

Langøret flagermus (*Plecotus auritus*) er en flagermus, der er almindelig i Danmark. Flagermus' ekkolokalisering kan anses for en ekstrem udgave af vores egen hørelse. Foto: Shutterstock.



SÆRE SANSER

Som mennesker kan vi ikke opleve verden ligesom dyr, der har andre sanser end de fem, vi selv er udstyret med. Men vi kan lære at forstå de sensoriske filtre, som dyrene oplever verden igennem. Og det letter på forståelsen, når sanserne principielt alle fungerer ud fra de samme grundprincipper.

AF Carsten R. Kjaer,
Aktuel Naturvidenskab
crk@aktuelnaturvidenskab.dk



Om forskeren
Peter Teglberg Madsen er professor i sansefysiologi på Institut for Biologi på Aarhus Universitet, hvor han er verdensførende forsker i hvalers og flagermus' brug af biosonar. Han modtog i 2019 Forskningsministeriets EliteForsk-pris.

Artiklen er inspireret af foredraget *Sære sanser* afholdt i maj 2021 som en del af serien Offentlige foredrag i Naturvidenskab.

Kan du fornemme tilstedeværelsen af en anden person i et rum, selvom du har lukkede øjne, og den anden person er musestille? Eller kan du fornemme ånder i en gammel bygning? Eller snakke med din afdøde mormor gennem et vandglas? Ja, hvis du i det hele taget mener at kunne fornemme ting, som rækker ud over de fem sanser, alle mennesker som udgangspunkt er udstyret med, må du jo være udstyret med en sjette sans. Og sjette sanser er der sådan set ikke noget vejen med, hvis man spørger professor Peter Teglberg, der forsker i sansefysiologi på Aarhus Universitet. For sjette sanser findes vitterligt i biologiens verden, hvis man forstår dem som enhver sans ud over de "fulde fem" – føle-syns-høre, lugte og smagssansen – som vi kender så godt.

»For eksempel kan nogle fisk finde frem til deres bytte ved hjælp af elektriske felter, og for relativt nylig har man også fundet ud af, at trækfugle kan navigere efter Jordens

magnetfelt ved hjælp af en kvantemekanisk effekt. « siger han.

Derfor kan man heller ikke principielt udelukke, at der også hos mennesket findes hidtil oversete sanser. Men – og det er en meget vigtig pointe – understreger Peter Teglberg: »Hvis talen om sanser skal give det mindste mening i en naturvidenskabelig sammenhæng, må vi kræve, at en eventuel 6. sans, man påstår at være i besiddelse af, er funderet på specifikke sanseceller, der kan registrere en given stimulus fra omverdenen, og at denne sansecelle er forbundet med en nervefibre, der kan sende et signal videre til behandling i hjernen«, siger han.

»For sådan er *alle* sanseorganer i dyreverdenen grundlæggende bygget op – uanset om vi snakker føle-sansen hos mennesker, evnen til ekkolokalisering hos flagermus eller elektroreception hos elefantfisk«.

Det krav vil mange fortalere for mystiske sanser hos mennesket næppe bryde sig om, da det redu-

cerer spørgsmålet til noget kedeligt og konkret, man faktisk er i stand til at efterprøve. Og ved mødet med naturvidenskabens strikse krav om funktionelle sammenhænge falder påstandene om særlige evner til at sanse mærkelige ting normalt hurtigt til jorden.

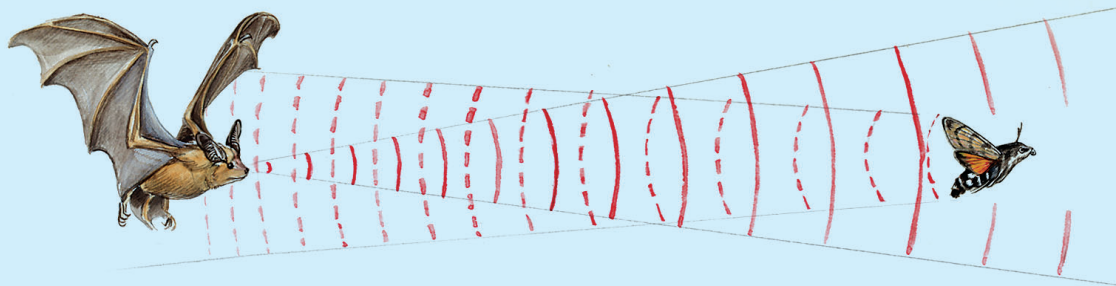
Virkelighed og "umwelt"

Når Peter Teglberg holder foredrag om sanser eller underviser i sansefysiologi på universitetet, prøver han altid at tage udgangspunkt i de basale fællestræk ved sanserne. For uden et fokus på det fælles udgangspunkt, kan man hurtigt løbe sur i beskrivelserne af de forskellige sanseorganer.

Den første pointe, Peter gerne vil aflevere i sin fortælling om sanserne er, at ethvert levende væsen oplever verden gennem et filter:

»Vores hjerne bruger megen krudt på at overbevise os om, at det, vi oplever, er virkeligheden. Men det, vi oplever, er en primitiv illusion, som hjernen skaber af omgivelser-

Ekkolokalisering



Ekkolokalisering er en sans, som kan lyde eksotisk, men i virkeligheden er det også noget, vi selv gør – dvs. udsender lyd og evaluerer den respons, vi får. Hvis vi råber ud i et rum med lukkede øjne, kan vi med det samme fortælle, om vi befinder os i et stort eller lille rum. Det kan alle pattedyr i en eller anden grad, men visse dyr som flagermus og tandhvaler har udviklet denne evne i ekstrem grad, så de kan bestemme

deres position i forhold til objekter meget præcist og på den måde både finde vej og opsøge og fange bytte.

Ekkolokaliserende dyr har mere specifikt to specialiseringer: De kan producere kraftig og direktionel ultralyd, og så har de nogle specielle hårceller i ørerne, som kan vibrere ved meget høje frekvenser og derved opfange den meget højfrekvente lyd.

ne, som er stærkt filtreret og stærkt begrænset af de sanser, vi er udstyret med. Vi lever i et miljø med en uendelig mængde potentielle stimuli, som kan være elektromagnetisk stråling, varme, pH, kemiske forbindelser, mekaniske forstyrrelser (lyd). Vi har kun adgang til en lillebitte delmængde af disse stimuli – og den delmængde er defineret ved de sanseorganer, vi har», forklarer Peter Teglberg.

Selvom det kan lyde trivielt, er den sondring mellem vores oplevelse af virkeligheden – det man på fagsproget med et tysk ord kalder organismens "umwelt" – og den faktiske virkelighed, helt central. Og så er det oven i købet kun en meget lille del af de sansestimuli, vores krop registrerer, der bliver bragt helt op på bevidsthedsniveau:

»Det, vi oplever gennem sansningen, bliver presset ind i nogle mønstrekasser, fordi hjernen hele tiden arbejder hårdt på at genkende noget, så bevidstheden ikke behøver

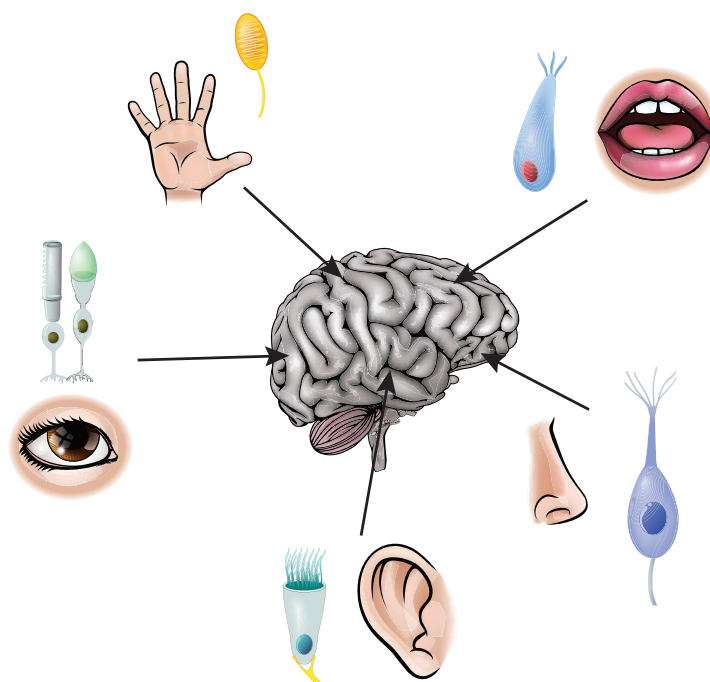


Illustration af menneskets fem sanser med de tilhørende sanseceller. Det er også angivet i hvilke områder af hjernebarken, de forskellige sanseindtryk bliver processeret. Baggrundsillustrationer: Shutterstock.

blive involveret. Det er derfor, vi kan ordne alle mulige hverdagsgøremål, mens vores opmærksomhed er et helt andet sted. Og det er derfor, vi bliver irriterede, når det lokale supermarked (helt bevidst!) har flyttet rundt på deres varer, så vi ikke bare kan cruise gennem butikken på autopilot», siger Peter.

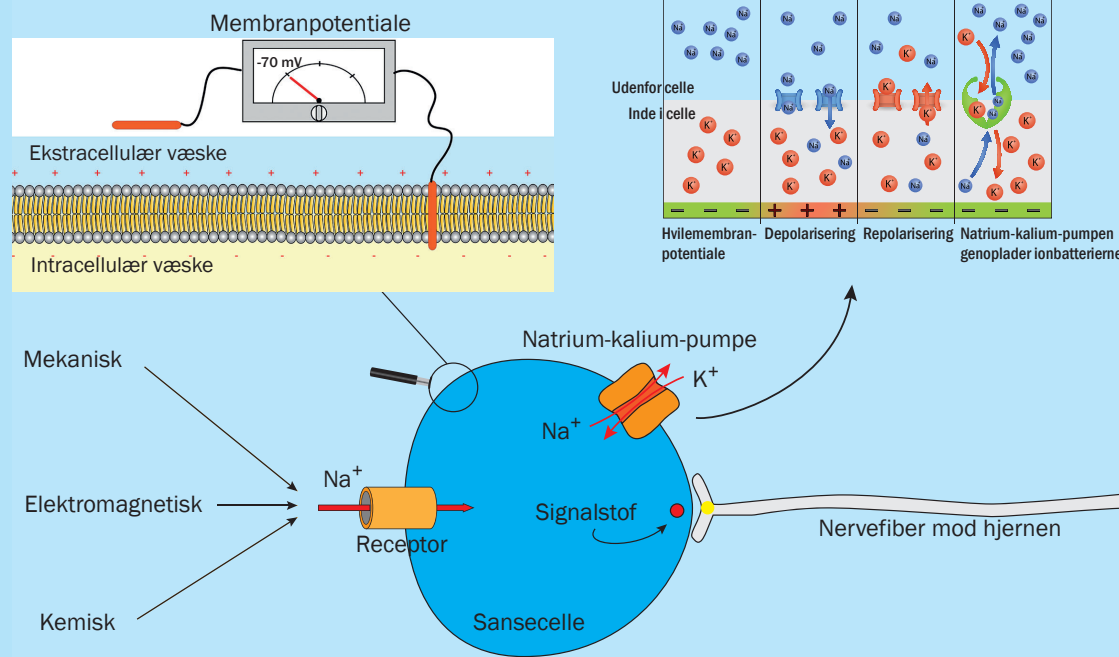
Kunsten at forstå andres sanser

Når vi snakker om andre organismers oplevede virkelighed er udgangspunktet altså, at den har vi meget svært ved at forstå. De har

en anden umwelt, fordi de er udstyret med andre sanseorganer end os, og de har i nogle tilfælde en anden hjerneopbygning til at behandle sanseindtryk.

»Et banalt hverdagseksempel er, at vi måske derhjemme kan komme op at skændes om, hvilken farve madskål vovsen helst vil have. Men da Fido ikke har trefarvet syn ligesom os, er den for de fleste farver bedøvende ligeglad. Og måske synes vi, at den hvide blomst på busken ser lidt kedelig ud. Men hvis vi ligesom insekter kunne se

Sansecellers funktion



Langt de fleste sanseceller fungerer efter samme princip. Når en ydre stimulus rammer sansecellen, ændrer det på, hvor let natrium- og kaliumioner strømmer over cellemembranen. Det forskyder det såkaldte membranpotentiale ved at der skabes et aktionspotentiale, der

stimulerer en ændring i mængden af kemisk signalstof, der afleveres til den tilhørende nervefiber mod hjernen. Resultatet er, at der sendes flere aktionspotentialer mod hjernen.

Illustration: Aktuell Naturvidenskab/Shutterstock

ultraviolet lys, ville den have de flotteste changerende farver», siger Peter.

Udfordringen ved at sætte sig ind i andres Umwelt oplever vi allerede en flig af, når bliver uenige med kæresten om, hvilken farve den trøje, vi lige har taget på, egentlig har. Og det på trods af, at vi i princippet er udstyret med de samme sanseorganer og endda har den luksus, at vi er i stand til at tale med hinanden om vores sanseoplevelser. Den forskel bliver selvfølgelig kolossalt meget større, når vi snakker om en regnorm, en sommerfugl eller en hval:

»Vi kan godt forstå, at man kan føle elektricitet i form af et elektrisk stød – men at kunne opfatte et svagt elektrisk felt fra hjertet på en fisk, der er gravet ned i sandbunden og på den måde finde frem til den og æde den – som nogle hajer kan – er fuldstændig uforståelig for et menneske«, siger Peter.

»Som forsker i dyrs sanseorganer handler det derfor heller ikke om at pådutte dyrenes oplevede verden ens egen, men om at finde ud af, hvordan de sensoriske filtre fungerer, som dyrene oplever verden igennem.«

Hvad gør en sansecelle?

»Hvis vi vil forstå en sans hos et dyr såsom elektro- eller magnetoreception, er det første spørgsmål, vi som naturvidenskabspersoner bør stille: Hvad er den fysisk/kemiske vej mellem det, at en stimulus rammer dyret, og at dyret registrerer denne stimulus? Det, man på fagsproget kalder transduktionsmekanismen«, siger Peter.

Her er vi tilbage ved det, som Peter startede med at sige, nemlig at alle sanseorganer i dyreverdenen grundlæggende er opbygget på samme måde med nogle specifikke sanseceller, der er forbundet med centralnervesystemet gennem en tilhørende nervefiber.

Sansecellerne udnytter et fælles udgangspunkt for alle levende celler, nemlig at de har en spændingsforskel over cellemembranen på cirka -70 mV – man kalder det hvilemembranpotentiale. Denne spændingsforskel opstår på grund af ioner, primært natrium og kalium, der danner ionbatterier på tværs af cellemembranen. Batterierne oplades af særlige proteiner indlejret i cellemembranen kaldet natrium-kalium-pumpen (som den danske forsker Jens Christian Schou fik Nobelprisen for at opdage), der under forbrug af ATP hele tiden pumper natriumioner ud af cellen og kalium ind i cellen.

Ved at ændre på modstanden i specifikke ionkanaler vil batterierne få forskellig magt over spændingsforskellen over cellemembranen: hvis kalium-batteriet har mest magt via mange åbne kalium-ionkanaler, så er cellens inderside negativ i forhold til ydersiden, og hvis natriumbatteriet har mest magt via

Elektroreception

Elektroreception er en sans, der findes i to modeller – passive og aktive, der henviser til, om dyrene kun kan sanse elektriske felter, eller om de også er i stand til aktivt at producere dem.

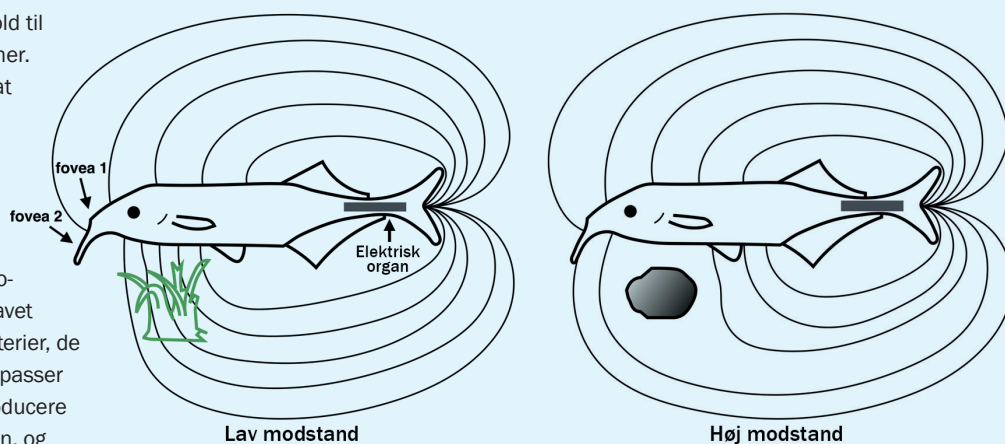
Et eksempel på passivt elektroreceptive dyr er visse hajer og rokker (for eksempel den danske pighaj). Disse har udviklet nogle slimfyldte porer kaldet lorenzinske ampuller, der sidder i rækker og geled ude på hovedet. Cellerne i disse porer er ekstremt strømfølsomme, og hajerne bruger dem til at lokalisere, hvor kilden til et elektrisk felt er. Da et bankende hjerte producerer et svagt elektrisk felt, kan hajerne på den måde finde frem til en levende fisk, selvom den ligger nedgravet i sandbunden. Teoretisk set vil hajerne også kunne bruge denne evne til at navigere med via induktion i forhold til jordens magnetfelt, når de svømmer. Men man har endnu ikke påvist, at de faktisk gør dette.

Nogle ferskvandsfisk som elefantfisker har taget den elektroreceptive evne et skridt videre og udviklet evnen til også aktivt at producere et spændingsfelt. De har lavet en del af deres muskler om til batterier, de kan tænde og slukke for, som det passer dem. Den evne bruger de til at producere et spændingsfelt rundt om kroppen, og hvis de så støder på noget, der leder mere eller mindre end det vand, de svømmer i, afbøjes spændingsfeltet rundt om kroppen. Og det kan sansecellerne registrere. Man kender ferskvandsfisk i Afrika, der bruger dette til at finde frem til andre fisks æg (æg er meget fedtholdige og har derfor høj modstand). Selv i helt mudret vand kan fiskene finde frem til æggene på denne måde, og de bruger også de elektriske impulser til at kommunikere med hinanden.

Det helt ekstreme eksempel på aktive elektroreceptive dyr er de elektriske ål og elektriske rokke. Disse bruger først svage elektriske felter til at finde byttet – og derefter et kraftigt (op til 600 volt) på at lamme det. Den elektriske ål – som kan blive over 2 meter lang – har omdannet 2/3 af muskulaturen til et batteri. Derfor svømmer den heller ikke særligt hurtigt og kraftfuldt, men det er heller ikke nødvendigt, når den bare kan tøffe rundt og fyre kraftige elektriske stød af, som lammer byttet.



Lorenziniske ampuller ses tydeligt her på hovedet af en tigerhaj. Foto: Albert Kok/CC BY-SA 3.0



Elefantfisker genererer et elektrisk felt med et elektrisk organ i haleregionen. Feltet måles gennem elektroreceptive områder på huden, hvor fisken bruger to elektriske fordybninger (fovea 1 og 2) til aktivt at undersøge objekter.

Figuren er tilpasset efter M. S. Lewicki, B. A. Olshausen, A. Surlykke & C. F. Moss/CC By 4.0



Elektrisk ål. Foto: Shutterstock

mange åbne natrium-ionkanaler, så er cellens inderside positiv i forhold til ydersiden.

Det specielle ved sanseceller er, at membranpotentialen kan ændre sig, når specifikke ionkanaler påvirkes af ydre stimuli, der modtages via støtteceller i sanseorganet.

»I virkeligheden er det eneste, langt de fleste sanseceller gør, når de rammes af en ydre stimulus, meget simpelt: De ændrer på, hvor let natrium- og kaliumioner samt nogle få andre ioner som calcium og klorid kan strømme over celledmembranen ved at lukke op eller i for ionkanalerne. Dette forskyder membranpotentialen, og denne ændring kommunikerer så tilbage til centralnervesystemet ved, at der ændres på mængden af kemisk signalstof, der afleveres til den tilhørende nervefiber. Derved ændres "fyrringsraten" af nerveimpulser – altså, hvor mange nerveimpulser (aktionspotentialer), der sendes videre i systemet«, forklarer Peter.

Mekanismer med forskellig kompleksitet

Hvis nogen påstår, at de selv eller et eller andet dyr kan sanse et eller andet, må man altså som fagperson insistere på at snakke om transduktionsmekanismen, mener Peter Teglbjerg. Spørgsmålet skal koges ned til, hvad det er i cellen, som bevirker, at vi får en ændring i membranpotentialen, når den rammes af en stimulus.

Transduktionsmekanismen kan være mere eller mindre kompliceret i de forskellige sanser.

»Når man for eksempel prikker sig selv på huden, trækker man i praksis lidt i celledmembranen på nogle nerveceller, der sidder i huden. Derved åbner man for nogle ionkanaler, så der strømmer natrium ind i cellen, så den bliver mindre negativ«, siger Peter. »Det er et af de mest simple sanseorganer, vi har – man kan sammenligne det lidt med en ballon, hvor man ved at hive i tutten kan styre,

hvor meget luft, der strømmer ud.«

Han forklarer, at synssansen har en meget mere kompliceret transduktionsmekanisme. Her bliver lysfølsomme proteiner aktiveret af fotoner, og det sætter gang i en enzymkaskade, der forstærker signalet, der ultimativt gør synscellerne mere negative. Men igen involverer det grundlæggende, at der ændres på strømmen af ioner gennem celledmembranen, hvilket påvirker membranpotentialen og derigennem mængden af kemisk signalstof, der afleveres til nervefibren mod hjernen.

»For mig at se er det vigtigt, at vi i en diskussion om sanser starter med at kridte banen op med de biologiske og fysiske-kemiske rammer for at få det til at fungere. For et hvilket som helst sanseorgan er underlagt de rammer, jeg har skitseret her. Det er et fast holdepunkt i en ellers usikker verden, når man skal studere en ny sans hos et dyr«, siger Peter.

Sansernes fælles udgangspunkt

Den tilgang mener Peter Teglbjerg, at man passende kan bruge, når man skal forholde sig kritisk til "mystiske ting", folk påstår at kunne sanse. Nogle af disse ting, kan jo vise sig at være gode nok, da vi sagtens kan påvirkes af sensoriske input, der aldrig når bevidstheden.

»For eksempel er det blevet vist, at mænd statistisk set kan fortælle, om deres kæreste har ægløsning, når de kysser hende – men at de ingen anelse har om, hvordan de kan sige det. Det har vist sig, at det formodentlig skyldes en ubevidst registrering af nogle bestemte duftstoffer og kemiske forbindelser, kvinden producerer, når hun har ægløsning. Så man skal være åben for, at vi måske kan sanse ting, vi umiddelbart ikke tror, at vi kan. Men pointen er bare, at det ved nærmere undersøgelse altid viser sig at foregå gennem de samme

grundlæggende mekanismer, vi har talt om her«, siger Peter.

En forklaring på "mærkelige fornemmelser" kan også bunde i, at sanserne kan reagere på stimuli, som man kan sige, at de ikke umiddelbart er udviklet til at reagere på.

»Vi kender nok alle det fænomen, at man kan "se" et lysglimt, hvis man med fingeren trykker hårdt nok på sit lukkede øje. Så mishandler man sansecellerne til at sende signaler afsted, selv om ikke en eneste foton har ramt øjet«, siger Peter.

Man snakker derfor på fagsproget om en "adækvat stimulus", når det netop er den stimulus, sansecellen har tilpasset sig til at reagere på. At sansecellerne også kan reagere på "ikke-adækvate" stimuli understreger blot de fælles principper for sansesystemet.

»Det er i den forbindelse vigtigt at huske på, at sanserne er et resultat af en evolutionær udvikling. Udgangspunktet for udviklingen af en sans har været en fysisk-kemisk stimulus, der er til stede i miljøet. En mutation i nogle celler har så givet anledning til, at membranpotentialen ændrer sig, når der er tilstrækkelig meget af denne stimulus. Og hvis denne sensoriske kanal giver individer med mutationen bedre adgang til at finde mad, en mage at parre sig med eller at undgå rovdyr, i forhold til individer uden mutationen, så vil den spredes i populationen, og på den måde er der et evolutionært håndtag for udvikling af et nyt sanseorgan«, forklarer Peter.

Forskningen har vist, at dyreføjne i forskellige former har udviklet sig mindst 30 gange uafhængigt af hinanden i tidens løb, og det samme gælder ører hos insekter.

»Det kan synes nemmere at forstå, hvis man forstår sanserne som modifikationer af det samme grundprincip«, slutter Peter. ■