

## VLIEGTUIGEN, VOGELTREK EN RADAR

Vogeltrek is een fantastisch fenomeen, maar ook gevaarlijk. Niet alleen voor de vogels zelf, maar ook voor vliegtuigen: een botsing met (een groep) vliegende vogels kan leiden tot grote schade. In het overgrote deel van de gevallen loopt het met een sisser af, maar als er schade is, zijn de kosten vaak zeer hoog en het kan zelfs leiden tot crashes. Wereldwijd worden de kosten van vogelaanvaringen geschat op 1,5 miljard dollar per jaar.

Vogelaanvaringen vinden vooral plaats tijdens start en landing, daartussenin vliegen de meeste vliegtuigen veel hoger dan de vogels. Maatregelen om vogelaanvaringen te voorkomen zijn er dan ook op gericht de vliegvelden zoveel mogelijk vogelvrij te houden. Echter, tijdens (militaire) oefenvluchten brengen vliegtuigen vaak veel tijd door op hoogtes waar ook vogels kunnen vliegen. Daarom houdt de Koninklijke Luchtmacht ook buiten de vliegvelden in de gaten hoeveel vogels er in de lucht zijn: als er veel vogels in de lucht zijn kunnen de oefeningen worden aangepast, zodat de vliegtuigen zo kort mogelijk op de hoogtes vliegen waar veel vogels zijn. Dat gebeurt vooral tijdens vogeltrek.

### Radarornithologie

Al vanaf de ontwikkeling van radar, in de jaren '30 van de vorige eeuw, werden radargebruikers geconfronteerd met vreemde verschijnselen op hun radarbeeldschermen. Zwakke radarreflecties, soms wel honderden of duizenden, waren over het hele beeld te zien. Dat konden onmogelijk de reflecties van vliegtuigen zijn, want zoveel vliegtuigen waren er niet in het luchtruim. Bovendien verplaatsten ze zich met te lage snelheden. Soms waren deze verschijnselen een tijdje waarneembaar om dan even plotseling als ze waren ontstaan weer te verdwijnen. Raadselachtig, reden om ze te benoemen als "angels": engeltjes.

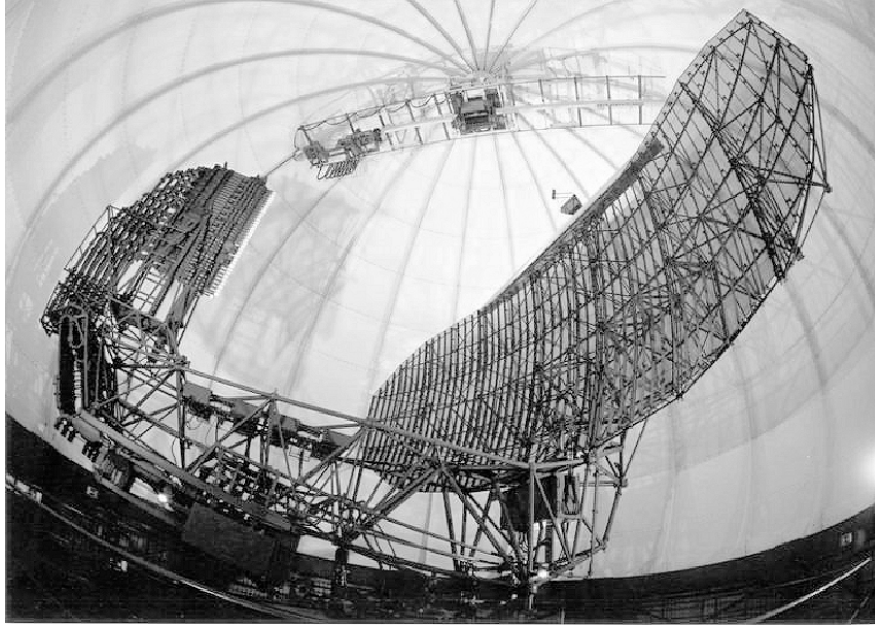
Tijdens de Tweede Wereldoorlog ontdekte de bioloog David Lack, toen in dienst bij de Engelse luchtmacht, dat de oorsprong van de "angels" op zijn radarscherm overeenkwam met een spreekwenslaapplaats. Dat was het begin van de radarornithologie. Sindsdien is radar gebruikt om onderzoek te doen naar vogeltrek én voor waarschuwingen om vogelaanvaringen te voorkomen.

Het belangrijkste middel om vogelaantallen in de lucht te meten, is tegenwoordig dan ook radar. Met radar kun je dag en nacht meten, tot op grote hoogte, en kun je grote luchtvolumes bemonsteren. Daarbij geeft radar hele precieze locatiegegevens, waarbij snelheden en richtingen van de vogels goed te bepalen zijn. Radar heeft ook één belangrijk nadeel: vaak is het niet mogelijk om precies te weten wát je ziet. Voor onderzoek zijn daarom aanvullende metingen nodig, zoals visuele tellingen en gezenderde vogels.

### ROBIN

In de jaren '70 gingen diverse Europese landen radars gebruiken. Ook de Koninklijke Luchtmacht startte met gericht onderzoek naar de waarneming van vogeltrek met radar. Het voormalige TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium (tegenwoordig TNO Defensie en Veiligheid) heeft hiervoor haar technologische kennis ingebracht. Zij was immers al voor de Nederlandse krijgsmacht sinds de Twee-

de Wereldoorlog bezig met radarontwikkelingen. De luchtmacht zelf zorgde voor de kennis over vogeltrek en het gedrag van vogels. Samen hebben ze het vogel-detectiesysteem ROBIN (**R**adar **O**bservation of **B**ird **I**ntensity, Engels voor roodborst) ontwikkeld. Dat is gekoppeld aan twee grote rondzoekradars van de Koninklijke Luchtmacht in Noord-Friesland en op de Veluwe, die eigenlijk gebruikt worden om de vliegtuigen boven Nederland in de gaten te houden. Met deze radars kunnen individuele zangvogels tot een afstand van zo'n 60 km worden waargenomen en grotere vogels, zoals ganzen, tot 120 km. Groepen vogels kunnen tot nog grotere afstanden worden gezien. Daarmee wordt door de radars geheel Nederland met grote delen van de Noordzee, de Waddenzee en Duitsland bestreken.



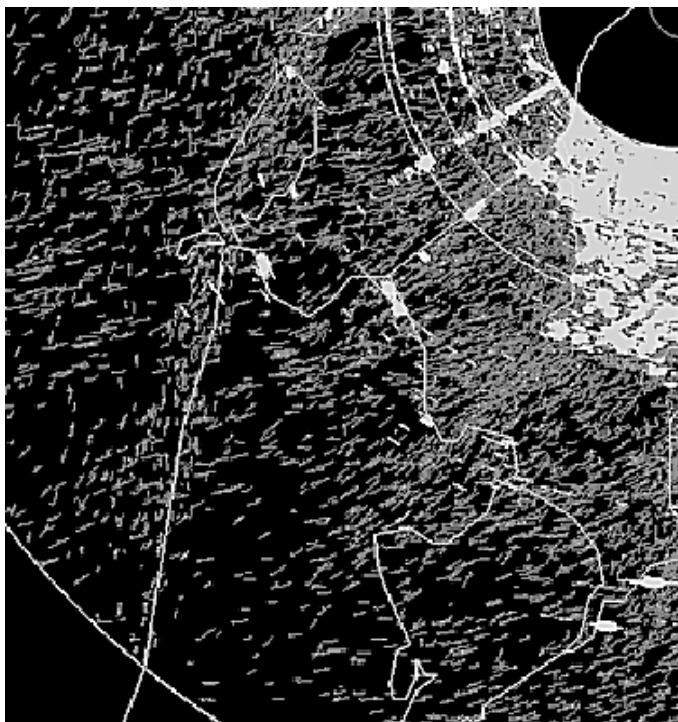
De militaire gevechtleidingsradar. Deze radar van 15 m breed kan een gans op 120 km afstand detecteren - Addy Borst (TNO)

ROBIN kan automatisch vogelaantallen in de lucht herkennen en tellen. Bovendien is van alle waargenomen vogels bekend waar ze vliegen, welke vliegrichting ze hebben en welke snelheid. Zo kan de luchtmacht optimale informatie geven over vogelaantallen in de lucht, zodat de kans op een vogelaanvaring tijdens de vlucht zo klein mogelijk wordt en er niet teveel oefeningen onnodig worden gehinderd. Het ROBIN-systeem is, door zijn continue verbeteringen in de jaren, nu in zijn vijfde versie beschikbaar. Sinds twee jaar heeft ook de Belgische luchtmacht een ROBIN systeem in gebruik. Door uitwisseling van de vogeltrekgegevens is zowel de Belgische als de Nederlandse luchtmacht in staat om de (hogere) vogeltrek boven de Benelux en daarbuiten te monitoren.

### Techniek van vogeldetectie met radar

Zonder te veel op de technische details in te gaan, is het goed om de basisprincipes van radar te schetsen. Een standaard radar zendt met zijn antenne een elektronische puls uit. Met de snelheid van het licht verplaatst die zich in de ruimte, totdat een object in de lucht (bijvoorbeeld een vogel) een deel van de puls reflecteert. Deze reflectie wordt weer opgevangen door de radarantenne. Met de tijd tussen het verzenden van de puls en het weer ontvangen van de reflectie kun je de afstand van het object berekenen. Aangezien de lichtsnelheid 300.000.000 meter/sec bedraagt, moge het duidelijk zijn dat de tijd tussen verzenden en ontvangen heel klein is.

Vooraf het vlezige deel van een vogel, de romp, is "zichtbaar" voor radar. Vlees bestaat voor een groot deel uit water, en dat is, net als metaal, een zeer goede radarreflector. De vleugels, die vooral uit veren en botten bestaan, zijn veel droger en reflecteren dus veel minder radarenergie. Daarom is voor de radar een vogel gewoon een soort langwerpige waterzakje.



Vogeltrek boven noordwest-Nederland. Ieder grijs streepje is een vogel - Addy Borst (TNO)

Met radar kun je niet zien wat voor kleur een vogel heeft, hoe lang z'n staart is of wat z'n vleugelvorm is. Maar als je met je radar één vogel volgt (dus niet als je radar ronddraait om te tellen hoeveel vogels er in de lucht zitten), kun je wel iets

te weten komen over die ene vogel. De hoeveelheid ontvangen radarenergie wordt namelijk bepaald door het reflecterend oppervlak van een object. Iedere keer dat een vogel met z'n vleugel slaat, worden de spieren aangespannen en verandert het spiervolume en daarmee het reflecterende oppervlak. De radarenergie die terugkeert bij de ontvanger verandert dus ook. Je kunt zo informatie krijgen over hoe vaak de vogel met z'n vleugels slaat. Deze vleugelslagfrequentie zegt weer iets over de vogelsoort. Over het algemeen slaan steltlopers en eenden continu met hun vleugels, terwijl zangvogels om de paar slagen even uitglijden. Bovendien slaan kleine vogels sneller met hun vleugels dan grote vogels. Dit is een mooie techniek om wat te weten te komen over vogels die je met het blote oog niet kunt zien, omdat ze te hoog vliegen of omdat het nacht is. Omdat je maar één vogel tegelijk kunt volgen, is het niet geschikt om automatisch vogels te tellen, zoals ROBIN met de radars van de luchtmacht doet.

### **“Waterzakje”**

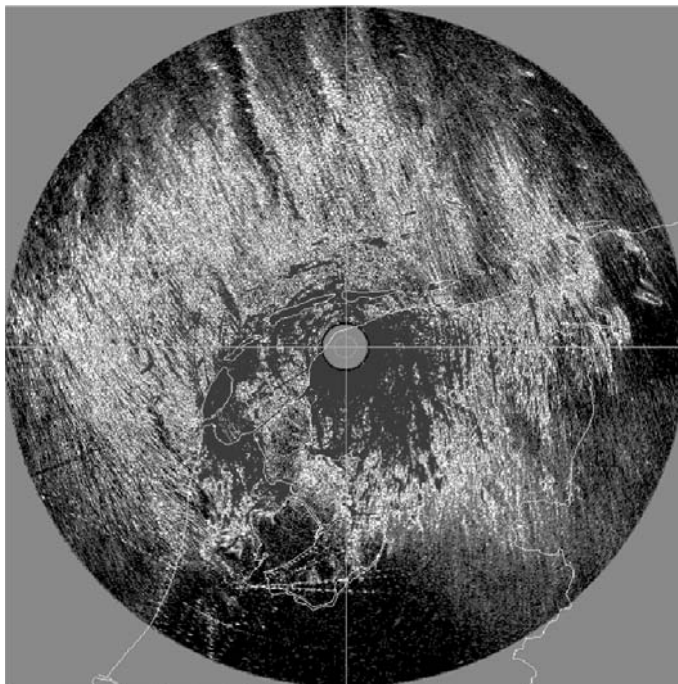
Het is wel een probleem dat het vliegende “waterzakje” langwerpiger is. Vogels hebben dus van opzij een groter reflecterend oppervlak dan van voren of achteren! Daarmee zijn ze van voren of van achteren veel minder ver zichtbaar dan van opzij. Daar moet je rekening mee houden als je naar een radarbeeld kijkt, vandaar dat het zo belangrijk is dat we niet alleen aantallen, maar ook vliegrichtingen en snelheden weten.

Iets anders waar rekening mee moet worden gehouden bij het interpreteren van radarbeelden, is dat de hoeveelheid radarenergie afneemt met het kwadraat van de afstand tot de radar. En dat geldt niet alleen voor de uitgezonden puls, maar ook voor het kleine beetje gereflecteerde energie van een object terug naar de ontvanger. In totaal neemt de energie die de radar ontvangt dus af met de 4<sup>e</sup> macht van de afstand. Een vogel die zich op een 2x zo grote afstand van de radar bevindt, zal daarom 16x zo moeilijk te ontdekken zijn, enzovoort. Daarbij komt dat het “waterzakje” van een vliegende vogel wel erg klein is in vergelijking met een vliegtuig. De laatste reflecteert al snel één miljoen keer zoveel radarenergie. Radarecho's van vogels komen maar net boven de ruis uit, en dat maakt zoeken naar voegecho's een beetje vergelijkbaar met het zoeken naar een naald in een hooiberg. In de ruis van het radarsignaal zijn de zeer zwakke radarreflecties van de vogels te vinden. Maar alleen met de speciale filtertechnieken, waar TNO nu al zo'n 20 jaar aan werkt, lukt dat.

De huidige stand van de techniek is ons welgezin. Door de beperkte capaciteit van de computers en elektronica was het tien jaar geleden slechts mogelijk eens per uur een snapshot te nemen van de vogeltrek en te berekenen waar de vogels vlogen, en dat voor een beperkt gebied. Nu is dat eens per half uur voor het gehele bereik van 150 km. Momenteel zijn we bezig met een zgn. “real time” proces waarbij de vogeltrek continu wordt waargenomen en op beeldscherm is te volgen. Al met al heeft het gebruik van de vogelradar een schat aan informatie opgeleverd over de vogeltrek, naast de veldwaarnemingen die al sinds jaar en dag worden gedaan. Zo zijn de gegevens van de luchtmachtradar in Noord-Friesland gebruikt om, samen met de Universiteit van Amsterdam, modellen te ontwikkelen die de vogelintensiteit boven land voorspellen. In het trekseizoen worden die voorspellin-

gen iedere dag bijgewerkt. Deze voorspellingen zijn te vinden op internet: <http://ecogrid.sara.nl/bambas/migration/index.php>.

Bovendien geven de grote radars een totaalbeeld dat op geen andere wijze is te verkrijgen. Gestuwde trek, zoals de oversteek van het IJsselmeer tussen Stavoren en Enkhuizen en de stuwing langs de Nederlandse kust, zien we op grote schaal gebeuren en aankomst en wegtrek over zee zijn veel beter te interpreteren.



Massale vogeltrek, ook boven zee, even na zonsopgang - Addy Borst (TNO)

Ook de massaliteit van nachttrek en de grote vlieghoogtes die overdag bereikt kunnen worden, zijn alleen met radar zichtbaar. Menig trekteller zal herkennen dat soms vanuit de Luchtmacht berichten komen over massale trek, terwijl in het veld niets te zien is omdat de vogels te hoog vliegen. Omgekeerd komt het trouwens ook regelmatig voor dat in het veld veel trek wordt waargenomen maar op de radar niet of nauwelijks. Onder 100 m hoogte vliegen vogels al gauw onder het bereik van de radar, door de kromming van de aarde of "verstopt" achter bomen of hoge gebouwen. Kortom, radarmetingen kunnen een hoop bijdragen aan de kennis van vogeltrek, maar voor een goede interpretatie zijn altijd andere metingen zoals veldwaarnemingen noodzakelijk. Om zulke verschillende typen waarnemingen (niet alleen radarmetingen en visuele tellingen, maar ook ringgegevens en gezenderde vogels) samen te voegen is een vak apart, een vak dat zich op dit moment snel aan het ontwikkelen is...

### **Toekomstige ontwikkelingen**

Interpretatie van de ROBIN-gegevens gebeurt nu nog grotendeels met de hand. Daardoor zijn grote hoeveelheden gegevens, hoewel in principe bruikbaar, op dit moment niet eenvoudig te gebruiken voor verder onderzoek. In de toekomst willen we niet alleen het tellen, maar ook het interpreteren van de gegevens automatiseren. Als dat lukt worden niet alleen betere voorspellingen en ruimtelijke interpretaties mogelijk, maar ook de zo gewenste combinatie met andere typen metingen, zodat we echt meer te weten kunnen komen over hoe vogeltrek werkt en hoe trekkende vogels reageren op veranderingen in landschap, weer en klimaat.



Windmolens op zee

### **Windmolenparken op zee**

Ook de ontwikkeling van nieuwe radars staat niet stil. Niet iedereen realiseert het zich, maar er zijn plannen om in het jaar 2020 op het Nederlandse deel van de Noordzee zo'n 70 offshore windmolenparken aan te leggen. Deze kunnen per stuk tot zo'n 4 km bij 4 km groot zijn, waarbij ze gezamenlijk een belangrijk deel van de Noordzee zullen bestrijken. De hoogte van de windmolens reikt tot 150 m. Dat levert natuurlijk het gevaar op dat windmolens naast hun functie als leverancier van groene energie ook gaan dienen als gehaktmolen voor vliegende vogels. En ook als vogels goed in staat blijken het gevaar te onderkennen en om de windmolenparken heen te vliegen, leidt dat tot het potentiële gevaar van barrièrewerking. Als na het ontwijken van het eerste grote windmolenpark het volgende opdoemt, moet ook die omzeild worden. Zo zou bijvoorbeeld de overtocht naar Engeland gevaarlijk lang kunnen worden. Daarom moeten voor de windmolenparken de effecten op het vogelverkeer worden bepaald.

Het enige instrument dat de vliegpaden rond windmolenparken goed kan registre-

ren is de radar. TNO is dan ook bezig een goedkope vogelradar te ontwikkelen, gebaseerd op radars die ook wel op schepen gebruikt worden. Dit systeem, genaamd ROBIN Lite, bestaat uit 2 delen. Ten eerste een horizontaal ronddraaiende radar die in een diameter van 20 km rond de radar alle posities en vliegbewegingen van vogels registreert. Ten tweede een verticale radar met een paar nieuwe mogelijkheden. Deze verticale radar bestaat uit een antenne die geen puls meer uitzendt, maar een continu radarsignaal. Een gekoppelde tweede antenne neemt continu alle radarreflecties waar. Door het lage zendvermogen van slechts 0,025 watt, wat minder is dan de uitgezonden energie van een mobiele telefoon, mag deze radar op één punt, bijvoorbeeld de vogel, gericht blijven. Hierdoor is het in staat om exact de hoogte te meten van de vogel. Bovendien moet de verticale radar in staat zijn om een idee te geven van de voegeigenschappen aan de hand van de vleugelslagfrequentie. Dit zelfs tot een afstand (en hoogte) van 4 km. Op dit moment zijn er plannen om voor windmolenparken een automatisch stopmechanisme te ontwikkelen. Met radar is te detecteren welke vogels gevaarlijk dicht vliegen in de buurt van windmolens. Juist die windmolens die een gevaar opleveren voor de vogels, zijn dan binnen een korte tijd te stoppen. Zo komt groene energie weer in evenwicht met de natuur.

*Addy Borst - TNO Defensie en Veiligheid  
Jelmer van Belle - Koninklijke Luchtmacht*



Nieuwe radars voor bepaling vogelsoort - Addy Borst ( TNO)