INF 2310 – Digital bildebehandling

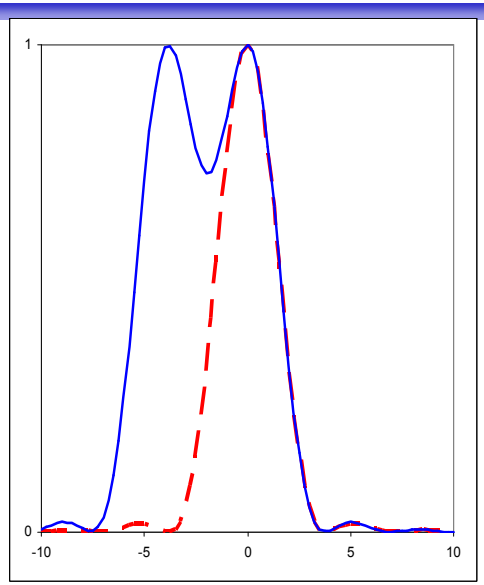
Oppsummering, mai 2014:

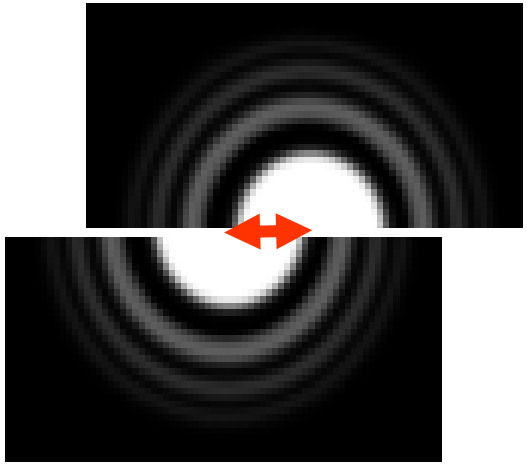
Avbildning	F1
Sampling og kvantisering	F2
Geometriske operasjoner	F3
Gråtone- og histogramoperasjoner	F4,5
Segmentering ved terskling	F13
Farger og fargerom	F15

Rayleigh-kriteriet

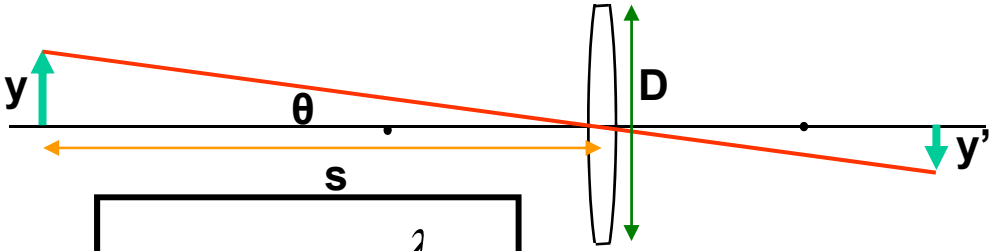
- To punkt-kilder kan adskilles hvis de ligger slik at sentrum i det ene diffraksjonsmønstret faller sammen med den første mørke ringen i det andre.
  - Vinkelen mellom dem er da gitt ved

    $\sin \theta = 1.22 \lambda / D$ radianer.
  - Dette er "Rayleigh-kriteriet".
  - *Vi kan ikke se detaljer som er mindre enn dette.*





Hvor små detaljer kan en linse oppløse?



- Vinkeloppløsningen er gitt ved $$\sin\theta = 1.22\frac{\lambda}{D}$$
- Tangens til vinkelen θ er gitt ved $$tg(\theta) = \frac{y}{s}$$
- For små vinkler er sin(θ) = tg(θ) = θ, når vinkelen θ er gitt i radianer.
- **=> Den minste detaljen vi kan oppløse:**

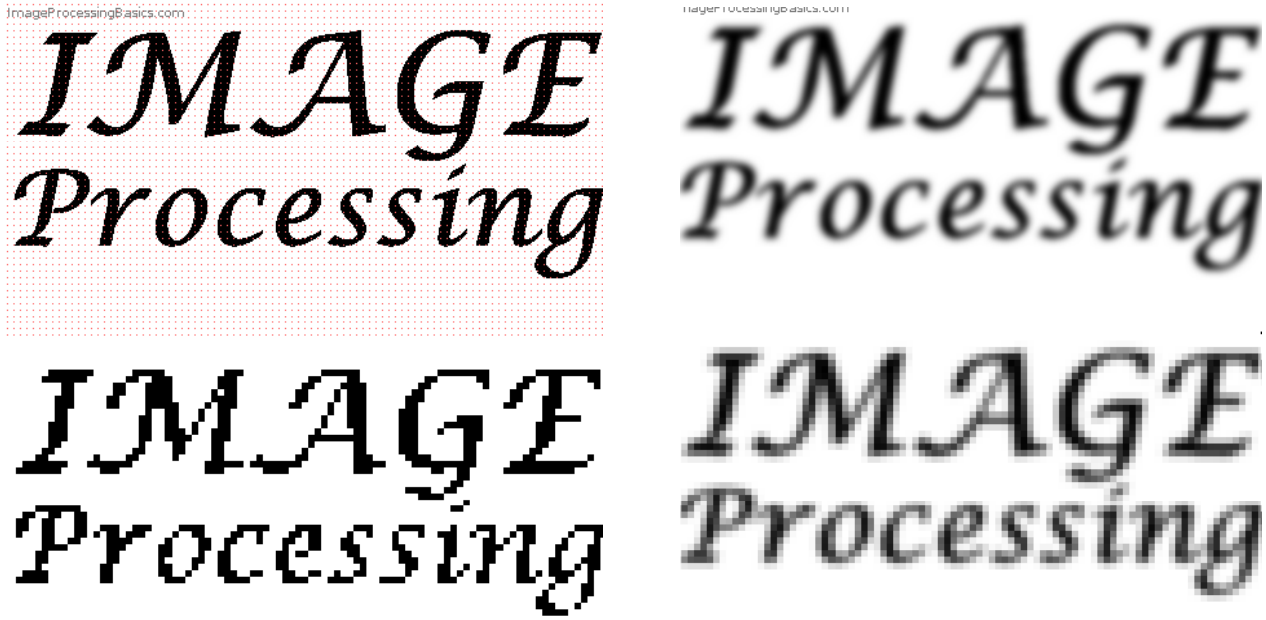
$$\frac{y}{s} = 1.22\frac{\lambda}{D} \Rightarrow y = 1.22\frac{s\lambda}{D}$$

Samplingsteoremet (Shannon/Nyquist)

- Anta at det kontinuerlige bildet er båndbegrenset, dvs. det inneholder ikke høyere frekvenser enn f_{max}
- Det kontinuerlige bildet kan rekonstrueres fra det digitale bildet dersom samplingsraten $f_s=1/T_s$ er større enn 2 f_{max} (altså $T_s < ½T_0$)
- 2 f_{max} kalles Nyquist-raten
- I praksis oversampler vi med en viss faktor for å kunne få god rekonstruksjon

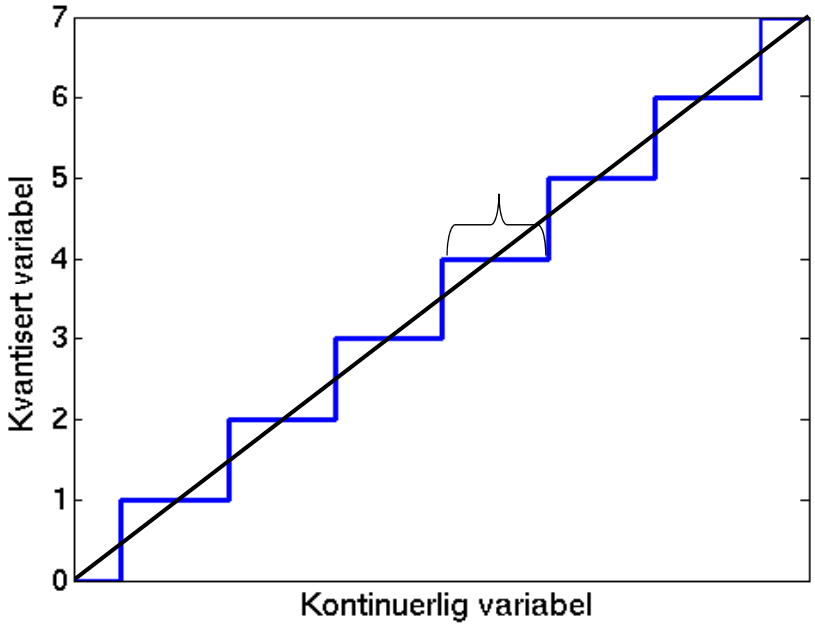
Anti-aliasing

- Ved *anti-aliasing* fjerner/demper vi de høyere frekvensene i bildet **før** vi sampler



Kvantisering

- Hvert piksel lagres vha. *n* biter
- Pikselet kan da inneholde heltallsverdier fra 0 til 2^n-1
- Eks 3 biter:



Kvantiseringsfeil

- Kvantiseringsfeil
  - Summen av hver piksels avrundingsfeil
  - Kan velge intervaller og tilhørende rekonstruksjonsintensiteter for å minimere denne => Ikke nødvendigvis uniform fordeling

- Sentrale stikkord:
  - Lagringsplass
  - Behov for presisjon/akseptabelt informasjonstap
  - Hardware-kompleksitet, eller fysiske begrensninger

- Merk: Fremvisning og videre analyse av det kvantiserte bildet kan stille ulike krav til presisjon

Geometriske operasjoner

- Endrer på pikslenes posisjoner
- Første steg i denne prosessen:
  - Transformer pikselkoordinatene (x,y) til (x',y'):

$$x' = T_x(x,y)$$
$$y' = T_y(x,y)$$

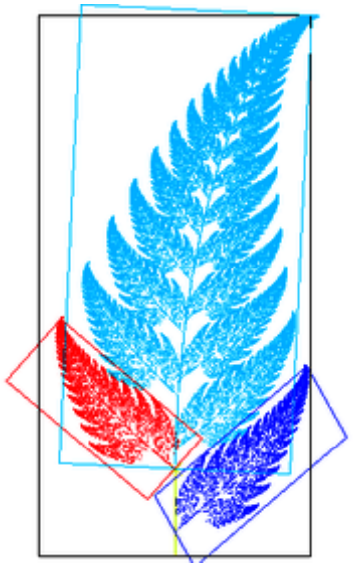
  - T_x og T_y er ofte gitt som polynomer.
- Siden pikselkoordinatene må være heltall, må vi deretter bruke interpolasjon til å finne pikselverdien (gråtonen) i den nye posisjonen.

Affine transformer

- Transformerer pikselkoordinatene (x,y) til (x′,y′):

$$x' = T_x(x,y)$$

$$y' = T_y(x,y)$$



- Affine transformer beskrives ved:

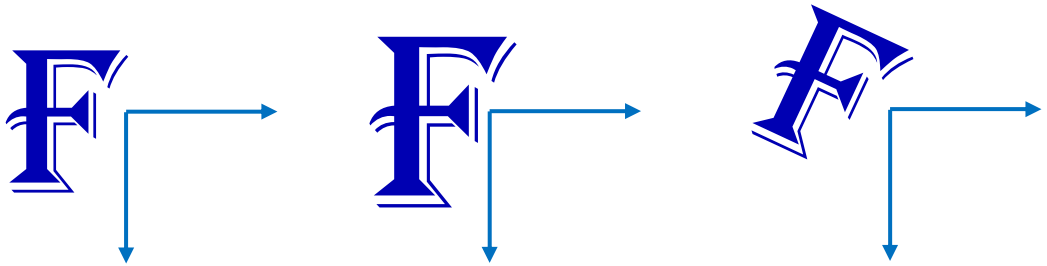
$$x' = a_0x + a_1y + a_2$$
$$y' = b_0x + b_1y + b_2$$

- På matriseform:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ b_0 & b_1 & b_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad \text{eller} \quad \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 \\ b_0 & b_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_2 \\ b_2 \end{bmatrix}$$

Eksempler på enkle transformer - I

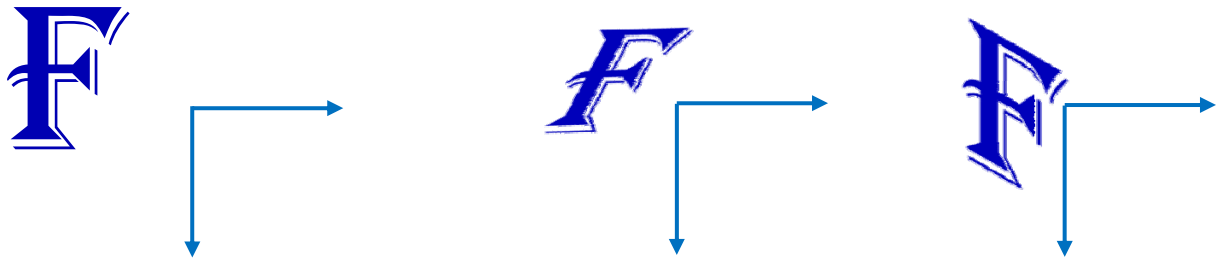
Transformasjon	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2	Uttrykk
Identitet	1	0	0	0	1	0	$x' = x$ $y' = y$
Skalering	s_1	0	0	0	s_2	0	$x' = s_1x$ $y' = s_2y$
Rotasjon	cosθ	-sinθ	0	sinθ	cosθ	0	$x' = x\cos\theta - y\sin\theta$ $y' = x\sin\theta + y\cos\theta$



$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ b_0 & b_1 & b_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Eksempler på enkle transformer - II

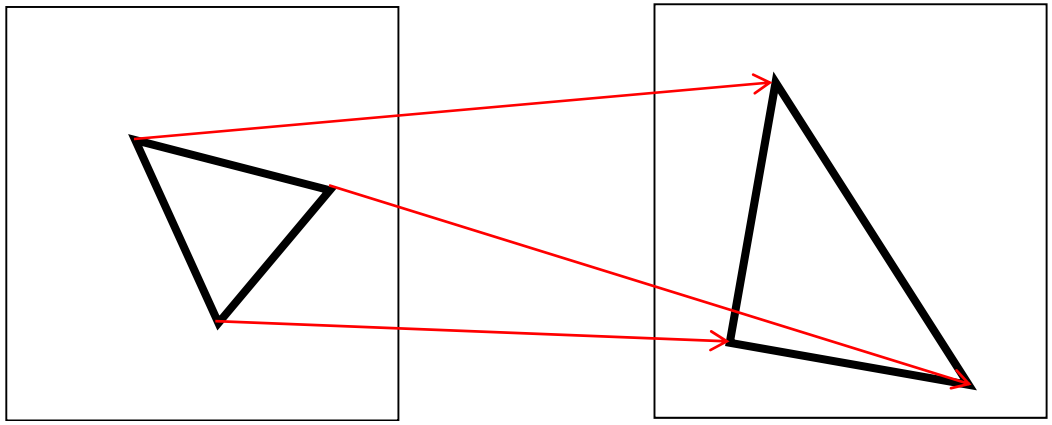
Transformasjon	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	b_2	Uttrykk
Translasjon	1	0	Δx	0	1	Δy	$x' = x+\Delta x$ $y' = y+\Delta y$
Horisontal "shear" med faktor s_1	1	s_1	0	0	1	0	$x' = x+s_1 y$ $y' = y$
Vertikal "shear" med faktor s_2	1	0	0	s2	1	0	$x' = x$ $y' = s_2 x+y$



$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ b_0 & b_1 & b_2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Alternativ måte å finne transformkoeffisientene

- En affin transform kan bestemmes ved å spesifisere tre punkter før og etter avbildningen



- Med disse tre punktparene kan vi finne de 6 koeffisientene; a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2
- Med flere enn 3 punktpar velger man den transformasjonen som minimerer (kvadrat-)feilen summert over alle punktene.

Forlengs-mapping

```
for all x',y' do g(x',y') = 0

a0 = cos θ
a1 = -sin θ
b0 = sin θ
b1 = cos θ

for all x,y do
  x' = round(a0x+a1y)
  y' = round(b0x+b1y)
  if (x',y') inside g
    g(x',y') = f(x,y)
end
```

Eksempel:
Enkel rotasjon ved transformen:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

Flytter de posisjonstransformerte pikselposisjonene
til nærmeste pikselposisjon i utbildet.

Skriver innbildets f(x,y) inn i g(x', y')

Baklengs-mapping

$a_0 = \cos(-\theta)$
$a_1 = -\sin(-\theta)$
$b_0 = \sin(-\theta)$
$b_1 = \cos(-\theta)$

```
for alle x',y' do
  x = round(a0x'+a1y')
  y = round(b0x'+b1y')
  if (x,y) inside f
    g(x',y') = f(x,y)
  else
    g(x',y')=0
end
```

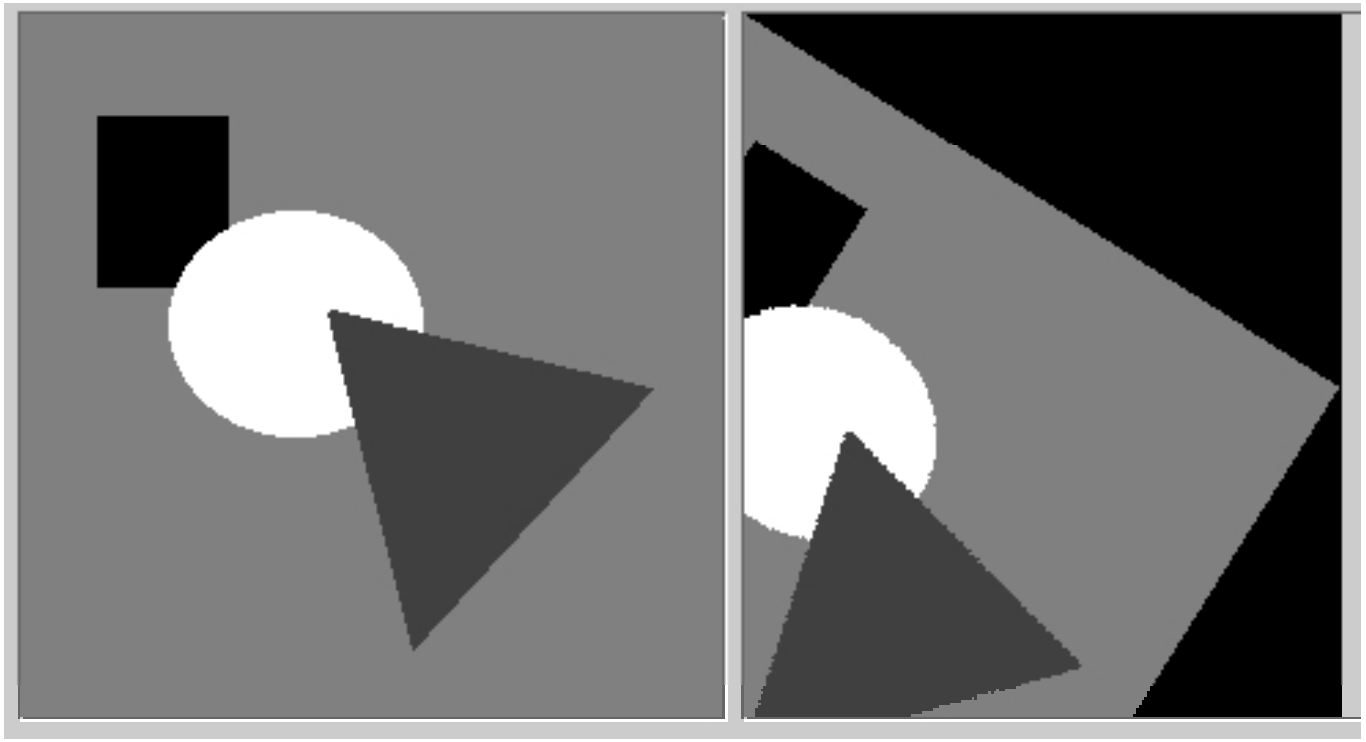
Samme eksempel som ved forlengs-mappingen.

NB: (x,y) rotert med θ ga (x′,y′)
(x′,y′) rotert med -θ gir (x,y)

Resample bildet.
Her; for hvert utbilde-piksel, invers-transformér,
og velg nærmeste piksel fra innbildet.

For hver pikselposisjon i ut-bildet:
Hent pikselverdi fra innbildet.

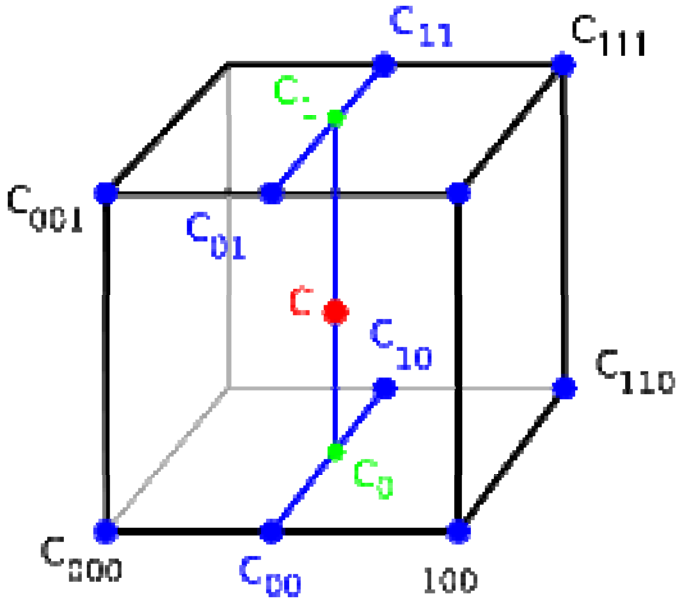
Baklengs-mapping, forts.



Trilineær interpolasjon

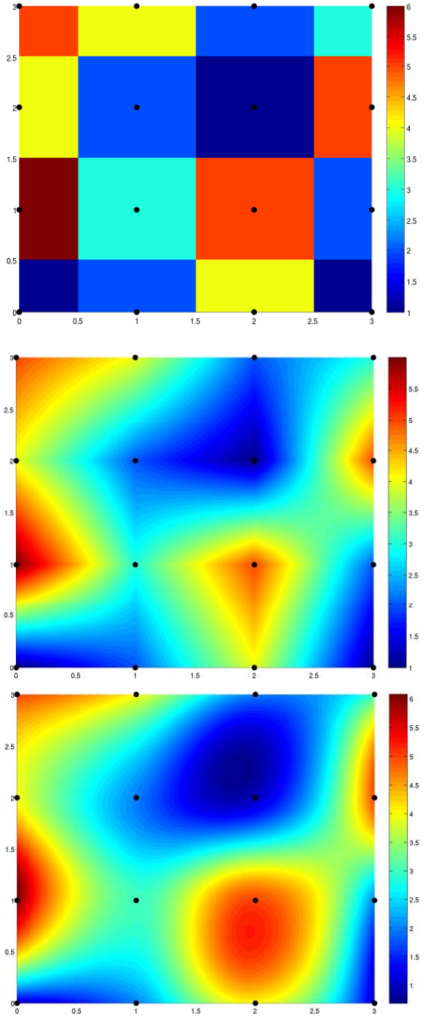
- Utvidelsen fra 2D til 3D kalles *trilineær* interpolasjon, og er en lineær interpolasjon mellom resultatene av to bilineære interpolasjoner.

- **Resultatet er uavhengig av rekkefølgen.**



Interpolasjon – en sammenligning

- Nærmeste nabo gir 2D trappefunksjon.
  - Diskontinuitet midt mellom punktene.
- Bi-lineær interpolasjon bruker 2x2=4 piksler.
  - Derivert er ikke kontinuerlig over bilde-flaten.
- Bi-kubisk interpolasjon gir glattere flater.
  - Er mer regnekrevende.
  - Bruker 4x4=16 piksler.



Normalisert histogram

- Vi har at $\sum_{i=0}^{G-1} h(i) = n \times m$
- Det normaliserte histogrammet:

$$p(i) = \frac{h(i)}{n \times m}, \qquad \sum_{i=0}^{G-1} p(i) = 1$$

- *p(i)* kan ses på som en sannsynlighetsfordeling for pikselintensitetene
  - ”Uavhengig” av antall piksler i bildet

Kumulativt histogram

- Hvor mange piksler har gråtone mindre enn eller lik gråtone j?

$$c(j) = \sum_{i=0}^{j} h(i)$$

- Normalisert kumulativt histogram:

$$\frac{c(j)}{n \times m}$$

(Sannsynligheten for at en tilfeldig valgt piksel er mindre eller lik gråtone j)

Lineær gråtonetransform

- Lineær strekking

$$T[i] = a\,i \;+\; b$$

$$g(x,y) = a\;f(x,y) \;+\; b$$

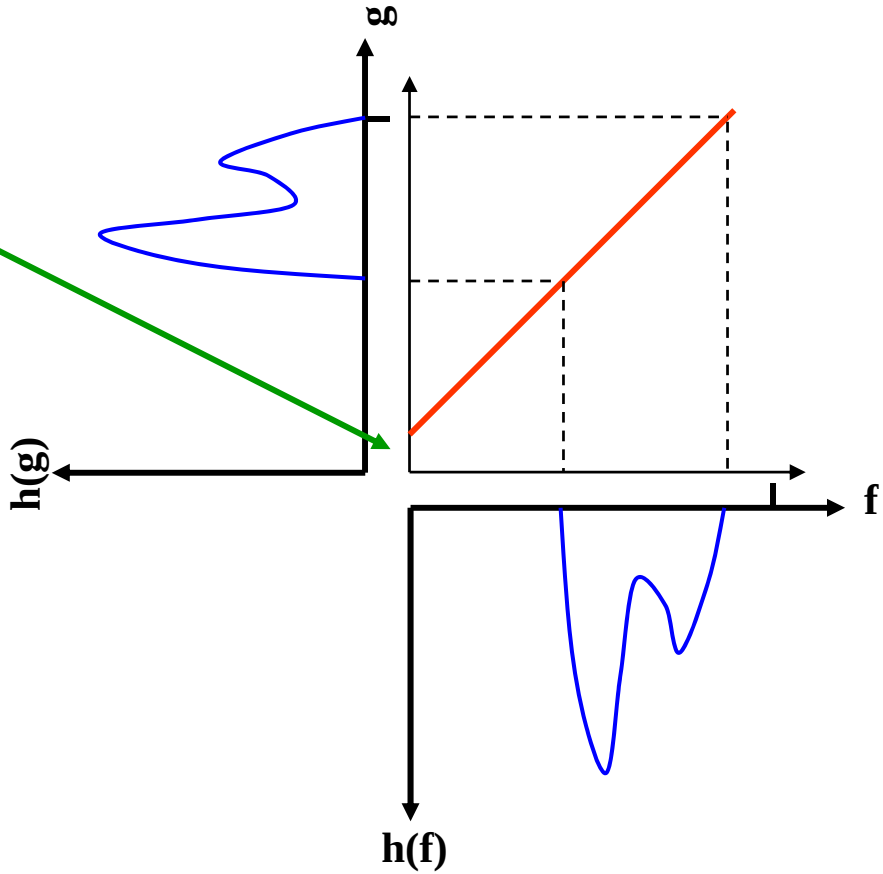
- *a* regulerer kontrasten, og *b* "lysheten"
- *a>1*: mer kontrast
- *a<1*: mindre kontrast
  - Q: Når og hvordan påvirker *a* middelverdien?
- *b*: flytter alle gråtoner *b* nivåer
- Negativer: *a=-1* , *b* =maxverdi for bildetype

Endre "lysheten" (brightness)

- Legge til en konstant ***b*** til alle pikselverdiene

$$g(x,y) = f(x,y) + b$$

  - Hvis ***b > 0*** , alle pikselverdiene øker, og bildet blir lysere
  - Hvis ***b < 0*** , bildet blir mørkere
  - Histogrammet flyttes opp eller ned med ***b***
  - ***Middelverdien endres!***



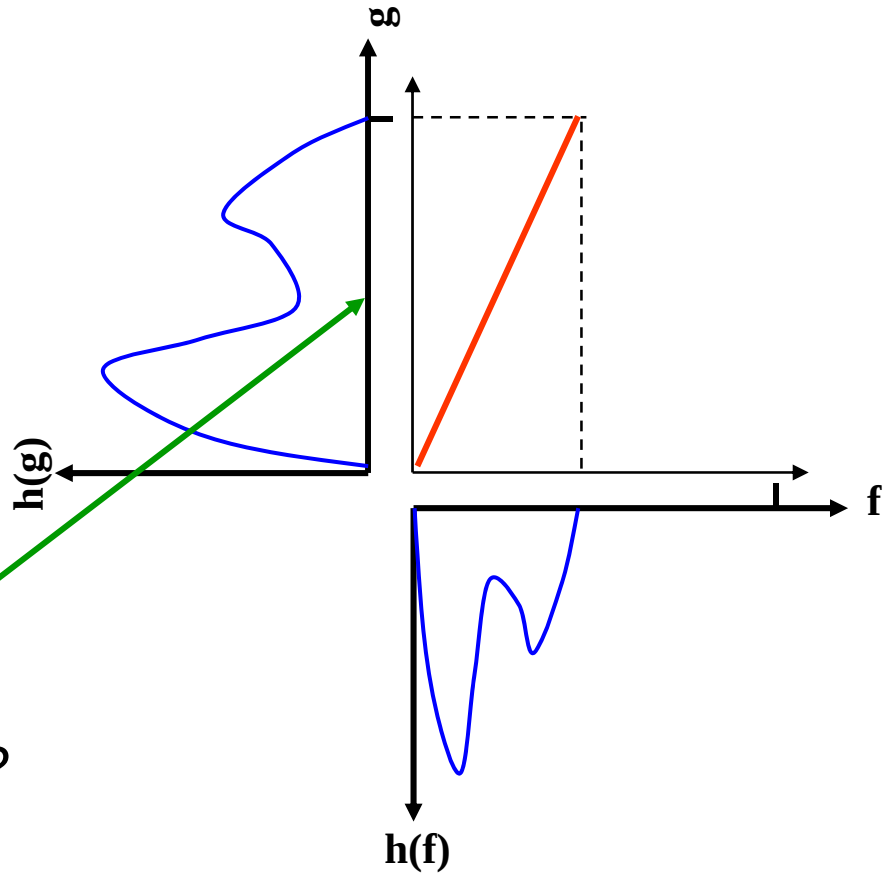
Endre kontrasten

- Multiplisere hver pikselverdi med en faktor a:

$$g(x,y) = a\ f(x,y)$$

  - Hvis ***a > 1***, kontrasten øker
  - Hvis ***a < 1***, kontrasten minker

- Eks: Bruke hele intensitetsskalaen
- **Q:** Hva skjer med middelverdien?



Justering av μ og σ^2

- Gitt inn-bilde med middelverdi μ og varians σ^2
- Anta en lineær gråtone-transform T[i]=ai+b
- Ny middelverdi μ_T og varians σ_T^2 er da gitt ved

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{G-1} T[i]\, p(i) = a\mu + b$$

$$\sigma_T^2 = \sum_{i=0}^{G-1} T[i]^2\, p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} T[i]\, p(i) \right)^2$$

$$= \sum_{i=0}^{G-1} \left(a^2 i^2 + 2aib + b^2 \right) p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} (ai + b)\, p(i) \right)^2$$

$$= a^2 \left(\sum_{i=0}^{G-1} i^2\, p(i) - \left(\sum_{i=0}^{G-1} i\, p(i) \right)^2 \right) = a^2 \sigma^2$$

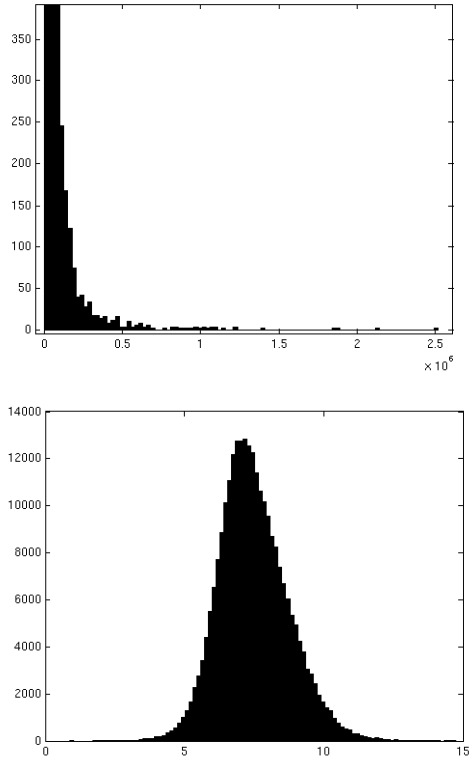
- Dvs.

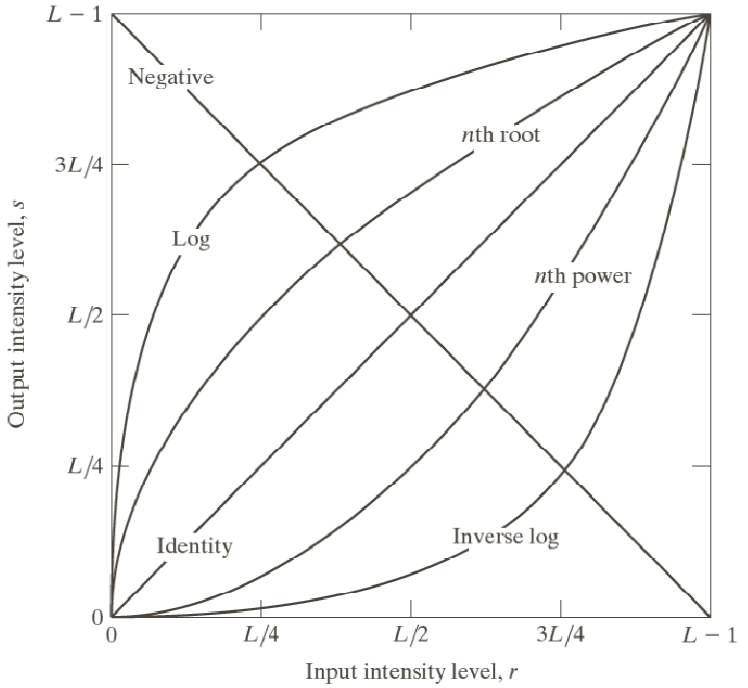
  $a=\sigma_T/\sigma$, $b= \mu_T - a\mu$

- Vi kan altså
  - velge nye μ_T og σ_T^2,
  - beregne a og b,
  - anvende T[i]=ai + b på inn-bildet
  - og få et ut-bilde med riktig μ_T og σ_T^2

Logaritmiske transformasjoner

- Q: Hvilken av transformasjonene til høyre er brukt her?





(Fig 3.3 i DIP)

Power-law (gamma)-transformasjoner

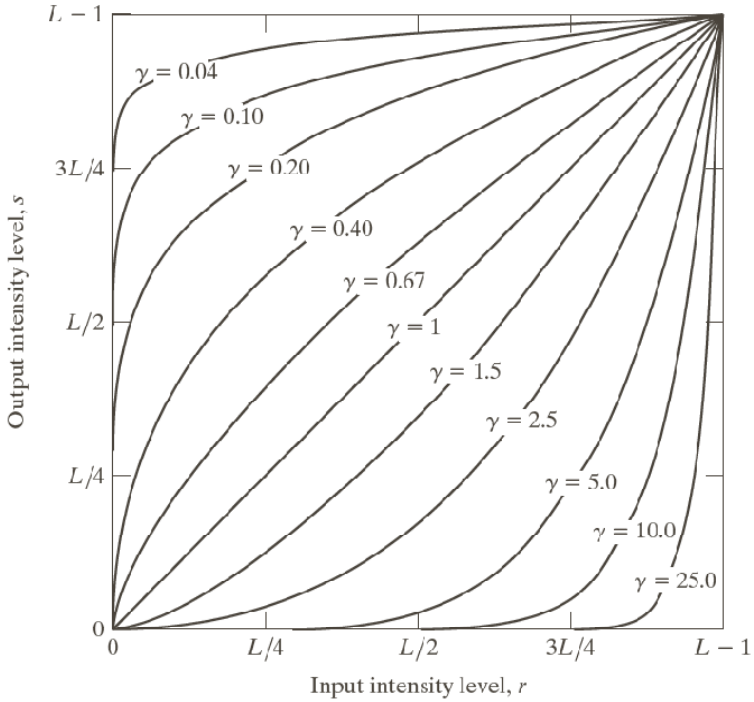
- Mange bildeproduserende apparater har et input/output-forhold som kan beskrives som:

$$s = ci^{\gamma}$$

der *s* er ut-intensiteten ved en input *i*

- Kan korrigeres ved gråtonetransformen T[i] = $i^{1/\gamma}$
- Generell kontrast-manipulasjon
  - Brukervennlig med kun én variabel

(Fig 3.6 i DIP)



Histogramutjevning (*histogram equalization*)

- Mål: Maksimere kontrasten

–Gjøre histogrammet uniformt (flatt)

↔ Kumulative histogrammet en rett linje

- Middel: Global gråtonetransform; T[i]

–Altså flytte på (hele) histogramsøyler

- Tilnærming ved å spre søylene mest mulig utover det støttede intensitetsintervallet

Algoritme for histogramutjevning

- For et n×m bilde med G gråtoner:
  - Lag array h, p, c og T av lengde G med initialverdi 0
- Finn bildets normaliserte histogram
  - Gå igjennom bildet piksel for piksel.
    Hvis piksel har intensitet i, la h[i]=h[i]+1
  - Deretter skalér, p[i] = h[i]/(n*m), i=0,1,…,G-1
- Lag det kumulative histogrammet c
  - c[0] = p[0]
  - c[i] = c[i-1]+p[i], i=1,2,....,G-1
- Sett inn verdier i transformarray T

  T[i] = Round((G-1)*c[i]), i=0,1,.....,G-1

- Gå igjennom bildet piksel for piksel,

  Hvis bildet har intensitet i, sett intensitet i utbildet til

  s=T[i]

Histogramtilpasning

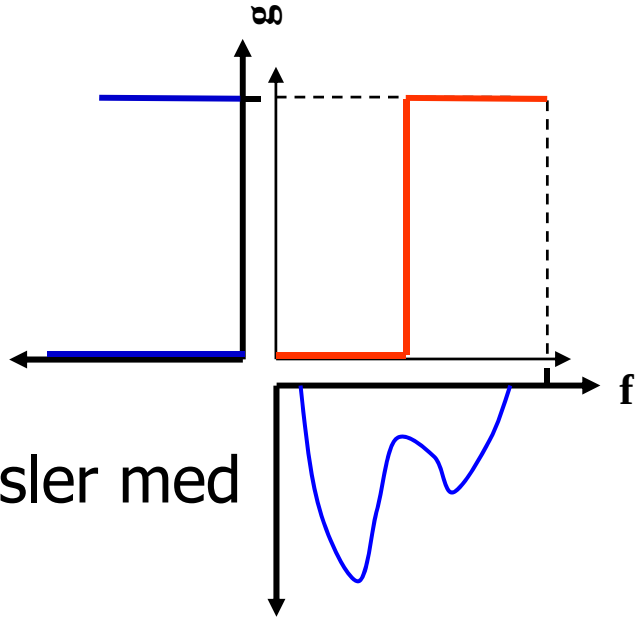
- Histogramutjevning gir flatt histogram
- Kan spesifisere annen form på resultathistogrammet:

1. Gjør histogramutjevning på innbildet, finn s=T(i)
2. Spesifiser ønsket nytt histogram g(z)
3. Finn den transformen T_g som histogramutjevner g(z) og inverstransformen T_g^{-1}
4. Inverstransformer det histogramutjevnede bildet fra punkt 1 ved $z=T_q^{-1}(s)$

Terskling

- Hvis vi har grunn til å anta at objektene f.eks. er lysere enn bakgrunnen, kan vi sette en terskel T og lage oss et binært ut-bilde g(x,y) ved mappingen:

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 \text{ hvis } & f(x,y) \le T \\ 1 \text{ hvis } & f(x,y) > T \end{cases}$$



- Da har vi fått et ut-bilde g(x,y) med bare to mulige verdier.
- Med riktig valg av T vil nå alle piksler med g(x,y)=1 være objekt-piksler.

Klassifikasjonsfeil ved terskling

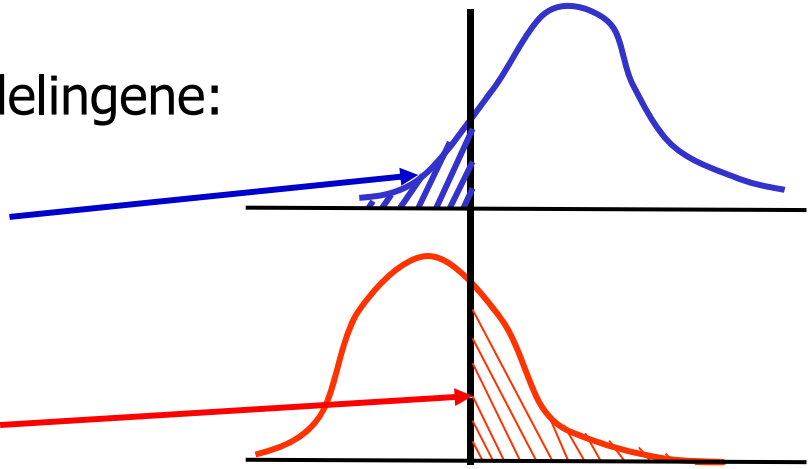
- Anta at histogrammet er en sum av to fordelinger *b(z)* og *f(z)*, *b* og *f* er ***normaliserte*** bakgrunns- og forgrunns-histogrammer.
- La *F* og *B* være ***a priori sannsynlighet*** for bakgrunn og forgrunn (*B+F=1*)
- Det normaliserte histogrammet til bildet kan da skrives

$$p(z) = B \cdot b(z) + F \cdot f(z)$$

- Sannsynlighetene for å feilklassifisere et piksel, gitt en terskelverdi t, finner vi fra de normaliserte fordelingene:

$$E_B(t) = \int_{-\infty}^{t} f(z)dz$$

$$E_F(t) = \int_{t}^{\infty} b(z)dz$$

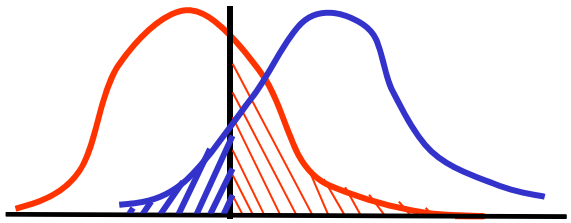


Den totale feilen

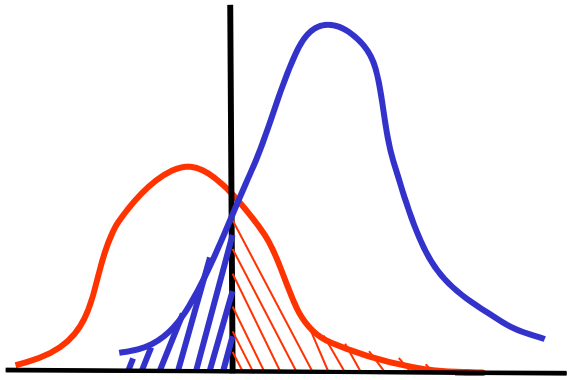
- Vi har funnet andelen feilklassifikasjon i hver fordeling.
- Den totale feilen finner vi ved å multiplisere med a priori sannsynlighetene for forgrunn og bakgrunn:

$$E(t) = F \cdot E_B(t) + B \cdot E_F(t)$$

$$= F \int_{-\infty}^{t} f(z)dz + B \int_{t}^{\infty} b(z)dz$$



- Legges terskelen veldig høyt eller veldig lavt, blir feilen stor.
- Det er rimelig å anta at feilen har et minimum for en bestemt verdi $t = T$.



Finn den T som minimerer feilen

$$E(t) = F\int_{-\infty}^{t} f(z)dz + B\int_{t}^{\infty} b(z)dz$$

- Deriverer E(t) mhp. t vha. Leibnitz regel for derivasjon av integraler.
- Setter den deriverte lik 0 og får:

VIKTIG !!!

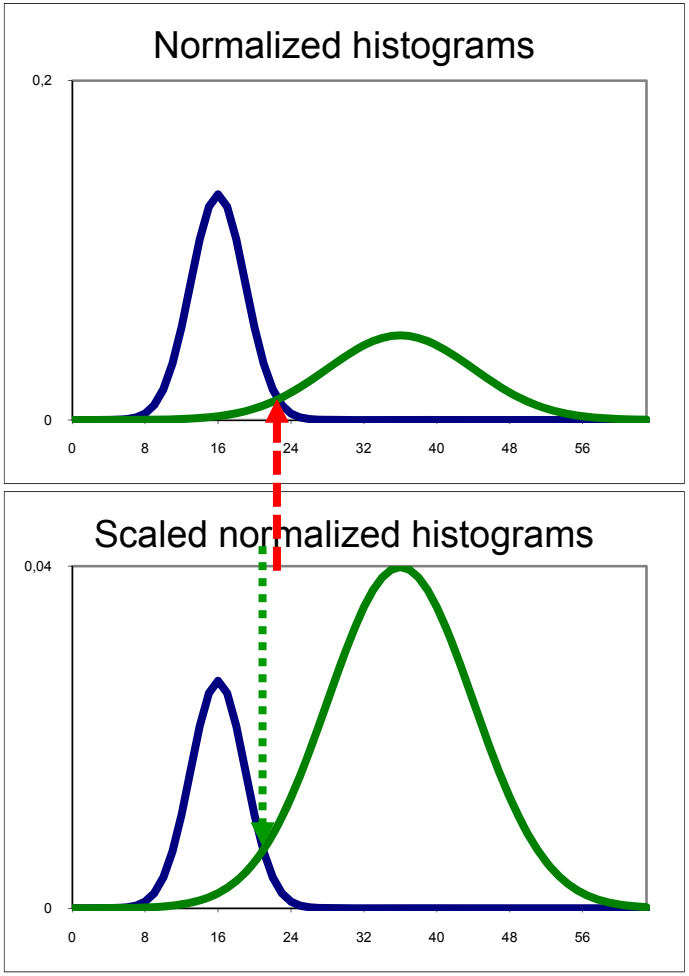
$$\frac{dE(t)}{dt} = 0 \Rightarrow \boxed{F \cdot f(T) = B \cdot b(T)}$$

- Merk at dette er en generell løsning som gir minst feil.
- Det er ingen restriksjoner mht. fordelingene *b* og *f* !!

Hvilket histogram ?

- Det er IKKE skjæringen mellom de normaliserte histogrammene vi er ute etter!

- Det er skjæringen mellom **de a priori-skalerte** normaliserte histogrammene som gir riktig terskelverdi !!!

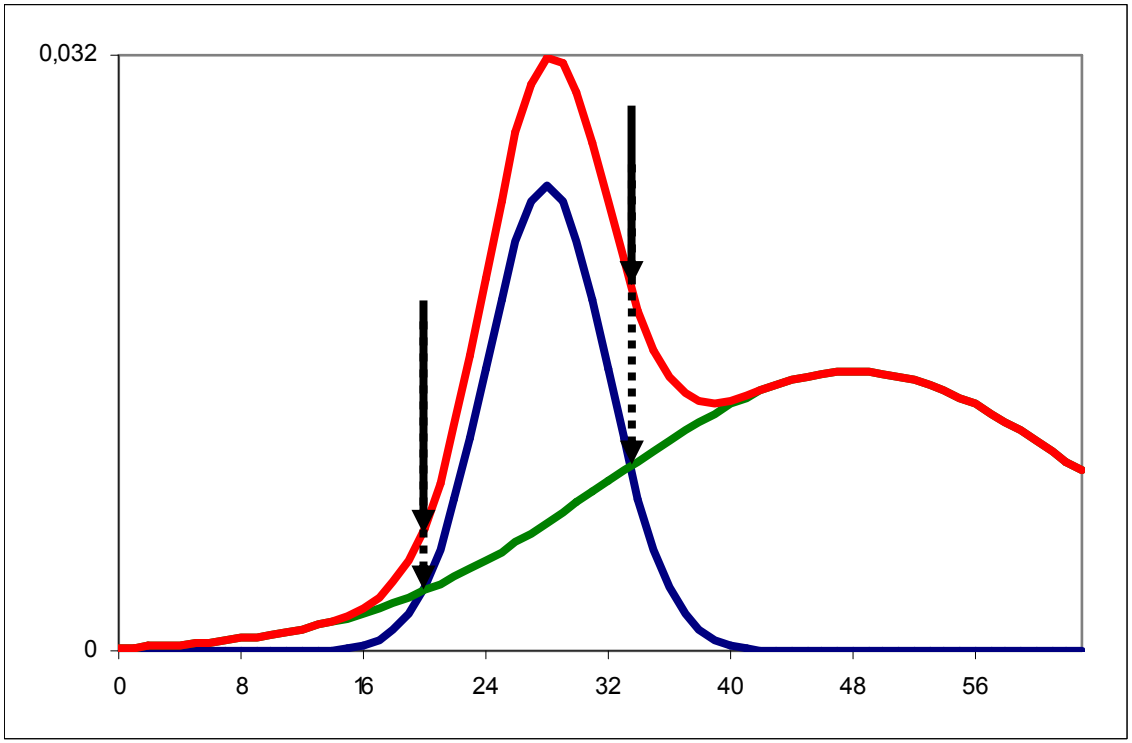


Forskjellige standardavvik ?

- Hvis standardavvikene i de to Gauss-fordelingene er forskjellige
  - og skjæringspunktene mellom fordelingene (skalert med a priori sannsynlighet) ligger innenfor gråtoneskalaen i bildet

- En terskelverdi for hvert skjæringspunkt.

- Det er bare mellom de to tersklene at flertallet av pikslene er bakgrunnspiksler!



Hvor ligger optimal terskel?

- Vi har en annengradsligning i T:

$$\left(\sigma_B^2-\sigma_F^2\right)T^2+2\left(\mu_B\sigma_F^2-\mu_F\sigma_B^2\right)T+\sigma_B^2\mu_F^2-\sigma_F^2\mu_B^2+2\sigma_B^2\mu_F^2\ln\left(\frac{B\sigma_F}{F\sigma_B}\right)=0$$

- Hvis standard-avvikene i de to fordelingene er like ($\sigma_B = \sigma_F = \sigma$) får vi en enklere ligning:

$$2(\mu_B-\mu_F)T-(\mu_B+\mu_F)(\mu_B-\mu_F)+2\sigma^2\ln\left(\frac{B}{F}\right)=0$$

$$\Updownarrow$$

$$T=\frac{(\mu_B+\mu_F)}{2}+\frac{\sigma^2}{(\mu_B-\mu_F)}\ln\left(\frac{F}{B}\right)$$

- Hvis *a priori* sannsynlighetene F og B er omtrent like (eller hvis σ=0) har vi en veldig enkel løsning:

$$T=\frac{(\mu_B+\mu_F)}{2}$$

En enkel tersklings-algoritme

- Start med terskel-verdi t=middelverdien til alle pikslene i bildet.
  - Finn middelverdien ($\mu_1(t)$) av alle piksler som er mørkere enn terskelen
  - Finn middelverdien ($\mu_2(t)$) av alle piksler som er lysere enn terskelen.
- La ny terskel-verdi være

$$t = \frac{1}{2}\left(\mu_1(t) + \mu_2(t)\right)$$

- Gjenta de to punktene ovenfor til terskelen ikke flytter seg mer.
- Dette kalles Ridler og Calvard's metode
  - Hvilke betingelser må være oppfylt for at metoden skal virke?

Otsu's metode - motivasjon

- Anta at vi har et gråtonebilde med G gråtoner, med normalisert histogram p(i).
- Anta at bildet inneholder to populasjoner av piksler, slik at pikslene innenfor hver populasjon er noenlunde like, mens populasjonene er forskjellige.
- **Målsetting:**

  Vi vil finne en terskel T slik at hver av de to klassene som oppstår ved tersklingen blir mest mulig homogen, mens de to klassene bli mest mulig forskjellige.

  – Klassene er homogene:
  variansen i hver av de to klassene er minst mulig.

  – Separasjonen mellom klassene er stor:
  avstanden mellom middelverdiene er størst mulig.

Otsu's metode; oppsummering

- Gitt et NxM pikslers bilde med G gråtoner.
- Finn bildets histogram, h(k), k= 0,1,2,..,G-1.
- Finn bildets normaliserte histogram:

$$p(k) = \frac{h(k)}{MN}, \quad k = 0,1,2,...,G-1$$

- Beregn kumulativt normalisert histogram:

$$P_1(k) = \sum_{i=0}^{k} p(i), \quad k = 0,1,2,...,G-1$$

- Beregn kumulativ middelverdi, μ(k):

$$\mu(k) \equiv \sum_{i=0}^{k} ip(i), \quad k = 0,1,2,...,G-1$$

- Beregn global middelverdi, μ:

$$\mu \equiv \sum_{i=0}^{G-1} ip(i)$$

- Beregn variansen mellom klassene, $\sigma_B^2(k)$:

$$\sigma_B^2(k) = \frac{\left[\mu(k) - \mu P_1(k)\right]^2}{P_1(k)(1-P_1(k))}$$

- Finn terskelen, T, der $\sigma_B^2(k)$ har sitt maksimum.
- Beregn separabilitetsmålet, η(T):

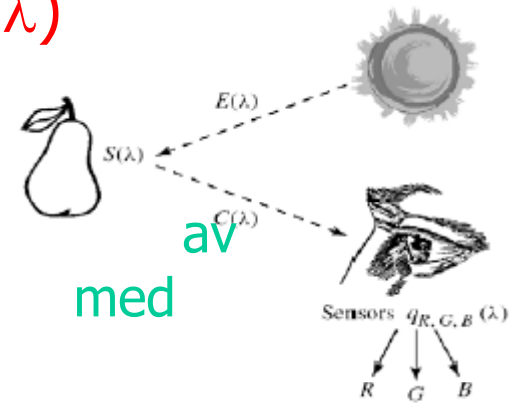
$$\eta(T) = \frac{\sigma_B^2(T)}{\sigma_{Tot}^2}, \quad 0 \le \eta(T) \le 1$$

Adaptiv terskling ved interpolasjon

- Globale terskler gir ofte dårlig resultat.
- Globale metoder kan benyttes lokalt.
- Dette virker ikke der vinduet bare inneholder en klasse !
- Oppskrift:
  - **NIVÅ I:** Del opp bildet i del-bilder.
    - For del-bilder med bi-modalt histogram:
      - Finn lokal terskelverdi $T_c(i,j)$
        og tilordne den til senterpikselet (i,j) i del-bildet.
    - For del-bilder med uni-modalt histogram:
      - Finn lokal terskelverdi ved interpolasjon.
  - **NIVÅ II:** Piksel-for-piksel interpolasjon:
    - Gå gjennom alle piksel-posisjoner
      - bestem adaptiv terskelverdi T(x,y)
        ved interpolasjon mellom de lokale terskelverdiene $T_c(i,j)$.
    - Terskle så hvert piksel (x,y) i bildet i terskelverdiene T(x,y).

Tre integraler gir RGB

- Lys fra en kilde med spektralfordeling E(λ)
  - treffer et objekt med spektral refleksjonsfunksjon S(λ).
  - Reflektert lys detekteres av tre typer tapper med spektral lysfølsomhetsfunksjon $q_i(\lambda)$.



- Tre analoge signaler kommer ut av dette:

$$R = \int E(\lambda)\, S(\lambda)\, q_R(\lambda)\, d\lambda$$

$$G = \int E(\lambda)\, S(\lambda)\, q_G(\lambda)\, d\lambda$$

$$B = \int E(\lambda)\, S(\lambda)\, q_B(\lambda)\, d\lambda$$

RGB primærfarger

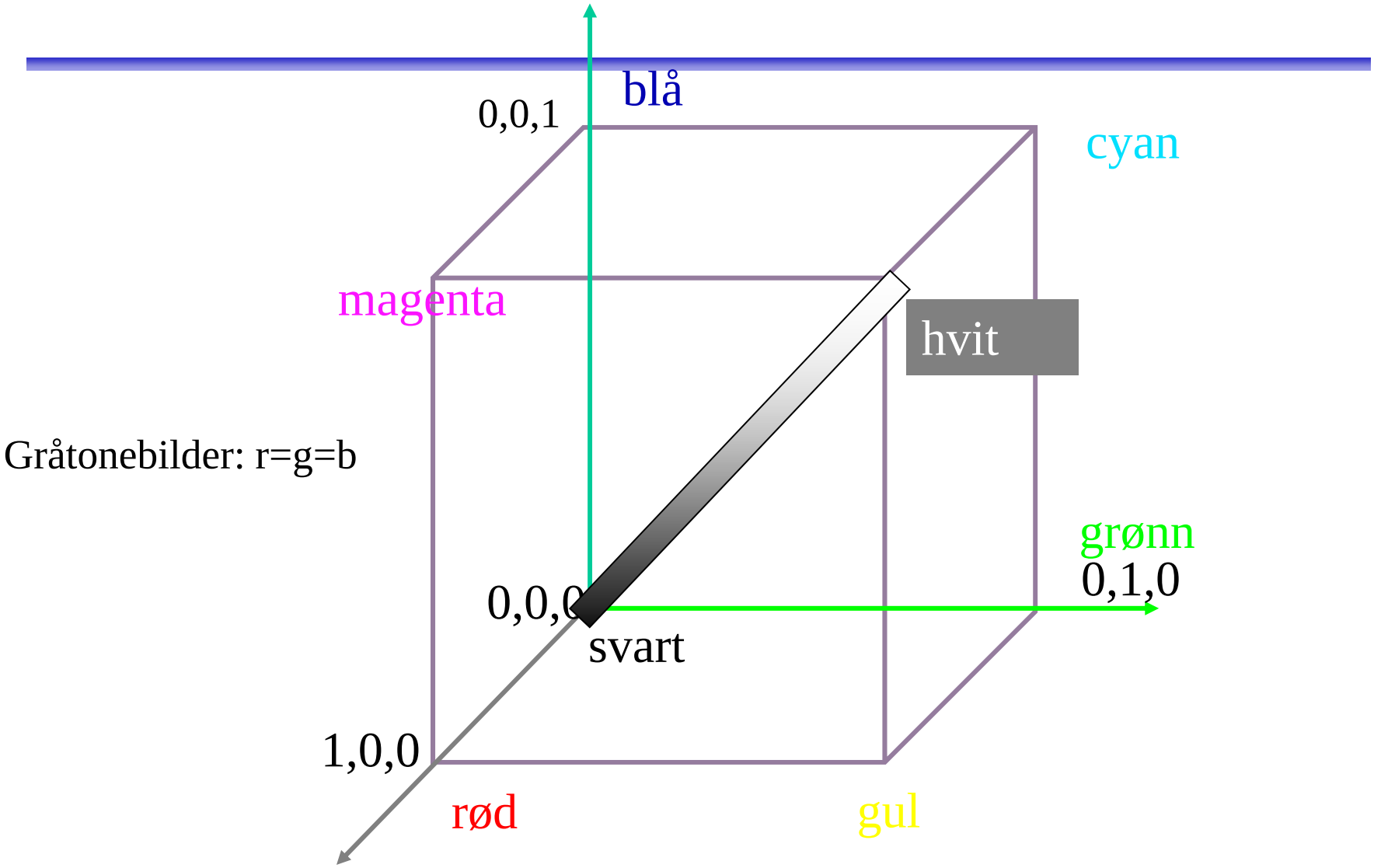
- Commision Internationale de l'Eclairage, (CIE)
  (The International Commision of Illumination)

  har definert primærfargene:
  - Blå: 435.8 nm
  - Grønn: 546.1 nm
  - Rød: 700 nm

Beskrivelse av farger

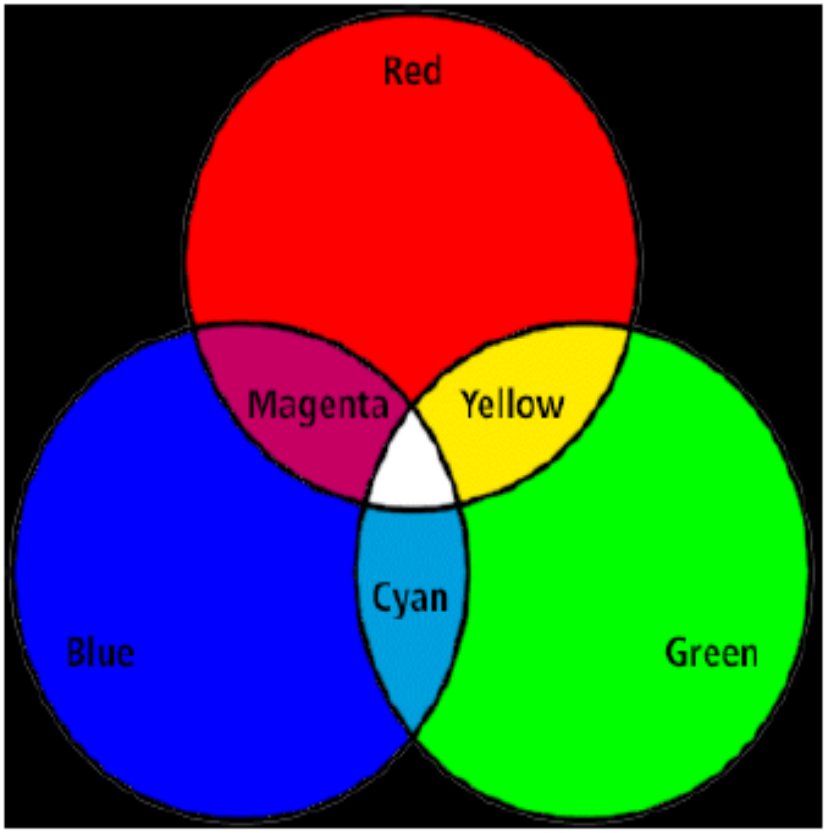
- En farge kan beskrives på forskjellige måter (kalles fargerom)
  - RGB
  - HSI (Hue, Saturation, Intensity)
  - CMY (Cyan, Magenta, Yellow)
  - pluss mange flere …..
- HSI er viktig for hvordan vi beskriver og skiller farger.
  - I – Intensitet: hvor lys eller mørk er den
  - S – saturation/metning: hvor ”sterk” er fargen
  - H – dominerende farge (bølgelengde)
  - H og S beskriver sammen fargen og kalles kromatisitet

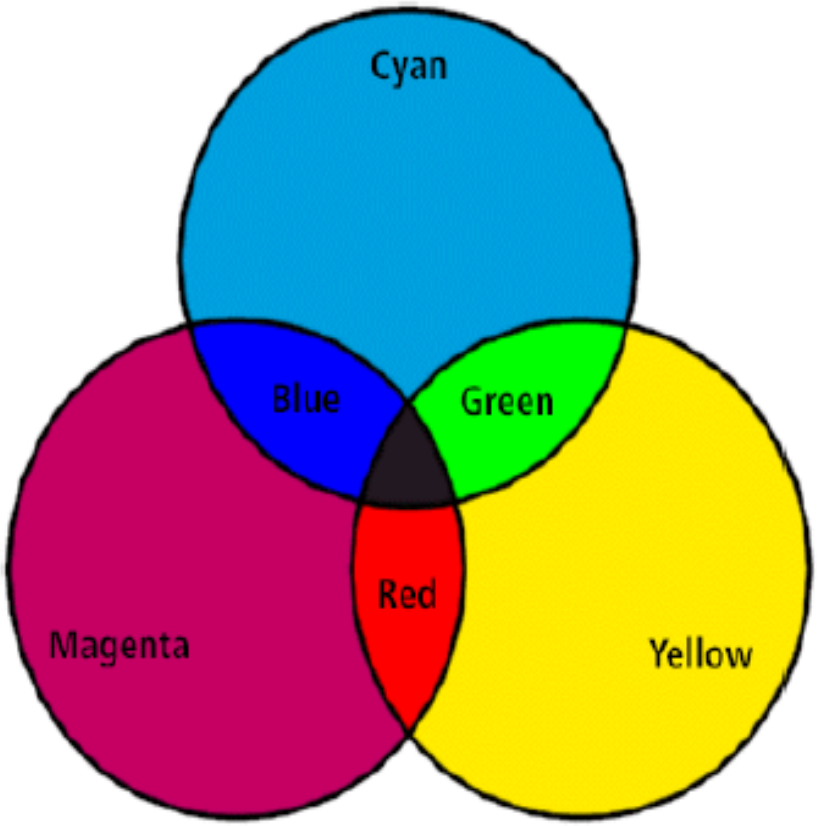
RGB-kuben


blå
0,0,1
cyan
magenta
hvit
Gråtonebilder: r=g=b
grønn
0,1,0
0,0,0
svart
1,0,0
rød
gul

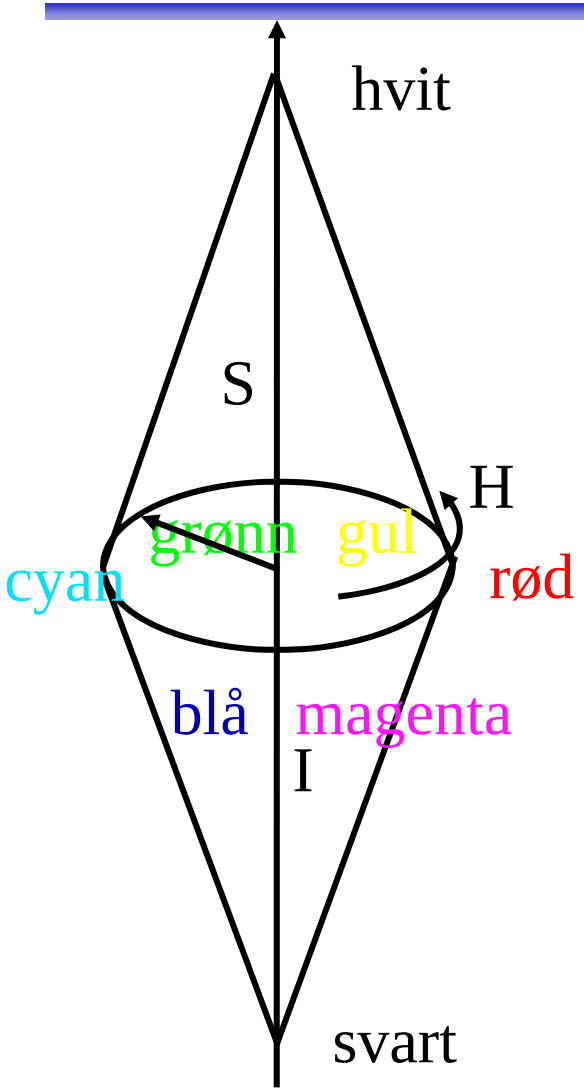
RGB og CMY

- RGB og CMY er i prinsippet sekundærfarger





Hue, Saturation, Intensity (HSI)



- Hue: ren farge - gir bølgelengden i det elektromagnetiske spektrum.

- H er vinkel og ligger mellom 0 og 2π:
  Rød: H=0, grønn: H= 2π/3, blå= 4π/3,
  gul: H=π/3, cyan= π, magenta= 5π/3

- Hvis vi skalerer H-verdiene til 8-bits verdier vil
  Rød: H=0, grønn: H= 85, blå= 170,
  gul: H=42, cyan= 127, magenta= 213.

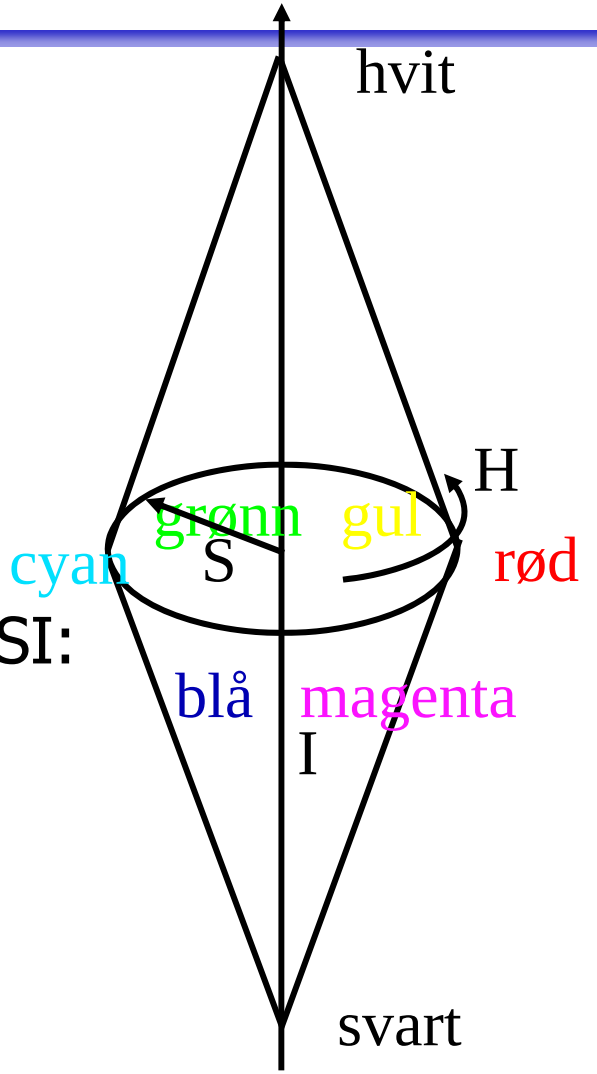
Fargebilder og fargetabeller

- RGB kan lagres med like mange biter for r, g, b, f.eks (8 + 8 + 8)
- Selv 3 + 3 + 3 = 9 biter gir oss 8 · 8 · 8 = 512 kombinasjoner,
  men bare 8 forskjellige nivåer av rødt, grønt og blått,
  og dermed også bare 8 forskjellige gråtoner.
- Et scene med mange nyanser av én farge vil da se ille ut !
  Hvorfor? Jo fordi denne fargen bare får 8 forskjellige nyanser !
- Det er ikke sikkert at alle de 512 fargene finnes i bildet.
- Alternativt kan man bruke 8 biter og fargetabeller.
- Hver rad i tabellen beskriver en r, g, b-farge med 24 biter.
- Tabellen inneholder de 256 fargene som best beskriver bildet.
- I bilde-filen ligger pikselverdiene som tall mellom 0 og 255.
- Når vi skal vise bildet, slår vi bare opp i samme rad som pikselverdien,
  og finner de tilsvarende r, g, b-verdiene.

Histogramutjevning av RGB-bilder

- Histogramutjevning på hver komponent (R,G,B) uavhengig av hverandre
  - Ofte dårlig resultat

- Et bedre alternativ er å benytte HSI:
- Transformér bildet fra RGB til HSI
- Gjør histogramutjevning på I-komponenten
- Transformer HSI_{nv} tilbake til RGB



Terskling av fargebilder - I

- Anta at vi har observert samme scene på flere bølgelengder.
- Vi kan da utføre terskling basert på
  - to-dimensjonale
  - tre-dimensjonale
  - eller multi-dimensjonale histogrammer
- Enkel metode:

  1: Bestem terskler uavhengig for hver kanal.

  2: Kombiner alle segmenterte kanaler til ett bilde.
- Dette svarer til at vi har delt opp f.eks. RGB-rommet i bokser.

Terskling av fargebilder - II

- En mer kompleks metode:
- Velg et punkt i det multidimensjonale rommet som referanse, f.eks. (R_0,G_0,B_0)
- Terskle basert på avstand fra dette referansepunktet.

$$d(x,y) = \sqrt{[f_R(x,y) - R_0]^2 + [f_G(x,y) - G_0]^2 + [f_B(x,y) - B_0]^2}$$

- Slik at

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 \text{ hvis } d(x,y) \le d_{\max} \\ 0 \text{ hvis } d(x,y) > d_{\max} \end{cases}$$

- Dette definerer en kule med radius d_{max} omkring punktet (R_0,G_0,B_0) .
- Kan lett generaliseres til ellipsoide med forskjellige avstands-terskler i R,G,B

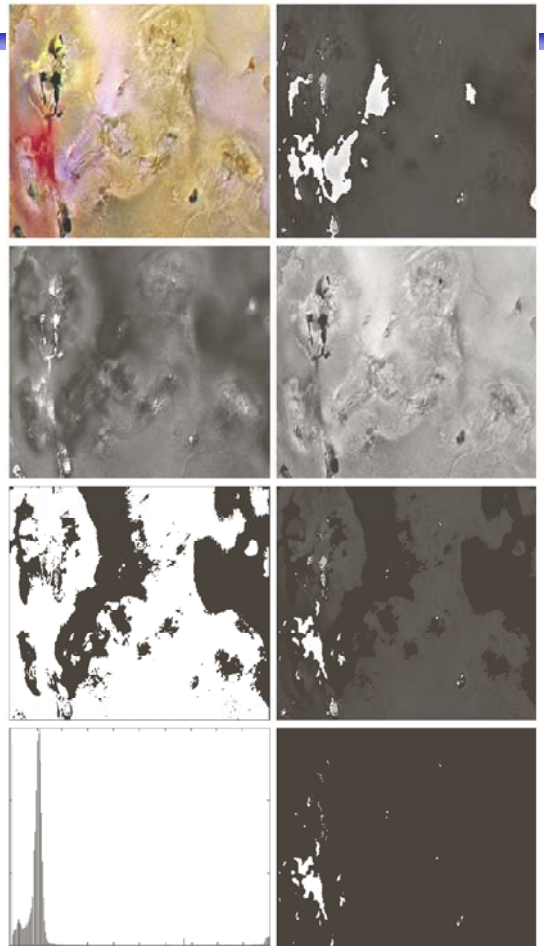
$$d(x,y) = \sqrt{\frac{[f_R(x,y) - R_0]^2}{d_R^2} + \frac{[f_G(x,y) - G_0]^2}{d_G^2} + \frac{[f_B(x,y) - B_0]^2}{d_B^2}}$$

- Merk at da er

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 \text{ hvis } d(x,y) \le 1 \\ 0 \text{ hvis } d(x,y) > 1 \end{cases}$$

Terskling i HSI

- Transformer fra RGB til HSI.
- Anta at vi vil segmentere ut de delene av bildet som
  - Har en gitt farge (H)
  - Er over en gitt metnings-terskel (S)
- Lag en maske ved å terskle S-bildet (velg en percentil)
- Multipliser H-bildet med masken.
- Velg et intervall i H som svarer til ønsket farge.
- Husk at H er sirkulær!



a b
c d
e f
g h

FIGURE 6.42 Image segmentation in HSI space. (a) Original. (b) Hue. (c) Saturation. (d) Intensity. (e) Binary saturation mask (black = 0). (f) Product of (b) and (e). (g) Histogram of (f). (h) Segmentation of red components in (a).

- Kontakt oss
  - Hvis du lurer på noe i INF2310-pensum (e-post)
  - Hvis du tenker på flere kurs i digital bildeanalyse
  - Hvis du tenker på å ta en Master-oppgave

Takk, og lykke til med eksamen !!!