



In deze rubriek bericht SOVON over achtergronden van nieuwe projecten of worden eerste resultaten van lopende projecten gepresenteerd. Omdat het de resultaten betreft van lopend onderzoek kunnen de resultaten voorlopig van aard zijn.

Voor meer informatie over projecten van SOVON zie www.sovon.nl

ONDERZOEK AAN MEEUWEN MET SATELLIETZENDERS

Bruno J. Ens, Franz Bairlein, Kees (C.J.) Camphuysen, Peter de Boer, Klaus-Michael Exo, Natalia Gallego, Raymond H.G. Klaassen, Kees Oosterbeek & Judy Shamoun-Baranes

Wat zou het fantastisch zijn om in het hoofd van een vogel te kunnen kruipen en van seconde tot seconde te weten wat hij meemaakt en waar hij zich bevindt. Dan zouden we pas echt gaan snappen hoe het dier beslissingen neemt en welke gevolgen die hebben voor de populatie. Zover is het nog lang niet, maar er kan meer dan iedereen tot voor kort voor mogelijk hield en de ontwikkelingen gaan razendsnel. Zo zijn er al grote vogels uitgerust met een klein cameraatje (Rutz *et al.* 2007) terwijl de zenders die de locatie van dieren bepalen steeds kleiner en nauwkeuriger worden. In een door de *European Space Agency* (ESA) gefinancierd project zijn we nagegaan welke zenders geschikt zijn om verschillende soorten vliegbevingen te volgen en hoe die gegevens een bijdrage kunnen leveren aan het verminderen van aanvaringsrisico's tussen vogels en (militaire) vliegtuigen (*Fly Safe* programma). Daarnaast hebben we de grenzen van de huidige commercieel beschikbare zendertechnologie onderzocht (Ens *et al.* 2008). In deze bijdrage willen we aan de hand van gegevens van gezenderde Zilvermeeuwen *Larus argentatus* en Kleine Mantelmeeuwen *Larus fuscus* laten zien wat er mogelijk is met de meest geavanceerde satellietzenders, maar ook

wat de beperkingen zijn van de huidige technologie. We gaan vooral in op een paar spannende aspecten van waargenomen trekgedrag en habitatgebruik en maken een vergelijking met aflezingen van kleurringen. Op de website van SOVON kunnen de bewegingen van de gezenderde meeuwen en ganzen dagelijks worden gevolgd; zie <http://www.sovon.nl/default.asp?id=408>.

Zendertechniek

Hoe lichter een zender, hoe kleiner de vogel die ermee kan worden uitgerust zonder dat hij er last van heeft. Een vuistregel is dat het gewicht van een zender hooguit 5% van het lichaamsgewicht mag zijn (Gaunt *et al.* 1999), maar uiteraard moet daarnaast ook met aerodynamische aspecten rekening gehouden worden. Vanwege het gewicht van de zenders kwamen voor ons onderzoek alleen tamelijk grote vogels in aanmerking, in dit geval grote meeuwen en ganzen.

Voor een nauwkeurige positiebepaling zijn de zenders uitgerust met een Global Positioning System (GPS). Een GPS-ontvanger ontvangt signalen van een groot aantal satellieten en kan aan de hand daarvan de geografische positie zeer nauwkeurig bepalen. De peilingen worden opgeslagen en eens in de drie dagen worden ze via één van de vele Argos satellieten en een grondstation naar de onderzoekers gezonden. (zie www.argos-system.org).

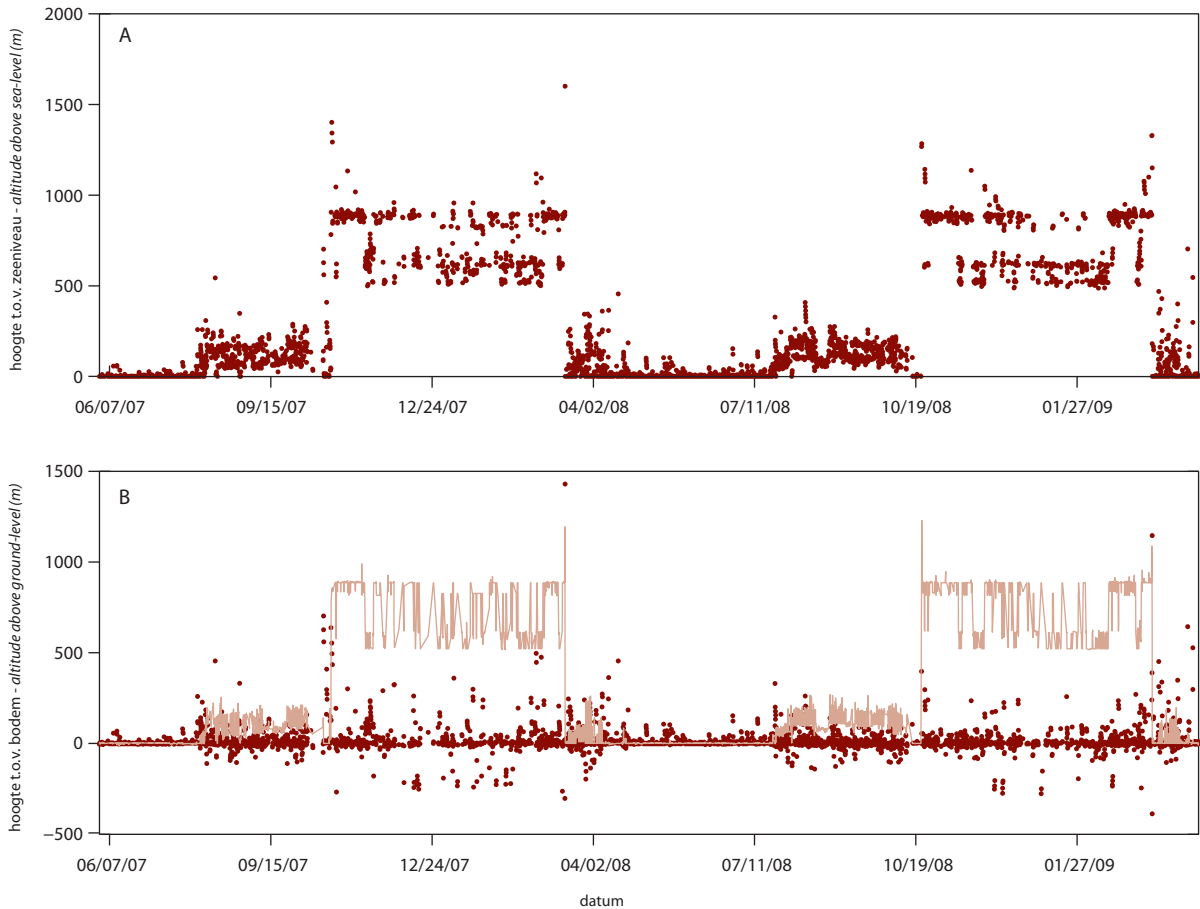
Het zijn vooral de batterijen die zenders zwaar maken. Dankzij een zonnepaneeltje op de bovenkant van de zender kan de batterij voortdurend worden opgeladen en blijft de zender in principe jarenlang actief. Het instru-

ment wordt dan ook duurzaam op de vogel bevestigd met een tuigje van onverslijtbaar teflon. Dat tuigje valt helemaal onder het verenkleed; alleen de zender met antenne steekt boven de veren uit.

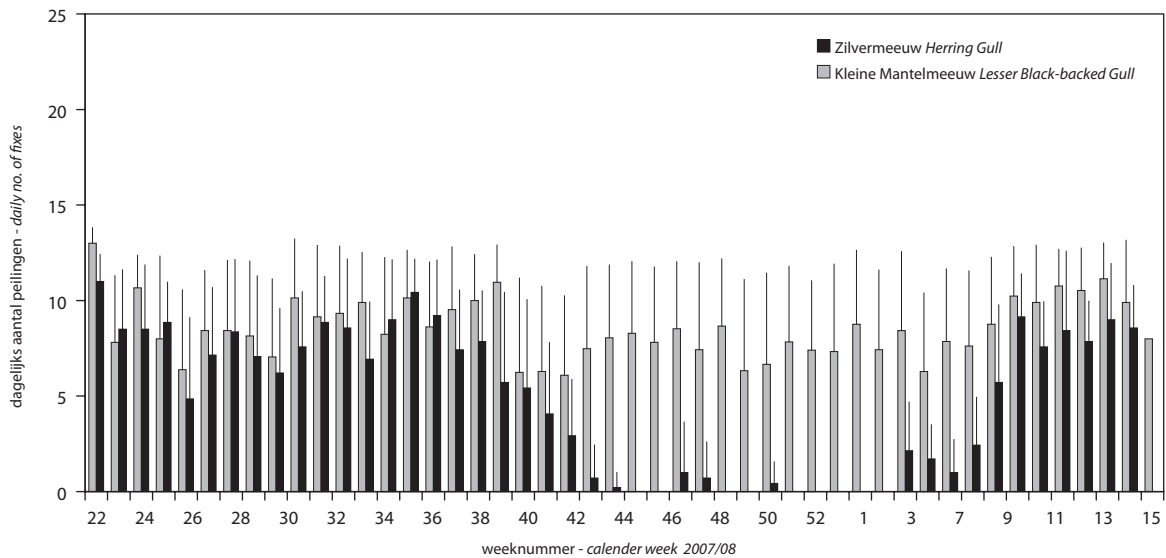
De lichtste in 2007 commercieel verkrijgbare GPS-PTT (*Platform Transmitting Terminal*) woog 22 gram. Die zender registreert echter alleen locatie en snelheid, maar geen hoogte. Daarom hebben we voor het onderzoek aan de meeuwen naast 10 zenders van 22 g ook nog 15 zenders van 30 g gebruikt, die naast locatie en snelheid ook de hoogte registreren. Beide typen zenders werden geleverd door de firma Microwave.

De meeuwen voor ons onderzoek vingen we in de zomer van 2007 in de grote kolonie op de Vliehors op Vlieland, met behulp van een inloopkooi op het nest. Na het opnemen van biometrische gegevens, het ringen en het bevestigen van de zender lieten we de vogels weer los. Behalve een metalen ring van het vogeltrekstation werden de dieren ook voorzien van een grote kleurring met inscriptie, zodat ze in het veld individueel herkenbaar zijn (zie Camphuysen 2008, <http://home.planet.nl/~camphuys/kleurringen.htm> voor meer informatie).

Het is geruststellend dat we tot nu toe geen waarnemingen hebben van vreemd gedrag (zoals voortdurend aan de zender pikken) of van zendervogels die er heel slecht uitzien. Ook gefotografeerde meeuwen leken zonder uitzondering in goede conditie (bijv. figuur 3). Uitval van zenders bleef tot dusverre beperkt. Van de 25 op meeuwen aangebrachte zenders zijn er



Figuur 1 (A). Door GPS-PTT geregistreerde hoogte t.o.v. zeeniveau (m) van Kleine Mantelmeeuw MAFA. (B) Dezelfde gegevens maar dan als hoogte t.o.v. de grond na correctie voor de hoogte van het land op basis van de SRTM *digital elevation model* (grijze lijn). (A) *Time series of measured altitudes for Lesser Black-backed Gull MAFA.* (B) *Time series of calculated altitude above ground level (m) using the SRTM digital elevation model (grey line) for the data in (A).*



Figuur 2. Seizoenspatroon in het aantal zenderpeilingen per dag (\pm SD), gemiddeld per week (2007/2008), voor Kleine Mantelmeeuwen en Zilvermeeuwen met een zender van 30 g en een *duty cycle* van 12 peilingen per dag. *Seasonal pattern in the number of fixes per day (\pm SD), averaged per week, for Lesser Black-backed Gulls and Herring Gulls with a transmitter weighing 30 g and a duty cycle of 12 fixes per day. On the x-axis week number, starting with week 22 in 2007 to week 16 in 2008.*



Figuur 3. Gezenderde Zilvermeeuw FAFJ op 10 oktober 2007. *Tagged Herring Gull FAFJ photographed on 10 October 2007.*

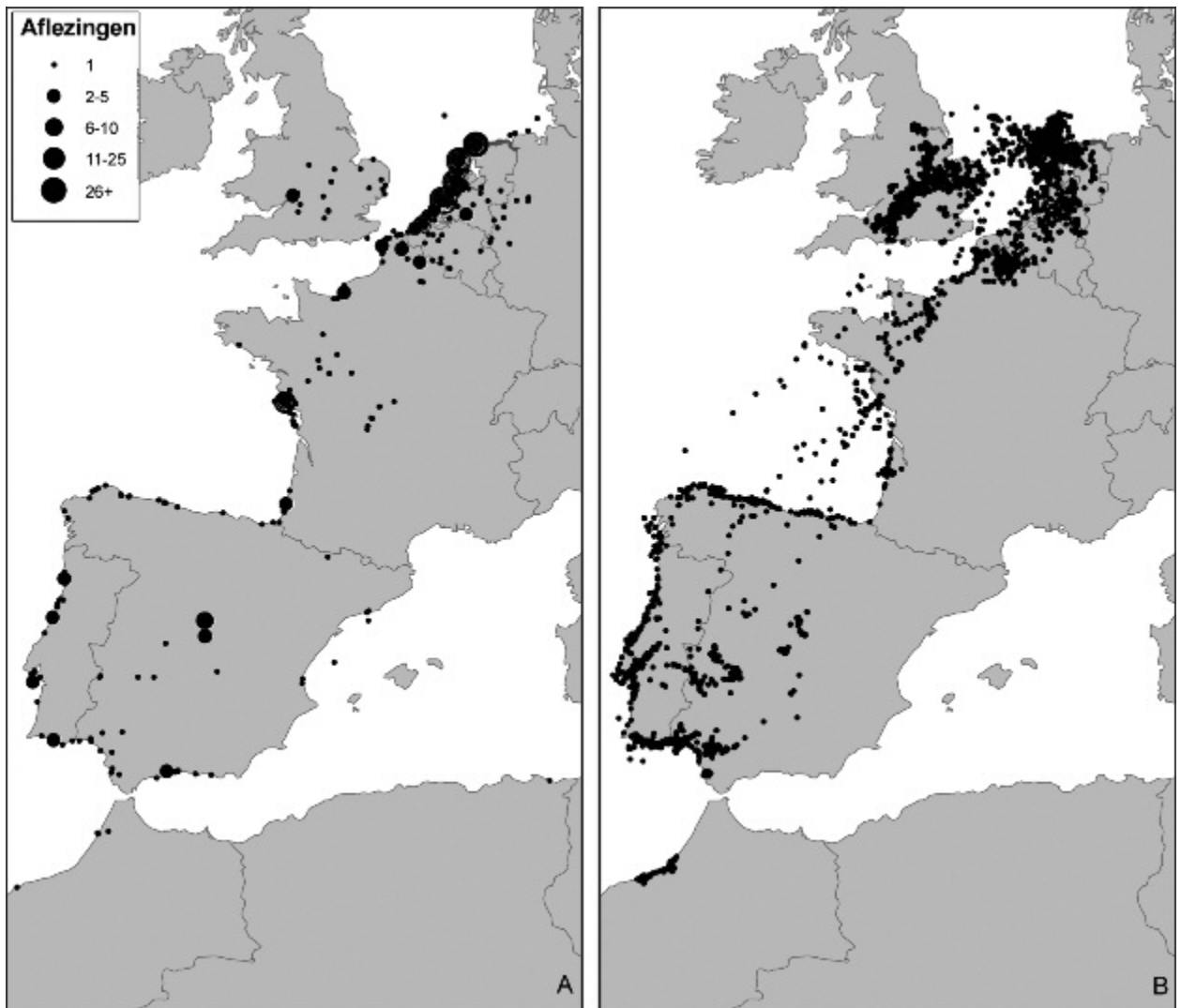
tot heden slechts zes uitgevallen; van 19 zenders ontvangen we nog steeds regelmatig signalen.

Nauwkeurigheid en precisie

De eerste vraag in het onderzoek was hoe nauwkeurig de GPS-zenders nu precies zijn. Volgens de fabrikant is de nauwkeurigheid ongeveer 18 m voor de bepaling van de lengte- en de breedtegraad, ongeveer 22 m voor de bepaling van de hoogte en ongeveer 1 km/u voor de snelheid. Om dit te ijken plaatsten we de zenders eerst een tijd op een dak. De metingen die we binnenkregen bevestigden de opgave van de fabrikant. De stilliggende zender mat 590 keer een snelheid van 0 km/u en 256 keer een snelheid van 1 km/u. Gemiddeld bedroeg de afstand tot de werkelijke positie 10 m, nog nauwkeuriger dus dan de opgave van de fabrikant. Ook de precisie was goed: de standaardafwijking van de afstand tussen werkelijke en gemeten locatie be-

droeg ook slechts 10 m en fouten groter dan 50 m kwamen nauwelijks voor. Het leek er wel op dat de zenders van 22 g iets nauwkeuriger waren dan de zenders van 30 g. De nauwkeurigheid in de bepaling van de hoogte moeten we nog beter uitzoeken. We weten niet precies hoe hoog de verschillende daken waren waar we onze zender op hadden uitgelegd en we hebben verzuimd de zenders op een hele hoge toren te bevestigen of een tocht in de bergen te maken. De spreiding in de gemeten hoogten lag wel ruim binnen de door de fabrikant opgegeven 22 m. Het probleem is echter dat we niet weten hoe groot de fout in het gemiddelde is. Bij toenemende gemiddeld gemeten hoogtes werd de spreiding ook groter, en als dat verband zich doorzet zou de hoogtemeting op grote hoogte een hele grote foutenmarge hebben. Sommige Kleine Mantelmeeuwen bleven in de winter op bijna een kilometer hoogte (figuur 1a). Het duurde even voor we be-

seften dat de betreffende individuen op de Spaanse hoogvlakte overwinterden. Toen we daarvoor corrigeerden bleken de meeuwen ook in de winter gemiddeld minder dan 100 m hoog te vliegen (figuur 1b). Er zijn dan echter ineens ook een aantal 'negatieve hoogtes', onder het grondniveau. Dat kan niet waar zijn, maar we weten nog niet of de fout in de hoogtemeting zit of in de hoogtemeting van de GPS-zender. Opvallend waren ook enkele extreem hoge peilingen tot bijna 1500 m boven grondniveau. Dergelijke hoogtes hoeven niet fout te zijn. In Nederland zijn met radar bij Kleine Mantelmeeuwen vlieghoogtes tot 700 m vastgesteld (Shamoun-Baranes *et al.* 2006) en Martin Poot nam met radar in Zuid-Spanje vlieghoogtes tot boven 1000 m waar bij vanuit zee landinwaarts vliegende meeuwen. Bij over de Sahara trekkende Kleine Mantelmeeuwen zijn zelfs hoogtes tot 4500 m (5000 m boven zeeniveau) gemeten (Schmaljohann *et al.* 2008).



Figuur 4. (A) Zichtwaarnemingen en vondsten ($N = 2300$) van 424 Kleine Mantelmeeuwen gekleurrd in vier verschillende kolonies tussen 2006 en 2008. (B) GPS locaties van 14 Kleine Mantelmeeuwen tussen 1 juni 2007 en 31 Januari 2008, geven een goed beeld van trekbewegingen, pleisterplaatsen en overwinteringsgebieden. (A) Plot of 2300 sightings and recoveries ($N = 2300$) of 424 Lesser Black-backed Gulls colour-ringed in four different colonies between 2006 and 2008. (B) GPS locations of 14 Lesser Black-backed Gulls between 1 June 2007 and 31 January 2008 give a good description of migratory movements, stopover sites and wintering areas.

Kwaliteit van de gegevens

Om de grenzen aan de technologie te bepalen lieten we de zenders op verschillende manieren programmeren. Het aantal posities dat we per dag wilden ontvangen varieerde tussen zes en 18. Heel vaak kregen we minder posities binnen dan het geprogrammeerde aantal. Als we meer posities vroegen kregen we gemiddeld ook meer, maar tegelijkertijd werd het aantal posities dat we niet ontvingen ook groter. In de

wintermaanden werden bijna geen posities meer ontvangen van de Zilvermeeuwen (figuur 2). De verklaring voor dit alles is simpel: gebrek aan zonlicht. Op zonnige dagen in de zomer is het voor de zonnepaneeltjes geen probleem om de batterijen op te laden maar tijdens slechtweertijden gebeurt dit ook in de zomer blijkbaar onvoldoende, en naarmate er meer punten per dag worden gevraagd is het energieverbruik hoger en raken de bat-

terijen sneller uitgeput. De korte daglichtperiode en de lage zonnestand zorgden ervoor dat we in de winter bijna geen posities kregen van de in Nederland overwinterende Zilvermeeuwen, maar wel van de in het zonnige zuiden verblijvende Kleine Mantelmeeuwen (figuur 2). In vervolgstudies is het dan ook van belang bij het programmeren van de zenders rekening te houden met de variatie in daglengte over het seizoen.

Zenders versus kleurringen

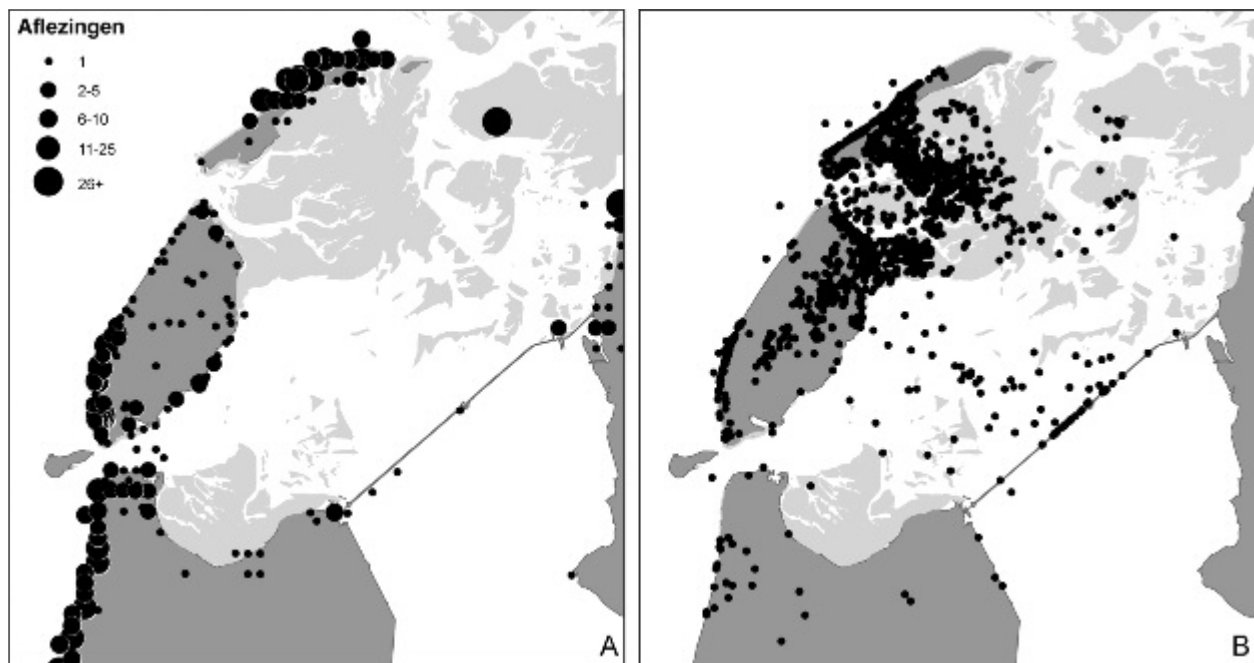
Het bleek grote voordelen te hebben dat alle meeuwen naast een satellietzender ook kleurringen dragen. Regelmatig worden er gezenderde meeuwen gerapporteerd of zelfs gefotografeerd (figuur 3), zodat ook de conditie van de vogels enigszins te volgen is.

(Kleur)ringen hebben tot dusverre een belangrijke bijdrage geleverd aan het ontrafelen van trekwegen en ligging van overwinteringsgebieden. Het is interessant om na te gaan of de trekroute en het overwinteringsgebied van de Kleine Mantelmeeuwen zoals dat naar voren komt uit de vele zichtwaarnemingen van gemerkte dieren overeenkomt met het patroon op basis van enkele GPS-zenders. Die overeenkomst is opvallend goed (figuur 4). Veel Kleine Mantelmeeuwen verblijven in het najaar een tijdje in midden-Engeland en Noord-Frankrijk en steken vervolgens snel de Golf van Biskaje

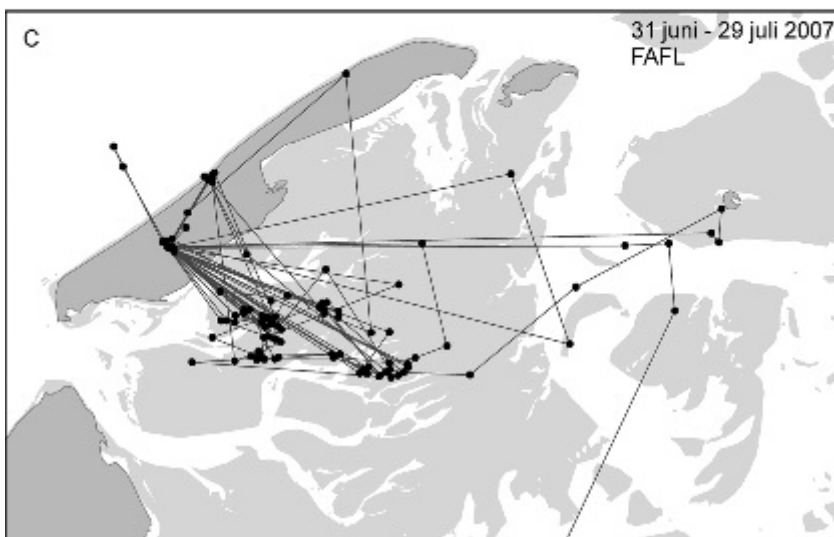
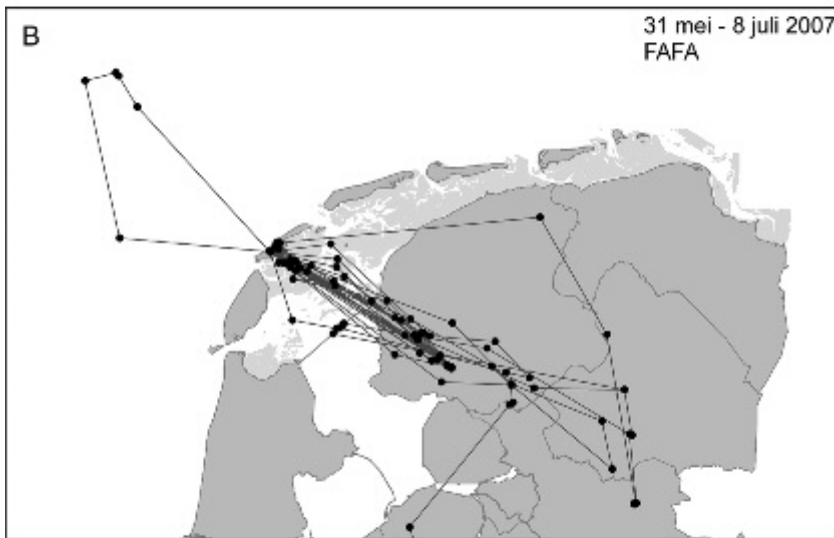
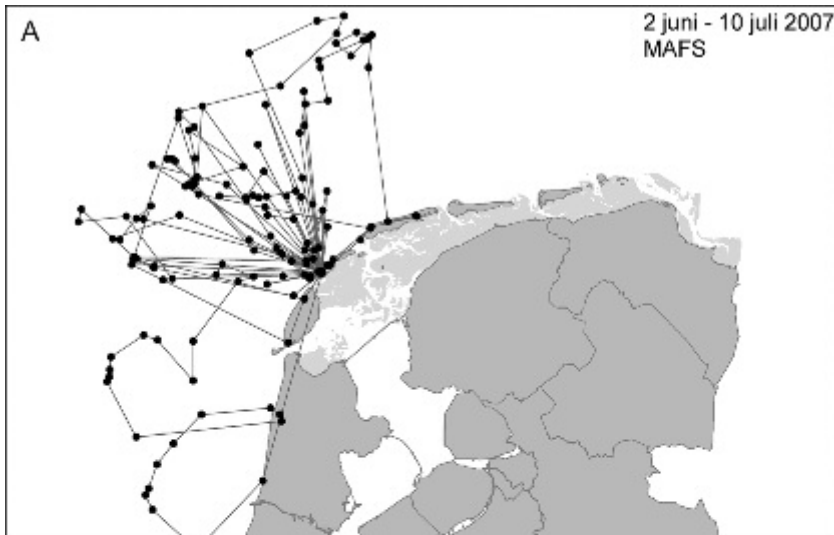
over naar winterkwartieren in Spanje, Portugal en Marokko. Om de trekweg te bepalen van vogels die door gebieden trekken met waarnemers die hun waarnemingen insturen is het dus niet nodig om GPS-zenders te gebruiken. Het is natuurlijk wel zo dat er heel veel meeuwen gemerkt (en afgelezen of gevonden) moeten worden om de trekbanen in beeld te brengen, terwijl een handjevol dieren met GPS-zender volstaat om hetzelfde doel te bereiken.

Zenders hebben vooral voordelen op ander terrein. Het aflezen of vinden van een geringde meeuw is sterk gebonden aan locaties die voor een waarnemer met telescoop toegankelijk zijn. De GPS-zenders laten zien dat de Kleine Mantelmeeuwen tijdens de broedtijd vaak ver op zee foerageren en na de broedtijd over de zuidelijke Noordzee, het Kanaal en de Golf van Biskaje trekken (figuur 4). Omdat het aflezen van gekleurringde vogels op open zee zo goed als onmogelijk is geven de gezen-

derde meeuwen een veel completer beeld van de verspreiding dan mogelijk is op grond van kleurringaflezingen. Ook bij de dichter bij huis blijvende Zilvermeeuwen hadden de zenders een streepje voor op kleurringen. Ofschoon gekleurringde Zilvermeeuwen die op het wad foerageren in principe wel goed af te lezen zijn, komen vrijwel alle waarnemingen van gekleurringde individuen van het land (figuur 5). Dat dit te maken heeft met het ontbreken van waarnemers op het drooggevallen wad blijkt uit de zendergegevens die laten zien dat Zilvermeeuwen daar wel degelijk vaak komen. De aflezingen van gekleurringde meeuwen geven dus een vertekend beeld van de werkelijke verspreiding van de vogels. Het grote voordeel van het gebruik van GPS-zenders is dan ook dat onafhankelijk van de verspreiding van waarnemers terugmeldingen in alle soorten terrein even waarschijnlijk zijn.



Figuur 5. (A) Selectie van 91 165 zichtwaarwaarnemingen en doodmeldingen in het waddengebied van 4345 Zilvermeeuwen gekleurringd in 14 verschillende kolonies tussen 1984 en 1994. (B) GPS-peilingen van zeven Zilvermeeuwen uitgerust met GPS-PTT op Vlieland in juni 2007. (A) Plot of 91,165 sightings and recoveries of 4345 Herring Gulls colour-ringed in 14 different colonies between 1984 and 1994. (B) Plot of GPS fixes of Herring Gulls with GPS-PTTs attached, colour-ringed at the island of Vlieland in 2007.



Habitatgebruik in het broedseizoen

Ook voor het bepalen van de afstand die broedvogels vanaf het nest afleggen om voedsel te zoeken zijn GPS-zenders zeer geschikt. Zilvermeeuwen bleven in de broedtijd veel dicht bij de kolonie dan de Kleine Mantelmeeuwen. Geen van de Zilvermeeuwen vloog verder dan 100 km en de meeste bleven binnen een afstand van 50 km. De meeste Kleine Mantelmeeuwen maakten tochten met een maximale afstand 100-300 km, en twee haalden zelfs bijna 400 km. Vier vogels bleven echter net zo dicht bij huis als de Zilvermeeuwen. We moeten nog uitzoeken of de meeuwen die tijdens de broedtijd de grootste afstanden aflegden nog wel de zorg voor een legsel of jongen hadden. Er was in ieder geval veel variatie tussen individuen en dat betekent dat er bij een kleine steekproef een risico bestaat dat het gevonden beeld niet representatief is voor de populatie als geheel.

Grote verschillen werden ook gevonden in het terreingebruik van de meeuwen. Zilvermeeuwen zaten veel op het strand en in het intergetijdengebied en kwamen maar weinig op de Noordzee, terwijl veel Kleine Mantelmeeuwen vooral op de Noordzee bleken te foerageren, met daarnaast uitstapjes diep het binnenland in. Ook hier waren de individuele verschillen groot. Meeuw MAFS is een typische Kleine Mantel die lange tochten ver op zee maakte (figuur 6). Soortgenoot FAFA kwam daarentegen nauwelijks op zee, maar maakte lange tochten ver het binnenland in. Kleine Mantelmeeuw FAFL was een uitzondering op de regel en foerageerde net als veel Zilvermeeuwen op de drooggevallen platen in de Waddenzee, en we zijn erg

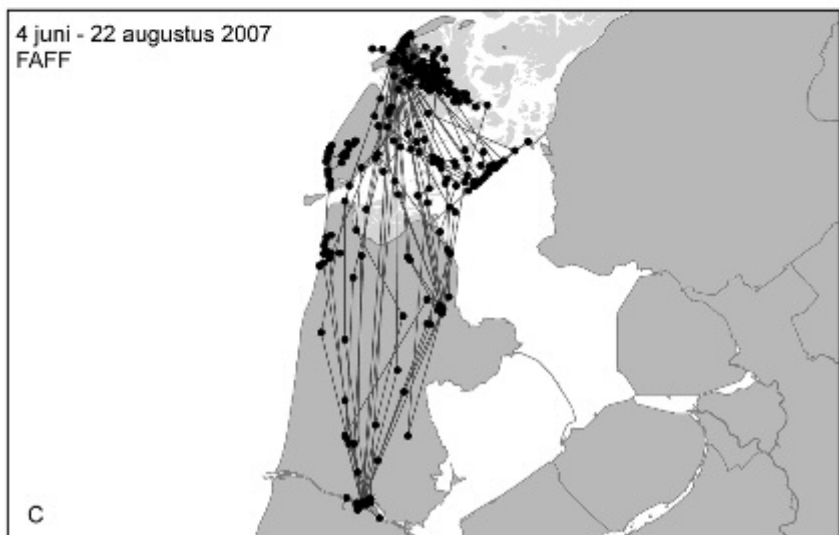
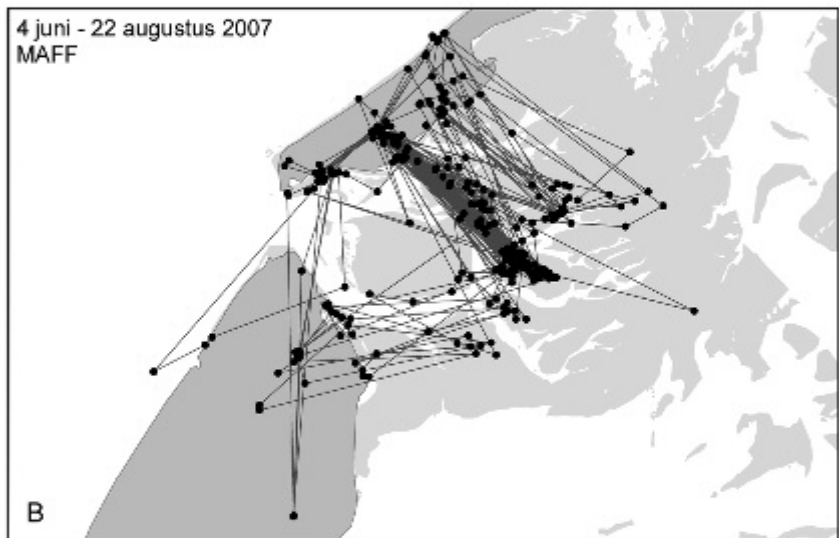
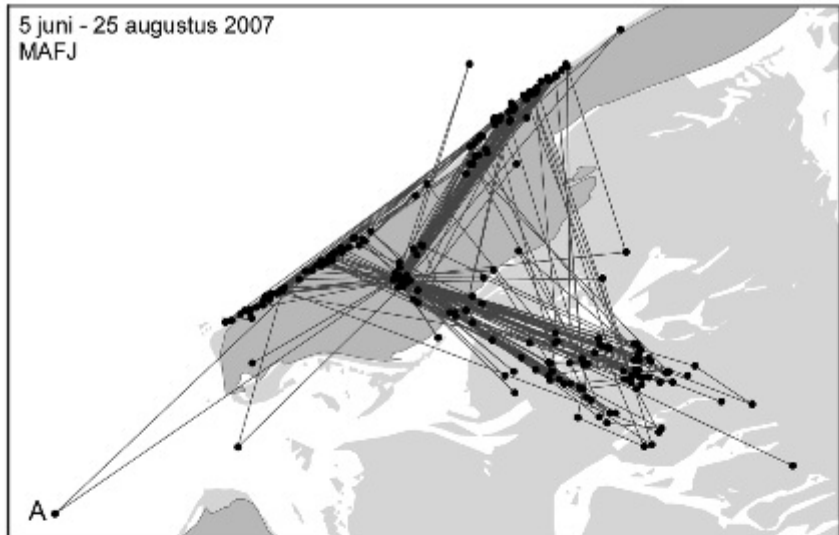
Figuur 6. Terreingebruik van drie Kleine Mantelmeeuwen in het broedseizoen van 2007; van boven naar beneden de individuen MAFS, FAFA en FAFL. *Space use of three Lesser Black-backed Gulls during the breeding season of 2007; from top to bottom individuals MAFS, FAFA and FAFL.*

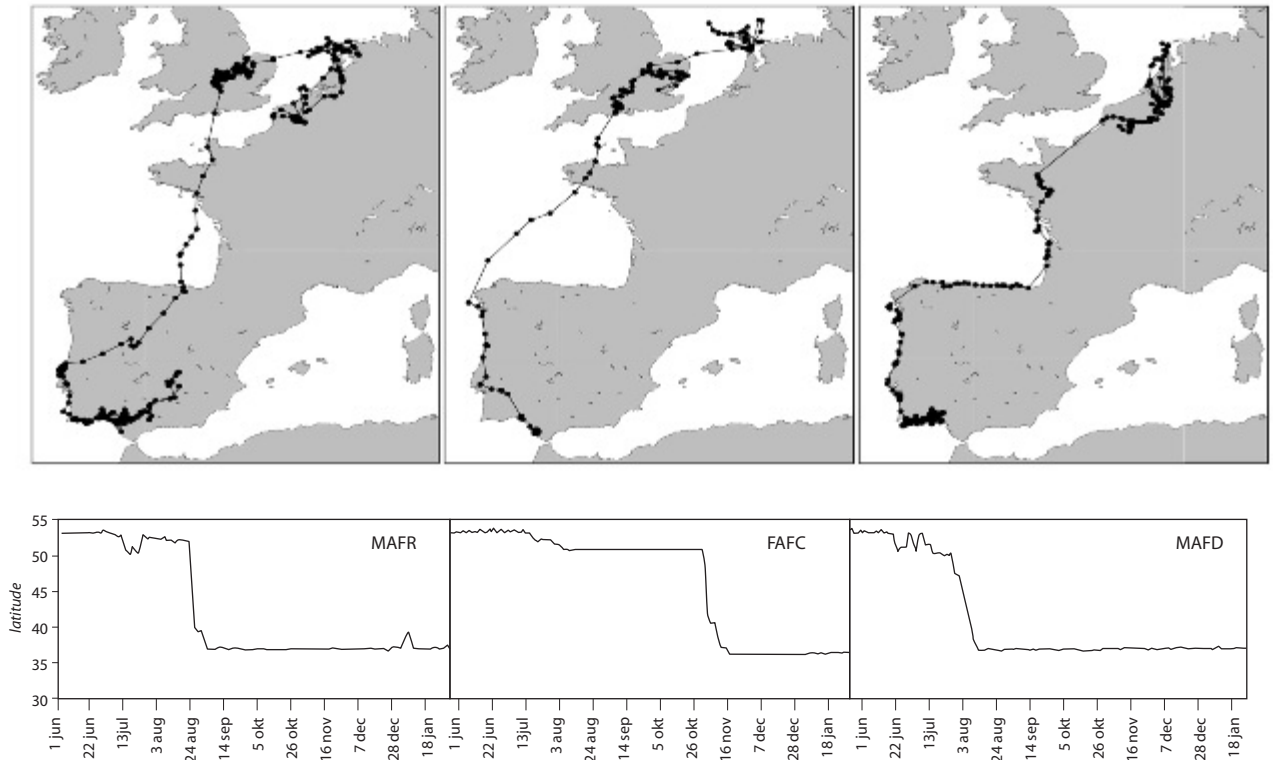
nieuwsgierig wat dergelijke vogels daar eten. Zilvermeeuw MAFJ is een typische Zilvermeeuw die zowel veel op het wad als op strekdammen langs het Noordzeestrand naar voedsel zocht (figuur 7). Soortgenoot MAFF bezocht wel de wadplaten, maar kwam nauwelijks op het strand, en was daarnaast regelmatig in de polders van Texel te vinden. Het meest opvallende gedrag werd vertoond door Zilvermeeuw FAFF. Dit dier bezocht naast het wad ook regelmatig de Afsluitdijk, het eiland Texel, de kop van Noord-Holland en het hangegebied van Amsterdam.

Onderzoek aan trek

Uitermate interessant zijn de gedetailleerde gegevens die de GPS-zenders opleveren van het trekgedrag. Kleine Mantelmeeuwen zijn echte trekvogels, maar het bleek dat sommige meeuwen eerst een trektocht maken naar Noord-Frankrijk of Engeland, en daarna toch weer terugkeren naar de kolonie. In 2007 werd dit gedrag onder andere vertoond door MAFR en MAFD (figuur 8). Veel meeuwen verbleven vervolgens in het najaar kortere of langere tijd in Engeland of Noord-Frankrijk (figuur 8). In 2007 bleef één Kleine Mantelmeeuw de hele winter in Engeland, maar alle andere vogels vertrokken tussen augustus en november verder naar het zuiden en die trektocht verliep altijd heel snel. Sommige dieren volgden de kustlijn (bijvoorbeeld MAFD), terwijl andere dwars over de Golf van Biskaje vlogen. De meeste Kleine Mantelmeeuwen overwinterden in Spanje en Portugal, maar eentje bleef hangen in Zuid-Frankrijk en een andere vloog door naar Marokko. Zilvermeeuwen verlieten na de broedtijd de kolonie, maar maakten geen lange trektochten naar totaal nieuwe gebieden.

Figuur 7. Terreingebruik van drie Zilvermeeuwen in het broedseizoen van 2007; van boven naar beneden de individuen MAFJ, MAFF en FAFF. *Space use of three Herring Gulls in the breeding season of 2007; from top to bottom individuals MAFJ, MAFF and FAFF.*





Figuur 8. Drie voorbeelden van herfsttrek van Kleine Mantelmeeuwen in 2007 en bijbehorende verloop in de breedtegraad. Typerende elementen zijn een lange tocht direct na het broedseizoen (individuen MAFR en MAFD), een stopover in Noord-Europa (alle), en een snelle tocht naar de wintergebieden (alle). *Three representative autumn migration patterns and corresponding latitude over time diagrams. Typical elements of a migratory journey are a pre-migratory round trip (individuals MAFR and MAFD), a stopover in northern Europe (all), and a fast migration from stopover to wintering area (all).*

Een fraai voorbeeld van de zeer snelle trek naar het zuiden is leine Mantel MAFT, die op 26 september 2007 maar liefst 1024 km aflegde (figuur 9). Het dier bereikte daarbij snelheden van 65 kilometer per uur; veel hoger dan de normale vliegsnelheid van Kleine Mantelmeeuwen bij windstil weer (ongeveer 43 km/u, Bruderer & Boldt 2001, Schmaljohann *et al.* 2008). Weersgegevens bevestigen dat de vogel die dag gebruik maakte van een stevige rugwind (figuur 9).

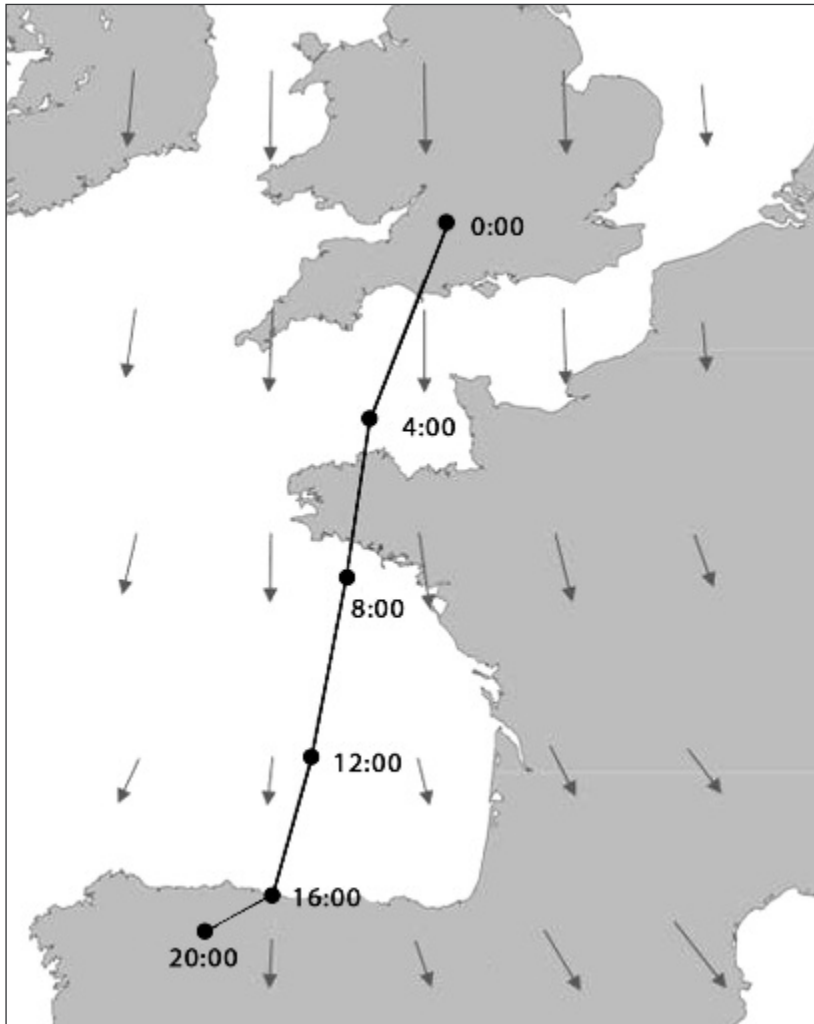
Mogelijkheden en onmogelijkheden van zenders

Op basis van de resultaten tot dusver is het zonneklaar dat de huidige generatie GPS-PTT's een prachtig middel zijn om gebiedskeuze, vliegsnelheid en de verbandingen tussen broed- en overwinteringsgebieden van vogels te bestuderen.

De gebruikte technologie kent echter ook beperkingen. De zenders zijn nog te zwaar voor middelgrote en kleine vogels. Daarnaast is zonlicht een beperking voor zenders met een zonnepaneel en oplaadbare batterijen. Zelfs in de zomer is het niet altijd mogelijk om veel meer dan acht plaatsbepalingen op een dag te ontvangen en treedt geregeld 'radiostilte' op. Die beperking betekent bijvoorbeeld dat het niet mogelijk is om de voedselvluchten van meeuwen in detail te onderzoeken, zeker wanneer ze maar een paar uur duren. Het is ook onvoldoende om vlieggedrag in relatie tot het weer te onderzoeken. Met Kleine Mantel MAFT hadden we geluk toen het dier op 26 september de Golf van Biskaje overstak (figuur 9). Met Kleine Mantel MAFD hadden we in het najaar van 2007 pech: tussen Normandië en Bretagne ontvingen we geen enkele

positie van de meeuw zodat we niet weten welke route werd gevolgd (figuur 8).

Het laatste woord is bovendien nog niet gezegd over de effecten van (grote) instrumenten zoals deze GPS-PTT's op het gedrag van vogels, vooral op hun vermogens om onder moeilijke omstandigheden te overleven en om succesvol te broeden. Weliswaar hebben we tot dusver geen aanwijzingen dat de vogels hinder van de zenders ondervinden, maar zeker weten we dat pas als we overleving en broedsucces hebben vergeleken met niet gezenderde meeuwen. We zijn dus nog onvoldoende zeker of deze loggers voldoende representatieve gegevens produceren van het gedrag en de verspreiding van de onderzochte populatie. De grote meerwaarde van GPS-PTT's boven het werk met kleurringen is de onafhankelijkheid van waarnemers in het veld, waar-



Figuur 9: Snelle trek tussen de pleisterplaats in Engeland en het overwinteringsgebied in Spanje van Kleine Mantelmeeuw MAFT op 26 september 2007. Met pijlen is de richting en de sterkte van de wind aan de oppervlakte weergegeven (0-750 m boven zeeniveau in m/s), zoals afgeleid uit het 2.5° wereldwijde grid (NCEP/NCAR Reanalysis project, beschikbaar gesteld door NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, <http://www.cdc.noaa.gov/>) Example of a fast migratory flight between the stopover site in England towards the wintering area in Spain (individual MAFT, 26 September 2007). Arrows depict the direction and magnitude of surface winds (0-750 m asl, in m/s), as extracted from a 2.5° global grid (NCEP/NCAR Reanalysis project, provided by the NOAA/OAR/ESRL PSD, Boulder, Colorado, USA, <http://www.cdc.noaa.gov/>). This individual clearly had a strong tailwind during its movement.

door de werkelijke gebiedskeuze van de meeuwen in kaart gebracht kan worden in plaats van de verspreiding van actieve waarnemers. Het zou echter een misverstand zijn om te denken dat kleurringaflezingen daarmee minder bruikbaar worden, omdat daarmee heel andere vragen worden beantwoord (overleving, plaatstrouw, partnerkeuze, partnertrouw) en omdat daarmee vooral nog veel grotere aantallen individuen te volgen zijn (representatievere steekproef). Kleurringaflezingen zijn misschien nog wel welkomer dan ooit, omdat de gegevens ook gebruikt kunnen worden om de verrichtingen van de gezenderde dieren tegen af te zetten. De toekomst zal leren welke verdere verbeteringen in de techniek nog mogelijk zijn.

Dankwoord

We zijn zeer erkentelijk voor alle ingezonden waarnemingen van gekleurde meeuwen en we hopen er ook in de toekomst nog heel veel te ontvangen. Dit onderzoek werd gefinancierd door de *European Space Agency* (ESA) in het kader van het *Integrated Applications Promotion Program*. Tijdens het onderzoek ontvingen we hulp van talloze mensen en organisaties. De Koninklijke Nederlandse Luchtmacht, met name de commandant van de schietrange op de Vliehors, Ron Reffeltrath, hielp ons met de logistiek. Carl Zuhorn, Symen Deuzeman, André Duiven, Henk van der Jeugd en Peter de Vries hielpen met het vangen van de meeuwen. Gerard Müskens leerde ons

hoe de zenders bevestigd moesten worden. Marcel Klaassen zorgde ervoor dat het project niet voortijdig strandde op vergunningen en Chris Pool en Nanneke van der Wal hielpen ons met het protocol voor de Dier Ethische Commissie. Cathy Bykowsky van Microwave en Eveline Lacerda en Nadine Lucas van Argos/CLS waren altijd snel met het beantwoorden van vragen. Bart Heupers was zeer behulpzaam bij het opzetten van de *FlySafe* tracking database. Hans van Gasteren wordt bedankt voor zijn adviezen en bijdragen aan de discussie. Lara Marx vervaardigde op bekwame wijze een aantal figuren.

LITERATUUR

- Bruderer B. & A. Boldt 2001. Flight characteristics of birds: I. radar measurements of speeds. *Ibis* 143: 178-204.
- Camphuysen C.J. 2008. Aflezingen van gekleurde Zilvermeeuwen *Larus argentatus* en Kleine Mantelmeeuwen *Larus fuscus* in Nederland. *Sula* 21: 3-32.
- Ens B.J., F. Bairlein, C.J. Camphuysen, P. de Boer, K.M. Exo, N. Gallego, B. Hoye, R.H.G. Klaassen, K. Oosterbeek, J. Shamoun-Baranes, H. van der Jeugd & H. van Gasteren 2008. Tracking of individual birds. Report on WP3230 (bird tracking sensor characterization) and WP4130 (sensor adaptation and calibration for bird tracking system) of the FlySafe basic activities project. SOVON-onderzoeksrapport 2008/10. SOVON, Beek-Ubbergen.
- Gaunt A.S., L.W. Oring, K.P. Able, D.W. Anderson, L.F. Baptista, J.C. Barlow & J.C. Wingfield 1999. Guidelines to the use of wild birds in research. Special Publication 1997; Second Edition. The Ornithological Council, Washington.
- Rutz C., L.A. Bluff, A.A.S. Weir & L. Kacelnik 2007. Video Cameras on Wild Birds. *Science* 318: 765.
- Schmaljohann H., F. Liechti & B. Bruderer 2008. First records of lesser black-backed gulls *Larus fuscus* crossing the Sahara non-stop. *Journal of Avian Biology* 39: 233-237.
- Shamoun-Baranes J., E. van Loon, H. van Gasteren, J. van Belle, W. Bouten & L. Buurma 2006. A comparative analysis of the influence of weather on the flight altitudes of birds. *Bulletin of the American Meteorological Society* 87: 47-61.
- Bruno J. Ens, Peter de Boer & Kees Oosterbeek, SOVON Vogelonderzoek Nederland, Rijksweg 178, 6563 DG Beek-Ubbergen; bruno.ens@sovon.nl, peter.deboer@sovon.nl, kees.oosterbeek@sovon.nl
- Franz Bairlein & Klaus-Michael Exo, Institute of Avian Research "Vogelwarte Helgoland" (IfV), An der Vogelwarte 21, D-26386 Wilhelmshaven, Duitsland; michael.exo@ifv-vogelwarte.de, franz.bairlein@ifv-vogelwarte.de
- C.J. (Kees) Camphuysen, Koninklijk NIOZ, Postbus 59, 1790 AB Den Burg (Texel); kees.camphuysen@nioz.nl
- Natalia Gallego & Judy Shamoun-Baranes, Universiteit van Amsterdam, Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), Computational Geo-Ecology, Nieuwe Achtergracht 166, 1018 WV, Amsterdam. natagalle@yahoo.com; shamoun@uva.nl
- Raymond H.G. Klaassen, University of Lund, Department of Animal Ecology, Ecology Building, S-223 62 Lund, Sweden; Raymond.klaassen2@gmail.com

Research on gulls with help of satellite transmitters

As part of a European Space Agency FlySafe initiative, we studied the possibilities and limitations of commercially available solar-powered satellite transmitters with a Global Positioning System (GPS-PTT's). This paper provides a brief description of our preliminary findings. We attached 25 transmitters to migratory Lesser Black-backed Gulls *Larus fuscus* and resident Herring Gulls *Larus argentatus* breeding in a colony on the island of Vlieland. We deployed 22 g tags which record position and speed and 30 g tags which also record altitude. The positions of the gulls are updated daily on the SOVON website <http://www.sovon.nl/default.asp?id=408>. We tested the transmitters before we attached them to the birds and found the accuracy of position and speed to be as specified by the manufacturer. Results were not completely clear regarding measurement of altitude. Transmitters were programmed with different duty cycles, varying from six to 18 fixes per day. Solar energy, needed to charge the batteries, appeared to be a major limitation, especially when many fixes per day were programmed and under low light conditions in winter, but also during periods of bad weather in summer (Fig. 2). Many of the tagged birds, which were made visibly identifiable with engraved coloured leg rings, were subsequently observed or even photographed (Fig. 3), and appeared in

good condition. Comparing data from colour-marking programs with the GPS-data revealed the same migration route and wintering area for the Lesser Black-backed Gulls (Fig. 4). However, because human observers are restricted to certain habitats, this leads to a clear observer bias. Ringed Lesser Black-backed Gulls are almost never recorded from the open sea although the GPS-PTT's showed this to be an important foraging habitat during summer (Fig. 4). Similarly, ringed Herring Gulls are rarely recorded from intertidal flats although they often feed there (Fig. 5). Thus, GPS-PTT's are an excellent tool to study habitat choice, revealing marked differences between the two species, as well as large differences among individuals within a species (Figs 6, 7). GPS-PTT's are also an excellent tool to study migratory behaviour, again revealing conspicuous differences between individuals (Fig. 8). However, this should not be regarded as a plea to abandon colour-marking programs in favour of studies with GPS-PTT's. On the contrary, the techniques provide complementary information and colour-marking programs are much better suited to study survival, mate choice and mate fidelity. Comparison of survival and reproductive success of colour-marked gulls carrying GPS-PTT's and control birds will also allow us to assess if and to what extent the attachment of transmitters affects individual fitness.