De stille vlucht van uilen

Uilen zijn fascinerende vogels. Van BBC-natuurdocumentaires tot de Harry Potter-films, je komt deze vogels overal tegen. Uilen hebben veel verschillende eigenschappen die ze uniek en interessant maken. Eén van hun meest bijzondere eigenschappen is het feit dat ze vrijwel geluidloos kunnen vliegen. Geen enkele andere vogel is zo stil als de uil. Mensen, daarentegen, zijn nummer één in het veroorzaken van geluidsoverlast met vliegende voorwerpen – vraag het maar aan de mensen die in de buurt van Schiphol wonen.

Als we zouden weten hoe uilen zo stil kunnen vliegen, dan zou het mogelijk zijn om, door *biomimicry* toe te passen, onze uitvindingen te verbeteren en geluidsoverlast te verminderen.

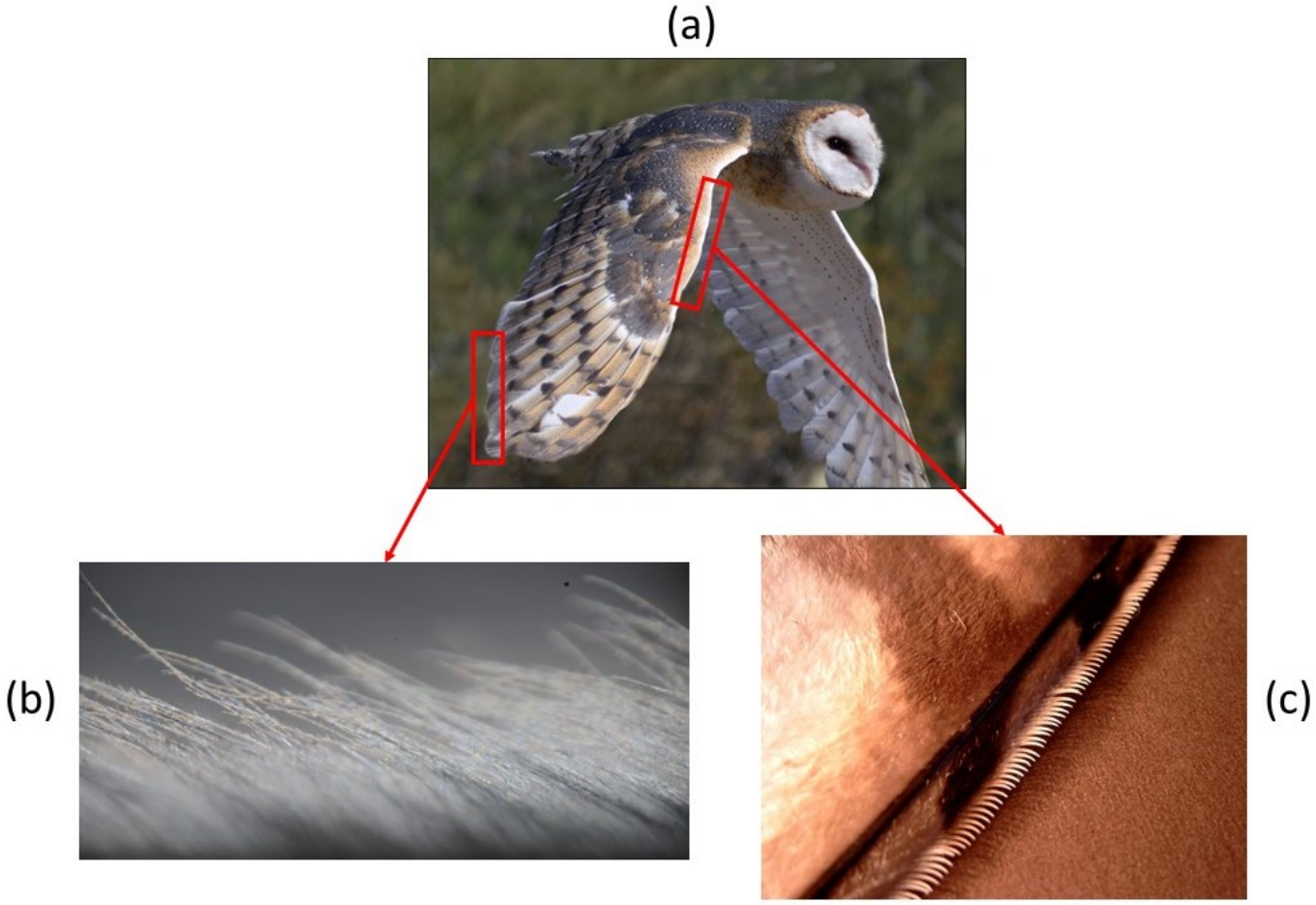
Afbeelding 1. Een kerkuil in vlucht. Afbeelding gemaakt door Bob Brewer.

De ene soort vogels is stiller dan de andere. Een houtduif is een van de meest luidruchtige vliegers die er is. Roofvogels zijn al veel stiller: die hoor je bijna niet als je in het bos loopt. Uilen zijn zelfs nauwelijks te horen. In de onderstaande video van de BBC kun je het verschil zelf horen. Er is natuurlijk een reden dat uilen zo stil kunnen vliegen; de natuur heeft voor alles een reden. Het heeft te maken met de manier waarop uilen jagen en het soort prooi waar ze voorkeur voor hebben. Niet alle uilen zijn hetzelfde, maar de meeste grote uilensoorten, zoals de kerkuil – zie afbeelding 1 – gebruiken hun gehoor om hun prooi te lokaliseren. Als ze dus veel geluid zouden maken tijdens het vliegen, dan zouden uilen niet in staat zijn om hun prooi te vinden. Daarnaast blijkt uit metingen dat de vleugels van uilen alleen frequenties boven de 1600 Hz dempen. Dit is ongeveer waar het gehoorbereik van knaagdieren begint. Aangezien uilen voornamelijk op dit soort beestjes jagen, geeft dit de uil een groot voordeel.

Om te kunnen begrijpen waarom uilen zo stil zijn, moeten we het eerst hebben over hoe geluid ontstaat. Geluid wordt veroorzaakt doordat lucht in beweging wordt gebracht. Hoe meer lucht er heen en weer beweegt, des te meer geluid er zal zijn. Uilen hebben een relatief klein lichaam ten opzichte van de grootte van hun vleugels. Hierdoor creëert de uil een grote liftkracht, en dat zorgt ervoor dat het dier zijn vleugels weinig hoeft te bewegen om te kunnen blijven vliegen. Omdat een uil zijn vleugel weinig beweegt, zal het dier minder lucht in beweging brengen en dus minder geluid creëren. Dit is echter niet uniek voor uilen: andere vogels kunnen dit ook, maar zij zijn bij lange na niet zo stil. Bovendien moet een uil af en toe toch zijn vleugels bewegen om in de lucht te blijven, zij het minder dan andere soorten vogels zoals de houtduif. Als we kijken naar het bovenstaande filmpje, dan is het duidelijk dat je de uil zelfs niet hoort als het dier met zijn vleugels slaat. Uit metingen blijkt dan ook dat uilen voornamelijk geluid maken in het frequentiebereik dat onder het gehoorbereik van mensen ligt, net zoals dat voor knaagdieren geldt. Wij kunnen een uil pas horen als hij op 3 meter afstand of minder van ons weg is. Als wij een prooi zouden zijn, zou dit al te laat zijn om te reageren. Hoe is het mogelijk dat uilen zo stil kunnen zijn? Op deze vraag is nog geen duidelijk antwoord, maar er zijn wel hypotheses.

De breed geaccepteerde verklaring is gebaseerd op de eigenschappen van de vleugels van uilen. In 1934 schreef de Britse piloot en vogelkenner Robert Rule Graham over drie unieke vleugeleigenschappen die uilen hebben. Ten eerste zijn de veren aan de voorkant van de

vleugel van de uil, de zogenaamde *leading-edge*, een beetje gerafeld. In afbeelding 2c is te zien dat die veren aan de voorkant van de vleugel een open structuur hebben, vergelijkbaar met die van een kam. Dit wordt dan ook de *leading-edge comb* genoemd. Ten tweede zijn de uiteindes van de veren aan de achterkant van de vleugel van de uil, de zogenaamde *trailing-edge*, pluizig – zie afbeelding 2b. Deze pluizige structuur wordt door wetenschappers de *trailing-edge fringe* genoemd. Ten slotte hebben uilen een donzig laagje over de gehele oppervlakte van hun vleugels, dit wordt de *downy wing surface* genoemd. Elk van deze eigenschappen heeft mogelijk effect op de hoeveelheid geluid die een uil produceert tijdens het vliegen.



Afbeelding 2. De verschillende vleugeleigenschappen van uilen. (a) Vliegende kerkuil. Afbeelding gemaakt door Pat Gaines. (b) De veren aan de achterkant van de vleugel hebben een pluizige structuur die het uiteinde van de vleugel poreus en flexibel maakt. Dit wordt de trailing-edge fringe genoemd. Afbeelding gemaakt door J. Jaworski. (c) De veren aan de voorkant van de vleugel van de uil hebben een open structuur die op een kam lijkt. Dit wordt de leading-edge comb genoemd. Afbeelding gemaakt door Kersti Nebelsiek.

Om duidelijk te maken hoe de verschillende vleugeleigenschappen het geluidniveau van een vliegende uil beïnvloeden, bespreek ik eerst hoe geluid ontstaat tijdens het vliegen. Uilen hebben een gemiddelde vliegsnelheid van 5 tot 7 meter per seconde. Met dat gegeven is het mogelijk om het machgetal M van een uil uit te rekenen. Het machgetal is een grootheid die de relatieve snelheid van een object meet ten opzichte van de geluidsnelheid in een bepaald medium. De term wordt vaak gebruikt om de snelheid van gevechtsvliegtuigen te beschrijven. Als een vliegtuig met mach 2 vliegt, betekent dat dat het twee keer zo snel als het geluid gaat. Voor een uil vinden we $M = 0,015$. Dit betekent dat de uil veel langzamer door de lucht beweegt dan geluidsgolven. In dat geval wordt geluid voornamelijk gecreëerd door turbulente luchtstromingen die ontstaan tijdens het vliegen. Hoe meer turbulente luchtstromen, des te meer geluid er zal zijn.

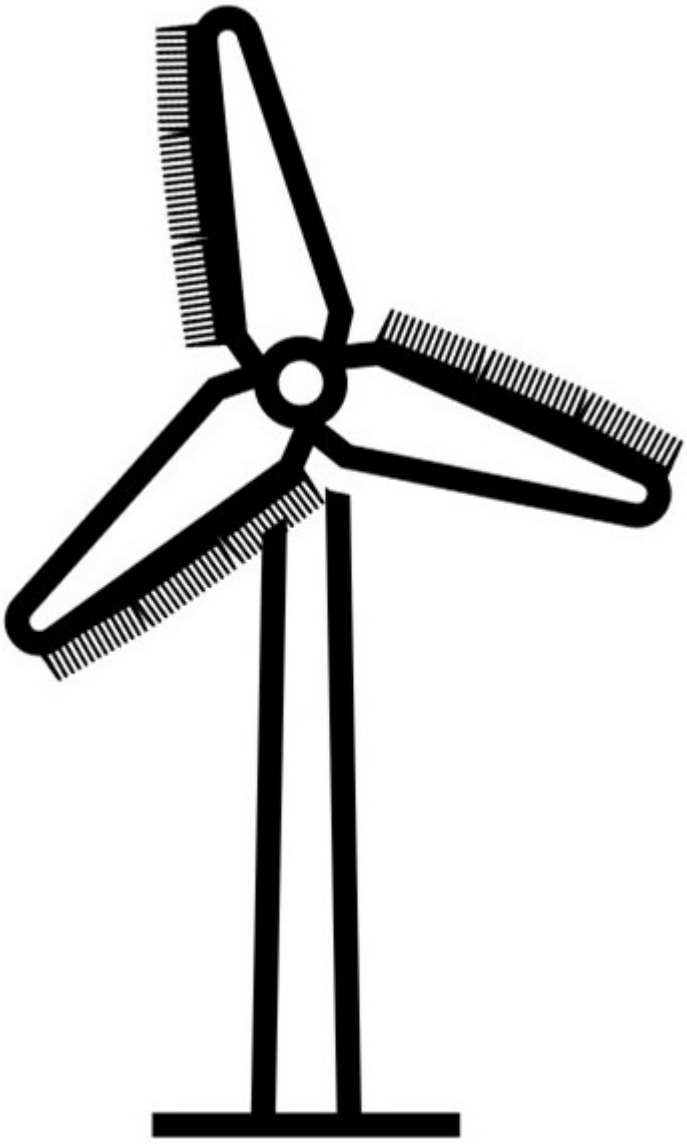
Een van de grootste bronnen van geluid onder de bovengenoemde omstandigheden, is de turbulentie die ontstaat als lucht langs een scherpe rand stroomt, zoals het uiteinde van een vleugel. Dit zorgt namelijk voor een abrupte verandering in de manier waarop de lucht stroomt. Hierdoor ontstaan er turbulente stromingen aan de achterkant van de vleugel die als geluid hoorbaar zijn. Uilen hebben echter de hierboven beschreven *trailing-edge fringe*, de pluizige textuur aan de achterkant van hun vleugels die in afbeelding 2b te zien is. Deze eigenschap zorgt ervoor dat de rand van hun vleugels niet scherp is, maar poreus en flexibel. Hierdoor zal de manier waarop de lucht stroomt niet abrupt maar geleidelijk aan veranderen, waardoor de turbulentie minder is dan bij andere vogels en er dus ook minder geluid is. Aan de voorkant van de vleugel gebeurt iets vergelijkbaars. Daar is bij de meeste vogels ook een abrupte overgang tussen vrij stromende lucht en het oppervlak van de vleugel. Doordat de voorkant van de vleugel bij de uil niet scherp is, maar een open structuur heeft zoals de *leading-edge comb* – zie afbeelding 2c – ontstaat er hier ook een minder heftige overgang waardoor de hoeveelheid geluid verminderd wordt.

Als laatste hebben we nog de donzige bovenlaag op de vleugels, de *downy wing surface*. Deze laag maakt het oppervlak van de vleugel minder ruw. Ruwe oppervlaktes zorgen voor een wisselend drukprofiel over het oppervlak, waardoor er meer turbulente stromingen zijn en meer lawaai. Als er een minder ruw oppervlak is, zal de druk er gelijk over verdeeld worden, waardoor er minder geluid geproduceerd wordt.

Dat de bovengenoemde fenomenen inderdaad tot stiller vliegen leiden, is in alle gevallen een

hypothese op basis van metingen en numerieke modellen, maar geen van die hypotheses is bewezen. Alle onderzoeken die tot nu toe zijn uitgevoerd, focussen bovendien op de individuele vleugeleigenschappen van uilen, maar er is nog geen onderzoek geweest waarbij onderzocht wordt hoe alle mechanismes gekoppeld zijn. Ook moet er rekening gehouden worden met het feit dat niet alle uilen hetzelfde zijn. Tot nu toe is er nog geen onderzoek gedaan naar de verschillen in geluidsniveau tussen verschillende soorten uilen. Evolutionaire druk zal een grote rol spelen in de verschillende eigenschappen die verschillende soorten uilen vertonen. Daar moet bij zulk onderzoek dus rekening mee gehouden worden. We zullen dus verdere studies moeten afwachten om met zekerheid te kunnen zeggen hoe het mogelijk is dat uilen zo stil kunnen vliegen.

Het feit dat we niet precies weten waarom uilen zo stil zijn, heeft mensen er echter niet van weerhouden om zich door uilen te laten inspireren om nieuwe technologie te creëren. Onderzoekers van het Langley Research Center van NASA hebben geprobeerd om de donzige laag die de vleugels van uilen bedekt na te bootsen door een vleugelprofiel te bedekken met verschillende materialen. Uit hun onderzoek bleek dat van de onderzochte opties een bruidssluier het beste resultaat gaf. Daarnaast hebben de wetenschappers ook 3D-geprinte ‘vinnen’ vastgemaakt aan de bladen van een windturbine. Dit zorgde voor een afname in het geluid, afhankelijk van de frequentie tot wel 10 dB. Dat is een gigantisch verschil: het betekent namelijk dat de turbine met de vinnen half zo luid is als dezelfde turbine zonder. Onderzoekers van de Brandenburgische Technische Universität focusten ook op de mogelijke geluidsvermindering die een poreuze en flexibele vleugelachterkant teweeg kan brengen. Zij concludeerden uit windtunnelmetingen dat elastische en poreuze vleugels van hetzelfde formaat als de vleugel van een kerkuil wel 2 tot 5 dB minder geluid maakten dan normale vleugels van hetzelfde formaat. Windturbinefabrikant Siemens Gamesa heeft de resultaten van dit soort onderzoek gebruikt en kwam recent met hun nieuwe ontwerp: de DinoTails® turbinebladen – zie afbeelding 3. Dit nieuwe ontwerp zou moeten zorgen voor een grote vermindering in het lawaai dat windturbines creëren.



Afbeelding 3: Schematische afbeelding van het ontwerp van de DinoTails® windmolenbladen gemaakt door Siemens Gamesa. Deze windmolenbladen hebben een kamstructuur aan de voorkant van de bladen die voor geluidsdemping zorgt, vergelijkbaar met de vleugels van een uil.

Alle bovengenoemde onderzoeken zijn veelbelovend. Door het geluiddempende mechanisme van uilen te onderzoeken, is het mogelijk om aanpassingen te vinden voor onze technologie die ons zouden kunnen helpen om stillere ventilatoren, turbines en vliegtuigen te maken. Dat zou een grote invloed hebben op de kwaliteit van leven van veel mensen. Hopelijk zal verder theoretisch en praktisch onderzoek ertoe leiden dat we onze omgeving net zo stil kunnen

maken als de vlucht van een uil.

Wil je meer weten over biomimicry? Houd dan deze serie dan in de gaten. Hier vertellen we je alles over uitvindingen en ontwerpen die zijn gebaseerd op biologische concepten.

Bron

Jaworski, Justin W., and Nigel Peake. “Aeroacoustics of silent owl flight.” *Annual Review of Fluid Mechanics* 52 (2020): 395-420.