

## 12. Bildbearbeitung

- Bildverbesserung
- Compositing, Masken, Layer-Techniken
- Painting

### *Bildverbesserung*

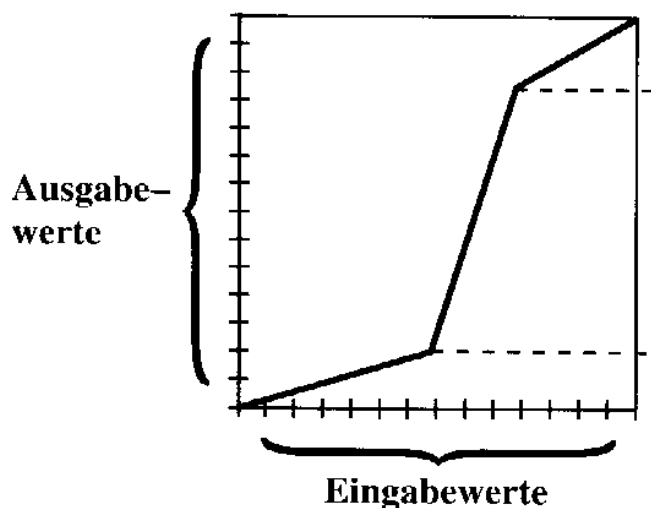
Einfachste Methode:

Steuerung der Intensitätswiedergabe durch Anwendung von Funktionen

- auf alle 3 Grundfarben-Intensitäten in gleicher Weise (Grauwertmanipulation)
- für die Grundfarben einzeln:

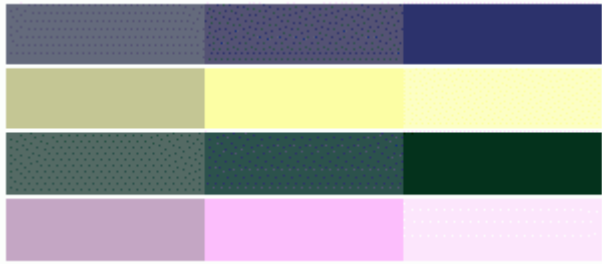
$$(R, G, B) \rightarrow (f_r(R), f_g(G), f_b(B))$$

Beispiel: Kontrastverstärkung



(für alle Farben gleich)

Wirkung: in der mittleren Intensitätszone werden helle Farben noch heller, dunkle noch dunkler



Kontrast schwach → Kontrast stark

Anwendungsbeispiel:



Mitte: Originalbild, links Kontrastabschwächung (Grauschleier!), rechts Kontrastverstärkung (Schlagschatten!)

Wie wird die Bildverbesserungsfunktion festgelegt?

- Einstellen einzelner Parameter (z.B. Geradensteigung) – numerisch; Slider
- *Histogramm-Manipulation*

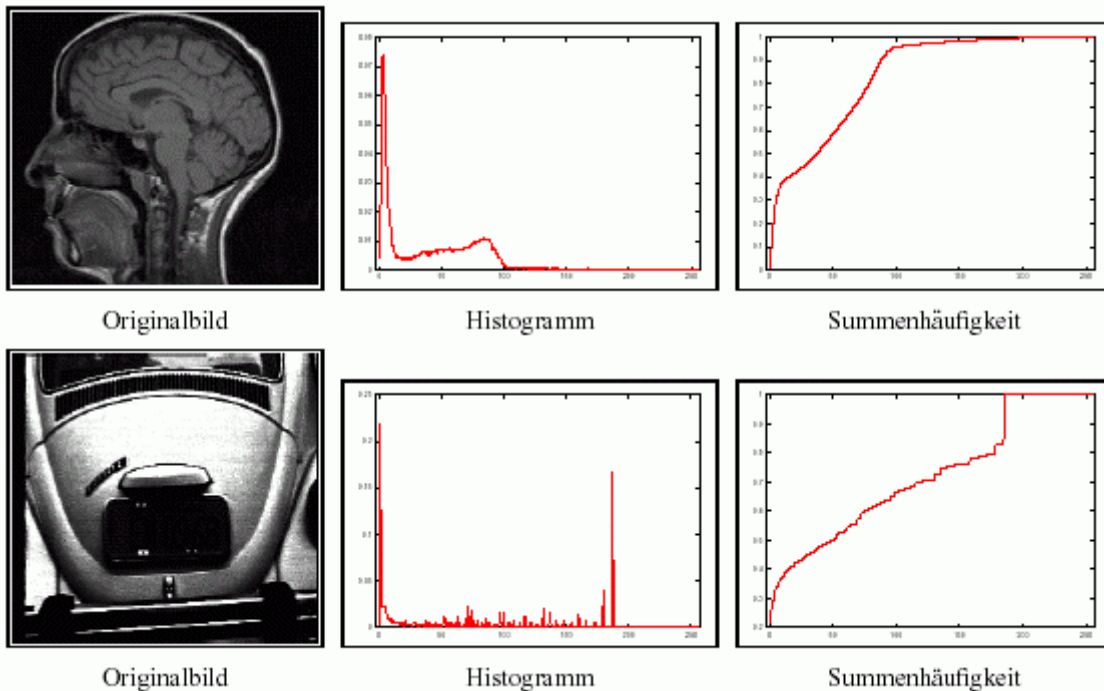
Das Histogramm stellt die Häufigkeitsverteilung der Intensitätswerte im Bild dar (Grundgesamtheit: Menge der Pixel – anderes Histogramm bei anderer Auflösung!)

wieder:

- 1 Histogramm für die Gesamt-Intensität (entspr. Graustufen)
- 3 Histogramme für die Grundfarben

Statt des Histogramms wird auch gerne die *relative Summenhäufigkeit* (kumulative Verteilungsfunktion) benutzt – Vorteil: größere Unabhängigkeit von der gewählten Intervall-Einteilung auf der x-Achse (Intensitätswerte)

Beispiel (aus Kolb 2001):



*einfache Histogramm-Operationen:*

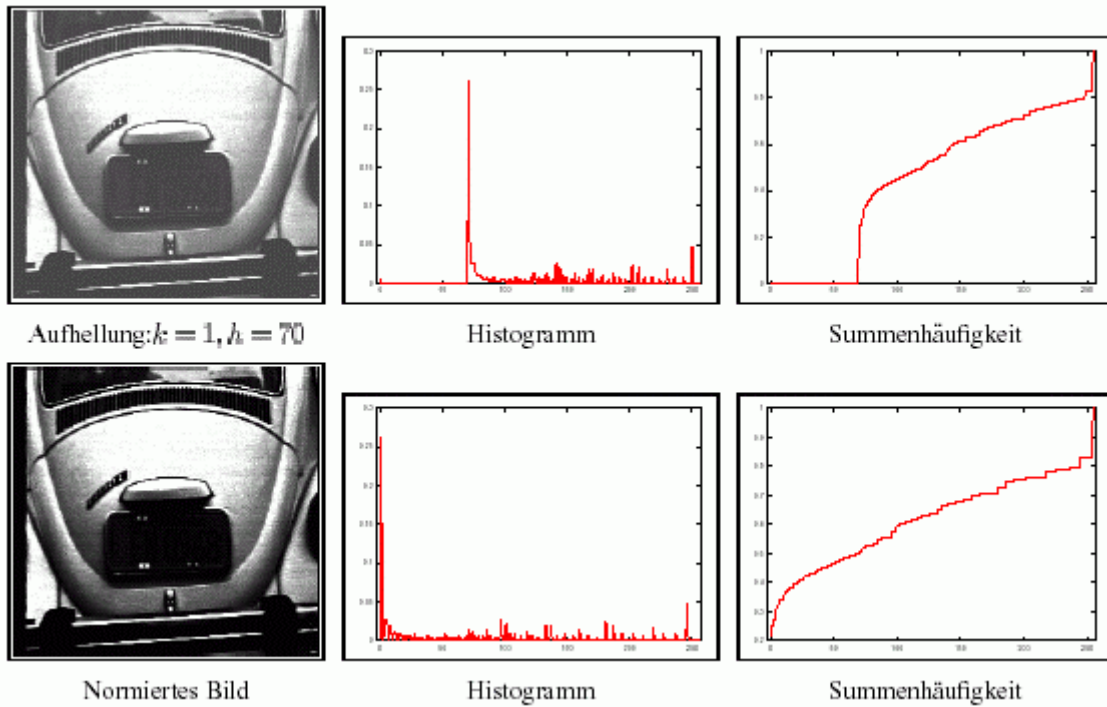
lineare Histogramm-Anpassungen

$$f(i) = ai+b$$

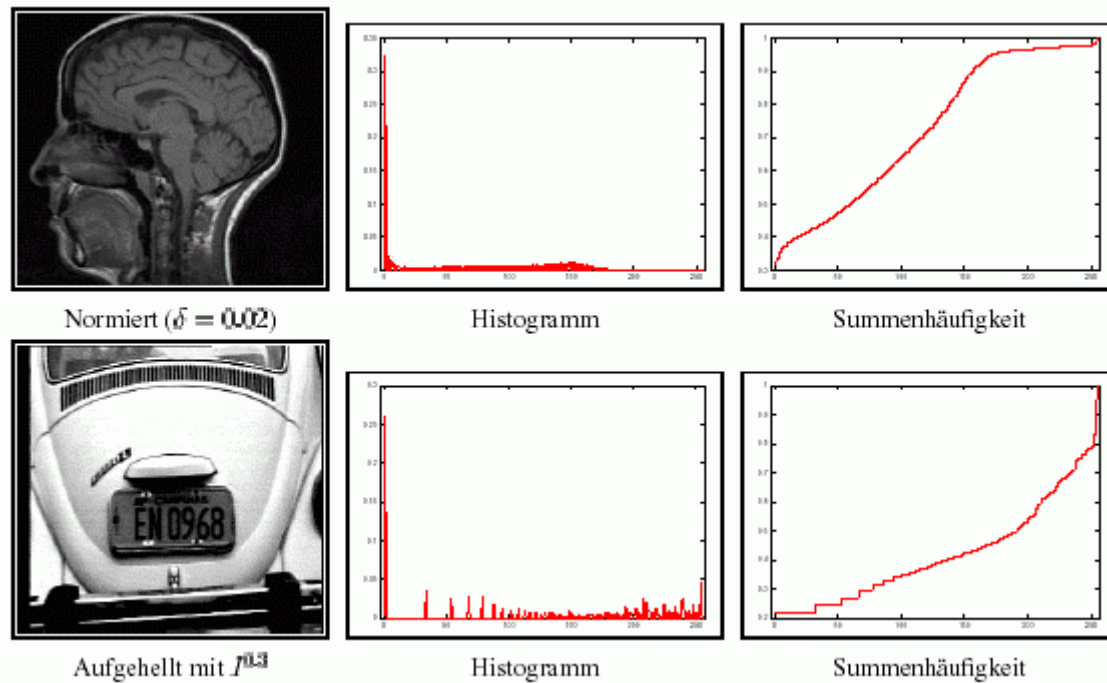
dazu gehören:

- Verschiebung aller Grauwerte um festen Betrag (Aufhellen, Dunkeln)
- Normierung auf festgelegtes Grauwerte-Intervall

Beispiel:

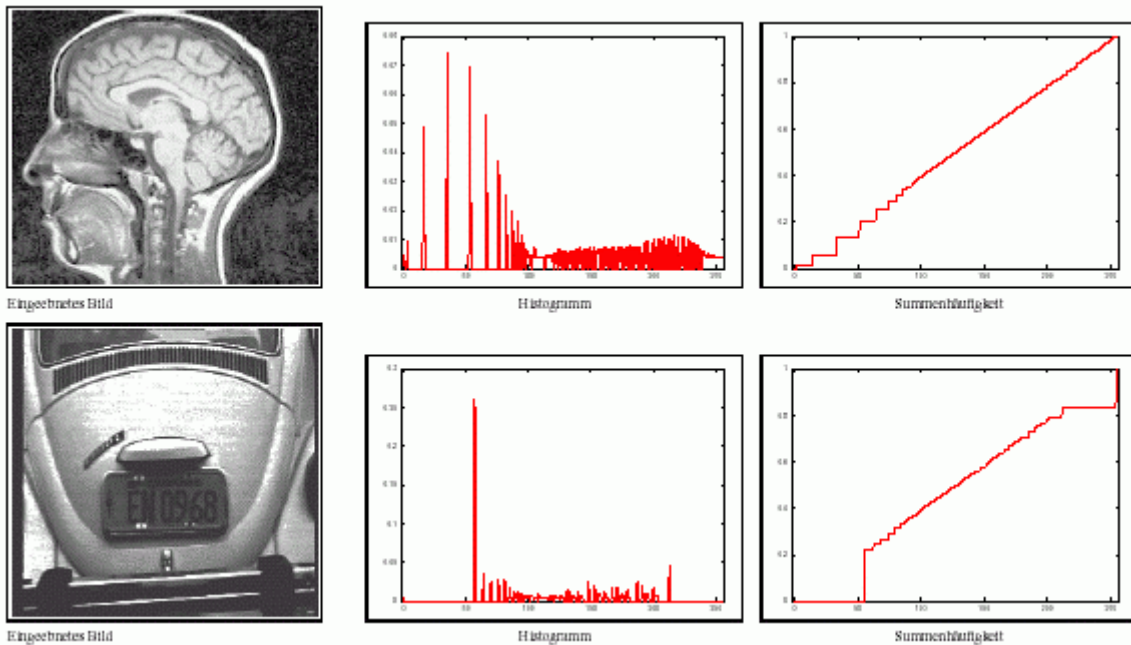


stückweise lineare und nichtlineare Funktionen:

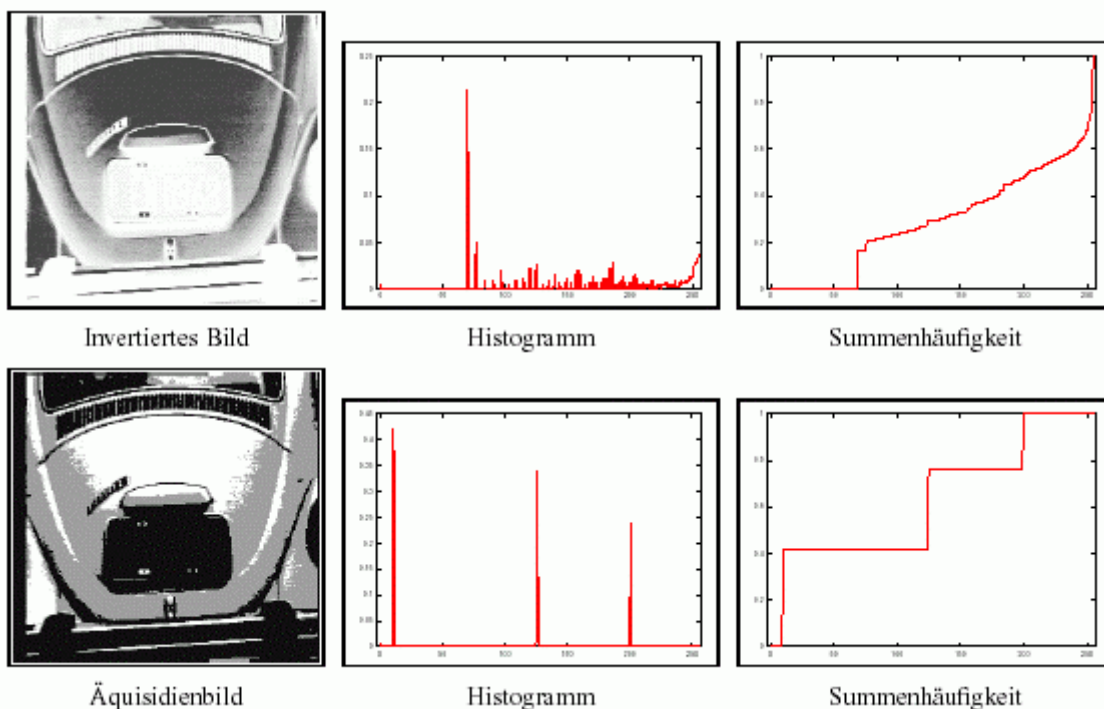


## Histogramm-Einebnung:

Intensitätswerte des transformierten Bildes sollen möglichst gleichmäßig über den gesamten Grauwertbereich verteilt werden (gleichwertig: Linearisierung der Summenhäufigkeiten)



Invertierung ( $f(i) = i_{max} - i$ ) und Äquisidienbild  
(Zusammenfassung zu wenigen diskreten Graustufen):



## *Filter*

jede Funktion, die das Bild verändert, wird als Filter bezeichnet

nicht nur Änderung der Intensitätswerte  $i$  einzelner Pixel in Abhängigkeit von der Intensität an genau dieser Stelle

- lokale Filter (Abhängigkeit der Veränderung nur von einer Umgebung des betrachteten Pixels)
- globale Filter

Beispiele:



Originalbild und Verzerrungs-Filter (globaler Filter)

## Effekt-Filter: Kohlezeichnungs-Effekt, Spot-Effekt



lokale Filter:

Glättungsfilter, z.B. gleitender Mittelwert aus dem betrachteten Pixel und je 8 Nachbarpixeln ("*Blur*")

= ortsinvariante Filterung mit einer *Filtermaske*  $g$

(nicht verwechseln mit einer Bildbearbeitungsmaske beim Compositing, siehe später):

$$g(m, n) = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

gemäß der allgemeinen Gleichung zur *digitalen Filterung*

$$h(k, l) = f(k, l) * g(k, l) = \sum_{m=-M}^M \sum_{n=-N}^N g(m, n) f(k - m, l - n)$$

(diskrete *Faltung* der zweidim. Intensitätsfunktion  $f$  mit  $g$ )

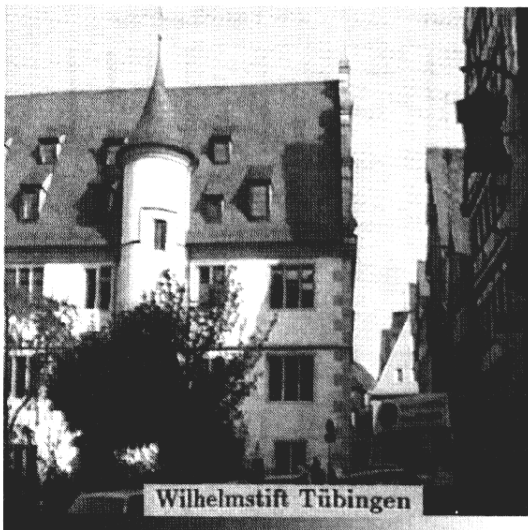
Wirkung des gleitenden Mittelwert-Filters:

- Rauschunterdrückung (einzelne, falsch gesetzte Pixel)
- weichere Kanten
- aber auch: Erhöhung von Unschärfe
- Verlust kleiner Details

vorteilhafter ist in vielen Fällen der *Median-Filter*:

Verwendung des Medians der Intensitätswerte aus einer quadratischen Umgebung (meist im Bereich  $3 \times 3$  bis  $7 \times 7$ )

Rauschunterdrückung:



a) Original



b) Original mit Impulsrauschen



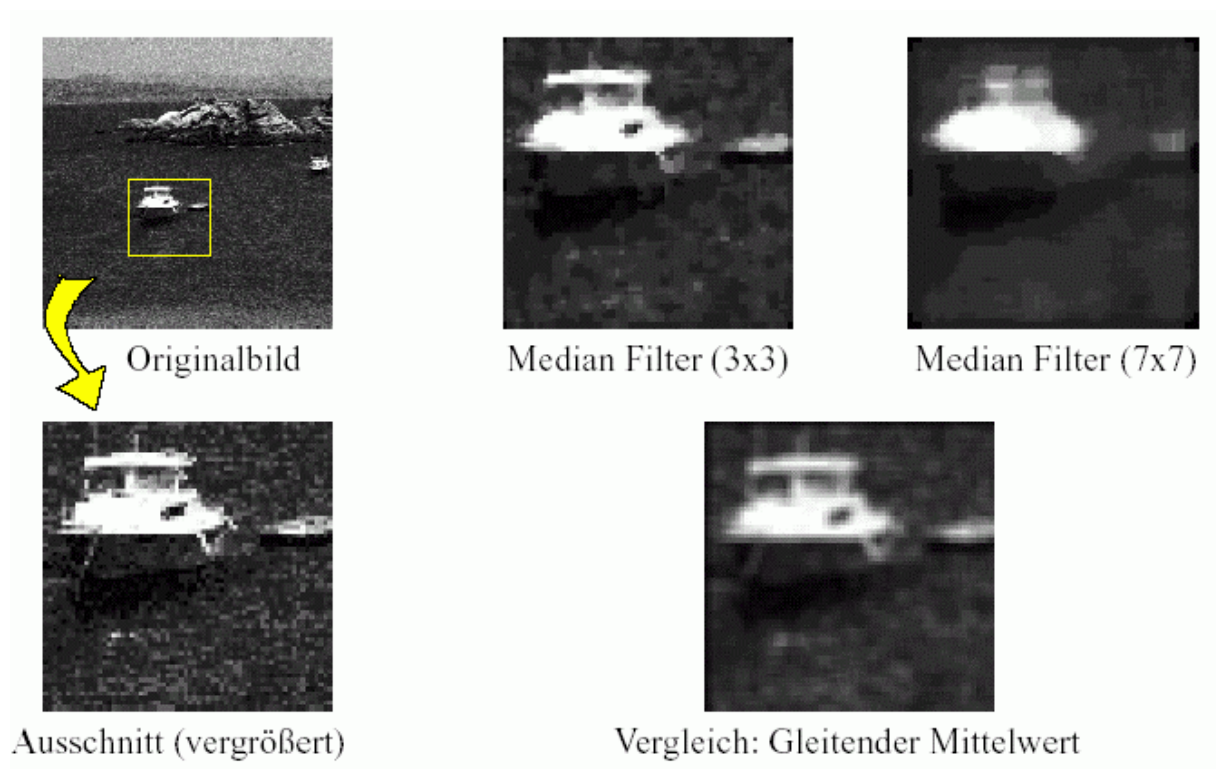
c) geglättet mit 5x5 Mittelwert



d) geglättet mit 5x5 Median

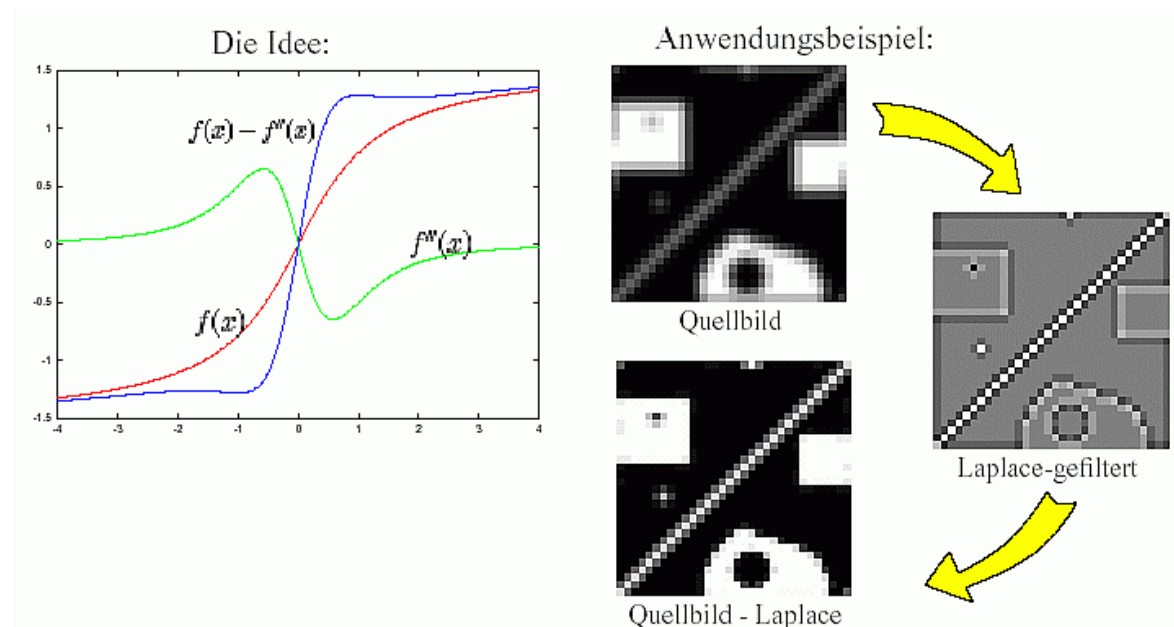


## Bildverbesserung bei Ausschnittsvergrößerung:

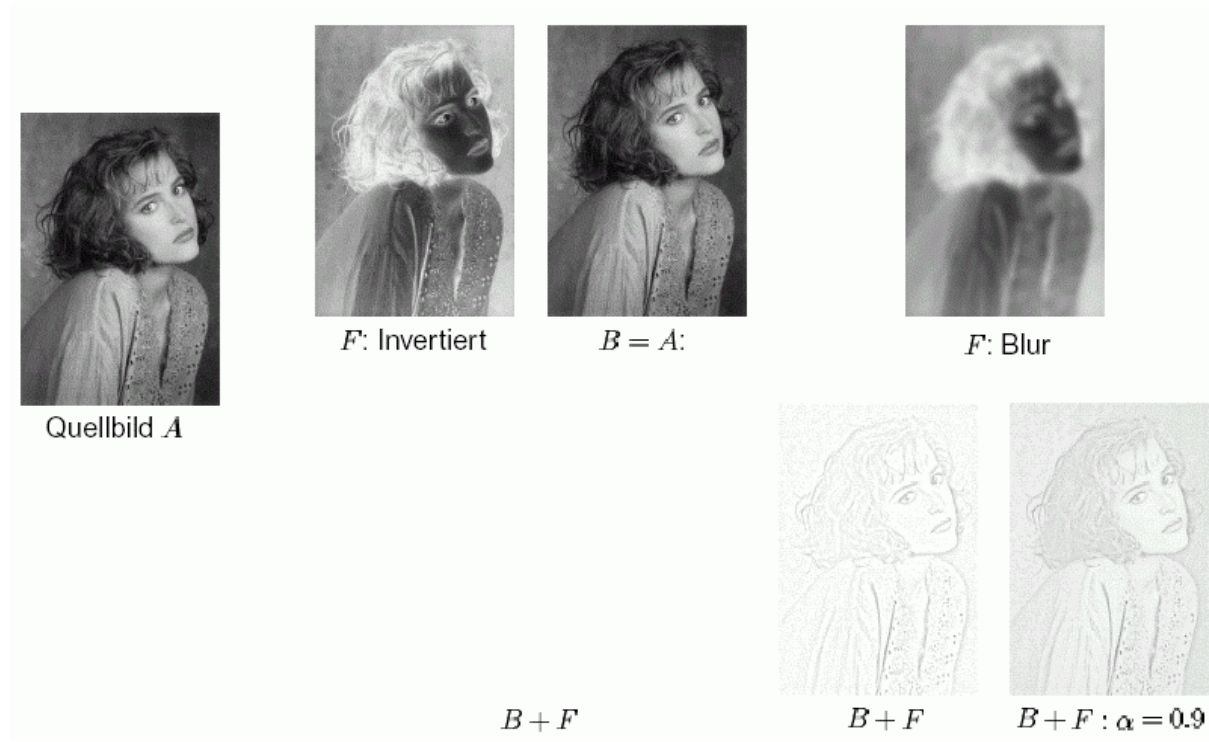


andere Filter dienen dem Hervorheben von Details oder der Konturierung.

Beispiel: Kantenverstärkung unter Rückgriff auf die 2. Ableitungen der Intensitätsfunktion (Laplace-Filter):



Spezialeffekte durch Kombination verschiedener Filter-Operationen, z.B. Extrahieren einer "Bleistiftzeichnung" aus einem Foto:



Wichtige Filtertechniken machen Gebrauch *vom Fourier-Spektrum* des Bildes (Transformation in den Frequenzraum; vgl. Kap. 4: JPEG-Kompression; mehr dazu später in der Vorlesung "Bildanalyse").

Beispiel:

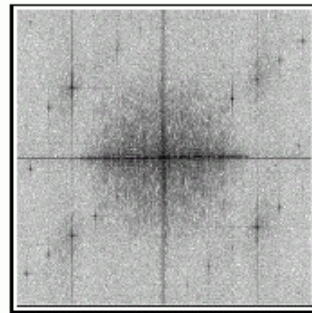
Beseitigung von Rauschen

gleichmäßige Störimpulse (Rauschen) erscheinen manchmal im Frequenzraum als Flecken an eng begrenzten Punkten

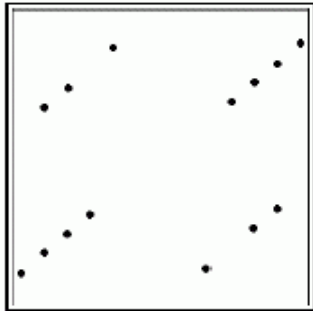
(wenn der Störimpuls mit fester Frequenz auftritt – z.B.: Spuren von Walzenverunreinigungen bei Druckern/Kopierern; Hintergrund-Brummen bei Datenfernübertragung...)



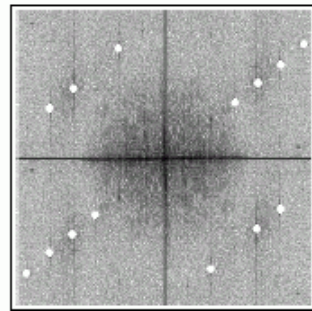
Original (mit Rauschen)



Fourierspektrum



Frequenz-Filter



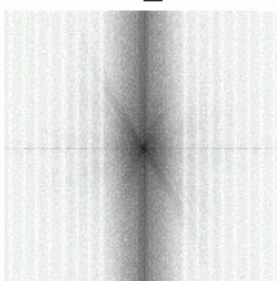
Korrigiertes Fourierspektrum



Rücktransformation

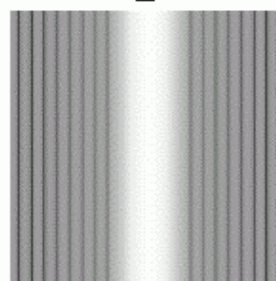
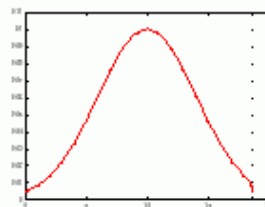
ähnliche Technik zum Nachkorrigieren von Motion-Blur ("Verwackeln" von Fotos):

Quellbild mit Motion-Blur



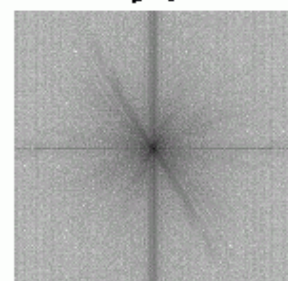
Fourier-Spektrum (invertiert)

Kern (1D-Gauß, horiz.)



Inverses Fourier-Spektrum

Rücktransformation



Korrigiertes Fourier-Spektrum (invertiert)

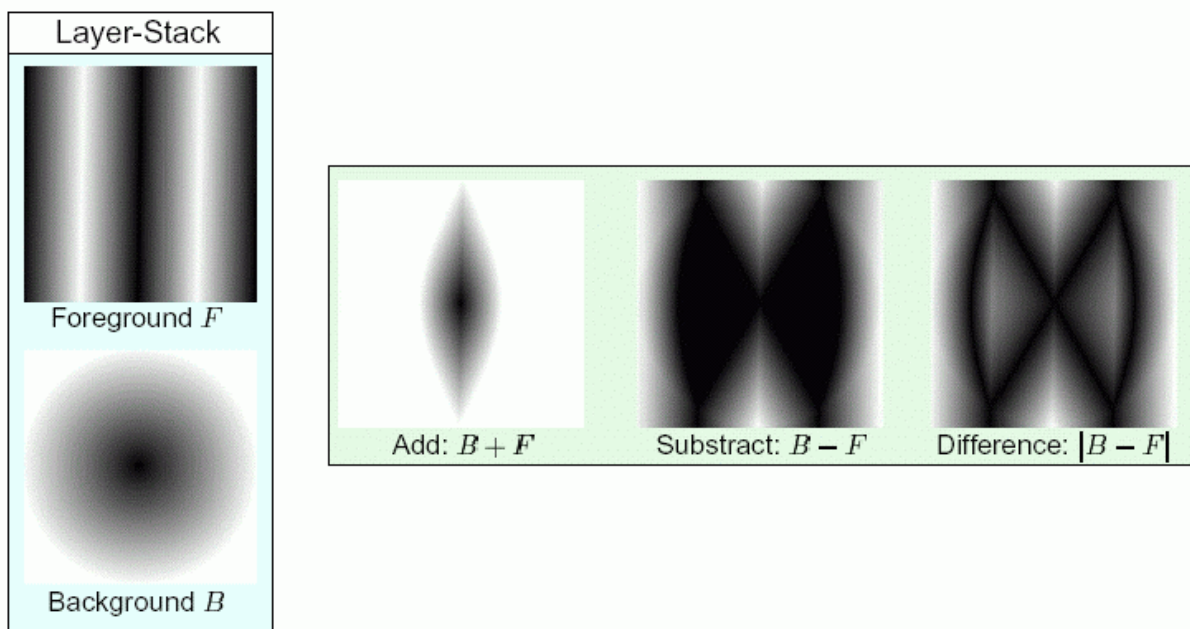
## Compositing

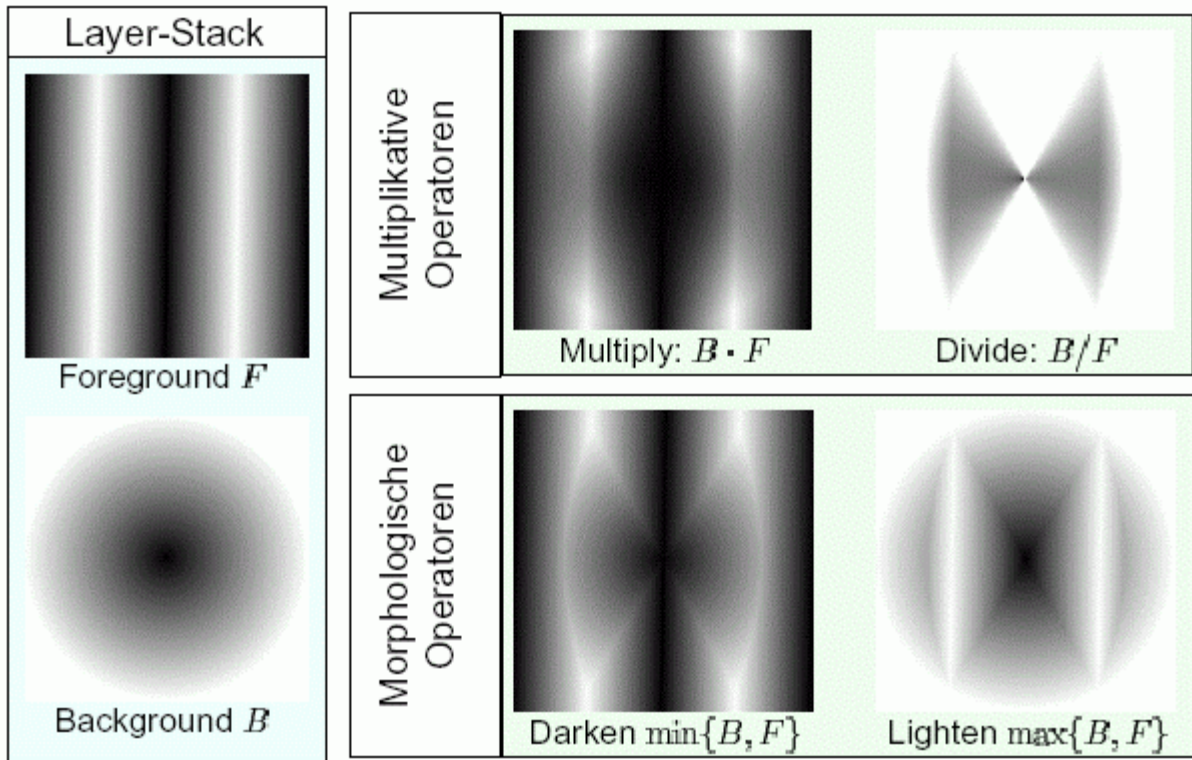
Kombination mehrerer Bilder zu einem  
oft: *Kombination von Vordergrund-Elementen mit einem Hintergrund*

verschiedene Operatoren:

- funktional  
löschen (maskieren) und einfügen
- bitweise  
AND, OR, XOR...
- arithmetisch  
aufaddieren, überblenden, gewichtete Mittelung...  
"blending" = Mischen

Blending-Operationen an einem Beispiel:





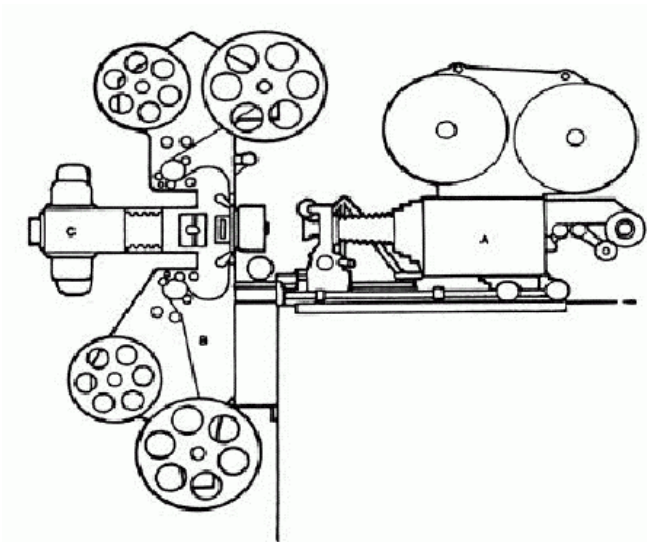
*Techniken des Compositing aus dem Filmbereich:*

- Optisches Compositing
- Blue-Screen-Technik
- luminance keying und chroma keying
- Maskierungen
- Layer (z.B. beim Zeichentrick)

Computergrafik: Emulation dieser Techniken, Erweiterung

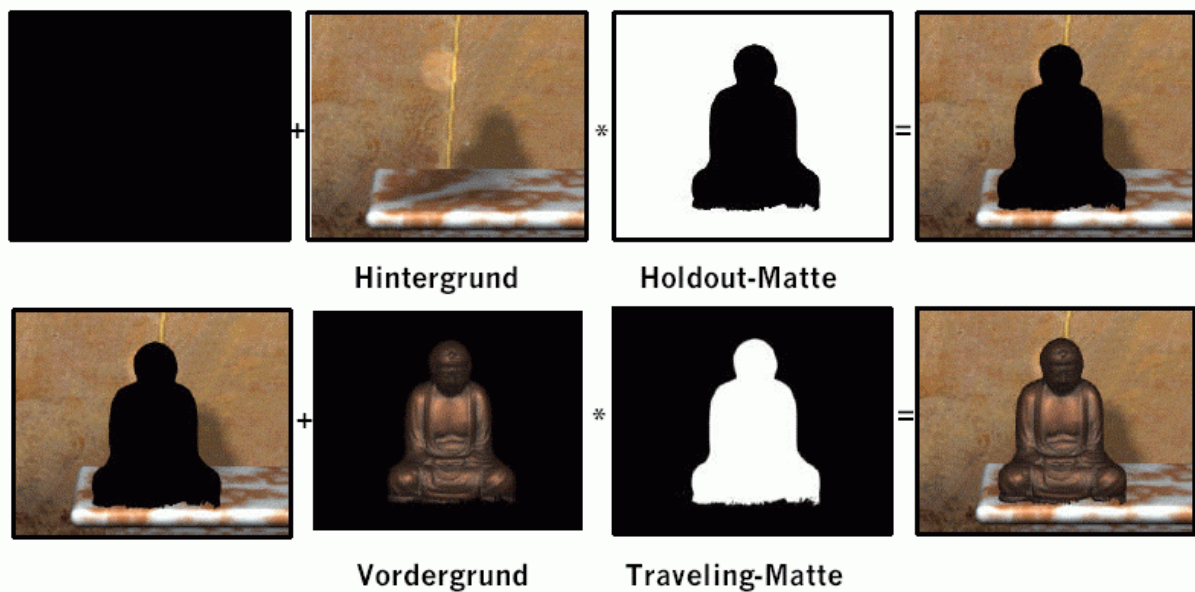
*Optisches Compositing*

Idee: Kombination einer Maske aus einem Schwarzweiß-Film mit Farbfilm  
 in Studios schon lange als Analogtechnik realisiert



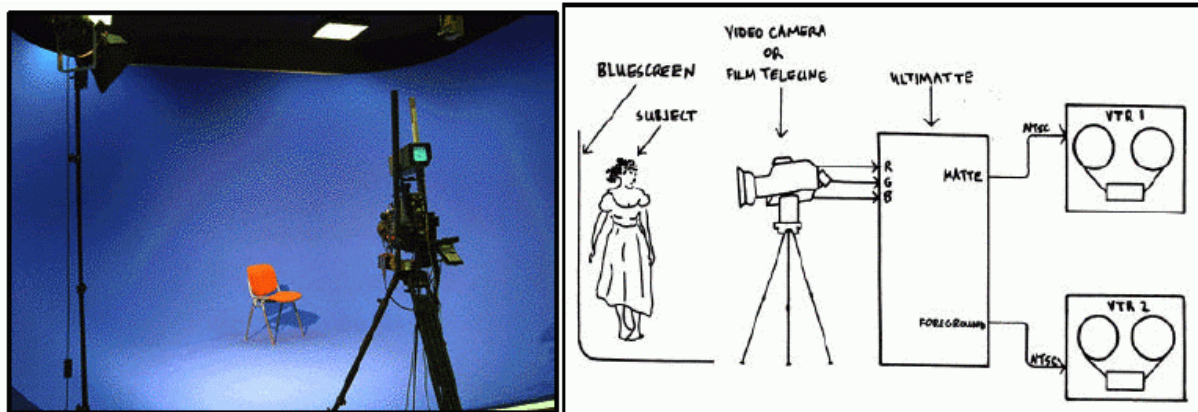
**Aus: "Special Optical Effects,"  
Zoran Perisic**

Prinzip des Compositing mit Masken (engl. "mattes"):



(aus Slusallek 2000)

## Blue-Screen-Technik



warum nimmt man Blau als Farbe des Hintergrundschirms?

- komplementär zu Rot-Gelb-Ton ( $\approx$  Fleischfarbe)
- Kameras und Filme waren früher im Blaubereich besonders empfindlich
- schwache blaue Ränder (*blue spilling*), die als Artefakte an den Vordergrundobjekten übrigbleiben, fallen weniger auf als bei Grün

Verallgemeinerung: "keying"

Trennung von Vordergrund und Hintergrund

Separiert wird alles im Bild, was eine bestimmte Farbe hat oder in einem bestimmten Luminanzbereich liegt:

*luminance keying*

*chroma keying*

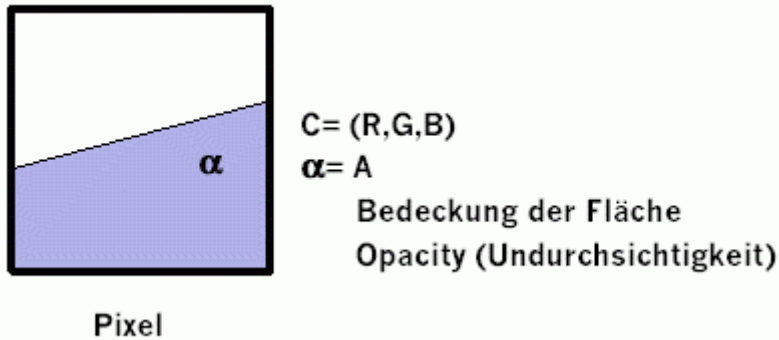
weitere Techniken: interaktives Markieren von Objekten, Kantendetektion, *region growing* (flood fill-Algorithmus)...

## Der Alpha-Kanal

neben R, G, B zusätzliches Bild mit Bedeckungs- und/oder Transparenzinformationen

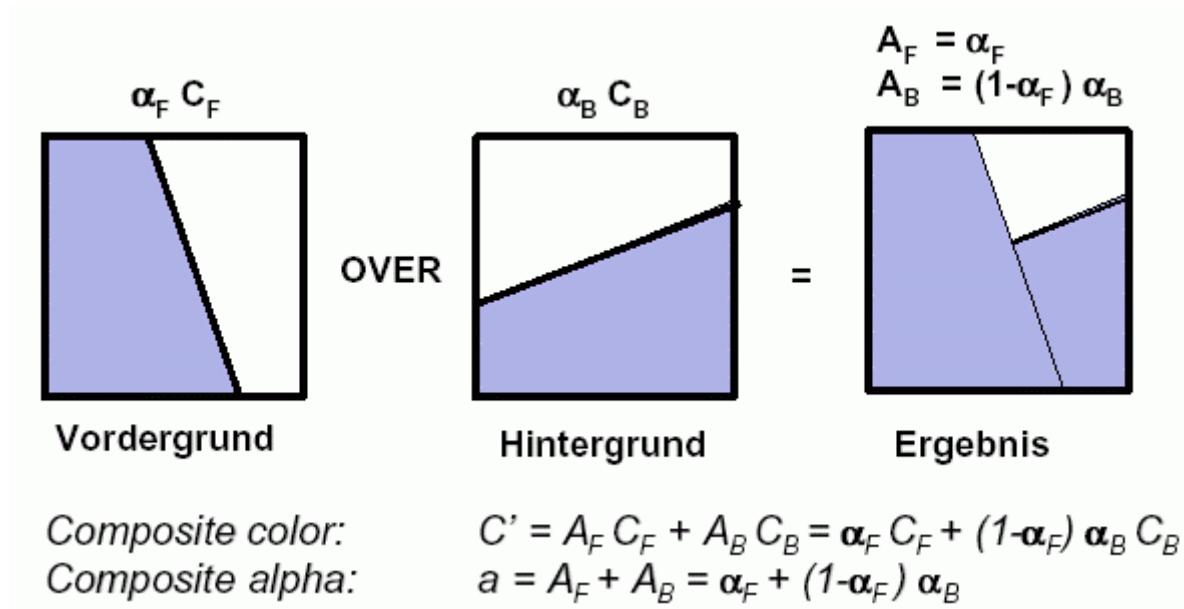
Alpha-Wert zwischen 0 und 1 für jedes Pixel

meist als RGBA; getrennt oder vorab multipliziert mit RGB ("nicht-assoziiertes" und "assoziiertes Alpha")



Die dargestellte Pixelfarbe ergibt sich dann als  $C' = \alpha \cdot C$ .

Transparente Verknüpfung von Vorder- und Hintergrund ("OVER"):





"assoziertes Alpha":

- **Darstellung**

- $C' = \alpha C = (\alpha r, \alpha g, \alpha b, \alpha)$

- **Vorteile**

- Eine Formel für Compositing von Farbe und Alpha

- $C' = C'_F + (1-\alpha_F) C'_B$

- Schneller

- Assoziiertes Alpha: 1 sub 4 mul 4 add

- Nicht-assoziertes Alpha: 1 sub 7 mul 4 add

- Abgeschlossenheit

- Interpolation von Farben und Alpha

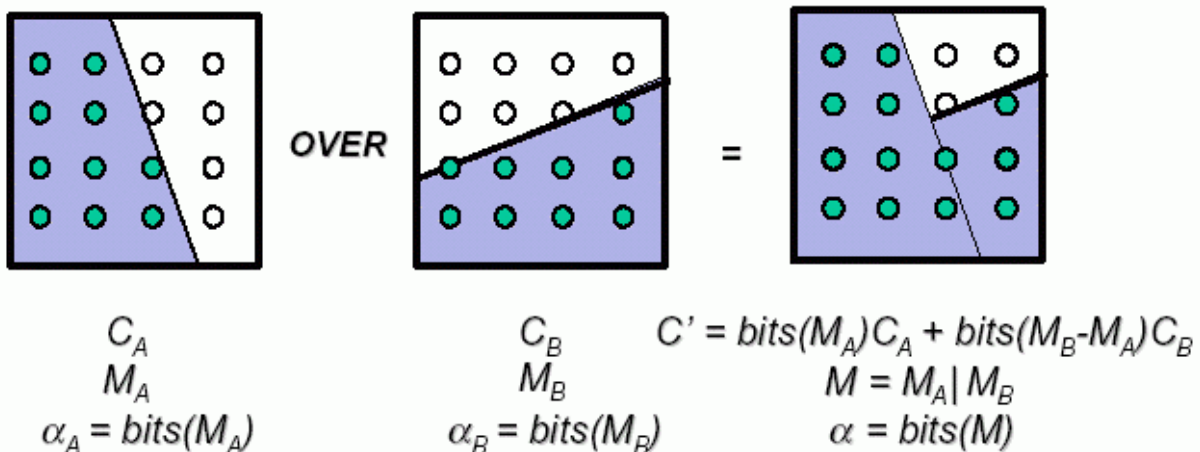
- Direkte Darstellung von  $C'$

- Über schwarzem Hintergrund:  $C' \text{ OVER } K = C' + (1-\alpha_F)K = C'$

- Selten Bedarf, nicht-assoziertes Alpha zu extrahieren

A-Buffer-Algorithmus:

### Sampling der Bedeckung durch Subpixel



z.T. in Hardware implementiert (z.B. SGI Onyx)

Für das Compositing mit dem Alpha-Kanal (auch mit mehreren Layern hintereinander) stehen neben dem einfachen OVER mehrere weitere Operatoren zur Verfügung:

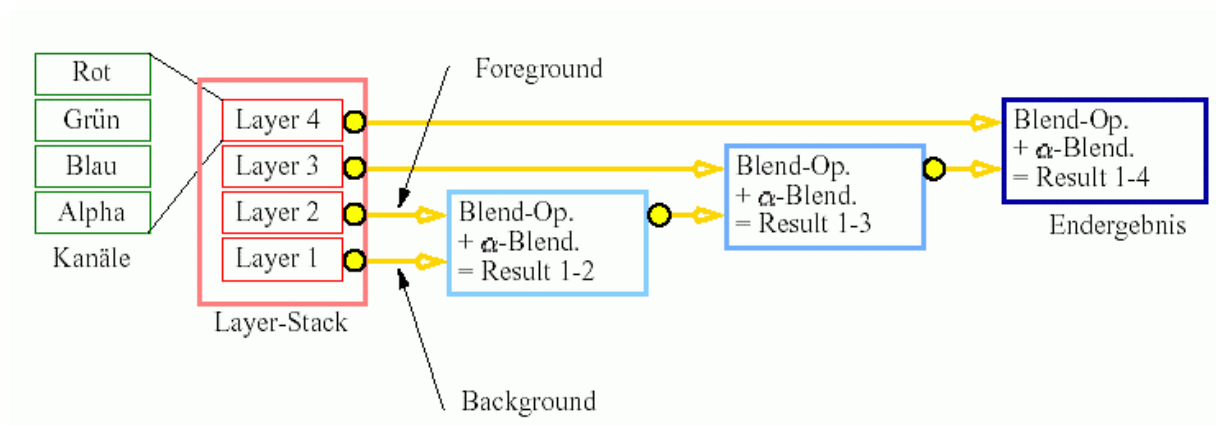
# "Kompositions-Algebra"

## 12 Operatoren

Operator	$F_A$	$F_B$
Clear	0	0
A	1	0
B	0	1
A over B	1	$1-\alpha_A$
B over A	$1-\alpha_B$	1
A in B	$\alpha_B$	0
B in A	0	$\alpha_A$
A out B	$1-\alpha_B$	0
B out A	0	$1-\alpha_A$
A atop B	$\alpha_B$	$1-\alpha_A$
B atop A	$1-\alpha_B$	$\alpha_A$
A xor B	$1-\alpha_B$	$1-\alpha_A$

$$\text{neue Farbe} = C = F_A C_A + F_B C_B$$

Schema eines Compositings mit 3 Layern:



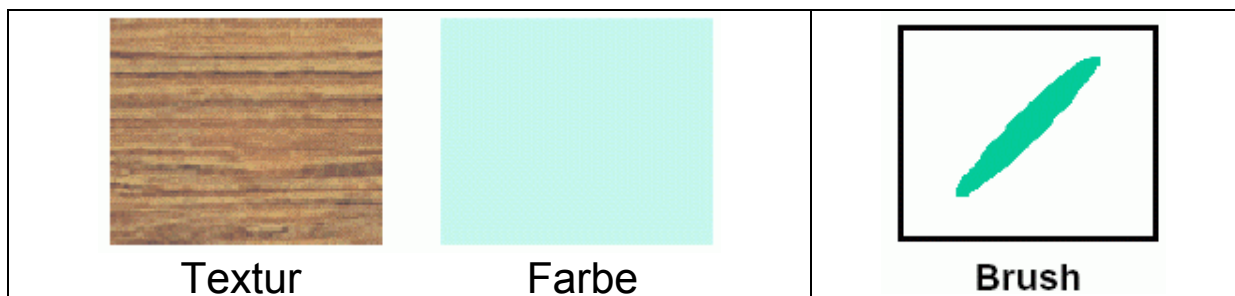
Beispiel für die erzielbaren Transparenz- und Überblend-Effekte mit dem Alpha-Kanal:



## Painting

Begriffe / Tools:

*canvas*            aktuelles Bild  
*brush*             kleine Maske (für den Bereich des Farbauftrags)  
*paint*              Farbe und Textur



Formulierung des Malvorgangs in der Kompositions-Algebra:

$paint = color \text{ IN } texture$             (*texture* im Alpha-Kanal)  
 $compose = paint \text{ OP } canvas$         (OP = beliebiger Operator)  
 $canvas += compose \text{ IN } brush$