

Ljus och seende¹⁾

Belysningshygieniska grunder

Av professor, med. dr *Hans Ronge*, Lund

Antalet arbetstimmar per år, då dagsljuset inte räcker till för tillräcklig inomhusbelysning, uppgår i Sverige till mellan 500 och flera tusen, allt efter arbetsplatsen. Betydelsen av en god belysning erkänns väl av alla, men låt oss försöka att ur medicinska och fysiologiska synpunkter dissekera upp det något diffusa begreppet god belysning. All god belysning måste uppfylla en rad sådana krav.

Därtill kommer emellertid en estetisk fordran på belysningen som stämningsskapande miljöfaktor. Denna får aldrig försummas, men får givetvis en mera betydelsefull roll i hemmet och t. ex. i kyrkor än på arbetsplatsen, på kontoret eller i industriverkstaden. I sina bästa ögonblick är belysningstekniken dock alltid även belysningskonst.

Likasa får man inte på den medicinska eller biologiska sidan enbart se till belysningens olika deffekter på synfunktionen utan också till belysningens allmänna, psykologiska verkan. Därvid kommer också rummets arkitektur och färgsättning på ett väsentligt sätt in i helhetsbilden.

Rätt styrka

Det är självklart att den lämpliga styrkan av ljuset beror på hur pass små och kontrastrika detaljer man behöver kunna se. I de flesta praktiska synuppgifter som förekommer kan man söka upp den "kritiska detaljen" och ange dess storlek och kontrast. På vanligt läsavstånd från ögat, omkring 30 cm, är detaljer på 0,05—0,1 mm mycket små i förhållande till ögats upplösningförmåga, medan däremot detaljer på 1 mm eller mer är "stora". Kontrasten av detaljerna mot bakgrunden kan för noggranna ändamål uppmätas i ett procenttal, där 100 % betyder svart mot vitt. För praktiskt bruk räcker det dock

med att skilja mellan god, medelgod och dålig kontrast.

Man mäter belysningens styrka (belysningen) i lux (lx) och för vårt ändamål räcker det med att säga att på en m avstånd från en stearinljuslåga är belysningen ca en lux. Klart månsken ger också någon lux, medan däremot fullt solsken på sommaren ger mellan 80 000 och 100 000 lx. En mulen dag kan belysningen utomhus vara 15 000—25 000 lx, mitt i vintern dock lägre. Se fig. 1. Av det diffusa dagsljuset från en mulen himmel tränger blott 1—5 % in genom fönstren i ett normalt rum med mycket stora fönster eller takfönster dock mera. Dagsljusbelysningen inomhus är således blott ett par procent av belysningen utomhus, detta procentvärde brukar kallas "dagsljuskvoten".

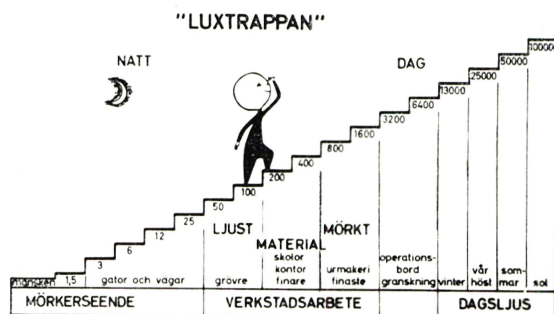


Fig. 1. En översikt av belysningens styrka i lux hos naturligt och artificiellt ljus.

Med en vanlig synskärpetavla kan man studera hur synskärpan ökar med belysningen. Även ögats kontrastkänslighet kan studeras, genom att man använder synskärpetavlor med olika grå bokstäver mot den vita bakgrunden. Provet kan dessutom försvåras genom att låta personen se provtavlan blott ett kort ögonblick, varvid man således även får med synhastigheten.

De nämnda försöken över synskärpan beroende av belysningen visar att synskärpan sti-

¹⁾ Efter ett föredrag vid AÖO:s skyddskonferens i Sälen september 1961.

SYNSKÄRPA

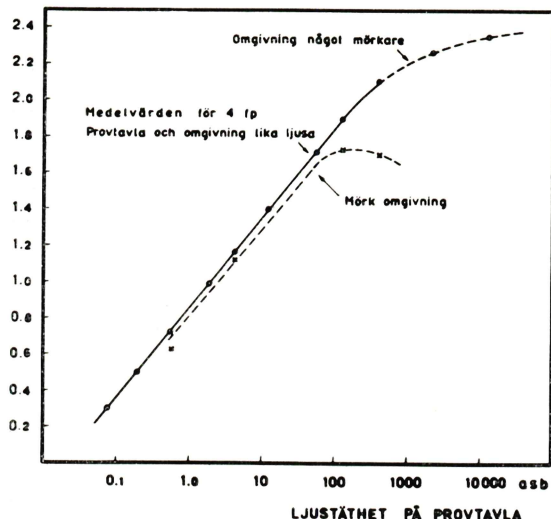


Fig. 2. Hur synskärpan stiger med stigande belysning på provtavlan. (Efter Lythge, 1932.) Provtavlans luminans ("ljusstäthet") är produkten av belysningsstyrkan i lux och den vita tavlans reduktionsfaktor (sa 0,85).

ger till ett maximum vid ca 10 000 lx (fig. 2). För varje belysningsnivå fordras att ögat ges ordentlig tid till anpassning (adaptation). Synskärpan ökar proportionellt med logaritmen för luxtalet. Likaså stiger ögats kontrastkänslighet och synhastigheten med stigande belysning, och ögats maximifunktioner skulle bäst utnyttjas vid belysningar på ca 5 000—10 000 lx. Detta gäller dock endast för belysning mot vit bakgrund.

För en mellangrå bakgrund, som återkastar blott ca 20 % av det infallande ljuset, måste belysningen vara fem gånger så stark för att ge samma synskärpa. Ögats synförmåga beror ju i första hand på det ljus som återkastas till ögat från syndetaljen. Det rätta måttet på hur ljus en belyst yta ter sig ger därför produkten av belysningen och ytans reflexionsfaktor, vilket värde kallas ytans ljusstäthet eller luminans, med måttenheten apostilb (asb).

Ett annat och mera relevant sätt att studera belysningens inverkan på synprestationsförmågan är att låta försökspersoner utföra ett standardiserat sorteringsarbete eller dylikt med olika stora och olika kontrastrika detaljer. Som mått på synprestationsförmågan kan man då använda

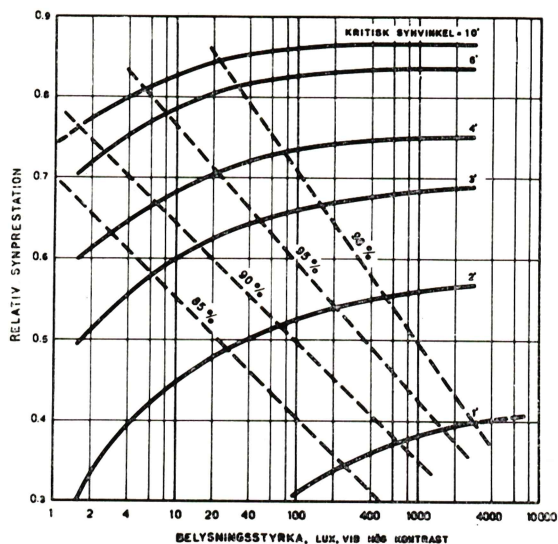


Fig. 3. Belysning och synprestation. Vid ett sorteringsarbete, där den kritiska detaljens storlek ligger inom området 1—10 bågminuter, stiger arbetsprestationen med stigande belysning till ett för varje storlek karakteristiskt gränsvärde. Synprestationsskalan å ordinatan är ett kombinationsmått på hastigheten och precisionen i arbete. Detaljer större än 10' ge ej nämnvärt högre prestationstal. Den maximala prestationen nås vid desto högre belysning, ju mindre den kritiska detaljen är. De sneda, streckade linjerna sammanbinda de punkter, som motsvara 85, 90, 95 och 98 % av den i vart fall maximala prestationen (efter H. C. Weston, medelvärden av 12 försökspersoner i åldrar mellan 20 och 48 år).

produkten av hastigheten och precisionen i arbetet.

Man finner då, åtminstone för normala syndetaljer såsom tryckbokstäver och liknande, att prestationen ökar med ökad belysning endast till en viss gräns. För läsning av normal tryckstil i en bok ligger denna vid omkring 150 lux, för finstil däremot vid 300—600 lx. Sådana omfattande försöksserier ligger till grund för de rekommendationer om lämplig minsta belysning, som bör råda på olika slag av arbetsplatser, den s. k. lux Tabellen (se tabell 1).

Även om de egentliga synuppgifterna på en viss arbetsplats är sådana att en belysning på något tiotal lux egentligen skulle räcka, visar dock erfarenheten att en högre belysning ger bättre arbetsresultat. Orsaken härtill är nog närmast den psykologiska stimulation som ett ljus rum ger; den nedstämmade, ja ibland sömngi-

TABELL 1. Utdrag ur luxtabellen 1954.

	Minsta belysning lux
Kontor, allmänt mer intermittent kontors- arbete, kartotek, skrivning av stenogram, sortering av post	150
bokföring, maskinskrivning, stencilskriv- ning, läsning av stenogram	300
bokföringsmaskiner	500
arkiv	80
konferensrum	150
mottagningsrum	80
enklare ritarbete, skisser o. d.	300
ritarbete med finare detaljer eller under längre tid	500
Tryckerier, handsättning och avläggning av vanligt boktryck	300
fin sats	1 000
maskinsättning	300
stilgutning	150
ombrytning	300
korrigering och kontroll av flerfärgstryck intagning	1 000
tryckning	150
tillverkning av matriser	500
korrekturläsning	500

vande inverkan som mörka arbetsrum skänker är väl bekant för oss alla. Kraven på belysning måste också anpassas till hur pass långvarig vis-
telsen och arbetet i lokalen är. Vidare inverkar
åldern på belysningsbehovet; en 60-åring ford-
rar således minst den dubbla belysningsstyrkan
för att se lika fort och bra som en 20-åring, bl. a.
beroende på att pupillen i ögat blir mindre med
åldern.

Lämplig ljusfärg

Den moderna ljus-tekniken har som bekant gett
oss nya ljuskällor, framför allt i form av lys-
röret, som förutom billigare ljus också ger oss
möjligheten att variera ljusets färgsammansätt-
ning. Olika försök har nu visat att ljusets färg
inte inverkar på de synfunktioner som hittills
nämnts. Man har däremot med lysrören vunnit
en påtaglig och intressant erfarenhet, nämligen
att ljusets färg måste anpassas till den erforder-
liga belysningen.

Är denna hög skall den helst ges med ett dags-
ljusliknande vitt ljus, medan däremot låg belys-
ning fordrar varmare och gulare färg hos ljuset
för att ett behagligt helhetsintryck skall erhållas.
Lysrörsljus med dagsljusfärg fordrar en belys-
ning på minst 500 lx för att inte verka kall och
otrivsam. Därför tillhandahålls numera lysrör
med olika ljusfärger, som alltså skall väljas med
hänsyn till den önskade belysningen (fig. 5).

En annan sida av frågan om ljusets färg gäl-
lar dess färgåtergivande förmåga. Kvicksilver-
lampan t. ex. ser ju ut att lysa med ett ganska
vitt ljus, men i det ljuset saknas bl. a. nästan
helt våglängderna för det röda ljuset, varför
röda föremål ser svarta eller svartbruna ut. För
de moderna urladdningslamporna har man haft
stora svårigheter att utjämna våglängdssamman-
sättningen så att en god färgåtergivning erhålles.
Med natriumlampan är det omöjligt, då dess ljus
har en enda våglängd i det gula området, varför
alla föremål får en grågul färgton.

Hos de moderna lysrören och vissa lysämnes-
försedda kvicksilverlampor har man dock nått
ganska långt, och med speciallampor kan man

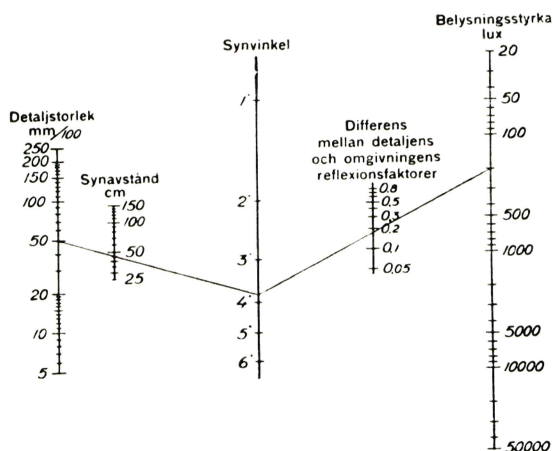


Fig. 4. Ett diagram över sambandet mellan kritisk detaljstorlek i synuppgiften, synavståndet, kontrastförhållandena och den lämpliga minimibelysningen vid längre varaktighet av synarbetet. Av skalorna för detaljstorlek och synavstånd fås synvinkeln i bågminuter; kontrastförhållandet anges som differensen mellan detaljens och omgivningens reflexionsfaktorer, varvid värden över 0,5 markerar god och värden under 0,2 dålig kontrast. Om synvinkelvärdet sammanbindes med kontrastvärdet erhålles den rekommenderade minimibelysningen. (Efter H. C. Weston, 1949.)

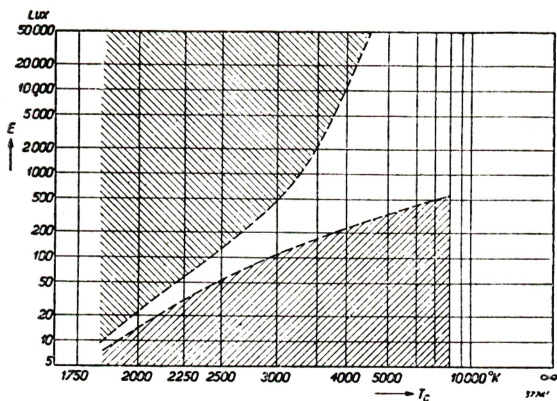


Fig. 5. För att allmänbelysningen i ett rum skall verka behaglig bör styrkan och ljusfärgen kombineras så att de faller inom den ljusa zonen av diagrammet. Ljusfärgen anges med färgtemperaturen i °K, varvid glödlampor (glödråden) har ca 2 500 och solljuset 5 500°. S. k. "vita" lysrör har vanligen en färgtemperatur på ca 3 500°K. (Efter Kruithof.)

nästan helt imitera det standardiserade dagsljuset. För korrekt färgåtergivning behövs mycket starka belysningsstyrkor, 1 000 lx eller mer.

Riktig ljusfördelning och infallsriktning

Endast tillräcklig styrka och lämplig färg hos ljuset skapar inte en god belysning. Det är dessutom nödvändigt att ljuset, eller egentligen luminanserna, är lämpligt fördelade i rummet. En stark belysning koncentreras till enbart själva arbetsytan i ett för övrigt mörkt rum medför att ögats upplösningsförmåga och andra synfunktioner alls inte kommer till sin fulla rätt. Ljuset måste också lysa på hela arbetsbordet, golv, väggar och tak på ett sådant sätt att en lämplig luminansfördelning uppkommer.

Särskilt olämpligt är det om den närmaste omgivningen omkring arbetsföremålet är mycket ljusare än detta. Lämpligast är det om arbetsytan har en tredjedel av arbetsföremålets luminans, medan synfältets mera perifera delar (väggar och tak) kan få vara högst tio gånger så ljusa. Luminansförhållandet för ljusarmaturen och dess bakgrund bör ej få överstiga 20:1. Om sådana regler som dessa inte följs riskerar man att en störande kontrastbländning uppkommer, som kan verka både tröttande och skadande på ögonen. Den praktiska konsekvensen blir up-

penbarligen att enbart platsbelysning är otillräcklig. Den bör alltid kompletteras med någon form av allmänbelysning i rummet.

Om alla ljusstrålarna i en belysning i stort sett har samma riktning i rummet blir belysningen riktad och ger starka skuggor, men också kraftiga reflexer från blänkande ytor. Motsatsen är den helt diffusa belysningen, som kan fås med t. ex. en helindirekt belysning, dvs. då lamporna endast lyser mot taket. Den skuggrika belysningen skänker djup och perspektiv åt rummet, medan den diffusa ger ett flackare intryck. Allt efter synuppgiftens karaktär får man välja en lämplig kombination. Ljusinfallet från den riktade belysningen bör alltid komma från vänster och från en punkt bakom och ovanför huvudet, så att reflexen inte går direkt till ögat. Ett enkelt prov är att lägga en spegel på arbetsplatsen; om man då ser en lampa i den, är lampan eller arbetsplatsen felplacerad. Blänk från tangentbord och liknande kan undvikas genom en mera diffus belysning, helst i kombination med lämplig utformning och färgsättning av arbetsföremålet, t. ex. tangentbordet på en skrivmaskin.

Bländfrihet

Med nuvarande belysningstekniska resurser kan de nämnda kraven på belysningen: styrka, ljusfärg, ljusfördelning och ljusinfall, alltid lösas, men att samtidigt undvika någon form av bländning är det stora och alltmera betydelsefulla problemet. Vi kan skilja mellan direkt bländning från lampan (eller ljusarmaturen) och indirekt bländning genom blänk och reflexer i arbetsytan och så den kontrastbländning som uppkommer av för starka luminanskontraster i synfältet. Bländningens grad kan variera mellan irriterande, synnedsättande och skadlig.

I princip innebär bländningen att för mycket ovidkommande ljus kommer in i ögat vid sidan om det diffust reflekterande ljuset från själva syndetaljen. Den direkta bländningen från ljusarmaturerna blir allt svårare att undvika ju högre belysningen måste hållas. Man kan således inte bara byta ut svaga lampor mot starka lampor i samma armatur utan att bländningsgraden

ökar. Visserligen blir ögat anpassat för den starkare belysningen men bländningsgraden från armaturen stiger mer än belysningsstyrkan.

Botemedlet är vanligen en större armatur och därmed lägre luminans på den. Infällda eller på annat sätt dolda armaturer kan också ibland användas. För lysrör bör man sträva efter att få sammanhängande ramper i stället för många spridda ljuspunkter. Lysrören skall alltid orienteras parallellt med den huvudsakliga blickriktningen, en mycket väsentlig faktor.

Man har inte något enkelt instrument med vilket bländningsgraden i ett rum kan mätas. För att underlätta planeringen av en bländfri belysning vore det önskvärt att armaturfabrikanterna angav luminansdata för egna armaturer, vilket borde kunna underlätta planeringen av lämplig luminansfördelning. Att undvika bländning är den viktigaste och svåraste uppgiften för belysningstekniken.

Skador och besvär av dålig belysning

Klagomål över besvär med trötta och ansträngda ögon är ganska vanligt förekommande på kontor och i industrier. Ett svårt synarbete, t. ex. med små och suddiga detaljer, kanske ytterligare försvårat av brister i belysningen, leder till en både medveten och omedveten anspänning av ögats yttre och inre muskler och även ansiktets muskulatur. Detta medför trötthetskänsla och sannolikt en försvårad blodcirkulation, som man ibland ser i form av svullna ögonlock och rodnad i ögats bindehinor. Ögonen bränner och kliar och känns tunga, och blinkfrekvensen stiger. Om tillståndet fortsätter länge, kommer stundom synbilden att bli suddig med dubbelbilder, vilket kan ge en känsla av svindel. En tidig allmänverkan är framför allt huvudvärk.

En viss psykologisk disposition för dessa besvär synes föreligga. Givetvis bör man i ett sådant fall först undersöka personens ögon med hänsyn till eventuella brytningsfel, ackommodationssvaghet eller t. ex. en svag tendens till skelning. Sådana felaktigheter kan tillrättas med lämpliga glasögon. Behov av glasögon för närarbete uppträder normalt och naturligt hos fler-

talet människor mellan 45 och 55 år. Det är en allmän erfarenhet att personer med behov av glasögon är särskilt känsliga för brister och felaktigheter i belysningen.

Efter en sådan undersökning av den enskilde personen bör så belysningsförhållandena på arbetsplatsen granskas, i huvudsak efter de principer som här har framhållits. Ett förhållandevis mycket vanligt klagomål är att "belysningen är för stark". Med hänsyn till att inomhusbelysningen vanligen ligger på något hundratal lux, medan dagsljuset utomhus ger flera tusental lux, är det uppenbarligen icke belysningsstyrkan som är för hög. Detta klagomål är i stället symtomatiskt för att bländning föreligger i någon av de nämnda formerna.

Slutord

Att åstadkomma en god belysning är som att anpassa en sändare och en mottagare på bästa möjliga vis till varandra. Ljuskällan är sändaren, människans öga och hjärna mottagare. Som den nödvändiga modulatoren, anpassningsinstrumentet, fungerar i första hand ljusarmaturen, och vid sidan därav även färgsättningen och arkitekturen. Den goda lösningen fås inte av kunskaper enbart om sändaren, alltså den fysikaliska ljusmekaniken, utan lika nödvändigt är det att känna mottagarens egenskaper och sätt att reagera. Det sista ledet i den långa produktionskedjan för modernt artificiellt ljus blir ju att rätt utnyttja ljuset för synfunktionen och seendet.

Företagshälsovård — målsättning och funktioner

av dr Erland Mindus

Nr 27 i skriftserien

Pris kr. 4: —

SOCIALMEDICINSK TIDSKRIFT

Villagatan 5, Stockholm Ö Postgiro 1179