



Een vergelijking van de voorjaars trek van drie populaties Brandganzen met behulp van GPS-satellietzenders

Pleisterende Brandganzen van de Spitsbergenpopulatie in Noorwegen, Herøy, 4 mei 2009. *Staging Svalbard Barnacle Geese in Norway*. (foto Paul Shimmings)

Onderzoek naar trekvogels heeft een grote vlucht genomen sinds de introductie van draagbare apparatuur met ingebouwde GPS-ontvangers, omdat we hiermee de trek van individuele vogels in groot detail kunnen volgen. In dit artikel brengen we met behulp van GPS-satellietzenders de voorjaars trek van drie populaties Brandganzen in kaart. Populaties verschillen in hun migratiepatronen, wat kan worden teruggevoerd op verschillen tussen routes, met name het al dan niet moeten overstenen van een grote geografische barrière. Daarnaast laten ganzen tussen jaren opmerkelijke verschillen in trekpatronen zien, bijvoorbeeld het overslaan van gangbare pleisterplaatsen. De trek van Brandganzen blijkt verrassend variabel te zijn.

Rob de Boer, Silke Bauer, Henk P. van der Jeugd, Bruno J. Ens, Larry Griffin, David Cabot, Klaus-Michael Exo, Bart A. Nolet & Andrea Kölzsch

Door een gematigd winterklimaat vormt West-Europa een belangrijk overwinteringsgebied voor veel soorten watervogels (Van Eerden *et al.* 2005). Veel van deze watervogels zijn trekvogels met (sub)Arctische broedgebieden. Migratie bestaat uit twee basale elementen, namelijk de route, inclusief pleisterplaatsen, en de timing en duur van de trek. Door directe observaties en ringonderzoek zijn populatiespecifieke trekpatronen van veel vogelsoorten in grote lijnen bekend (Bairlein 2001). Met behulp van GPS-zenders kunnen we nu echter ook de precieze routes, gebruik van pleisterplaatsen, en de timing en duur van de trek van individuele vogels heel gedetailleerd in kaart brengen. In dit artikel nemen we de voorjaartrek van de Brandgans *Branta leucopsis* onder de loep. Gebaseerd op GPS-gegevens presenteren en vergelijken we gedetailleerde trekpatronen van individuele Brandganzen uit verschillende populaties.

De Brandgans is een Arctische broedvogel die overwintert in gematigde gebieden in Noordwest-Europa. Er bestaan drie, vrijwel geheel genetisch gescheiden, brandganspopulaties (Jonker 2011) met verschillende, geografisch



Keith Kirk

Brandganzen in vlucht bij Southwick, Inner Solway Firth, Schotland, maart 2007, waaronder een gezenderde vogel. *Svalbard Barnacle geese in flight near Southwick, Inner Solway Firth, Scotland, March 2007, including a tagged individual.*

gescheiden trekroutes. Het gaat hierbij om Brandganzen die hoofdzakelijk overwinteren in Nederland en broeden in Rusland, Brandganzen die overwinteren aan de Solway Firth in het grensgebied van Schotland en Engeland en broeden in Spitsbergen, en Brandganzen die overwinteren aan de westkust van Schotland en Ierland en broeden in Groenland (Scott & Rose 1996). Het vergelijken van deze populaties is met name interessant omdat de gebieden waar ze doorheen trekken aanmerkelijk verschillen en eventuele verschillen en overeenkomsten in trekpatronen een idee geven over de mate waarin bijvoorbeeld de aanwezigheid van een geografische barrière de trek beïnvloedt.

In dit artikel richten we ons op de voorjaars trek, omdat Brandganzen voor hun broedsucces afhankelijk zijn van voedselbronnen op pleisterplaatsen langs de voorjaars trekroute. Het broedsucces hangt samen met de aankomsttijd in de broedgebieden en de lichaamsconditie waarin de vogels arriveren (Prop 2003). Brandganzen lijken hun voorjaars trek te synchroniseren met de zogenoemde 'groene golf', de noordwaarts verschuivende piek in de groei van de vegetatie in het voorjaar (Drent *et al.* 2007; Van der Graaf 2006). Daarnaast lijken ganzen de duur van hun verblijf op een bepaalde pleisterplaats ook af te laten hangen van hun conditie op dat moment (reeds geaccumuleerde (vet)reserves) en de kwaliteit van de pleisterplaats (de snelheid waarmee vetreserves kunnen worden opgebouwd) (Prop *et al.* 2003;

Prop 2004; Tombre *et al.* 2008). Voor een succesvolle migratie, en vooral voor een succesvol broedseizoen, lijkt het echter van belang om niet alleen 'bij te tanken' op de pleisterplaatsen langs de trekroute, maar ook om met voldoende reserves het overwinteringsgebied te verlaten (Ebbing & Spaans 1995). In de maand voor vertrek gebruiken de vogels plekken met voedsel van hoge kwaliteit en veel rust, zoals de kwelders aan de Solway (Schotland) en op Schiermonnikoog Fr om voldoende reserves op te slaan (Ydenberg & Prins 1981; Scott & Rose 1996; Phillips *et al.* 2003; Griffin 2008). Daarnaast opperen Hübner *et al.* (2006 & 2010) dat Brandganzen dicht bij de broedgebieden verder 'opvetten'. Zo gebruikt bijvoorbeeld ongeveer een vijfde van de vogels van de Spitsbergenpopulatie voorafgaand aan het broeden een in Zuid-Spitsbergen gelegen plek (Hübner 2006).

De algemene trekpatronen van Brandganzen werden duidelijk door onderzoek met (kleur)ringen, waarmee individuen in het veld op afstand herkend konden worden (Ogilvie & Owen 1984). Een belangrijke stap voorwaarts was het gebruik van kleine *light-loggers* ('geolocators') die zonsopkomst en zonsondergang registreren. Door de ganzen terug te vangen en deze dataloggers uit te lezen kon men voor het eerst grofweg bepalen hoe de trek van individuele Brandganzen van dag tot dag verliep (Eichhorn *et al.* 2006). Dergelijk onderzoek werd verder verfijnd en ook veel betrouwbaarder gemaakt door het gebruik van satellietzenders met

ingebouwde GPS-ontvangers. In de loop der tijd zijn er steeds lichtere GPS-satellietzenders ontwikkeld die steeds minder een belasting vormen voor de vogel, en met een steeds langere levensduur, met name door de toepassing van zonnepanelen. Bijkomend voordeel is dat de vogels niet hoeven te worden teruggevangen, omdat de GPS-data via satellieten wordt verstuurd. Si *et al.* (2011) hebben GPS-satellietzenders gebruikt om de ruimtelijke verdeling van Brandganzen op zeer lokaal niveau te onderzoeken. In deze studie gebruiken we ze om de trekroutes en pleisterplaatsen van individuele Brandganzen in kaart te brengen en te vergelijken.

METHODE

Trekroutes en pleisterplaatsen

Voor deze studie gebruikten we GPS-gegevens van de complete voorjaartrek van adulte Brandganzen uit drie verschillende populaties. Vogels uit de Groenland- en Spitsbergenpopulaties waren mannetjes; de vogels uit de Ruslandpopulatie waren vrouwtjes. Omdat paren samen reizen tijdens de trek nemen we aan dat mannetjes en vrouwtjes dezelfde patronen laten zien en daarom ook vergeleken kunnen worden. Deze Brandganzen werden tussen 2006 en 2011 uitgerust met een GPS-satellietzender (45 g en 30 g Solar Argos/GPS-PTT-100; Microwave Telemetry Inc., Columbia, USA, nauwkeurigheid van de GPS is 18 m; Ens *et al.* 2008).

We gebruikten alleen data van het eerste jaar dat een individu een zender droeg, om pseudoreplicatie te voorkomen en omdat we er vanuit gingen dat een nieuwe zender de beste data zou opleveren. Deze dataset omvat trajecten van 39 individuele ganzen. Het aantal gegevens per gans per dag was gemiddeld 3,5 (spreiding 1-5) voor de Ruslandpopulatie, gemiddeld 6,8 (1-16) voor de Groenlandpopulatie en gemiddeld 6,9 (1-17) voor de Spitsbergenpopulatie. Het totale aantal GPS-posities is ongeveer 36 000.

De pleisterplaatsen zijn bepaald zoals beschreven door Van Wijk *et al.* (2012): een pleisterplaats is gedefinieerd als een cluster van (opeenvolgende) posities binnen een radius van 30 km en met een minimale verblijftijd van 48 uur. Uitstapjes van meer dan 30 km, indien deze plaatsvonden binnen zes uur, werden toegekend aan de desbetreffende pleisterplaats. Bij vertrek uit de overwinteringsgebieden verplaatsten sommige vogels zich naar kwelders met een hoge kwaliteit aan voedsel (bijvoorbeeld Schiermonnikoog en Solway). We beschouwen deze opvetplaats als de vertrekplaats. Als vogels zich in het voorjaar niet verplaatsten, gebruikten we de laatste overwinteringsplaats (soms de enige plaats gebruikt gedurende de hele winter) als vertrekpunt. De laatste pleisterplaats is de laatst bezochte plek voordat de vogels gingen broeden.

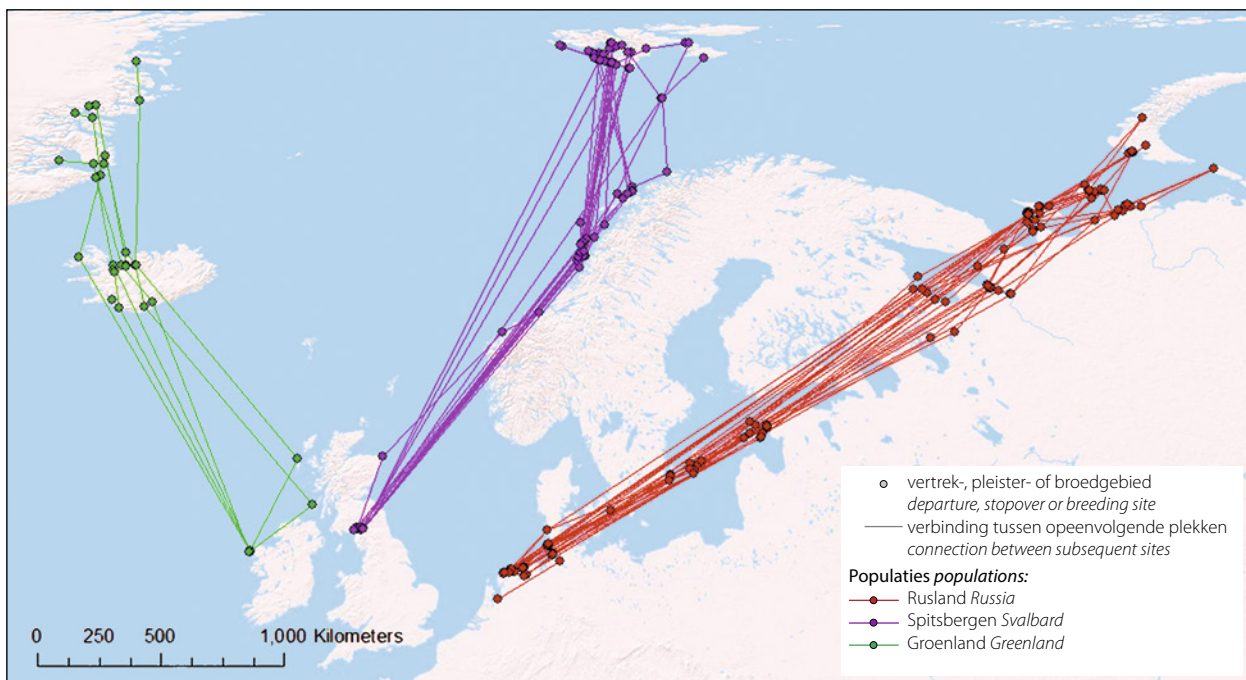
Per pleisterplaats berekenden we gemiddelde coördinaten als de gemiddelden van de breedte- en lengtegraden

van alle posities van een vogel die tot dezelfde pleisterplaats werden gerekend. Voor elke individuele pleisterplaats hebben we gecheckt of eventuele ontbrekende gegevens ('gaten' in de data) de berekende verblijfsduur, aankomst- of vertrekdatum beïnvloedden. We vonden geen verschillen groter dan 12 uur. Vervolgens berekenden we per pleisterplaats de verblijfsduur. De totale duur van de voorjaartrek werd berekend als verschil tussen de momenten van vertrek vanaf het overwinteringsgebied en aankomst in het broedgebied. De afgelegde afstanden tussen pleisterplaatsen werden berekend als de '*great circle distance*', de kortste afstand over het (gekromde) aardoppervlak. Opgeteld geven deze afstanden de totaal afgelegde trekafstand, gedeeld door de totale duur geeft dit de gemiddelde migratiesnelheid.

Pleisterplaatsen zijn gegroepeerd naar topografische zones om de gemiddelde verblijfsduur op pleisterplaatsen in deze zones te kunnen vergelijken tussen de populaties. Pleisterplaatsen halverwege de trekroute zijn die in IJsland, Noorwegen en rond het Baltische gebied. Pleisterplaatsen aan het einde van de trekroute zijn die rond de broedgebieden: Oost-Groenland, Spitsbergen, en Witte Zee en Barentsz Zee (Rusland).

Broedstatus

Aan elke vogel werd een individuele 'broedstatus' toegekend. Om deze vast te stellen gebruikten we naast waarnemingen uit het overwinteringsgebied – die we verkregen van 14 vogels, alle zeven individuen uit Groenland en zeven uit Spitsbergen, maar geen enkele uit Rusland – ook de GPS-gegevens uit het broedgebied. Omdat ganzen in familieverband naar het wintergebied trekken kan men daar bepalen of een vogel succesvol heeft gebroed. Dat lukt echter niet altijd, omdat niet alle ganzen 's winters worden waargenomen. Daarnaast kan een familie zijn jongen ook na het broeden of tijdens de herfsttrek verliezen; dat deze ganzen wel succesvol hebben gebroed (dat wil zeggen: eieren uitgekomen) is dan 's winters niet meer zichtbaar. Als alternatief keken we in de GPS-gegevens naar de mobiliteit van vogels in het broedgebied. We namen daarbij aan dat broedende vogels geen grotere afstand afleggen dan 2 km van het nest (eigen waarnemingen H.P. van der Jeugd). Mannetjes zijn het minst mobiel en blijven dicht bij het nest gedurende de gehele broedperiode, terwijl vrouwtjes soms het nest verlaten om te gaan foerageren (eigen waarnemingen H.P. van der Jeugd). Als een vogel gedurende minstens 26 dagen, de gemiddelde broedduur (Scott & Rose 1996; Hübner *et al.* 2010), stationair was, namen we aan dat hij/zij had gebroed. Door waarnemingen en GPS-gegevens te combineren konden de individuen worden verdeeld in vier groepen: succesvol gebroed op basis van winterwaarnemingen, gebroed (alleen op basis van GPS), niet succesvol gebroed (op basis van winterwaarnemingen en GPS) en niet gebroed (alleen op basis van GPS).



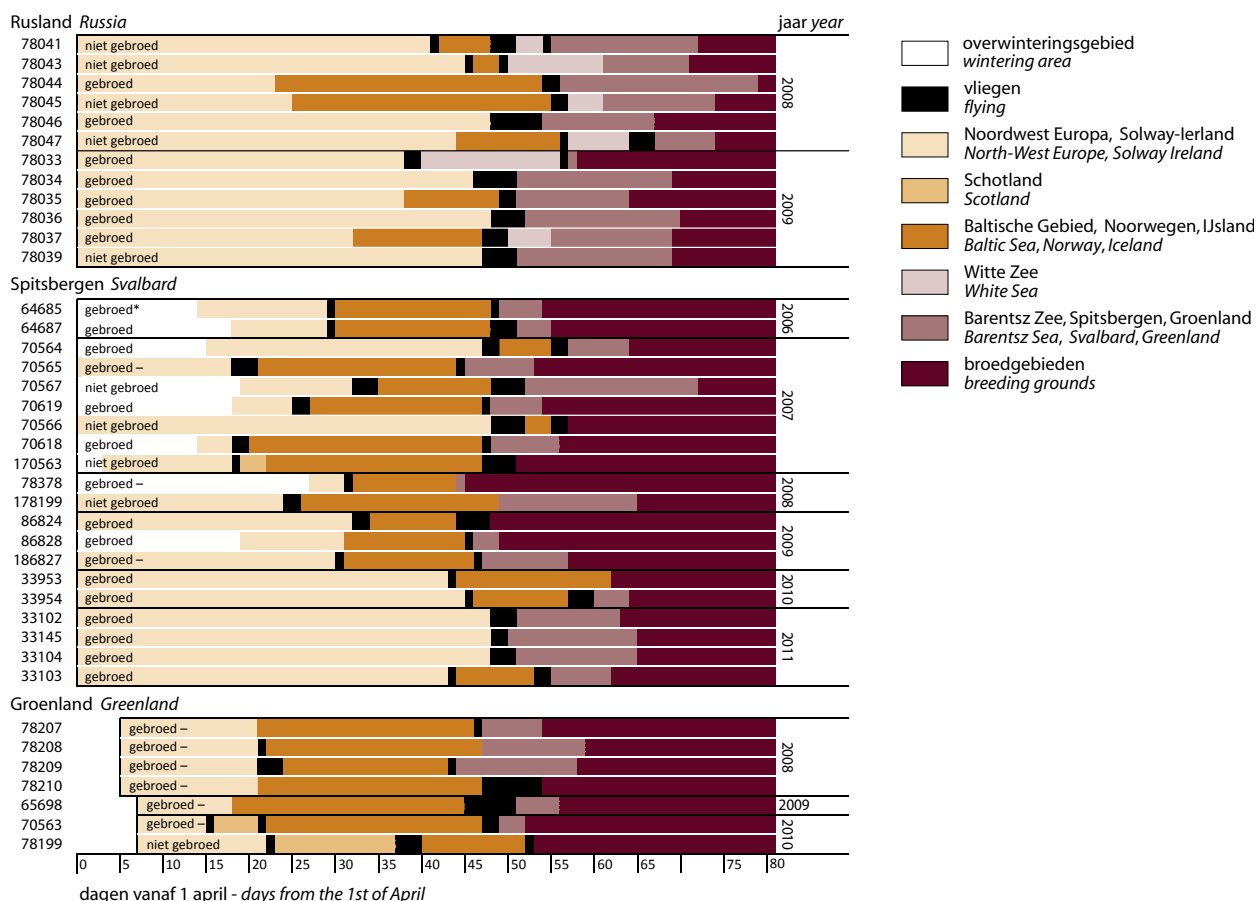
Figuur 1. Trekroutes van de overwinteringsgebieden naar de broedgebieden van 39 Brandganzen uit drie populaties, trekkend naar Rusland, Spitsbergen en Groenland. Lijnen verbinden opeenvolgende plekken en geven niet de daadwerkelijke vliegroutes weer. *Migration routes from wintering to breeding areas of 39 satellite-tagged Barnacle Geese from three populations, migrating to Russia, Svalbard and Greenland. The connecting lines do not necessarily reflect true flight paths.*

Tabel 1. Gegevens over de voorjaarstrek van drie populaties Brandganzen. Duur van de trek is de tijd tussen het vertrek uit het overwinteringsgebied en aankomst in het broedgebied. De totale trekafstand is de cumulatieve afstand tussen overwinteringsgebied, pleisterplaatsen en broedgebied. Mid-trekroute pleisterplaatsen liggen in het Oostzeegebied, Noorwegen en IJsland, einde-trekroute pleisterplaatsen in de buurt van de broedgebieden (Witte Zee en Barentsz Zee (Rusland), Spitsbergen en Oost-Groenland). Verblifsduur op pleisterplaatsen is naar boven afgerond op hele dagen. *Data on spring migration of three Barnacle Goose populations. Duration of migration is the time between departure from the wintering ground to arrival at the breeding ground. Migration distance is the cumulative distance between the wintering area, stopover sites and breeding area. Mid-flyway stopover sites are in the Baltic Sea, Norway and Iceland; end-flyway sites are located near the breeding grounds (White Sea and Barentsz Sea (Russia), Svalbard and Eastern Greenland). Stopover duration was rounded upward to whole days.*

populatie population	Rusland Russia	Spitsbergen Svalbard	Groenland Greenland
aantal ganzen <i>number of geese</i>	12	20	7
gemiddelde treksnelheid (km/d) <i>average migration speed</i>	87 ^b	151 ^c	65 ^a
spreiding treksnelheid (km/d) <i>range of migration speed</i>	42-144	72-310	51-77
gemiddelde duur van de trek (d) <i>average duration of migration</i>	40 ^c	22 ^a	35 ^b
spreiding in duur van de trek (d) <i>range of duration of migration</i>	20-63	9-41	31-39
gemiddelde afgelegde afstand (km) <i>average migration distance</i>	2964 ^c	2780 ^b	2324 ^a
gemiddelde afstand tussen pleisterplaatsen (km) <i>average distance between stopovers</i>	635	927 ^b	550 ^a
spreiding in afstand tussen pleisterplaatsen (km) <i>range of distance between stopovers</i>	18-2634	16-2575	25-1493
gemiddeld aantal bezochte pleisterplaatsen <i>average number of stopovers visited</i>	3.67 ^b	1.86 ^a	3.14 ^b
spreiding in aantal pleisterplaatsen <i>range of number of stopovers</i>	1-6	1-6	3-4
gemiddelde verblijfsduur op mid-trekroute pleisterplaatsen (aantal) <i>mean duration of mid-flyway stopovers (number)</i>	8.8 (12)	11.0 (24)*	11.8 (14)*
gemiddelde verblijfsduur op einde-trekroute pleisterplaatsen (aantal) <i>mean duration of end-flyway stopovers (number)</i>	6.9 (29)	6.0 (22)*	5.4 (7)*

^{a b c} verschillende letters geven een significant verschil weer ($P < 0.05$; zie tekst voor details); eenzelfde letter betekent dat de betreffende populaties niet significant verschilden. *different letters indicate a significant difference ($P < 0.05$; see text for details); the same letters indicate no significant difference between the two populations.*

* significant verschillend binnen de populaties ($P < 0.05$; zie tekst voor details); *significant difference within populations ($P < 0.05$; see text for details)*



Figuur 2. Verdeling in de tijd en ruimte tijdens de voorjaarstrek van 39 gezenderde Brandganzen uit drie populaties. De nummers zijn de ID's van de satellietzenders. Kleuren markeren de regio waar de bezochte pleisterplaatsen liggen. Als vertrek en aankomst op dezelfde dag plaatsvonden werd deze dag toegewezen aan een van de twee pleisterplaatsen, en is de vlucht niet als zodanig herkenbaar. Per vogel wordt de broedstatus gegeven op basis van de GPS-gegevens (in woorden) en op basis van waarnemingen in het overwinteringsgebied (* succesvol gebroed, – niet succesvol gebroed). *Spatio-temporal distribution of 39 Barnacle Geese from three flyway populations. Numbers are IDs of the satellite transmitters. Colours indicate the location of stopovers. When departure and arrival occurred on the same day, this day was assigned to one of the stopovers and the flight is not visible. Breeding status was assessed from GPS data (in words: “gebroed” = breeder, “niet gebroed” = non-breeder) and resightings during winter (* successful breeder, – unsuccessful breeder).*

RESULTATEN

In totaal werden meer dan 290 pleisterplaatsen gedefinieerd, inclusief vertrekplaatsen en broedgebieden (Rusland 154, Spitsbergen 101, Groenland 37; figuur 1). Als we kijken naar de afgelegde afstand vanaf het overwinteringsgebied tot het broedgebied, was deze het kortst voor de Groenlandpopulatie; ongeveer 2300 km tegenover 2700 km voor de Spitsbergenpopulatie en 2900 km voor de Ruslandpopulatie (Kruskal-Wallis Test: $\chi^2_2 = 14.23$, $P < 0.05$; tabel 1). De maximaal afgelegde afstand tussen twee pleisterplaatsen, zonder stops langer dan 48 uur, was in de laatste twee populaties dan ook groter: meer dan 2500 km. In de Groenlandpopulatie was de maximale afgelegde afstand tussen twee pleisterplaatsen 'slechts' 1493 km (tabel 1).

Zowel de gemiddelde duur als de snelheid van de voorjaarstrek verschilde significant tussen de populaties (duur: $\chi^2_2 = 14.11$, $P < 0.05$, snelheid: $\chi^2_2 = 17.66$, $P < 0.05$). De vogels van de Spitsbergenpopulatie hadden de kortste trek (22 dagen), en de grootste migratiesnelheid (151 km/dag), terwijl de vogels uit de Groenland- en Ruslandpopulaties gemiddeld 35 en 40 dagen deden over de voorjaarstrek, met een migratiesnelheid van respectievelijk 65 en 87 km/d (tabel 1). Ook de variatie in de duur van de voorjaarstrek verschilde tussen de populaties; binnen de Rusland- en Spitsbergenpopulaties was de variatie relatief groot (20-63 resp. 9-41 dagen) en binnen de Groenlandpopulatie was de variatie relatief klein met 31 tot 39 dagen (tabel 1).

Wat verder opvalt, is dat het gemiddeld aantal pleisterplaatsen voor vogels van de Spitsbergenpopulatie sig-



Vrouwelijke Brandgans van de Russische populatie, broedend op Kolgovev in juni 2011. *Female Barnacle Goose from the Russian population, nesting on Kolguyev Island, June 2011.* (foto Alexander Kondratiev)

nificant kleiner was dan voor de andere twee populaties ($\chi^2_2=10.75$, $P<0.05$). Ook waren voor de Spitsbergen- en Groenlandpopulatie de verblijfsduren op pleisterplaatsen net voor het oversteken van de oceaan (halverwege de trek-route) significant langer dan de verblijfsduur nabij en in de broedgebieden (Mann-Whitney U-test; Spitsbergen: $Z=2.18$, $P<0.05$, Groenland: $Z=2.02$, $P<0.05$). Voor de Ruslandpopulatie zien we zo'n verschil niet ($Z=0.552$, $P=0.6$; tabel 1).

De GPS-gegevens suggereren dat het grootste deel van de 39 gezenderde vogels heeft gebroed (figuur 2). Van slechts een klein aantal hiervan (14 vogels) leverden waarnemingen in het wintergebied een bevestiging van een succesvol, dan wel niet-succesvol broedseizoen.

Voor sommige populaties zien we in opeenvolgende jaren verschillen in het gebruik van pleisterplaatsen. Zo sloegen in 2011 drie van de vier ganzen van de Spitsbergenpopulatie Noorwegen over als pleisterplaats, terwijl dit in 2006-2010 in slechts twee van de 16 gevallen gebeurde. De vogels die Noorwegen in 2011 oversloegen maken één lange vlucht (zonder langer dan 48 uur te stoppen) van het overwinterings- naar het broedgebied. Het is ook opvallend dat ganzen in 2010 en 2011 later begonnen met broeden dan in eerdere jaren, wat gerelateerd lijkt te zijn aan het late vertrek uit het overwinteringsgebied, iets wat slechts twee keer eerder voorkwam (figuur 2). Groenlandse vogels laten daarentegen vrij consistent gedrag zien over de jaren. Voor de Rusland-

populatie zien we geen eenduidige verschillen tussen jaren, maar juist relatief veel variatie tussen individuen binnen een jaar. Ook hierbij is er een aantal vogels dat grofweg in één lange vlucht doorvliegt van het overwinteringsgebied naar het broedgebied. Over het algemeen zien we wel dat deze ganzen relatief vaak en lang gebruik maken van pleisterplaatsen nabij de broedgebieden (figuur 2, tabel 1).

DISCUSSIE

Dankzij het gebruik van GPS-satellietzenders hebben we de voorjaars trek van individuele Brandganzen van drie verschillende populaties gedetailleerd in kaart kunnen brengen. Diverse details, zoals de exacte duur van de voorjaars trek en de (individuele) variatie in trekpatronen konden eerder, bijvoorbeeld op basis van waarnemingen aan (gekleurde) vogels, niet goed worden bestudeerd. De meeste met zenders uitgeruste ganzen zaten de volledige broedduur uit, wat aangeeft dat het meedragen van de zenders geen dramatisch effect op de ganzen heeft gehad.

De drie populaties hebben niet overlappende en sterk verschillende trekroutes. Dit zien we deels terug in de trekpatronen. Zo worden de pleisterplaatsen halverwege de trekroute langer bezocht door de vogels van twee populaties (Spitsbergen en Groenland) die daarna een ecologische barrière (oce-

aan) moeten oversteken, dan door de Russische populatie waarvan de trekroute grotendeels over land loopt. Ook zien we verschillen in de duur en snelheid van de trek. De voorjaarstrek duurt het kortst voor de Brandganzen die op Spitsbergen broeden, en deze ganzen vertonen ook de hoogste migratiesnelheid. Twee verklaringen hiervoor zijn dat deze ganzen relatief veel opvetten in het overwinteringsgebied, en onderweg kwalitatief goede pleisterplaatsen tegenkomen waar ze relatief snel kunnen opvetten. Nauwkeurige gegevens over opvetsnelheden en condities van individuele ganzen zijn noodzakelijk om de verschillen in migratiepatronen tussen de populaties uiteindelijk te verklaren.

Sommige vogels legden grote afstanden in één keer af, zonder langer dan 48 uur te stoppen in pleisterplaatsen zoals in Noorwegen of het Baltische gebied. Het overslaan van potentiële pleisterplaatsen wordt in het algemeen verwacht als de kwaliteit van zo'n pleisterplaats slecht is ten opzichte van andere potentiële opvetplaatsen (Gudmundsson *et al.* 1991). Er zijn verschillende redenen waarom een pleisterplaats van mindere kwaliteit kan zijn: een verhoogd predatierisico, bijvoorbeeld door een toename van mogelijke predatoren zoals de Zeearend *Haliaeetus albicilla* (Jonker *et al.* 2010), een mindere kwaliteit van het habitat (Beekman *et al.* 2002) en meer concurrentie met soortgenoten en andere ganzen (Eichhorn *et al.* 2009).

Ondanks dat Brandganzen relatief weinig plekken gebruiken gedurende het jaar, zien we een grote variabiliteit aan trekpatronen tussen en binnen populaties, jaren, en individuen. Blijkbaar zijn Brandganzen nogal flexibel en passen ze hun trek aan aan de lokale omstandigheden. Systematische verschillen tussen jaren, zoals bijvoorbeeld het opvallend vaak overslaan van de pleisterplaatsen in Noorwegen in 2011 (gevolgd door een relatief late start van het broeden) duiden mogelijk op een verslechtering van de kwaliteit van deze pleisterplaatsen. Zo'n verschil kan echter ook ontstaan doordat veranderende omstandigheden elders de ganzen noodzaken om een andere strategie te volgen.

Daarnaast is opvallend dat er grote verschillen bestaan in trekpatronen tussen individuen binnen een jaar. Blijkbaar is het mogelijk de trek op verschillende manieren te organiseren en zijn er verschillende strategieën die grofweg even goed 'werken'. Zo zagen we over het algemeen weinig variatie in broedsucces bij individuen met verschillende trekpatronen. Alleen in de Groenlandpopulatie was de variatie tussen individuen opvallend klein; mogelijk is er voor deze populatie, die twee maal een gedeelte van de oceaan moet oversteken, minder ruimte voor flexibiliteit. Een volgende stap in het onderzoek naar individuele migratiepatronen van Brandganzen is het analyseren van meerdere tracks van dezelfde individuen, om te achterhalen of individuele Brandganzen zelfs flexibel zijn tussen jaren.

DANKWOORD

Het onderzoek aan de Spitsbergen en Groenlandpopulatie werd gefinancierd door de *Wildfowl & Wetlands Trust*, *Solway Coast Area of Outstanding Natural Beauty Sustainable Development Fund*, *Scottish Natural Heritage*, *National Lottery Awards for All* en de BBC. De gegevens van de Ruslandpopulatie werden verkregen binnen het FlySafe project van het *Integrated Applications Promotion* (IAP) programma van de ESA (*European Space Agency*; <http://iap.esa.int/flysaver>). Die studie werd uitgevoerd als een samenwerking tussen the *Institute of Avian Research* in Duitsland, Sovon Vogelonderzoek Nederland en de Universiteit van Amsterdam. Andrea Kölzsch werd gefinancierd door het Strategiefonds van de KNAW.

LITERATUUR

- Bairlein F. 2001. Results of bird ringing in the study of migration routes. *Ardea* 89: 7-19.
- 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: 437-460.
- Drent R.H., G. Eichhorn, A. Flagstad, A.J. van der Graaf, K.E. Litvin & J. Stahl 2007. Migratory connectivity in Arctic geese: spring stopovers are the weak links in meeting targets for breeding. *Journal of Ornithology* 148: S501-S514.
- Ebbinge B.S. & B. Spaans 1995. The importance of body reserves accumulated in spring staging areas in the temperate zone for breeding in dark-bellied brent geese *Branta b. bernicla* in the high Arctic. *Journal of Avian Biology* 26: 105-113.
- 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 & 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-onderzoeksrapport 2008/10. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Beek-Ubbergen.
- Griffin L.R. 2008. Identifying the pre-breeding areas of the Svalbard Barnacle Goose *Branta leucopsis* between mainland Norway and Svalbard: an application of GPS satellite-tracking techniques. *Die Vogelwelt* 129: 226-232.
- Gudmundsson G.A., Å. Lindström & T. Alerstam 1991. Optimal fat loads and long-distance flights by migrating knots *Calidris canutus*, Sanderlings *C. alba* and turnstones *Arenaria interpres*. *Ibis* 133:140-152.
- Hübner C.E. 2006. The importance of pre-breeding areas for the arctic Barnacle Goose *Branta leucopsis*. *Ardea* 94: 701-713.
- Hübner C.E., I.M. Tombre, L.R. Griffin, M.J.J.E. Loonen, P. Shimmings & I.S. Jónsdóttir 2010. The connectivity of spring stopover sites for geese heading to arctic breeding grounds. *Ardea* 98: 145-154.
- Jonker R.M., G. Eichhorn, F. van Langevelde & S. Bauer 2010. Predation danger can explain changes in timing of migration: the case of the Barnacle Goose. *PLoS ONE* 5.
- Jonker R.M. 2011. Revolutionary non-migratory migrants. Wageningen, Wageningen University. PhD. Thesis.
- Ogilvie M.A. & M. Owen 1984. Some results from the ringing of Barnacle

- Geese *Branta leucopsis* in Svalbard and Britain. Norsk Polarinstitutt skrifter 181: 49-55.
- Phillips R.A., D.R. Cope, E.C. Rees & M.J. O'Connell 2003. Site fidelity and range size of wintering Barnacle Geese *Branta leucopsis*. Bird Study 50: 161-169.
- Prop J., J.M. Black & P. Shimmings 2003. Travel schedules to the high arctic: barnacle geese trade-off the timing of migration with accumulation of fat deposits. Oikos 103: 403-414.
- Prop J. 2004. Food finding: on the trail to successful reproduction in migratory geese. PhD Thesis, University of Groningen.
- Scott D.A. & P. M. Rose 1996. Atlas of Anatidae populations in Africa and Western Eurasia. Wetlands International, Wageningen
- Si Y., A.K. Skidmore, T. Wang, W.F. de Boer, A.G. Toxopeus, M. Schlerf, M. Oudshoorn, S. Zwerver, H.P. van der Jeugd, K.M. Exo & H.H.T. Prins 2011. Distribution of Barnacle Geese *Branta leucopsis* in relation to food resources, distance to roosts, and the location of refuges. Ardea 99: 217-226.
- Tombre I. M., K. A. Høgda, J. Madsen, L.R. Griffin, E. Kuijken, P. Shimmings, E. Rees & C. Verscheure 2008. The onset of spring and timing of migration in two arctic nesting goose populations: the pink-footed goose *Anser bachyrhynchus* and the Barnacle goose *Branta leucopsis*. Journal of Avian Biology 39: 691-703.
- van der Graaf A.J., J. Stahl, A. Klimkowska, J.P. Bakker & R.H. Drent 2006. Surfing on a green wave – how plant growth drives spring migration in the Barnacle Goose *Branta leucopsis*. Ardea 94: 567-577.
- van Eerden M.R., R.H. Drent, J. Stahl, & J.P. Bakker 2005. Connecting seas: western Palaearctic continental flyway for water birds in the perspective of changing land use and climate. Global Change Biology 11: 894-908.
- van Wijk R.E., A. Kölzsch, H. Kruckenberg, B.S. Ebbinge, G.J.D.M. Müskens & B.A. Nolet 2012. Individually tracked geese follow peaks of temperature acceleration during spring migration. Oikos 121: 655-664.
- Ydenberg R. C. & H.H.T. Prins 1981. Spring Grazing and the manipulation of food quality by Barnacle Geese. Journal of Applied Ecology 18: 443-453.

Rob de Boer, Silke Bauer, Bart Nolet & Andrea Kölzsch, Nederlands Instituut voor Ecologie (NIOO-KNAW), Postbus 50, 6700 AB Wageningen; akoelzsch@orn.mpg.de
 Bruno Ens & Henk van der Jeugd, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Toernooiveld 1, 6525 ED Nijmegen
 Henk van der Jeugd, Vogeltrekstation, Centrum voor vogeltrek en -demografie, NIOO-KNAW, Postbus 50, 6700 AB Wageningen
 Larry Griffin, WWT Caerlaverock Wetland Centre Eastpark Farm, Caerlaverock, Scotland DG1 4RS
 David Cabot, Carrigskeewaun, Carrowniskey, Westport, Co. Mayo, Ireland
 Michael Exo, Institut für Vogelforschung, An der Vogelwarte 21, 26386 Wilhelmshaven, Deutschland

A comparison of spring migration between three populations of Barnacle Geese *Branta leucopsis* using GPS satellite transmitters

With the help of GPS technology it has recently become possible to track individual birds on migration in great detail. In this study we use GPS satellite transmitters to compare spring migration of three populations of Barnacle Goose in space and time: the Russian, Svalbard and Greenland populations. Populations differed in their migration patterns and stopover use, which can be related to differences in routes, in particular whether they had to cross any large-scale barriers during migration (Tab. 1, Fig. 1). Within populations, however, migration patterns also differed remarkably

between individuals, especially in the Svalbard and Russian populations, with some individuals even 'skipping' stopovers altogether and flying 'directly' to the breeding grounds (Fig. 2). Within the Greenland population less variability was observed, possibly because these birds need to cross two stretches of ocean during spring migration, which might not allow for variation in migration patterns. Overall, Barnacle geese show a remarkable variability in individual migration patterns.