

14. Bildbearbeitung

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

Bildverbesserung

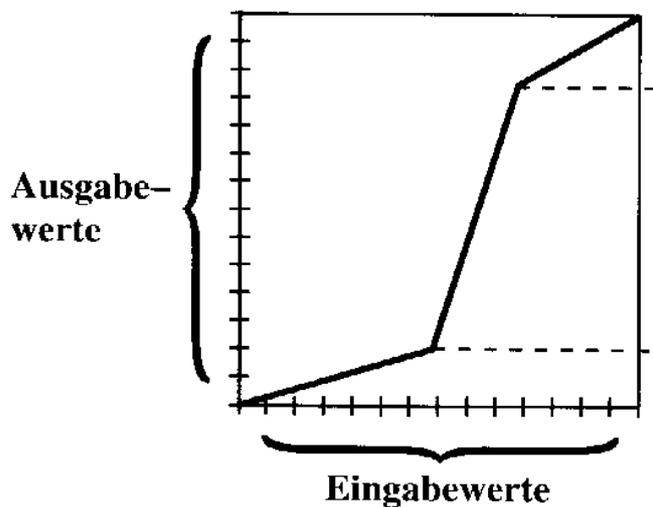
Einfachste Methode:

Steuerung der Intensitätswiedergabe durch Anwendung von Funktionen

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

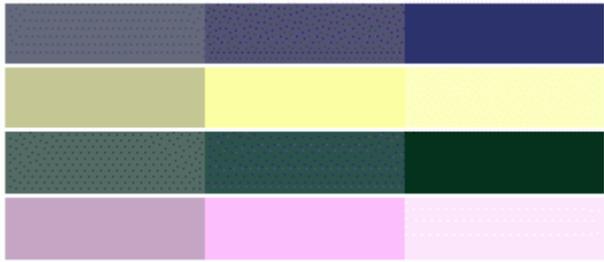
$$(R, G, B) \rightarrow (f_r(R), f_g(G), f_b(B))$$

Beispiel: Kontrastverstärkung



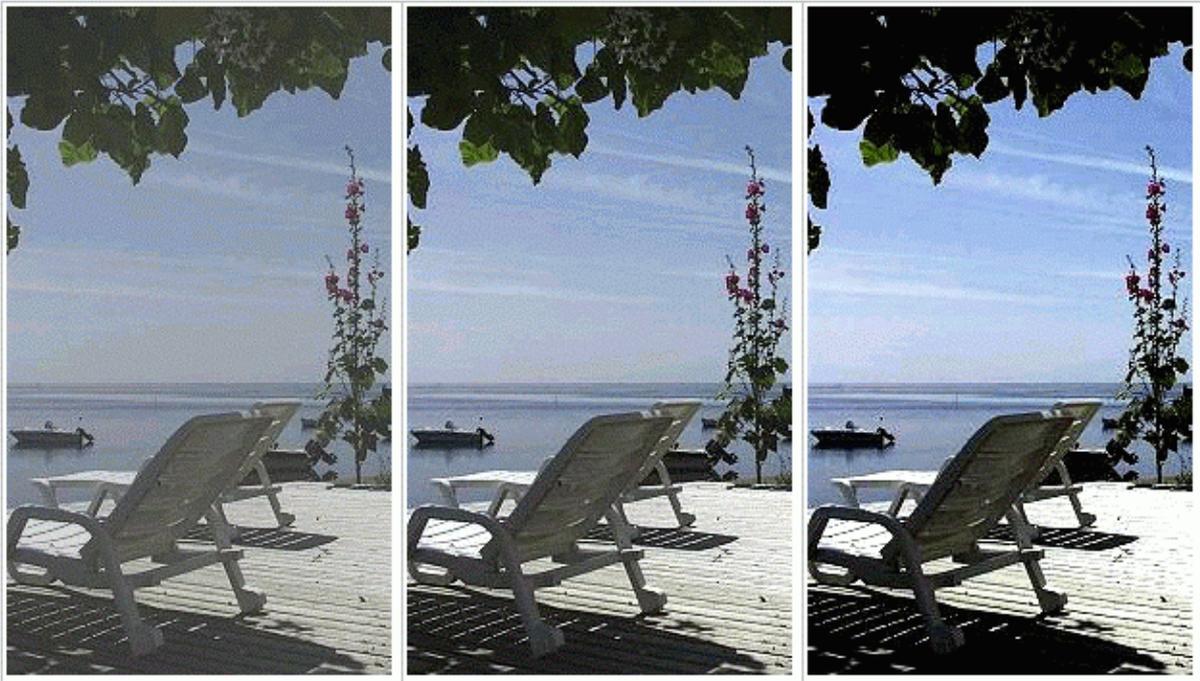
(für alle Farben gleich)

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*

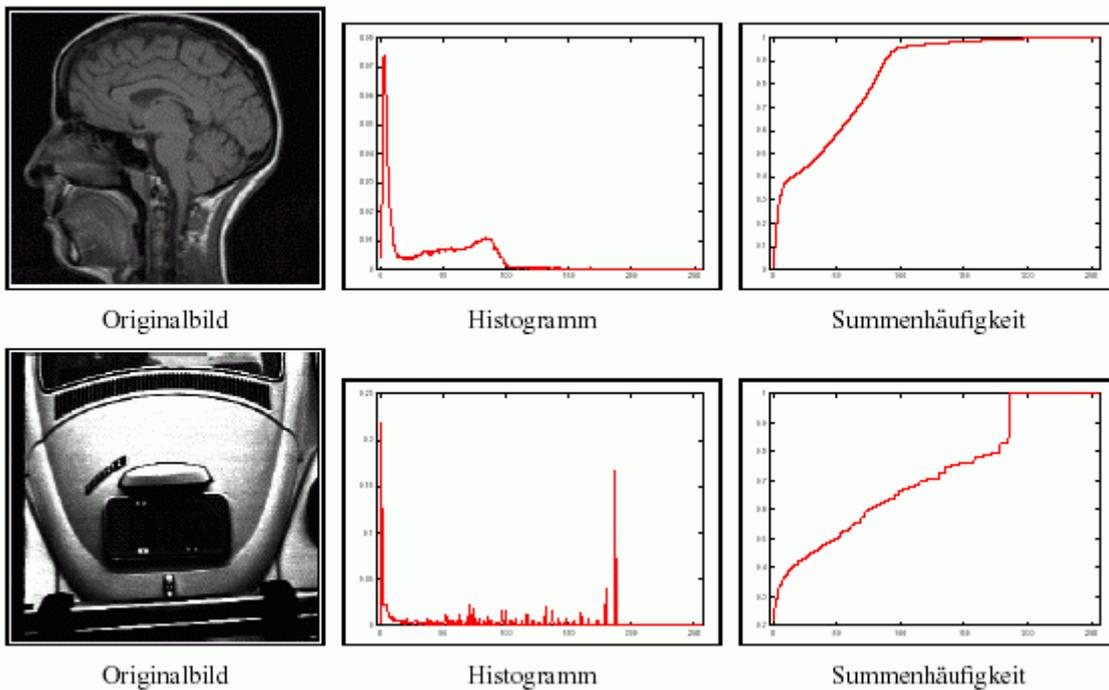
Das Histogramm stellt die Häufigkeitsverteilung der Intensitätswerte im Bild dar (Grundgesamtheit: Menge der Pixel – anderes Histogramm bei anderer Auflösung!)

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:

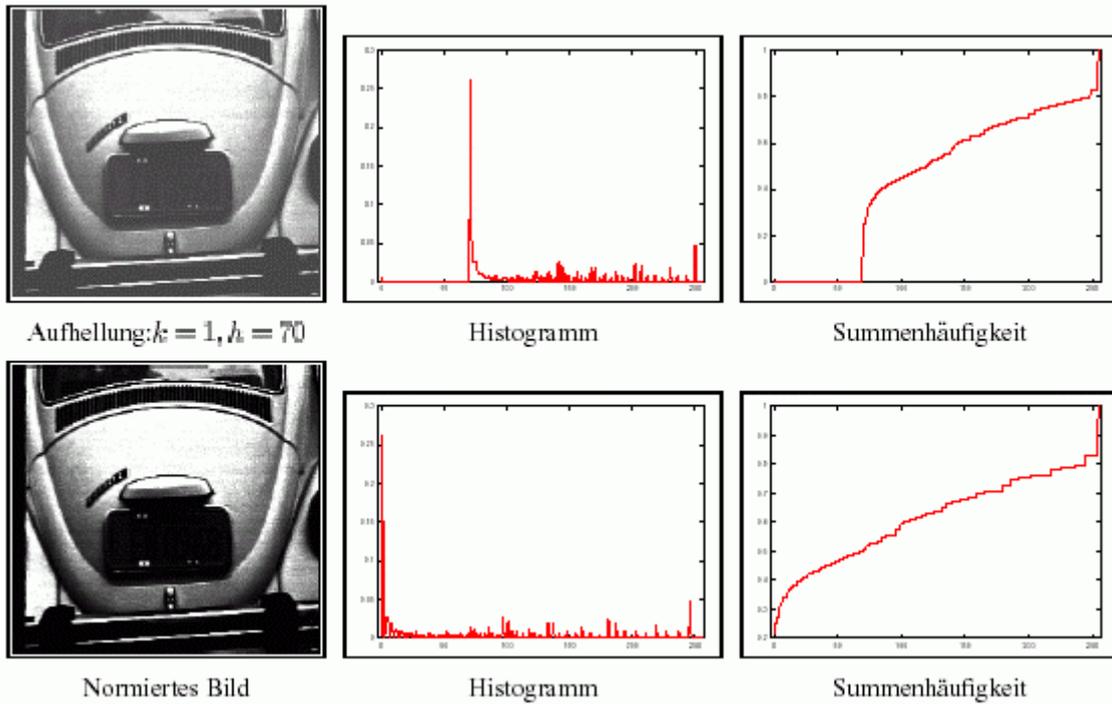
lineare Histogramm-Anpassungen

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

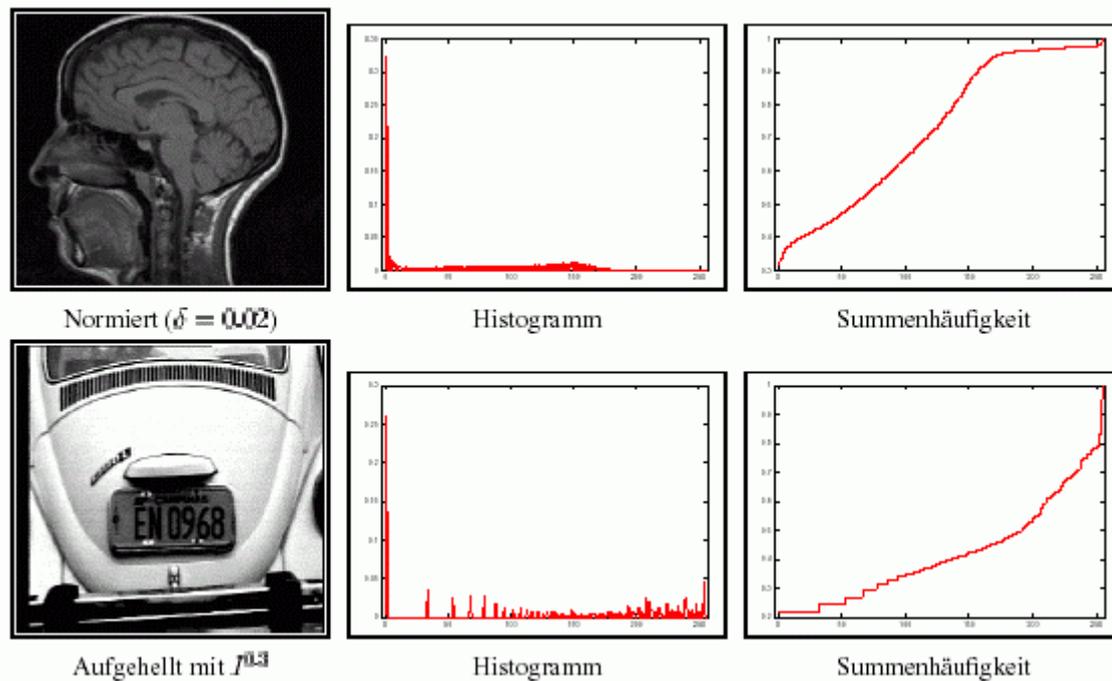
dazu gehören:

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

Beispiel:

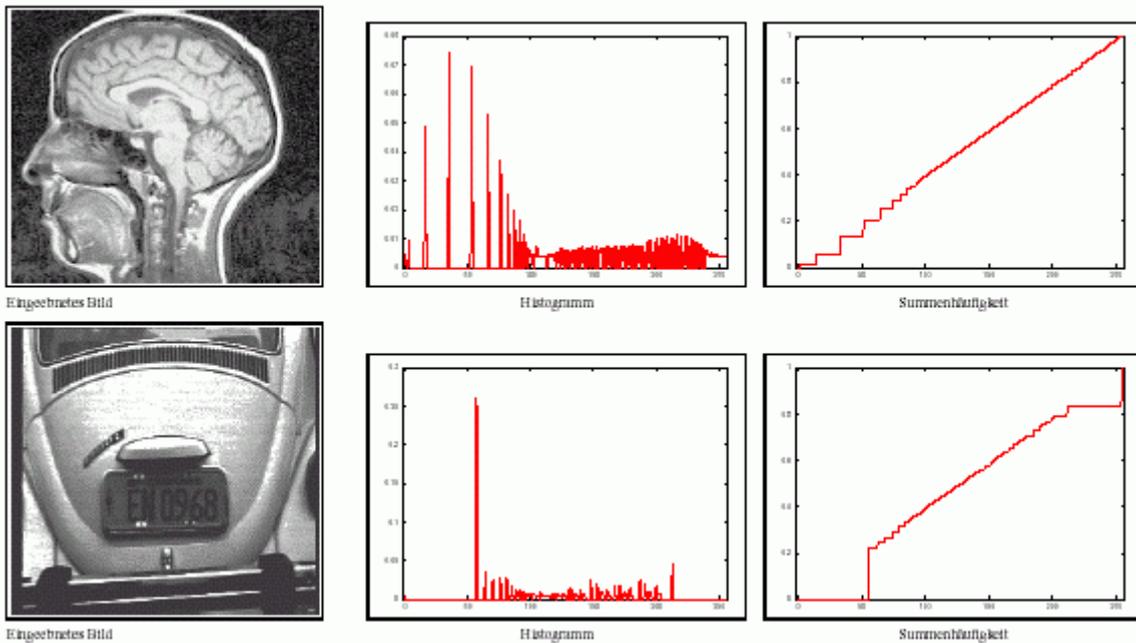


stückweise lineare und nichtlineare Funktionen:



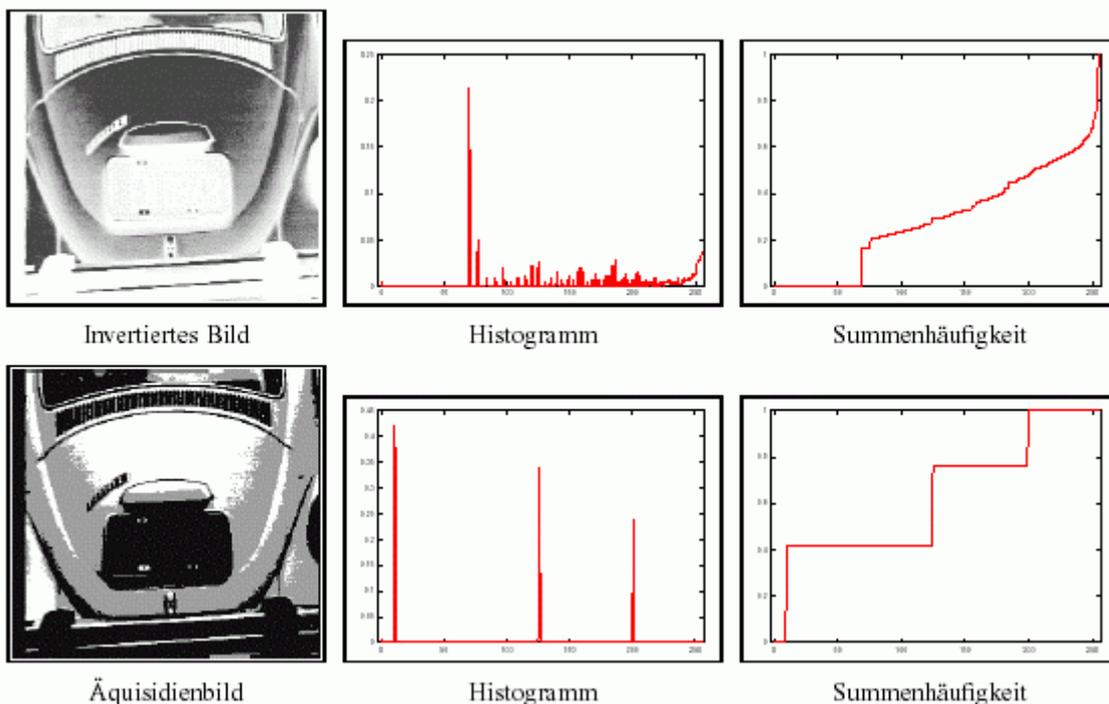
Histogramm-Einebnung:

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)

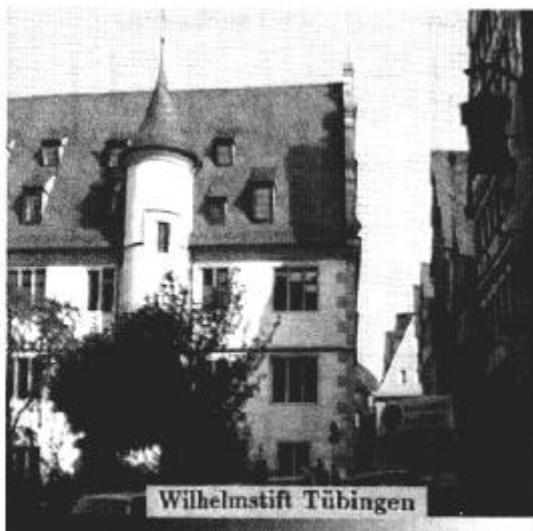
Wirkung des gleitenden Mittelwert-Filters:

- 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 3×3 bis 7×7)

Rauschunterdrückung:



a) Original



b) Original mit Impulsrauschen

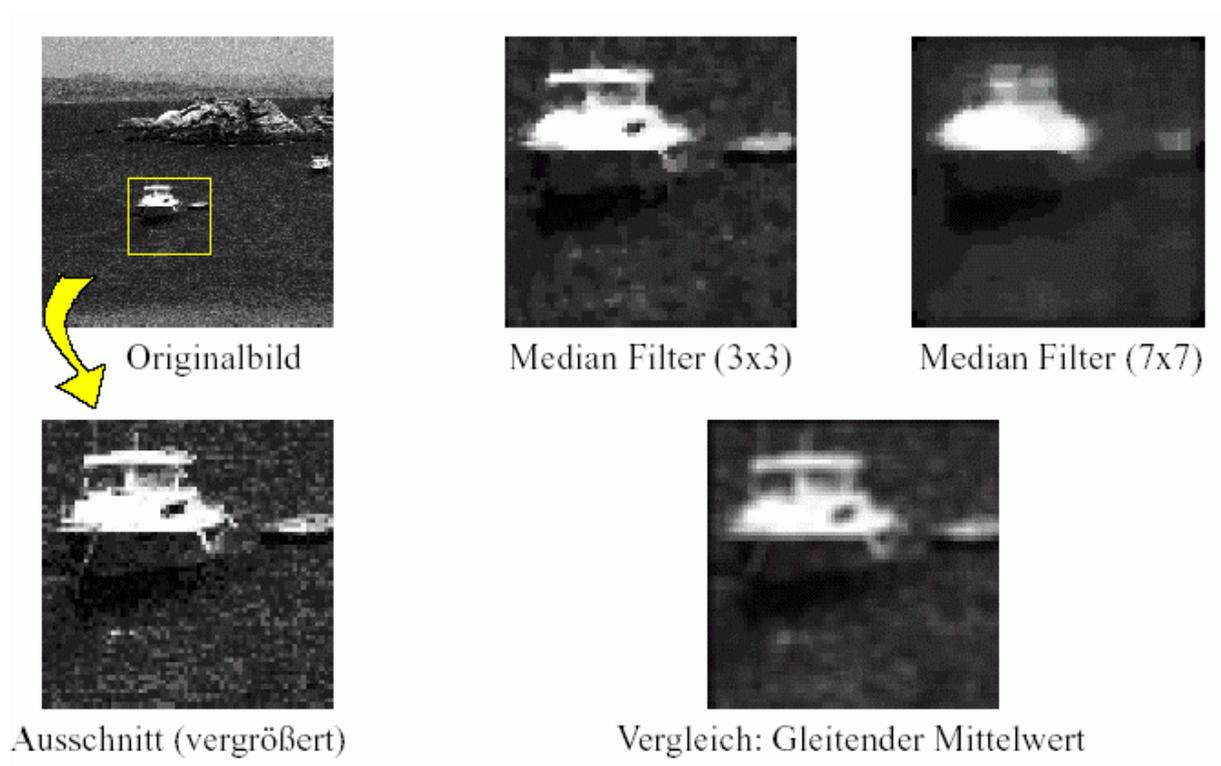


c) geglättet mit 5×5 Mittelwert



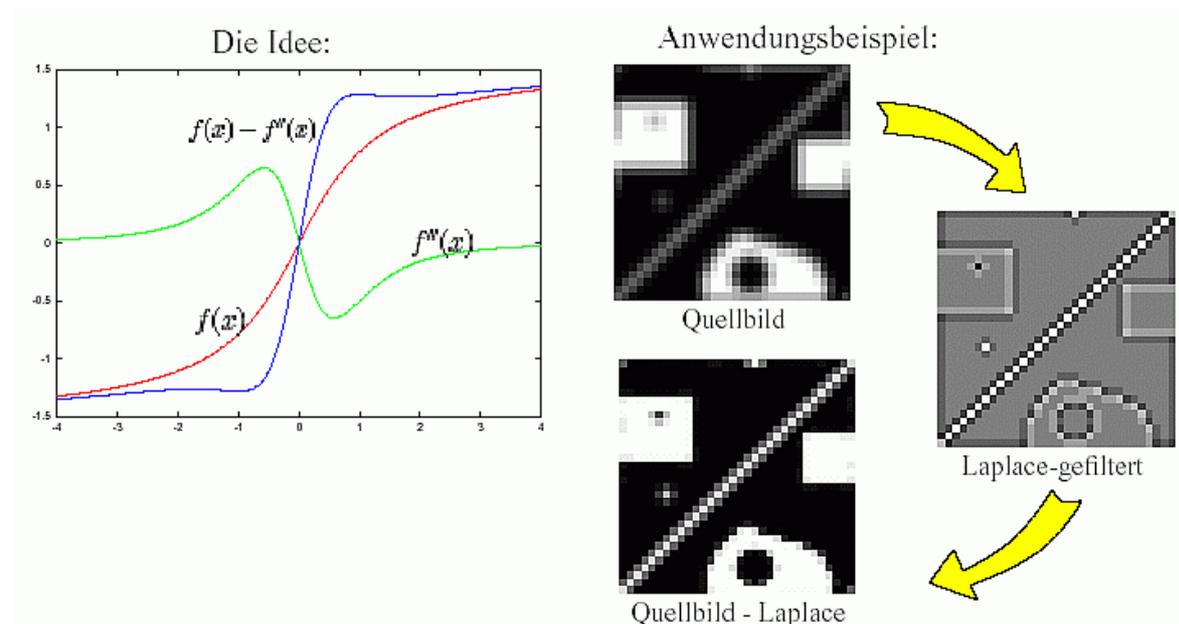
d) geglättet mit 5×5 Median

Bildverbesserung bei Ausschnittsvergrößerung:

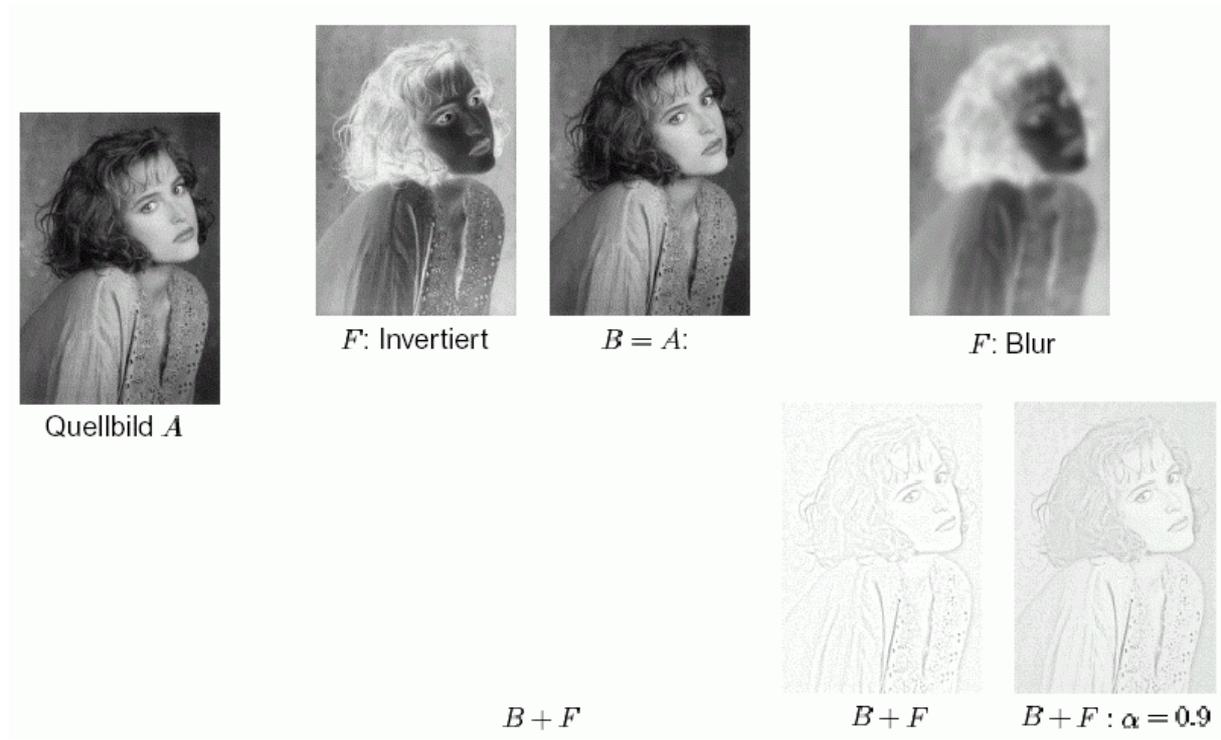


andere Filter dienen dem Hervorheben von Details oder der Konturierung.

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").

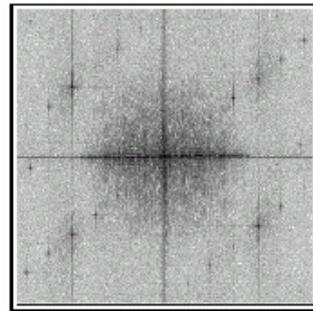
Beispiel:

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

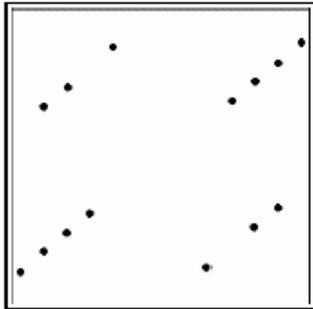
(wenn der Störimpuls mit fester Frequenz auftritt – z.B.: Spuren von Walzenverunreinigungen bei Druckern/Kopierern; Hintergrund-Brummen bei Datenfernübertragung...)



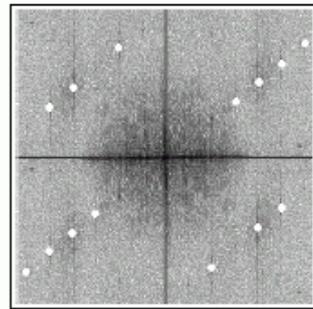
Original (mit Rauschen)



Fourierspektrum



Frequenz-Filter



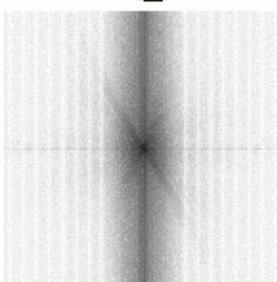
Korrigiertes Fourierspektrum



Rücktransformation

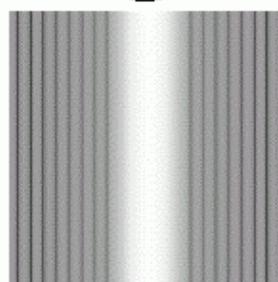
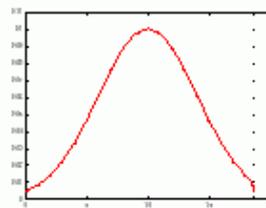
ähnliche Technik zum Nachkorrigieren von Motion-Blur ("Verwackeln" von Fotos):

Quellbild mit Motion-Blur



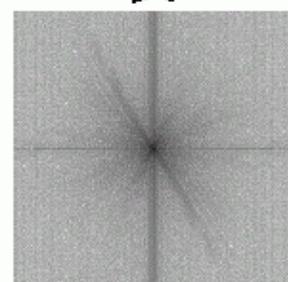
Fourier-Spektrum (invertiert)

Kern (1D-Gauß, horiz.)



Inverses Fourier-Spektrum

Rücktransformation



Korrigiertes Fourier-Spektrum (invertiert)

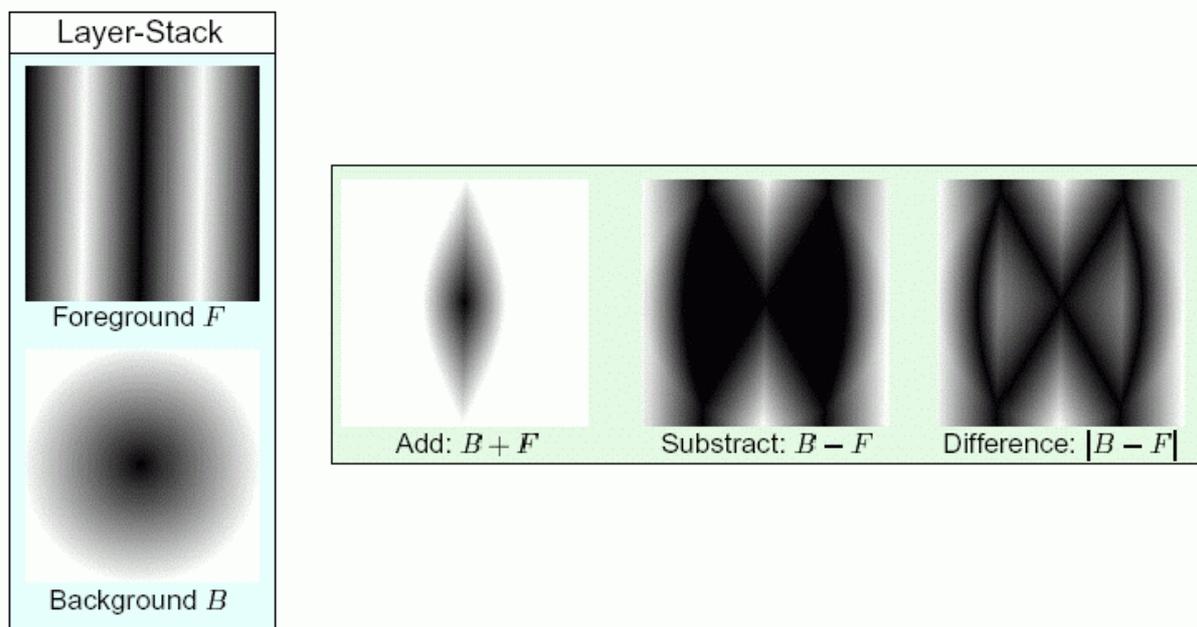
Compositing

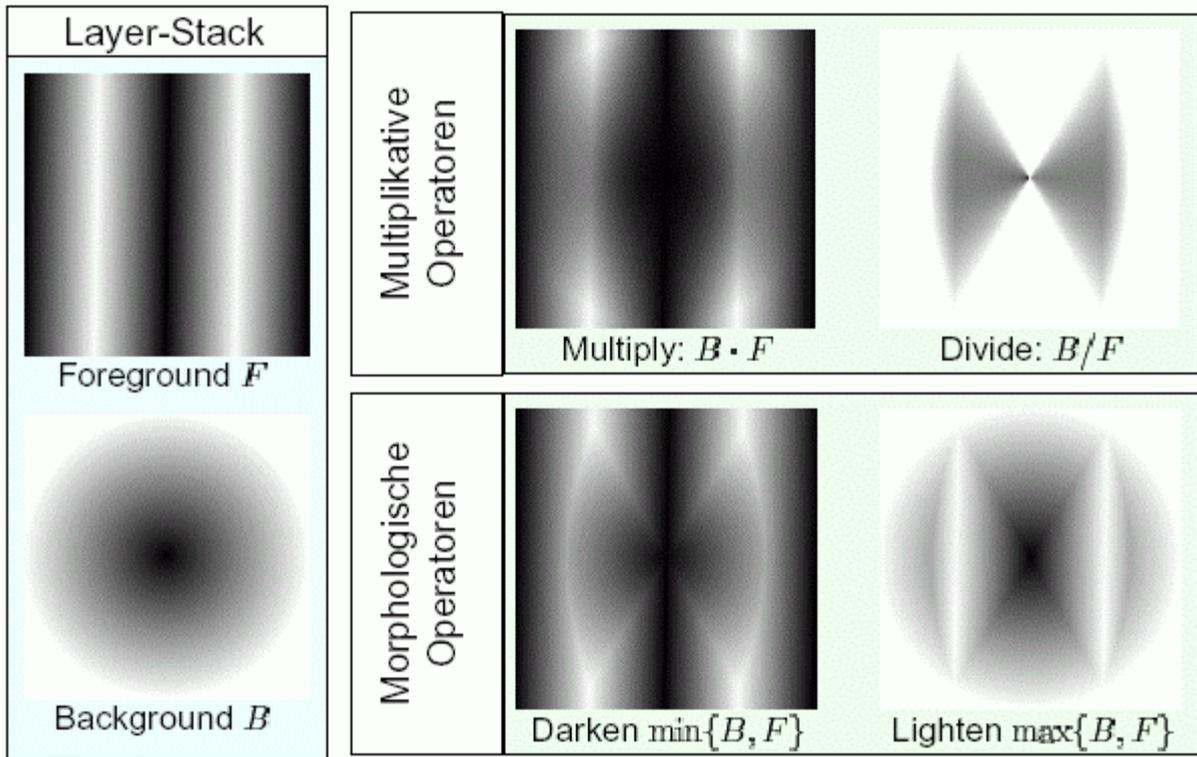
Kombination mehrerer Bilder zu einem
oft: *Kombination von Vordergrund-Elementen mit einem Hintergrund*

verschiedene Operatoren:

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

Blending-Operationen an einem Beispiel:





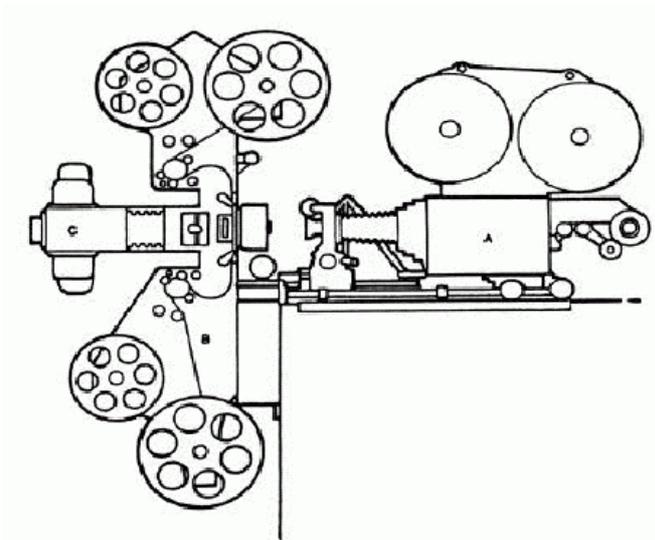
Techniken des Compositing aus dem Filmbereich:

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

Computergrafik: Emulation dieser Techniken, Erweiterung

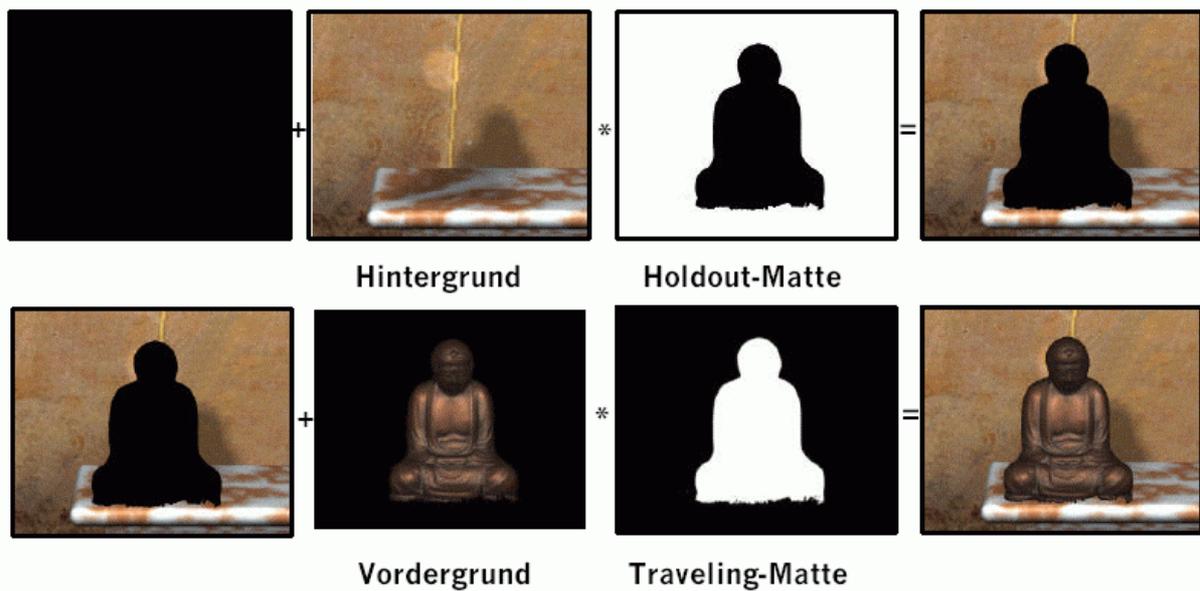
Optisches Compositing

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



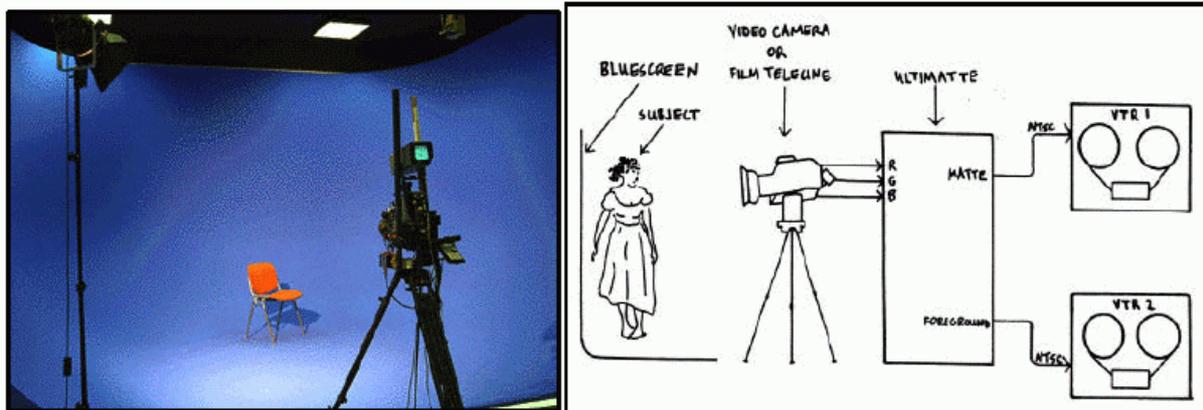
**Aus: "Special Optical Effects,"
Zoran Perisic**

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

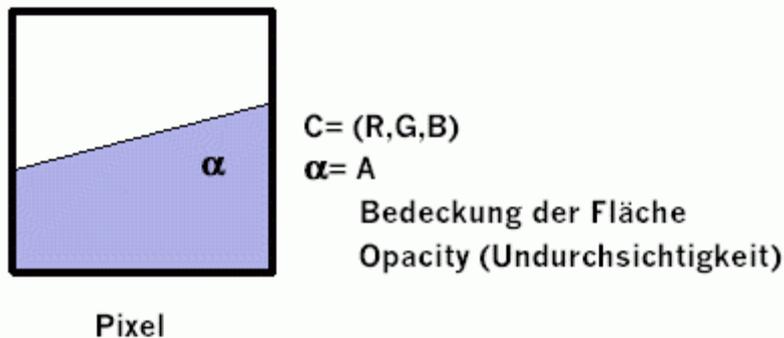
weitere Techniken: interaktives Markieren von Objekten, Kantendetektion, *region growing* (flood fill-Algorithmus)...

Der Alpha-Kanal

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

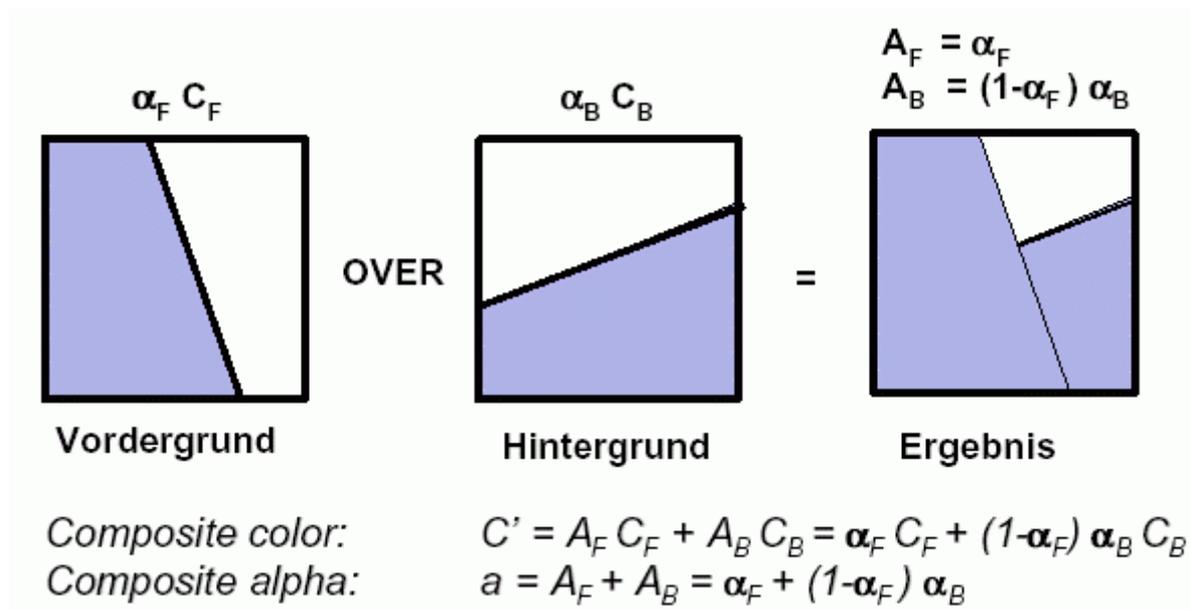
Alpha-Wert zwischen 0 und 1 für jedes Pixel

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

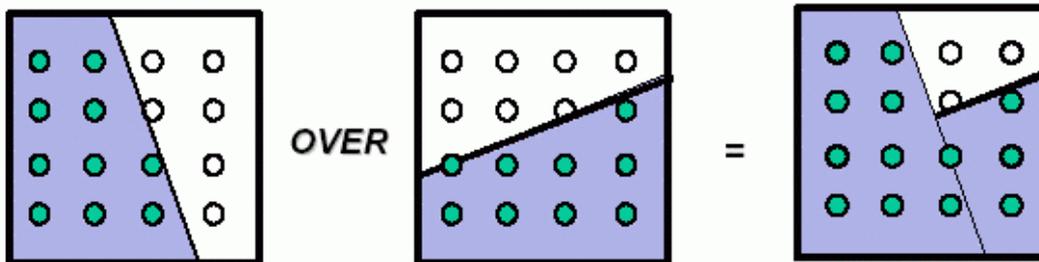
- Direkte Darstellung von C'

- 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



$$\begin{array}{c} C_A \\ M_A \\ \alpha_A = \text{bits}(M_A) \end{array}$$

$$\begin{array}{c} C_B \\ M_B \\ \alpha_B = \text{bits}(M_B) \end{array}$$

$$\begin{array}{l} C' = \text{bits}(M_A)C_A + \text{bits}(M_B - M_A)C_B \\ M = M_A | M_B \\ \alpha = \text{bits}(M) \end{array}$$

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:

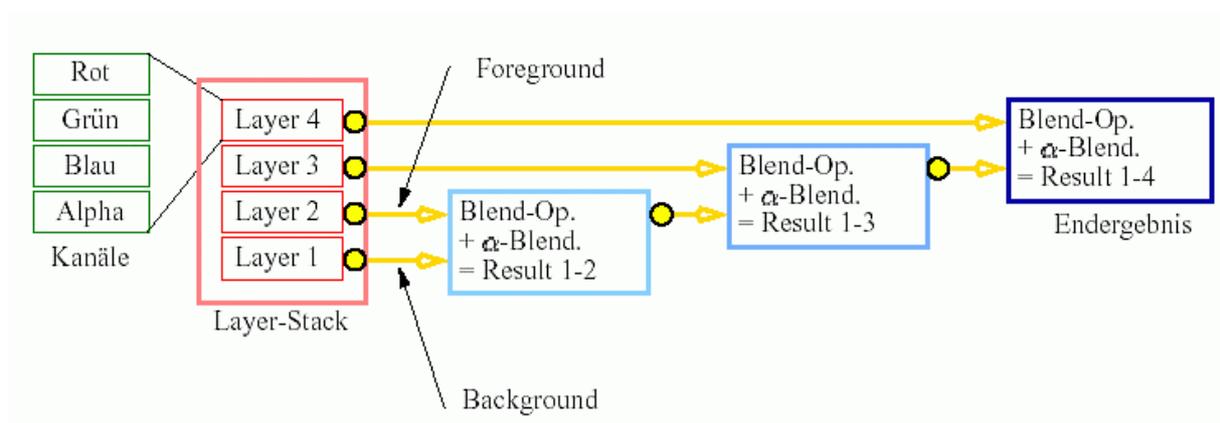
"Kompositions-Algebra"

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	α_B	0
B in A	0	α_A
A out B	$1-\alpha_B$	0
B out A	0	$1-\alpha_A$
A atop B	α_B	$1-\alpha_A$
B atop A	$1-\alpha_B$	α_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)
 $canvas += compose \text{ IN } brush$