19	37	54	147	25%	13%	25%	37%
Winkeltje?	13	15	101	18	147	9%	10%	69%	12%

Wat verwacht/denkt u over het bijtanken van waterstofauto's?

	- Ja	Een beetje	Nee	Weet ik niet	Totaal	% Ja	% Een beetje	% Nee	% Weet ik niet
Makkelijk?	59	10	13	65	147	40%	7%	9%	44%
Snel genoeg?	46	10	6	85	147	31%	7%	4%	58%
Duur?	34	19	22	72	147	23%	13%	15%	49%
Leuk?	17	17	57	56	147	12%	12%	39%	38%
Onmisbaar?	60	5	23	59	147	41%	3%	16%	40%
Wilt u ervan af?	25	7	32	83	147	17%	5%	22%	56%
Winkeltje?	5	11	102	29	147	3%	7%	69%	20%

Wat lijkt u momenteel de beste brandstof voor toekomstige auto's?

Totaal aantal antwoorden:

138

Brandstof	Aantal	%	Redenen
Benzine	5	4%	
Diesel	1	1%	
Elektriciteit	58	42%	Efficiëntst / goedkoopst / makkelijker / milieu / zelf opladen
Waterstof	57	41%	Makkelijk tanken / minder vervuiling na gebruik / actieradius / minder last op elektriciteitsnet
Hybride	16	12%	
Geen idee	1	1%	

Wat lijkt u prettiger in gebruik?

Totaal aantal antwoorden:

137

Type auto	Aantal	%
Elektrische auto	66	48%
Waterstofauto	42	31%
Verbrandingsauto	29	21%

Wat voor type auto zou u in de toekomst het liefst willen gebruiken?

Totaal aantal antwoorden:

138

Type auto	Aantal	%	Redenen
Elektrische auto	68	49%	Invloed op milieu / thuis opladen / acceleratie / beter dan waterstof / kosten / veiliger
Waterstofauto	37	27%	Invloed op milieu / tanken / actieradius / lijkt het meest op voorgaande
Verbrandingsauto	4	3%	
Hybrideauto	24	17%	Onafhankelijk van de accu
Geen auto	2	1%	

Geen idee	3	2%	Afhankelijk van comfort
-----------	---	----	-------------------------

Geef bij iedere auto de kans aan dat dit uw volgende wordt.

	- Gemiddeld	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Elektrische auto	5,31	18	4	16	11	24	16	15	19	8	7
Waterstofauto	3,69	40	18	18	10	18	15	3	10	2	4
Hybride	5,23	24	8	9	6	22	12	23	21	10	3
Auto op benzine	5,64	17	2	16	8	22	13	19	21	11	9
Auto op diesel	2,72	75	16	7	5	15	5	6	4	2	3
Auto op LPG	2,55	75	17	10	7	9	8	6	4	2	0

Opmerkingen:

Prijsafhankelijk / al gewend / hoeveelheid ontwikkeling

Geef bij iedere auto de kans aan dat u hier over 20 jaar mee rijdt.

	- Gemiddeld	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Elektrische auto	7,33	10	0	5	5	9	10	10	35	29	25
Waterstofauto	5,96	17	6	7	8	18	16	13	23	20	10
Hybride	5,04	29	5	13	6	13	25	12	22	11	2
Auto op benzine	3,18	55	13	17	12	14	15	2	6	3	1
Auto op diesel	1,84	98	10	9	10	4	4	0	2	1	0
Auto op LPG	2,10	89	10	15	4	9	6	1	4	0	0

Opmerkingen:

Verbetering technieken / goedkoper / elektrisch lijkt het prettigst / invloed milieu

Zou u bereid zijn iets meer te betalen voor een "schone" auto omdat deze beter is voor het milieu?

Totaal aantal antwoorden:

138

Zou uw keuze voor een toekomstige auto af kunnen hangen van wat uw buurman, vriend(in) of familielid heeft (groepsdruk)?

Totaal aantal antwoorden:

138

Vind u dat de overheid iets moet doen om auto's met alternatieve brandstoffen voordeliger te maken voor de consument?

Totaal aantal antwoorden:

138

Ja	Nee	Misschien
83	13	42
60%	9%	30%

Ja	Nee	Misschien
6	117	15
4%	85%	11%

Ja	Nee	Misschien	Opmerkingen
117	10	11	Subsidie / belastingsysteem wijzigen / genoeg oplaadpalen / kosten laag houden / vervuilende auto's belasten / het begin stimuleren / meer onderzoekers serieus nemen
85%	7%	8%	

De antwoorden van de verschillende doelgroepen zijn te zien via bit.ly/ewsjochem.