

---

# INF 2310 – Digital bildebehandling

Forelesere våren 2020:



Fritz Albregtsen  
Kristine Baluka Hein

# Temaer i dag

---

- Praktisk informasjon
- Kursopplegg
- Motivasjon for kurset
- Hva er bildebehandling?
- Aktiviteter i bildebehandling på IFI
- Videre studietilbud
- Start pensum
  - Kapittel 1 + 2.1-2.2 i læreboka.

# Kontakter

---

- Fritz Albregtsen
  - Rom 4459 (4.etg.)
  - Email: [fritz@ifi.uio.no](mailto:fritz@ifi.uio.no)
  - Tlf: 911 63 005
  
- Kristine Baluka Hein
  - Rom 4468 (4.etg.)
  - Email: [krisbhei@ifi.uio.no](mailto:krisbhei@ifi.uio.no)
  
- Kontakt oss pr. mail eller telefon, eller stikk innom !
  
- Gruppelærer:  
Mia-Katrin Ose Kvalsund ([mkkvalsu@student.matnat.uio.no](mailto:mkkvalsu@student.matnat.uio.no))

# Lærebok

---

- R.C. Gonzalez and R.E. Woods (G&W)
  - "Digital Image Processing",  
Fourth Edition (DIP4E), Pearson, 2018.
- Noe tilleggsstoff blir lagt ut (pdf-filer)
- Pensumliste: Legges ut på fil – oppdateres.
- (Pensum i IN5520 hentes fra samme bok!)
- Ukeoppgaver:  
Vi kommer til å bruke Matlab og Python

# WEB-sider

---

<https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF2310/v20/index.html>

- Forelesningsplan/forelesningsfoiler (pdf)
- Kursopplegg
- Ukeoppgaver og løsningsforslag
- Obliger
- Pensum-liste fra lærebok pluss tilleggsstoff
- Beskjeder
- Eksamensinformasjon

# Kursopplegg

---

- Forelesninger:
  - onsdager 10:15-12 ("Logo", 2438)
- Gruppeundervisning:
  - mandager 10:15-12 («Assembler», 3417)
  - Regneoppgaver
  - Programmeringsoppgaver
- OJD koordinater:
  - X \_ \_ \_ [0,...,10]: Etasje
  - \_ X \_ \_ [1,..., 4]: Nærhet til T-banen
  - \_ \_ X X [1, ...,72]: Avstand fra Forskningsparken

# Gruppeundervisning

---

- Gruppe 1, mandag 10:15-12, Datastue "Assembler" 3417
- Første gruppe 1: mandag 20. januar 2020
- Aktiviteter i gruppetimene:
  - Løse programmeringsoppgaver
  - Få hjelp til å løse regneoppgaver
- Løsningsforslag/hint til løsning gis fortløpende ...
  - Bruk dem med vett! Løs oppgavene sjøl først!
- Obligene ligner på ukeoppgaver.....
- Eksamen ligner på obliger som ligner på ...
- "How to succeed by really trying": GJØR OPPGAVENE!

# Vurdering og eksamen

---

- To obliger må være godkjent innen gitte frister!
- *Ikke lenger skriftlig midtveiseeksamen !*
- 4t skriftlig avsluttende eksamen  
(03.06.2019, kl 14:30 – 18:30, Sal 4D Silurveien 2)
  - Ingen hjelpemidler tillatt.
    - Bokstavkarakterer (A-F)



# Obligatoriske oppgaver

---

- Vi ser av og til forsøk på plagiering og fusk i besvarelsene, men reaksjonen fra instituttet kan bli alvorlig.
- Du bør lese dokumentet:  
[www.uio.no/studier/admin/obligatoriske-aktiviteter/mn-ifi-oblig.html](http://www.uio.no/studier/admin/obligatoriske-aktiviteter/mn-ifi-oblig.html)
- Bruk av tilgjengelig kode og applikasjoner er **helt OK** såfremt kilden er angitt.
- Et klart unntak dersom oppgaven sier "programmer selv"!
- En obligatorisk oppgave er et **individuell** arbeid, og det innleverte resultatet skal være ditt eget produkt.

# Hva lærer du i INF2310?

---

- Hva kan jeg gjøre med bildene fra mitt digitalkamera?
- Bakgrunn for multimedia
  - Bilderepresentasjon, kompresjon, formater, fargerom
  - Bildeforbedring - hvordan "redde" dårlige foto
- Grunnlag for videre studier i bildebehandling
  - Filtrering av bilder
  - Kantdeteksjon
  - Geometriske operasjoner
  - Segmentering – hva inneholder bildet?
- Programmering i Matlab / Python
  - "Læring ved programmering"

# Forelesningsplan og temaer 2020

Januar	13 14 15 16 17 18 19	F01: Introduksjon	Fritz
	20 21 22 23 24 25 26	F02: Sampling og kvantisering	Fritz
	27 28 29 30 31 01 02	F03: Geometriske operasjoner	Kristine
Februar	03 04 05 06 07 08 09	F04: Gråtonetransformer	Kristine
	10 11 12 13 14 15 16	F05: Histogrambaserte operasjoner	Kristine
	17 18 19 20 21 22 23	F06: Segmentering (terskling)	Fritz
	24 25 26 27 28 29 01	F07: Naboskapsoperasjoner, konvolusjon	Fritz
Mars	02 03 04 05 06 07 08	F08: Konvolusjon og ikke-lineære filtre	Fritz
	09 10 11 12 13 14 15	<i>Undervisningsfri / Oblig 1</i>	
	16 17 18 19 20 21 22	F09: Morfologi	Kristine
	23 24 25 26 27 28 29	F10: Fourier I	Kristine
April	30 31 01 02 03 04 05	F11: Fourier II	Kristine
	06 07 08 09 10 11 12	<b>Påskeferie</b>	
	13 14 15 16 17 18 19	F12: Kompresjon og koding I	Fritz
	20 21 22 23 24 25 26	F13: Kompresjon og koding II	Fritz
Mai	27 28 29 30 01 02 03	F14: Fargerom og fargebilder	Fritz
	04 05 06 07 08 09 10		
	11 12 13 14 15 16 17		
	18 19 20 21 22 23 24	F15: Repetisjons-forelesning	Fritz/Kristine
Juni	01 02 03 04 05 06 07	<b>Avsluttende eksamen, 03.06.2020, (4t)</b>	

# Undervisning denne og neste uke

---

- I dag: Introduksjon, kap 1 + kap. 2.1 – 2.2  
+ noe tilleggsstoff
- Neste gang: Sampling, kvantisering, lagring.
- Merk:  
Første gruppe **mandag 20.01.2020**

# Bildebehandling vs. bildeanalyse

---

- **BILDEBEHANDLING**

- gir et *forbedret* eller *komprimert* bilde som resultat.
- produserer et bilde som er "bedre" å se på,
- eller mer egnet for videre, automatisert bildeanalyse
- Eller en komprimert representasjon av bildet.

- **BILDEANALYSE**

- Hva inneholder bildene – *objektgjenkjenning*
- trekker ut informasjon som er viktig for å ta en beslutning eller styre en prosess i en eller annen anvendelse.
- *informasjonen* er mye mindre enn mengden av *data* som finnes i et bilde eller i en bildeserie.

- **INF2310 GIR EN GRUNDIG INNFORING  
I BILDEBEHANDLING**

# Videre studier i bildeanalyse ved IFI

---

- **IN5520/9520 : Digital bildeanalyse – (H)**
  - Hvordan lage algoritmer som gjenkjenner objekter i bilder?
  - Prosjektoppgave: løs en praktisk oppgave i bildeanalyse
  - Krever mer matematikk enn INF 2310
    - Lineær algebra/matriser
    - Komplekse tall
    - Statistikk / klassifikasjon
- **IN5400/9400 : Maskinlæring for bildeanalyse – (V)**
  - Sentrale algoritmer for maskinlæring
  - Dype nevrale nett (CNN og RNN)
  - Tensor Flow

# Hva brukes bildeanalyse til?

---

- Medisinske applikasjoner, bl.a. ultralyd, MR, celleprøver
- Alle typer industriell inspeksjon, ...
- Trafikkovervåkning,
- Tekstgjenkjenning, dokumentbehandling, kart, ...
- Koding og kompresjon
- Biometri for personkontroll ...
  - identifikasjon ved ansiktsgjenkjenning, fingeravtrykk eller iris
- Jordobservasjon fra satellittbilder (optisk, IR, radar, ...)
- Havbunnskartlegging (sonar ...)
- Kartlegging av oljereservoarer (seismikk)

# Eksempler på master-oppgaver

---

- Egenskapsuttrekking for hyperspektrale bilder
- Egenskapsutvelging ved optimering for høydimensjonale data
- Segmentering av cellebilder
- Segmentering og parametrisering av lever-svulster
- Gjenfinning av et gitt ansikt i en videosekvens
- Segmentering av oljesøl i satellittbilder
- Kombinasjon av bilder fra ulike medisinske sensorer
- Overflateanalyse av trevirke
- Estimering av snødekning i radarbilder
- Bil-deteksjon i høyoppløselige bilder (radar og optisk)



# EKSEMPEL: PÅSSET DITT

---

- Norske pass vil inneholde biometriske data, f.eks.
  - Fingeravtrykk
  - Iris
  - Ansiktsgjenkjenning
  - Stemmeidentifikasjon
- Noen land krever at nye pass må ha biometriske data med ansikt og fingeravtrykk.
- IRIS-scanning og fingeravtrykk-scanning.

# EKSEMPEL: ANSIKTSGJENKJENNING

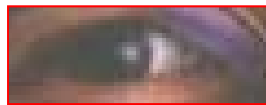
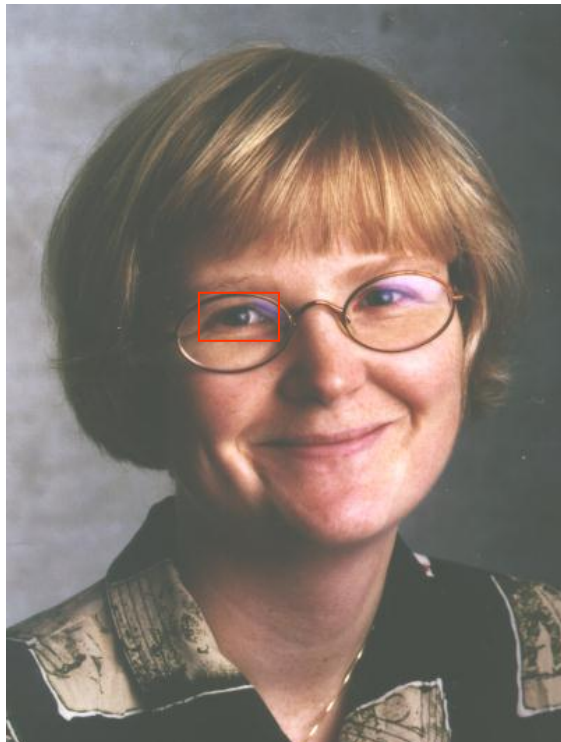
---

- Vi gjenkjenner ansikter lett
  - Dette er noe av det første vi lærer
- Spesialisert oppgave
- Vi bruker både helheten og delene
  - grove trekk bestemmer kjønn
  - øvre del av ansiktet viktigst
  - analyserer ansiktsuttrykk samtidig
- Lettest å gjenkjenne pene ansikter
- Greit å kjenne igjen ansikter som er opp-ned, men vanskelig hvis delene er på feil sted.

# EKSEMPEL: IRIS-IDENTIFIKASJON

---

- Iris er unik (til orden 1 av  $10^{35}$ )



- Finn øyne i (et nær-infrarødt) bilde
- Finn iris
- Trekk ut egenskaper fra iris
- Matche egenskaper med database
- Krever høy oppløsning i bildene
  - Minst 200 piksler på iris-diameteren
  - Minst 90 nivåer mellom iris og "sclera"
  - Minst 50 nivåer mellom iris og pupillen

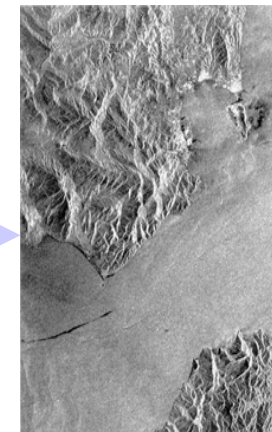
# EKSEMPEL: OVERVÅKNING AV OLJEUTSLIPP



Tankbåt som slipper ut olje



Radarbilde av oljesølet



# EKSEMPEL: SKOGKARTLEGGING

---

Fra bildene kan vi avgjøre:

- Treslag/alder
- Klart til å hugges?
- Tømmervolum

Endring over tid:

- Skogens helsetilstand
- Blir det mindre skog i Europa?
- Bevares regnskogen i Brasil?



# EKSEMPEL: VIDEOANALYSE/OVERVÅKNING

---

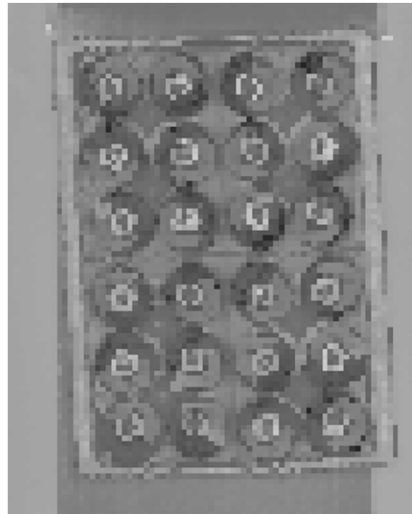


**Trafikktelling: hvor  
mange biler  
passerer et punkt?**



**Overvåkning  
av bevegelser  
innendørs**

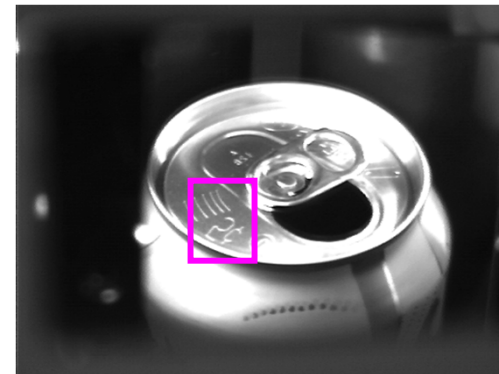
# EKSEMPEL: RETUR AV FLASKER / BOKSER



**Bilde fra Tomras kasseautomat.**

**Hvor mange flasketuter er det?**

**Hvor stor blir panten?**



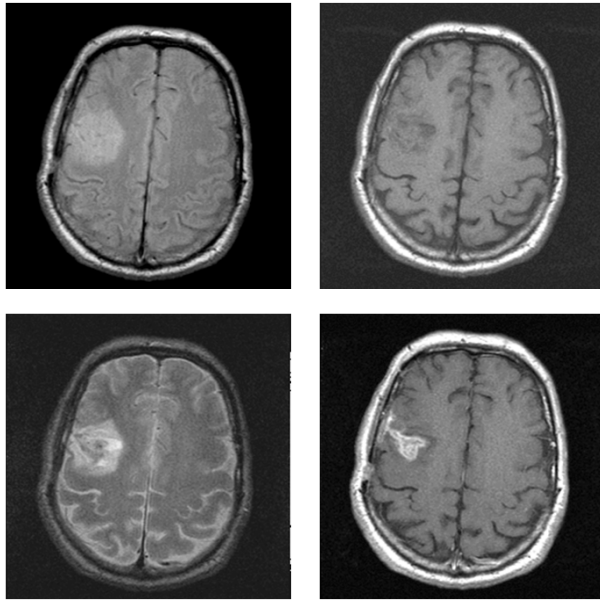
**Pant av amerikanske bokser.**

**Hva står på boksen?**

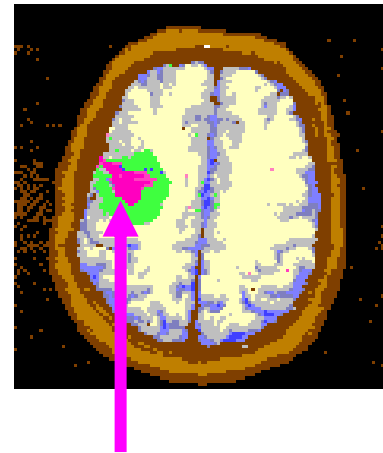
**Hvor stor blir panten?**

# EKSEMPEL: VEVSKLASSIFIKASJON I MR-BILDER

---



**MR-bilder av hjernen**



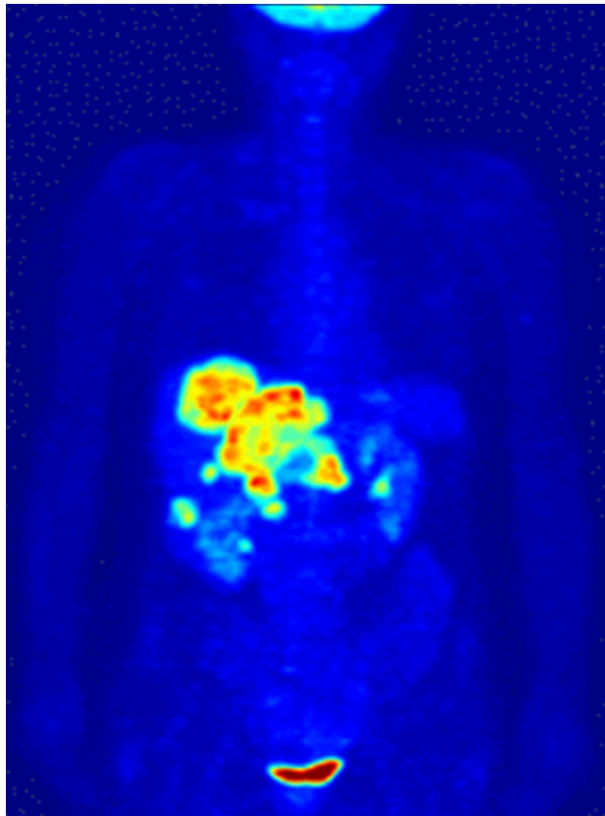
**Klassifisert i  
vevstyper,  
svulst markert i  
rødt**



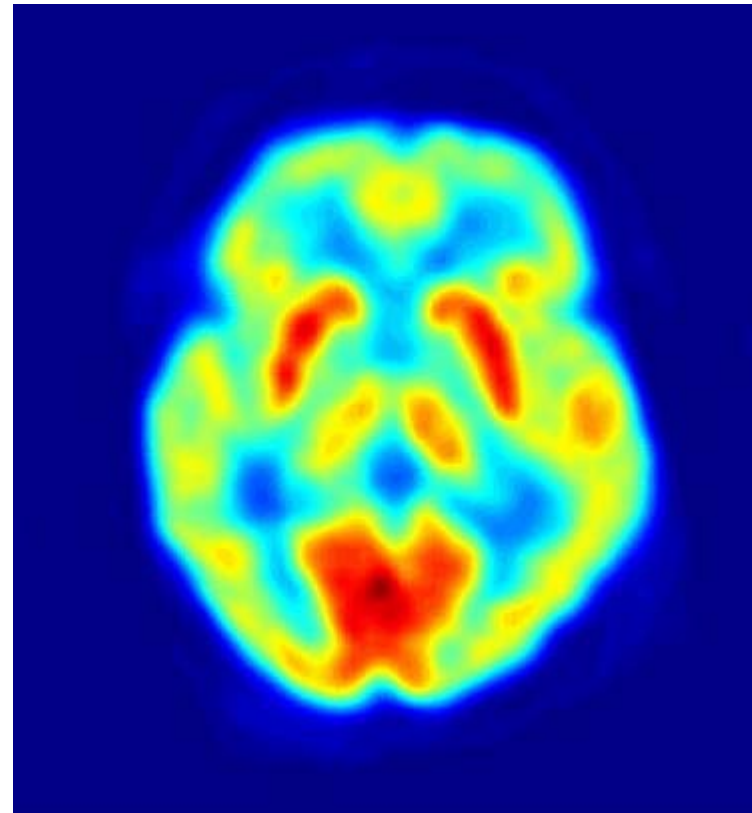
## EKSEMPEL: PET-BILDER

---

Maximum intensity projection  
of typical full body  $^{18}\text{F}$  FDG  
(FDG = fluorodeoxyglucose,  
containing radioactive  $^{18}\text{F}$ )



PET scan of human brain



# Øyet og synssystemet vårt

- Mest sensorisk input via synssansen.

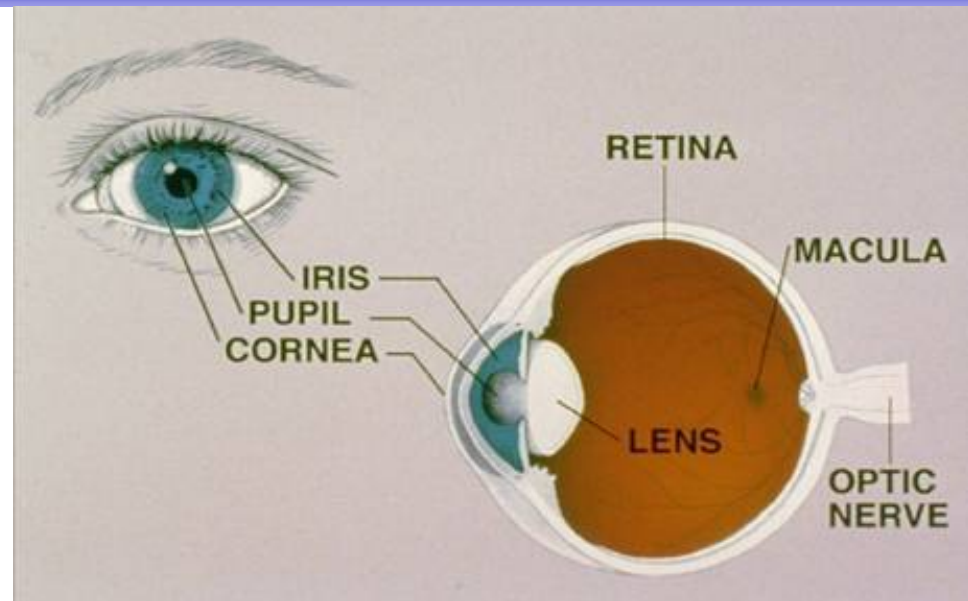
- **Fleksibel optikk:**

- Deformerbar linse

- **Adaptiv detektor:**

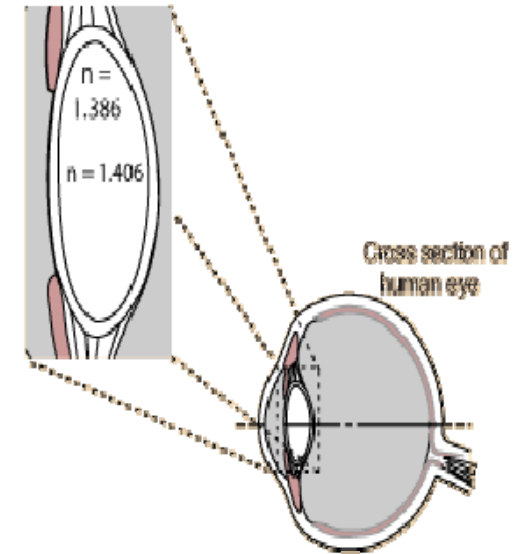
- Variabel geometrisk oppløsning, logaritmisk respons
- Pre-prosessering i netthinna
- Separate systemer for høylys- og lavlyssyn

- **Enorm prosesserings- og lagringskapasitet**



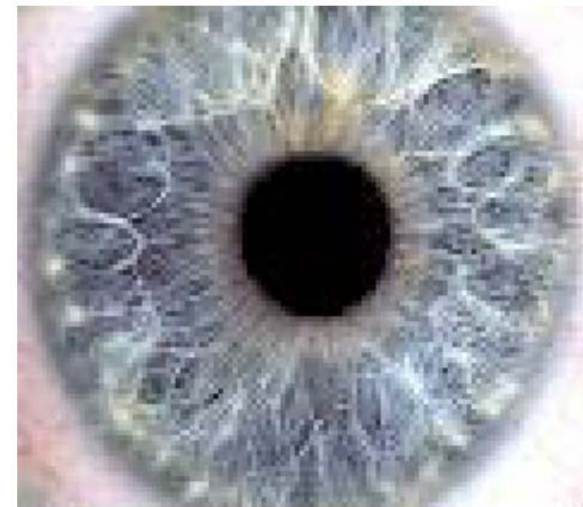
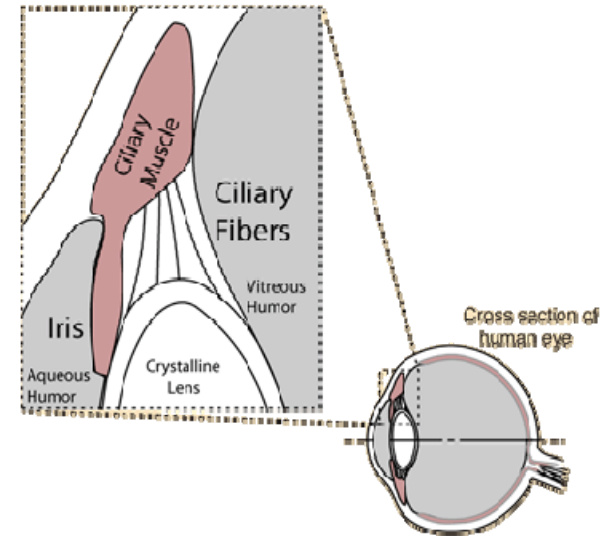
# Øyets linsesystem

- Øyets linsesystem fokuserer lyset.
- Fokallengde,  $f \approx 1.5$  cm.
- Angis ofte i "dioptre",
  - $d=1/f$  , der  $f$  er gitt i meter.
- Øyelinsen er vanligvis 67 d, hvorav hornhinna står for 45 d.
- Øyelinsen er veldig spesiell:
  - den kan endre fokallengde.
- Evnen til å skifte fokus raskt (*akkomodasjon*) svekkes med alderen.



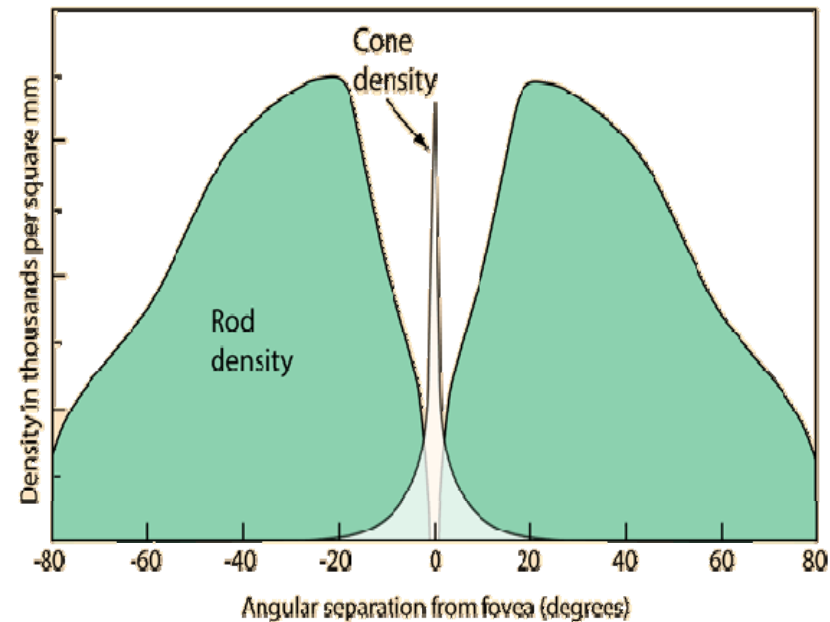
# Iris og pupillen

- Iris:
  - den fargede delen av øyet.
  - fungerer som en blender.
  - mønstret brukes til verifikasjon.
- Pupillen
  - den svarte åpningen i iris
    - Kraftig lys: diameter  $\approx 2$  mm
    - Svakt lys: diameter  $\approx 8$  mm
  - slipper lys inn på netthinna
  - lyset kommer ikke ut igjen



# Netthinna (retina)

- Netthinna er det lysfølsomme laget bak i øyet.
- Dekker omtrent 65% av den indre flaten.
- Omtrent 130 millioner detektorer.
- To typer detektorer:
  - staver ("rods")
  - tapper ("cones").
- Detektorene vender bort fra lyset!

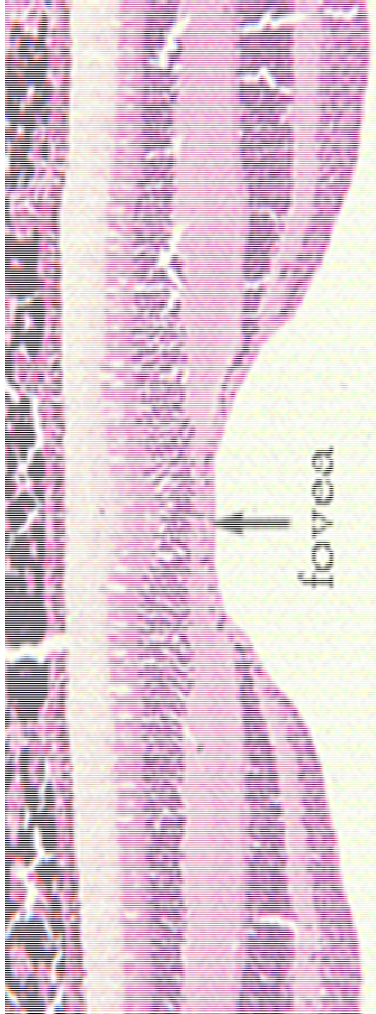


# Staver og tapper

---

- Ca 120 millioner **staver** ("rods"), over hele netthinna.
  - Flere koblet til hver nerve-ende
    - => lav geometrisk oppløsning
  - Scotopisk (lav-lys) syn: dekker nedre 5-6 dekader
  - Gir bare gråtoner
    - $\frac{1}{2}$  time mørke => 10 000 ganger høyere følsomhet
  - Er ikke følsomme for rødt lys
- Ca 7 millioner **tapper** ("cones"), konsentrert i fovea
  - Koblet til hver sin nerve-ende
    - => høy geometrisk oppløsning
  - Fotopisk (høy-lys) syn: dekker øvre 5-6 dekader
  - Farge-følsomme: 3 typer (**R****G****B**)

# Fovea



- *Fovea centralis* er ca 0.3 mm i diameter.
  - Overliggende cellelag borte
    - Mer lys til detektorene
  - Bare tapper (høylys, fargesyn)
    - Veldig høy tetthet
      - => høy geometrisk oppløsning.
    - Hver tapp er koblet til en nerve-ende.
- Når vi ser direkte på et objekt, øker oppløsningen, fordi øyet **foveerer** – flytter bildet til fovea.

# Egenskaper ved synet

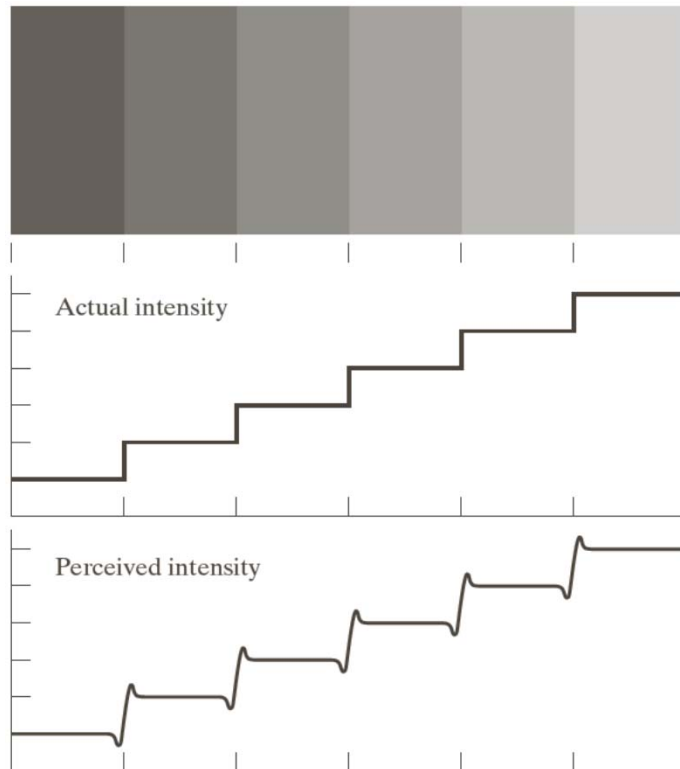
---

- Vi kan se lysintensiteter over et stort intervall:
  - "Blendings-intensiteten" er  $10^{10}$  ganger så høy som den svakeste intensitet vi kan oppfatte.
- Vi ser bare et visst antall nivåer samtidig :
  - den minste gråtone-forskjellen vi oppfatter:  $2\%$
  - =>  $ca\ 50$  forskjellige gråtoner, men mange flere farger.
- Når øyet skifter fokus til et annet sted i bildet med et annet bakgrunnsintensitetsnivå, tilpasser øyet seg dette og ser fint lokale intensitets-forskjeller.



# Nevrale prosessorer i netthinna

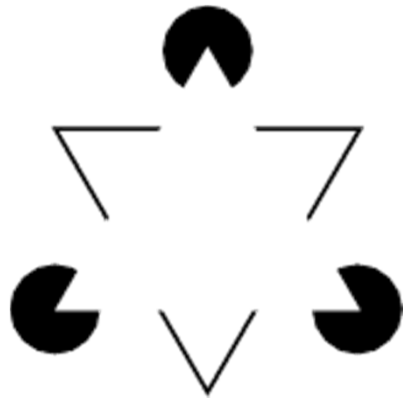
---



- Forsterker kanter.
- Stimulering av én del undertrykker stimulering av en annen del.
- Øker kontrasten ved overgang mellom uniforme regioner.
- Kalles "Mach-bånd"

# Noen optiske illusjoner

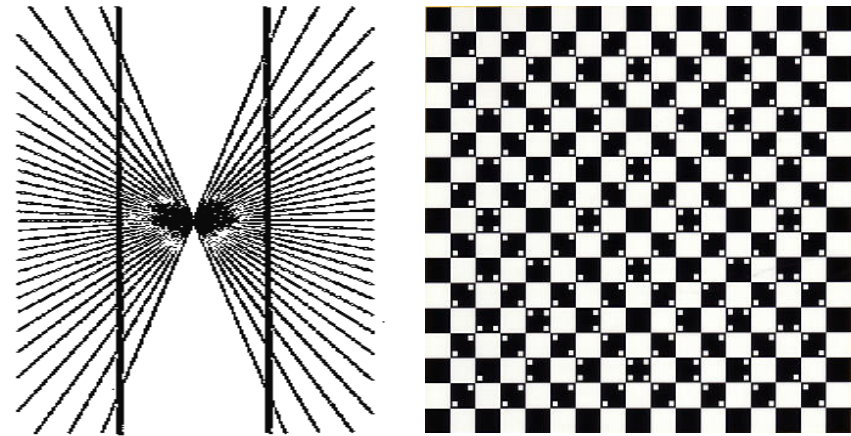
- Illusoriske konturer



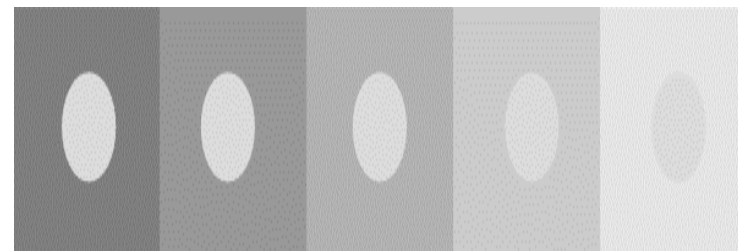
- Multistabile bilder



Rette og buete linjer

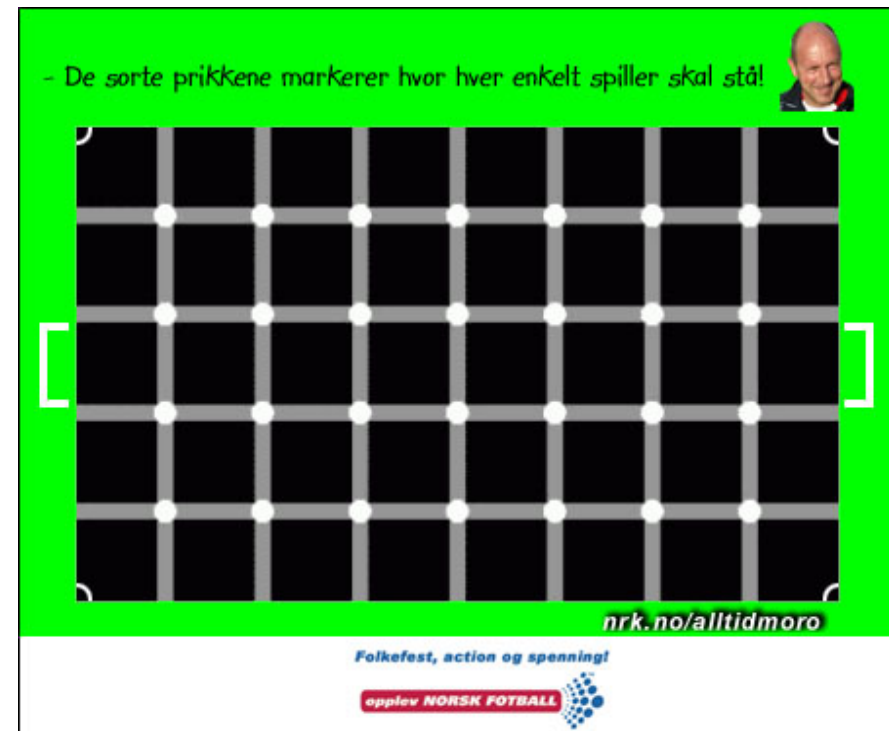
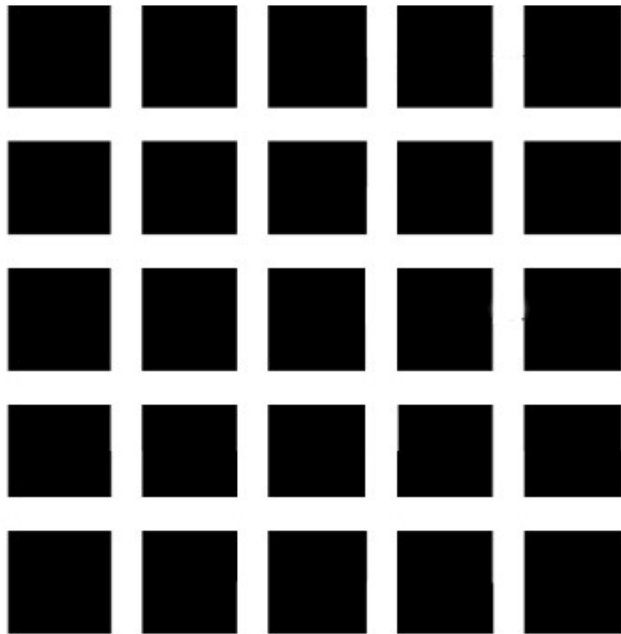


Simultan kontrast



# "Hermann-grid"

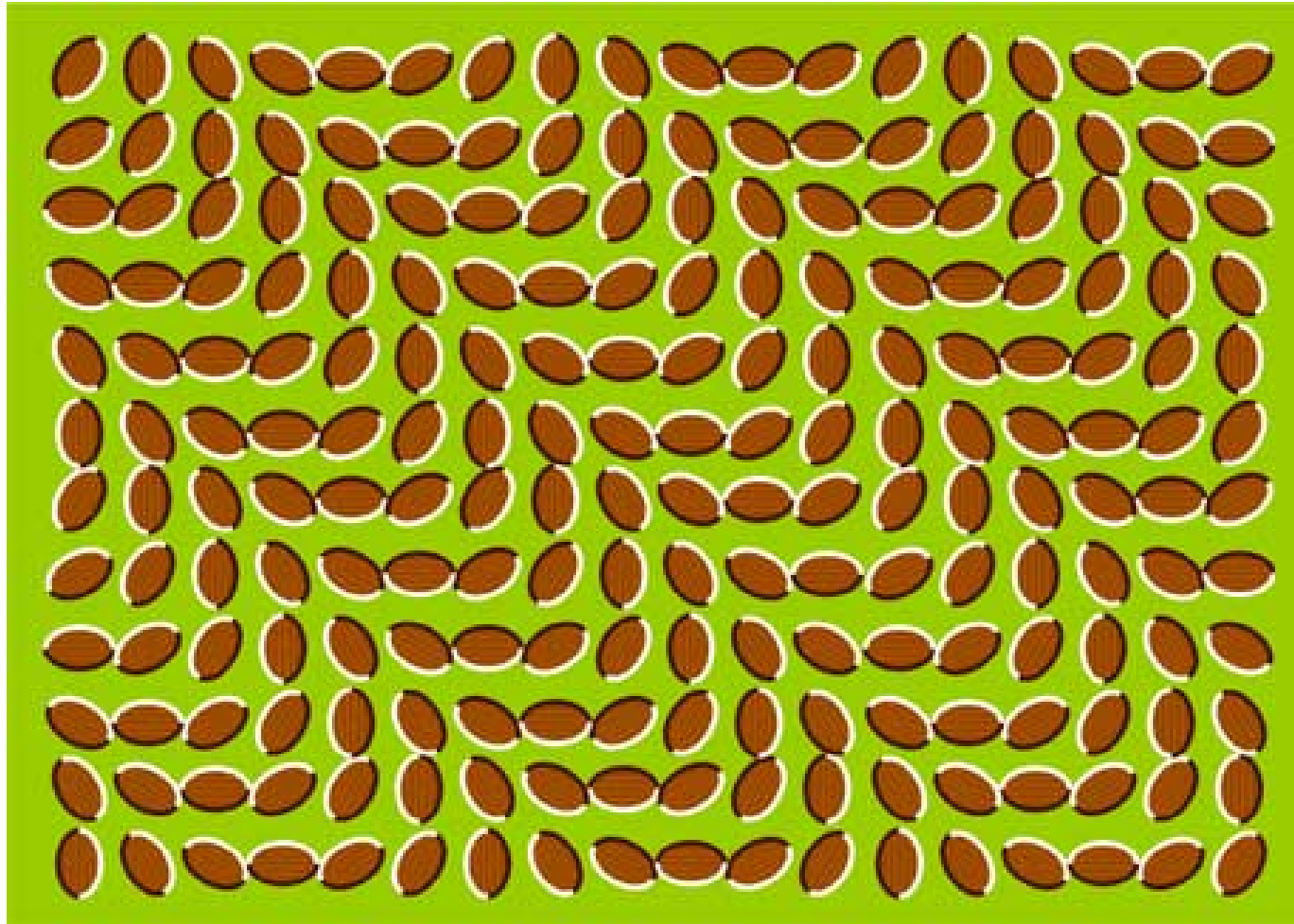
- Hva er årsaken til denne effekten?



- Svaret kommer i en senere forelesning!

# Optiske illusjoner – “bevegelse”

---

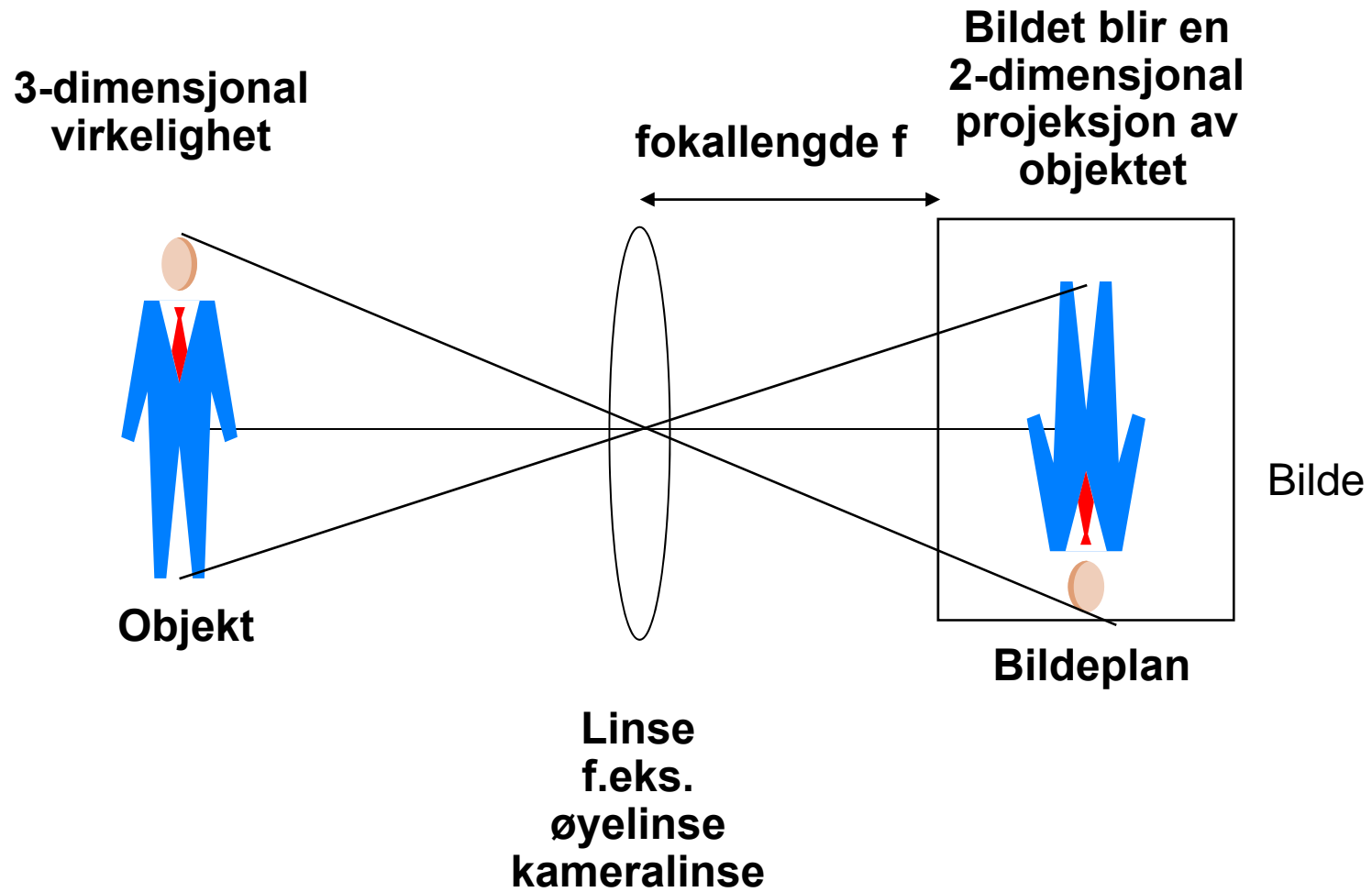


# "T-Rex and Me"

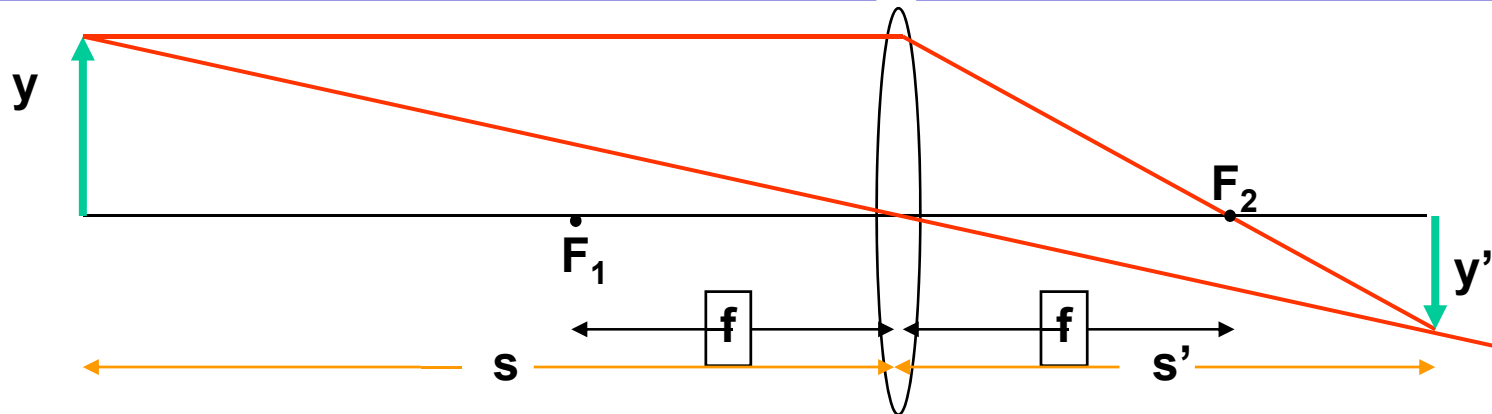
---

- I synshjernebarken (visual cortex) har vi
  - flere sett av kant-detektorer,
    - finner kanter og linjer
    - med forskjellige orienteringer (vinkler),
    - forskjellige tykkelser.
    - Separate sett detektorer for høyre og venstre øye.
- Øyet skanner over objektet,
  - mest over interessante, krumme kanter.
- I tillegg har vi flere typer raske øyebevegelser
  - Lar nye reseptorer bekrefte konturene av objektet
  - Uten dette faller synet ut i løpet av sekunder.

# Kamera og optikk



# Objekt-bilde relasjonen



- I figuren har vi to par av likedannede trekantar:

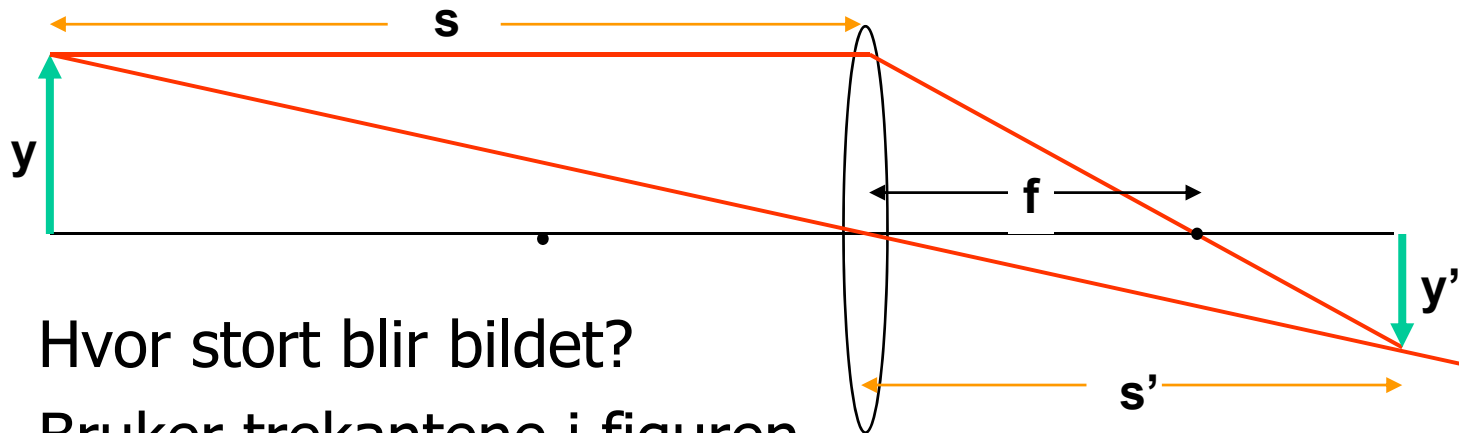
$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \quad \text{og} \quad \frac{y'}{y} = \frac{s' - f}{f}$$

gir

$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f}$$

- Dette som er kjent som "*objekt-bilde relasjonen*".
  - Uttrykket gjelder både for fokuserende linser og speil

# Forstørrelse



- Hvor stort blir bildet?
- Bruker trekantene i figuren
- Finner uttrykket til høyre
- Forstørrelsen er

$$m = y'/y$$

- Er objektet langt unna

$$s \gg f \Rightarrow m \ll 1$$

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} \Rightarrow y' = \frac{y s'}{s}$$

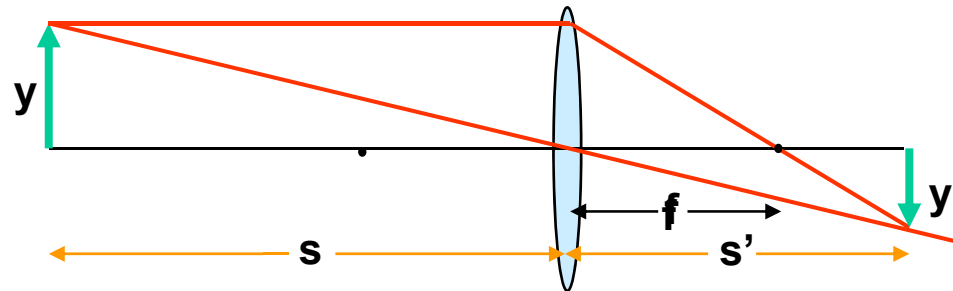
$$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{1}{f} \Rightarrow s' = \frac{s f}{(s - f)}$$

$$\Rightarrow y' = \frac{y f}{(s - f)}$$



# Hvor stort blir bildet av Månen?

- Hvor stort blir bildet av månen med  $f = 50 \text{ mm}$ ?
  - Månen har en diameter på 3476 km
  - avstanden til månen er 384 405 km.
- $s = 384\,405 \text{ km}$ ,  $f = 50 \text{ mm}$ ,  $y = 3\,476 \text{ km}$  i figuren



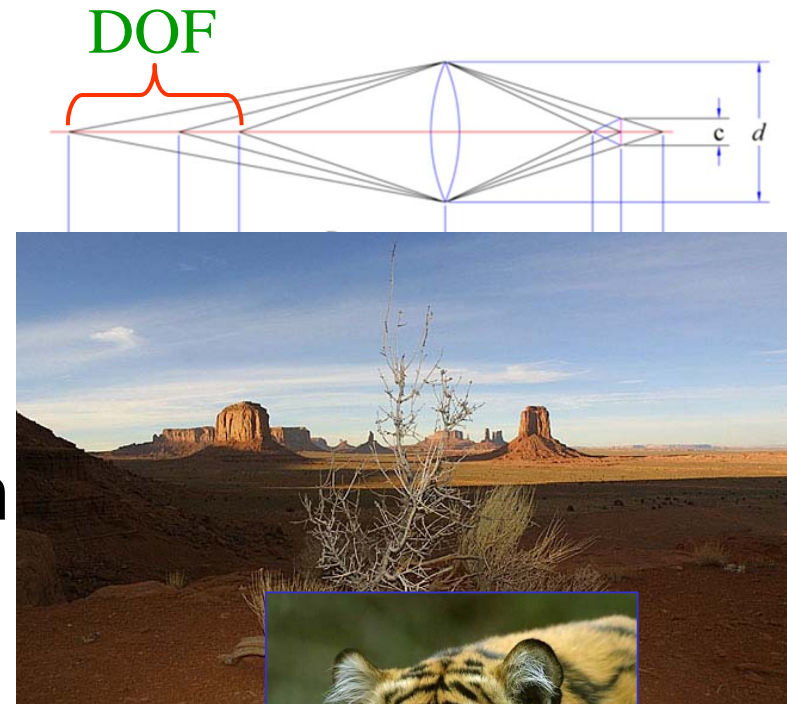
- Da blir

$$y' = y f / (s-f) = 3476 \text{ km} \times 50 \text{ mm} / (384405 \text{ km} - 50 \text{ mm}) = \underline{0.45 \text{ mm.}}$$

- Dette beskjedne bildet fyller bare knapt 0.2 promille av arealet på en 24 x 36 mm film!

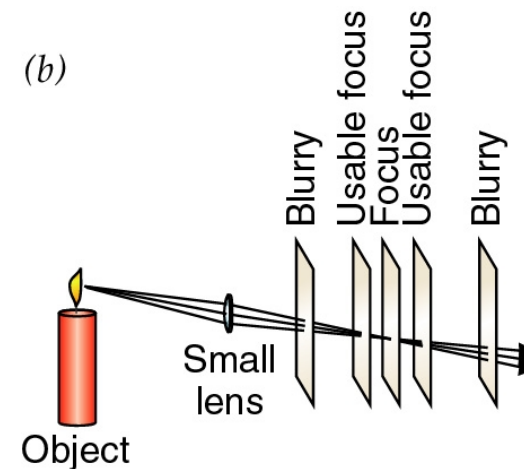
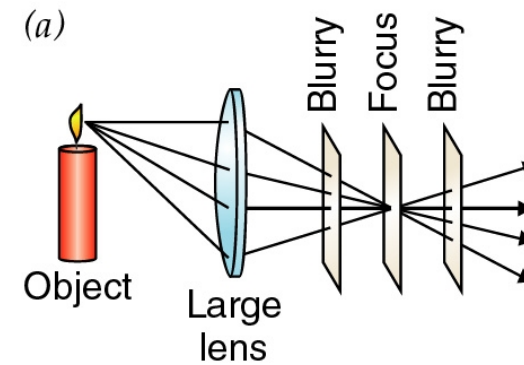
# Dybdeskarphet (Depth of field)

- DOF = avstand foran og bak fokusert objekt som synes å være i fokus.
- Stor dybdeskarphet gir et skarpt bilde av både forgrunn og bakgrunn.
- Liten dybdeskarphet gjør at vi kan fokusere på en interessant del av objektet, mens en distraherende bakgrunn blir uskarp.



# Blenderåpning og dybdeskarphet

- Stor blenderdiameter  $d$ , lav  $f/d$  - verdi:
  - Slipper inn mer lys, kortere eksponeringstid
  - Fokus mer kritisk
- Liten blenderdiameter  $d$ , høy  $f/d$ -verdi:
  - Slipper inn mindre lys, lengre eksponeringstid
  - Fokus mindre kritisk



(fra [howthingswork.virginia.edu](http://howthingswork.virginia.edu))

# Hva bestemmer DOF ?

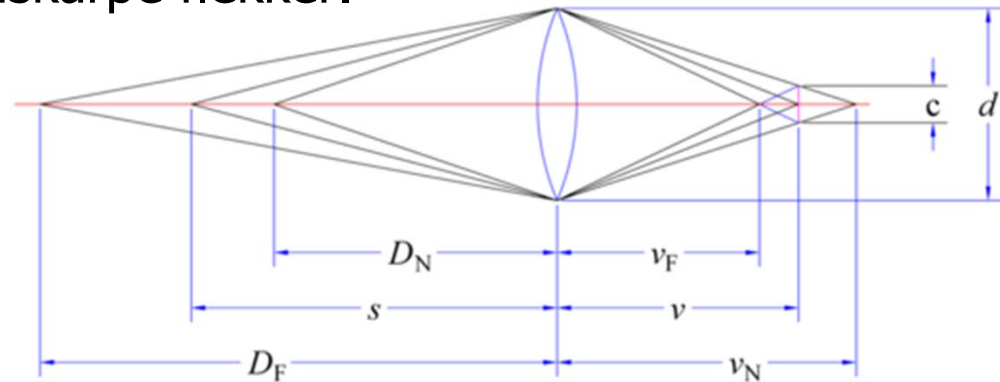
---

- DOF bestemmes av tre faktorer:
  - Linsens fokallengde
  - Linsens f-tall ( $N = f/d$ )
  - Avstand kamera-objekt.
- Økt f-tall (mindre aperture) øker DOF.
  - Minsker mengden lys
  - Øker diffraksjonen
  - Reduserer vinkel-oppløsningen

=> Det er en praktisk grense for reduksjonen i aperture.

# Nær- og fjerngrense for DOF

- Et objekt i avstand  $s$  fra linsen fokuseres i bildeavstand  $v$ .
- To punktojekter ved  $D_F$  og  $D_N$  er i fokus ved bildeavstand  $v_F$  og  $v_N$ .
- Ved bildeavstand  $v$  er de uskarpe flekker.



- Når flekk-diameteren er lik en akseptabel "circle of confusion"  $c$  (COC), så er nær- og fjerngrensene for DOF ved  $D_N$  og  $D_F$ .
- Fra likedannede trekanter ser vi:

$$\frac{v_N - v}{v_N} = \frac{c}{d} \quad \frac{v - v_F}{v_F} = \frac{c}{d}$$

# Praktiske grenser for DOF

- DOF bak objektet er alltid større enn foran objektet.
- For lange fokallengden går dette forholdet mot 1.
- For 35-mm formatet er en typisk COC lik 30  $\mu\text{m}$ .

- **Et praktisk eksempel:**

$f = 50 \text{ mm}$

$N (=f/d) = 5.6$

$s = 10 \text{ m}$

$c = 30 \mu\text{m}$

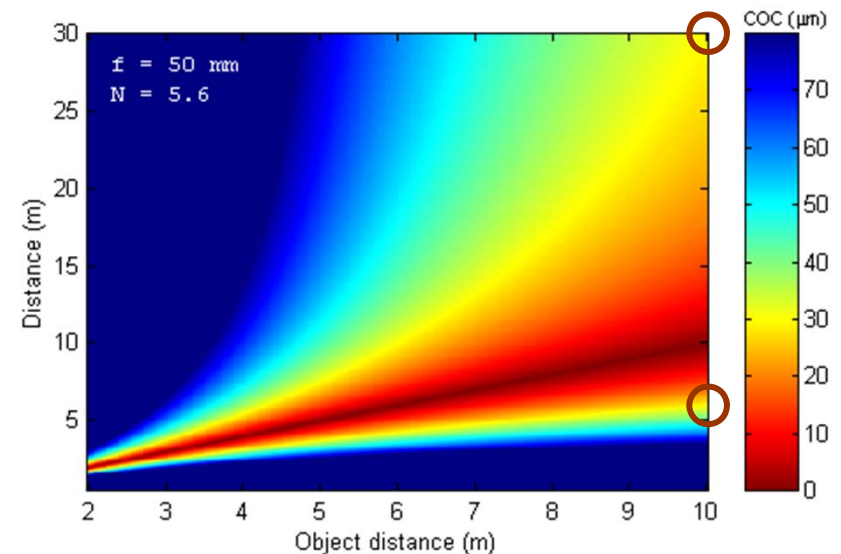
- DOF går fra 6 m til 30 m.

=> DOF dekker altså her

4 meter foran og

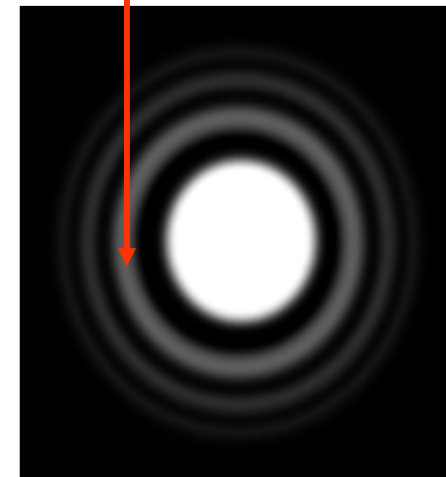
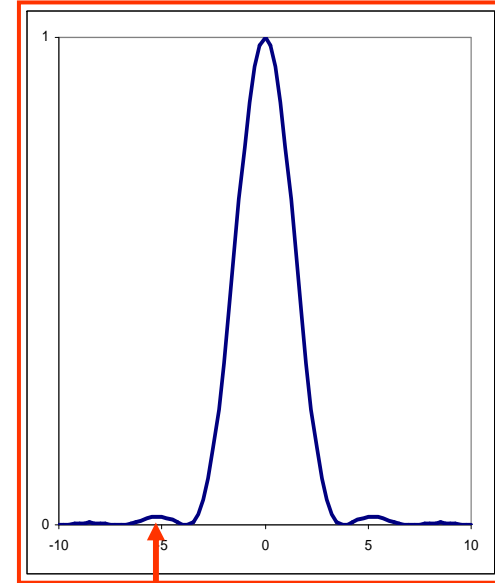
20 meter bak fokusavstanden.

- En mindre/større COC gir en større/mindre DOF.



# Punktspredningsprofil (PSF)

- På grunn av diffraksjon vil en sirkulær linse avbilde en punktkilde som en lys flekk med mørke og lyse ringer rundt, der intensiteten til ringene avtar ganske raskt utover (Airy-disc).
- PSF for en gitt aperture kan beregnes ved hjelp av enkle ligninger.



# Vinkeloppløsnings-kriterier

- Anta at linsens diameter er  $d$ , og at lysets bølgelengde er  $\lambda$ .
- To punkter i et objekt kan akkurat adskilles i bildet hvis vinkelen mellom dem er gitt ved

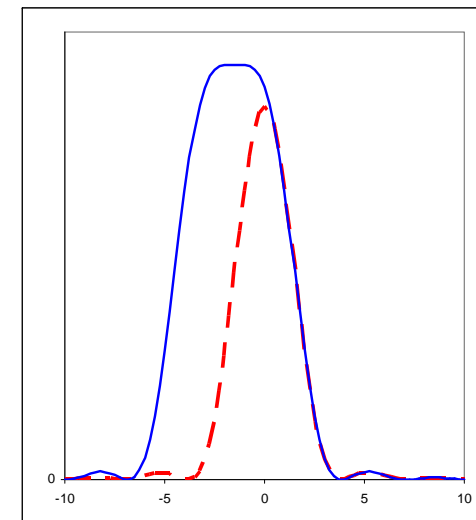
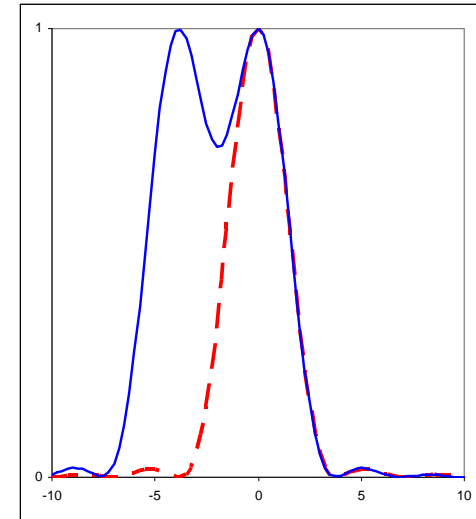
$$\sin \theta = 1.22 \lambda / d \text{ radianer.}$$

– Dette er "Rayleigh-kriteriet".

- "Dip"-en i profilen forsvinner når

$$\sin \theta = 0.952 \lambda / d \text{ radianer.}$$

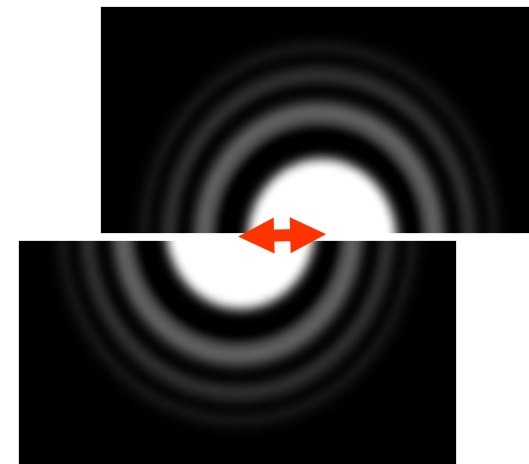
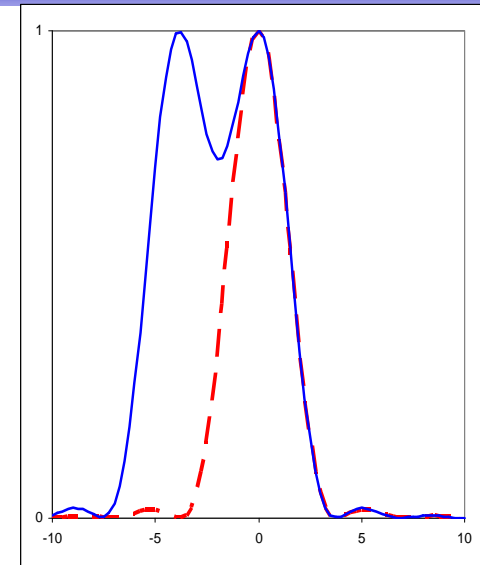
– Dette er "Sparrow-kriteriet".



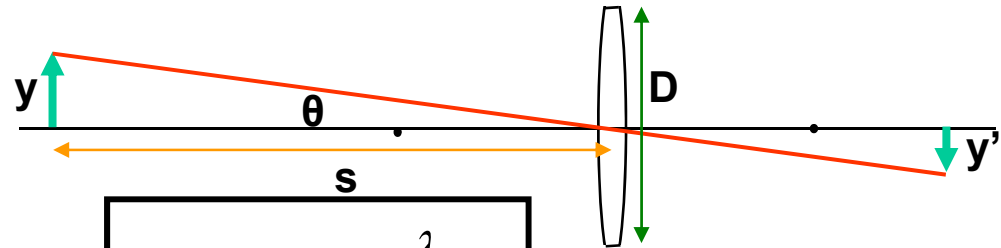


# Rayleigh-kriteriet

- To punkt-kilder kan adskilles hvis de ligger slik at sentrum i det ene diffraksjonsmønstret faller sammen med den første mørke ringen i det andre.
  - Vinkelen mellom dem er da gitt ved  $\sin \theta = 1.22 \lambda / d$  radianer.
  - Dette er "Rayleigh-kriteriet".
  - *Vi kan ikke se detaljer mindre enn dette.*



# Hvor små detaljer kan en linse oppløse?



- Vinkeloppløsningen er gitt ved

$$\sin \theta = 1.22 \frac{\lambda}{d}$$

- Tangens til vinkelen  $\theta$  er gitt ved

$$\operatorname{tg}(\theta) = \frac{y}{s}$$

- For små vinkler er  $\sin(\theta) = \operatorname{tg}(\theta) = \theta$ , når vinkelen  $\theta$  er gitt i radianer.

- **=> Den minste detaljen vi kan oppløse:**

$$\frac{y}{s} = 1.22 \frac{\lambda}{d} \Rightarrow y = 1.22 \frac{s\lambda}{d}$$

# Synsfelt og perspektiv

---

- For et gitt bildeutsnitt vil fokallengden bestemme synsfeltet vi får.
- Hvis bildeutsnittet i fokalplanet er 24 x 36 mm, så gir
  - fokallengde 50 mm et synsfeltet på  $47^\circ$  (målt langs diagonalen),
  - fokallengde 28 mm et vidvinklet synsfelt ( $75^\circ$ ),
  - mens fokallengde 300 mm zoomer inn synsfeltet til bare  $8^\circ$ .
- Fokallengden kan forvrengte perspektivet.
  - *En face* portrett med kort brennvidde (vidvinkel) forstørrer nesen.
  - Telelenser vil tilsynelatende komprimere dybden i bildet.
- "Normalobjektiver" gir omtrent samme perspektiv som øyet vårt.
  - Fokallengden må være omtrent lik lengden av diagonalen i bildeplanet.
  - 24 x 36 mm film gir diagonal = 43 mm: 45 – 50 mm = "normal" .
  - En liten detektor-brikke i et digitalkamera kan gi normalt perspektiv med liten linse og kort brennvidde, men oppløsningen vil bli dårligere.

# Samme scene, forskjellige fokallengder

---



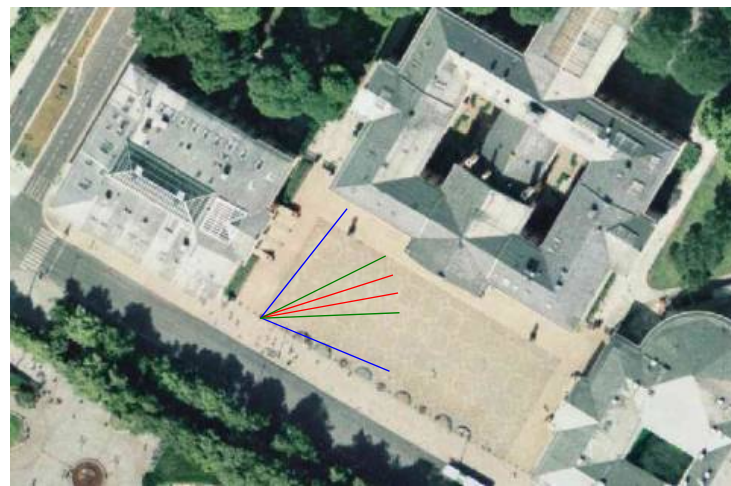
18 mm



70 mm



200 mm

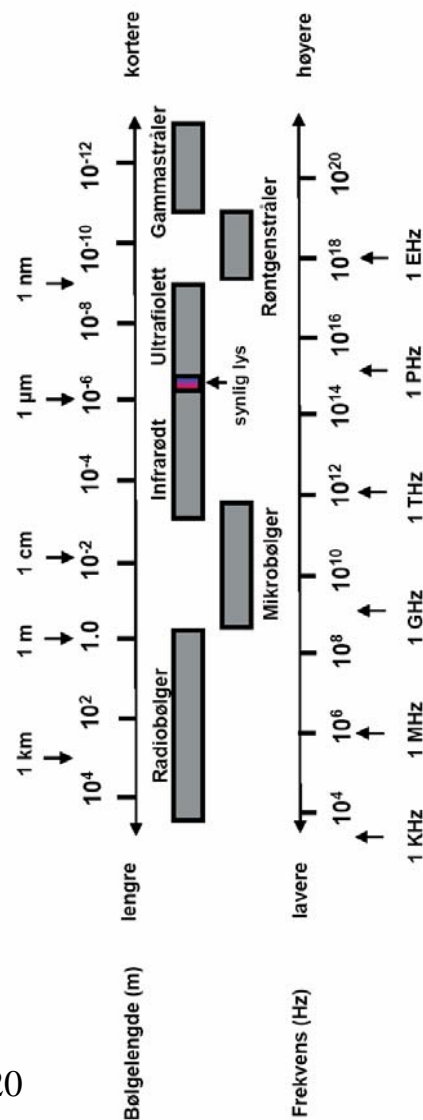


# Andre sensorer enn øyet

---

- Passivt eller aktivt: bare "se" eller "belyse og se" :
- Optisk satellittbilde: Landsat P
- Infrarødt satellittbilde P
- Radarbilde fra satellitt: SAR A
- Sonar – avbildning med lyd (seismikk) A
- Lidar – pulset laser avstand skanner A
- Medisinsk ultralyd A
- Røntgen og CT A
- MR – magnetisk resonnans A
- Mikroskopi A

# Bølgelengde og frekvens



<b>Fiolett:</b>	0.4-0.446 μm
<b>Blå:</b>	0.446-0.500 μm
<b>Grønn:</b>	0.500-0.578 μm
<b>Gul:</b>	0.578-0.592 μm
<b>Oransje:</b>	0.592-0.620 μm
<b>Rød:</b>	0.620-0.7 μm

Sammenheng mellom  
bølgelengde og frekvens:

$$c = f \lambda \quad (\text{bølgeligningen})$$

$c =$  lysets hastighet ( $3 \times 10^8$  m/s)

$\lambda =$  bølgelengde (m)

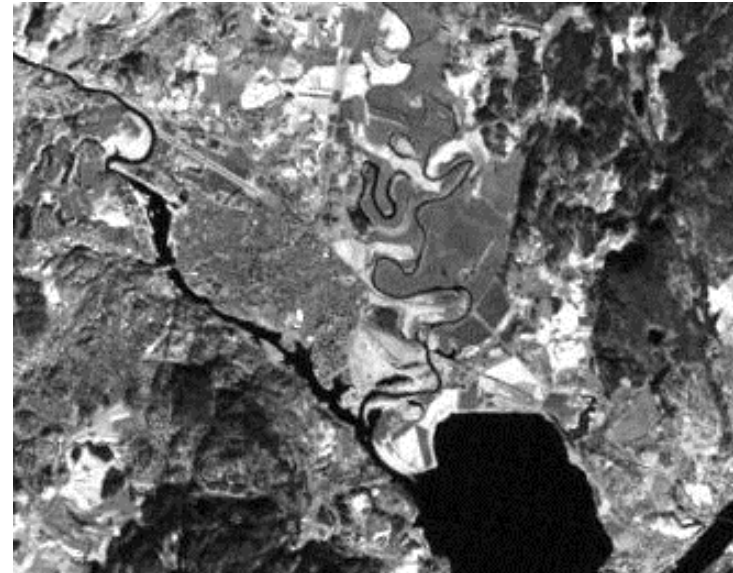
$f =$  frekvens (Hz = s<sup>-1</sup>)

# Eksempel: radar vs. optisk

---

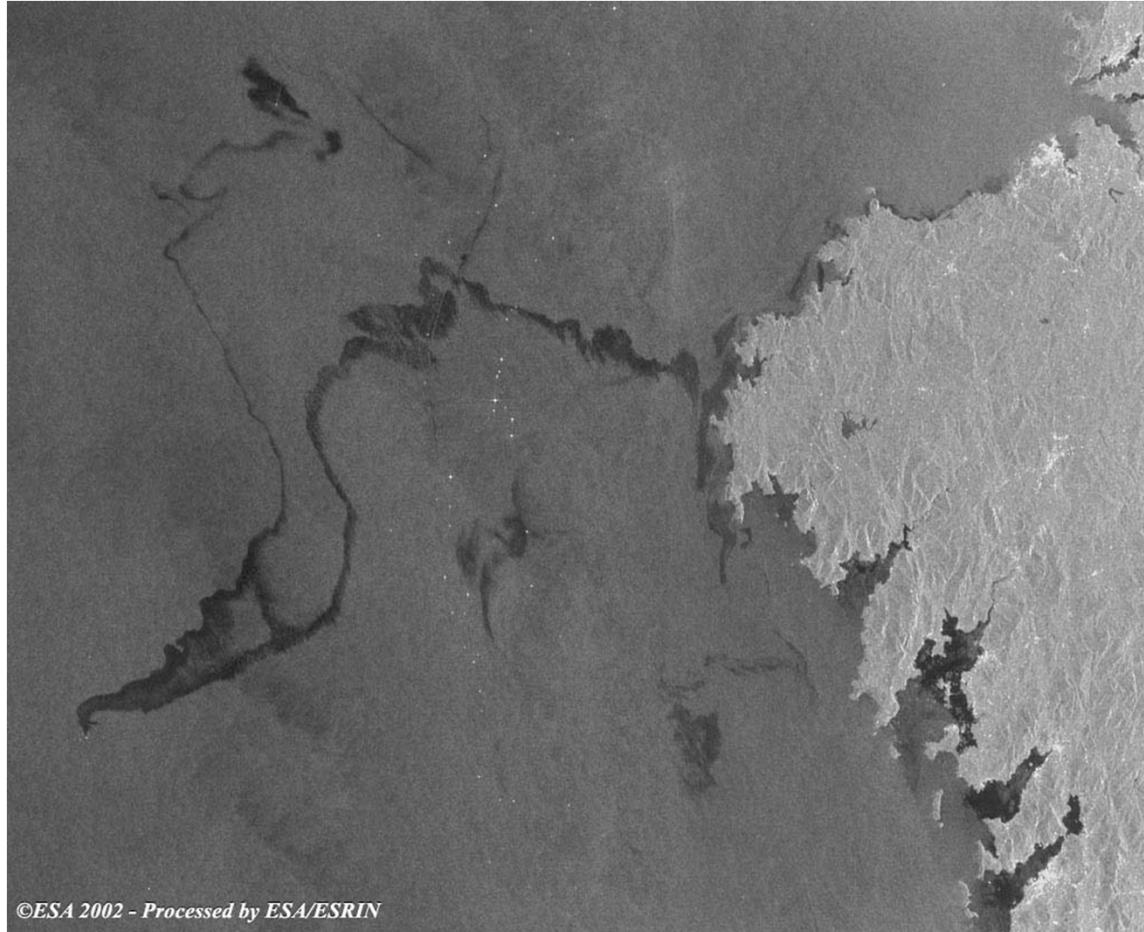


**Bilde fra ERS-1 SAR-satellitten**  
**Radaren viser røffheten på overflater**



**Landsat-bilde fra samme område**

# Eksempel: radarbilde av oljesøl



- Detekterer overflatens "røffhet".
  - Olje demper vindbølger.
  - Satellitt og fly kan overvåke oljesøl
    - Fra skipsforlis
    - Utslipp fra skip
    - fra oljerigger
  - Eksempel:
    - M/S Prestige, 2002.
- © ESA/ESRIN



# Satellittbilder med lav og høy oppløsning

- Lavoppløsningsbilder gir oversikt, f.eks innen meteorologi.



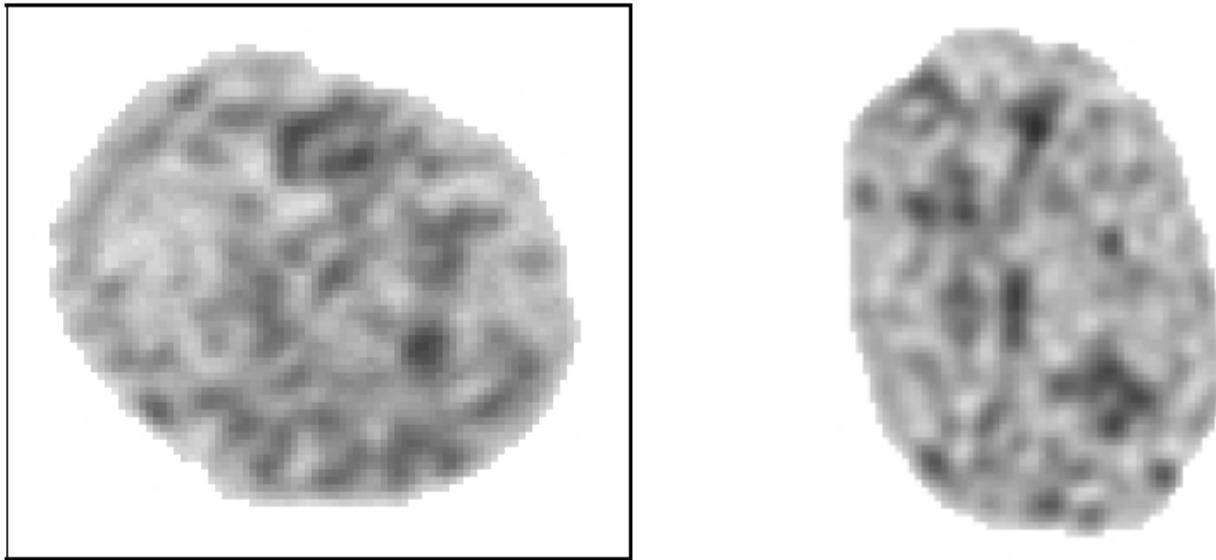
- Høyoppløselige bilder er nyttige til kartlegging, detaljert arealplanlegging, overvåking, spionasje, ...



# Medisinsk mikroskopi

---

- Eksemplet viser mikroskopi-bilder av cellekjerener fra kreftsvulst i eggstokkene (ovarie) for en pasient med god prognose (venstre) og en pasient med dårlig prognose (høyre).
- Visuelt kan man ikke se forskjell, men med matematisk analyse av teksturen kan man klassifisere dem riktig.



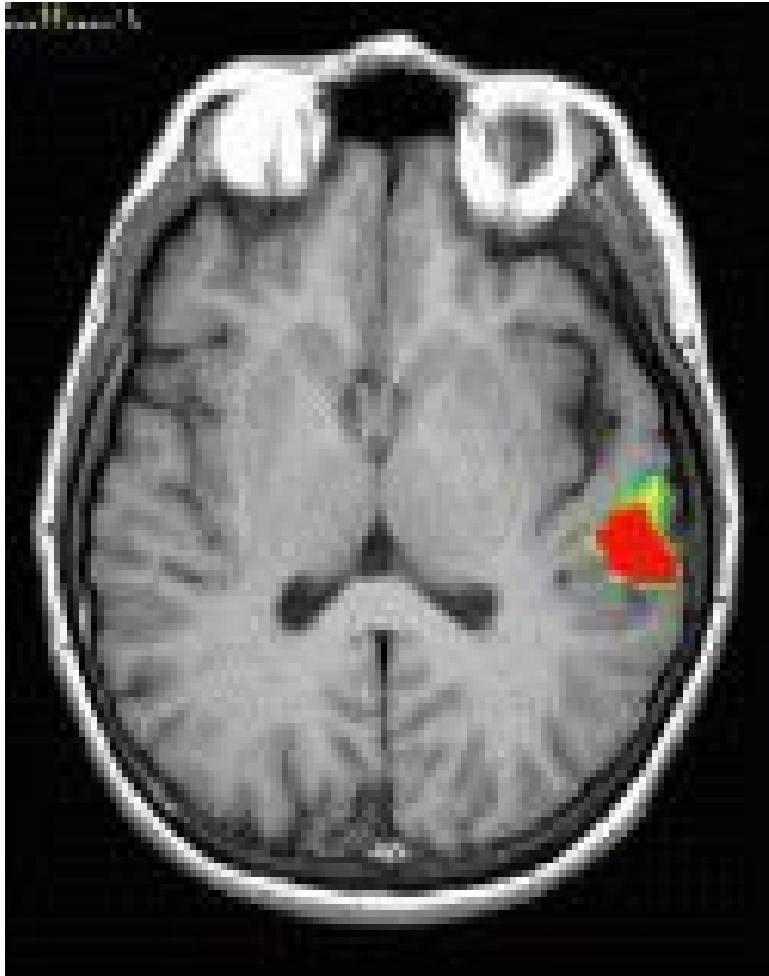
# CT og MR

---

- Plasser røntgenkilden foran en pasient, og en detektor-matrise bak.
  - Roter oppsettet sakte rundt pasienten – ta flere bilder.
  - Etterpå kan vi regne ut absorpsjonen i hvert punkt i pasienten.
  - Vi får altså et 3-D røntgenbilde.
  - Kan ta snitt-bilder av dette volumet i plan og retninger vi ønsker.
  - Dette kalles "Computed Tomography", forkortet CT.
- Magnetisk resonans (MR) avbilder protonene i kroppen.
  - Dette gjøres ved å eksitere hydrogen-atomene,
  - Registrerer hvordan atomene de-eksiteres.
  - Tiden dette tar er avhengig av vevstype og av sykdomstilstand.

# Funksjonell MR (fMRI)

---



- Avbilder oksygenforbruket mens man gjør opptaket.
- Kan f.eks avbilde de delene av hjernen som er i aktivitet når man utfører en spesiell oppgave.
- Eksempel: aksialt snitt fra lyttende person.
- Tilsvarende verbal aktivitet ligger nær dette området (ved venstre tinning).

# Flerdimensjonale bilder

---

- Et 2-D bilde er en projeksjon av et 3-D objekt.
  - For å gjenskape objektet i 3-D må vi ha flere 2-D projeksjoner.
  - Vi må løse "korrespondanseproblemet",  
hvilke punkter i bildene svarer til samme punkt i virkeligheten.
  - I stereo-syn kombineres høyre og venstre bilde.
- Laser avstandsmåler gir 2-D bilde av tredje dimensjon.
- CT og MR gir 3-D bilder av organer inne i kroppen vår.
- Mikroskopi
  - konfokal mikroskopi belyser og avbilder på flere dyp i vevet,
  - serielle tynne snitt av celler gir 3D bilder med meget høy oppløsning.
- Tidssekvens av 2-D bilder kan sees som et 3-D datasett.
- Tidssekvens av 3-D bilder kan betraktes som et 4-D bilde.
- Flere bølgelengder for hvert tidspunkt gir et 5-D bilde.

# Oppsummering

---

- Etter dette bør du
  - Kjenne til viktige anvendelser av bildebehandling, både de som er nevnt i DIP4E og i forelesningen.
  - Kjenne til elementene i synssystemet vårt og enkle egenskaper ved synssystemet.
  - Forstå bildedannelse ved en tynn linse, "*objekt-bilde relasjoner*", kunne beregne forstørrelse.
  - Forstå begrepene dybdeskarphet (depth of field), punktspredningsfunksjon og vinkeloppløsning.
  - Kjenne noen aktive og passive digitale avbildningssystemer.
  - Kjenne sammenhengen mellom bølgelengde og frekvens.

# Forelesnings- og studie-struktur

- Først kommer en tema-oversikt og liste over pensum-kapitler

Temaer i dag

- Praktisk informasjon
- Kursopplegg
- Motivasjon for kurset
- Hva er bildebehandling?
- Aktiviteter i bildebehandling på IFI
- Videre studietilbud
- Start pensum
  - Kapittel 1 + 2.1-2.2 i læreboka.

F1 15.01.2020 INF 2310 2

- Så kommer alle detaljene ...
- Til slutt: Oppsummering / læringsmål

Oppsummering

- Etter dette bør du
  - Kjenne til viktige anvendelser av bildebehandling, både de som er nevnt i DIP4E og i forelesningen.
  - Kjenne til elementene i synssystemet vårt og enkle egenskaper ved synssystemet.
  - Forstå bildedannelse ved en tynn linse, "objekt-bilde relasjonen", kunne beregne forstørrelse.
  - Forstå begrepene dybdeskarphet (depth of field), punktspredningsfunksjon og vinkeloppløsning.
  - Kjenne noen aktive og passive digitale avbildningssystemer.
  - Kjenne sammenhengen mellom bølgelengde og frekvens.

F1 15.01.2020 INF 2310 62

- **NB!** Forelesningsnotater (pdf) kommer mandag (tirsdag).
- Les gjennom pensum-sidene i læreboka **før** forelesningen
- - da kan vi ha en mer interessant forelesning, og du spør og lærer mer!