



Vitensenteret
Trondheim

Illusjoner

Du tror det ikke når du har sett det.



Nils Kr. Rossing

Prøvetrykk 5.1

ILLUSJONER

DU TROR DET IKKE NÅR DU HAR SETT DET



Illusjoner

Du tror det ikke når du har sett det



av

Nils Kr. Rossing

Vitensenteret i Trondheim

Vitensenteret 2013

Illusjoner

Du tror det ikke når du har sett det

ISBN 978-82-92088-49-4

**Henvendelser om denne boka kan
rettes til:**

*Vitensenteret i Trondheim
Postboks 117
7400 Trondheim
e-mail: nkr@vitensenteret.com*

Omslag og layout: *Nils Kr. Rossing*

Trykk og innbinding: *Tapir Akademisk forlag*

Prøvetrykk 5.2 - 16.07.13



En bok skal være så innbydende at den selger, men så tykk at den ikke blir lest. Dermed kan forfatteren beholde de gode poengene når han i ettertid kåserer over innholdet.

N.K. Rossing

Forord

Arbeidet med boka startet i 2003 da *Norges Forskningsråd* ga støtte til utstillingen *Illusjoner – du tror det ikke når du har sett det* ved Vitensenteret i Trondheim. Boka er blitt til i forlengelsen av denne utstillingen og var opprinnelig ment å være en fordypning av temaet visuell sansning. Senere er omfanget utvidet slik at den går langt ut over hva den opprinnelige utstillingen omfattet. I 2005 startet også planleggingen av en vandreutstilling over temaet syn og visuelle illusjoner. Arbeidet med boka har dannet grunnlaget også for dette arbeidet. I desember 2009 sto utstillingen ferdig og har senere både vært satt opp ved Vitensenteret i Trondheim og Vitensenteret i Nord-Trøndelag i Steinkjer. Til denne utstillingen er det laget et elev og et lærerhefte.

Utstillingen har i perioder inkluderte noen utvalgte bilder av bildekunstneren **Per Formo**. Disse er senere solgt, men jeg har fått lov til å omtale bildene i kapittel 12 i denne boka, da jeg synes de på en glimrende måte illustrerer noen av prinsippene som omfattes av boka.

Ferdigstillingen av boka er bl.a. finansiert gjennom et tre måneders forfatterstipend fra *Norsk faglitterær forfatter- og oversetterforening*. Mens *Tapir Akademisk forlag* har stått for utgivelsen.

Det sentrale temaet i boka er hvordan man ved hjelp av enkle eksperimenter kan skape økt forståelse for hvordan synssansen fungerer. Leseren vil oppdage at vår visuelle sansning skjer gjennom en tillært tolkning av inntrykk, en tolkning som benytter seg av enkle regler for hvordan et sanseintrykk skal forstås. Flere av eksperimentene legger opp til å utfordre både øyets fysiologi og reglene for tolkning av sanseintrykk. På bakgrunn av resultatene fra eksperimenter jeg eller andre har gjort, og leseren oppmuntres til å gjenta, har jeg forsøkt å skape økt innsikt i de prosessene som ligger bak vår tolkning av den visuelle verden.

Selv om boka er ment å være et supplement til undervisningen i grunnskole og videregående skole, kan den med stort utbytte leses uavhengig av en undervisningssituasjon. De aller fleste eksperimentene krever et minimum av utstyr og burde kunne gjøres av de fleste.

Jeg vil forøvrig takke Vitensenteret som har latt meg jobbe med deler av denne boka i arbeidstiden, samtidig som daglig leder **Atle Kjærvik** har lest gjennom og kommentert en tidlig versjon av manuskriptet. Han hadde også ideen til tittelen på utstillingen og nå også boka. Jeg vil også takke professor emeritus **Arne Valberg** ved Inst. for fysikk ved NTNU, som har lest faglig korrektur på de delene av boka som omhandler farger. Dessuten har Institutt for fysikk ved NTNU stilt kontor til disposisjon under ferdigstillingen av boka.

Det må imidlertid understrekes at alt som er skrevet er forfatterens fulle og hele ansvar som etter beste evne har forsøke å mestre den vanskelige balansegangen mellom den populære framstillingen og det faglig korrekte. Det kan derfor ikke utelukkes at det finnes noen faglige overtramp.

Nils Kr. Rossing
Trondheim,
Januar 2013

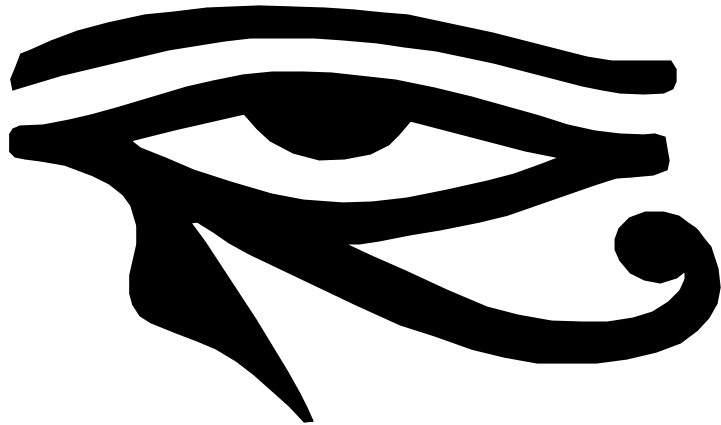
Innhold

1 Innledning	11
2 Øyet – hjernens framskutte forpost	23
3 Se konturer og overlev	79
4 Farger og fargesyn	105
5 Geometriske illusjoner	153
6 Dybdesyn og stereoskopi	179
7 Stereoskopi – kunsten å gjenskape dybde	205
8 Gjenkjenning av ansikter	259
9 Bevegelse	277
10 Tvetydigheter og tvil	321
11 På tvers av sansene	339
12 Illusjoner brukt i kunsten	367
13 Referanser og vedlegg	385
Vedlegg A Svar på oppgaver	407
Vedlegg B Framstilling av fargede filter ved hjelp av Paint	409
Vedlegg C Lag selv modeller	411
Vedlegg D Framstilling av anaglyfer	424
Vedlegg E Kopioriginaler	433
Vedlegg F Kopioriginaler for tester	449



1

Innledning



Sansene er kommunikasjonskanalene mellom vår bevissthet og verden omkring oss. Mister vi disse kanalene vil vi leve i total isolasjon, uten syn og hørsel, smak og lukt. Vi vil heller ikke kunne sanse våre omgivelser, ikke merke hva som er opp eller ned, om vi befinner oss i en akselererende bevegelse eller er i ro. Vi vil sannsynligvis heller ikke kunne danne oss mentale bilder, siden hjernen ikke får stimuli av noe slag. Sannsynligvis går det ikke an å komme nærmere en død tilstand uten å være fysisk død.

Sanseapparatet er så til de grader en del av hele vår tilværelse at det er vanskelig å tenke seg hvordan livet vil være uten. Fra vi er nyfødte trenes vi til å tolke de inntrykkene som sansene sender hjernen vår. Skulle all sanseinformasjon bringes fram i bevisstheten, ville vi knapt ha overlevd. Én bit er den minste informasjonsenheten i dataverdenen. En bit kan enten være 0 eller 1 (ja eller nei). Med dette som måleenhet kan vi anslå informasjonsmengden som sendes fra øynene til hjernen til ca. 10 millioner bit pr. sek. (bps). Samtidig sender huden ca. 1 mill. bps, og høre- og luktesansen sender hver for seg ca. 100 000 bps, mens smaksansen nøyer seg med ca. 1000 bps.

På bakgrunn av de enorme mengdene informasjon sansene samler inn og viderefremidler, er det overraskende hvor lite av dette bevisstheten

*klarer å ha fokus på til en hver tid. Forskere har anslått at vi er istand til å ha et bevisst forhold til en informasjonsmengde på ca. 40 bps. Vi skjønner derfor at hjernen foretar en betydelig seleksjon [21]. At vi evner å plukket ut det som er viktig på en **rask og effektiv** måte er helt avgjørende for at vi skal kunne takle hverdagen.*

Hva er så konsekvensene av en slik dramatisk siling av informasjon, hvilke “triks” benytter sanseapparatet og hjernen seg av for å tolke og forstå en temmelig kaotisk verden av sanseintrykk? Vi kan også spørre hvilke feilvurderinger vi risikerer som en følge av den enorme forenklingen?

“Hjernen ser ikke film”

At mange har en noe forenklet forståelse av hva syn egentlig er kan illustreres ved følgende historie gjengitt i boka *Phantoms in the Brain* av den indiske nevroforskeren **Vilayanur Subramanian Ramachandran** (1951–)¹:

Mange mennesker klamrer seg til den misoppfatningen at synet kun er en registrering av et indre mentalt bilde. For ikke lenge siden var jeg tilstede ved et selskap da en ung fyr spurte meg hva jeg drev med. Da jeg fortalte ham at jeg var interessert i hvordan mennesker kan se og hvordan hjernen er involvert i synsprosessen, så han forundret på meg og spurte: “Er dette noe å studere?”

“Vel”, sa jeg, “hva tror du skjer i hjernen når du ser på noe?”

Han så ned i glasset med champagne som han holdt i hånden. “Vel, et opp-ned bilde av dette glasset faller på netthinna bakerst i øyet mitt. Sammensetningen av lyse og mørke partier aktiverer fotoreseptorene på netthinna som videresender mønsteret piksel for piksel² gjennom en “kabel”, synsnerven, til hjernen. I hjernen vises bildet på “en skjerm”. Er det ikke omtrent på denne måten det er mulig at jeg kan se dette glasset med champagne? Selvsagt vil også hjernen min snu bildet slik at det igjen blir rettvendt.

Som vi skjønner så er dette en svært forenklet og på mange måter feil beskrivelse av hva som skjer i hjernen. I løpet av de seneste årene er det påvist over 30 ulike syns-sentere i hjernen som hver har spesialisert seg på ulike sider ved tolkningen av synsintrykket. Vi kan nevne senter for *konturer, farge, bevegelse, gjenkjenning av ansikter, dybdesyn* osv. En har f.eks. funnet nerveceller som bare reagerer på konturlinjer som er orientert i spesielle vinkler og andre celler som kun reagerer på gjenkjenning av ansikter. En har derfor spurt seg om det finnes nerveceller som kun reagerer på gjenkjenning av *et spesifikt ansikt*, en spesiell gjenstand eller form. Slike tenkte celler har fått betegnelsen “bestemorceller” (Grandmother cells)³. Slike celler vil i så fall sitte i enden av en lang og omfattende kjede av prosesser og vil kunne gi

1. [111] side 65

2. Piksel kommer av det engelske begrepet *Picture element*

3. [108] side 35.

respons ikke bare ved synet av “bestemor”, men også av stemmen eller lukten av parfymen hennes, dvs. de er *multimodale*.

En er dessuten blitt mer og mer klar over at i stedet for å “se film” av netthinnebildet, så *bygger hjernen opp et nytt bilde* helt fra grunnen av. Dette *gjenskapte tolkede symbolbildet* er et resultat av tidligere erfaringer om hvilke egenskaper ved synsinntrykket som har vist seg å være viktige. Den valgte tolkningen av flere, kan dermed være et resultat av hva som statistisk har vist seg som den mest hensiktsmessige tolkningen. Mindre optimale tolkninger er effektivt eliminert gjennom evolusjonsprosessen og innsamlede erfaringer fra dagliglivet.

I den sammenhengen er samspillet mellom ulike sanser av avgjørende betydning. Følesansen i hånden vil f.eks. være viktig for hvordan dybdesynet utvikles. Samspillet mellom håndens erfaringer og det tilhørende synsinntrykket vil gjøre at vi etter hvert kan danne oss en helhetlig og romlig forestilling av en gjenstand. Dermed kan vi gjenkjenne gjenstanden selv om vi kun ser den fra en tilfeldig vinkel.

På skolen lærte vi at vi har fem sanser: *Syn, hørsel, lukt, smak og følesansen*. Men er det egentlig så enkelt?

Hvor mange sanser har vi egentlig?

Dersom vi lukker øynene og beveger armer og bein, så har vi en fornemmelse av hvor de enkelte delene av kroppen befinner seg. De fleste har heller ikke større problemer med å få pekefingerne til å møtes selv om øynene er lukket. I hvert ledd er det sensorer som registrerer hvordan leddene beveger seg og hvordan de er orientert. Noen vil si at denne egenskapen tilhører følesansen, andre at den er vesensforskjellig fra det å føle trykk, smerte, kulde eller varme.

Noen vil også si at vi bare har tre typer sanser, og vil klassifiserer sansene etter hvordan reseptorene er bygget opp. I så fall har vi de:

- kjemiske (smak, lukt og intern sansning av f.eks. glukoseinnholdet i blodet o.l.),
- mekaniske (hørsel, trykk/berøring, balanse),
- visuelle (fotoreseptorer – syn) sansene

Noen stusser kanskje over at hørsel, trykk og berøring faller i samme kategori. Men hørsel har sin opprinnelse i lydølger som setter trommehinna og benene i mellomøret i bevegelse. Som igjen setter væsken og hårene i sneglehuset i bevegelse, og som i sin tur forårsaker en strøm av nerveimpulser til hjernen. En kan også med en viss rett hevde at all sansing til syvende og sist er kjemisk siden transport av nerveimpulser skyldes elektrokjemiske prosesser.

På den annen side kan vi altså dele opp de tradisjonelle sansene i mange undergrupper. Smakssansen kan f.eks. deles opp i *søtt*, *surt*, *salt*, *bittert* og *umami*. Umami kommer av et japansk ord som betyr smak av glutamat, det vil si en kjøttlignende eller metallisk smak.

På samme måten kan synssansen deles opp i evnen å se *sort-hvitt* og farger, eller også fargene *rødt*, *grønt*, *gult* og *blått*. Enkelte dyr har til og med synslignende reseptorer som kun registrerer *bevegelse*.

Vi kan til og med tenke oss å dele opp hørselsansen i en høyfrekvent og en lavfrekvent del. Mange mister evnen til å høre høye frekvenser når de blir eldre, men bevarer evnen til å høre de lavfrekvente lydene. De mister dermed evnen til å høre gresshoppenes og sikadenes spill.

Sansning er som vi har antydnet foran, langt mer sammensatt enn vi vanligvis tenker over. Tar vi med forskjellige varianter av de ulike sansene, får vi en liste som er mye lengre enn de fem vi vanligvis regner med. Sansene i lista til høyre kan også ordnes i følgende tre grupper: Det er de sansene som man *tradisjonelt* har regnet med, dernest de som pr. idag er *akseptert* og de som det fortsatt hersker usikkerhet omkring. Denne lista er i store trekk hentet fra New Scientist [26].

Noen vil også mene at følelsen av en full blære, sult eller tørst bør inkluderes i lista. Tar vi med sanser vi finner hos dyr, er det ingen ende på hvor lang en slik liste kan gjøres. Vi antar f.eks. at enkelte fuglearter, bier og skilpadder har *magnetreseptorer* som gjør dem i stand til å sanse jordmagnetismen, en egenskap de utnytter til navigasjonsformål [210]a. Flere haiarter (hvithai og hammerhai, m.fl.) er dessuten utstyrt med følsomme elektroreseptorer som kan registrere meget små elektriske felter [210]b.

Sansning	Tradisjonelt	Akseptert	Radikal
Syn			
Lys			
Farger			
Sort-hvitt			
Rød			
Grønn			
Blå			
Gul			
Hørsel			
Lavfrekvent lyd			
Høyfrekvent lyd			
Lukt (>2000 typer)			
Smak			
Søtt			
Salt			
Surt			
Bittert			
Umami (kjøttaktig)			
Berøring			
Lett berøring			
Press			
Smerte			
I huden			
Kroppslig/Somatisk			
Innvoller/Mage			
Mekanisk			
Balanse			
Roterende aksel.			
Lineær aksel.			
Ledd posisjon			
Kinestesi (bevegelse)			
Muskel strekking			
Temperatur			
Varme			
Kulde			
Innvendige reseptorer			
Blodtrykk (arterier/vener)			
Blodtemperatur i hodet			
Oksygen innhold i blodet			
pH i Cerebrospinalvæsken			
Osmotisk trykk			
Glukoseinnhold i blodet			
Lunge inflasjon			
Blærefylling			
Magefylling			

Sansning og persepsjon

Det er ikke uvanlig å skille mellom sansning og persepsjon. **Sansning** er den data-innsamling som sansene står for. **Persepsjon** omfatter også hjernens tolkning av sanseintrykkene, og inkluderer derfor vår hukommelse og våre tidligere erfaringer. Persepsjonen gir derfor *mening* til sanseintrykkene. Persepsjonen er for eksempel vårt viktigste redskap for å skille spiselig fra uspiselig, én stemme fra et stemmesurr i et selskap (*Cocktail party phenomenon*) osv. Det er også persepsjonen som hjelper oss å bedømme avstanden til en gjenstand ut fra dens størrelse i synsfeltet og vår kunnskap om hva som er normal størrelse for den aktuelle gjenstanden. Av samme årsak har vi problemer med å bedømme avstanden og størrelsen til skyer, da disse kan ha alle mulige størrelser og former.

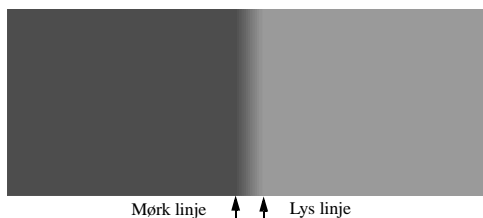
Som nevnt ønsker vi i denne boka hovedsakelig å undersøke synssansen. Ved hjelp av enkle eksperimenter vil vi utfordre synet, og på den måte forsøke å avsløre hvilke regler hjernen arbeider etter får å kunne foreta et effektivt utvalg av den enorme mengden informasjon som den har til sin rådighet.

Som en konsekvens av denne prosessen vil vi oppdage at enkelte synsinntrykk kan oppfattes som feilaktige eller paradoksale. Disse går ofte under betegnelsen *illusjoner*. Det er nærliggende å spørre om *dette er ufullkommenheter vi må leve med*, eller *nyttige egenskaper frambragt av evolusjonen*.

La oss før vi graver oss ned i detaljene se nærmere på noen overordnede egenskaper som synes å prege synssansen. Noen av disse særtrekkene kjenner vi også igjen hos de øvrige sansene.

Konturer

På figuren til høyre ser vi et mørkt felt som gradvis går over i et lyst felt. Vi legger også merke til to diffuse linjer. En mørkere linje som ligger på kanten av det mørke feltet, og en lysere linje på kanten av det lyse feltet. Disse linjene kalles *Mach-bånd* og er linjer som egentlig ikke finnes, men som dannes i synssansen vår.



Denne egenskapen ved synssansen *forsterker konturer* i synsinntrykket, noe som er helt avgjørende for å skjelle objekter fra en kaotisk bakgrunnen og i så måte viktig for vår evne til å overleve. På den annen side skaper denne nyttige egenskapen en mengde fascinerende illusjoner. Disse skaper sjelden problemer og er til å leve med.

I denne sammenhengen kan vi si at *en svært viktig egenskap, skjerping av konturer, gir et knippe "ufarlige" illusjoner som vi godt kan leve med*, og i denne sammenhengen kan "glede oss over" og kan gi oss innsyn i hvordan synssansen fungerer.

Kontraster – tolkning i sammenheng

Øyet egner seg særdeles dårlig som lys- eller fargemåler.

Figuren til høyre viser seks sorte striper avbrutt av lyse felter. De seks stripene er adskilt med fem hvite striper, eller mellomrom. De hvite stripene er også avbrutt av fem grå felter.

Umiddelbart synes de grå feltene å ha forskjellig gråtoning. De ned-
erste seks synes lysere enn de øverste fem. I virkeligheten er gråtonen
den samme hos alle de grå feltene.

De nederste feltene synes lysere fordi de sees i forlengelsen av de
svarte stripene, mens de grå feltene øverst synes mørkere siden de sees
i forlengelsen av de hvite stripene. I tillegg får vi en følelse av at de
nederste feltene tilhører en halvgjennomsiktig flate som ligger *foran*
de svarte stripene, mens de øverste synes å tilhører en grå flate som lig-
ger *bak* de svarte stripene. De øverste feltene vil dermed

sammenlignes med den hvite bakgrunnen og dermed synes mørkere, mens den ned-
erste “halvgjennomsiktige” flaten vil sammenlignes med de svarte stripene og slik
virke noe lysere.

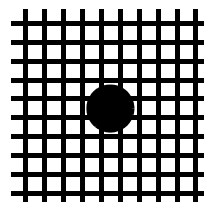
*Dette er ett av svært mange eksempler på hvordan i utgangspunktet, to like sanseinn-
trykk fortoner seg helt forskjellig fordi de tolkes inn i to forskjellige omgivelser eller
sammenhenger. Det er tolkningen inn i en sammenheng som er viktig ikke hvilken
flate som er lysest.*

Vi skal se at denne effekten kan være enda sterkere når det gjelder å bestemme farger.
En flate som oppfattes å være tydelig blå eller gul, kan vise seg å være en nøytral
gråtone når feltene isoleres fra omgivelsene.

Når to tolkninger holdes opp mot hverandre, kan vi nesten ikke tro det vi ser, vi sier
det er en *illusjon*. Dette synes å være et annet gjennomgående trekk ved sansning enten
det dreier seg om syn, hørsel, smak, lukt eller følelse. *Sanseinntrykkene tolkes inn i en
sammenheng. Tolkningen av ett og samme sanseinntrykk kan derfor være svært for-
skjellig avhengig av hvilken sammenheng det er plassert inn i. Når flere ulike
sammenhenger settes opp mot hverandre oppstår paradoksale tolkninger, eller
illusjoner.*

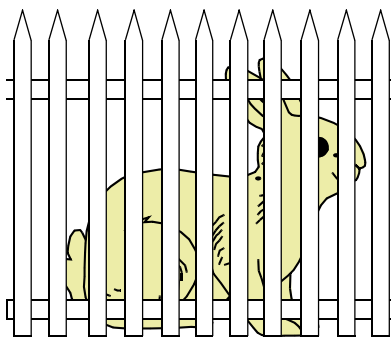
Innfylling

På skolen lærte vi
om *den blinde
flekk*. Det er der
synsnerven og
blodårenettet for-
later øyet og
etterlater seg et



område uten fotoreseptorer (tapper og staver). Den blinde flekk utgjør derfor et “hull”

synsfeltet. Du kan finne det blinde området i øyet ved å lukke det venstre øye og la det høyre øyet stirre på krysset på figuren over. Juster avstanden til papiret inntil den svarte prikken til høyre forsvinner. Bildet av den svarte prikken faller da akkurat i det blinde området. Det interessante er at der den svarte prikken skulle ha vært, *fyller hjernen "hullet" med det omkringliggende rutemønsteret* slik at totalbildet blir mest mulig fornuftig og sannsynlig. At vi bruker *innfylling* i mange sammenhenger viser eksempelet under.



På figuren til høyre ser vi en kanin som er sperret inn bak et stakitt. Selv om ca. halvparten av kaninen er skjult bak srossene, så er vi ikke tvil om at det er en *hel* kanin bak stakittet. I teorien kunne det vært ni kaninskiver som befant seg akkurat *mellom* srossene, og at kaninen var fraværende *bak* hver av srossene. Denne siste løsningen er imidlertid særdeles sjelden. Hjernen velger derfor å se bort fra denne tolkningen og gjør en rimelig antagelse om at det bak stakittet befinner seg en hel kanin⁴.

Slik er det i svært mange tilfeller. Der noe mangler, fyller den inn hva som synes å være det mest sannsynlige alternative tolkningen for å skape mening i sanseinntrykket. En slik innfylling skjer hele tiden uten at vi tenker over det. Når vi skaper en situasjon som er usannsynlig, *vil hjernes tolkning avvike fra virkeligheten og det skapes en illusjon.*

Tilvenning (adapsjon)

En annen gjennomgående egenskap er sansenes *evne til tilvenning*. Noen vil kanskje oppfatte dette som en svakhet ved sanseapparatet på lik linje med at kroppen etter en tøff anstrengelse blir sliten og trenger hvile. Når det gjelder synet så er *etterbilde* et vanlig brukt eksempel på en slik egenskap.

Dersom øynene utsettes for et vedvarende statisk synsinntrykk, kan vi oppleve at en negativ utgave av bildet blir hengende fast "på netthinna" selv etter at synsinntrykket er forsvunnet fra synsfeltet. Dette *etterbildet* kan være synlig i minutter etter at det er borte, avhengig av graden av eksponering.

Fenomenet er tradisjonelt tolket slik at følsomheten til de belyste fotoreseptorene på netthinna (tappene og stavene) er blitt svekket i forhold til de som ikke er blitt belyst i samme grad. Når synsinntrykket fjernes, oppstår det et negativt etterbilde. Negativt fordi de sterkt belyste og dermed mindre følsomme fotoreseptorene,



4. [110] side 94

gir mørke partier i etterbildet, mens de mindre belyste og dermed fullt følsomme reseptorene gir lyse områder i etterbildet⁵. Figuren over viser et klassisk eksempel på hvordan en ved å stirre intenst på figuren i ca. 30 sek. vil, når en lukker øynene eller flytter blikket til en hvit flate, se et gjenkjennelig negativt etterbilde.

En slik tilvenning er spesielt merkbar når det gjelder lukt. De fleste har sikkert merket at en ikke skal ha vært utsatt for sterke lukter, før den, etter relativt kort tid, synes å forsvinne. På den annen side er smerte noe kroppen har vanskelig for å venne seg til. En kan gå å ha vondt i dager, uker og år uten at en venner seg til den.

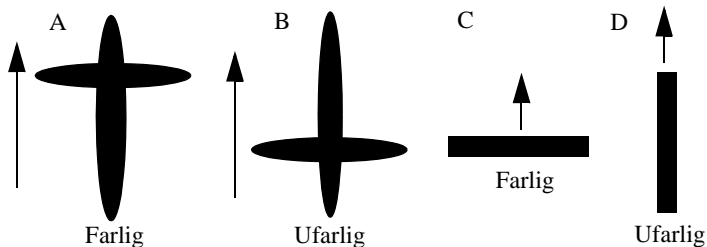
En nærliggende tolkning er at det hjernen tillater tilvenning til ufarlige eller ubetydelige sanseinntrykk (som f.eks. lukt⁶), mens vi ikke i samme grad klarer å venne oss til de sanseinntrykkene som varslers om fare (som f.eks. smerte). Dette er en svært forenklet konklusjon og det er rimelig å anta at årsakene er nok langt mer sammensatte enn dette.

I dette tilfelles ser vi noe som ikke (lengre) finnes i virkeligheten utenfor oss. Vi sier at synsinntrykket er en illusjon.

Forenkling

For raskest å kunne ta avgjørelser må man gjøre forenklinger. Dette er særdeles viktig i situasjoner som kan medføre fare for liv og helse.

I boka *Visual intelligence* refererer **Donald D. Hoffman** et eksempel på hvordan kyllinger har utviklet et meget enkelt regelverk for å beskytte seg mot rovfugler.



Forskere har funnet ut at kyllinger reagerer på silhuetter som beveger seg på himmelen, og at reaksjonen er avhengig av formen til silhuetten og hvordan den beveger seg. Figuren over gjengir noen silhuetter. Silhuetten til venstre (A) oppfattes som farlig, den har kort hals og assosieres med en rovfugl (for eksempel en hauk). Mens den andre silhuetten (B) oppfattes som en fugl med lang hals, og assosieres med f.eks. gjess eller vadefugler som normalt er ufarlige⁷. En kan til og med få fram de samme reaksjonene ved å bevege en stripe enten på tvers eller på langs⁸ (C og D).

-
5. Forskerne er imidlertid usikre på om fenomenet i sin helhet kan knyttes til fotoreseptorene på netthinna. Noen mener at synssentrene i hjernen også er involvert. Det er vist at nerve-celler også i disse områdene reagerer med tilvenning (adapsjon).
 6. Skjønt i noen tilfeller er det ikke ufarlig å tillate seg selv å venne seg til en lukt, eksempelvis lukten av brennbare gasser.
 7. [37] side 9, Nico Tinbergen

Synssentrene i hjernen vil omdanne det pikselbaserte bildet på netthinna til en *samling symboler* som beskriver bildet på en mest mulig effektiv måte. Forskerne har funnet ut at det finnes to ulike tolkningsveier av synsinntrykk: En rask, ubevisst og opprinnelig *hvordan-vei*, og en langsommere, bevisst og nyere *hva-vei*⁹. Hensikten med Hvordan-veien er først og fremst å gi en rask refleksmessig reaksjon for å avverge fare, mens hensikten med Hva-veien er å bestemme hva den ev. faren består i.

Bevisst refleksjon er en tidkrevende affære som en ikke kan ta seg tid til når en skal berge livet. I det nevnte eksempelet er det ikke tid, og heller ikke nødvendig med dyp-sindige refleksjoner, det viktigste er å reagere fort. Kyllingene reagerer derfor på bakgrunn av signaler langs Hvordan-veien, mens de i ettertid ev. kan reflektere over om det var nødvendig. Viser det seg at det var unødvendig å flykte, har ingen skade skjedd.

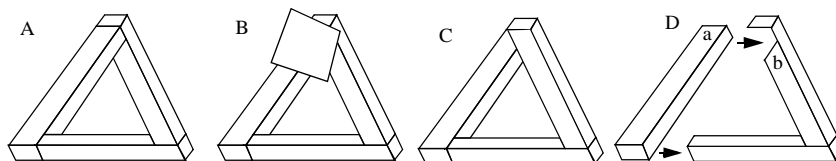
De fleste har erfart at en reagerer umiddelbart på en ubestemmelig fare (blir skremt), for deretter å oppdage at redselen og reaksjonen var helt ubegrunnet.

All forenkling medfører en fare for feiltolkning, en pris en ofte er villig til å betale for å kunne reagere raskt. *Noen illusjoner kan, som vi skal se, tilskrives feiltolkninger på grunn av forenklete, men raske beslutningsprosesser.*

Regler og tvetydigheter

En viktig side ved forenkling er å lage seg *tolkningsregler* som anvendes i tvilstilfeller.

I eksempelet foran så vi hvordan kyllinger benytter av meget enkle regler for å beskytte seg. Siden forskerne klarte å lure dem ved hjelp av noen enkle hjelpemidler, kan man si at de skapte en feiltolkning, en *illusjon hos kyllingen*. Følgende eksempel viser hvordan vi bruker enkle regler for å forsøke å løse et dilemma.



Tegning A på figuren over, stiller oss over et dilemma når vi skal tolke den flate tegningen som en tredimensjonal gjenstand. Ser vi isolert på de enkelte hjørnene, synes tegningen fornuftig, men sett som en helhet er det noe som ikke stemmer. Ved å tildekke det øverste hjørnet løser vi dilemmaet (B), og fantasien vår skaper en *fornuftig* forestilling av hva som skjuler seg bak lappen. Denne forestillingen vil prege den syn-

8. [37] side 9, Jörg Peter Ewart

9. *Hvordan-vei* (How) og *Hva-vei* (What). Disse to alternative veiene ble først beskrevet av *Leslie Ungerleider* og *Mortimer Mishkin* ved National Institute of Health. Disse to veiene har senere fått andre navn. I denne sammenhengen betyr “nyere” at den er kommet til senere i evolusjonsprosessen.

lige delen av figuren. Tegning C viser hva fantasien skaper bak tildekkingen. Dette er en løsning som er logisk.

Tegning D viser imidlertid en annen løsning på dilemmaet. Vi tenker oss at triangelet er brettet av papir slik at det er hult med tynne vegger. Da er det ikke vanskelig å tenke seg hvordan den høyre (fremre) bjelken (b) kan lages slik at den venstre (bakre) bjelken (a) sees i åpningen øverst på bjelke b. *For at vi skal se figuren slik den er vist på tegning A, må vi se den fra en bestemt vinkel. Alle andre vinkler vil avsløre konstruksjonen.*

Figur E viser enda en mulig løsning med vridde bein. Denne blir riktig sett kun fra en bestemt vinkel. Fra denne ene vinkelen vil sidekantene se rette ut.

Hvorfor så vi ikke disse mulighetene med en gang?

Ett nærliggende svar er at dette er en svært uvanlig og lite sannsynlige løsninger. På den annen side skapte tegning A et alvorlig dilemma. Hjernen burde derfor begjærlig grepet alternativene.

Hoffman antyder en forklaring i boka *Visual Intelligens*. Her lister han opp en rekke ulike regler for hvordan vi tolker synsinntrykk. I denne sammenheng kan vi henvise til følgende to regler:

1. Rette linjer skal alltid tolkes som rette linjer i rommet.
2. To rette linjestykker som møtes i et punkt (p) skal alltid tolkes som om de henger sammen i punktet.

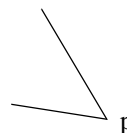
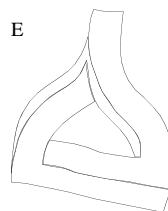
Regel nr. 1 sørger for at vi unngår tolkningen skissert i tegning E. Linjer i rommet som ser rette ut skal antas å være rette til tross for at krokete linjer kan se rette ut sett fra en spesiell vinkel, så fremt den ligger i et plan.

Regel nr. 2 vil gjøre at lett forkaster tolkningen i tegning D, siden to linjer som møtes i et punkt i rommet skal antas å henge sammen. Vår tolkning skal ikke baseres på at vi tilfeldigvis er plassert slik at de ser ut til å møtes.

I dette tilfellet ser vi at reglene ikke strekker til. Figuren som helhet blir ikke konsistent og det skapes en illusjon. Vi kan derfor si at: *Illusjoner oppstår når vi setter hjernen i situasjoner der dens regelverk for tolkning ikke strekker til. Det er oppstått en tvetydighet. I slike tilfeller har vi ofte vondt for å se kreative løsninger krever at vi bryter med vårt tilvante regelverk.*

Nye øyne å se med

En av utfordringene vi møter når vi skal utforske dette temaet, er at de fleste av våre sansenintrykk er så dagligdage og selvfølgelig at vi knapt er istand til å stille spørsmål ved dem. I sin bok *The Sense of being Stared At, And Other Aspects of the Extended Mind*, undres den engelske biologen og forfatteren **Rupert Sheldrake** (1942–) over hvordan vi kan ha en opplevelse av at en gjenstand befinner seg “der ute”, når bildet av gjenstanden i sin helhet er gjenskapet inne i hodet vårt. Vårt stereo-



skopiske syn gjør det ikke bare mulig å bedømme avstanden og plasseringen til gjenstanden, men “flytter” hele vår bevissthet om gjenstanden ut i rommet der den faktisk befinner seg. For oss er gjenstanden der ute.

Slike og andre spørsmål er viktig i denne sammenhengen. Har vi først klart å stille de “rette” spørsmålene, så er veien ofte kort til ny erkjennelse. En viktig side ved denne boka er derfor nettopp å stille annerledes spørsmål om dagligdagse erfaringer. Det er derfor fristene å sitere forfatteren **Marcel Proust** (1871–1922):

The real voyage of discovery consist not in seeking new landscapes but having new eyes.

Boka beskriver videre en rekke eksperimenter som utfordrer synssansen og ofte framkaller *illusjoner*, som skal hjelpe oss til å få større innsikt i hvordan hjernen fungerer. Enkelte eksperimenter krever ikke annet utstyr enn oss selv, mens andre krever enkle hjelpemidler. Vi vil også undersøke hvordan enkelte teknologiske innretninger utnytter egenskaper ved synet for å skape en ønsket “illusjon”. Eksempelvis hvordan raskt påfølgende stillbilder i en video-sekvens eller film, gir inntrykk av en kontinuerlig bevegelse, selv om vi vet at film består av enkeltbilder.

Vi gir ikke alle svarene, men ønsker å skape undring og nysgjerrighet og lyst til å finne ut mer. Vi vil bare i mindre grad diskutere hjernenes oppbygning og hvor i de ulike prosessene finner sted.

I **kapittel 2** vil vi utforske egenskaper ved selve øyet deriblant netthinna. Det er i den forbindelse vanskelig å unngå å berøre tolkninger som skjer i hjernen. Det er i mange tilfeller vanskelig å skille sansingen fra det som skjer i hjernen. **Kapittel 3** omhandler hvordan hjernen på et tidlig stadium forsterker konturer, – tydelige konturer er viktig for videre behandling av synsintrykket. **Kapittel 4** gir en kort introduksjon til fargelæren samt gir en kort historisk oversikt over ulike teorier knyttet til fargesyn. **Kapittel 5** diskuterer ulike klassiske geometriske illusjoner blant annet Herings-, Orbisons-, Zöllners-, Poggendorfs-, Ponzos-, Titcheners-, Müller-Lyers illusjon med flere. I tillegg omtales lengde-, bredde-, størrelse- og avstandsillusjoner. **Kapittel 6** omtaler dybdesyn og **kapittel 7** tar for seg ulike teknikker for å gjenskape en “illusjon” av 3D ved hjelp av todimensjonale enkelt bilder. **Kapittel 8** diskuterer gjenkjenning med vekt på ansikter. **Kapittel 9** behandler hvordan vi oppfatter bevegelse, videre hvordan vi anvender denne kunnskapen til å lage innretninger som ved hjelp av stillbilder i sekvens kan gjenskape en illusjon av bevegelse. **Kapittel 10** omtaler tvetydigheter og hvordan disse provoserer tolkningsreglene i hjernen. I **kapittel 11** diskuteres samspillet mellom ulike sanser, deriblant syn og håndens bevegelser. Kapittelet omtaler også synestesi og i hvilken grad språket er knyttet til synsintrykk som farger og former. Til slutt i **kapittel 12** gis noen eksempler på hvordan bildekunstnere har utnyttet illusjoner og egenskaper ved synssansen i sin bildekunst.