

Morgen



Kort of lang laden?

Autofabrikanten staan voor een dilemma: willen we e-wagens die kort opladen voor 100 km rijden, of lang laden voor een rit naar Parijs?

Pagina 10



Ik denk, dus ik typ
Met behulp van breincomputer-interfaces kunnen verlamde mensen een letter typen door hier alleen aan te denken. Robin Rotman onderzoekt hoever de moderne mens al is versmolten met technologie — en wat ons nog te wachten staat.

De bionische mens,
Robin Rotman,
Pagina 11



Pionieren met e-planes

Het duurt nog even voor grote passagierstoestellen elektrisch vliegen, maar de volgende luchtvaart-revolutie is al bezig. 'We zitten nu in de fase-Blériot.'

→ Pagina 4

E-planes Schonere luchtvaart

De Pipistrel: het bedrijf uit Slovenië is een van de pioniers en bouwt een reeks aan elektrische sporttoestellen.



Het zal nog tot zeker 2050 duren voor grote passagierstoestellen elektrisch vliegen, maar er wordt al volop gepioneerd en onderzoek gedaan. Cruciaal zijn de batterijen: die zijn nu nog te zwaar. Maar de volgende luchtvaart-revolutie is al gestart. 'We zitten nu in de fase-Blériot.'

Door Roger Cohen

Elektrisch vliegen: de volgende

Op het eerste gezicht lijkt de Pipistrel Alpha Electro een sportvliegtuigje zoals elk ander. Maar de glimmende witte tweezitter in de hangar van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum in Marknesse heeft een bijzondere eigenschap: hij vliegt elektrisch. De vlucht duurt niet veel langer dan 90 minuten, maar toch. Hier staat een sportvliegtuig op batterijen.

De Pipistrel is het nieuwste speeltje van de ingenieurs van het NLR. De onderzoekers kunnen er niet omheen: elektrisch vliegen heeft de toekomst. Tegelijk zijn er nog zoveel technische hindernissen dat er veel onderzoek nodig is. Dat gaan de luchtvaarttechnici de komende tijd uitvoeren met de Pipistrel, die uitgebreid getest gaat worden boven de groene velden van de Noordoostpolder.

Geuldarm vliegen op een batterij en zonder een grammetje CO₂-uitstoot: dat klinkt voor velen nog als toekomstmuziek. Toch wordt hier forse vooruitgang in geboekt. Kleinere sportvliegtuigen moeten binnen tien jaar al op grote schaal elektrisch kunnen vliegen, is de verwachting. Grote passagierstoestellen zijn een lastiger verhaal: dat gebeurt niet eerder dan in 2050, zeggen de deskundigen. Maar toch: elektrisch autorijden leek ooit ook onbereikbaar.

'Er is echt iets gaande', zegt Alte de Boer, een van de ingenieurs van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum die gaan experimenteren met

de Pipistrel. 'Dit is vergelijkbaar met de tijd toen koetsmakers zelf auto's gingen bouwen, of fietsmakers die in hun schuurtjes vliegtuigen gingen ontwerpen.' Dezelfde vergelijking maakt ook Joris Melkert, docent lucht- en ruimtevaarttechniek aan de TU Delft. 'Dit doet denken aan Louis Blériot die in 1909 het Kanaal overstak met zijn zelfgebouwde propellervliegtuig.'

Uiteraard is er nog veel scepsis. De opgave is enorm, vooral voor verre vluchten. Een Boeing 787 Dreamliner met zo'n 330 passagiers aan boord heeft 100 ton kerosine aan boord, net zoveel energie als 8000 Tesla's gebruiken. Een Airbus A380 — het grootste passagierstoestel ter wereld — heeft 200 MWh aan vermogen. Het kleinste elektrische toestel op de markt vliegt nu op 20kWh aan elektriciteit.

Ook de Pipistrel (vernoemd naar een soort vleermuis) kent nog veel beperkingen. De Alpha Electro vliegt maximaal anderhalf uur, de maximumsnelheid is zo'n 200 kilometer per uur. Maar toch. 'Met de Pipistrel doen we de eerste ervaringen op. Waar zitten de problemen? Hoe opereert zo'n elektrisch toestel in de regen, bij koud weer?' zegt De Boer van het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum, dat onlangs een vernieuwde onderzoeksruimte van 18.000 vierkante meter in gebruik nam in de buurt van Marknesse. 'We moeten ergens beginnen.'

'Het is niet meer of, maar wanneer we elektrisch gaan vliegen. Dat is een fundamentele verschuiving van de discussie', zegt Jeff Engler, oprichter van start-up Wright Electric uit Los Angeles. Wright Electric werkt samen met luchtvaartmaatschappij EasyJet om binnen tien tot twintig jaar een vol elektrisch vliegtuig te ontwikkelen dat met 150 passagiers vluchten kan uitvoeren over afstanden van rond de 500 km, de afstand tussen Amsterdam en London of Parijs. Dat is belangrijk, want het gros van de vluchten is over een relatief korte afstand.

Dat een maatschappij zoals EasyJet

De E-Fan van Airbus, een tweepersoons elektrisch toestel, werd in 2014 gepresenteerd, maar is nog niet in productie.



Wright Electric wil met EasyJet een elektrisch vliegtuig ontwikkelen dat met 150 man van Schiphol naar Parijs vliegt



Vleugel van Wright-Electric uit Los Angeles, dat met EasyJet werkt aan e-planes voor zo'n 150 passagiers.

Elfwegentocht Elektrisch of op blauwe diesel

Drie elektrische auto's, twee elektrische vliegtuigen, twee elektrische motoren en een Tesla op waterstof. Maandag kwamen ze allemaal naar vlieg-basis Leeuwarden, voor de lancering van de Elfwegentocht, een waarin de Friezen twee weken lang zo duurzaam mogelijk gaan reizen. Langs de grote invalswegen naar Friesland kunnen mensen overstappen op duurzaam vervoer: elektrische bussen, fietsen of elektrische pendelvoertuigen. Busbedrijf Arriva laat zijn bussen rijden op blauwe diesel, die geproduceerd wordt uit plantaardige afvalolie. De blauwe brandstof stoot 90% minder CO₂ uit dan gewone diesel. Ook particuliere dieselauto's kunnen bij acht tankstations hun auto vullen met de duurzame brandstof.



Animatie van de Friese Elfwegentocht. De fossielvrije en futuristische wegparade eindigt op 14 juli in Europese Culturele Hoofdstad Leeuwarden.

Hier is geen aanpassing van de motor voor nodig. De Elfwegentocht eindigt op zaterdag 14 juli met een parade van fossielvrije en futuristische voertuigen die van Drachten naar de Friese hoofdstad rijden. Tegelijk vaart van het Overijsselse Giethoorn een tocht van fossielvrije voertuigen naar Leeuwarden dit jaar. Culturele Hoofdstad van Europa.

revolutie is al begonnen

Pioniers



Joby Aviation Intel, Toyota en JetBlue investeren in deze Californische vliegtaxi-ontwikkelaar.



Lilium Deze Duitse start-up werkt aan een elektrisch vliegtuig voor 5, dat verticaal stijgt.



Zunum Het Amerikaanse bedrijf werkt sinds 2013 aan hybride toestellen voor 19 passagiers.



Ehang dronotaxi Dit Chinese bedrijf test met het Nederlandse KPN de drone-taxi Ehang 216.

meedoet, is geen toeval. Luchtvaartmaatschappijen maken zich zorgen om hun milieuvriendelijke imago. Op dit moment is luchtvaart verantwoordelijk voor 2,5% van de wereldwijde uitstoot van koolstofdioxide, de voornaamste oorzaak van klimaatverandering. Door de snelle groei van de luchtvaart zal dat aandeel echter snel toenemen. De luchtvaart groeit explosief: in 2030 zal de sector naar verwachting zijn verdubbeld.

Vooralsnog ontkomt de luchtvaart aan strenge regelgeving: de sector valt buiten het klimaatverdrag van Parijs. Ook de afspraken die zijn gemaakt binnen de burgerluchtvaartmaatschappij van de VN, de ICAO, zijn relatief mild. Maar de kritiek zwelt aan. In Nederland verliest de luchtvaartsector maatschappelijk draagvlak. Het is geen wonder dat het kabinet eind juni bekendmaakte dat er waarschijnlijk in 2021 een vliegtaks komt.

De sector kan deze vlucht vooruit maken door te investeren in elektrisch vliegen, ook omdat dit minder geluids-overlast veroorzaakt. 'Ik denk dat het besef doordringt in de luchtvaartwereld dat de vergroening toch steviger moet worden aangepakt', zegt Alte de Boer van het NLR. 'Als er niets gebeurt, komen er nog meer initiatieven die de sector schaden, zoals belastingen of vliegbepalingen.'

Er is ook een financiële motivatie, benadrukt Jeff Engler van Wright. Luchtvaartmaatschappijen zijn nu een derde van hun kosten kwijt aan brandstof. De prijs van kerosine stijgt, terwijl de kans groot is dat elektriciteit de komende tijd goedkoper wordt.

Gaan we binnenkort op vakantie in een elektrische vliegtuig? Dat zal nog jaren duren. Technisch gezien zijn er drie grote uitdagingen: batterij, bekabeling en motor. Het eerste probleem is het grootste. Batterijen zijn de zwakste schakel in het elektrisch vliegen. Bepalend in de luchtvaart is de energie-dichtheid: de hoeveelheid energie per kilogram. Hoe zwaarder de accu, hoe lastiger. Gewicht is cruciaal: elke gram telt.

De luchtvaart kan wel profiteren van

de vooruitgang die is geboekt in de ontwikkeling van batterijen. Nu elektrisch autorijden groeit, investeren fabrikanten miljarden in betere accu's. De productiecapaciteit neemt snel toe en de prijzen dalen, maar helaas gaat de energie-dichtheid niet met sprongen omhoog, hoogstens met 2% tot 3% per jaar.

'Het is niet zo dat nu de ogen van de luchtvaart ook gericht zijn op de batterijen, dit zomaar gaat leiden tot hogere energiedichtheden', zegt ook Alte de Boer van het NLR. 'Er gaat zoveel meer energie in een kilo kerosine dan in een kilo accu. Daar kun je eigenlijk niet tegenaan innoveren', zegt Joris Melkert van de TU Delft. 'Eigenlijk is een grote omwenteling nodig, zoals de overstap begin jaren negentig van nikkel-cadmium batterijen naar de nu gangbare lithium-batterijen.'

Ook de bekabeling levert ingenieurs hoofdbrekens op. De enorme vermogens die nodig zijn om grotere vliegtuigen aan te drijven wekken veel warmte op. 'Dus wat doe je om brandgevaar te voorkomen? Je komt tot heel dikke kabels', zegt de Boer. 'Maar die zijn zwaar, en als de kabels ook nog door de spoelen van de elektromotor moeten, wordt die motor groter en zwaarder, en dus lastiger van de grond te krijgen. Dat is precies wat je niet wilt.'

Onderzoekers kijken nu naar het gebruik van supergeleidende materialen, maar de uitkomst is nog onduidelijk. Ook aan de motortechnologie is nog veel te verbeteren, waarbij nieuw motorontwerp mogelijk ook nieuwe innovaties in de aerodynamica mogelijk zal maken.

Een tussenstap naar het volledig elektrische passagiersvliegtuig is volgens veel deskundigen een hybride vliegtuig. 'Ik verwacht dat bij de volgende generatie vliegtuigen ongeveer 10% van de aandrijving elektrisch te doen is', zegt Joris Melkert. De accu kan extra vermogen leveren bij starts en landingen, de motoren voor de kruisvlucht kunnen 10% tot 15% draaien.'

Hybride vliegen opent ook de weg naar het gebruik van brandstofcellen in plaats van waterstof, dat een laag gewicht heeft. Er zijn al technieken om waterstof onder zeer hoge druk op te slaan, al zijn daar zeer zware en stevige opslagtanks voor nodig. Een alternatief is vloeibare opslag, al moet de waterstof daarbij op een temperatuur van -250 graden Celsius worden gebracht. Het is een van onderzoekrichtingen waar brandstofcel-specialist Alte de Boer zich bij het NLR mee bezighoudt. De komende tijd hoopt hij een waterstof-'range-extender' te kunnen bouwen en testen op de Pipistrel.

Van wie de grote innovatie moet gaan komen is nog niet duidelijk. De onderzoekskosten zijn zo hoog dat eigenlijk alleen de vliegtuigfabrikanten Boeing en Airbus de mogelijkheden hebben om grote elektrische passagiersvliegtuigen te ontwikkelen. Dit zal nog even op zich laten wachten, denkt Melkert van de TU Delft. 'Voorlopig zullen ze eerst de ontwikkelkosten van nieuwe toestellen zoals de Airbus A320 neo en de Boeing Dreamliner 787 willen terugverdienen. Daar zit heel veel geld in. Voorlopig hebben deze partijen geen enkele reden om disruptief te gaan innoveren. Als ik accountant was voor deze fabrikanten, zou ik zeggen: dat gaan we nog lekker niet doen.'

Dit is een van de redenen dat overheden een belangrijke rol kunnen spelen in de ontwikkeling van elektrisch

vliegen. De Noorse overheid wil dat in 2040 alle korte vluchten elektrisch zijn. Vluchten korter dan anderhalf uur in Scandinavië moeten volgens de Noorse luchthavenautoriteit Avinor elektrisch kunnen. De instelling wil binnenkort een aanbesteding uitschrijven voor een commerciële route voor een elektrisch vliegtuig voor negentien passagiers dat vanaf 2025 moet gaan vliegen.

Er is hoop dat ook Nederland een voortrekkersrol kan spelen in de ontwikkeling van elektrisch vliegen. Teuge Airport, dat zijn bestaan als parashutistencentrum moet opgeven vanwege de uitbreiding van luchthaven Lelystad, wil een landelijk kenniscentrum worden voor elektrisch vliegen. Ook Groningen Airport Eelde biedt zich aan als een proeftuin voor de nieuwe technologie. Melkert: 'Het is wel belangrijk dat we als Nederland stappen blijven maken. De rest van de wereld gaat hiermee door. Als we niets doen, gaan de Russen, Japanners en Chinezen ons links en rechts voorbij.'

Deze gedachte speelt ook in het achterhoofd van de ingenieurs van het NLR die de Pipistrel volgehangen met meetinstrumenten de lucht in gaan sturen. Wie binnenkort een klein wit vliegtuigje boven de Noordostpolder ziet sputteren weet dus wat hij ziet: de voortekenen van een revolutie.

Roger Cohen is redacteur van het FD.

'Er gaat zoveel meer energie in een kilo kerosine dan in een kilo accu. Daar kun je eigenlijk niet tegenaan innoveren'