
Bildverarbeitung 2

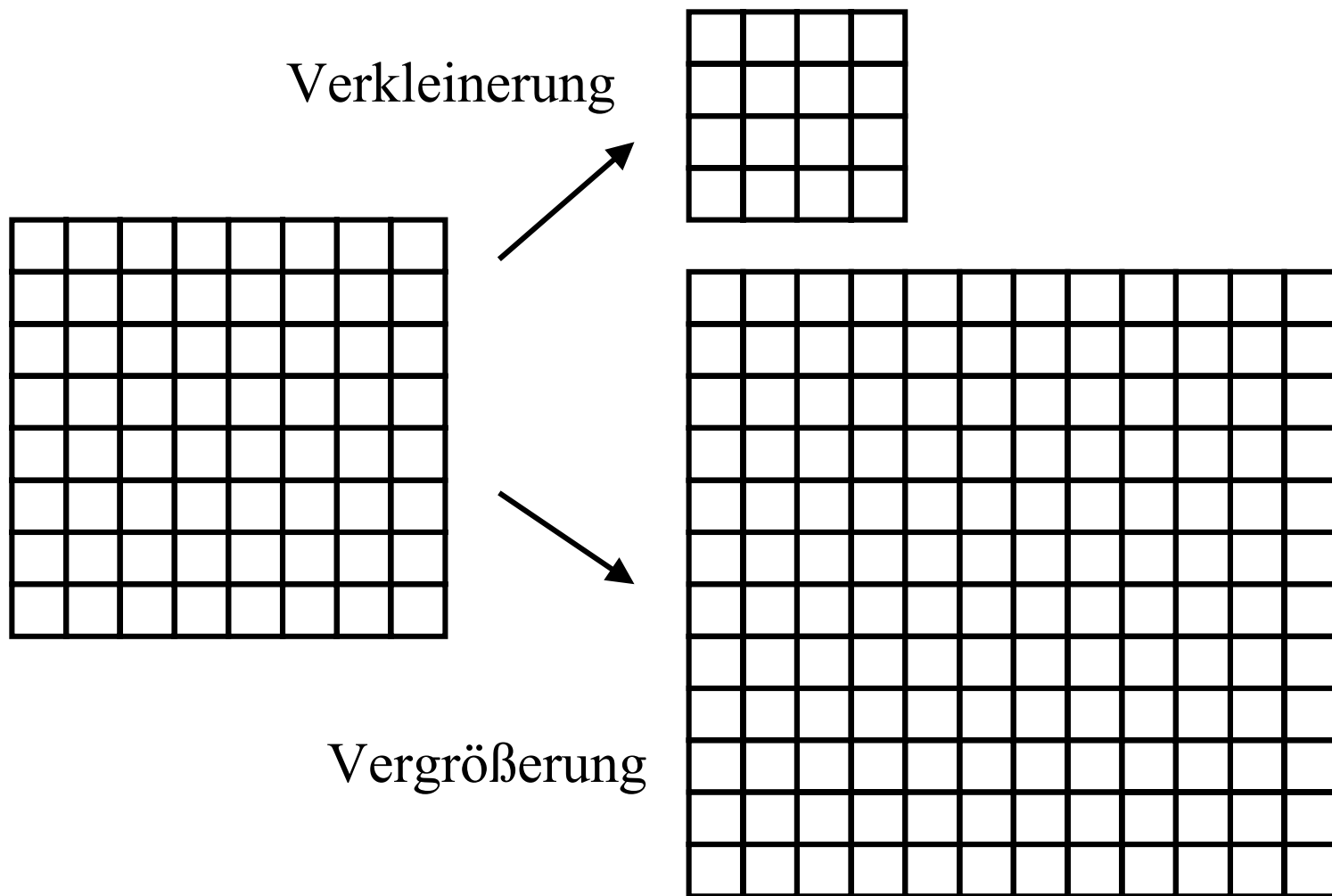
Dipl.-Ing. Guido Heising

Bildmanipulation



- Bildpunktoperationen
- Nachbarschaftsoperationen
- Geometrische Transformationen

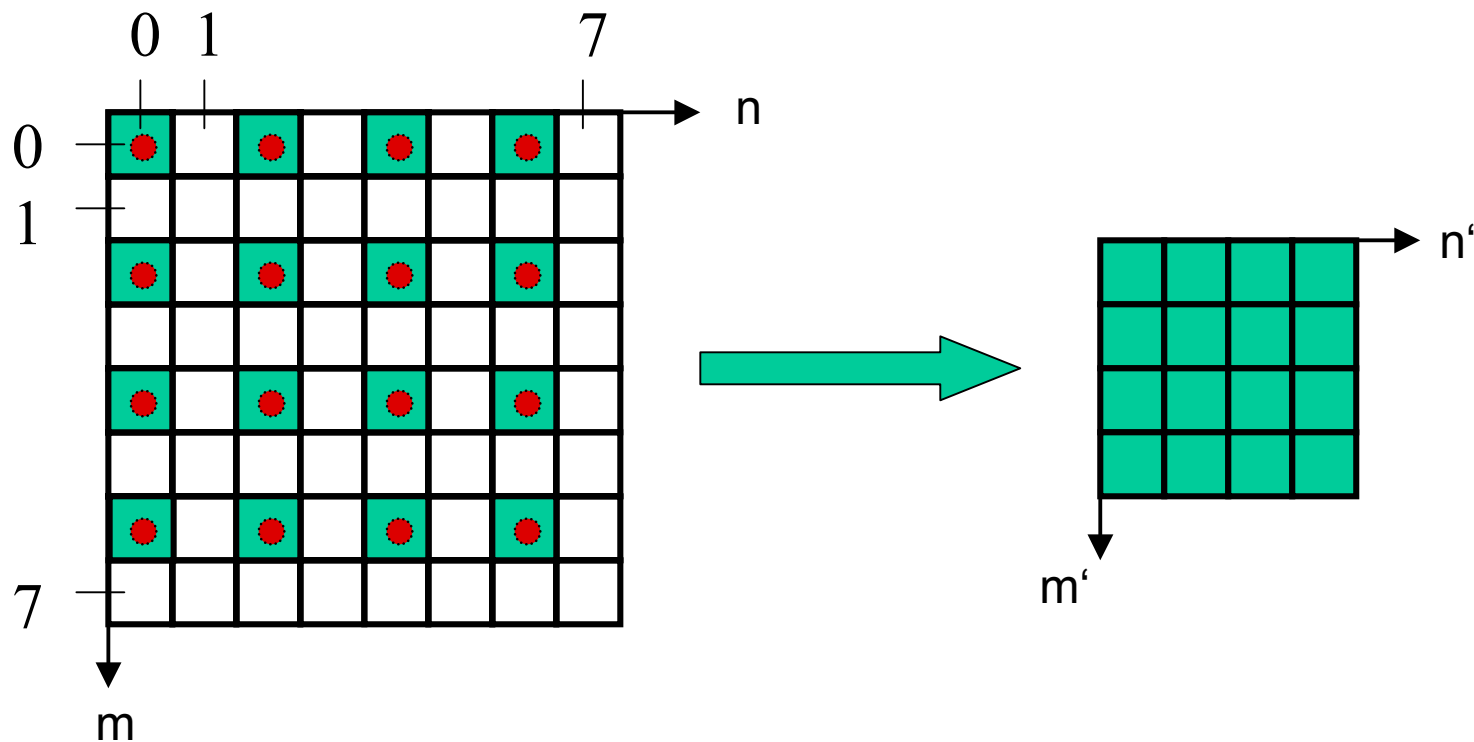
Größenänderung von Bildern



Verkleinerung durch einfache Unterabtastung

Verkleinerung des Bildes um den Unterabtastungsfaktor

$$k = 8/4 = 2 \Rightarrow \Delta n = \Delta m = 2$$

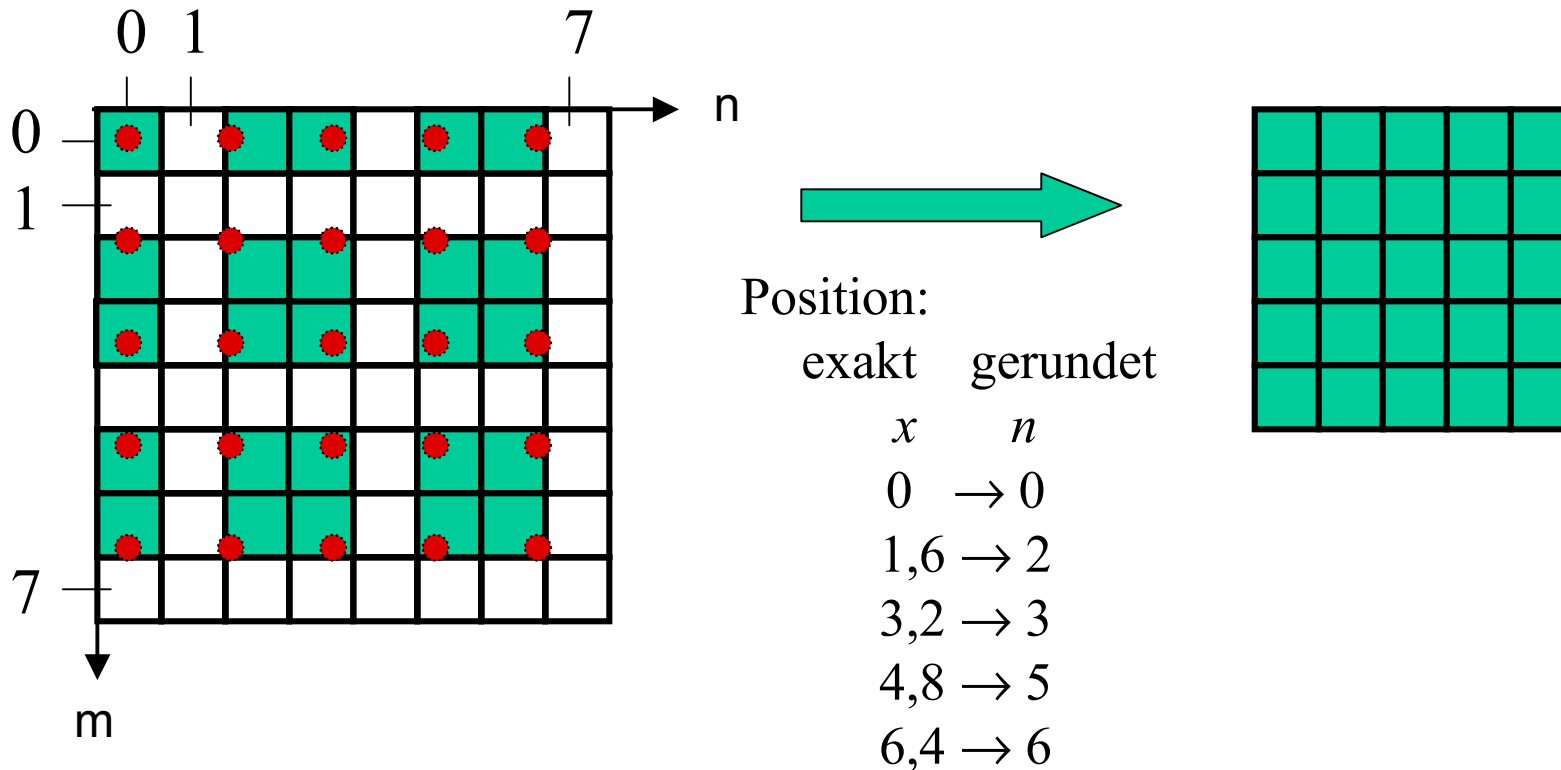


Verkleinerung durch einfache Unterabtastung

Verkleinerung des Bildes um den Unterabtastungsfaktor

$$k = 8/5 = 1,6 \Rightarrow \Delta n = \Delta m = 1,6$$

Da an den exakten Pixelpositionen (rot) keine Bildpunkte vorliegen, werden hier die nächsten Nachbarn (grün) verwendet.



Verkleinerung durch einfache Unterabtastung (Nächster Nachbar Interpolation)



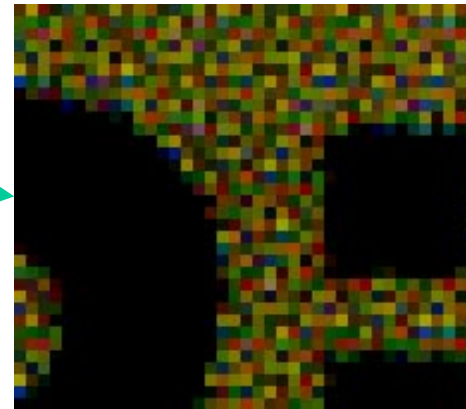
$k = 2$



$k = 1,6$

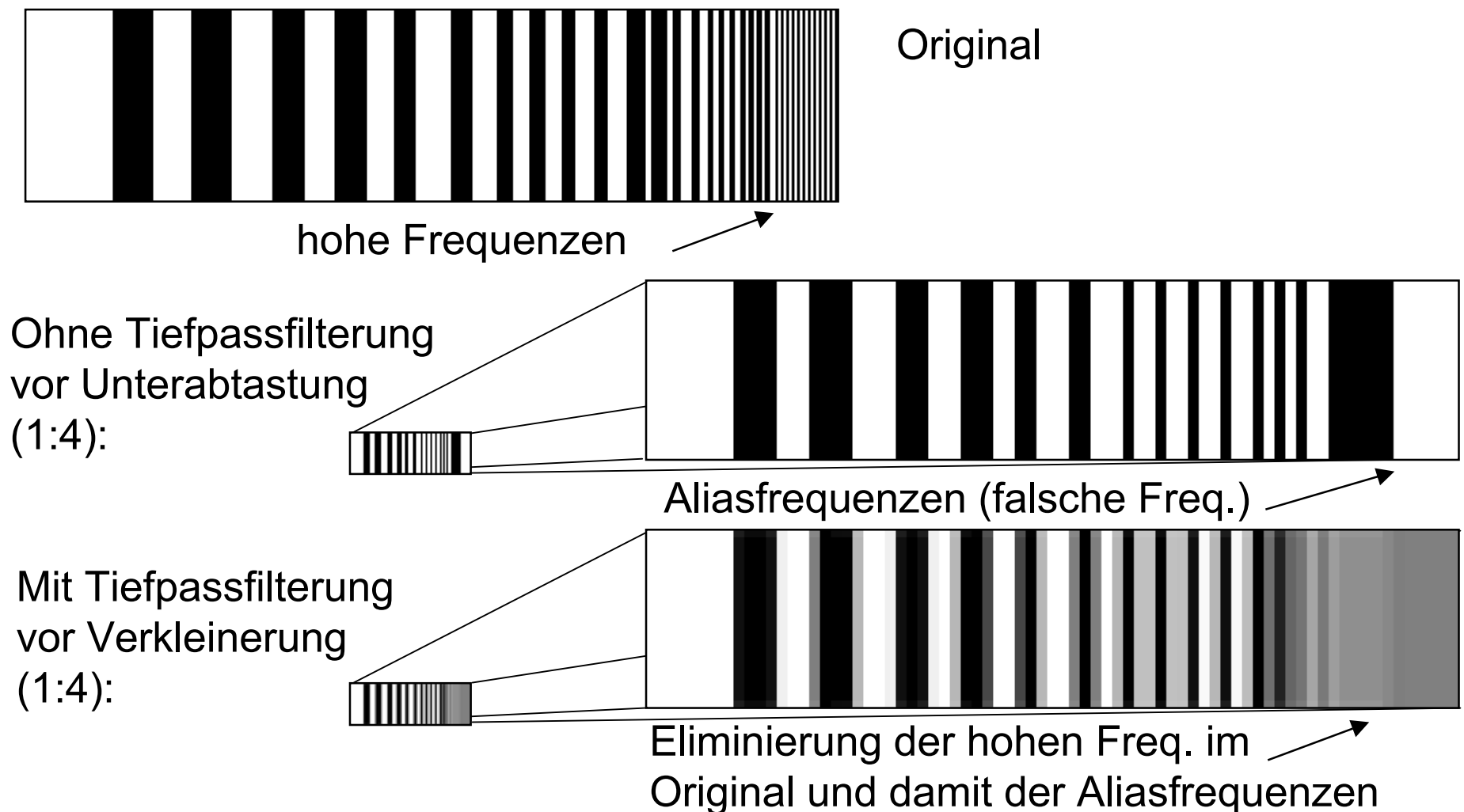


Verkleinerung durch einfache Unterabtastung



- Probleme durch ungleiches Abtastungsraster und Aliasing
- **Aliasingfehler** entstehen bei einer Abtastung eines Signals mit einer Abtastfrequenz f_T , die kleiner der doppelten maximalen Signalfrequenz f_s ist:
 $f_T < 2 f_s$

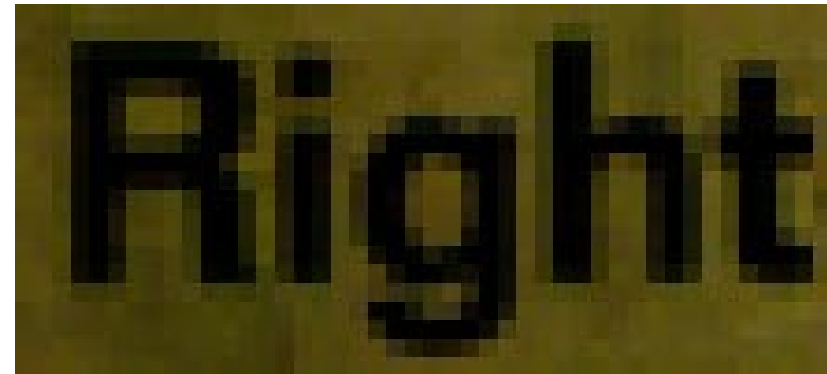
Tiefpassfilterung zur Vermeidung v. Aliasfehlern



Verkleinerung



Einfache Unterabtastung



Tiefpassfilterung und Unterabtastung

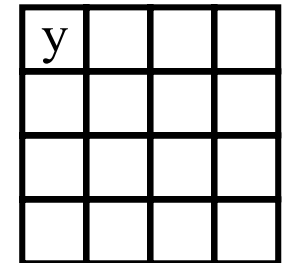
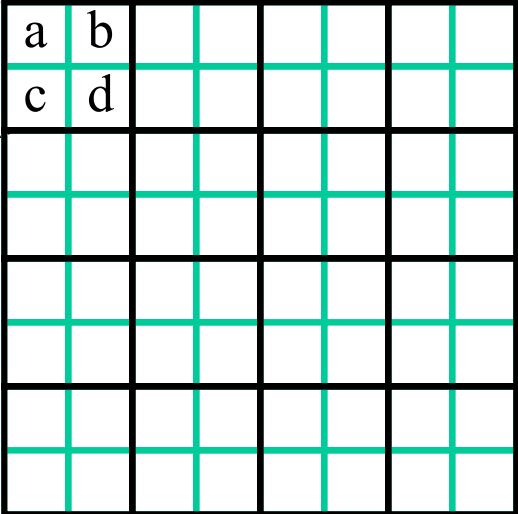
Verkleinerung

$y = (a+b+c+d)/4$

$1/4 \cdot$

1	1
1	1

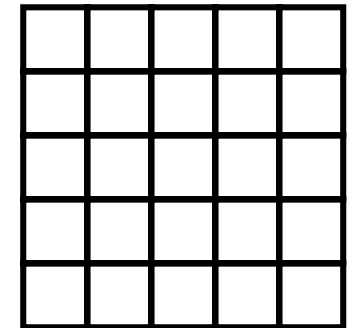
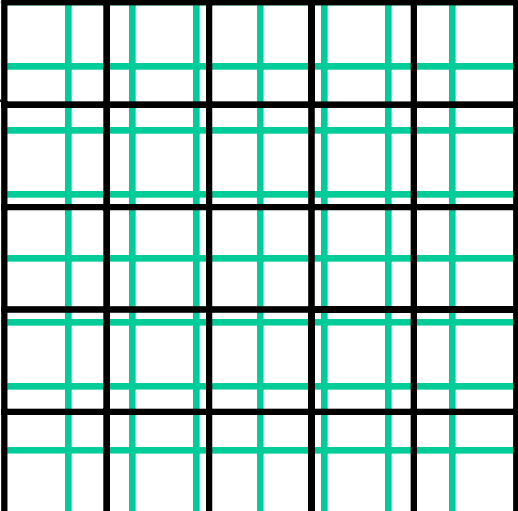
Einfacher praktikabler Ansatz:
Gewichteter Mittelwert über Pixel-
werte entsprechend anteiliger Fläche
ergibt den neuen Wert



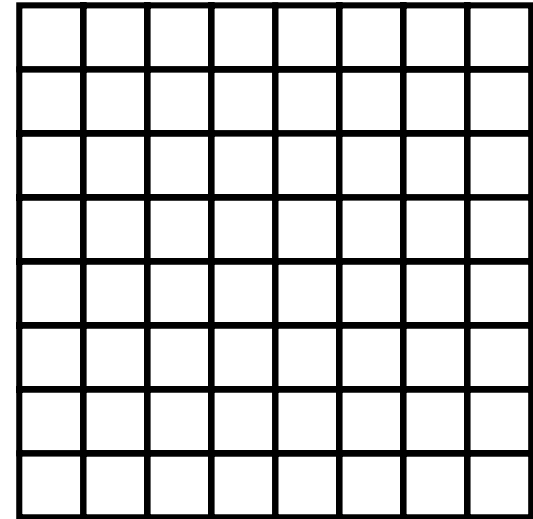
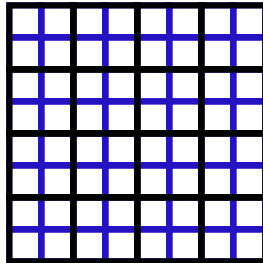
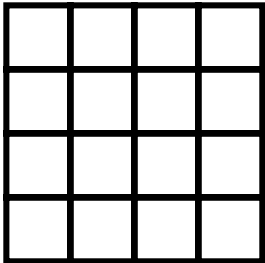
$y = (a+0,6b+0,6c+0,36d)/2,56$

$1/(1+0,6+0,6+0,36) \cdot$

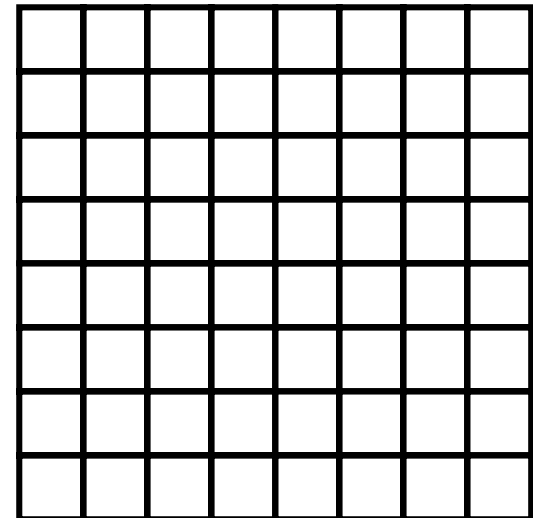
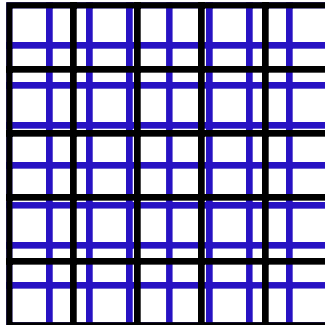
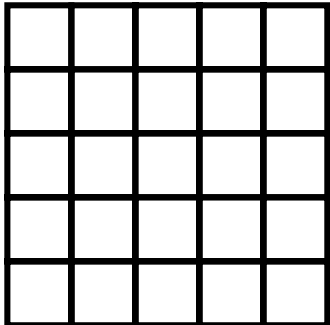
1	0,6
0,6	0,36



Vergrößerung



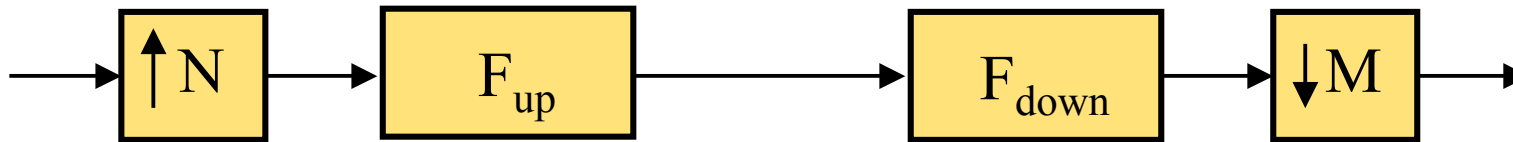
Überabtastung wiederholt nur den Bildinhalt und erzeugt somit keinen neuen Bildinhalt, ist daher nicht ausreichend



Allgemeiner Ansatz zur Änderung d. Abtastrasters

Größenänderung $\frac{N}{M}$ (Beispiel 1,5)

Interpolation um Faktor N (3)



Dezimation um Faktor M (2)

Überabtasten
=
Einfügen
von je N-1
Nullen
(hier 2 Nullen)

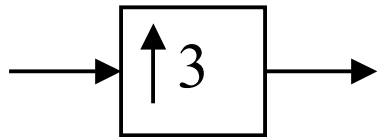
Interpolations-
filter

Antialiasing-
filter

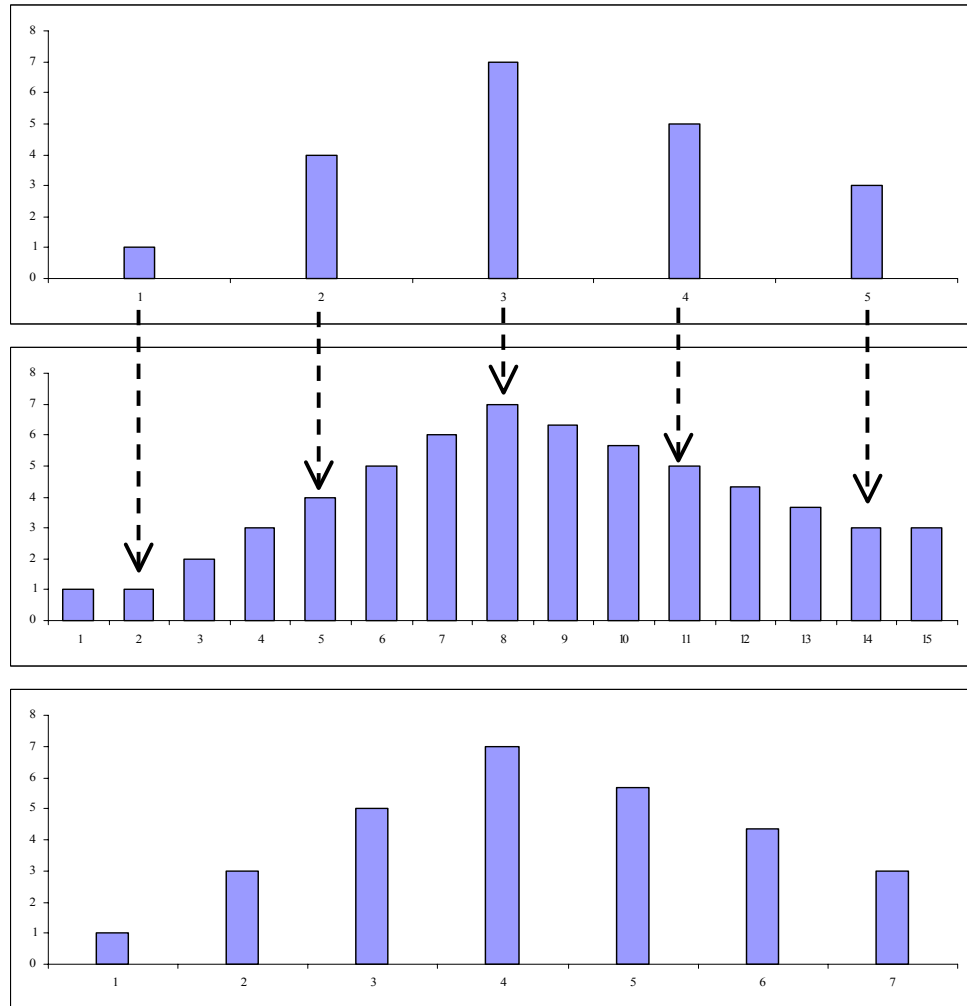
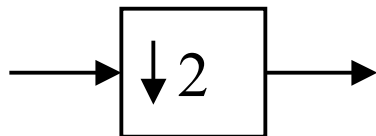
Unterabtasten
=
Auswählen jedes
M-ten Werts,
Weglassen
der Zwischenwerte
(hier 1 Zwischenwert)

Änderung des Abtastrasters (z.B. 3/2)

Interpolation um Faktor 3

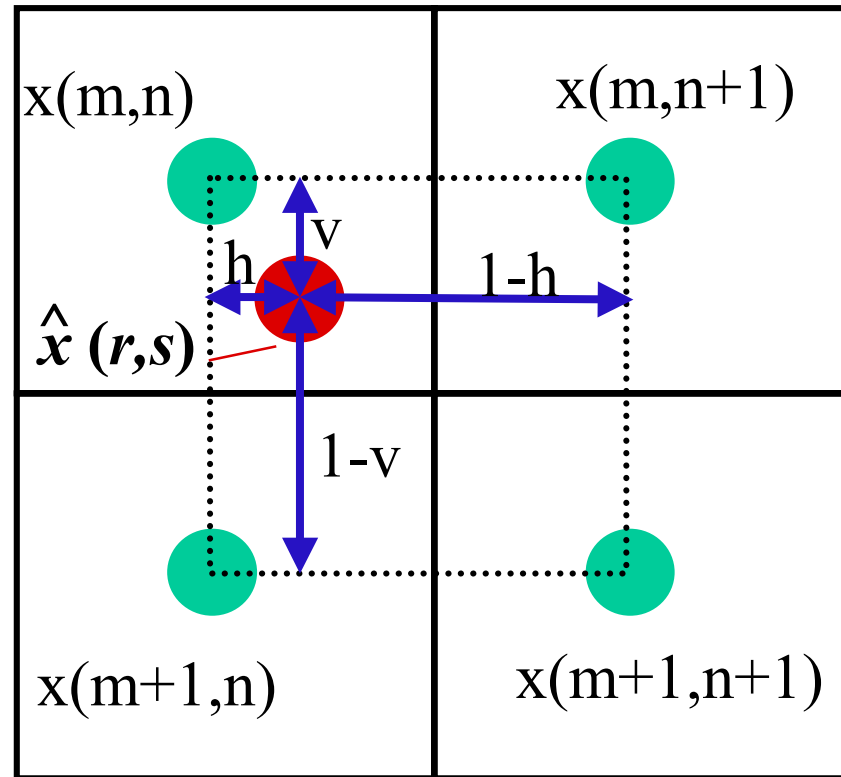


Dezimation um Faktor 2



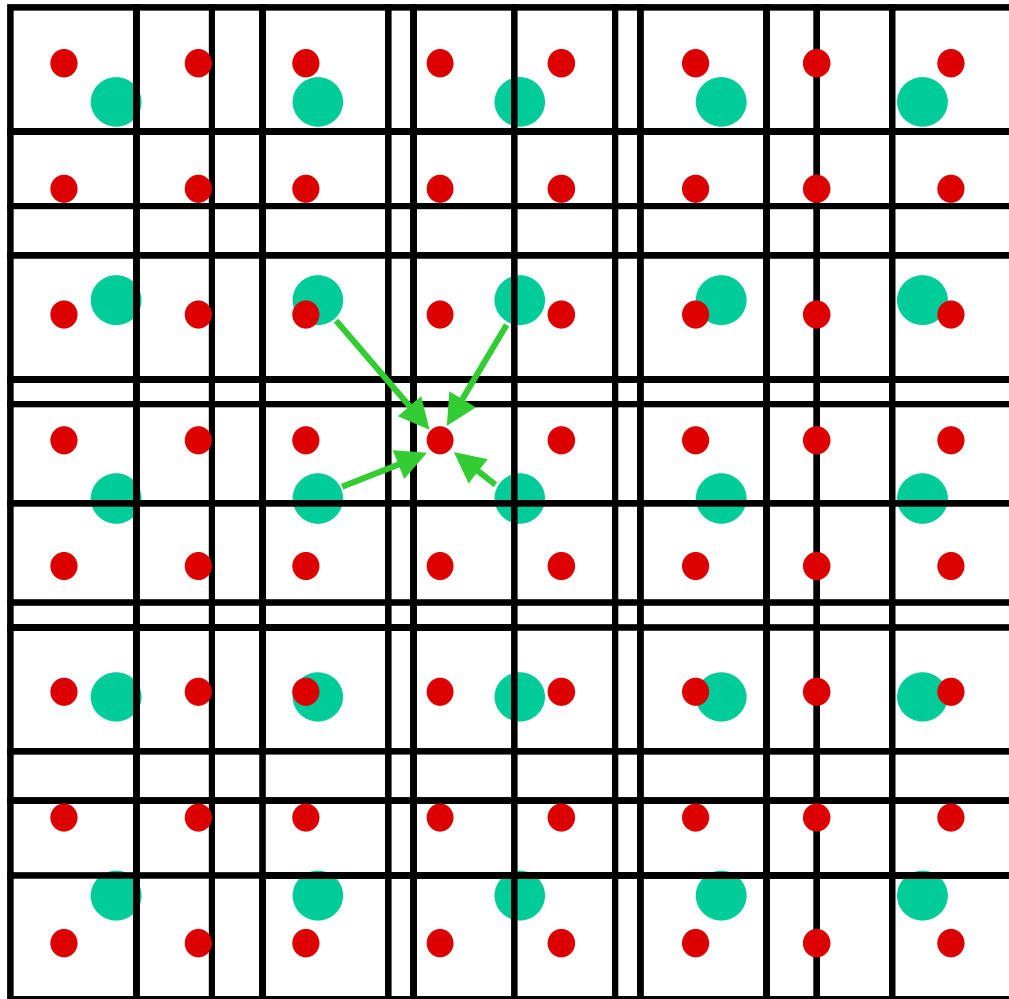
Bilineare Interpolation

Berechnung von Bildpunkten an nicht ganzzahligen Positionen (r,s) aus den vier umliegenden Bildpunkten mit Gewichtung entsprechend des Abstandes



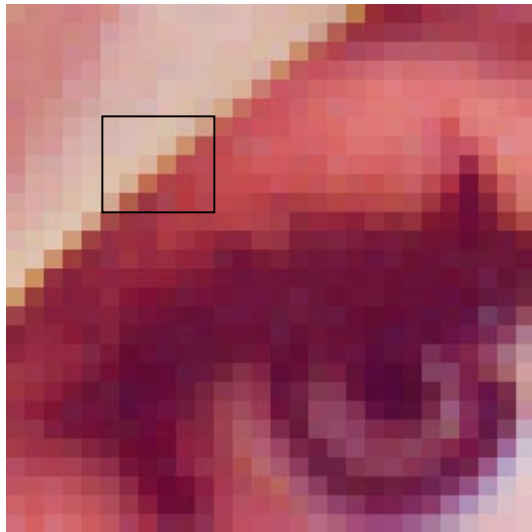
$$\hat{x}(r,s) = h \cdot v \cdot x(m,n) + (1-h) \cdot v \cdot x(m,n+1) \\ + h \cdot (1-v) \cdot x(m+1,n) + (1-h) \cdot (1-v) \cdot x(m+1,n+1)$$

Vergrößerung via bilinearer Interpolation

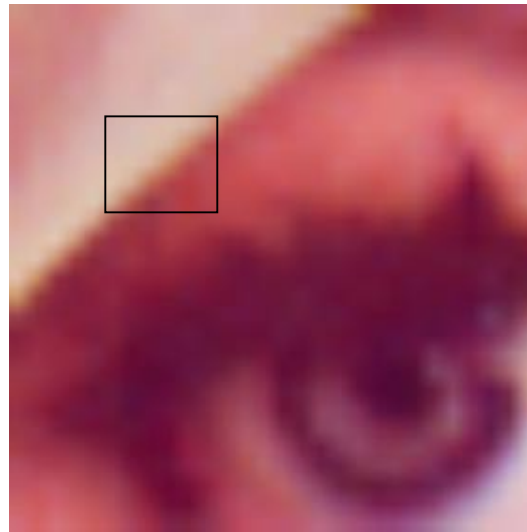


- alter Bildpunkt
- neuer Bildpunkt des vergrößerten Bildes

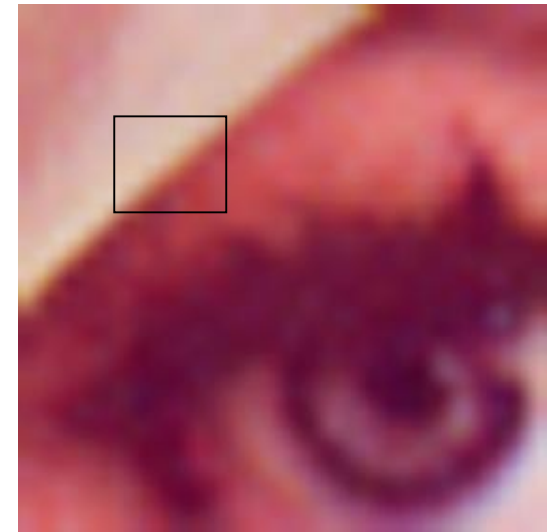
Vergleich von Interpolationen zur Vergrößerung



Pixelwiederholung
Nächster Nachbar
→ blockig



Bilineare Interpolation
aus 4 Nachbarn
→ glatter Verlauf



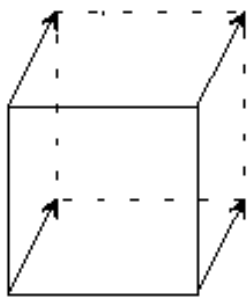
Bicubische Interpolation
aus 16 Nachbarn
→ sehr glatter Verlauf

Affin-lineare Transformation

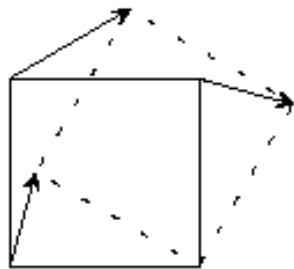
Geometrische Transformation

Örtliche Verschiebung von Punkten der Position (m,n) auf die Position (m',n')
(Pixelwerte an Zwischenpixelpositionen werden interpoliert)

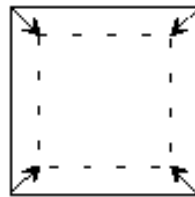
$$\begin{aligned} m' &= a_1 \cdot m + a_2 \cdot n + a_3 \\ n' &= a_4 \cdot m + a_5 \cdot n + a_6 \end{aligned} \quad \text{bzw.} \quad \begin{bmatrix} m' \\ n' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ a_4 & a_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} m \\ n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_3 \\ a_6 \end{bmatrix}$$



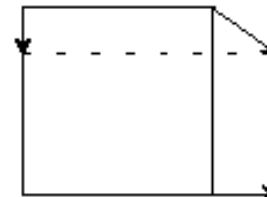
Verschiebung



Rotation



Zoom/Skalierung



Scherung

Affin-lineare Transformation

$$\begin{bmatrix} m' \\ n' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} m \\ n \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}m + a_{12}n + a_{13} \\ a_{21}m + a_{22}n + a_{23} \\ 1 \end{bmatrix}$$

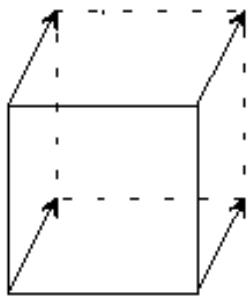
$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & T_m \\ 0 & 1 & T_n \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_m & 0 & 0 \\ 0 & S_n & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & H_n & 0 \\ H_m & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} m \\ n \\ 1 \end{bmatrix}$$

Translation

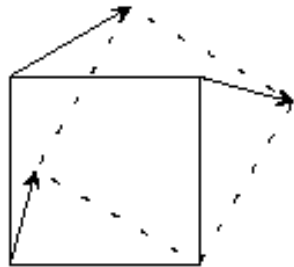
Drehung

Skalierung

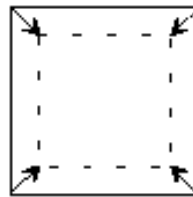
Scherung



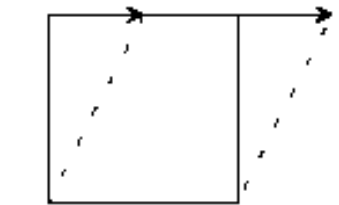
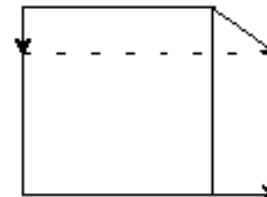
Verschiebung



Rotation



Zoom/Skalierung



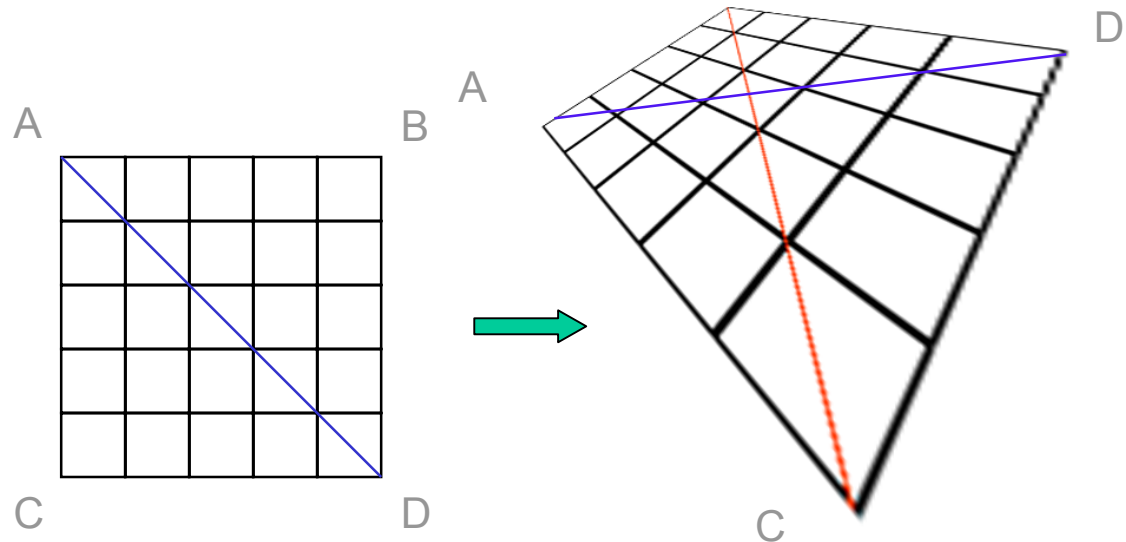
Scherung

Perspektivische Transformation

$$\begin{bmatrix} m' \\ n' \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{a_{31}m + a_{32}n + a_{33}} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} m \\ n \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}m + a_{12}n + a_{13}}{a_{31}m + a_{32}n + a_{33}} \\ \frac{a_{21}m + a_{22}n + a_{23}}{a_{31}m + a_{32}n + a_{33}} \\ 1 \end{bmatrix}$$

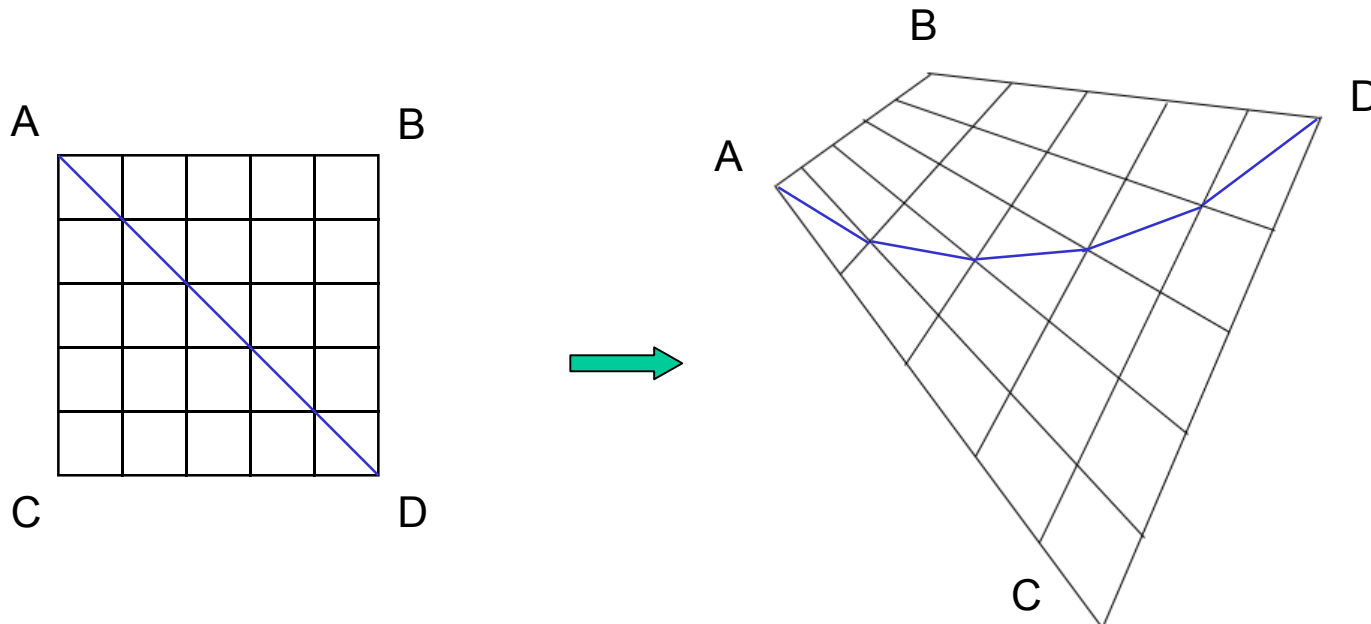
Normierung auf a_{33} liefert:

$$\begin{bmatrix} m' \\ n' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}m + a_{12}n + a_{13}}{a_{31}m + a_{32}n + 1} \\ \frac{a_{21}m + a_{22}n + a_{23}}{a_{31}m + a_{32}n + 1} \\ 1 \end{bmatrix}$$

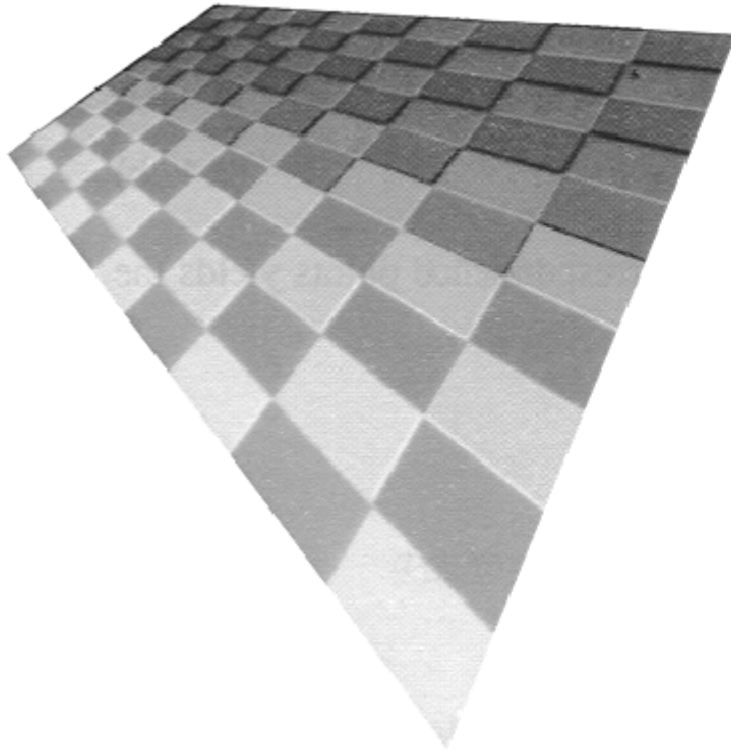


Bilineare Transformation

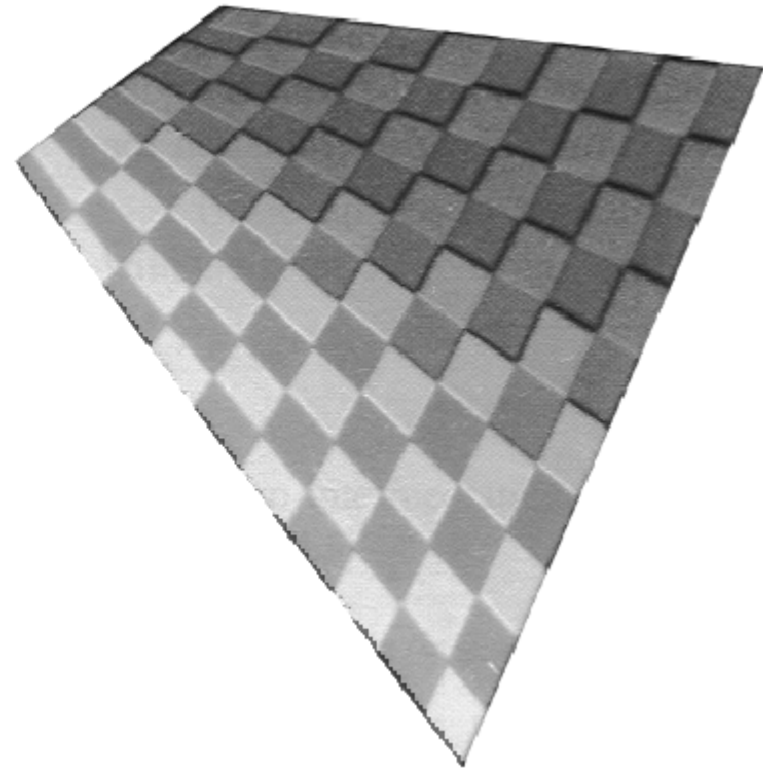
$$\begin{bmatrix} m' \\ n' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} mn \\ m \\ n \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}mn + a_{12}m + a_{13}n + a_{14} \\ a_{21}mn + a_{22}m + a_{23}n + a_{24} \\ 1 \end{bmatrix}$$



Vergleich Perspektivische Transformation



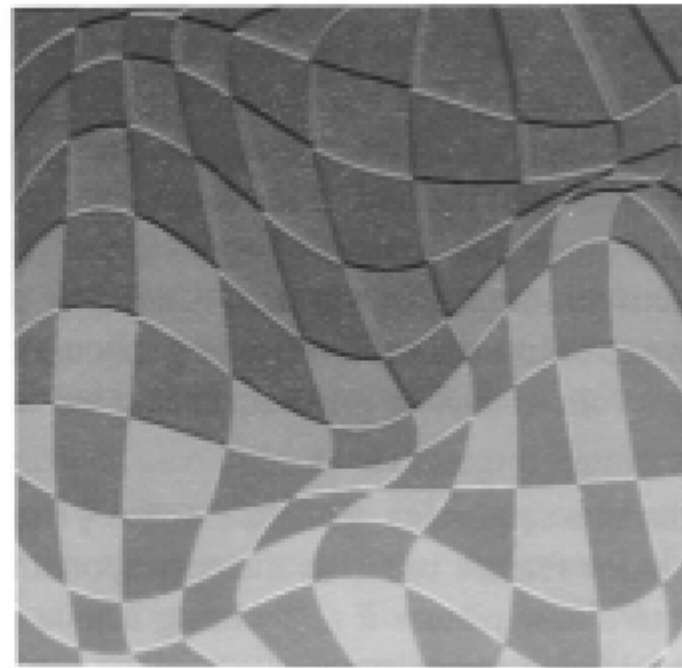
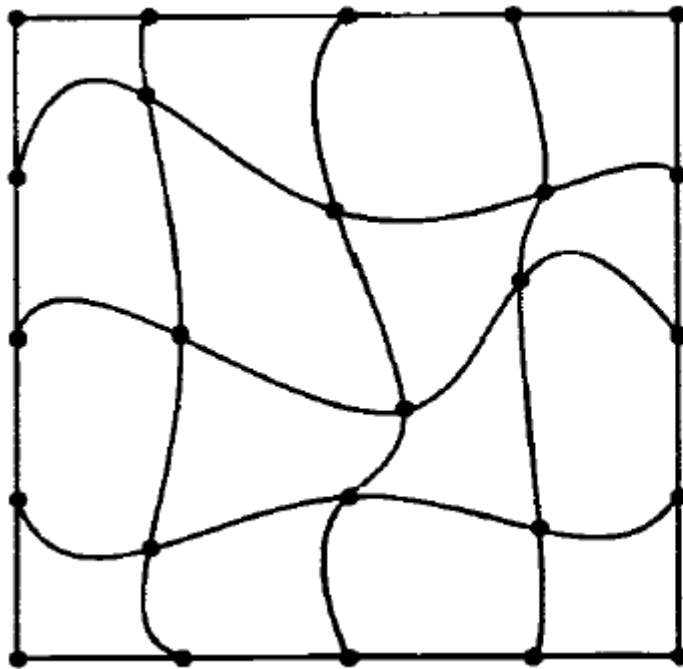
perspektivisch transformiert



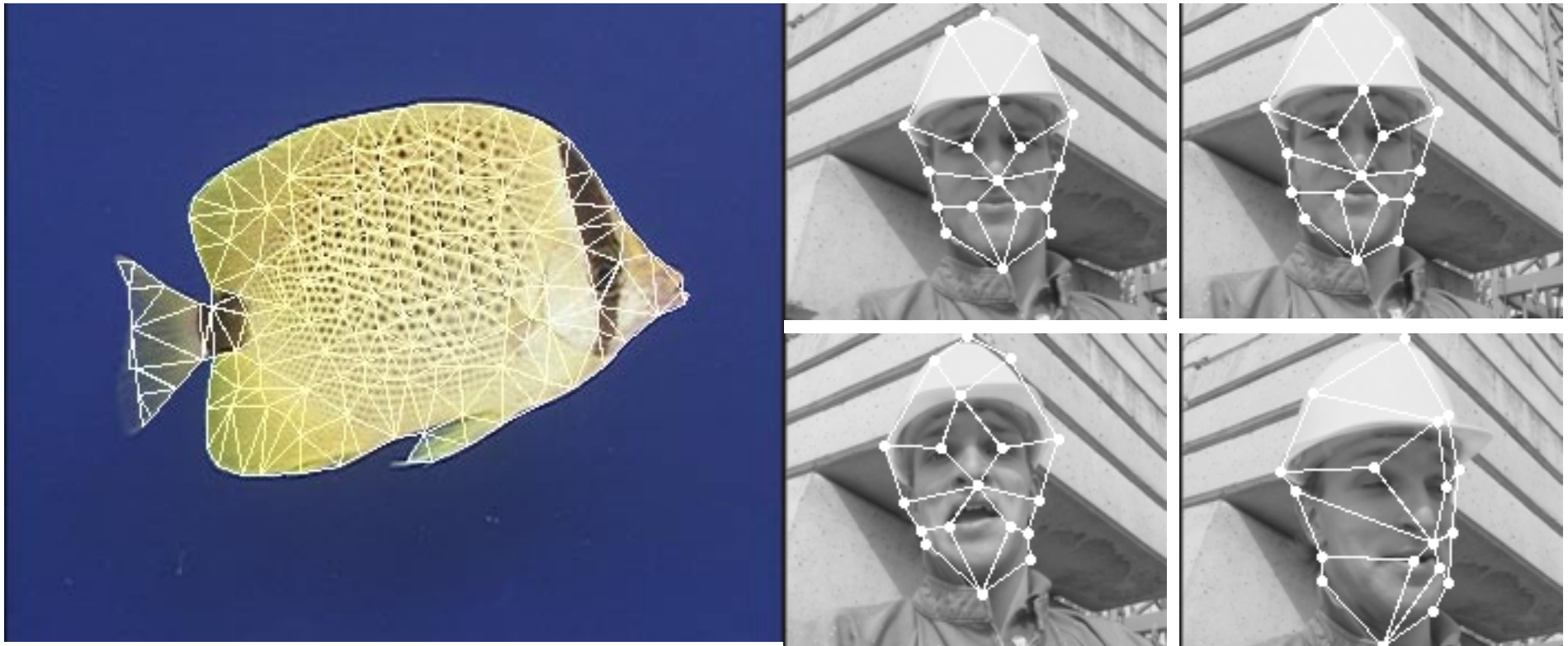
bilinear transformiert

Warping

Beim **Warping** wird der Bildinhalt durch Abbildung eines Referenzgitters auf ein anderes Gitter verzerrt



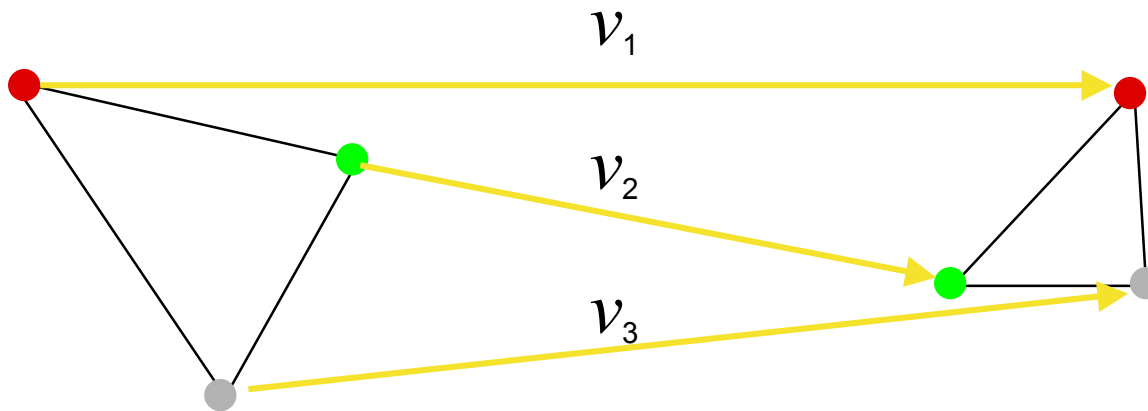
Warping mit Dreiecks- und Vierecksgittern



Bei rekursiver Anwendung des Warpings auf bereits gewarpte Ergebnisbilder ist eine hochwertige Interpolation notwendig, damit die Bildschärfe nicht zu sehr nachlässt.

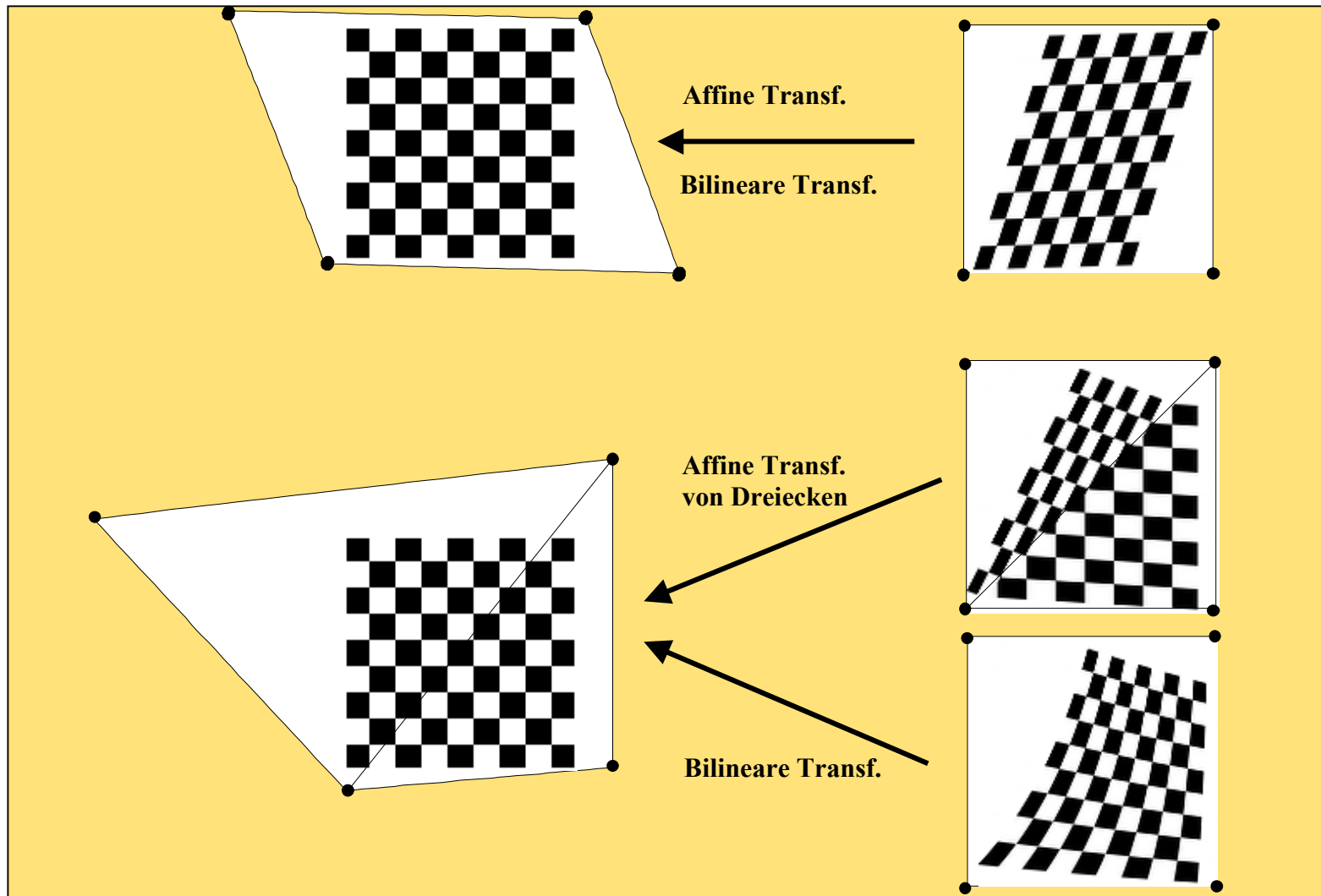
Affin-lineare Transformation

$$\begin{aligned} m' &= a_1 \cdot m + a_2 \cdot n + a_3 \\ n' &= a_4 \cdot m + a_5 \cdot n + a_6 \end{aligned} \quad \text{bzw.} \quad \begin{bmatrix} m' \\ n' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ a_4 & a_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} m \\ n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_3 \\ a_6 \end{bmatrix}$$

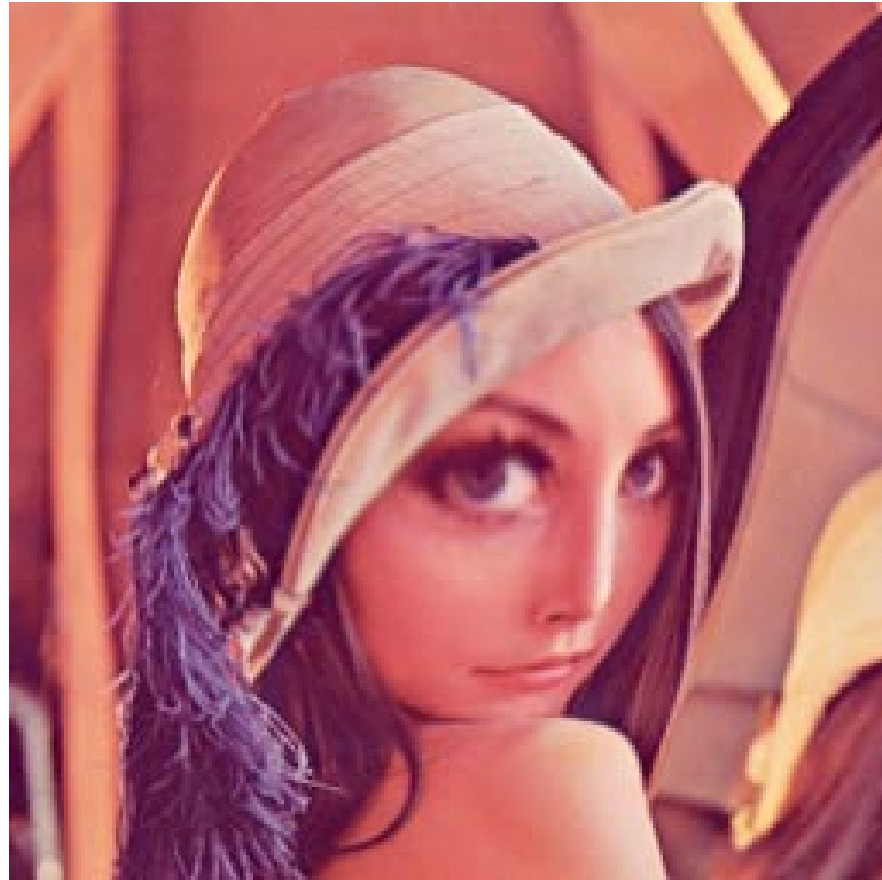
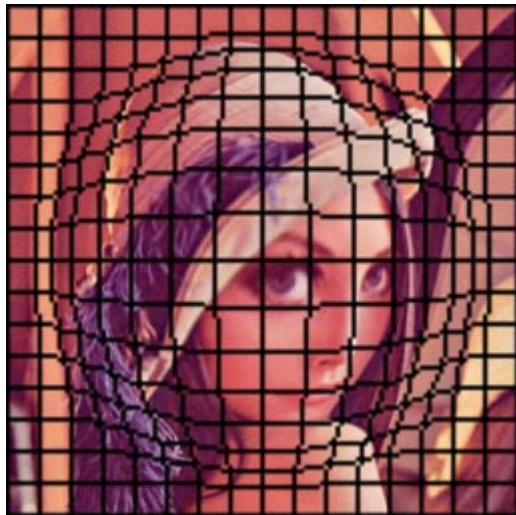
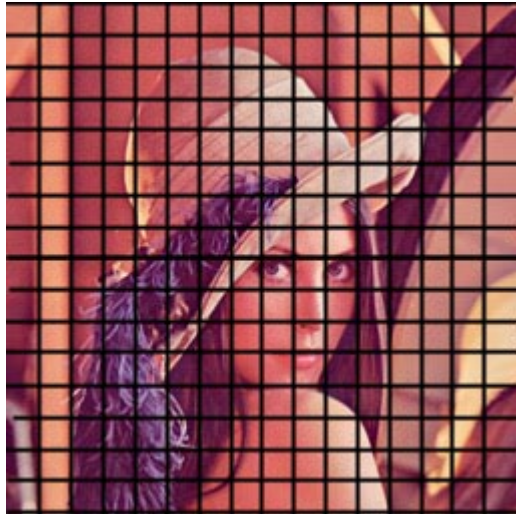


Die 6 affinen Bewegungsparameter $a_1 \dots a_6$ können eindeutig durch die Bewegungsvektoren von drei Bildpunkten $v_1 \dots v_3$ beschrieben werden

Warping mit Dreiecks- und Vierecksgittern



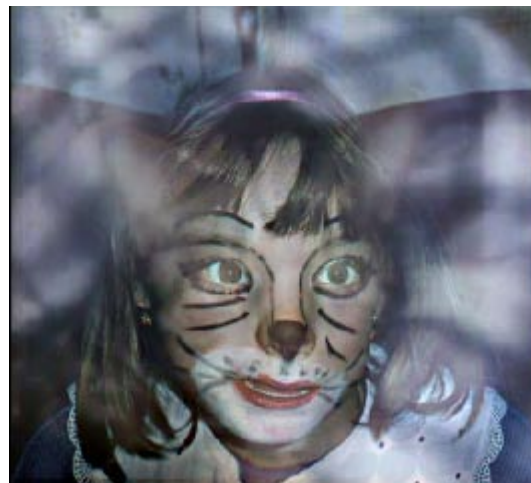
Warpingfilter



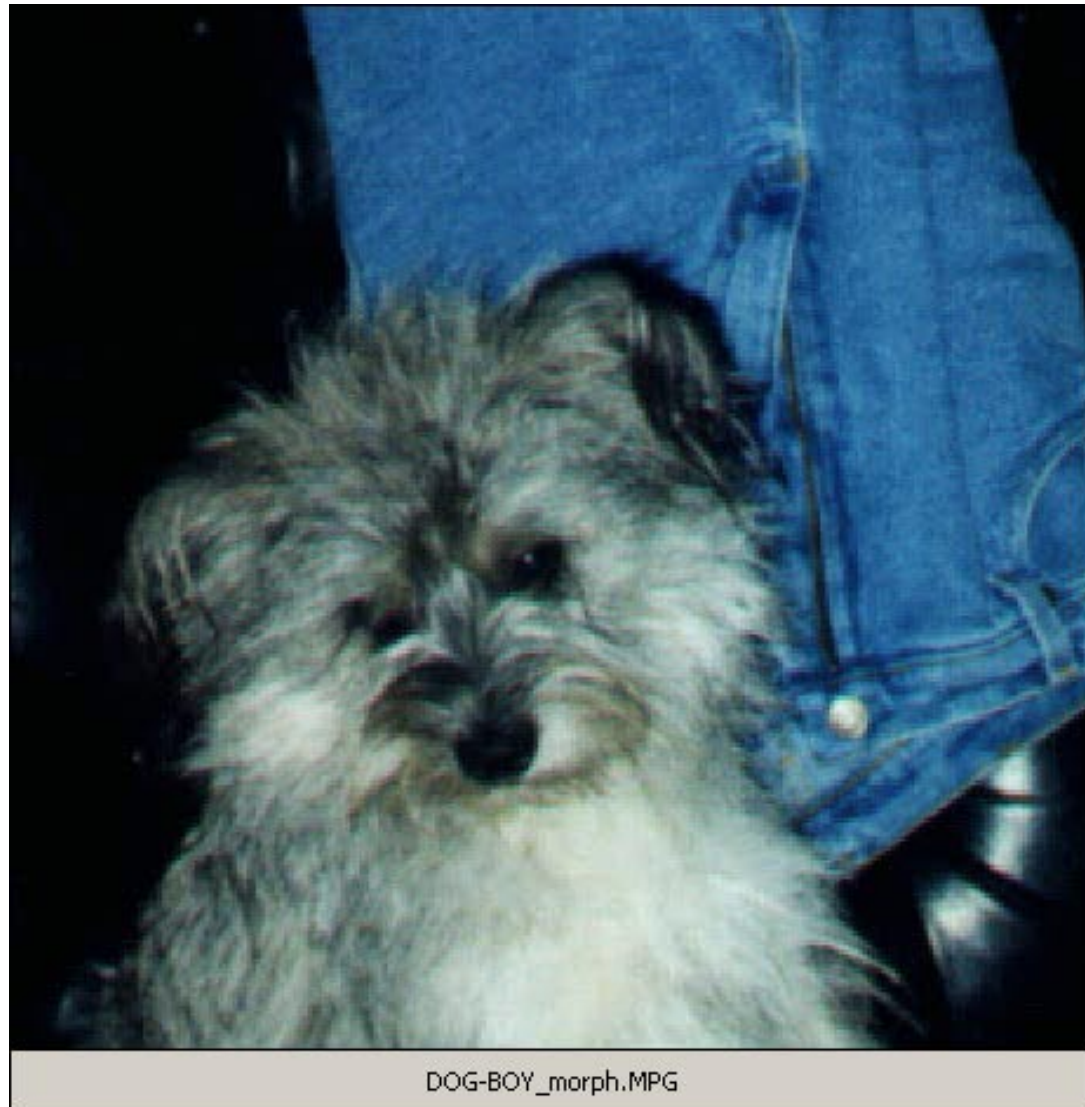
Siehe Photoshop 'Image/Liquify'

Morphing

- Beim **Morphing** wird der Bildinhalt durch Abbildung eines Referenzgitters auf ein Zielgitter gleicher Topologie über mehrere Zwischenschritten auf einen neuen Bildinhalt übergeblendet
- Neben einer geometrischen Transformation (Warping) werden zusätzlich die Pixelwerte in Helligkeit und Farbe verändert



Morphing



Morphingsoftware

