



Udskrift fra WWW.LYSVIDEN.DK

Dette materiale stammer fra www.lysviden.dk, som indeholder viden om lys og belysning. Materialet må kun anvendes til undervisningsbrug.

Lysviden.dk er udarbejdet af Dansk Center for Lys, Arkitektskolen Århus, Designskolen Kolding i samarbejde med DTU Byg og Kunstakademiets Arkitektskole

Projektet er støttet af Sophus Fonden, Center for Energibesparelser, Velux Danmark A/S og Realdania

INTRODUKTION

Uden solens lys ville der ikke være liv på Jorden. Som mennesker er vi tilpasset dagslyset og behøver udover lys til at kunne se, også lys til at vedligeholde vores vitale kropsfunktioner.

Gennem evolutionen har mennesket tilpasset sig [dagslyset](#) og de variationer, som er skabt af jordens rotation omkring solen, idet vores kropsfunktioners daglige og årlige rytmer til dels bestemmes af dagslyset.

Udover at lys er nødvendigt for at vi kan se, påvirker det os også på andre måder, blandt andet ved at styre vores hormonproduktion og døgnrytme. Man taler i den forbindelse om lysets ikke-visuelle effekter eller [lysets biologiske virkninger](#). UV-lys påvirker desuden calcium-optagelse i kroppen samt produktion af D-vitamin, m.m.

Lys er tæt forbundet med stemning, tidspunkt, årstid og sted og har derfor afgørende betydning for vores oplevelse af verden omkring os.

I det følgende beskrives først, hvordan [synssansen](#), som er en af vores primære sanser, fungerer. Herefter beskrives [visuel perception](#), dvs. omdannelsen af de indkommende lyssignaler til indtryk i hjernen.

Der er flere forhold, som indvirker på oplevelsen af lys, forhold, som gør det nødvendigt at skelne imellem det oplevede og det målte. Endelig beskrives lysets indvirkning på vores sundhed samt relevante problematikker i forbindelse med alders- og adfærdsmæssige forhold.



Som mennesker er vi udviklet i og tilpasset dagslyset, eller måske i højere grad det filtrerede dagslys gennem skovens gul-grønne løv.
Foto: Carlo Volf



Både lys og skygger kan understrege en årstid - som her vinter. Foto: Carlo Volf.

INTRODUKTION

Synssansen er en af vores vigtigste sanser. Selvom det er vanskeligt at måle de forskellige sansers vigtighed, mener man, at synssansen står for op mod 5/6 af alle de informationer, vi modtager.

Øjet anses også for at være menneskets mest effektive informationsorgan, idet vi kan modtage langt flere informationer pr. tidsenhed med vores øjne end med vores øvrige sanser. Dette skyldes, at vi som dagsaktive væsener udnytter de lyse timer og derfor har udviklet synssansen til at være en af vores primære sanser.

I sammenligning med andre levende væsener, er menneskets syn ikke det skarpeste og heller ikke det, der kan se flest farver. Det er derimod et unikt syn, idet vi ser og tolker det indkommende lys på en særlig måde i sammenligning med andre levende væsener. På trods af individuelle forskelle, har alle mennesker stort set det samme syn, som dog kan variere afhængig af alder, sygdom, evt. farveblindhed etc.

Synet udvikles gradvist. Et barn kan registrere lys fra fødslen, men synsevnen er først færdigudviklet i 6-års alderen, hvor nervebanerne mellem øje og hjerne er fuldt etableret.

Synssansen er placeret i synsbarken i cortex, som er den bagerste del af hjernen. Både syns-, smags- lugte-, føle- og høresansen tilhører denne ældste del af hjernen.



Foto: Carlo Volf.



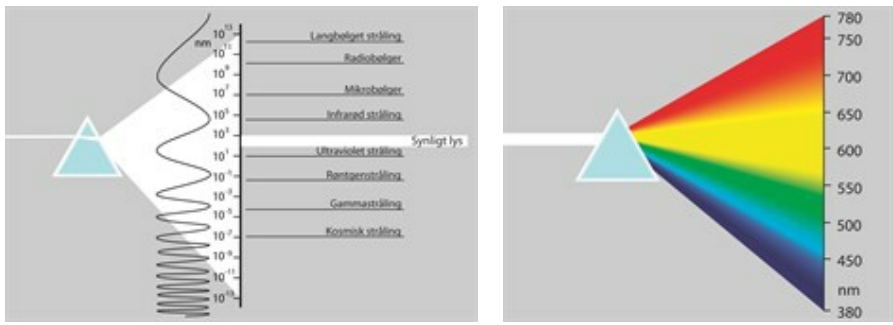
Uglen har bedre syn end mennesket og kan selv i den mørkeste nat se en mus på ca. 100 meters afstand. Foto: Carlo Volf.

Elektromagnetisk stråling

Det menneskelige øje kan registrere elektromagnetisk stråling i det synlige område, dvs. i intervallet ca. 400-750 nm. Dette interval udgør kun et meget lille område inden for den elektromagnetiske stråling, som spænder fra kortbølget røntgenstråling til langbølget radiostråling.

Modsat andre pattedyr, som har såkaldt dikromatisk syn og derfor kun kan se blå og grønne farver, har mennesket trikromatisk syn, hvilket betyder, at vi kan se både blå, grønt og rødt lys.

Dette gør os i stand til at se både kolde og varme farver, f.eks. i vores egen hudfarve, som er en vigtig indikator i mange sociale sammenhænge. Mange synlige kropssignaler fungerer netop i kraft af den røde farve.



Det synlige lys udgør kun et forholdsvis lille område af den elektromagnetiske stråling, nemlig 400 nm til 750 nm.

ØJETS FYSIOLOGI

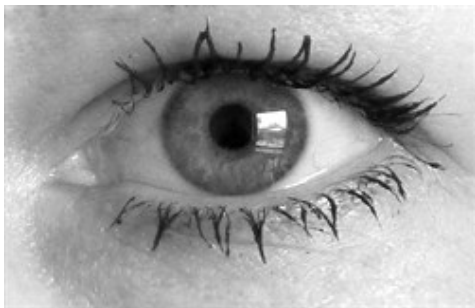
Øjet er opbygget og fungerer i store træk som et camera obscura. Lyset passerer gennem øjets pupil, fokuseres vha. af linsen, så det rammer de lysfølsomme celler på nethinden, som derefter sender signaler videre til fortolkning i hjernens synscenter.

For at beskytte øjnene både fysisk og mod direkte sollys og [blænding](#) er disse placeret i huler. Afstanden mellem øjnene er ca. 7 cm og hjernen koordinerer og samler synsindtrykkene fra de to øjne til ét samlet billede. Det gør, at vi kan se 3-dimensionelt og er i stand til at afstandsbedømme, samt vurdere den fysiske størrelse af et givent objekt. Endvidere gør det os i stand til at orientere os i et område svarende til et synsfelt på ca. 180°.

Når vi ser, bevæger øjet sig. Dette kan ske på to måder:

- øjet kan følge et objekt, i kontinuerte bevægelser
- øjet kan søge, hvilket altid sker i små, hurtige ryk

Faktisk er øjet hele tiden i bevægelse i nogle små, usynlige ryk, kaldet saccader. Disse ryk "rensner" nethinden for indtryk og gør, at hjernen og øjet konstant er i stand til at modtage nye informationer.



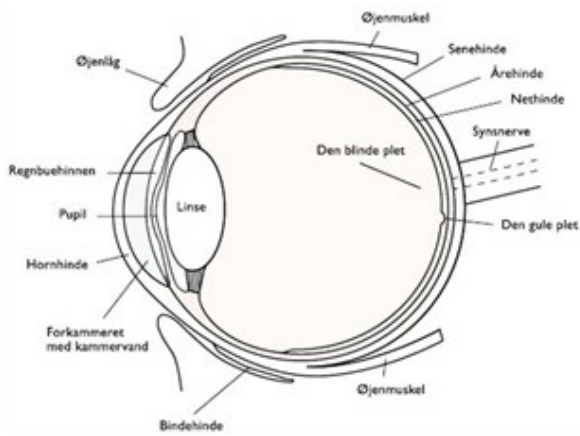
Synssignalerne fra venstre øje behandles i højre hjernehalvdel og omvendt.

Synet og øjet

Øjet består af forskellige dele med forskellige funktioner.

Hornhinden, på latin kaldet Cornea, består af en klar, tyk hinde, som beskytter øjet. Bag hornhinden findes et væskefyldt kammer, og bag dette findes regnbuehinden, også kaldes iris. Lyset kommer ind gennem pupillen, som er placeret midt i regnbuehinden og kan justeres i forhold til den indkommende lysmængde. Bag pupil og regnbuehinde sidder linsen, hvis formål er at fokusere de indkomne lysstråler, så de danner et klart billede på nethinden.

På nethinden registreres lyset af lysfølsomme nerveceller, kaldet tappe og stave, som via synsnerver sender signaler videre til hjernes synscenter. I synscentret fortolkes signaler af hjernen, som danner det endelige billede af det vi ser. På den del af nethinden, hvor ca. 1.2 mio. nervetråde samles og føres ud fra øjet og videre ind til hjernen, findes en såkaldt blind plet, som ikke indeholder synscenter.

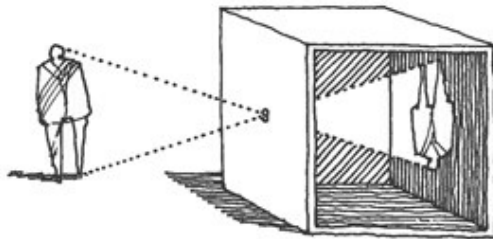


Øjet består af forskellige dele med forskellige funktioner. Opbygningen fremgår af figuren.

Linsen

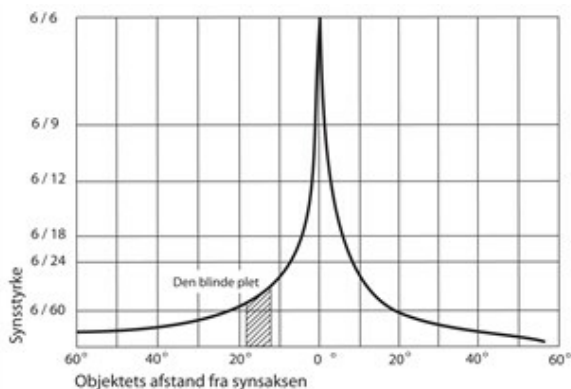
Øjets linse virker på samme måde som linsen i et Camera Obscura. Linsen er glasklar, og har, sammen med hornhinden og det kammervand, der findes i forkammeret, til opgave at samle lysets stråler på nethinden. På Retina tegnes på den måde et omvendt billede af det vi ser.

Fra øjet transmitteres synsindtrykket videre til hjernen. Hjernen vender herefter billedet på hovedet, således at det der er oppe i Retina bliver nede og det som er til venstre bliver til højre, det er der til højre til venstre. Selve synsindtrykket er derfor et komplekst samspil imellem øje og hjerne, hvorfor synsindtrykket er noget der indlæres og, selvom det måske virker umiddelbart og direkte, altså er hjernens bearbejdning af det øjet ser. Det er derfor først omkring 6-årsalderen at synsindtrykket er fuldt indlært og dybde- og afstandskoordineringen er fuldt udviklet.



Camera obscura. Gennem en meget lille åbning vil det samme punkt kun modtage stråler fra et punkt udenfor rummet, hvorved der tegnes præcist og let genkendeligt billede. Figur: Jan Fugl.

Linsen er ophængt lige bag regnbuehinden, hvor den centrale del af linsen ses i pupillen. Linsen i øjet kan justeres, så den bliver mere eller mindre krum og lysbrydningen i et normalt øje gør os i stand til at danne skarpe billeder på nethinden af både fjerne og nære genstande. Linsens evne til at ændre krumning (brændvidde), dvs. stille skarpt på genstande i forskellige afstande, kaldes også for akkommodation. Evnen til at stille skarpt svækkes med alderen, fordi linsen bliver mindre elastisk.



Fordelingen af tappe og stave er tættest i den gule plet på nethinden, på latin kaldet Fovea. I dette område kan vi se detaljer og farver helt skarpt inden for et område, der nogenlunde svarer til tommelfingerneglen på en udstrakt hånd. Dette kaldes detaljesynet.

Nethinden

Nethinden kaldes også for Retina (Retina betyder net på latin). Nethindens lysfølsomme celler omdanner det indkommende lys til elektriske signaler, som sendes videre til hjernens synscenter. I den centrale del af nethinden er der flest lysfølsomme celler og altså den højeste billedopløsning og præcision.

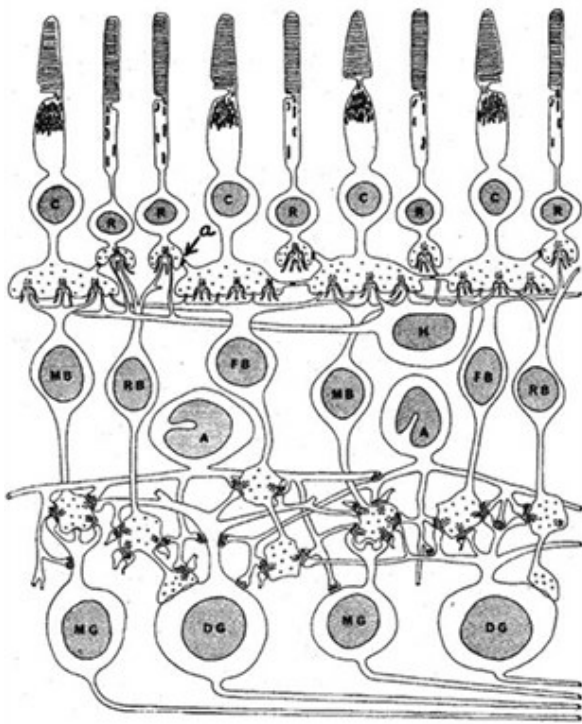
Vores synsceller, dvs. tappe og stave, er altså ulige fordelt på øjets nethinde og det har indflydelse på vores oplevelse af lys. Flest tappe er centreret omkring den gule plet, der på latin kaldes Fovea, hvor det centrale synsfelt er placeret. De mere lysfølsomme stave er derimod primært placeret i [periferisyntet](#), altså i yderområdet rundt på nethinden udenom den gule plet. De lysfølsomme [gangliaceller](#), som bl.a. styrer døgnrytmen, er fortrinsvist placeret på den nedre del af nethinden, nemlig den del, der modtager mest himmellys, og som derfor i øvrigt ikke er så blændingsfølsom over for lys.

Tappe og stave

Øjets lysfølsomhed kan overordnet inddrages i to tilstande.

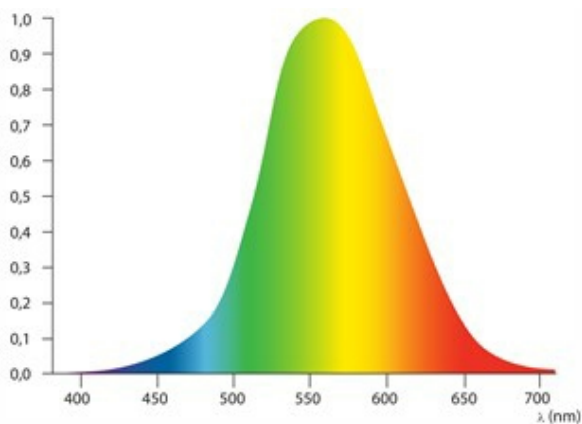
Øjets stave kan registrere [kontraster](#) og lys helt ned til det allermindste kvantum, én foton, imens øjets tappe kan registrere detaljer og lys i mængder på helt op til ca. 1 mia fotoner. [Øjets følsomhed over for lys](#) er på den måde meget fleksibel og underordner sig de eksisterende lysforhold ved at have forskellige tærskelværdier for bedst muligt at kunne se ved varierende lysintensiteter. Øjets evne til at indstille sig efter lysets niveau kaldes [adaptation](#).

Tappene og stavene understøtter vores syn på forskellige vis og er aktive ved forskellige lysintensiteter. Tappene er mest aktive ved høje lysintensiteter, mens stavene er mest aktive ved lavere lysintensiteter. I 2002 fandt man en ny og 3. type lysfølsom celle, den såkaldte lysfølsomme gangliacelle som bl.a. styrer vores døgnrytme. Alle tre typer celler er placeret i øjets nethinde.



Tappe og stave.

På nethinden findes 6 - 8 mio. tappe, som primært er lokaliseret på den centrale del af nethinden. Tappene kan inddeles i tre typer, som hver især er følsomme overfor rødt (R), blå (B) og grønt (G) lys. Tappene har størst lysfølsomhed i den gul-grønne del af [det synlige spektrum](#) (555 nm), som også er det dominerende område i sollyls.



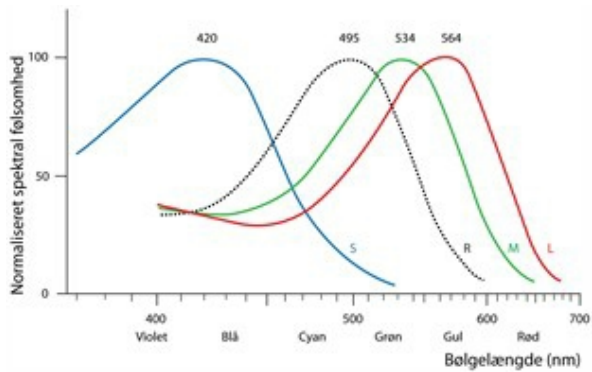
Øjets følsomhedskurve også kaldet V-lambdakurven.

Den største del af tappene (63 %) er følsomme over for rødt lys, mens 31 % er følsomme over for grønt lys og kun 6 % er følsomme over for blå lys. Dette skyldes øjets tilpasning til den såkaldte kromatiske aberration, dvs. den måde hvorpå lyset brydes i øjet. Det blåspektrede lys brydes før øjets fokus, hvilket betyder, at denne del mindskes i forhold til de øvrige bølglængder.

På nethinden findes tilsvarende 110 - 120 mio. stave, som primært er lokaliseret på nethindens yderområde. Stavene danner ikke så skarpe billeder som tappene, og lysfølsomheden er størst i det blå-grønne område (507 nm), hvilket svarer fint til lysets [spektralfordeling](#) om natten.

Når det er mørkt, udvides øjets pupil, og de perifere områder af nethinden blotlægges. Når der er stærkt sollys trækker pupillen sig tilsvarende sammen, så kun tappene bliver blotlagt.

Meget tyder på, at øjets øgede følsomhed i den grøn/gule del af det synlige spektrum skyldes, at vi som mennesker har udviklet os i tætte skovområder med netop denne spektralfordeling, som skyldes lysets filtrering gennem det grønne løv.



Kurver over de forskellige følsomhedsområder for henholdsvis R-, G- og B-tappe samt stave (stiplet linie).

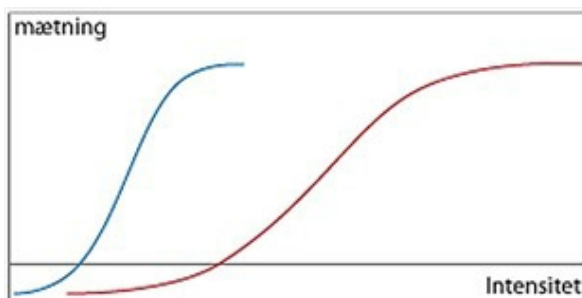
Da nattesynet er mest følsomt i det blå-grønne område, medvirker det til, at farveoplevelsen forskydes, så øjet bliver dårligere i stand til at opfatte f.eks. rødt, når det er mørkt. Det er årsagen til, at biografsejere ofte røde.

Lysfølsomme gangliaceller

En tredje type celler i øjet er de lysfølsomme gangliaceller. De blev først for nyligt opdaget af amerikaneren David Berson (2002). Gangliacellerne fungerer vha. lyspigmentet melanopsin og er mest lysfølsomme over for det kortbølgede, blå lys (460-480 nm). Gangliacellerne reducerer hjernens produktion af melatonin vha. lys. Melatonin er et søvnhormon, som er gavnligt for kroppens restitution samt vedligeholdelse og helbredelse. Lys er derved med til at reducere produktionen af melatonin om dagen og gøre os aktive, imens manglen på lys om natten omvendt er med til at fremme produktionen af søvnhormon.

Signaler til hjernens synscenter

Når vi ser, sker det ved hjælp af elektriske impulser, som sendes fra øjet til hjernen. De lysfølsomme celler i øjet omdanner, vha. A-vitaminet biopsin, det indkommende lys til elektriske impulser, som sendes videre til hjernen. Signalerne genopbygges ca. 1-100 gange i sekundet, alt afhængigt af lysintensiteten. Jo mere lys øjet modtager, jo mere biopsin bliver omdannet til elektriske impulser, kaldet firings. Kurven for disse elektriske impulser er logaritmisk, idet grænsen for, hvad vi kan opfatte i den ene ende, stræber imod nul, og grænsen for, hvad vi kan modtage i den anden ende, stræber imod en øvre maksimumsværdi i form af den maksimale elektriske frekvens på ca. 100 Hz.



Tappenes og stavenes følsomhed overfor lys i forhold til lysets intensitet. Stavenes (t.v.) er mest følsomme overfor lys, imens tappene (t.h.) kræver mere lys, til gengæld er de følsomme over et større område. Figur: DCL.

Når lysmængden øges, forbedres synsevnen kun til en vis grænse, hvorefter synsevnen ikke øges yderligere. Den oplevede lysintensitet er ikke direkte proportional med den indkommende lysmængde, idet lysfølsomheden hos de lysfølsomme celler i øjet reduceres i takt med, at lysheden øges.

Øjets lysfølsomhed kan overordnet inddeles i to tilstande. Øjets stave kan registrere kontraster og lys helt ned til det allermindste kvantum, nemlig én foton, mens øjets tappe kan registrere detaljer og lys i mængder på helt op til ca. 1 mia fotoner. Øjets lysfølsomhedskurve er på den måde imponerende fleksibel og indordner sig under de eksisterende lysforhold ved at have forskellige tærskelværdier for bedst muligt at kunne opfatte varierende lysintensiteter.

DET CENTRALE OG DET PERIFERE SYN

Vores oplevelse af lys afhænger af, om vi retter fokus mod en genstand (centralsynet) eller mod et større område (periferisynet), hvor vi primært opfatter sort-hvide informationer.

[Tappene og stavene](#) er ulige fordelt på øjets nethinde og det har indflydelse på vores oplevelse af lys.

Flest tappe er centreret omkring den gule plet, hvor den centrale del af synsfeltet er placeret. De mere lysfølsomme stavceller er derimod primært placeret i periferisynet, altså i yderområdet rundt på nethinden udenom den gule plet.

Vores evne til at se kan derfor overordnet inddeles i to:

- Evnen til at opfatte objekter/detaljer, en evne der i høj grad er bestemt af tappene og centralsynet.
- Evnen til at opfatte vores omgivelser. En evne der i højere grad bestemmes af stavene og dermed og periferisynet.

Hvordan lys opfattes er altså ikke kun afhængigt af omgivelserne, men er i høj grad også bestemt af øjets [adaptation](#) til omgivelserne. Nogle af disse processer er beskrevet nærmere i afsnittet om [perception](#).

Centralsynet

Oplevelsen af lys er afhængig af synsvinklen. Centralsynet er koncentreret omkring et lille område, og man kan kun se en genstand klart, når man retter blikket direkte imod den og kun inden for et område, som svarer til størrelsen på en tommelfingernegl, når man strækker armen helt ud. Synsaksen rammer her det mest detaljerede område i øjet, svarende til ca. 2° på nethinden i Fovea, kaldet centralsynet eller detaljesynet. Det er her koncentrationen af tappe, de farvefølsomme synsceller, er størst.

Periferisynet

Rettes blikket væk fra genstande eller detaljer, bliver evnen til at se tydeligt, markant reduceret. Her i det perifere synsfelt kan vi ikke opfatte mindre detaljer og heller ikke farver, men det perifere synsfelt er derimod mere følsomt over for [kontraster](#) og lys, hvorfor det også kaldes kontrastsynet.



Periferisynet gør primært brug af stave, som ikke behøver særlig meget lys for at være aktive - til gengæld kan de ikke registrere farver. Foto: Carlo Volf.

Da periferisynet primært benytter stave til at se med, er det primært baseret på sort-hvid informationer i form af lysheder og kontraster. Udover at periferisynet kaldes kontrastsynet, kaldes det derfor også for orienteringssynet, idet vi orienterer os i omgivelser vha. dette syn. Det er særligt her i de tilstødende områder af centralsynet at lysfølsomheden og [kontrastfølsomheden](#) er størst og forskellene forstærkes af komplekse processer imellem øje og hjerne: Forskelle i [luminanser](#) prioriteres nemlig højere end områder med ens luminanser. Flere af disse processer har afgørende betydning for vores oplevelse af lys.

F.eks. benyttede astronomer sig før teleskobets opfindelse af såkaldt fravendt syn, når de skulle se de fjerneste stjerner på himlen. Ved at rette det perifere synsfelt imod stjernerne kunne de se

meget svagt lys som det centrale synsfelt ikke kunne registrere. På samme måde kan det perifere synsfelt registrere lys, der flimrer og bevæger sig, som det centrale synsfelt ikke kan registrere.

Periferisynet fungerer overordnet som et slags varslingsområde, hvorfra den såkaldte fiksationsrefleks udløses. Fiksationsrefleksen aktiveres af skygge eller bevægelse i yderkanten af øjet og bevirker, at centralsynet rettes imod området.

Det er også i det perifære synsfelt, at den blinde plet er lokaliseret. Den blinde plet er et lille område, hvor der ingen lysfølsomme celler er, det er her de ca. 1,2 mio nervetråde samles og føres ud fra øjet og videre ind til hjernen.

LYSFØLSOMME GANGLIACELLER

De lysfølsomme gangliaceller fungerer vha. fotopigmentet melanopsin og er mest lysfølsomme overfor lys i den blå del af det synlige område (460-480 nm). Cellerne blev først for relativt nyligt opdaget af amerikaneren Dr. David Berson i 2002.

De lysfølsomme gangliaceller bidrager til regulering af døgnrytmen på 24 timer. Dagslysets karakteristiske variation mellem lys og mørke (dag og nat) er på denne måde med til at synkronisere vores biologiske ur. Det sker ved at gangliacellerne sender signaler til hjernes suprakiasmatiske kerne (SCN), som har forbindelse til koglekirtlen, der producerer søvnhormonet melatonin. Udskillelsen af melatonin stimuleres af mørke og hæmmes af lys. Undersøgelser tyder på, at melatonin styrker kroppens immunforsvar og derfor er gavnligt for kroppens restitution. Lysets reduktion af melatoninproduktion om dagen bevirker desuden, at vi bliver mere aktive.

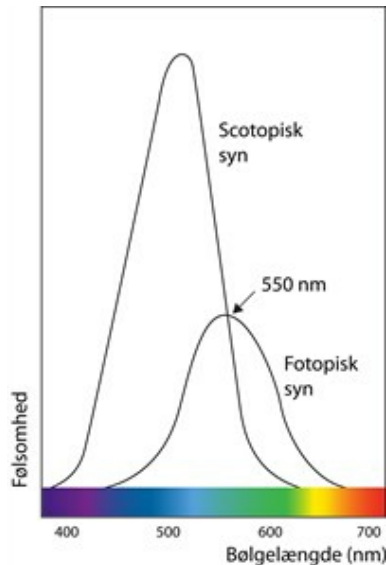
De lysfølsomme gangliaceller er fortrinsvist lokaliseret på den nedre halvdel af nethinden. Det er således lys, der kommer oppefra, dvs. fra himlen eller fra lofter og øvre vægflader, der rammer gangliacellerne og dermed har betydning for vores sundhed. Det kræver dog ganske store lysmængder, på størrelse med dem vi kender fra [dagslyset](#), hvis lyset skal have en direkte mærkbar effekt på vores sundhed.

ØJETS FØLSOMHED OVER FOR LYS

Øjets følsomhed over for lys er ikke den samme for alle farver. Om dagen er øjet mindst lysfølsomt i de yderste dele af det synlige spektrum, dvs. det blå og det røde område, og mest lysfølsomt i midten, hvor det gul-grønne lys på ca. 550 nm findes.

Opfattelsen af farver afhænger af både lysets styrke og af dets [spektrale sammensætning](#). I svagt lys bliver alle katte grå, fordi vores farveopfattelse helt forsvinder.

Også øjets følsomhed over for de forskellige dele af det [synlige spektrum](#) varierer med lysets styrke. Følsomheden fremstilles i en følsomhedskurve, også kaldet $V(\lambda)$ -kurve. Kurverne i figuren viser øjets følsomhed ved høje [belysningsstyrker](#) (fotopisk syn) og ved lave belysningsstyrker (skotopisk syn).



Kurven for fotopisk syn kaldes også for $V(\lambda)$ -kurven og illustrerer øjets følsomhed for de forskellige bølgelængder, når lyset er rigeligt. Kurven for skotopisk syn gælder ved lave belysningsstyrker (nattesyn).

Fotopisk syn

Det fotopiske syn er aktivt ved [luminanser](#) over ca. 3 cd/m^2 , hvilket svarer til belysningsstyrker over ca. 10-20 lux, hvis der er tale om lyse flader. Ved disse luminanser er [tappene](#) aktive, hvorimod [stavene](#) stort set er inaktive. Derfor kaldes dagsynet for fotopisk. Vi ser både farver, detaljer og lys-mørke-forskelle tydeligt. Det fotopiske syn er følsomt i bølgelængdeområdet mellem 450 nm (blåt lys) og 675 nm (rødt lys) med centrum og maksimal følsomhed omkring 555 nm (det gul-grønne område).

Skotopisk syn

I mørke og ved meget lav belysning som f.eks. under en stjernehimmel, vil kun stavene være aktive. Dette kaldes det skotopiske syn eller mørkesynet og er aktivt ved luminanser under $0,001 \text{ Cd/m}^2$. Det skotopiske syn er særlig følsomt for bølgelængder i det blå-grønne område af det synlige spektrum, dvs. omkring 507 nm.

Det skift i farve- og lysoplevelse, der sker som følge af skiftet imellem fotopisk syn og skotopisk syn, kaldes et Purkinje-skift og betyder, at en farve, der af det fotopiske syn opleves som rød, vil opleves som mere violet af det skotopisk syn og omvendt.

Mesopisk syn

Overgangen imellem fotopisk og skotopisk syn kaldes mesopisk syn eller skumringssynet. Det mesopiske syn er aktivt ved luminanser mellem $0,001$ og 3 cd/m^2 og indtræder som en mellemliggende fase mellem det fotopiske og det skotopiske syn.

Purkinje skift

Øjets følsomhed over for farver varierer afhængigt af belysningsstyrken. Årsagen er, at nethindens tappe og stave har forskellige følsomhedskurver og aktivitetsområder. Tappene er mest lysfølsomme i det gul-grønne område, svarende til de dominerende farver i sollys om

dagen, mens stavene er mest lysfølsomme i det blå-grønne område, svarende til de mest almindelige spektralfarver om natten. Fordelingen af aktive tappe og stave forandrer sig afhængigt af belysningsstyrken og forandrer dermed også vores farveopfattelse. Effekten af dette skift fra tappe til stave kaldes Purkinje-skift.

Purkinje-skift medfører, at lys med en [farvetemperatur](#) på 6.000K vil blive opfattet som hvidt ved belysningsstyrker over et vist niveau, men blåligt ved lave belysningsstyrker. På samme måde kan vi nyde vores varme kunstlys på grund af de lange perioder med tasmørke i Danmark, men om natten vil samme varme kunstlys pludseligt opleves som hvidt, idet vores [adaptationsniveau](#) ændres fra fotopisk til skotopisk syn.

Måling af lys

Traditionelle metoder og apparater til måling af lys tager udgangspunkt i det fotopiske syn og er derfor ofte utilstrækkelige i forhold til, hvordan en person oplever lyset om aftenen eller natten. Nyere forskning forsøger at tage højde for dette. Også inden for bl.a trafik- og luftfartsbelysning tager man højde for øjets skiftende følsomhed ved forskellige belysningsniveauer.

ADAPTATION

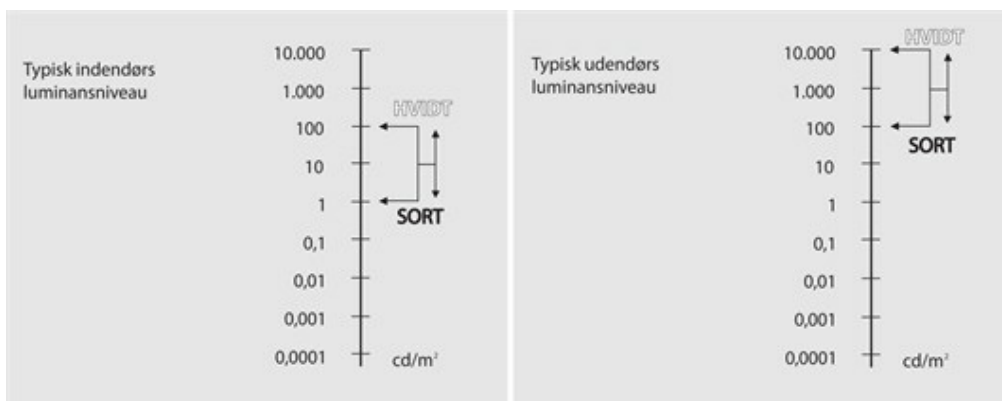
Vores øjne indstiller sig efter de luminanser, der findes i vores synsfelt. Dette fænomen kaldes adaptation.

Øjets adaptation bevirker, at vi kan se i lys svarende til det stærkeste, klareste solskin og helt ned til den mindste enhed for lys - nemlig én foton.

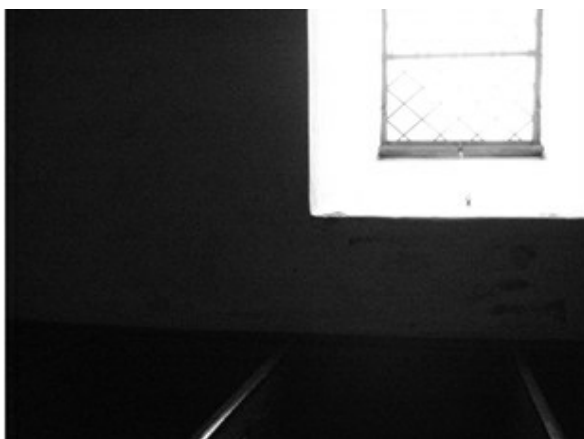
[Øjets lysfølsomhed](#) er tilpasset til at skifte imellem dag og nat. I mørke øges tærskelværdien for øjet lysfølsomhed helt op til 10.000 gange. Det skyldes, at [stavcellerne](#) optager mere af synspigmentet biopsin og derved bliver mere aktive og gør, at øjet mørkeadapterer.

Øjet registrerer ikke absolutte lysheder, men derimod forskelle i lysheder. Disse forskelle vil opleves forskelligt afhængigt af adaptationsniveauet.

Vores oplevelse af lys vil til enhver tid afhænge af øjets adaptationstilstand. Oplevelsen går imod et maksimum, ligesom vores oplevelse af mørke også går imod et maksimum, eller rettere et minimum. Det adapterede øje kan opfatte [luminanser](#) inden for et område svarende til ca. 2 dekader, f.eks. 1-100 cd/m² eller 1.000-100.000 cd/m². Lysets intensitet kan ikke opleves stærkere end den aktuelle adaptationstilstand kan magte. Overskrides grænserne for den aktuelle adaptationstilstand, opstår der enten [blænding](#) eller bælg-sort mørke.



Figuren viser typiske luminansværdier i indendørs (venstre) og udendørs (højre) miljøer. Luminanser der er større end det luminansniveau, vores øjne er adapteret til, vil opleves som hvide eller meget lysende, mens luminanser der er lavere, vil opleves som sorte eller meget mørke.

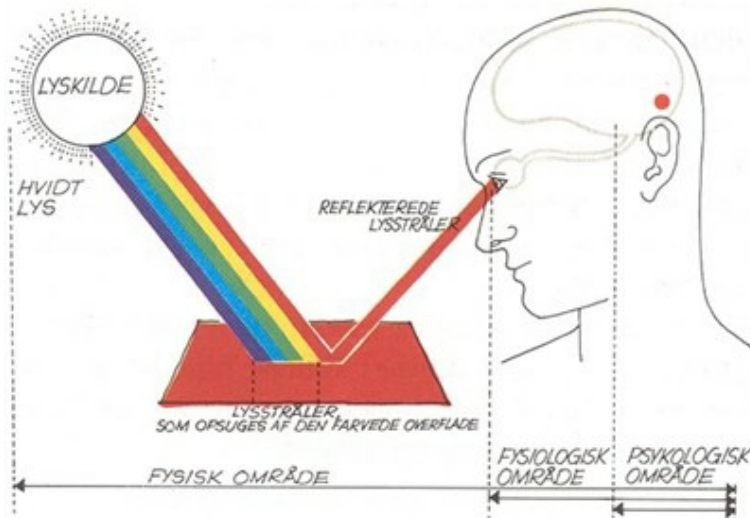


Synsnedsættende blænding. Foto: Carlo Volf.

INTRODUKTION

Vores hjerne omsætter de synsindtryk, øjnene registrerer, til billeder. I forhold til synssansen dækker begrebet perception derfor hjernens tolkning af det, vi 'ser'

Hvor umiddelbar [synssansen](#) end synes at virke, vil vores perception af lys altid være et resultat af mange komplicerede processer i øjet og hjernen, der omdanner det indkomne lys til en fortolkning og 'et billede'. Synscentret er placeret i synsbarken, også kaldet Cortex, som er placeret i den bageste del af hjernen. Alle sanseindtryk fortolkes i denne ældste del af hjernen.



Perception af lys er resultatet af komplicerede processer i øjet og hjernen. Figur: DCL.

Det komplekse forhold, at det er vores hjerne, der fortolker det, vi sanser, danner grundlaget for det vi kalder perception. Vores hjerne skaber således billeder af det, vi 'ser' med øjnene. Når synscentret modtager signaler fra nethinden, analyseres det sete: Hvad er forgrund og hvad er baggrund? Hvad bevæger sig og hvad står stille?

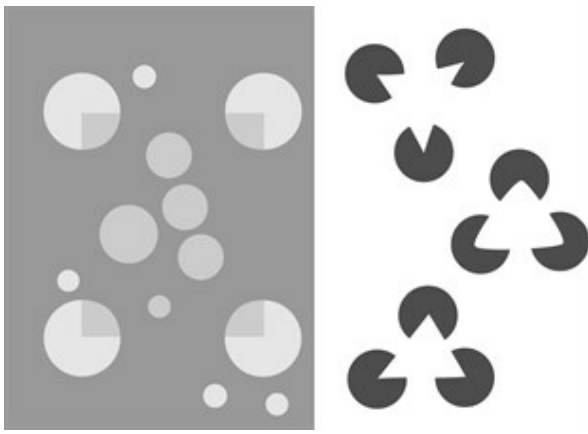
Med perception forstås altså hjernens dynamiske og fortsatte søgen efter den bedste fortolkning af det sete, en tolkning der bl.a. sker ud fra tre simple hovedregler:

- Hjernen konstruerer så få lyskilder som muligt
- Hjernen sørger automatisk for at anbringe lyskilden øverst
- Hjernen konstruerer altid det lyseste punkt som hvidt og behøver derimod ikke sort

Hjernen forankrer altid oplevelsen af lys i forhold til noget, f.eks. et relativt areal eller en relativ lyshed. På den måde anvender synssansen flere forskellige skalaer, men ser kun få særlige lysheder/[refleksioner](#), som hjernen så kombinerer til mange flere.

Det er i høj grad hjernen, som konstruerer det vi ser, og det kan være vanskeligt at definere skellet mellem, hvor den umiddelbare sansning holder op og den konstruerede perception begynder. Øjnene registrerer lys, og hjernen danner et samlet billede. Linjer, kontraster og forskelligheder er resultater af hjernens bearbejdning og hjernen fremhæver områder med forskelle frem for områder, der er ens. På denne måde danner hjernen sit eget synsindtryk.

Det er derfor vigtigt at forstå, at sansning, hvor umiddelbar den end må synes, altid foregår som en fortolkning og bearbejdning inde i hjernen. F.eks. vil et gråt areal opleveres lysere, jo større det er.



De her viste cirkler, kvadrater og hvide trekanter er skabt af vores hjerne - reelt set eksisterer de ikke som cirkler, kvadrater og trekanter.

KONTRAST OG BLÆNDING

Kontraster er vigtige for at kunne se og opfatte forskelle. Som hovedregel siger man, at jo færre kontraster der er til stede i det, vi ser, jo mere lys skal der til for, at man kan se godt.

Store [kontraster](#) forbindes normalt med noget, der er tæt på, mens små kontraster forbindes med noget fjernt, f.eks. horisonten. For store kontraster i et rum kan trække opmærksomhed væk fra de nære omgivelser. Det er derfor en balancegang at skabe de rette kontrastforhold i et rum.

Kontraster bidrager til, at vi kan orientere os. I gamle dage blev særligt lysninger og karme profilerede for at forskelle i lysheder kunne skabe synlige kontraster i rummet, selv ved ofte lave lysintensiteter.

Blænding

[Blænding](#) er et generelt problem. Det er én af grundene til at øjnene er placeret i huler. At kunne orientere sig hurtigt og sikkert uden at opleve synsnedsættende blænding kunne nemlig i tidernes morgen betyde forskellen mellem død og overlevelse. I nogle sammenhænge er dette stadig aktuelt.

Blænding opstår, når der forekommer for store forskelle i [luminans](#) i vores synsfelt. Derved overskrides grænserne for det [adaptationsniveau](#) vores øjne er adapteret til. Blænding er udelukkende et oplevet fænomen og opstår altså fordi øjets tærskelværdier for [kontrastfølsomhed](#) overskrides. I nære omgivelser er denne tærskel på ca. 1:10 og i fjerne omgivelser er den på ca. 1:40

Vi kan uden at mørkeadaptere skelne imellem op til ca. 20 forskellige luminansniveauer. Hvis vi mørkeadapterer øges [øjets lysfølsomhed](#), og hvis vi omvendt adapterer til et højt niveau, sænkes øjets lysfølsomhed. Vi kan på den måde registrere lysintensiteter fra én foton til over 1 mia fotoner, men aldrig på samme tid uden at blive blændet.



Kontraster i lys og skygge er med til at skabe oplevelse og bidrager til at vi kan opfatte både form og dybde. Foto: Carlo Volf.



Eksempel på blænding, Rigshospitalet, København (tv). Hospitalsgang med ny belysning, som ikke giver anledning til blænding (th). Fotos: Carlo Volf.

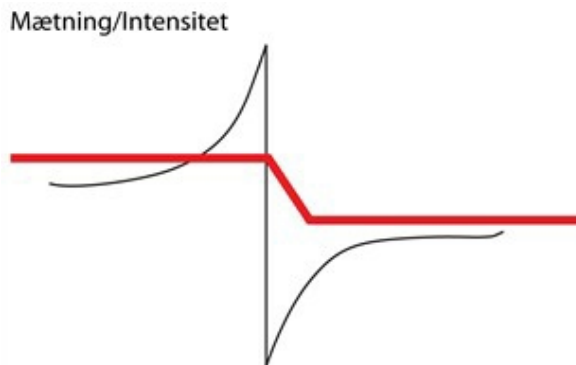
De former for blænding, vi primært har fokus på, er:

- Synsnedsættende blænding, som er forårsaget af lys, som øger øjets adaptationsniveau, således at øjets kontrastfølsomhed nedsættes. Et rum kan på grund af synsnedsættende blænding opleves som mørkere end ellers - og derved øge behovet for kunstlys.
- Ubehagsblænding, som skyldes for store luminansspring imellem eksempelvis en mørk baggrund og en lysgiver med høj luminans. Ubehagsblænding nedsætter øjets lysfølsomhed og reducerer derved evnen til at kunne se og bør så vidt muligt begrænses.

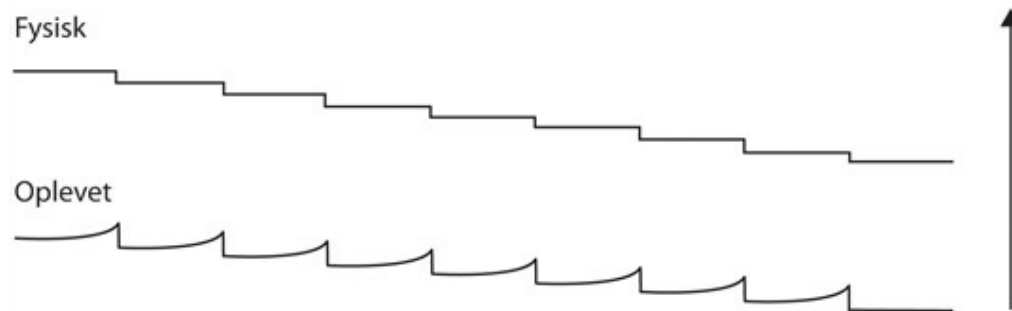
Ud over disse to former for blænding kan man opleve såkaldt sløringsblænding, som f.eks. forekommer om aftenen, når vi møder en modkørende bil med nærllys eller fjernlys samt overgangsblænding, som forekommer når vi fra det ene øjeblik bevæger os fra mørke til lys eller omvendt.

Lateral inhibition

I mødet mellem lys og mørke er vores synssans særdeles stærk. Denne evne forstærkes af det, som kaldes lateral inhibition. Både øje og hjerne fremhæver nemlig grænser mellem lyse og mørke flader, dvs. mellem forskellige luminanser. Derved forstærkes grænserne med henblik på at opnå en hurtigere og bedre opfattelse af formen på det vi ser.



Lateral inhibition sker ved hæmning (inhibition) af nabocellerne. Herved fremhæves forskelle imellem lys og mørke (sort). Kurven (rød) viser det faktiske lysforløb



Lateral inhibition kan resultere i det optiske fænomen "Mach-bånd", som er synlige, men ikke eksisterende, dobbeltlinjer i overgangen mellem to områder med forskellig luminans.

Weber-Fechners lov

Weber-Fechners lov: Den mindste afvigelse mellem en luminans og dennes baggrundsluminans (ΔL), som vi kan registrere med øjet er direkte proportional med baggrundsluminansen (L).

Denne lovmæssighed kaldes Weber-Fechners lov og gælder i øvrigt for stort set alle oplevelser, såsom lys, lyd, temperatur, m.m. Vores oplevelse af forskellen mellem objektets luminans og baggrundens luminans påvirkes af forholdet mellem de to størrelser. Weber-Fechners Lov viser med andre ord at den mindst registrerbare forskel er meget tæt på at være proportional med størrelsen af baggrundsluminansen, altså relativ.

Vores evne til at se og opleve lys er altså ikke kun afhængig af den absolutte lysintensitet, men

også af andre faktorer, såsom luminansforskelle samt adaptationsniveau og [lysfordeling](#).

OPLEVELSE AF LYS

Da lys ikke i sig selv er synligt for øjet, er det kun det reflekterede lys fra flader i vores omgivelser, dvs. luminanser, der gør at vi kan opfatte form, farve, skygger, dybde, etc.

Oplevelsen af lys sker i et komplekst samspil mellem øjet og hjernen. Oplevelsen af lys, farver og form dannes altid ud fra det reflekterede lys fra omgivelserne.

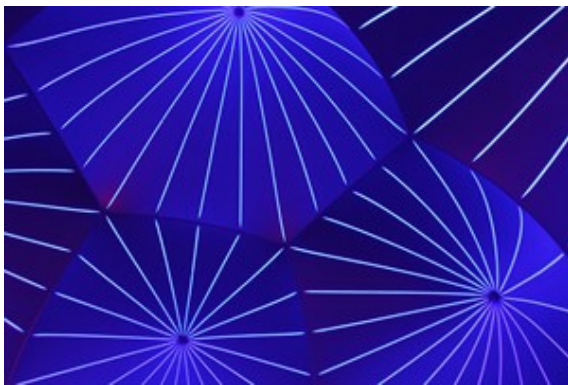
Vores oplevelse af lys er altså både bestemt af lyset og omgivelserne og af [synssansen](#).

Lys fra oven opleves eksempelvis mindre intenst end samme lys fra neden i forhold til øjet, det skyldes, at vi er mindre lysfølsomme overfor og mere vant til lys, der kommer fra oven.

Oplevelsen af lys afhænger af øjets mørketilpasning, idet der sker en gradvis nedgang i tærskel (stigning i sensitivitet) jo længere tid man opholder sig i mørke. Øjet [adapterer](#) sig til baggrundens belysning for at være i stand til effektivt at skelne objekter på netop denne baggrund.

Vi ser altså forskelligt ved forskellige lysniveauer, og det skyldes at øjet anvender forskellige typer synsceller afhængig af lysmængden. Ved almindelige og høje lysniveauer (om dagen) registreres lyset vha. nethindens [tappe](#) ([fotopisk syn](#)). Ved små lysmængder og dårlige lysforhold, svarende til nætter uden elektrisk lys, bruger øjet derimod nethindens [stave](#) til registrering af lys ([skotopisk syn](#)).

Tusmørkets lysniveauer registreres af både tappe og stave ([mesopisk syn](#)).

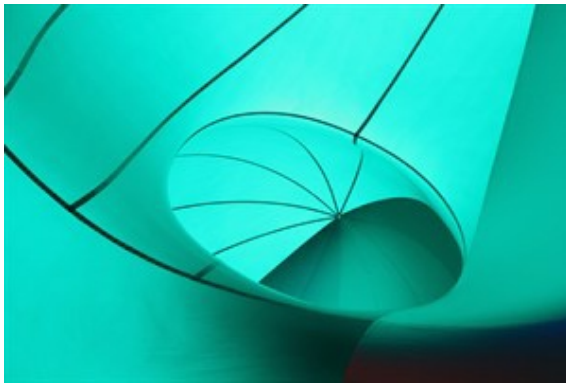


Lys kan være med til at skabe og understrege tredimensionelle former og forløb. Foto: Carlo Volf.

Lysfordelingens indflydelse på oplevelsen

Øjet tiltrækkes instinktivt af lys og lyse områder i omgivelserne. Alle flader, der er lysere end det, synet er adapteret til, vil opleves som lyse (hvide/lysende), mens alle flader, der er mørkere vil opleves som mørke (sorte).

[Gode synsbetingelser](#) kræver et passende forhold mellem lyse og mørke flader uden bratte og generende [kontraster](#). En passende kombination af [diffust](#) og [rettet](#) lys giver ofte en passende belysning og gode synsbetingelser. Udfordringen er at finde den rette balance, så kontraster mellem lyse og mørke områder ikke virker generende.



Lys og skygge er med til at give dybde og rumlighed (tv) og kan bidrage til at bryde forløb (th).
Fotos: Carlo Volf (tv) og Astrid Espenhain (th).

Om der forekommer generende [blænding](#) fra belysningen, vil afhænge af udformning og placering af [armaturer](#) i forhold til øjets synsretning. Gentagne overgange mellem små og store [luminanser](#) i rum, der støder op til hinanden, kan virke generende og i værste fald give anledning til synsnedsættende blænding.

Blænding kan resultere i øjentræthed, der i sidste ende kan give hovedpine og udløse migræne.

Om vi bliver generet af store luminansforskelle afhænger bl.a. af situationen. Hvis vi skal løse en krævende synsopgave, vil vi med stor sandsynlighed være meget lidt tolerante over for luminansspring.



Blænding kan reduceres med udvendig, fysisk afskærmning, som her på Paimio Sanatoriet, tegnet af Alvar Aalto (tv), ligesom træer og andet i de udendørs omgivelser kan være med til at afskærme mod blænding (m). Blænding kan desuden fungere som et arkitektonisk virkemiddel og forstærke effekten af sorte flader og rum, som her i Skuepilhusets foyer i København. Fotos: Carlo Volf

OPLEVELSE AF FARVER

Lys og farver er tæt knyttet sammen og vores oplevelse af farver er, ligesom oplevelsen af lys, tæt forbundet med vores særlige synssans, i særdeleshed det faktum at vi har tre lysfølsomme receptorer, som knytter sig til farverne rød, grøn og blå.

Hvor mennesket har tre, har andre pattedyr som regel kun to [lysfølsomme receptorer](#), nemlig grøn og blå. Nyere forskning viser, at netop den røde farve er vigtig for os mennesker, fordi den gør os i stand til at se og skelne vores egen hudfarve og dermed vores egne og andre menneskers kropssignaler.

Farver betyder meget for de fleste menneskers velbefindende, koncentrationsevne, mulighed for afslapning etc. Opfattelsen af farver afhænger både af, hvor meget lys der rammer farven og af den [spektrale sammensætning af lyset](#). To forskellige lyskilder med forskellig spektralfordeling kan gengive den samme farve helt forskelligt. Dette fænomen kaldes [metameri](#).

I svagt lys bliver alle katte grå, hvilket skyldes at vores evne til at se farver reduceres og forsvinder jo mørkere det bliver.

Også lysets [farvetemperatur](#) og hvilke farver, der i øvrigt findes i omgivelserne, har betydning for vores oplevelse af farver. Derfor er det væsentligt, at farver i rum (både ude og inde) planlægges sammen med belysningen.

Udover lysets spektrale sammensætning afhænger vores oplevelse af farver også af [farvernes spektrale refleksion](#). Endelig afhænger bedømmelsen af farver af øjets [farveadaptation](#) og her spiller det [fotopiske og skotopiske syn](#) ind på farveoplevelsen. Der sker nemlig et farveskift, når vi skifter fra det ene til det andet syn, se purkinjeskift.

Regnbuens farvespil er f.eks. ikke blot et fysisk fænomen på himmelen. Måler man efter med et spektrofotometer, vil man nemlig se at fordelingen af bølgelængder henover regnbuen forløber fuldstændigt lige og ubrudt uden nogle spring. De oplevede spring imellem blå, violet, rød, grøn og gul skyldes øjet der ser - eller rettere de kemiske processer, der foregår i vores fotoreceptorer og som i sidste ende skaber vores oplevelse af farver.

Farvekonstans

Øjet er udviklet til at kunne skelne farver i et konstant skiftende lys. Hvis samme farve først bedømmes i lyset fra en [glødelampe](#) og dernæst i [dagslys](#), vil vi vurdere dem til at se ens ud. Det skyldes dels at hjernen har vanskeligt ved at huske farver, dels at øjets farveopfattelse ændrer sig på en sådan måde, at det er mindst følsomt i det farveområde, der domineres af lyskilden, altså mindst følsomt for rødt lys i glødelys og mindst for blåt i dagslys. Dette fænomen, at øjet er i stand til at fastholde en oplevelse af en farve, selvom lyset skifter kaldes farvekonstans.

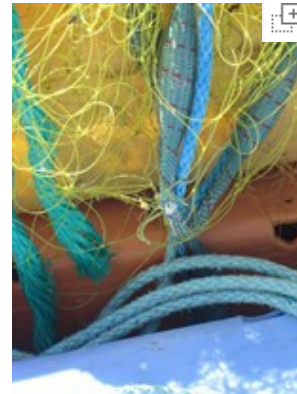
Øjet [adapterer](#) til den lysfarve, der er i omgivelserne. Hvis vi for eksempel kommer fra et lokale med meget varmt lys på 2.500 K til et lokale, hvor farvetemperaturen er på 3.000 K, vil vi i første omgang opleve det nye lys som køligt. Efterhånden vil vi imidlertid vænne os til det. Dette fænomen kaldes [kromatisk adaptation](#).

Lysfarven påvirker vores indtryk af et rum. For eksempel vil et lokale, hvor lyset er relativt koldt, ofte opleves som lysere og renere end et lokale med en varmere lysfarve. Kromatisk adaptation indvirker altså på oplevelsen af lysets farvetemperatur, ligesom adaptation indvirker på oplevelsen af lysets intensitet.

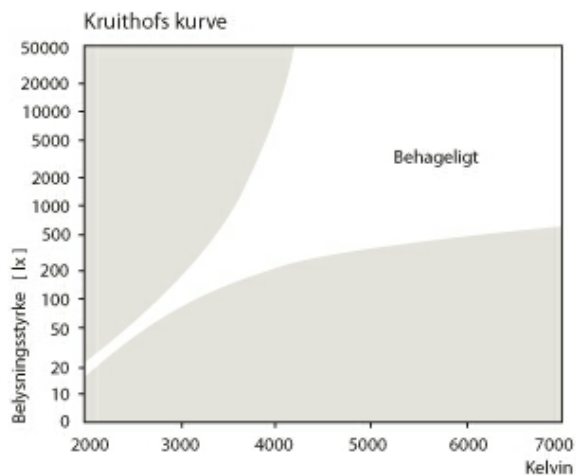
Som et eksempel på kromatisk adaptation, kan man gøre dette forsøg: Tag et par solbriller og hold dem lidt ud fra øjnene. Lys og farver ser fortegnede ud gennem de tonede glas. Tag nu solbrillerne helt på. Nu ser lys og farver pludseligt normale ud igen.

På samme måde vil dagslyset variere i løbet af dagen, uden at vi så at sige lægger mærke til det. Overordnet betragter vi vores omgivelser farver og lysheder som konstante. Det kalder vi for approksimeret farvekonstans.

I 1941 undersøgte den hollandske forsker Kruithof sammenhængen mellem [belysningsstyrke](#) og lyskilders farvetemperatur i et lokale. Målet var at finde ud af, hvornår et lokale virkede behageligt. Resultatet er Kruithofs diagram. Det er ikke meningen, at kurven skal anvendes til aflæsning af eksakte værdier, kurven giver alene vejledende oplysninger om, hvilke intervaller der opleves som behagelige.



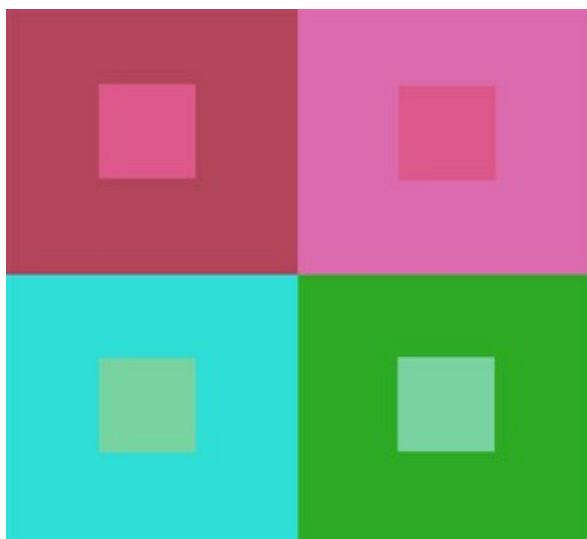
Klare farver i dagslys.
Foto: Astrid Espenhain.



Kruithofs diagram viser, hvornår en belysning opleves behagelig, diagrammet viser belysningsstyrken som funktion af farvetemperaturen i Kelvin - inden for det farvede område vil belysningen som helhed virke behagelig.

Simultan kontrast

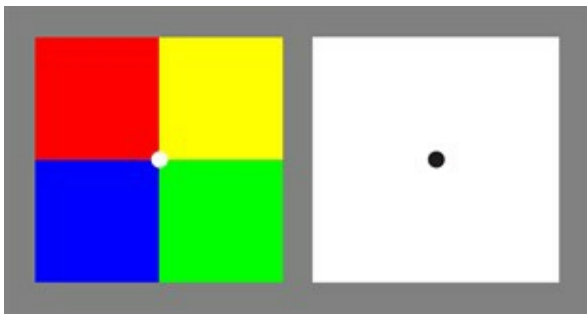
Når et farvet område eller et område med anden luminans ligger tæt ved hinanden, vil der i grænseområdet opstå en forøgelse af kontrasten, både i forhold til oplevelsen af lysets intensitet og farvens kulør. Dette kaldes simultan kontrast.



Simultan kontrast anvendes særlig inden for impressionismen, der netop skildrer malerens synsindtryk.

Successiv kontrast

Begrebet successiv kontrast dækker det 'aftryk' af et synsindtryk, der efterlades på nethinden, når synscellerne bliver 'trætte' og skal regenereres. Dette sker i løbet af et øjeblik, aftrykket fjernes og renses vha. det regenerende stof kromofor, som er beslægtet med A-vitamin. Når dette sker, vil eksempelvis indtrykket af en gul farve generere et kortvarigt indtryk af en violet farve. Den violette farve er en såkaldt efterfarve på nethinden.



Succesiv kontrast.

Farveblindhed

Farveblindhed kan skyldes flere forskellige ting.

En årsag til farveblindhed er, at [tappene](#) ikke fungerer eller ikke har normal kontakt til hjernen. Farveblindhed kan imidlertid også skyldes, at der mangler et eller flere farvefølsomme stoffer i nethindens synsceller, så hjernen ikke kan opfatte farverne korrekt. Endelig kan farveblindhed opstå som en såkaldt dikromasi, hvilket betyder at én af de tre typer tappe (R, G og B) ikke fungerer normalt.

Farveblindhed forekommer primært hos mænd, hvoraf ca. 8 % er farveblinde. Kun ca. 0,5 % kvinder er farveblinde.

Lyset skaber stemning

Lys kan anvendes som egentligt virkemiddel til at understrege en specifik stemning, f.eks. en dramatisk, uhyggelig eller festlig stemning.

En belysning med lave belysningsstyrker, bløde overgange og varme lysfarver giver f.eks. en stemning af intimitet. På samme måde vil en jævn belysning med et relativt højt lysniveau og en kold lysfarve skabe en stemning af effektivitet, mens en belysning med mange funkulende lyspunkter bidrager til en festlig stemning.

Også sollyset og dagslyset kan give anledning til skiftende stemninger. En jævn overskyet himmel kan f.eks. skabe en højtidelig og dragende stemning.



Lys kan skabe stemning og gøre at et landskab kan skifte karakter i løbet af dagen og i løbet af året. Foto: Carlo Volf.



Store vinduessarealer kan skabe behov for afskærmning mod direkte sollys og passiv varme, som her i Musikhuset Aarhus.
Foto: Carlo Volf.

INTRODUKTION

Lys har betydning for menneskets velbefindende og sundhed. Inden opfindelsen af penicillin indgik lys i behandlingen af flere forskellige sygdomme. I dag ved vi, at lys påvirker vores hormonproduktion og immunforsvar.

Allerede i 1877 påviste de engelske forskere Downes og Blunt, at sollyset kunne dræbe og hæmme udviklingen af sygdomsfremkaldende bakterier. Man opdagede ligeledes, at det især var det violette og ultraviolette lys, der var virksomt. Af disse iagttagelser kunne man konkludere, at sollyset måtte have en biologisk virkning på vores krop. Imidlertid er denne indsigt gennem de seneste hundrede år langsomt blevet glemt. Sanatorierne er et godt eksempel på dette. Fra at lys var en aktiv del af behandlingen af flere sygdomme, såsom engelsk syge og tuberkulose, gik udviklingen op gennem det 20. århundrede imod en mere medicinsk behandling af sygdomme



Paimio Sanatoriet. Foto: Carlo Volf.

Lysets ikke-visuelle effekter

Nye videnskabelige undersøgelser tager i dag bl.a. udgangspunkt i Downes og Blunts opdagelser af lysets betydning for vores sundhed og trivsel, og begrebet helende arkitektur anvendes i stigende grad.

Udover lysets visuelle egenskaber har forskere siden midten af 1980'erne udforsket de ikke-visuelle effekter af lys. Dagslysets sundhedsmæssige betydning blev først rigtig videnskabeligt bevist i 2002, hvor man gennem videnskabelige undersøgelser opdagede en helt ny type lysfølsomme celler, nemlig de såkaldte [gangliaceller](#), som har forbindelse til den del af hjernen, der styrer vores kropslige og hormonelle døgnrytme.

LYSETS BIOLOGISKE VIRKNINGER

Vores viden om lysets biologiske virkninger og dets indflydelse på vores sundhed og trivsel skyldes primært ny forskning, herunder opdagelsen af en ny type lysfølsomme celler på øjets nethinde.

I 2002 opdagede Dr. David Berson og Dr. George Brainard en helt ny type lysfølsomme celler på øjets nethinde, nemlig de såkaldte [gangliaceller](#), som styrer vores kropslige og hormonelle døgnrytme. Siden har mange været i gang med at udforske lysets biologiske virkninger. Dette forskningsfelt er dog relativt nyt og under udvikling, og det er derfor svært at afgøre konkret, hvilken indvirkning lyset har på mennesket.



Lyset har stor betydning for vores trivsel. Foto: Jan Bärenholdt.

Overordnet peger den ny forskning dog på, at lyset har endog meget stor betydning for og positiv indvirkning på både vores mentale og vores kropslige velvære. En tydelig konsekvens heraf er, at man siden opdagelsen af gangliaceller og lysets biologiske virkninger har ændret [bygningsreglementet](#), så betoningen af dagslys nu er stærkere end i de tidligere udgaver. I bygningsreglementet står der bl.a., at "kravet om dagslys skal ses i sammenhæng med almene sundhedsmæssige aspekter af dagslyset".

Optimale dagslysforhold

I erkendelse af at [dagslyset](#) har stor betydning for vores trivsel, er det vigtigt at optimere dagslysudnyttelsen i bygninger. Med optimering forstås ikke maksimering. Eftersom lyset, f.eks. direkte sollys, kan give anledning til gener i form af [blænding](#) og [overophedning](#), handler det nemlig ikke om at opnå så store vinduesarealer og lys som muligt. Det gælder derimod om at finde frem til modeller for, hvordan vi opnår de bedst mulige dagslysforhold i vores indendørs miljøer, hvor vi ifølge undersøgelser tilbringer op imod 90 % af tiden.

I kraft af at der er begrænsede mængder dagslys i Danmark, der ligger på 56. breddegrad, er godt kunstlys ligeledes en vigtig faktor og forudsætning for vores hverdag og trivsel. Ligesom optimering af kunstlyset er af afgørende betydning i det industrialiserede 24/7-samfund, som vi i dag lever i.

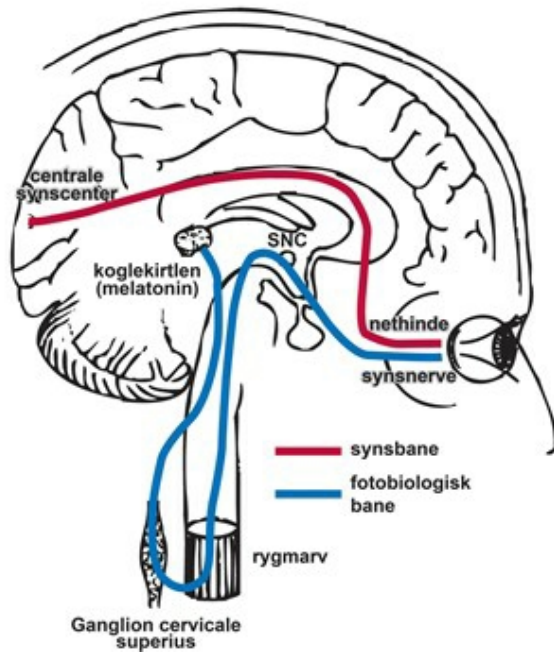
[Kunstlys](#) kommer vi ikke udenom, særligt ikke på vores breddegrader, men det skal benyttes med omtanke, og adgang til dagslys skal til hver en tid prioriteres højt. Både i forhold til økonomi og trivsel er dagslyset nemlig den bedste og mest hensigtsmæssige lyskilde.

Gangliacellernes funktion

De lysfølsomme gangliaceller på øjets nethinde har forbindelse til den suprakiasmatiske kerne (SCN) i vores hjerne. Her reguleres vores døgnrytmer, også kaldet cirkadiske rytmer, f.eks. søvnrytme og temperatur, ligesom vores hormonproduktion styres fra dette sted i hjernen. Fra SCN er der nemlig forbindelse til hjernens koglekirtel, som producerer søvnhormonet melatonin. Melatoninproduktionen stimuleres af mørke og spiller en stor rolle i regulering af vores døgnrytme. Meget tyder i øvrigt på, at melatonin styrker vores immunforsvar.

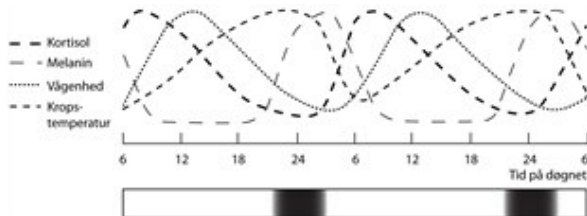
Opdagelsen af gangliacellerne i 2002 har vakt opsigt inden for lysområdet. Man taler ligefrem om 'the missing key-piece in the lighting puzzle', og lys er rent praktisk med til at hæmme produktionen af melatonin i koglekirtlen. Disse primitive lysfølsomme gangliaceller stimuleres

særligt af lys i den blålige del af spektret (460-480 nm), som er rigt repræsenteret i dagslyset.



Gangliacellerne på øjets nethinde har forbindelse til den suprakiasmatiske kerne, der regulerer menneskets døgnrytme.

Forskellige forsøg med forsøgspersoner har vist at menneskets døgnrytme kan variere fra 23,5 timer til 24,5 timer. Da det ikke er særligt hensigtsmæssigt at have alt for store variationer i døgnrytmen, er vi heldigvis indrettet således, at dagslyset er med til at synkronisere døgnrytmen, så den passer til jordens omdrejning omkring sig selv, altså 24 timer.



Menneskets døgnrytme.

Hormonproduktionen gør os aktive om dagen

Lys hæmmer produktionen af søvnhormonet melatonin. Lyset understøtter derved et højere aktivitetsniveau i dagtimerne end i nattetimerne. Men for at være aktive om dagen, er det vigtig for os at hvile om natten og her spiller lyset, og manglen på lys, en vigtig rolle. Manglen på lys om aftenen øger nemlig produktionen af melatonin, som gør os søvnige, så vi kan sove og få restitueret vores krop om natten.

Det handler om balance mellem lys og mørke: Der er vigtigt med lys, når vi er aktive, og mindst ligeså vigtigt med mørke, når vi skal sove.



Mørket spiller en vigtig rolle i forbindelse med vores sundhed - for meget lys når vi skal sove reducerer og forstyrrer vores søvnperiode. Det rødlige lys inden vi skal sove forstyrrer ikke vores døgnrytme som det blålige lys.

D-vitamin

Kroppen danner D-vitamin i huden, når den rammes af solens UV-stråler. Lys stimulerer, særligt i sommerhalvåret, kroppen til at danne det såkaldte D3-vitamin, som fremmer kroppens produktion af bl.a. calcium, der styrker vores knogler og tænder. Langvarig D-vitamin-mangel kan medføre knogleskørhed. I gamle dage medførte den stigende urbanisering mange sygdomme, som f.eks. engelsk syge. Den engelske syge ramte i særlig grad børn, idet knogleudviklingen blev hæmmet, hvis de ikke fik nok D-vitamin.

Især mange ældre og mennesker med mørk glød har for lav D-vitamin-produktion. Særligt plejehjemsbeboere og ældre der ikke kan komme udendørs, lider ofte af D-vitaminmangel. Ældre over 65 år anbefales derfor ofte et dagligt tilskud D-vitamin.

T-celler

UV-lys stimulerer produktionen af hvide blodlegemer, de såkaldte T-celler, der vedligeholder og dræber virusinficerede celler, eller celler som viser tegn på udviklende cancer. Omvendt kan for store mængder UV-lys resultere i hudkræft, både i form af almindelig hudkræft og som modermærkekræft. I den sammenhæng er primært personer med lys hud udsatte. Det handler derfor om en balance mellem for lidt og for meget lys.

Læs også Jens Christoffersens artikel om *Lys, sundhed og velvære*:
<http://www.sbi.dk/indeklima/lys/lys-og-sundhed/lys-sundhed-og-velvere>

LYS OG HELBRED

Lys spiller en vigtig rolle for vores helbred og indvirker på vores humør og velbefindende.

[Dagslyset](#) og variationerne i dagslyset er bestemmende for de farver, vi ser, det styrer vores vitale kropsfunktioner og har også indflydelse på vores humør.

Lys indvirker på vores limbiske system, som udgør den dybere, ældre del af hjernen, der registrerer følelser, som f.eks. frygt, glæde, tryghed, stress og angst. Disse følelser påvirkes af de ydre sanseindtryk, vi møder. I den sammenhæng er syn og hørelse de vigtigste sanser. Tænk bare på film og scenografiske effekter. Lys og lyde kan resultere i hvile, ro og afslapning, men også angst og stress.

Lys har indvirkning på vores humør og velbefindende. Reduceres de lysmængder vi får, kan det give anledning til depressioner, stress og vinterdepressioner (SAD). Lys anvendes derfor også aktivt til behandling af personer med vinterdepression. Pt. lider ca. 10 % af befolkningen på vore breddegrader af vinterdepression i større eller mindre grad.

SAD

Meget tyder på, at vi er mest modtagelige for lys om morgenen. Eksempelvis behandles SAD-patienter bedst og mest effektivt ved eksponering for intenst lys om morgenen. Også demens kan bedres vha. stærkt lys om dagen. Generelt vil alle have godt af lys med høj intensitet, gerne dagslys, men kun om dagen. Flere undersøgelser peger på, at patienter kommer sig hurtigere, har lavere dødelighed og bruger mindre smertestillende medicin, hvis de befinder sig i et lyst rum med sydvendte vinduer, end hvis rummet er mørkt og har nordvendte vinduer.

Det har i øvrigt vist sig, at astronauter, der udsættes for varierende dagsrytmer (f.eks. 90 timers sol derefter 90 timers mørke osv.), mister deres evne til at koncentrere sig. Også blinde mennesker kan få alvorlige søvnproblemer, hvis nethinden fjernes, idet de [lysfølsomme gangliaceller](#) på den nederste del af nethinden, som sender signaler til koglekirtelen, når de modtager lys, er væk.

LYS OG ADFÆRD

Synssansen er en af menneskets primære sanser og lyset påvirker i høj grad vores adfærd. Lys kan virke afslappende, stressende, tillokkende etc.

Lyset kan også virke inkluderende og samlende og det kan virke ekskluderende og blændende. Her spiller bl.a. lysets retning, placering, intensitet samt farve- og skyggetegning en rolle.

Lys kan påvirke vores måde at bevæge os rundt i et rum på. Således kan et stærkt [lysrum](#) skabe et felt i rummet, hvor ingen vil opholde sig, ligesom mangelen på lys, dvs. mørke, kan gøre det samme.

Flere undersøgelser viser, at tilrettelæggelsen af lys har betydning for eksempelvis børns støjniveau samt evne til at koncentrere sig om en opgave, ligesom meget lys kan give en intens stemning i et rum, giver dæmpet lys en mere rolig stemning i et rum.

Lys kan guide os, hvor vi færdes. Det kan f.eks. understøtte et gangforløb eller en retning i et rum eller et område på samme måde som møbler, inventar og lignende kan. Lys skaber fokus og afslører ting, men lys kan også virke modsat og dæmpe fokus og sløre genstande i rummet.



Belysning i tunnel. Lyset har stor betydning for om et område virker trygt for dem, der færdes i området. Foto: Silla Herbst.

Når der er mørkt i et rum, bliver man automatisk mere afslappet og falder til ro - en egenskab som i øvrigt gælder for langt de fleste pattedyr, eksempelvis høns, bjørne, etc. Derfor er sæsonbetonet adfærd hos pattedyr ret markant, hvorimod mennesket, med [kunstlysets](#) fremkomst, til en vis grad er blevet i stand til at have et højt aktivitetsniveau både dag, nat, sommer og vinter.

Lyset er derved med til at styre og understøtte en aktivitet og et aktivitetsniveau. Lys om natten kan reducere vores søvn, idet kroppens aktivitetsniveau øges, ligesom vores døgnrytme forstyrres, hvis vi udsættes for lys, når vi skal sove.

INTRODUKTION

I takt med at vi bliver ældre, svækkes vores sanser. Det gælder især synssansen, men også døgnrytmen ændres.

Et af de første tegn viser sig i 40-50 års alderen, hvor vi opdager, at det er sværere at se små ting, f.eks. teksten i en bog.

Med alderen gulnes linsen i [øjet](#) og vores følsomhed over for kraftigt lys og [blænding](#) øges.

Når linsen i øjet gulnes, modtager vi desuden mindre lys i den blå del af [det synlige spektrum](#). Eftersom dette lys spiller en væsentligt rolle i forhold til regulering af vores [døgnrytme](#), ændres denne ligeledes med alderen.



Synssansen svækkes med alderen.
Foto: DCL.

ØJETS ALDRING

Når vi bliver ældre, ændres vores øjne og vores synsopfattelse ændres. Evnen til at modtage synsindtryk bliver mindre. Vores oplevelse af både lys og farver ændres gradvist med alderen.

Det første tegn på aldring af vores øjne slår normalt igennem i 40-50 års alderen, hvor vi opdager, at det er sværere at se små ting, f.eks. teksten i en bog. En ældre person har brug for meget mere lys end en ung.

Øjets evne til at skelne [kontraster](#) aftager ligeledes med alderen. Det samme gælder evnen til at fokusere. Derved nedsættes [øjets lysfølsomhed](#) med alderen, hvilket betyder at behovet for kontraster og mere lys bliver større, jo ældre man bliver.

[Kontrastfølsomheden](#) er vigtig for både læsesyn som [orienteringssyn](#) og kan måles i en såkaldt kontrastfølsomhedstest. Her måles tærskelværdier for den enkeltes evne til at skelne mellem objekt og baggrund.

Også oplevelsen af [luminansspring](#) i omgivelserne forstærkes. Det skyldes, at [adaptationsevnen](#) reduceres med alderen. Store og bratte luminansspring bør derfor undgås i områder, hvor ældre mennesker færdes til daglig.



Foto: DCL.



En ældre person har brug for meget mere lys end en ung. Samtidig forstærkes oplevelsen af luminansspring i omgivelserne. Fotos: DCL.

Linsen bliver mindre fleksibel

Akkommodation vil sige evnen til at fokusere skarpt på forskellige, varierende afstande.

Akkommodationen svækkes med alderen - indtil ca. 60-års alderen - herefter stabiliseres forringelsen igen. Svækkelsen skyldes, at døde celler ophobes i [hornhinden](#) og gør at den bliver stivere og får sværere ved at tilpasse sig i forhold til forskellige afstande.

Derved får linsen sværere ved at fokusere tæt på - armene bliver med andre ord for korte! Det kan resultere i aldersbetinget langsynethed (Presbyopia) også kaldet gammelmandssyn - afledt af græsk: Presbys (gammel) og opia (øjne), gamle øjne eller gammelmands øjne. Denne langsynethed skyldes, at lyset afbøjes i et brændpunkt, før det rammer [nethinden](#), hvorved billedet bliver uskarpt. En side-effekt ved Presbyopia er, at det blå, kortbølgede lys, der afbøjes mest, ikke rammer nethinden og resulterer i en farveforvrængning, hvorved det blå lys "mangler" i farvespekteret hos folk med gammelmandslangsynethed. Noget der kan blive et problem for opretholdelsen af den vitale [døgnrytme](#).

Linsen mister altså evnen til at ændre krumning. Dermed reduceres evnen til at danne skarpe billeder på nethinden. Den manglende linsekrumning bevirker, at vi er nødt til at bruge briller til læsning og lignende.

Adaptationsevnen ændres

Øjet tilpasser sig de [luminanser](#), der er i omgivelserne. Dette fænomen kaldes [adaptation](#).

Adaptationen sker på to måder:

- hurtig adaptation, som sker i løbet af ca. 1 minut. Den er forårsaget af at Iris udvider sig og blotlægger flere lysfølsomme synsceller (tappe)
- langsom adaptation, som sker efter ca. 15 - 30 min i mørke. Den er primært forårsaget af dannelsen af det kemiske stof Rhodopsin (synspurpur) i øjets lysfølsomme celler

Med alderen vil begge processer blive langsommere. Derfor bør bratte overgange mellem lys og mørke undgås på steder, hvor mange ældre personer færdes for at undgå faldulykker, etc.

Linsen gulner

Med alderen bliver linsen i øjet efterhånden gulnet. Dette bevirker, at noget lys opsuges, mens andet spredes i selve øjet, og der kommer mindre lys frem til nethinden. Spredningen af lyset i øjet betyder også, at vi med alderen bliver mere generet af lys, som utilsigtet rammer øjnene.

Det lys, der er koncentreret i den blå ende af [det synlige spektrum](#), afbøjes mest og når derfor ikke frem til nethinden. Når den blå del af lyset mangler, vil vores evne til at opfatte farver også blive ændret. Dette forhold skal man specielt være opmærksom på, når ældre er beskæftiget med arbejde.

Når linsen bliver gullig, filtreres de blå farver fra, så en ældre person ser de blå farver dårligere. Det resulterer f.eks. i gamle damer med blåt hår-fænomenet: På grund af at de ikke selv ser det blå lys, har de ofte, uden at vide det, farvet deres hår lidt mere blåligt, end de selv er i stand til at se.

BIOLOGISKE FORANDRINGER

Øjets linse gulnes med alderen og gør, at mindre lys trænger ind på nethinden. Særligt mængden af det blålige lys reduceres, hvilket medfører biologiske forandringer.

Lyset er et væsentligt element i reguleringen af vores døgnrytme. De [lysfølsomme gangliaceller](#), som sender signaler til den del af hjerne, der regulerer døgnrytmen, stimuleres særligt af lys i den blålige del af [det synlige spektrum](#), som er rigt repræsenteret i [dagslyset](#). Når linsen i øjet gulnes, er det imidlertid lige præcis den blå del af spektret, der filtreres væk. Dette er en væsentlig årsag til, at døgnrytmen ændres og forringes med alderen.

Der synes at være en sammenhæng mellem, hvor meget lys ældre udsættes for om dagen, og hvor dyb deres søvn er om natten. Ældre kræver mere lys, på grund af gulning af linsen, og er samtidig ofte mere følsomme overfor [blænding](#), på grund af reduceret [adaptationsevne](#).

Med den reducerede evne til at opfatte lys i den blå del af spektret, følger desuden en reduktion af evnen til at se i mørke. Nogle ældre kommer derfor til at lide af det man kalder natteblindhed.



Foto: Carlo Volf.

Alder og D-vitamin

Især mange ældre mennesker har for lav D-vitamin-produktion. Særligt plejehjemsbeboere og ældre, der ikke kommer tilstrækkelig meget ud, lider ofte af D-vitaminmangel. Ældre over 65 år anbefales derfor i dag at tage et dagligt tilskud af D2-vitamin. Undersøgelser viser imidlertid, at sollysets D3-vitamin er langt nemmere for kroppen at optage og fungerer langt bedre end kosttilskud. Derfor er dagslys en vigtig del af vores daglige vitamintilskud og sundhed.

D-vitamin har betydning i forebyggelsen af knogleskørhed, ligesom D-vitamin kan bidrage til at modvirke autoimmune sygdomme, f.eks. diabetes, leddegigt, sclerose, tarmbetændelse samt visse typer cancer.



Syndtryk hos en ung person (tv) og hos en ældre person (th).