



Bird tracking zender- en loggeronderzoek aan vogels in Nederland

Grauwe Kiekendief 'Franz' met satellietzender; 25 juni 2009, Oost-Groningen. *Montagu's Harrier with satellite transmitter.* (foto Theo van Kooten)

De mens is altijd gefascineerd geweest door vogels, vanwege het feit dat ze kunnen vliegen en door de indrukwekkende reizen die ze maken. Het is voor velen een droom om op de rug van een vogel mee te vliegen om, net als Niels Holgersson, 'wonderbaarlijke avonturen' te beleven. Dit is misschien wel de voornaamste reden waarom zender- en loggeronderzoek zo veel mensen aanspreekt. Het is gewoon gaaf een track van een individuele vogel te bekijken, en te zien waar deze precies is geweest. Door technische ontwikkelingen heeft het zender- en loggeronderzoek recent een hoge vlucht genomen, en kunnen we tegenwoordig steeds kleinere soorten volgen, maar ook meer details vastleggen. Ook in Nederland wordt veel spannend vogelonderzoek verricht met zenders en loggers, reden voor Limosa om hieraan dit themanummer te wijden. Bij wijze van inleiding geven we hier een overzicht van de verschillende technieken en het gebruik daarvan in Nederland.

Raymond Klaassen & Jeroen Reneerkens

Wilde vogels zijn zeer mobiel. Dat maakt ze fascinerend maar maakt het tegelijkertijd moeilijk het gedrag van individuele vogels over een langere tijdsperiode te bestuderen. Zo heb je het studieobject in de kijker en zo is het weer gevlogen. Zenders en loggers bieden hierbij uitkomst (Bridge *et al.* 2011). Er zijn twee voorname redenen om een vogel uit te rusten met een zender of logger. Ten eerste kun je zo hun terrein- en habitatgebruik in kaart brengen. Hoe groot is de *home range*, en welke plekken daarbinnen worden meer of minder vaak bezocht? Welke habitats worden geprefereerd of juist ontweken? Informatie hierover geeft inzicht in de ecologie van een soort. Het laat zien welke elementen in het landschap belangrijk zijn, waarmee terrein- en habitatstudies van grote waarde kunnen zijn voor soortbescherming (bijvoorbeeld Klaassen *et al.* 2014a, 2014b).

Een tweede belangrijke toepassing van zenders of loggers is onderzoek naar dispersie en vogeltrek. Hoe verspreiden jonge vogels zich na het uitvliegen en waar vestigen ze zich als broedvogel? Welke routes volgen trekvogels, waar stoppen ze onderweg om energievoorraden aan te vullen

en waar overwinteren ze? Zulke kennis is essentieel om een beeld te krijgen van het leven van een vogel gedurende de hele jaarcyclus. Deze informatie is belangrijk omdat trekvogels alleen gebaat zijn bij een jaarronde bescherming; een goede bescherming in Nederland heeft weinig zin als dezelfde populatie in het buitenland zwaar wordt bedreigd. Onderzoek naar dispersie en vogeltrek is dus ook van groot belang voor soortbescherming (b.v. Goldstein *et al.* 1999, Lindsell *et al.* 2009).

Naast deze twee 'hoofdvragen' bestaan er legio andere redenen voor het gebruik van zenders en loggers. Soms worden deze hulpmiddelen ingezet om basale ecologische data te kunnen verzamelen aan een slecht zichtbare soort. Een voorbeeld hiervan is het dieetonderzoek aan Groene Spechten *Picus viridis*, waarbij radiozenders werden gebruikt om uitwerpselen van de spechten te vinden (Kolsters *et al.* 2014). Zenders en loggers worden ook ingezet bij grieponderzoek, niet alleen om de verplaatsingen van vogels die griepvirussen zouden kunnen verspreiden in kaart te brengen (Gaidet *et al.* 2010), maar ook om het effect van griep op de vogels zelf te achterhalen. Zo bleek dat met halsband-GPS-loggers uitgeruste Kleine Zwanen *Cygnus bewickii* die een milde variant van vogelgriep onder de leden hadden langzamer reisden dan gezonde vogels (van Gils *et al.* 2007). Het gebruik van zenders en loggers is ook populair bij herintroductieprojecten. Belangrijke onderzoeksvragen zijn dan waar de uitgezette vogels zich vestigen en hoe goed ze overleven (b.v. Margalida *et al.* 2013). Ook bij onderzoek naar overleving en doodsoorzaken van wilde niet-uitgezette vogels worden zenders en loggers steeds vaker gebruikt. Zo werden grutto- en kievitkuikens met radiozenders gevolgd om het belang van predatie op niet-vliegvlugge kuikens te onderzoeken (Scheckerman *et al.* 2009a). Ook werd met behulp van satellietzenders sterfte van trekvogels door het jaar heen gemonitord om knelpunten in de jaarcyclus in kaart te brengen (Klaassen *et al.* 2014c).

In deze bijdrage doen we een poging een overzicht te geven van zender- en loggeronderzoek in Nederland. Naast een beschrijving van verschillende technieken, en hun voor- en nadelen, bespreken we welke soorten met de verschillende technieken zijn gevolgd. Ook vermelden we soorten die in het buitenland zijn gezenderd of geloggerd, maar waarvan de resultaten lieten zien dat ze Nederland bezochten.

OVERZICHT VAN TECHNIEKEN

Radiozenders

Een radiozender zendt korte signalen uit op een specifieke radiofrequentie. Deze kunnen worden opgevangen met ontvangers en klinken dan als korte piepjes (Kenward 2000). Met een antenne is het mogelijk de richting waaruit het signaal komt te bepalen, waarbij echter niet duidelijk is waar

op die lijn de vogel zich bevindt. Om de locatie te bepalen is het daarom noodzakelijk een kruispeiling te maken, door iets verderop nogmaals de richting te peilen. Het signaal van een radiozender is op een afstand van tientallen meters tot wel een kilometer te ontvangen, afhankelijk van de zender en of de vogel vliegt of zit.

Door ze uit te rusten met zenders die op verschillende frequenties zenden is het mogelijk meerdere individuen te volgen, waarbij in het veld steeds de verschillende radiofrequenties moeten worden afgeluisterd. Tegenwoordig bestaan er ook digitale systemen waarbij de verschillende zenders op dezelfde frequentie individueel gecodeerde signalen zenden. Er zijn ook radiozenders waarvan de frequentie van de piepjes afhangt van de temperatuur of beweging. De temperatuur geeft aan of de vogel nog leeft, of bijvoorbeeld of kuikens al dan niet bebroed worden (Krijgsveld *et al.* 2003). Een bewegingsafhankelijke piepfrequentie geeft een indruk van het gedrag van de vogel.

Naast handmatig peilen is het ook mogelijk de vogels automatisch te peilen met ontvangststations. Hierbij wordt geen exacte informatie verkregen over de richting van de vogel ten opzichte van het ontvangststation, maar wel of deze daar al dan niet in de buurt zit. Met een netwerk van automatische ontvangststations (*Automated Radio Tracking System* 'ARTS') zijn lokale verplaatsingen desondanks min of meer te volgen (van Gils *et al.* 2000, 2005, 2006). Als er veel individuen gevolgd worden duurt het scannen van alle radiofrequenties lang, waardoor elk individu met minder kleine tussenpozen kan worden gepeild.

Radiozenders zijn er in allerlei soorten en maten. De kleinste zenders kunnen op zangvogels worden gebruikt, maar hebben slechts een beperkte levensduur (hoe kleiner hoe korter de levensduur), waardoor ze alleen geschikt zijn voor lokale studies. Een voordeel van radiozenderonderzoek is dat de onderzoeker steeds direct contact maakt met zijn studieobject, waardoor simultaan met het ruimtegebruik het gedrag kan worden beschreven. Een nadeel is dat de onderzoeker de vogels zelf actief moet opzoeken, waardoor gemakkelijk een vertekend beeld kan ontstaan van het ruimtegebruik; daar waar de onderzoeker niet zoekt kan de vogel ook niet worden gepeild.

Encounternet

Het *Encounternet* is een systeem dat is gebaseerd op digitale radiozenders (Mennil *et al.* 2012). Deze worden zeer frequent (bijvoorbeeld elke 5 seconden) gepeild door een groot aantal ontvangers opgesteld in een grid (vergelijkbaar met het ARTS). Posities worden bepaald door te analyseren welke ontvangers signalen ontvangen, en van welke sterkte die zijn. De precisie van de plaatsbepaling hangt af van de dichtheid aan antennes en bedraagt enkele tot tientallen meters.

Bij het *Encounternet* worden speciale tags gebruikt die naast het zenden van een puls ook registreren of er zich een

Tabel 1. Overzicht van verschillende technieken om vogels te volgen. *Overview of bird tracking techniques.*

type zender/logger type of device	gewicht (g) weight (g)	levensduur longevity	precisie accuracy	# posities # positions	data-inwinning data collection	bijzonderheden remarks
Radiozender	0.22 - 33	1 - 250 weken	handmatig	~ activiteit onderzoeker	zelf peilen of automatisch (ARTS)	activiteit- of temperatuursensor mogelijk
Encounternet	0.8	weken	10-50 m	elke 4-5 sec	automatisch in antennegrid	registreert ook contacten tussen vogels
TOA	4-6	maanden	5-10 m	elke 1-5 sec	automatisch in antennegrid	
Satellietzender	6-50	tot 6-8 jaar	0.1-100 km	1-5 /duty cycle	automatisch via satelliet (wereldwijd)	
GPS-satellietzender	22-70	tot 6-8 jaar	10-20 m	tot 20 /dag	automatisch via satelliet (wereldwijd)	
GPS-logger, UvA-BiTS	6-50	tot 4-5 jaar	10-20 m	tot 7000 /dag	via lokale antenne	kan ook acceleratie registreren
GPS-logger, e-obs	22-100	dagen - jaren (~gewicht)	10-20 m	flexibel (~weer)	klein deel via GSM, rest actief via lokale antenne	kan ook acceleratie registreren
GPS-logger, MadeByTheo	65-75	tot 1-2 jaar	10-20 m	2-700 /dag	actief via lokale antenne	logger soms geïntegreerd in halsband
GPS-GSM-logger, Ecotone	15-30	tot 2-8 jaar	10-20 m	tot 20 /dag	automatisch via GSM (niet wereldwijd)	
Geolocator	0.3-2.5	9 mnd - 2 jaar	50 - 300 km	2 /dag	na terugvangst vogel	droog-nat sensor (zeewater)

andere zender in de directe nabijheid bevindt (*proximity tag*). Op deze manier wordt niet alleen informatie verkregen over de verplaatsingen van een vogel maar ook of hij interacties heeft gehad met andere gezenderde individuen. Het *Encounternet* wordt dan ook veel gebruikt bij onderzoek naar sociale interacties. Een nadeel is dat de vogels alleen worden gepeild zolang ze zich binnen het bereik van de antennes bevinden. Het *Encounternet* is daardoor niet geschikt om verplaatsingen over grote afstanden vast te leggen.

TOA

Het TOA-systeem lijkt op het *Encounternet* en is een systeem waarbij een (digitale) radiozender automatisch wordt gepeild binnen een grid van ontvangststations. Een belangrijk verschil is dat de positie niet wordt bepaald aan de hand van de signaalsterkte, maar aan de hand van het tijdstip waarop het signaal wordt ontvangen door de verschillende ontvangststations (Piersma *et al.* 2014). TOA staat dan ook voor 'Time Of Arrival'. De precisie van dit systeem is vergelijkbaar met GPS. Daarnaast worden de zenders zeer frequent gepeild waardoor lokaal (foerageer)gedrag met veel ruimtelijk en temporeel detail kan worden bestudeerd. Zodra een vogel zich buiten het bereik van de antennes begeeft worden er geen posities meer verkregen zodat ook deze techniek alleen geschikt is voor het volgen van vogels binnen een bepaald studiegebied.

Satellietzenders en GPS-satellietzenders

Een satellietzender is eigenlijk een digitale radiozender, met het verschil dat de zender niet wordt gepeild door een onderzoeker op de grond maar door satellieten in de ruimte (Strikwerda *et al.* 1986; Meyburg & Fuller 2007). De satellie-

ten die de radiosignalen ontvangen worden beheerd door de Franse firma ARGOS en draaien vaste rondjes om de aarde, die daarbij geheel wordt bestreken. De positie van de vogel wordt bepaald met behulp van het Dopplereffect, waarbij de zender stil staat en de satelliet over de zender heen beweegt. Hierbij worden twee mogelijke posities verkregen en met behulp van ingewikkelde algoritmes wordt bepaald welke positie de meest waarschijnlijke is. Positiebepaling met satellietzenders is niet heel exact, waarbij de precisie afhangt van het aantal signalen dat de satelliet heeft ontvangen en de afstand en hoek tussen de zender en satelliet. In het gunstigste geval is de foutmarge 100 m, in het ongunstigste geval honderden kilometers.

Zodra een satelliet een grondstation passeert, worden de gegevens gedownload en naar het rekencentrum van ARGOS gestuurd, dat vervolgens berekende posities naar de onderzoeker stuurt. Hiermee is een vogel dus semi-live te volgen met een vertraging van ongeveer een uur. In tegenstelling tot radiozenders zenden satellietzenders niet de hele tijd, omdat anders de batterij te snel leeg zou raken. Tijdens een typische *duty cycle* van een satellietzender staat de zender 10 uur aan en 24 uur uit. Het is met satellietzenders dus niet mogelijk de vogel continu te volgen. Positiebepalingen zijn exact en frequent genoeg om de vogel, waar dan ook op de wereld, op te kunnen zoeken. Dit is een voordeel, want het stelt de onderzoekers in staat metingen te doen aan bijvoorbeeld het lokale voedselaanbod, waardoor de verkregen gegevens veel beter kunnen worden geïnterpreteerd (Trierweiler *et al.* 2013).

De eerste versies van satellietzenders hadden een beperkte levensduur waardoor een vogel maar gedurende enkele maanden kon worden gevolgd (Nowak *et al.* 1990). Ook met



Raymond Klaassen

Gekraagde Roodstaart met een zojuist geplaatste geolocator op de rug. Friesland, 5 juni 2014. *Common Redstart with geolocator.*

geïmplanteerde satellietzenders kan de vogel maar over een relatief korte periode worden gevolgd (Hooijmeijer *et al.* 2013, 2014). Tegenwoordig worden er vrijwel alleen nog satellietzenders gebruikt waarvan de batterij steeds wordt bijgeladen door kleine zonnepaneeltjes. Zo'n zender kan jarenlang werken. Dit werkt uitstekend voor trekvogels die in Afrika overwinteren. Op noordelijker breedtegraden, zoals in Nederland, is de zon in de winter te zwak om de batterijspanning op niveau te houden, waardoor de zender tijdelijk kan uitvallen (Ens *et al.* 2008, 2009).

Met satellietzenders is het mogelijk een vogel op afstand te volgen, waar deze ook naar toe gaat en wat er onderweg ook gebeurt. Dit is een voordeel ten opzichte van dataloggers die alleen gegevens opleveren over vogels die terugkeren (overrepresentatie van positieve resultaten). Zo is het met satellietzenders wel, maar met dataloggers niet, mogelijk om patronen in sterfte door het jaar heen te bestuderen (Klaassen *et al.* 2014c). Een belangrijk nadeel is dat satellietzenders duur zijn (\$ 3000 per stuk) en dan moet er ook nog flink worden betaald om de positedata van ARGOS te krijgen (\$ 1000 per zender per jaar). Verder zijn ze relatief zwaar (lichtste model weegt 5 g) waardoor ze alleen kunnen worden gebruikt bij vogels die minstens 100 g wegen.

De laatste generatie satellietzenders bevat ook een GPS-module. Als deze zenders contact maken met een satellietzender worden naast de Dopplerdata ook de opgeslagen GPS-data doorgestuurd. Hiermee is het mogelijk de verplaatsingen van trekvogels in nog groter detail vast te leggen, bijvoorbeeld één GPS-positie per uur (Klaassen *et al.* 2008).

Met een GPS-satellietzender is het dus wel mogelijk gegevens over de hele trekroute te verkrijgen, en ook nog eens veel preciezer (foutmarge 10-20 m). De kleinste GPS-satellietzender weegt momenteel 22 g en is te gebruiken bij soorten zwaarder dan 450 g.

GPS-loggers

Met behulp van een GPS is het mogelijk om overal op aarde de positie zeer exact te bepalen met een precisie van ongeveer 10-20 m. Hierbij worden stationaire satellieten gebruikt. GPS-modules zijn tegenwoordig zo klein dat loggers er mee kunnen worden uitgerust. De meest simpele GPS-loggers bestaan uit niet veel meer dan een GPS-module en een batterij, en wegen slechts 1 g, maar deze kunnen niet meer dan acht posities bepalen. Zwaardere modellen kunnen vele duizenden posities bepalen, zoals 64 000 GPS-posities voor de 22 g zware CatTrack GPS-loggers.

Een belangrijk nadeel van deze eenvoudige loggers is dat de vogel moet worden teruggevangen om de informatie te verkrijgen. Omdat dit vaak een probleem is, zijn er diverse GPS-loggers op de markt waarbij de data op afstand kunnen worden uitgelezen via een radiozender (GPS-UHF loggers, Ecostone), Bluetooth (GPS-loggers, MadeByTheo) of ZigBee (UvA-BiTS GPS-loggers, UvA, Bouten *et al.* 2013). Hiervoor moet de vogel wel in de buurt van een antenne of ontvangststation komen, die bijvoorbeeld bij het nest of een bekende zitplek kan worden geplaatst. De laatste ontwikkeling is het op afstand uitlezen van loggers via het GSM-netwerk. Zo kunnen de loggers semi-live worden gevolgd, tenminste in gebieden

Tabel 2. Overzicht van zender- en loggeronderzoek in Nederland (vogels in Nederland uitgerust met een zender of logger). Voor bij 'bronnen' gebruikte afkortingen zie de tekst onder 'Gebruik verschillende technieken in Nederland'. *Overview of tracking studies in the Netherlands.*

Type zender/logger	Type of transmitter/logger	Doel Aim	Bronnen Sources
Radiozender Radio transmitter			
Kolgans <i>Anser albifrons</i>		ganzenproblematiek	Alterra. Ebbing <i>et al.</i> 2000
Smient <i>Anas penelope</i>		opvangbeleid overwinteraars	Alterra. Boudewijn <i>et al.</i> 2009
Korhoen <i>Tetrao tetrix</i>		terreingebruik en overleving	Alterra, Sovon, Brabants Landschap. Niewold & Nijland 1988, vd Bremer <i>et al.</i> 2012
Fazant <i>Phasianus colchicus</i>		predatie door Vos	Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland. Mulder 1988
Patrijs <i>Perdix perdix</i>		terrein- en habitatgebruik	SWGK, Sovon
Wespendief <i>Pernis apivorus</i>		gedrag en terreingebruik	Stichting Boomtop. Van Manen <i>et al.</i> 2011
Blauwe Kiekendief <i>Circus cyaneus</i>		terrein- en habitatgebruik	Provincie Limburg. De Boer <i>et al.</i> 2013
Grauwe Kiekendief <i>Circus pygargus</i>		terrein- en habitatgebruik	SWGK, Trierweiler <i>et al.</i> 2010
Sperwer <i>Accipiter nisus</i>		gedrag en terreingebruik	J. van Diermen
Ruigpootbuiserd <i>Buteo lagopus</i>		terrein- en habitatgebruik	Voskamp & de Boer 2011
Kwartelkoning <i>Crex crex</i>		terrein- en habitatgebruik	Sovon. Koffijberg <i>et al.</i> 2007
Kanoet <i>Calidris canutus</i>		terrein- en habitatgebruik	NIOZ. Spaans <i>et al.</i> 2009, van Gils <i>et al.</i> 2000, 2005, 2006
Kemphaan <i>Philomachus pugnax</i>		stopoverecologie	RUG. Verkuil <i>et al.</i> 2010
Grutto <i>Limosa limosa</i>		broedsucces en terreingebruik	Alterra, Sovon, A&W. Schekkerman & Müskens 2000, Schekkerman <i>et al.</i> 2009b ; Alterra, RuG. Roodbergen & Klok 2008
Wulp <i>Numenius arquata</i>		terreingebruik broedvogels	J.L. Mulder & A.L. Swaan
Kievit <i>Vanellus vanellus</i> , Grutto <i>Limosa limosa</i>		overleving en doodsoorzaken kuikens	Alterra, Sovon. Schekkerman <i>et al.</i> 2009a ; Sovon, A&W. Roodbergen <i>et al.</i> 2010
Rosse Grutto <i>Limosa lapponica</i>		trek	NIOZ, RUG. Green <i>et al.</i> 2002a;
Zwarte Stern <i>Chlidonias niger</i>		stopoverecologie	BuWa
Grote Stern <i>Sterna sandvicensis</i> , Visdief <i>S. hirundo</i>		terrein- en habitatgebruik	BuWa.
Steenuil <i>Athene noctua</i>		terrein- en habitatgebruik	Sovon. Van den Bremer <i>et al.</i> 2009
Ransuil <i>Asio otus</i>		terrein- en habitatgebruik	Wijnandts 1984
Nachtzwaluw <i>Caprimulgus europaeus</i>		terrein- en habitatgebruik	Sovon. Van Kleunen <i>et al.</i> 2007
Groene Specht <i>Picus viridis</i>		voedsel ecologie	Kolsters <i>et al.</i> 2014
Veldleeuwerik <i>Alauda arvensis</i>		terrein- en habitatgebruik, partiële migratie	SWGK, RUG. Ottens <i>et al.</i> 2013, Hegeman <i>et al.</i> 2010
Encounternet			
Koolmees <i>Parus major</i>		gedragsecologie (sociaal gedrag)	WUR, NIOO , Snijders <i>et al.</i> 2014
TOA			
Goudplevier <i>Pluvialis apricaria</i>		terreingebruik, foerageergedrag	NIOZ, RUG. Piersma <i>et al.</i> 2014
Kanoet <i>Calidris canutus</i>		terreingebruik, foerageergedrag	NIOZ, RUG. Piersma <i>et al.</i> 2014
Satellietzender Satellite transmitter			
Kleine Zwaan <i>Cygnus bewickii</i>		trek	Nowak <i>et al.</i> 1990
Rotgans <i>Branta bernicla</i>		trek	Universiteit van Lund (Zweden). Green <i>et al.</i> 2002b
Grauwe Kiekendief <i>Circus pygargus</i>		trek	SWGK, Trierweiler <i>et al.</i> 2014
Kanoet <i>Calidris canutus</i>		trek	NIOZ
Grutto <i>Limosa limosa</i>		trek	RUG. Hooijmeijer <i>et al.</i> 2013, 2014. www.keningfanegreide.nl
GPS-satellietzender GPS-satellite transmitter			
Kolgans <i>Anser albifrons</i>		trek	Alterra, NIOO. Van Wijk <i>et al.</i> 2012
Brandgans <i>Branta leucopsis</i>		trek en habitatgebruik	Sovon, UvA, NIOO. Ens <i>et al.</i> 2008, De Boer <i>et al.</i> 2014
Roerdomp <i>Botaurus stellaris</i>		habitatgebruik en overwinteringsstrategieën	BuWa
Purperreiger <i>Ardea purpurea</i>		trek en habitatgebruik	BuWa. Van der Winden <i>et al.</i> 2010, van der Winden 2014a
Lepelaar <i>Platalea leucorodia</i>		trek	Werkgroep Lepelaar, NIOZ, RUG.
Kleine Mantelmeeuw <i>Larus fuscus</i>		trek en habitatgebruik	Sovon, UvA. Klaassen <i>et al.</i> 2011, Ens <i>et al.</i> 2008, 2009
Zilvermeeuw <i>Larus argentatus</i>		terrein- en habitatgebruik	Sovon, UvA, NIOO. Ens <i>et al.</i> 2008, 2009
Oehoe <i>Bubo bubo</i>		dispersie	Oehoe Werkgroep Nederland. Wassink 2009, 2014
GPS-logger, UvA-BiTS			
Rotgans <i>Branta bernicla</i>		stopoverecologie, trek	RUG, NIOO, UvA. Dokter & Ebbing 2013
Roerdomp <i>Botaurus stellaris</i>		habitatgebruik en overwinteringsstrategieën	BuWa, UvA
Ooievaar <i>Ciconia ciconia</i>		vlieggedrag en habitatgebruik	UvA, Sovon, Roodbergen <i>et al.</i> 2011
Lepelaar <i>Platalea leucorodia</i>		habitatgebruik en trek	Werkgroep Lepelaar, NIOZ, RUG, UvA.
Wespendief <i>Pernis apivorus</i>		habitatgebruik en trek	UvA, Stichting Boomtop. Van Manen <i>et al.</i> 2011, Vansteelant <i>et al.</i> 2014

Tabel 2 (vervolg - continued).

Type zender/logger	Type of transmitter/logger	Doel Aim	Bronnen Sources
Bruine Kiekendief	<i>Circus aeruginosus</i>	habitatgebruik en trek	SWGK, UvA
Blauwe Kiekendief	<i>Circus cyaneus</i>	habitatgebruik en overwinteringsstrategieën	SWGK, UvA. Klaassen <i>et al.</i> 2014b
Grauwe Kiekendief	<i>Circus pygargus</i>	habitatgebruik en trek	SWGK, UvA. Klaassen <i>et al.</i> 2014a, Vansteelant <i>et al.</i> 2014
Buizerd	<i>Buteo buteo</i>	terreingebruik i.v.m. vliegveiligheid	Koninklijke Luchtmacht, UvA. Van Gasteren <i>et al.</i> 2014
Scholekster	<i>Haematopus ostralegus</i>	terrein- en habitatgebruik, trek	Sovon, UvA. Shamoun-Baranes <i>et al.</i> 2012, Ens <i>et al.</i> 2014
Grutto	<i>Limosa limosa</i>	habitatgebruik en trek	RUG, UvA
Kleine Mantelmeeuw	<i>Larus fuscus</i>	habitatgebruik en trek	UvA, NIOZ. Camphuysen 2013, Bouten <i>et al.</i> 2013
Zilvermeeuw	<i>Larus argentatus</i>	terrein- en habitatgebruik	UvA, NIOZ. Camphuysen 2013
Zwarte Kraai	<i>Corvus corone</i>	terreingebruik i.v.m. vliegveiligheid	Koninklijke Luchtmacht, UvA
GPS-logger, e-obs			
Kolgans	<i>Anser albifrons</i>	habitatgebruik, sociaal gedrag	Max Plank Institut für Ornithologie
Wilde Eend	<i>Anas platyrhynchos</i>	terrein- en habitatgebruik	Universiteit Utrecht
Oehoe	<i>Bubo bubo</i>	terrein- en habitatgebruik	Provincie Limburg
GPS-GSM-logger, Ecotone			
Casarca	<i>Tadorna ferruginea</i>	herkomst zomerse ruiers Randmeren	Werkgroep Casarca Nederland
Wespendief	<i>Pernis apivorus</i>	habitatgebruik en trek	Ark Natuurontwikkeling. Van Diermen <i>et al.</i> 2013
Blauwe Kiekendief	<i>Circus cyaneus</i>	herkomst Limburgse overwinterraars	Nationaal Park Meinweg, Provincie Limburg
Oehoe	<i>Bubo bubo</i>	dispersie	Oehoe Werkgroep Nederland. Wassink 2014
GPS-logger, MadeByTheo			
Kleine Zwaan	<i>Cygnus bewickii</i>	habitatgebruik, trek, grieponderzoek	NIOO. Van Gils <i>et al.</i> 2007, Nuijten <i>et al.</i> 2014, Nolet <i>et al.</i> 2014
Grauwe Gans	<i>Anser anser</i>	habitatgebruik, dispersie	Sovon, Alterra. Kleijn <i>et al.</i> 2012
Korhoen	<i>Tetrao tetrix</i>	terreingebruik en overleving	Brabants Landschap. Van den Bremer <i>et al.</i> 2012
Aalscholver	<i>Phalacrocorax carbo</i>	foerageergedrag	BuWa. Fijn <i>et al.</i> 2012, 2014
GPS-logger, anders GPS-logger, other			
Grote Canadese Gans	<i>Branta canadensis</i>	test van nieuwe zendertechniek	'AcTag'. Biotrack, Noldus, NIOO
Wilde Eend	<i>Anas platyrhynchos</i>	terrein- en habitatgebruik	CatTrack GPS logger. Universiteit Utrecht
Grote Stern	<i>Sterna sandvicensis</i>	terrein- en habitatgebruik	Ecotone, GPS-logger. BuWa.
Geolocator			
Kievit	<i>Vanellus vanellus</i>	overwinteringsstrategieën	Vogelringgroep Menork
Grutto	<i>Limosa limosa</i>	trek vs. broedsucces	RUG. Hooijmeijer <i>et al.</i> 2013
Zwarte Stern	<i>Chlidonias niger</i>	trek	BuWa. Van der Winden <i>et al.</i> 2014b
Noordse Stern	<i>Sterna paradisaea</i>	trek	BuWa. Fijn <i>et al.</i> 2013
Gierzwaluw	<i>Apus apus</i>	trek	Universiteit Lund, VT (NIOO). Klaassen <i>et al.</i> 2014d
Grauwe Klauwier	<i>Lanius collurio</i>	trek	Stichting Bargerveen
Boomleeuwerik	<i>Lullula arborea</i>	partiële migratie	RUG
Veldleeuwerik	<i>Alauda arvensis</i>	partiële migratie	RUG
Boerenzwaluw	<i>Hirundo rustica</i>	trek	VT (NIOO), Vogelbescherming
Bonte Vliegenvanger	<i>Ficedula hypoleuca</i>	trek	RUG, NIOO
Gekraagde Roodstaart	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	trek	A&W
Tapuit	<i>Oenanthe oenanthe</i>	trek	Stichting Bargerveen. Van Oosten <i>et al.</i> 2014

met GSM-dekking, en is men minder afhankelijk van het terugkeren van de vogel naar het studiegebied. Wel is het aantal datapunten dat via het GSM-netwerk kan worden verzonden relatief beperkt. E-obs GPS-loggers (www.e-obs.de) verzamelen veel GPS-posities, maar sturen dagelijks slechts een aantal daarvan door via het GSM-netwerk. De onderzoeker kan de vogel op deze posities opzoeken om de rest van de data te downloaden met een mobiele antenne.

Een GPS-logger is momenteel het meest geavanceerde systeem om een vogel te volgen, vooral door het grote aantal nauwkeurige locatiebepalingen. Daarnaast worden GPS-

loggers vaak uitgerust met extra sensoren. Zo zijn UvA-BiTS GPS-loggers en e-obs GPS-loggers standaard uitgerust met een accelerometer (Shamoun-Baranes *et al.* 2012, Bom *et al.* 2014, Nathan *et al.* 2012). Een nadeel van deze loggers is hun hoge gewicht (lichtste model 6 g), zwaarder dan de meeste radiozenders en geolocators.

Geolocators

Geolocators zijn hele kleine dataloggers die de hoeveelheid licht over de tijd registreren (Bridge *et al.* 2013). Hieruit worden de daglengte en de tijd van de hoogste zonnestand

(ten opzichte van *Greenwich Mean Time* GMT) bepaald. De daglengte (op een gegeven datum) geeft de breedtegraad, behalve rond momenten van equinox (20 maart en 23 september), wanneer het overal op de wereld 12 uur licht en 12 uur donker is. Het moment van de hoogste zonnestand in relatie tot GMT geeft de lengtegraad, ook tijdens de equinox. Feitelijk worden twee posities per etmaal verkregen omdat ook een positie kan worden berekend uit de lengte van de nacht en het moment van middernacht. Deze dag en nachtposities zijn echter sterk aan elkaar gerelateerd.

Positiebepaling met geolocators is minder nauwkeurig dan bij andere systemen en wordt sterk beïnvloed door ruis in de lichtmeting, veroorzaakt door bewolking of door schaduwwerking van de veren of vegetatie. De meest nauwkeurige gegevens worden daarom verkregen van vogels die in open landschappen leven (Lisovsky *et al.* 2012). De precisie van geolocators is enkele tientallen tot enkele honderden kilometers. De techniek is dus niet geschikt om lokale bewegingen te registreren, maar alleen voor grootschalige verplaatsingen, zoals de trek van Europa naar Afrika. Een voordeel van geolocators is dat ze erg klein zijn en dus ook gebruikt kunnen worden op kleine zangvogels die niet met satellietzenders kunnen worden gevolgd (Stutchbury *et al.* 2009, Tøttrup *et al.* 2012, Åkesson *et al.* 2012). Het laatste model weegt slechts 0,3 g, waarmee vogels vanaf 6 g kunnen worden gevolgd. Bovendien zijn geolocators niet duur (ca. €100 per stuk), waardoor het gemakkelijker wordt om er grotere aantallen individuen binnen een studie mee uit te rusten. Een belangrijk nadeel is dat een geolocator wel weer in de hand verkregen moet worden om de data uit te lezen, zodat geen informatie wordt verkregen van individuen die niet terugkeren of niet kunnen worden teruggevangen. In sommige studies werden geolocators uitgerust met extra sensoren (bijvoorbeeld luchtdruk, temperatuur of geleiding), maar dit leverde altijd een hoger gewicht.

GEBRUIK VAN VERSCHILLENDE TECHNIEKEN IN NEDERLAND

Er is in Nederland een groot aantal studies gedaan waarbij zenders of loggers zijn gebruikt (tabel 2), wat op zich niet wonderbaarlijk is gezien het grote aantal Nederlandse groepen dat zich bezig houdt met vogelonderzoek. De belangrijkste 'spelers' in het Nederlandse zender- en loggeronderzoek zijn de Rijksuniversiteit Groningen (RUG; diverse soorten en technieken), Universiteit van Amsterdam (UvA; diverse soorten, voornamelijk UvA-BITS GPS-loggers), Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee (NIOZ; steltlopers en meeuwen, diverse technieken), Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO; watervogels en zangvogels, diverse technieken), Alterra (weide- en watervogels, Korhoen *Tetrao tetrix*, radiozenders en satellietzenders), Bureau Waardenburg (BuWa; moeras-, zee- en kustvogels, diverse technieken), Al-

tenburg & Wymenga (A&W; weidevogels, Gekraagde Roodstaart *Phoenicurus phoenicurus*, diverse technieken), Sovon Vogelonderzoek Nederland (diverse soorten, vooral radiozenders), Werkgroep Grauwe Kiekendief (SWGK, roofvogels, akkervogels, diverse technieken) en Stichting Bargerveen (zangvogels, geolocators).

Radiozenders

Radiozenders zijn in Nederland gebruikt bij een opvallend divers scala aan vogels (tabel 2). Het gaat in vrijwel alle gevallen om onderzoek naar lokaal terrein- en habitatgebruik. Twee studies (aan Kemphaan *Philomachus pugnax* (Verkuil *et al.* 2010) en Zwarte Stern *Chlidonias niger*) betreffen stop-over-ecologie. Opvallend is een studie naar de timing van de trek van Rosse Grutto's *Limosa lapponica* waarbij signalen van individuen in Nederland uitgerust met radiozenders werden opgepikt door een lijn van ontvangers in Zuid-Zweden (Green *et al.* 2002a). Daarnaast zijn radiozenders gebruikt voor onderzoek naar overleving en doodsoorzaken, van weidevogelkuikens (Scheckerman *et al.* 2009a, Roodbergen & Klok 2008) en van uitgezette Korhoenders *Tetrao tetrix* (van den Bremer *et al.* 2012). Radiozenders zijn een relatief oude techniek, wat mogelijk het grootschalige gebruik kan verklaren. Daarnaast is het een goedkope techniek, wat de drempel om met radiozenders aan de slag te gaan verlaagt.

Encounternet en TOA

Het *Encounternet* wordt momenteel alleen toegepast bij Koolmezen *Parus major*. Het gaat hierbij om onderzoek naar sociaal gedrag (WUR) en een studie naar de relatieve bijdrage van mannen en vrouwen aan het voeren van de jongen (NIOO). Het TOA-systeem is tot dusver alleen toegepast bij Kanoeten *Calidris canutus* en Goudplevieren *Pluvialis apricaria*. Doel was het zeer nauwkeurig registreren van de lokale verplaatsingen van individuele vogels om hun foerageergedrag beter te begrijpen (Piersma *et al.* 2014).

Satellietzenders en GPS-satellietzenders

Ondanks het feit dat (GPS-)satellietzenders inmiddels al heel wat jaren beschikbaar zijn, is de techniek eigenlijk maar bij weinig soorten gebruikt (tabel 2). Mogelijk liggen de hoge kosten hieraan ten grondslag. Vanwege hun hoge gewicht zijn satellietzenders alleen bij grotere vogels gebruikt (watervogels, roofvogels, reigers en meeuwen). De kleinste hiermee bestudeerde soort is de Kanoet (ca. 140 g), maar dat was dan ook met 5 g lichte satellietzenders die pas heel recentelijk op de markt zijn gekomen.

Conventionele satellietzenders (zonder GPS) zijn uitsluitend gebruikt voor studies aan vogeltrek (b.v. Hooijmeijer *et al.* 2013, Trierweiler *et al.* 2014). GPS-satellietzenders zijn daarentegen ook gebruikt voor studies aan lokaal terrein- en habitatgebruik (b.v. Van der Winden *et al.* 2014a), hoewel trekonderzoek in de meeste gevallen de voornaamste reden



Een Veldleeuwerik uitgerust met een radiozender brengt voer aan voor zijn jongen van het tweede broedsel. Net als het eerste broedsel leverde dit broedsel vier uitgevlogen jongen op, Den Ham, 2 juli 2012. *A Skylark fitted with a radiotransmitter returns to the nest to feed its young of the second clutch. Both clutches were successful and produced four fledged young each.* (foto Hans Hut)

zal zijn geweest de zenders te gebruiken. Dit verschil is het gevolg van het feit dat conventionele satellietzenderposities relatief onnauwkeurig en GPS-satellietzenderposities juist zeer nauwkeurig zijn. Bij de Oehoe *Bubo bubo* zijn satellietzenders ingezet om de dispersie van jongen te bestuderen (Wassink 2009, 2014). Tegenwoordig is de Werkgroep Oehoe Nederland echter overgestapt naar GPS-GSM- en e-obs GPS-loggers omdat dit veel goedkopere alternatieven zijn die meer data opleveren (Wassink 2014).

GPS-loggers

GPS-loggers zijn in een groot aantal studies gebruikt (tabel 2), in Nederland zelfs het meest van alle technieken. Dit is opvallend omdat het allemaal zeer recente studies betreft. Deels valt dit te verklaren doordat juist bij GPS-loggers de laatste jaren veel technische ontwikkelingen hebben plaatsgevonden. Het momenteel meest geavanceerde GPS-logger systeem (UvA-BiTS) is zelfs in Nederland ontwikkeld (Bouten *et al.* 2013), en het is dus geen verrassing dat in de helft van alle studies UvA-BiTS loggers werden gebruikt.

GPS-loggers zijn toegepast bij een tamelijk divers spectrum aan soorten, maar net als bij satellietzenders vanwege het

gewicht alleen bij grotere soorten. GPS-loggers zijn vooral gebruikt voor onderzoek naar terrein- en habitatgebruik (b.v. van Manen *et al.* 2011, Shamoun-Baranes *et al.* 2012, Klaassen *et al.* 2014a, 2014b). Onderzoek naar vogeltrek is vaak een bijproduct van lokaal loggeronderzoek, hoewel bij bijvoorbeeld Wespindieven *Pernis apivorus* specifiek wordt ingezet op het verzamelen van GPS-data gedurende de trek om vlieggedrag te analyseren (Vansteelant *et al.* 2014). De grote hoeveelheid erg nauwkeurige positiebepalingen door GPS-loggers verklaart het gebruik ervan voor studies naar lokaal terrein- en habitatgebruik.

Geolocators

Net als GPS-loggers zijn ook geolocators een relatief nieuwe techniek (Bridge *et al.* 2013). Toch is er al een dozijn studies mee uitgevoerd (tabel 2). Geolocators zijn populair omdat ze momenteel de enige techniek vormen waarmee de trek van zangvogels in kaart kan worden gebracht (b.v. van Oosten *et al.* 2014, Klaassen *et al.* 2014d). Mogelijk is de ingewikkelde analyse van geolocatordata een drempel voor een nog ruimere toepassing, bijvoorbeeld door particulieren. Geolocators zijn uitsluitend gebruikt om trekwegen en

Tabel 3. Overzicht van studies waarbij een vogel in het buitenland uitgerust met een zender of logger werd geregistreerd in Nederland. *Overview of studies where an individual tagged abroad ended up in the Netherlands.*

vogelsoort <i>bird species</i>	type zender/logger <i>type of device</i>	herkomst, bijzonderheden <i>origin, remarks</i>	bron <i>source</i>	type onderzoek <i>type of study</i>
Kleine Zwaan <i>Cygnus bewickii</i>	satellietzender	Estland/Denemarken, Rusland, trekvogels	NIOO, Beekman <i>et al.</i> 2002	trek
Kolgans <i>Anser albifrons</i>	GPS-logger (e-obs)	Rusland, adulte broedvogels	Max Planck Instituut Radolfzell (Duitsland)	sociaal gedrag
Kolgans <i>Anser albifrons</i>	GPS-logger (Konstanz Univ.)	Rusland, jonge vogels	Max Planck Instituut Radolfzell (Duitsland)	sociaal gedrag
Brandgans <i>Branta leucopsis</i>	geolocator	Rusland, adulte broedvogels	Eichhorn <i>et al.</i> 2006	trek
Brandgans <i>Branta leucopsis</i>	GPS-satellietzender	Rusland, adulte broedvogels	Eichhorn <i>et al.</i> 2009	trek
Noordse Stormvogel <i>Fulmarus glacialis</i>	geolocator	Schotland, broedvogels	Universiteit van Aberdeen	trek
Heremietibis <i>Geronticus eremita</i>	GPS-GSM-logger	Oostenrijk, herintroductieproject	waarneming.nl	dispersie en overleving
Lammergier <i>Gypaetus barbatus</i>	satellietzender	Oostenrijk, herintroductieproject	www.lauwersmeer.com, Margalida <i>et al.</i> 2013	dispersie en overleving
Bruine Kiekendief <i>Circus aeruginosus</i>	(GPS-)satellietzender	Zweden, adulte broedvogels en nestjongen	Strandberg <i>et al.</i> 2008	trek
Buizerd <i>Buteo buteo</i>	satellietzender	Zweden, adulte broedvogels	Strandberg <i>et al.</i> 2009a	trek
Bastaardarend <i>Aquila clanga</i>	GPS-satellietzender	Estland, nestjong (Tönn)	www.kotkas.ee	trek
Slechtvalk <i>Falco peregrinus</i>	satellietzender	Rusland, adulte broedvogels	Ganusevich <i>et al.</i> 2004	trek
Grote Trap <i>Otis tarda</i>	radiozender	Duitsland, herintroductieproject	Dutch Birding Association	dispersie en overleving
Goudplevier <i>Pluvialis apricaria</i>	geolocator	Zweden, adulte broedvogels	P. Machin & J. Rodríguez	trek
Zilverplevier <i>Pluvialis squatarola</i>	satellietzender	Duitse Waddenzee, trekvogels	Vogelwarte Helgoland	trek
Houtsnip <i>Scolopax rusticola</i>	satellietzender	Engeland, overwinteraars	Game & Wildlife Conservation Trust, GB	trek
Drieteenstrandloper <i>Calidris alba</i>	geolocator	Groenland, broedvogels	RUG	trek en broedsucces
Grutto <i>Limosa limosa</i>	satellietzender	Portugal, stopover en overwinteringsgebied	RUG	trek
Rosse Grutto <i>Limosa lapponica</i>	satellietzender	Noorwegen, broedvogels	Aarvak & Øien 2014	trek
IJslandse Tureluur <i>Tringa totanus robusta</i>	geolocator	Zweden, overwinteraars	P. Olsson & R. Klaassen	trek
Papegaaiduiker <i>Fratercula arctica</i>	geolocator	Engeland, broedvogels	Harris <i>et al.</i> 2010	trek
Koekoek <i>Cuculus canorus</i>	satellietzender	Engeland, broedvogels	BTO	trek

overwinteringsgebieden in kaart te brengen. In het geval van leeuweriken (Hegeman *et al.* 2010) en Kieviten gaat het hierbij om onderzoek naar partiële migratie (deeltrek).

In het buitenland gezenderde/geloggende vogels die Nederland aandoen

Trekvogels zijn wereldreizigers dus het is niet verwonderlijk dat individuen in het buitenland uitgerust met een zender of logger ook in Nederland terecht komen (tabel 3). Zenders en loggers zijn van een afstand moeilijk te zien, zeker bij overvliegende vogels, maar in een aantal gevallen werden ze opgemerkt. Zo werden twee in Zweden met satellietzenders uitgeruste Bruine Kiekendieven *Circus aeruginosus* gezien op trektelposten (Brobbelbies NB en Hoekse Waard ZH) (de Barse *et al.* 2008). Meestal echter passeren deze vogels Nederland ongezien (Strandberg *et al.* 2008). Een bekend voorbeeld van een gezenderde vogel die (tweemaal!) ongezien door Nederland wist te reizen is de Estse Bastaardarend *Aquila clanga* 'Tönn', ondanks het feit dat de Nederlandse vogelaars op hun *qui vive* waren. Vogelaars in België wisten deze vogel overigens wel op te pikken.

Bij een aantal projecten zijn door Nederlandse onderzoekers buiten Nederland vogels gezenderd of geloggerd waarvan werd aangenomen dat deze individuen later Nederland

aan zouden doen. Zo zijn bijvoorbeeld Kleine Zwanen met satellietzenders en Brandganzen *Branta leucopsis* met geolocators en satellietzenders uitgerust in hun Arctische broedgebieden (Beekman *et al.* 2002, Eichhorn *et al.* 2006), om hun trek naar Nederland te kunnen volgen. Ook werden er Grutto's *Limosa limosa* uitgerust met satellietzenders op een belangrijke stopover en overwinteringsplek in Portugal om uit te vinden waar deze vogels uithangen tussen vertrek uit Portugal en aankomst in Nederland (Marquez-Ferrando *et al.* 2011, 2014, www.keningfanegreide.nl). Recentelijk werden Drieteenstrandlopers *Calidris alba* in hun broedgebieden in Noordoost--Groenland van geolocators voorzien, o.a. om de trek via de Nederlandse Waddenzee te bestuderen (J. Re-neerkens).

Ten slotte herbergt tabel 3 ook nog enkele verrassingen. Zo bleek een aantal van de IJslandse Tureluurs *Tringa totanus robusta* die een geolocator meekregen in het overwinteringsgebied in Zuid-Zweden, in het najaar via Nederland (Waddenzee) te reizen (P. Olsson & R. Klaassen). Een andere verrassing betreft de Koekoeken *Cuculus canorus* die met satellietzenders vanuit Engeland gevolgd werden (www.bto.org/cuckoos). Dat ze hierbij soms via Nederland vlogen is misschien niet zo opmerkelijk, maar wel dat ze dit al in juni deden. Een Koekoek die zich midden in de zomer in Neder-

land bevindt hoeft dus helemaal geen Nederlandse broedvogel te zijn.

Zenders en loggers worden ook vaak gebruikt bij herintroductieprojecten om het lot van de uitgezette vogels te volgen. Deze vogels lijken soms een verstoorde dispersie- of trekgedrag te hebben. Zo vloog een in Oostenrijk losgelaten Lammergier *Gypaetus barbatus* met een satellietzender op zijn rug in het voorjaar van 2012 een rondje door Nederland (www.lauwersmeer.com, zie ook Margalida *et al.* 2013) en zwierf een in Oostenrijk geloggerde Heremietibis *Geronticus eremita* in de winter van 2013/14 door Noord-Nederland (www.waarneming.nl).

DISCUSSIE

Het gevaar van een overzicht maken is altijd dat het niet compleet is en alweer snel achterhaald. Desalniettemin denken wij dat ons overzicht een goede doorsnede geeft van zender- en loggeronderzoek in Nederland. Het blijkt daarbij te gaan om een groot aantal studies aan een indrukwekkende lijst van soorten (tabel 2). Nederland neemt wat betreft dit type onderzoek een voorname positie in in Europa, en misschien wel in de wereld.

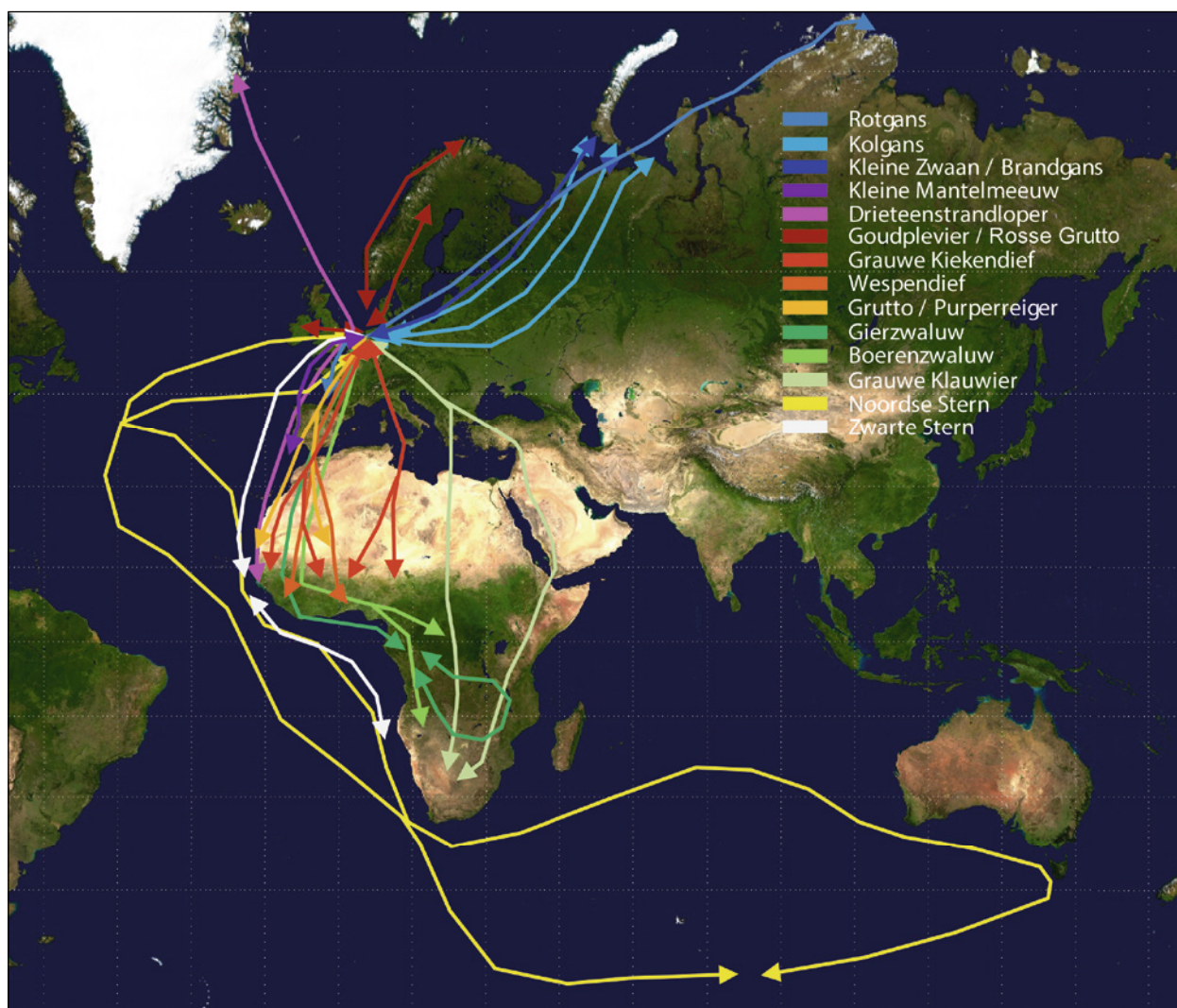
Een vogel die wordt uitgerust met een zender of logger zal hiervan altijd in enige mate last hebben. In het beste geval is het ongerief klein en van korte duur. In het slechtste geval beïnvloedt het apparaatje het gedrag van de vogel (wat een weerslag kan hebben op de verzamelde data, b.v. Arlt *et al.* 2013) of zelfs zijn broedsucces of overlevingskans. Het is dus belangrijk eventuele negatieve effecten van een zender of logger te bestuderen, en de afweging te maken of het gebruik hiervan wel verantwoord is. Hierbij is het belangrijk te beseffen dat bepaalde informatie vrijwel uitsluitend te verkrijgen is met behulp van zenders of loggers, wat het evalueren van eventuele negatieve effecten ingewikkeld maakt (Bridge *et al.* 2013).

Een belangrijke vraag is dan ook wat al het zender- en loggeronderzoek allemaal heeft opgeleverd. Allereerst kunnen we constateren dat hiermee een groot aantal connecties tussen Nederland en de rest van de wereld in kaart is gebracht (figuur 1). Zo zien we prachtig de trekroutes van de in Nederland overwinterende ganzen en zwanen naar hun (sub-)arctische broedgebieden. We missen hier nog wel de trekroutes van de in Nederland overwinterende eenden naar Rusland, simpelweg omdat deze nooit vanuit Nederland zijn gevolgd. Ook zien we mooi hoe de in Nederland broedende lange-afstandtrekkers zich in de winter over het



Marcel van Kammen

Romeo, de Heremietibis uit een Oostenrijks herintroductieproject die samen met een soortgenoot in de winter van 2013/2014 door het noorden van Nederland zwierf, Vledderveen, Stadskanaal, 17 januari 2014. *Romeo, a Northern Bald Ibis from an Austrian reintroduction project turned up in the north of the Netherlands in winter 2013/2014 together with a conspecific.*



Figuur 1. Overzicht van trekroutes vanuit, door of naar Nederland, zoals vastgelegd met zenders of loggers. In de meeste gevallen werden de vogels in Nederland gezenderd of geloggerd (tabel 2). Drieteenstrandlopers en Goudplevieren werden in hun broedgebieden van apparatjes voorzien (tabel 3). Pijlen geven voor iedere soort, zeer schematisch, de belangrijkste trekroutes weer. *Examples of tracks of tagged birds that started, passed, or ended up in the Netherlands. Arrows depict general migration routes. For species names see table 1.*

Afrikaanse continent verspreiden. Dankzij het loggerwerk aan sterns zien we ook met welke oceanen Nederland via de trekvogels is verbonden. Deze Afrikaanse en oceanische connecties waren via terugmeldingen van geringde vogels niet of in veel minder detail vastgelegd. Twee belangrijke connecties zijn alleen vastgelegd door in het buitenland met een zender of logger uitgeruste vogels (tabel 3): de trekroute naar Groenland, gebruikt door onder andere Drieteenstrandloper en Kanoet, en de trekroute naar Scandinavië, gebruikt door lijsters, steltlopers en roofvogels. Deze laatste trekroute wordt door zeer veel in Nederland overwinterende vogels gebruikt, maar dit zijn veelal korte-afstandtrekkers, een categorie die in het trekvogelonderzoek onderbelicht is (Strandberg *et al.* 2009a).

Inzichten door zender- en loggeronderzoek – lokaal gedrag

Zender- en loggeronderzoek heeft een aantal belangrijke inzichten opgeleverd over lokaal habitat- en terreingebruik en gedrag. Onderzoek met zenders of loggers bleek vooral een meerwaarde te hebben voor studies waarin een soort al intensief werd bestudeerd. Zo is de Grauwe Kiekendief *Circus pygargus* intensief onderzocht vanaf het moment dat deze roofvogel zich in Noordoost-Nederland vestigde (Koks *et al.* 2007). In eerste instantie betrof dit basaal ecologisch onderzoek naar de populatieontwikkeling, broedecologie en dieet. Onderzoek met radiozenders en later GPS-loggers waren logische vervolgstappen (Trierweiler *et al.* 2010, Klaassen *et al.* 2014a), waarmee uiteindelijk een compleet beeld

is ontstaan van het terrein- en habitatgebruik en duidelijk is geworden hoe deze soort reageert op agrarisch natuurbeheer. Met deze kennis kunnen deze maatregelen verder worden verbeterd, waarmee *tracking* bijna een onmisbaar instrument voor natuurbescherming is geworden (Klaassen *et al.* 2014a, 2014b).

Een tweede voorbeeld waarbij loggers werden ingezet nadat er al gedegen basaal ecologisch onderzoek was gedaan betreft de Kleine Mantelmeeuw *Larus fuscus*. Broedbiologisch onderzoek bracht onder andere aan het licht dat kuikens in het weekend veel minder goed groeiden dan door de week (Camphuysen 2013). Met UvA-BITS GPS-loggers werden de voedselvuchten van een groot aantal meeuwen in kaart gebracht. Ze bleken veel achter vissersschepen te foerageren, waarbij de iets grotere mannen vooral op de Noordzee foerageerden terwijl de kleinere vrouwtjes dicht bij de kolonie in de Waddenzee, maar ook in binnenlandse weilanden naar voedsel zochten. Het 'weekendeffect' in de kuikengroei kon worden verklaard door het feit dat vissersschepen vrijwel uitsluitend doordeweeks uitvoeren. Opmerkelijk was ook dat de volwassen meeuwen soms enorm lange, meer dan 12 uur durende voedselvuchten ondernamen. Mogelijk maakten ze deze om aan te sterken, wat onderstreept dat de voedselsituatie voor deze meeuwen gedurende het broedseizoen belabberd is. Deze combinatie van 'ouderwets' broedbiologisch onderzoek en modern loggeronderzoek laat prachtig zien dat meeuwen voor hun voedsel, en dus ook hun broedsucces, zeer afhankelijk zijn van mensen (Camphuysen 2013).

Onderzoek naar de Wespendif is notoir lastig doordat de soort in lage dichtheden voorkomt en bovendien een verborgen levenswijze heeft. Desondanks hebben diverse onderzoekers zich vastgebeten in de (broed)ecologie van de soort. Meerjarig onderzoek met radiozenders en UvA-BITS GPS-loggers gaf veel nieuwe inzichten in het terrein- en habitatgebruik van Wespendifen. Interessant hierbij waren de verschillen in gedrag tussen jaren met goede en slechte voedselomstandigheden (van Manen *et al.* 2011). In normale jaren (2008-2009) bleken Veluwe broedvogels zich uitstekend op de Veluwe te kunnen redden, waarbij ze zich vooral in oudere bossen ophielden. In 2010 was de voedselsituatie op de Veluwe zeer slecht, en de Wespendifen reageerden hierop door langere voedselvuchten te maken naar vochtige beekdalbossen.

Inzichten door zender en loggeronderzoek – vogeltrek

Naast alle nieuwe inzichten in lokaal gedrag heeft zender- en loggeronderzoek veel nieuwe informatie opgeleverd over trekwegen en overwinteringsgebieden van Nederlandse broedvogels. Soms waren de algemene trekroutes en overwinteringsgebieden al min of meer bekend door terugmeldingen van geringde vogels (Speek & Speek 1984). Zenders en loggers geven hiervan echter een veel gedetailleerder

beeld doordat informatie wordt verkregen op het niveau van het individu, en niet, zoals bij ringonderzoek, op het niveau van de populatie. Een belangrijk nadeel van ringonderzoek is ook dat een sterk vertekend beeld ontstaat doordat er alleen ringmeldingen komen uit gebieden met mensen die ringen terugmelden. Hierdoor zijn er bijvoorbeeld altijd veel meer terugmeldingen uit Europa dan uit Afrika. Aspecten zoals de timing van de trek en de trekstrategie kunnen daarom met behulp van ringonderzoek niet altijd goed worden beschreven (Strandberg *et al.* 2009b).

Zender- en loggeronderzoek levert ook nieuwe informatie over soorten waarvoor er al een billijk aantal ringterugmeldingen zijn. Zo werd voor de Grauwe Kiekendief ontdekt dat Noord-Afrika een zeer belangrijke pleisterplaats vormt, met name in het voorjaar (Trierweiler *et al.* 2014). Waarschijnlijk is deze regio voor vele soorten trekkende 'landvogels' belangrijk. De overwinteringsgebieden van Purperreigers *Ardea purpurea* en Grutto's zijn door de vele terugmeldingen relatief goed in kaart gebracht, maar over de gevolgde routes en hun trekstrategie was hoegenaamd niets bekend. Satellietzenders onthulden dat beide soorten indrukwekkende non-stop vluchten kunnen maken, en soms in één ruk van Nederland naar hun overwinteringsgebieden vlogen (van der Winden *et al.* 2010, Hooijmeijer *et al.* 2013). De trekroutes en overwinteringsgebieden van Kleine Mantelmeeuwen waren al goed in kaart gebracht door kleurringonderzoek (Camphuysen 2013). Dat de vogels het tijdens de trek extreem rustig aan deden en zo'n beetje de laagste treksnelheden behaalden die ooit zijn gemeten, kon echter alleen met satellietzenders worden vastgelegd (Klaassen *et al.* 2011).

Onderzoek met zenders en loggers wordt nog spannender als er vrijwel niets bekend is over de trekroutes en overwinteringsgebieden. Zo was het een raadsel waar de Rotganzen *Branta bernicla* uithingen tussen het moment van vertrek uit Nederland en de aankomst in de broedgebieden. Met satellietzenders kon worden aangetoond dat ze vooral op het tweede gedeelte van hun trekroute, tussen de Witte Zee en Taimyr, geregeld stopten (Green *et al.* 2002b). Heel aansprekend was ook het geolocatoronderzoek aan Noordse Sterns *Sterna paradisaea*, omdat er feitelijk nog niets bekend was over hoe de Nederlandse broedvogels over de oceanen naar het zuiden reizen (Fijn *et al.* 2013). Dat ze zowel in het najaar als in het voorjaar een tussenstop maken midden in de Atlantische Oceaan ter hoogte van Newfoundland was dus een grote verrassing. Bovendien overwinterden deze sterns opmerkelijk ver oostelijk in de Zuidelijke IJzee, ten hoogte van Wilkes Land. Zeer onverwacht was ten slotte het gedrag van een gezenderde Roerdomp *Botaurus stellaris*, die zich gedroeg als een lange-afstandtrekker door naar Afrika te vliegen. Hoewel Roerdampen in de winter in Afrika wel regelmatig worden gezien was niet bekend dat ook West-Europese broedvogels dit soort lange reizen ondernemen.

Zender- en loggeronderzoek wordt extra waardevol als onderzoekers de door hen gevolgde individuen achterna reizen om de lokale omstandigheden en het gedrag van de vogels ter plekke te onderzoeken. Medewerkers van de Werkgroep Grauwe Kiekendief zochten bijvoorbeeld hun kiekendieven op in de Afrikaanse stopover- en overwinteringsgebieden. Door lokaal metingen te doen aan de vegetatie en het voedselaanbod kon verklaard worden waarom Grauwe Kiekendieven in de regel niet één maar meerdere gebieden gebruiken tijdens de winter (Trierweiler *et al.* 2013). Het achterna reizen van gezenderde vogels gebeurt eigenlijk te weinig, maar is bijvoorbeeld ook gelukt bij Lepelaars *Platalea leucorodia* en Grutto's.

Conclusie

Zender- en loggeronderzoek heeft overduidelijk ons begrip van de Nederlandse vogels enorm vergroot. Waarschijnlijk staan we nog maar aan het begin van een stortvloed aan zender- en loggerstudies; de apparaatjes worden immers alleen maar kleiner en geavanceerder. Wie weet kunnen we binnenkort ook kleine zangvogels met GPS volgen of binnen afzienbare tijd met een cameraatje over de schouder van de vogel meekijken (Sakamoto *et al.* 2009), wat het ultieme Niels Holgersson-gevoel moet geven.

DANKWOORD

We danken Jan van Diermen, Berend Voslammer, Erik Kleyheeg, Andrea Kölsch, Rene Jansen, Peter de Boer en Paul Voskamp voor aanvullende informatie. Romke Kleefstra, Hans Schekkerman en Theunis Piersma leverden waardevol commentaar op een eerdere versie van dit artikel.

LITERATUUR

Aarvak T. & I.J. Øien 2014. Kartlegging av lappspovens trekk og hekkeområder i 2013. NOF-notat 2014-6.

Åkesson S., R. Klaassen, J. Holmgren, J.W. Fox & A. Hedenström 2012. Migration routes and strategies in a highly aerial Migrant, the Common Swift *Apus apus*, revealed by light-level geolocators. *PLoS ONE* 7: e41195.

Arlt D., M. Low & T. Pärt 2013. Effect of geolocators on migration and subsequent breeding performance of a long-distance passerine migrant. *PLoS One* 8: e82316.

de Barse P., M. Korbijn & G. Ouweneel 2008. Zichtwaarneming van gezenderde Zweedse Bruine Kiekendief *Circus aeruginosus*. *De Takeling* 16: 199-202.

Beekman J.H., B.A. Nolet & M. Klaassen 2002. Skipping swans: Fuelling rates and wind conditions determine differential use of migratory stopover sites of Bewick's Swans *Cygnus bewickii*. *Ardea* 90: 437 - 459.

de Boer P., P. Voskamp & S. van Rijn 2013. Overwinterende Blauwe Kiekendieven in het Limburgse heuvelland: vormen hamsterreservaten een ecologische val? *Limosa* 86: 169-179.

de Boer R., S. Bauer, H.P. van der Jeugd, B.J. Ens, L. Griffin, D. Cabot, K.-M. Exo, B.A. Nolet & A. Kölsch 2014. Een vergelijking van de voor-

jaarstrek van drie populaties Brandganzen met behulp van GPS-satellietzenders. *Limosa* 87: 99-106.

Bom, R.A., W. Bouten, T. Piersma, K. Oosterbeek & J.A. van Gils 2014. Optimizing acceleration-based ethograms: the use of variable-time versus fixed-time segmentation. *Movement Ecology* 2: 1-8.

Boudewijn T.J., G.J.D.M. Müskens, D. Beuker, R. van Kats, M.J.M. Poot & B.S. Ebbing 2009. Evaluatie opvangbeleid 2005-2008 overwinterende ganzen en smienten. Deelrapport 2. Verspreidingspatronen van foeragerende smienten. Alterra-rapport 1841. Alterra, Wageningen.

Bouten W., E.W. Baaij, J. Shamoun-Baranes & K.C.J. Camphuysen 2013. A flexible GPS tracking system for studying bird behaviour at multiple scales. *Journal of Ornithology* 154: 571-580.

van den Bremer L., R. van Harxen & R. Stroeken 2009. Terreingebruik en voedselkeus van broedende Steenuilen in de Achterhoek. Sovon-rapport 2009/02. Sovon, Beek-Ubbergen.

van den Bremer L., H. Sierdsema & P. Wouters 2012. Herinstructie van het Korhoen op de Regte Heide in 2009 en 2010. Sovon-rapport 2012/23. Sovon, Nijmegen.

Bridge E.S., K. Thorup, M.S. Bowlin, P.B. Chilson, R.H. Diehl, R.W. Fléron, P. Hartl, R. Kays, J.F. Kelly, W.D. Robinson & M. Wikelski 2011. Technology on the move: recent and forthcoming innovations for tracking migratory birds. *BioScience* 61: 689-698.

Bridge E.S., J.F. Kelly, A. Contina, R.M. Gabrielson, R.B. MacCurdy & D.W. Winkler 2013. Advances in tracking small migratory birds: a technical review of light-level geolocation. *Journal of Field Ornithology* 84: 121-137.

Camphuysen C.J. 2013. A historical ecology of two closely related gull species (*Laridae*): multiple adaptations to a man-made environment. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.

van Diermen J., S. van Rijn, R. Janssen, P. van Geneijgen, D. Eykemans & P. Wouters 2013. Wespandief in Kempen-Broek & Het Groene Woud, Jaarbericht 2013. Ark-Natuurontwikkeling, Nijmegen.

Dokter A.M. & B.S. Ebbing 2013. Year-round itinerary of a GPS-tracked Brent Goose *Branta b. bernicla* that visited the Bassin d'Arcachon, France. *Wildfowl* 63: 135-141.

Ebbing B.S., G.J.D.M. Müskens, J.G. Oord, A.J. Beintema & N.W. van den Brink 2000. Stuurbaarheid van ganzen door verjaging en flankerende jacht rondom het ganzenopvanggebied Oost-Dongeraardeel (Friesland) in 1999-2000. Alterra-rapport 128. Alterra, Wageningen.

Eichhorn G., V. Afanasyev, R.H. Drent & H.P. van der Jeugd 2006. Spring stopover routines in Russian Barnacle Geese *Branta leucopsis* tracked by resightings and geolocation. *Ardea* 94: 667-678.

Eichhorn G., R.H. Drent, J. Stahl, A. Leito A. & T. Alerstam 2009. Skipping the Baltic: the emergence of a dichotomy of alternative spring migration strategies in Russian barnacle geese. *Journal of Animal Ecology* 78: 63-72.

Ens B.J., F. Bairlein, C.J. Camphuysen, P. de Boer, K.-M. Exo, N. Gallego, B. Hoyer, R. Klaassen, K. Oosterbeek, J. Shamoun-Baranes, H. van der Jeugd & H. van Gasteren 2008. Tracking of individual birds. Report on WP 3230 (bird tracking sensor characterization) and WP 4130 (sensor adaptation and calibration for bird tracking system) of the FlySafe basic activities project. Sovon-rapport 2008/10. Sovon, Beek-Ubbergen.

Ens B.J., F. Bairlein, C.J. Camphuysen, P. de Boer, K.-M. Exo, N. Gallego, R.H.G. Klaassen, K. Oosterbeek & J. Shamoun-Baranes 2009. Onderzoek aan meeuwen met satellietzenders. *Limosa* 82: 33-42.

Ens B.J., R.A. Bom, A.M. Dokter, K. Oosterbeek, J. de Jong & W. Bouten 2014. Nieuwe ontdekkingen en mogelijkheden in het Scholekster onderzoek dankzij het UvA Bird Tracking Systeem (UvA-BiTS). *Limosa* 87: 117-128.

Fijn R.C., T.J. Boudewijn & M.J. M. Poot. 2012. Long-term attachment of GPS loggers with tape on Great Cormorant *Phalacrocorax carbo sinensis* proved unsuitable from tests on a captive bird. *Seabird* 25: 54-60.

Fijn R.C., D. Hiemstra, R.A. Phillips & J. van der Winden 2013. Arctic Terns *Sterna paradisaea* from the Netherlands migrate record distances across three oceans to Wilkes Land, East Antarctica. *Ardea* 101: 3 - 12.

- Fijn R.C., M.J.M. Poot, S.H.M. van Rijn, M.R. van Eerden & T.J. Boudewijn. 2014. Specialistisch gedrag door een generalist: een kustbroedende Aalscholver foerageert uitsluitend in het binnenland. *Limosa* 87: 129-134.
- Gaidet N., J. Cappelle, J.Y. Takekawa, D.J. Prosser, S.A. Iverson, D.C. Douglas, W.M. Perry, T. Mundkur & S.H. Newman 2010. Potential spread of highly pathogenic avian influenza H5N1 by wildfowl: dispersal ranges and rates determined from large-scale satellite telemetry. *Journal of Applied Ecology* 47: 1147-1157.
- Ganusevich S.A., T.L. Maechtle, W.S. Seegar, M.A. Yates, M.J. McGrady, M. Fuller, L. Schueck, J. Dayton & C.J. Henny 2004. Autumn migration and wintering areas of Peregrine Falcons *Falco peregrinus* nesting on the Kola Peninsula, northern Russia. *Ibis* 146: 291-297.
- van Gasteren H., I. Both, J. Shamoun-Baranes, J.-O. Laloë & W. Bouten 2014. GPS-logger onderzoek aan Buizerds helpt vogelaanvaringen op militaire vliegvelden te voorkomen. *Limosa* 87: 107-116.
- van Gils J.A., T. Piersma, A. Dekinga & B. Spaans 2000. Voortdurend in de lucht: zenderonderzoek aan Kanoeten *Calidris canutus* in de westelijke Waddenzee. *Limosa* 73: 29-34.
- van Gils J.A., A. Dekinga, B. Spaans, W.K. Vahl & T. Piersma 2005. Digestive bottleneck affects foraging decisions in red knots *Calidris canutus*. II. Patch choice and length of working day. *Journal of Animal Ecology* 74: 120-130.
- van Gils J.A., B. Spaans, A. Dekinga & T. Piersma 2006. Foraging in a tidally structured environment by red knots (*Calidris canutus*): ideal, but not free. *Ecology* 87: 1189-1202.
- van Gils J.A., V.J. Munster, R. Radersma, D. Liefhebber, R.A. Fouchier & M. Klaassen 2007. Hampered foraging and migratory performance in swans infected with low-pathogenic avian influenza A virus. *PLoS One* 2, e184.
- Goldstein M.I., T.E. Lacher Jr., M.E. Zaccagnini, M.L. Parker & M.J. Hooper 1999. Monitoring and assessment of Swainson's hawks in Argentina following restrictions on monocrotophos use: Ecotoxicology 8: 215-224.
- Green M., T. Piersma, J. Jukema, P. de Goeij, B. Spaans & J. van Gils 2002a. Radio-telemetry observations of the first 650 km of the migration of Bar-tailed Godwits *Limosa lapponica* from the Wadden Sea to the Russian Arctic. *Ardea* 90: 71-80.
- Green M., T. Alerstam, P. Clausen, R. Drent & B.S. Ebbinge 2002b. Dark-bellied Brent Geese *Branta bernicla bernicla*, as recorded by satellite telemetry, do not minimize flight distance during spring migration. *Ibis* 144: 106-121.
- Harris M.P., F. Daunt, M. Newell, R.A. Phillips & S. Wanless 2010. Wintering areas of adult Atlantic puffins *Fratercula arctica* from a North Sea colony as revealed by geolocation technology. *Marine biology* 157: 827-836.
- Hegemann A., H.P. van der Jeugd, M. de Graaf, L.L. Oostebink & B.I. Tieleman 2010. Are Dutch Skylarks partial migrants? Ring recovery data and radio-telemetry suggest local coexistence of contrasting migration strategies. *Ardea* 98: 135-143.
- Hooijmeijer J.C.E.W., N.R. Senner, T.L. Tibbitts, R.L. Gill Jr, D.C. Douglas, L.W. Bruinzeel, E. Wymenga & T. Piersma 2013. Post-breeding migration of Dutch-breeding Black-tailed Godwits: timing, routes, use of stopovers, and nonbreeding destinations. *Ardea* 101: 141-152.
- Hooijmeijer, J.C.E.W., R.E. Gill Jr., D.M. Mulcahy, T.L. Tibbitts, R. Kentie, G.J. Gerritsen, L.W. Bruinzeel, D.C. Tijssen, C.M. Harwood & T. Piersma 2014. Abdominally implanted satellite transmitters affect reproduction and survival rather than migration of large shorebirds. *Journal of Ornithology* 155: 447-457.
- Kenward R.E. 2000. A manual for wildlife radio tagging. Academic Press, London.
- van Kleunen A., H. Sierdsema, M. Nijssen, V. Lipman & D. Groenendijk 2007. Het Jaar van de Nachtzwaluw 2007. Sovon-rapport 2007/10. Sovon, Beek-Ubbergen.
- Klaassen R.H.G., R. Strandberg, M. Hake & T. Alerstam 2008. Flexibility in daily travel routines causes regional variation in bird migration speed. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 62: 1427-1432.
- Klaassen R.H.G., B.J. Ens, J. Shamoun-Baranes, K.-M. Exo & F. Bairlein 2011. Migration strategy of a flight generalist, the Lesser Black-backed Gull *Larus fuscus*. *Behavioral Ecology* 23: 58-68.
- Klaassen R., A. Schlaich, M. Franken, W. Bouten & B. Koks 2014a. GPS-loggers onthullen gedrag Grauwe kiekendieven in Oost-Groningse akkerland. *De Levende Natuur* 115: 61-66.
- Klaassen R., A. Schlaich, W. Bouten, C. Both & B. Koks 2014b. Eerste resultaten van het jaarrond volgen van Blauwe Kiekendieven broedend in het Oost-Groningse akkerland. *Limosa* 87: 135-148.
- Klaassen R.H.G., M. Hake, R. Strandberg, B.J. Koks, C. Trierweiler, K.-M. Exo, F. Bairlein & T. Alerstam 2014c. When and where does mortality occur in migratory birds? Direct evidence from long-term satellite tracking of raptors. *Journal of Animal Ecology* 83: 176-184.
- Klaassen R., H. Klaassen, A. Berghuis, M. Berghuis, K. Schreven, Y. van der Horst, H. Verkade & L. Kearsley. 2014d. Trekroutes en overwinteringsgebieden van Nederlandse Gierzwaluwen ontrafeld met geolocators. *Limosa* 87: 173-181.
- Kleijn D., J. van der Hout, B. Voslamber, Y. van Randen & T.C.P. Melman 2012. In Nederland broedende Grauwe ganzen - Ontwikkelingen in landbouwkundige schade en factoren die hun ruimtegebruik beïnvloeden. Alterra-rapport 2343, Alterra, Wageningen.
- Koffijberg K., A. van Kleunen & F. Majoor 2007. Kwartelkoningen in de peiling: territoriumactiviteit en terreingebruik met zendertechniek in kaart gebracht. *Limosa* 80: 167-171.
- Koks B.J., C. Trierweiler, E.G. Visser, C. Dijkstra & J. Komdeur 2007. Do voles make agricultural habitat attractive to Montagu's Harrier *Circus pygargus*? *Ibis* 149: 575-586.
- Kolsters J.P. Wouters & W. de Veer 2014 Voedselstrategieën van de Groene Specht. *Limosa* 87: 74-81.
- Krijgsveld K., J.W.H. Reneerkens, G.D. McNett & R.E. Ricklefs. 2003. Time budgets and body temperatures of American Golden Plover chicks in relation to ambient temperature. *The Condor* 105: 268-278.
- Lindsell J.A., G. Serra, L. Peške, M.S. Abdullah, G. al Qaim, A. Kanani & M. Wondafraash 2009. Satellite tracking reveals the migration route and wintering area of the Middle East population of Critically Endangered Northern Bald Ibis *Geronticus eremita*. *Oryx* 43: 329-335.
- Lisovski S., C.M. Hewson, R.H.G. Klaassen, F. Korner-Nievergelt, M.W. Kristensen & S. Hahn 2012. Geolocation by light: accuracy and precision affected by environmental factors. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 603-612.
- van Manen W., J. van Diermen, S. van Rijn & P. van Geneijgen 2011. Ecologie van de Wespandief *Pernis apivorus* op de Veluwe in 2008-2010, populatie, broedbiologie, habitatgebruik en voedsel. Natura 2000 rapport, Provincie Gelderland, Arnhem / Stichting Boomtop, Assen
- Margalida A., M. Carrete, D. Hegglin, D. Serrano, R. Arenas & J.A. Donazar 2013. Uneven large-scale movement patterns in wild and reintroduced pre-adult Bearded Vultures: conservation implications. *PLoS ONE* 8: e65857.
- Márquez-Ferrando, R., J.C.E.W. Hooijmeijer, N. Groen, T. Piersma & J. Figuerola 2011. Could Doñana, SW Spain, be an important wintering area for continental Black-tailed Godwits *Limosa limosa limosa*? Wader Study Group Bulletin 118: 82-86.
- Márquez-Ferrando, R., J. Figuerola, J.C.E.W. Hooijmeijer & T. Piersma 2014. Recently created man-made habitats in Doñana provide alternative wintering space for the threatened continental European black-tailed godwit population. *Biological Conservation* 171: 127-135.
- Mennill D.J., S.M. Doucet, K.A.A. Ward, D.F. Maynard, B. Otis & J.M. Burt 2012. A novel digital telemetry system for tracking wild animals: a field test for studying mate choice in a lekking tropical bird. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 663-672.
- Meyburg B.-U. & M.R. Fuller 2007. Satellite tracking. In: Bird D.M. & K.L. Bildstein (eds.), *Raptor Research and Management Techniques*, pp. 242-248. Hancock House Publishers, Surrey, Canada.
- Mulder J.L. 1988. De vos in het Noordhollands Duinreservaat. Deel 4: De fazantenpopulatie. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer 88/44, Arnhem.
- Nathan R., O. Spiegel, S. Fortmann-Roe, R. Harel, M. Wikelski & W.M. Getz



Kees Camphuysen

Kleine Mantelmeeuw met GPS-logger in de kolonie in de Kelderhuispolder op Texel, 22 mei 2011. *A Lesser Black-backed Gull fitted with a GPS-logger in the breeding colony in the Kelderhuispolder on the island of Texel.*

2012. Using tri-axial acceleration data to identify behavioral modes of free-ranging animals: general concepts and tools illustrated for griffon vultures. *Journal of Experimental Biology* 215: 986-996.
- Niewold F.J.J. & H. Nijland 1988. De Sallandse Heuvelrug als reservaat voor het Westeuropese heidekorhoen. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer 88/59, Arnhem.
- Nolet B., A. Kölzsch, K. Oosterbeek & P. de Vries 2014. Pleisterplaatsen van gezenderde Kleine Zwanen. *Limosa* 87: 149-155.
- Nowak E., P. Berthold & U. Querner 1990. Satellite tracking of migrating Bewick's Swans. *Naturwissenschaften* 77: 549-550.
- Nuijten R.J.M., A. Kölzsch, J.A. van Gils, B.J. Hoyer, K. Oosterbeek, P.P. de Vries, M. Klaassen & B.A. Nolet 2014. The exception to the rule: re-treating ice front makes Bewick's swans *Cygnus columbianus bewickii* migrate slower in spring than in autumn. *Journal of Avian Biology* 45: 113-122.
- van Oosten H.H., R. Versluijs & R. van Wijk 2014. Twee Nederlandse Tapuiten in de Sahel: trekroutes en winterlocaties ontrafeld. *Limosa* 87: 168-172.
- Ottens H.J., M.W. Kuiper, C.W.M. van Scharenburg & B.J. Koks 2013. Akkerlandenbeheer niet de sleutel tot succes voor de Veldleeuwerik in Oost-Groningen. *Limosa* 86: 140-152.
- Piersma T., R.B. MacCurdy, R.M. Gabrielson, J. Cluderay, A. Dekinga, E.L. Spaulding, T. Oudman, J. Onrust, J.A. van Gils, D.W. Winkler & A.J. Bijleveld 2014. Fijnmazige positiebepaling van individuen in groepen: de principes en drie toepassingen van TOA-tracking. *Limosa* 87: 156-167.
- Roodbergen M. & T.C. Klok 2008. Timing of Breeding and Reproductive Output in Two Black-Tailed Godwit *Limosa limosa* Populations in The Netherlands. *Ardea* 96:219-232
- Roodbergen M., H. Schekkerman, W.A. Teunissen & E. Oosterveld 2010. De invloed van beheer en predatie op de overleving van weidevogelkuikens in Friesland. SOVON-onderzoeksrapport 2010/12; A&W rapport 1510. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen
- Roodbergen M., Nienhuis J. & Majoor F. 2011. Habitatvoorkeur van broedende Ooievaars in de IJsselvallei. SOVON-onderzoeksrapport 2011/16. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen
- Sakamoto K.Q., A. Takahashi, T. Iwata & P.N. Trathan 2009. From the Eye of the albatrosses: a bird-borne camera shows an association between albatrosses and a killer whale in the Southern Ocean. *PLoS ONE* 4: e7322.
- Schekkerman H. & G. Müskens 2000. Produceren Grutto's *Limosa limosa* in agrarisch grasland voldoende jongen voor een duurzame populatie? *Limosa* 73: 121-134.
- Schekkerman H., W.A. Teunissen & E. Oosterveld. 2009a. Mortality of Black-tailed Godwit *Limosa limosa* and Northern Lapwing *Vanellus vanellus* chicks in wet grasslands: influence of predation and agriculture. *Journal of Ornithology* 150: 133-145.
- Schekkerman H., W. Teunissen & E. Oosterveld. 2009b. Broedsucces van grutto's bij agrarisch mozaïekbeheer in 'Nederland Gruttoland'. Alterra-rapport 1291, Alterra, Wageningen.
- Shamoun-Baranes J., R. Bom, E.E. van Loon, B.J. Ens, K. Oosterbeek & W. Bouten 2012. From sensor data to animal behaviour: an oystercatcher example. *PLoS One* 7: e37997.
- Snijders L., E.P. van Rooij, J.M. Burt, C.A. Hinde, K. van Oers & M. Naguib 2014. Social networking in territorial great tits: slow explorers have the least central social network positions. *Animal Behaviour* 98: 95-102.
- Spaans B., M. Brugge, A. Dekinga, H. Horn, L. van Kooten & T. Piersma 2009. Oost, West, thuis best. Op welke schaal benutten individuele Kanoeten het Nederlandse Waddengebied? *Limosa* 82: 113-121.
- Speek B.J. & G. Speek 1984. Thieme's vogeltrekAtlas. Thieme, Zutphen.
- Strandberg R., R.H.G. Klaassen, M. Hake, P. Olofsson, K. Thorup & T. Alerstam 2008. Complex timing of Marsh Harrier *Circus aeruginosus*

- nosus* migration due to pre-and post-migratory movements. *Ardea* 96: 159-171.
- Strandberg R., T. Alerstam, M. Hake & N. Kjellén 2009a. Short-distance migration of the Common Buzzard *Buteo buteo* recorded by satellite tracking. *Ibis* 151: 200-206.
- Strandberg R., R.H.G. Klaassen & K. Thorup 2009b. Spatio-temporal distribution of migrating raptors: a comparison of ringing and satellite tracking. *Journal of Avian Biology* 40: 500-510.
- Strikwerda T.E., M.R. Fuller, W.S. Seegar, P.W. Howey & H.D. Black 1986. Bird-borne satellite transmitter and location program. *Johns Hopkins APL Technical digest* 7: 203-208.
- Stutchbury B.J., S.A. Tarof, T. Done, E. Gow, P.M. Kramer, J. Tautin, J.W. Fox & V. Afanasyev 2009. Tracking long-distance songbird migration by using geolocators. *Science* 323: 896-896.
- Tøttrup A.P., R.H.G. Klaassen, R. Strandberg, K. Thorup, M.W. Kristensen, P.S. Jørgensen, J. Fox, V. Afanasyev, C. Rahbek & T. Alerstam 2012. The annual cycle of a trans-equatorial Eurasian-African passerine migrant: different spatio-temporal strategies for autumn and spring migration. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 1008-1016.
- Trierweiler C., R.H. Drent, J. Komdeur & B.J. Koks. 2010. Home range size and habitat selection of the endangered Montagu's Harrier *Circus pygargus* in NW-Europe: implications for conservation. *In*: Trierweiler C., Travels to feed and food to breed. The annual cycle of a migratory raptor, Montagu's harrier, in a modern world. Proefschrift, Rijksuniversiteit Groningen.
- Trierweiler C., W.C. Mullié, R.H. Drent, K.-M. Exo, J. Komdeur, F. Bairlein, A. Harouna, M. Bakker, & B.J. Koks 2013. A Palaearctic migratory raptor species tracks shifting prey availability within its wintering range in the Sahel. *Journal of Animal Ecology* 82: 107-120.
- Trierweiler C., R.H.G. Klaassen, R.H. Drent, K.-M. Exo, J. Komdeur, F. Bairlein & B.J. Koks 2014. Migratory connectivity and population-specific migration routes in a long-distance migratory bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281: 20132897.
- Vansteelant W., W. Bouten, R.H.G. Klaassen, B.J. Koks, A.E. Schlaich, J. van Diermen, E.E. van Loon & J. Shamoun-Baranes 2014. Regional and seasonal flight speeds of soaring migrants and the role of weather conditions at hourly and daily scales. *Journal of Avian Biology* 45: 1-15.
- Verkuil Y.I., J.J. Wymenga, J.C.E.W. Hooijmeijer & T. Piersma 2010. Spring migration of Ruffs *Philomachus pugnax* in Fryslân: methodological issues affecting estimates of staging duration using resighting data. *Ardea* 98: 21-33.
- Voskamp P. & P. de Boer 2011. Overwinterende Blauwe Kiekendieven in de akkergebieden van Zuid-Limburg. *Limburgse Vogels* 21: 1-9.
- Wassink G.J. 2009. Nederlandse oehoes per satelliet gevolgd. *Natura* 3: 83-86.
- Wassink G.J. 2014. Dispersie van jonge Oehoes in beeld gebracht met satellietzenders en GPS-loggers. *Limosa* 87: 91-98.
- van Wijk R.E., A. Kölzsch, H. Kruckenberg, B.S. Ebbinge, G.J. Müskens & B.A. Nolet 2012. Individually tracked geese follow peaks of temperature acceleration during spring migration. *Oikos* 121: 655-664.
- Wijnandts H. 1984 Ecological energetics of the Long-eared Owl (*Asio otus*). *Ardea* 72: 1-92.
- van der Winden J., M.J.M. Poot, & P.W. van Horssen 2010. Large birds can migrate fast: the post-breeding flight of the Purple Heron *Ardea purpurea* to the Sahel. *Ardea* 98: 395-402.
- van der Winden J., M.J.M. Poot & P.W. van Horssen 2014a. Satellietzenders geven inzicht in ligging, vliegafstanden, omvang en plaatsstrouw van foerageerlocaties van Purperreigers in Nederland. *Limosa* 87: 82-90.
- van der Winden J., R.C. Fijn, P.W. van Horssen, D. Gerritsen-Davidse & T. Piersma 2014b. Idiosyncratic migrations of Black Terns (*Chlidonias niger*): diversity in routes and stopovers. *Waterbirds* 37: 162-174.

Raymond Klaassen, Werkgroep Grauwe Kiekendief, Postbus 46, 9679 ZG Scheemda & Afdeling Dierecologie, CEES, Rijksuniversiteit Groningen, Postbus 11103, 9700 CC Groningen & Vogeltrekstation, Centrum voor Vogeltrek en -demografie, Afdeling Dierecologie, Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW), Droevendaalsesteeg 10, 6708PB, Wageningen; raymond.klaassen2@gmail.com

Jeroen Reneerkens, Afdeling Dierecologie, CEES, Rijksuniversiteit Groningen, Postbus 11103, 9700 CC Groningen; j.w.h.reneerkens@rug.nl

..... An overview of bird tracking studies in the Netherlands

Research in the Netherlands knows a long history in bird tracking studies. In this introduction to the special issue of *Limosa* on bird tracking, we provide an overview of different bird tracking techniques (Tab. 1), and their use in the Netherlands (Tab. 2). Also studies were considered in which birds tagged abroad passed or ended up in the Netherlands (Tab. 3). We identified an impressive amount of Dutch tracking studies. Radio transmitters have been used most frequently, mainly for studies focussing on local behaviour (e.g. habitat use). For migration studies researchers relied on (GPS-based)

satellite telemetry and, recently, light-level geolocation. Modern GPS-loggers like the UvA-BITS and e-obs are currently the most advanced tracking systems, and because of the plethora of accurate data these systems provide, they have been used for both local habitat use and migration studies. More complex tracking systems, such as Encounternet and TOA have only been used by specialised institutions. Tracking studies have enormously boosted our understanding of the behaviour and movements of birds, both at the local and global scale.