

1 Het sprookje van elektrisch vliegen

BTV Voorzitter Alfred Blokhuisen woonde kortgeleden een webinar bij over elektrisch vliegen van Rotterdam The Hague Innovation Airport ([RHIA](#)).

Hij schrijft daarover: De bedoeling van het webinar was om de geesten rijp te maken om achter de elektrische belofte te gaan staan.

Althans zo kwam het bij mij over. Twee enthousiaste heren van NLR en TU Delft praatten er lustig op los, tussen het presenteren van enkele sheets. Ook kwam vliegen op waterstof voorbij. De conclusie van de heren was dat er een lange weg te gaan is, maar wie weet kwam het er wel van. Ik kreeg kramp in mijn buik van het vrijblijvende verhaal dat mede uit ons belastinggeld wordt gefinancierd. Let wel, ik ben zéér voor innovatie, maar tegen tijdrekkende fopspenen.

Presentaties niet te downloaden

Ik heb stevig zitten meeschrijven, want de presentaties waren niet te downloaden. Toen ben ik maar eens gaan bellen. Want onderzoek doen is mij wel toevertrouwd.

Zo belde ik met dr ir ing. Cees Blokhuisen, hij hoefde niet zo nodig met naam en toenaam in de media, uit Eindhoven om raad. Inderdaad familie en daarom voor mij de garantie dat ik niet op het verkeerde been zou worden gezet.

Zijn bevindingen zijn schokkend. Elektrisch vliegen gaat het echt helemaal niet worden. Dat heeft alles met de techniek te maken en met natuurkunde. Ik probeer het simpel uit te leggen. In de factsheet vind je alle onderliggende berekeningen.

Het gaat over energiedichtheid, ijle lucht, snelheid, gewicht en opslag.

Energiedichtheid

Energiedichtheid vertelt hoeveel energie er in bepaalde stoffen zit, per hoeveelheid van die stof. Koolwaterstoffen, zoals kerosine, hebben tenminste een factor 100 meer energie dan batterijen kunnen leveren.

Dus als je 240 ton kerosine nodig hebt voor een reis, dan heb je ongelofelijk meer massa aan batterijen nodig voor dezelfde energie.

En in tegenstelling tot een vliegtuig op kerosine, neemt de massa van een vliegtuig niet af tijdens de reis. De batterijen wegen hetzelfde: vol of leeg.

Aan het einde van een vlucht is een Boeing 747 200.000 kilo lichter dan aan het begin. Bij elektrisch vliegen blijft het gewicht van de batterijen gelijk. Het energiegebruik per passagier neemt hierdoor enorm toe, want het gewicht moet wel de hele reis omhoog worden geduwd.

IJle lucht en snelheid

Elektrisch vliegen kan niet met straalmotoren, maar dat gaat met propellers. Die werken als een scheepsschroef. Die happen in plaats van water lucht en duwen die naar achteren. Zo gaat een boot, maar ook een vliegtuig vooruit.

De propellers moeten enorm zijn, vanwege het gewicht van een beetje vliegtuig met batterijen en passagiers. Dat worden geen snelle vliegtuigen en ze kunnen ook niet erg hoog komen.

Boven de 5000 meter is de lucht zo ijl dat er bijna geen massa is om naar achteren te duwen. In zo'n geval moeten de bladen van de propellers zo lang zijn dat er grote problemen ontstaan.

Waterstof

Ook denkt men aan vliegen op waterstof. Maar na de ramp met de beruchte Hindenburg is men heel huiverig voor het gebruik van waterstof in de lucht. Het is uiterst brandbaar en zeer explosief.

Maar ook de energiedichtheid van waterstof is anders dan kerosine. Waterstof moet je ook nog koelen tot 220 graden onder nul en je hebt een enorme brandstofcel nodig om dat gas om te zetten in elektriciteit.

Dat pakt op zichzelf al veel energie, die je niet kunt gebruiken voor vliegen. Ook blijkt dat de vliegtuigstrepen van waterstof schadelijker zijn voor het klimaat dan de huidige contrails.

En hoe tank je veilig enorme hoeveelheden waterstof – op Schiphol ruim 700 vliegtuigen per dag? Dus dat waterstofvliegen is ook een vorm van wensdenken.

Vliegen op kernenergie

Vliegen op kernenergie is zo risicovol dat ik niet heb laten kijken naar de energiedichtheid ervan. Met zo'n 10 tot 20 vliegtuigongelukken per jaar zijn de gevolgen van nucleair vliegen niet te overzien.

Geen parlement, verzekeringsmaatschappij of carrier zal die risico's willen of durven nemen.

Elektrisch kan alleen zeer kleinschalig

Elektrisch vliegen is misschien leuk voor kleine vliegtuigjes op korte afstanden. Maar als je dat gaat doen heb je heel veel meer vliegbewegingen nodig om hetzelfde aantal passagiers over te zetten. Zeg maar rustig een factor 10 en 15 meer vluchten.

En laten juist elektrische vliegtuigen het te benutten luchtruim ook nog eens flink verkleinen omdat ze niet zo hoog kunnen komen als straalvliegtuigen.

Er kwamen ook nog enkele overdenksels bij me op.

Door het lagere vliegen verkleint het verticale luchtruim en door de lagere snelheid het horizontale luchtruim. Omdat je niet heel hoog kan met propellervliegtuigen kun je minder vliegtuigen boven elkaar laten vliegen en door de lagere snelheid kunnen er minder achter elkaar starten.

Het duurt tot wel drie keer langer voordat zo'n propellerkist op een beetje hoogte is. Het is niet denkbeeldig dat het aantal vliegtuigen dat kan vliegen met 2/3 afneemt. Het luchtruim neemt immers met bijna 70% af. Kortom, elektrisch vliegen is geen optie en feitelijk een afleidingsmanoeuvre om de problemen van het fossiele vliegen vooruit te kunnen schuiven.

Te weinig beta's in politiek

Cees Blokhuisen wees op nog een ander aspect. Er zit een probleem ingebakken in de politiek. Politici zijn vooral knappe redenaars. Het zijn

bijna altijd doctoren, meesters en financiële rekenaars. Het zijn zelden of nooit ingenieurs.

Dus zelden mensen met verstand van techniek en de gevolgen daarvan. Dat is een enorme tekortkoming. Men heeft vaak minder overzicht over de technische gevolgen van een politiek besluit.

Dat weten de lobbyisten heel goed. Dus dan kom je, als lobbyist, met een prachtig verhaal over elektrisch vliegen vaak goed weg.

De meeste politici kunnen de beperkingen en onmogelijkheden niet goed inschatten. Die beperkingen worden hen natuurlijk ook niet verteld door lobbyisten.

En universiteiten slaan uiteraard de budgetten voor onderzoeken niet af. Je weet nooit wat je vindt. De wetten van zwaartekracht, energiedichtheid en weerstand kent men intussen wel.

Zoethoudertje

Mijn conclusie: elektrisch vliegen gaat het niet worden, het is een zoethoudertje. Het is afleiding van het enorme probleem dat vliegen heet. En nu elektrisch vliegen onmogelijk blijkt, gaat men soepel over naar de volgende bubbel: de hyperloop. Praten we daar weer lang over en doen we niets aan de huidige situatie.

Opmerkingen dr ir ing. C. Blokhuisen over energiedichtheid en elektrificeren vliegtuigen

Als men op elektriciteit gaat vliegen kan men geen brandstofmotoren of straalturbines of turboprops gebruiken want die werken op kerosine. Men is dan aangewezen op elektromotoren

Aangezien een propeller zeer efficiënt is bij lage vliegsnelheden, wordt dit motortype vooral aangetroffen in kleinere passagiersvliegtuigen, bij voorbeeld de Fokker 50 en militaire vrachtvliegtuigen hebben al turboprop motoren, een combinatie van een straal- en zuigermotor.

Nog meer herrie

Propellers worden niet gebruikt bij snelle vliegtuigen omdat bij hogere toerentallen de luchtstroom bij de tippen van de rotorbladen een supersonische snelheid krijgt, wat leidt tot veel meer luchtweerstand waardoor de effectiviteit afneemt. Het geeft ook veel lawaai. Wordt de snelheid twee keer zo hoog, dan is de vliegweerstand vier keer zo hoog. Daarom vliegen propellorvliegtuigen als een Cessna op een kruissnelheid van ongeveer 240 km/u en vliegt een Boeing 747 met straalmotoren op circa 900 km/u.

De luchtweerstand bij de laatste is bijna vijftien keer zo hoog en het verbruik van energie – de benodigde energie – voor de luchtweerstand alleen is dus ook vijftien keer zo hoog bij een gelijk frontaal oppervlakte van een vliegtuig.

Energie-inhoud brandstoftank Boeing 747 en benodigde accu's

Het verschil in energiedichtheid tussen fossiele brandstof en batterijen is ook problematisch. Een liter kerosine bevat ongeveer evenveel energie als dieselolie en dat is ongeveer 10 kWh per liter. Dat is omgerekend ongeveer 12,5 kWh per kilogram brandstof. Batterijen kunnen op zijn best 0,10 kWh per kg opleveren.

Een volle tank van een Boeing 747 bevat 240.000 liter kerosine, die (maal 10 kWh/liter) zo 2,4 miljoen kWh energie bevat. Om deze zelfde hoeveelheid energie in batterijen te stoppen is dus 2,4 miljoen kWh, gedeeld door 0,10 kWh/kg, is 24 miljoen kilogram aan batterijen nodig! Dat is 24.000 ton, even zwaar als nu honderd van die 747's wegen. Op dit moment zijn accu's met een capaciteit van 100 kWh zo ongeveer het maximum. Dat zijn de accu's in een dure uitvoering van de Tesla Model X. Die wegen zo'n 600 kilogram. Om de dubbele energiec capaciteit te kunnen meenemen, groeit ook de massa aan accu's evenredig en zou er dus 1200 kilogram aan batterijen nodig zijn. Maar: hoe groter die massa, hoe meer energie het kost om de auto in beweging te krijgen. Dus de efficiëntie van het voertuig neemt af met rasse schreden.

Waterstof ridicuul

Dan nog even over het alternatief van op waterstof vliegen. De energieinhoud van waterstof is 120 megajoule per kilogram ofwel 33 kWh. Dat is 33 gedeeld door 12,5 is tweeënhalve keer zoveel als kerosine. Weliswaar hoeft er dus minder waterstof dan kerosine te worden meegenomen, maar kerosine hoeft niet op 220 graden onder nul te worden vervoerd en niet onder zeer hoge druk te worden gecomprimeerd. Dat geldt voor waterstof wel, waarvoor sterkere en zwaardere tanks noodzakelijk zijn. Nog afgezien van het ontploffingsgevaar. Over de beperkte ruimte in de lucht bij het gebruik van alleen maar propellorvliegtuigen kan ook nog wel wat worden verteld. Het volume van het totale luchtruim tot 5 km hoogte is ongeveer 70 procent minder dan als de lucht tot de volledige hoogte van 11 kilometer kan worden gebruikt.

Alfred Blokhuisen

Programmamaker - columnist