



Af Kim Frost
frost@frostklinik.dk

I øjenkontakt med fuglene

Anden del.

Rovfugle har en million synsceller på nethinden

Der er stor forskel på nethinden hos mennesker og fugle. Indersiden af vor egen retina er jo bogstaveligt talt belagt med blodkar – i skrå belysning kan vi se skyggen af dem som et mørkt netværk. Kun den mest centrale del af nethinden, fovea centralis, har ingen blodkar, men får sin ilt- og næringsforsyning fra chorioidea.

Hele fuglenethinden, derimod, savner blodkar og får i stedet sin forsyning med ilt og næringsstoffer ved diffusion fra en riflet udvækst fyldt med blodkar på øjets bagvæg. Den kaldes pecten, det latinske ord for en kam. Fordelen ved denne alternative forsyningsvej er, at der i stedet for blodkar kan blive plads til endnu flere synsceller, end pattedyrretinae har. Mens vi må "nøjes" med gennemsnitligt omkring 100.000 synsceller pr. kvadratmillimeter nethinde, har en gråspurv cirka 400.000 og en rovfugl næsten en million.

Ulempen er til gengæld, at der hele tiden skal skabes væskestrømninger i corpus vitreum for at få tilstrækkelig fordeling med ilt frem til alle områder af retina.

Det opnås ved, at fugleøjet konstant er i sitrende bevægelse.

I fugleretinae genfinder vi samme to typer sanseceller som i dyrenes: Stavceller og tapceller. Stavcellerne eksiteres som bekendt på væsentlig færre lyskvanter end tapcellerne og giver derfor syn ved lave lysintensiteter.

Det menneskelige øje kan med sikkerhed sanse ganske få energikvanter, fotoner; ugler formentlig blot en enkelt. Energimængden her er forsvindende lille; en foton kan opvarme ét gram vand én grad på 150 millioner år! Stavene har derimod dårlig opløsningssevne og tillader kun orienteringssyn. Stavceller findes også i den aviære retina i et enormt antal fordelt over hele nethinden undtagen i dens centrum.

Tapcellerne stimuleres kun ved lysintensitet over tusemørkeniveau, men har jo langt større opløsningssevne.

Hos dagaktive fugle dominerer derfor antallet af tapceller over stavceller. Det omvendte er tilfældet hos tusemørke- og nataktive fugle. Ugler har næsten kun stavceller i deres nethinder.

I fuglenes centrale retina findes kun tapceller hos de dagaktive fugle, men med langt større udbredelse end i den humane fovea. Dermed ser disse fugle skarpt over en større del af det paracentrale synsfelt, end

vi gør, og det er en fordel, når der skal søges føde. Ulempen er ringere lysfølsomhed. Og fuglene går til ro allerede i det tidlige tusemørke.

Vor fovea centralis rummer cirka 300.000 tapceller pr. kvadratmillimeter. Hos fuglene er tapcellerne i centralgruben endnu tættere pakket; rovfugle har flest, over en million pr. kvadratmillimeter. Det giver en evne til at se detaljer, der langt overgår menneskets. Dertil kommer, at centralgruben hos rovfugle og andre fugle, der skal se byttedyr fra større afstand, for eksempel suler og terner, er stejlere end vor, nærmest V-formet, således at en lysstråle samtidigt opfanges i både øvre og dybereliggende tapceller. Da lyset samtidigt brydes i vævsoverfladen, inden det når de sidstnævnte, opnås yderligere en forstørrelsesvirkning, der svarer til to ganges forstørrelse til det i forvejen øgede skarpsyn.

Resultatet bliver en synsstyrke cirka ti gange den menneskelige. Det er bogstaveligt talt, som om rovfuglen har en prismekikkert med ti gange forstørrelse for øjet. Hvis vi satte en kongeørn foran øjenlægens synstave, ville den snildt kunne se den nederste, "seksmeterslinje" 60 meter borte.

Omsætter vi det til byttedyr, er en ørn i stand til at se en hare på

fem kilometers afstand, og fra en højde som Eifeltårnet, hvor ørnen fra jorden kun ville syne som en prik, er ørnen således i stand til at scanne et cirkelformet område på syv kvadratkilometer for harer og ryper – uden at de bliver den var. Og ørnen kan gøre det meget hurtigere, end vi ville kunne med en kikkert. Foruden blot at zoome ind plet for plet, som vi vil være nødt til – med risiko for ”smuttere” imellem hvert ryk af kikkerten, gør rovfugle nemlig brug af en slags vidvinkel, ”fugleperspektivet”. De har således ud over centralgruben én yderligere grube af ultratætstil- lede tapceller placeret et lille stykke vandret til siden herfor. Mellem de to gruber er også et bælte med en særlig høj tæthed af tapceller.

Centralgruben dækker det lodrette niveau, den temporale grube det vandrette.

Ved lynhurtigt at dreje hovedet en anelse fra side til side skifter gribben på jagt efter de ubevægelige ådsler mellem de to gruber og kan derved både stille skarpt inden for en langt større synsvinkel, end vi kan og samtidig identificere det stillbillede, der adskiller det døde fra det levende. Gribbe kredser ofte i store flokke over et landskab og samarbejder således om at finde ådsler.

Det er godt at være ”først til mølle” og få de bedste bidder: Når den heldige grib styrtdykker ned til sit fund, følger de andre hastigt efter; og nogle, større, gribbearter har forrang ved lækkeriet frem for mindre.

Lærkefalken, en fåtallig falkeart herhjemme, kan fange småfugle og større insekter i luften og finder på 50 meters afstand guldsmeden i

lufthavet. Og selv små fugles syn har en opløsningsevne af mindst samme størrelse som menneskers.

Regnvejr og tågedis forringer drastisk opløsningsevnen – derfor sidder rovfuglene i tungt vejr ”grounded” i træerne og venter på bedre tider.

Stejlheden af centralgruben betyder, at for eksempel en falk ser et bytte skarpest under en lidt spids vinkel, cirka 40 grader. Under sit dyk mod byttet vil den derfor se det tydeligst ved at hælde hovedet noget. Men derved vil luftmodstanden øges, og det er ikke hensigtsmæssigt, når det gælder om at overrumple byttet. Det forklarer, hvorfor falke slår deres bytte i en nedadgående bue i stedet for mere logisk en lige linje.

Mennesker ser få billeder i forhold til fugle

De fleste, som har prøvet at fræse af sted på motorvejen med næsten ”vandrefalkefart”, har nok oplevet, at det efter den første raske fartglæde føles utrygt. Der sker for meget på én gang lige foran og til siderne; vi kan kun holde styr på fjernbillederne. Fra naturens hånd bevæger vi os langsomt omkring, og menneskeøjet kan kun registrere 16 billeder i sekundet som adskilte. Overskrides denne grænse, mister vi bearbejdningen af de enkelte synsindtryk, men opfatter i stedet et forløb af bevægelse.

Den afrikanske Kronørn (*Stephanoetus coronatus*), der i tæt regnskov under trætophøjde i tusende fart formår at overløste aber, skal samtidig med at fokusere på aben opfatte og holde sig klar af alle grene og lianer, der kunne kvæste den.

Og rigtig mange fugle skal under den intense fødesøgning stedse af-søge omgivelserne for mulige fjender.

Det har vist sig, at fuglene kan opfatte det tidobbelte antal adskilte synsindtryk – op til 160 i sekundet. Fjernsyn vises med 100 billeder per sekund. Mens vi fornøjer os med en film, bliver den stakkels undulat i stuen helt bims af myriader af flimrende enkeltbilleder!

Med tapcellerne opfattes tillige farver. Vor nethinde har jo kun de tre forskellige tapceller, der hver for sig har særlig følsomhed for blå, grønne og røde bølgelængder – de farver, vi også benævner primærfarverne. Når vi kan se en bestemt farvenuance, sker det ved, at lys af netop dén bølgelængde stimulerer flest af den ene type tapceller og færre af de to andre i dét specielle forhold, der opfattes som nuancen i hjernens synsbark. Ultraviolette bølgelængder kommer slet ikke ind i menneskeøjet, men absorberes allerede i hornhindens yderste lag.

Måger bruger farvefilter under fødesøgningen

Som amatørfeltornitolog har det undret mig, at en del små sangfugle af slægterne rørsangere, løvsangere og gulbuge set med mine øjne virker så kedeligt ens i deres grå eller gule fjerdragter. Det må da være svært og upraktisk for dem selv at skulle skelne egne artsfæller fra nærtbeslægtede. Og de er for os fuglefolk drilske at bestemme og ofte kun med sikkerhed på deres stemmer.

Og hos mange farvestrålende og dermed letgenkendelige fugle ser han og hun fuldstændig ens ud!

Men sådan ser artsfællerne dem ikke.

Fuglenes farvesyn er nemlig mere avanceret end vort: De kan også se ultraviolet lys (UV-lys) og i det almindelige farvespektrum flere nuancer. Ud over de tre tapceller, der opfanger primærfarverne, findes i fuglenes nethinde således en meget UV-følsom fjerde type og en femte,



*Gribbene er blandt fuglene med den skarpeste synsstyrke. Den mægtige Øregrib (*Torgos tracheliotus*) her har det kraftigste næb blandt den halve snes afrikanske gribbearter. Den har derfor forrang til åbning af et frisk ådsel, også selv om den ikke selv har opdaget det. Eget foto.*

der har følsomhedsmaksimum for gult.

Fuglenes tappe er også belagt med oliedråber i flere forskellige farver og også klart farveløse, som formentlig virker som et filter for ”uhensigtsmæssige” farver. Måger menes således at betjene sig af et farvefilter, som eliminerer det blå lys, der tilbagekastes fra havoverfladen, hvorved de nemmere kan finde fødeemner på havoverfladen.



Måger – her en Stormmåge (Larus canus) – menes at gøre brug af et farvefilter, som eliminerer det blå lys, der set med det humane øje bliver kastet tilbage fra havoverfladen. Filterfunktionen gør det lettere for måger at finde fødeemner på og lige under vandet. Foto: Jan Skriver®.

Fuglenes hornhinde og linse er – modsat menneskets – gennemtrængelig for UV-bølgelængder.

Ved undersøgelser med spektrometer har det vist sig, at fuglenes fjerdragt reflekterer solens UV-stråling i specifikke mønstre, ikke blot fra art til art, men tillige kønnene imellem. For eksempel udsender en blåmejsehan langt mere UV-lys fra sine – for os helt ens – blå farver end hunnen. Derved kender hun ham fra en anden hun ikke blot på UV-bølgelængde, men tillige på intensiteten af UV-lyset – så fuglen forarbejder åbenbart det tilbagestrålede UV-lys til et ”firedimensionalt” farveindtryk. Det er vist, at stærehunner i fuldt dagslys konstant valgte de samme to ud af en flok på fem hanner. Gav man dem et UV-filter for, gik der kludder i udvælgelsen.



Set med vore øjne er en Blåmejse (Parus caeruleus) entydigt blå på hoved og vinger. Men en blåmejse hun kan skelne den ene han fra den anden på det ultraviolette lys (UV-lys), som blåmejserne udsender. Også stære kan kende hinanden på UV-lyset. Foto: Jan Skriver®.

UV-lys hjælper også fuglene til at finde de rigtige fødeemner. Mange blomster og blade har UV-specifikke farvemønstre. Forsøg har vist, at fugle foretrak frø, der reflekterede UV-stråling med en bestemt bølgelængde. En grøn larve på et grønt blad, der for os er svær at få øje på, reflekteres for Rødstjerten mørk og lækker i UV-lys.

Og forklaringen på, at den musende Tårnfalk 20 meter over vej-kanten så sikkert kan slå ned på en mus, der kamuflerer sig i det tætte græs, er, at markmus og andre små gnavnere ofte løber langs deres egne, faste stier i landskabet, når de søger føde. Hyppigt markerer de deres stier med urin og ekskrementer. Det letter musen at finde tilbage til sine huller, og samtidig markerer musen dermed sit territorium. Men desværre for musen reflekterer dens efterladenskaber UV-lys, og det kan Tårnfalken se. Så det er blot at stå stille i luften, ”muse”, over disse UV-reflekterende striber i ”ledetråde” i landskabet.

UV-lys, tilbagekastet fra omgivelserne, menes også at give fuglene en forbedret navigationsevne i terrænet.



Ugler er farveblinde mesterjægere i mørket

Nataktive fugle som ugler og natravne har som nævnt stort set ingen tappe i deres nethinder og er derfor næsten eller helt farveblinde.

En ugle er med op imod en million stavceller per kvadratmillimeter nethinde til gengæld i svagt stjernesvær i stand til at se en mus på cirka 100 meters afstand. Dens forbløffende nattesyn hjælpes også af et særligt lysreflekterende lag (tapetum lucidum), der ligger som en folie under stavcellerne. Tapetum lucidum kaster lys, der måtte være passeret mellem stavcellerne uden at opfanges, tilbage, så det når igennem stavcellelaget endnu en gang, inden det forlader øjet. Tapetum lucidum findes også hos katte og hunde. Det er det, der får deres øjne til at lyse op i bilens fjernlys. Endelig kan uglen bevidst gøre sin pupil langt større, end mørkereflexen formår at gøre vores.

Men kan ugler også fange en mus i totalt mørke? For en halv snes år siden offentliggjordes et forsøg, man havde lavet, med en slørugle i en lade, der med sikkerhed var gjort totalt mørk.

Alligevel lykkedes det uglen at snuppe sig en mus. Vel kunne uglen have opsporet musen ved hørelsens hjælp, men ørernes placering i kraniet taler imod, at hørelsen i stereo alene skulle kunne gøre det muligt at lokalisere musen så præcist lige fremad.

Man har så fremsat den formodning, at uglen ”virtuelt” ser musen med hørelsen ved, at der i mellem-

Når en tårnfalk musen, befinder den sig over en befærdet musegang i vegetationen. Falkeøjnene gør rovfuglen i stand til at se det UV-lys, som musenes urin og ekskrementer afsætter som lysende stier i terrænet. Tårnfalken venter bare på, at musen skal benytte sine stier, som vi mennesker ikke kan se, men som for falcken sikkert ligner en oplyst landingsbane i en lufthavn. Foto: Jan Skriver®.

hjernens synscenter sker en kobling af lydimpulserne fra ørerne til de samme nerveceller, som synsnervens tråde lander i. Det skulle så give sløruglen en rumlig præcision, som hvis den virkelig så musen.

Ugler kan antagelig også "se" infrarød varmestråling; der sammen med hørelsen hjælper til at spotte mus under et tyndt lag sne.



Forsøg har vist, at en Slørugle er i stand til at fange en mus i totalt mørke. Men måske bruger uglen her sin eminente hørelse til at skabe et "virtuelt" billede af musen, som den sætter klørerne i. Det er også på den måde, at sløruglen kan fange mus under sneen. Foto: Jan Skriver®.



Brun Fiskeugle (Ketupa zeylonensis) mestrer ikke blot at jage i dybt tropisk mørke, men formår endda at spotte sit bytte fra en lavthængende gren over søer og stille floder, inden den dykker ned under vandoverfladen efter fisken. Eget foto.

Træfuglene – hvordan finder de vej og kommer og rejser på samme tid år efter år?

Fuglene bruger også synet til sikkert at finde frem og tilbage mellem sommer- og vinterkvarteret eller fiskepladser fjernt fra ynglestedet. Det er nævnt, at de er i stand til at genkende detaljer i et landskab.

Nattergalen og gøgen ankommer til landet næsten på samme dato i begyndelsen af maj år efter år og forlader os igen inden for ganske få dage sidst på sommeren. Sker det også med synets hjælp?

Og hvordan finder fugle på træk og stormfugle på fødesøgning i dagslys vej hundreder, ja tusinder af kilometer over åbnet hav i overskyet vejr uden solkending og endog i tåge?

Det menes, at de kan se polariseret lys og dermed måle solhøjden, ligesom sømanden med sin sekstant måler solens vinkel over horisonten.

I klare nætter finder fuglene flyveretningen ved at iagttage visse større stjernebilleder. Dét er vist, af blandt andre danske forskere, som i planetarier har placeret indfangne trækfugle i store tragte foret med trækpapir og med blækpuder i bunden. Når man tændte den normale stjernehimme, viste aftryk af fuglefødderne hvilken retning, fuglene ville flyve i. Roterede man derefter stjernehimlen for eksempel 45 grader, fulgte fodaftrykkene med som tegn på, at fuglene fulgte stjernebillederne. Men også om natten kan det være overskyet; og småfugle på træk kan ikke blot ændre flyvehøjde flere kilometer.

Meget taler for, at trækfugle på årstidens ændring af lyset kan se, hvornår det er tid at bryde op. Ikke med øjnene, men ved hjælp af corpus pineale, der hos fugle ligger på overfladen af hjernen og så tæt på den porøse og lysgennemtrængelige kranieskal, at dens nerveceller direkte kan påvirkes af lyset.

Via nervetråde fra øjet modtager corpus pineale desuden lysimpulser fra nethinden. Dens funktion er således ikke at se i gængs forstand, men overordnet at registrere svingninger i lysintensiteten i omverdenen, såvel de daglige – til justering af kroppens "interne ur" – som de årstidsbestemte. Styringen af disse vigtige biorytmer formidles ved udskillelse af melatonin, der dannes i nogle af de pineale nerveceller – men kun

i mørke. Lys hæmmer dannelsen af melatonin. Det er vist, at stoffet svækker brunst hos gnavere. Så når forårslyset begynder at dominere døgnet, signalerer dalende melatoninudskillelse, at det er tid at drage mod ynglepladsen. Melatonins biorytmeregulerende virkning udnyttes også medikamentelt til at snyde kroppen til en anden døgnrytme ved jetlag.

Man har længe vidst, at visse fugle kan sans Jordens magnetfelt og navigere efter forandringer i det.

Det vides også med sikkerhed, at koglekirtlen indeholder magnetiske partikler, som er påvirkelige af jordmagnetismen, der også varierer året igennem og ændrer position over tid.

Men måske kan fugle også "se" magnetiske felter med øjnene. Bearbejdningen sker i samme del af hjernen, hvori synsimpulserne opfattes.

Et protein i øjet kaldet kryptokromflavoprotein i fuglens retina synes at være i stand til at kombinere de to afgørende elementer, som er nødvendige for at "se" magnetfelter: Kryptokromflavoproteinet kan både eksiteres af bølglængden af det indkommende lys og samtidig registrere hældningen af magnetfeltet. Det foregår ved, at en foton, når den rammer proteinet, skaber to frie radikaler (en oxideret tryptofan-rest og en reduceret flavin-cofaktor), hver med en uparret elektron, der bevæger sig frit omkring, men i kvantekohærens med hinanden. Deres spin (elementarpartiklernes rotation) er korreleret og påvirkeligt af magnetiske kræfter, og spinnet vil derfor reorienteres i retning af et magnetfelt. Proteinets virker således som et nanokompas, hvor ændringen i spin angiver retningen af de magnetiske feltlinier.

Fuglenes eminente syn gør det ikke let at være fuglekigger: Du tror ofte, at du snedigt forklædt kan liste dig ind på den flotte ørn eller isfugl med kikkert og kamera. Men ak, den HAR set dig!