

Over tellingen, fouten en afronden

Henrik de Nie

Voor vogelkundig veldonderzoek wordt zeer vaak geteld. Wij tellen trekvogels in de duinen of vanaf een pier, wij tellen overwinterende ganzen of steltlopers op hoogwatervluchtplaatsen maar ook broedvogels. Over de methodiek van tellen en inventariseren wil ik het echter niet hebben. Hiervoor bestaan handleidingen. Waar ik in dit artikel op in wil gaan is het eindresultaat van telwerk uitgevoerd door verschillende waarnemers. In zo'n eindfase komen de vragen over nauwkeurigheid en de wijze waarop de getallen kunnen worden afgerond. Ik zal het verwerken van foutenmarges en het afronden van getallen illustreren met een gefingeerd praktijkvoorbeeld. De belangrijkste rekenregels zijn gevat in een paar vuistregels. De vuistregels zijn toepasbaar voor iedereen en vereisen geen kennis van de wiskundige statistiek.

Eerst iets over het begrip fout. De mate van nauwkeurigheid duiden wij aan met het begrip fout. Hoe groter de fout, hoe onnauwkeuriger het resultaat. Als wij praten over een fout van 20%, bedoelen wij dat met een grote mate van zekerheid het eindresultaat, een getal dus, ligt tussen de 80% en 120%. Bijvoorbeeld: Ab Alfrons telt in de Huitepolder 1500 Kolganzen en schat zijn fout op 20%. Dat wil dus zeggen dat het werkelijke aantal Kolganzen waarschijnlijk tussen de $0,80 \times 1500 = 1200$ en de $1,20 \times 1500 = 1800$ ligt. Weer anders geschreven is dat 1500 ± 300 Kolganzen. Het getal 300 noemen wij de **absolute fout** in zijn telling. De absolute fout is ongeveer hetzelfde als het begrip standaardafwijking in de statistiek. Ik ga er van uit dat een teller in staat is zijn eigen fout te schatten. De grootte van de fout zal sterk afhangen van zijn ervaring en de omstandigheden in het veld. Uit onderzoek aan de nauwkeurigheid van tellingen gedaan door een heel leger van tellers en telsters op Ameland, is gebleken dat alleen al één persoon fouten tussen de 7 en 21% maakt. In dat geval heeft dus één persoon de gelegenheid gekregen om één en de zelfde troep steltlopers diverse malen te tel-

len. (Kersten, Rappoldt & Smit 1981). In dit onderzoek wordt er op gewezen dat naast de fout van de individuele waarnemer, ook enorme verschillen kunnen optreden tussen waarnemers onderling. Een derde bron van fouten is het gedrag van de te tellen vogels. Vogels laten zich vaak dubbel tellen of helemaal niet, door heen en weer of weg te vliegen.

Nu weer terug naar ons voorbeeld van de Kolganzen in de Huitepolder. Die polder is in 3 telsectoren verdeeld. In de tweede sector zit Tineke Telgraag. Ze telt onder ideale omstandigheden, zoals zon in de rug, dekking en uitzicht op een groep mooi verspreid zittende Kolganzen. Zij concludeert dat er 1250 Kolganzen zitten en dat haar absolute fout niet groter is dan 100 Kolganzen. In een percentage uitgedrukt wordt dat: $100/1250 \times 100\% = 8,0\%$. Dit percentage noemen wij de **relatieve fout**. In de derde sector zit Piet Precies. Helaas zijn er voor Piet niet veel ganzen, maar wel ideale telomstandigheden. Hij doet erg zijn best op een klein groepje ganzen en noteert 127. Later wil hij wel toegeven dat hij er misschien wel een paar over het hoofd heeft gezien, maar beslist niet meer dan 5. Heel lankmoedig zien wij later in het rapport $129 \pm$

De mate van nauwkeurigheid zal sterk afhangen van de ervaring en de omstandigheden in het veld.

Foto: Jaap Taapken.



2 staan. Wij zijn er dus van uitgegaan dat Piet werkelijk zijn fout goed geschat heeft. Zijn absolute fout is 2, zijn relatieve fout is $2/129 \times 100\% = 1,55\%$.

Een hulpmiddel om de tellingen onderling kritisch te bekijken is het noteren in de wetenschappelijke notatie. Een telling wordt geschreven als één getal tussen de 1 en de 9 voor de komma en de rest achter de komma, vermenigvuldigen met 10, 100, 1000 enzovoort voor zover nodig om de oorspronkelijke waarde van het getal weer terug te krijgen.

Dit is wat ingewikkeld gezegd, daarom het voorbeeld:

$1,5 \pm 0,3 \times 1000$ (Ab Alfrons)

$1,25 \pm 0,10 \times 1000$ (Tineke Telgraag)

$1,29 \pm 0,02 \times 100$ (Piet Precies)

Dit zijn de 3 tellingen verricht in de Huitepolder. Nu gaan wij kijken naar de afronding van de eerste telling. Wij laten hier nog maar één decimaal achter de komma staan. Dit doen wij omdat de relatieve fout (20%) zo groot is. Als je een getal met 2 decimalen achter de komma afrondt tot een getal met maar één decimaal achter de komma, dan is de absolute fout hoogstens 0,05.

Voorbeeld: 1,25 wordt 1,3. Het kleinste getal met één getal voor en 2 achter de komma is 1,00. De hoogst mogelijke relatieve fout bij het afronden is dus $0,05/1,00 \times 100\% = 5\%$. Een grotere afrondfout is niet denkbaar. Voor afronding van 3 naar 2 decimalen achter de komma geldt volgens de zelfde redenering een relatieve afrondfout van 0,5%. Hieruit leid ik de volgende vuistregel af:

Als de relatieve fout in een telling ruim boven de 5%, zeg dus 10% zit, dan heeft het geen zin om zo'n telling in de wetenschappelijke notatie te schrijven met meer dan 1 decimaal achter de komma.

Nu weer terug naar ons lijstje. De telling van Tineke Telgraag had een fout van 8,0%. Volgens de zojuist afgeleide vuistregel mogen hier nog net 2 decimalen blijven staan.

Zelfs de telling van Piet Precies behoeft niet te worden afgerond, want wij hebben de schatting van zijn absolute fout (2 Kolganzen) geaccepteerd. Zijn relatieve fout (1,55%) zit ruim onder de 10%, dus blijft het $1,29 \times 100$. In het eindrapport zetten wij het weer in een normale notatie.

1500 ± 300

1250 ± 100

129 ± 2

$2879 \pm ?$

Het zal de lezers nu duidelijk zijn dat de nullen aan het eind van de getallen geen werkelijke exacte betekenis hebben. Nu moeten wij nog het eindresultaat afronden en de absolu-

te en relatieve fout hiervan bepalen. Wij beginnen met de absolute fout. Hiervoor geef ik een vuistregel (waarvoor rechtzinnige statistici misschien de wenkbrauwen zullen fronsen): **de absolute fout in het somtotaal van een serie vogeltellingen bedraagt de wortel uit de som van de kwadraten van de absolute fouten in de afzonderlijke tellingen.**

In woorden een mondvoll, voor iemand met een eenvoudige zakrekenmachine een gemakkelijk uitvoerbare berekening.

Weer terug naar ons voorbeeld: De absolute fout in het totaal is $\sqrt{(300^2 + 100^2 + 2^2)} = \sqrt{90.000 + 10.000 + 4} = \sqrt{100.004} = 316,...$

De relatieve fout is $316/2879 \times 100\% = 11\%$.

Het eindresultaat in de wetenschappelijke notatie is: $2,879 \pm 0,316 \times 1000$ Kolganzen.

Wij hanteren de eerste vuistregel en mogen afronden tot op één decimaal achter de komma. Een juiste weergave van het eindresultaat is: $2,9 \pm 0,3 \times 1000$ dus 2900 ± 300 Kolganzen. De grootste absolute fout overheerst het geheel; Piet Precies heeft bijna voor niets zijn best gedaan.

Voor afronding van een optelling of een gemiddelde met een standaardafwijking of absolute fout bestaat nog een vuistregel: **de relatieve afrondfout van een gemiddelde (of optelling) mag nooit groter zijn dan 10% van de relatieve fout.**

Dit is echt een regel voor de enthousiaste rekenaars. Wij gaan weer terug naar de optelling van 2879. Afronding naar 2880 geeft een relatieve afrondfout van $1/2879 \times 100\% = 0,03\%$ van 2879 naar 2900 geeft $21/2879 \times 100\% = 0,73\%$ en afronding naar 3000 geeft $121/2879 \times 100\% = 4,2\%$. Volgens de laatste vuistregel mag de relatieve afrondfout niet groter dan 10% van 11% is 1,1% zijn. De afronding tot op 3000 is dus niet toegestaan. Wel die tot op 2900, dus het zelfde resultaat als bij toepassing van de eerste vuistregel.

Met dit rekenvoorbeeld, gebaseerd op drie denkbeeldige ganzentellingen in de Huitepolder, heb ik nu geprobeerd om enkele eenvoudige rekenregels te introduceren. Deze regels stellen de rapporteur in staat om op een zo objectief mogelijke manier gegevens van verschillende kwaliteit te combineren. Het is een mogelijkheid de gulden middenweg te vinden tussen schijnnaauwkeurigheid (2879 Kolganzen) en overdreven oppervlakkigheid waarbij geen recht wordt gedaan aan het telwerk dat door de mensen is verricht (ongeveer 3000 Kolganzen).

Het eindresultaat zal voor de meest ervaren rapport schrijvers en schrijfsters niet opzienbarend zijn maar aansluiten op wat zij intuïtief ook gedaan zouden hebben. In dat geval hoop ik te hebben duidelijk gemaakt dat het betere (toepassing van de statistiek) geen vijand van het goede (een prima intuïtie) behoeft te zijn.

■ Henrik de Nle, Ereprijs 43, 8446 SL Heerenveen

LITTERATUUR:

Kersten M, K. Rappoldt & C. Smit (1981): Over de nauwkeurigheid van wadvogeltellingen. Limosa 54 : 37-46.