

## Methoden zur Bildschärfung

Was wird als scharf empfunden?

Was wurde bei „klassischem“ Film gemacht?


Was wird bei Digitalbildern gemacht?

# Welches Bild ist schärfer?

Ansichten einer Lagunenstadt

25 26 27 28  
« Jan

Von Webmaster 20. Januar 2019 Galerien, Mitglieder



In ihrer ersten Mitgliedergalerie zeigt Rita von Schlippe Bilder eines Besuches der Lagunenstadt Venedig. Ihre Bilder

Weiterlesen

**Schlagwörter**

100 Jahre 2014 **Ausstellung** Bad  
Rothenfelde **Bild des Monats**  
Botanischer Garten Christof Haverkamp  
Dashow Diavortrag Dr. Hans-Jürgen Schöttler Dr.  
Klaus-Dieter Bergmann **Exkursion** Fahreräder  
**Fototreff** Fototreffen **Galerie** Heinz  
Hesse Herbst **Jahresthema** Jubiläum  
**Landschaft** Lichter Lichtsicht **MIK**

Mitgliederversammlung Monatsthema Museum für  
Industriekultur Museum Industriekultur  
**Natur** Nicht das Ganze Norbert Emeis Osnabrück  
Pflanzen Portrat Reisefotografie  
**Thema des Monats** Ursula  
Meyer Venedig Vergänglichkeit Vernissage  
**Vortrag** Werner Michalek Wildpferde Workshop  
Zwei


« Zurück

Version A

Ansichten einer Lagunenstadt

25 26 27 28  
« Jan

Von Webmaster 20. Januar 2019 Galerien, Mitglieder



In ihrer ersten Mitgliedergalerie zeigt Rita von Schlippe Bilder eines Besuches der Lagunenstadt Venedig. Ihre Bilder

Weiterlesen

**Schlagwörter**

100 Jahre 2014 **Ausstellung** Bad  
Rothenfelde **Bild des Monats**  
Botanischer Garten Christof Haverkamp  
Dashow Diavortrag Dr. Hans-Jürgen Schöttler Dr.  
Klaus-Dieter Bergmann **Exkursion** Fahreräder  
**Fototreff** Fototreffen **Galerie** Heinz  
Hesse Herbst **Jahresthema** Jubiläum  
**Landschaft** Lichter Lichtsicht **MIK**

Mitgliederversammlung Monatsthema Museum für  
Industriekultur Museum Industriekultur  
**Natur** Nicht das Ganze Norbert Emeis Osnabrück  
Pflanzen Portrat Reisefotografie  
**Thema des Monats** Ursula  
Meyer Venedig Vergänglichkeit Vernissage  
**Vortrag** Werner Michalek Wildpferde Workshop  
Zwei

« Zurück

Version B

Welches Bild ist schärfer?

Ein etwas genauerer Blick



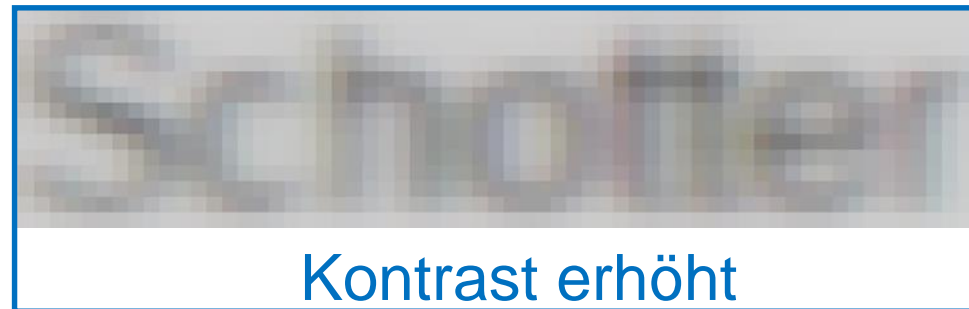
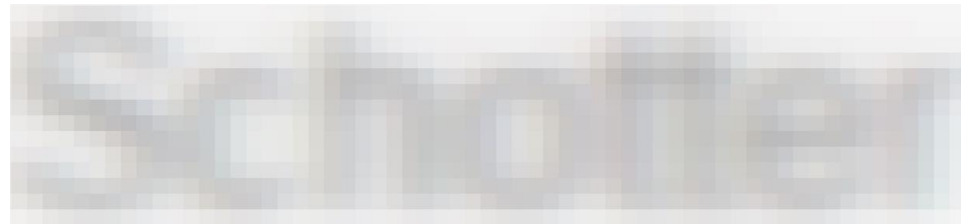
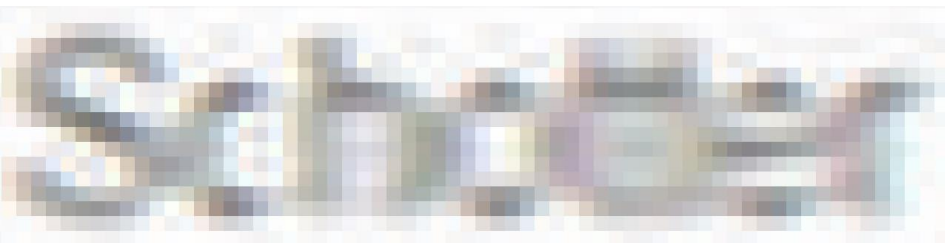
Version A



Version B

Welches Bild ist schärfer?

Ein noch genauerer Blick




Version A

Version B

# Welches Bild ist schärfer?

Ansichten einer Lagunenstadt

Von Webmaster 20. Januar 2019 Galerien, Mitglieder



In ihrer ersten Mitgliedergalerie zeigt Rita von Schlippe Bilder eines Besuches der Lagunenstadt Venedig. Ihre Bilder

Weiterlesen

« Zurück

Schlagwörter


100 Jahre 2014 **Ausstellung** Bad  
Rothenfelde **Bild des Monats**  
Botanischer Garten Christof Haverkamp  
Dashow Diavortrag Dr. Hans-Jürgen Schöttler Dr.  
Klaus-Dieter Bergmann **Exkursion** Fahräder  
Fototreff **Fototreffen** **Galerie** Heinz  
Hesse Herbst **Jahresthema** Jubiläum  
Landschaft **Lichter** **Lichtstich** **MIK**  
Mitgliederversammlung **Monatsthema** Museum für  
Industriekultur **Museum** **Industriekultur**  
**Natur** Nicht das Ganze Norbert Emeis Osnabrück  
Pflanzen **Portrait** **Reisefotografie**  
**Thema des Monats** Ursula  
Meyer Venedig **Vergänglichkeit** **Vernissage**  
**Vortrag** Werner Michalek Wildpferde Workshop  
Zwei

Höherer Schärfeeindruck  
(ähnlich Kanteneffekt, siehe später)

Version A

Ansichten einer Lagunenstadt

Von Webmaster 20. Januar 2019 Galerien, Mitglieder



In ihrer ersten Mitgliedergalerie zeigt Rita von Schlippe Bilder eines Besuches der Lagunenstadt Venedig. Ihre Bilder

Weiterlesen

« Zurück

Schlagwörter

100 Jahre 2014 **Ausstellung** Bad  
Rothenfelde **Bild des Monats**  
Botanischer Garten Christof Haverkamp  
Dashow Diavortrag Dr. Hans-Jürgen Schöttler Dr.  
Klaus-Dieter Bergmann **Exkursion** Fahräder  
Fototreff **Fototreffen** **Galerie** Heinz  
Hesse Herbst **Jahresthema** Jubiläum  
Landschaft **Lichter** **Lichtstich** **MIK**  
Mitgliederversammlung **Monatsthema** Museum für  
Industriekultur **Museum** **Industriekultur**  
**Natur** Nicht das Ganze Norbert Emeis Osnabrück  
Pflanzen **Portrait** **Reisefotografie**  
**Thema des Monats** Ursula  
Meyer Venedig **Vergänglichkeit** **Vernissage**  
**Vortrag** Werner Michalek Wildpferde Workshop  
Zwei

Höhere Auflösung

Version B

Welches Bild ist schärfer?

Hoher Schärfeeindruck und hohe Auflösung (Wiedergabe kleiner Details) sind nicht unbedingt miteinander gekoppelt!

Ein Bild kann weniger Megapixel Auflösung haben aber schärfer erscheinen als ein Bild mit höherer Pixelanzahl!

# Was wird als scharf empfunden?



Figure 6: Resolution = Sharpness?

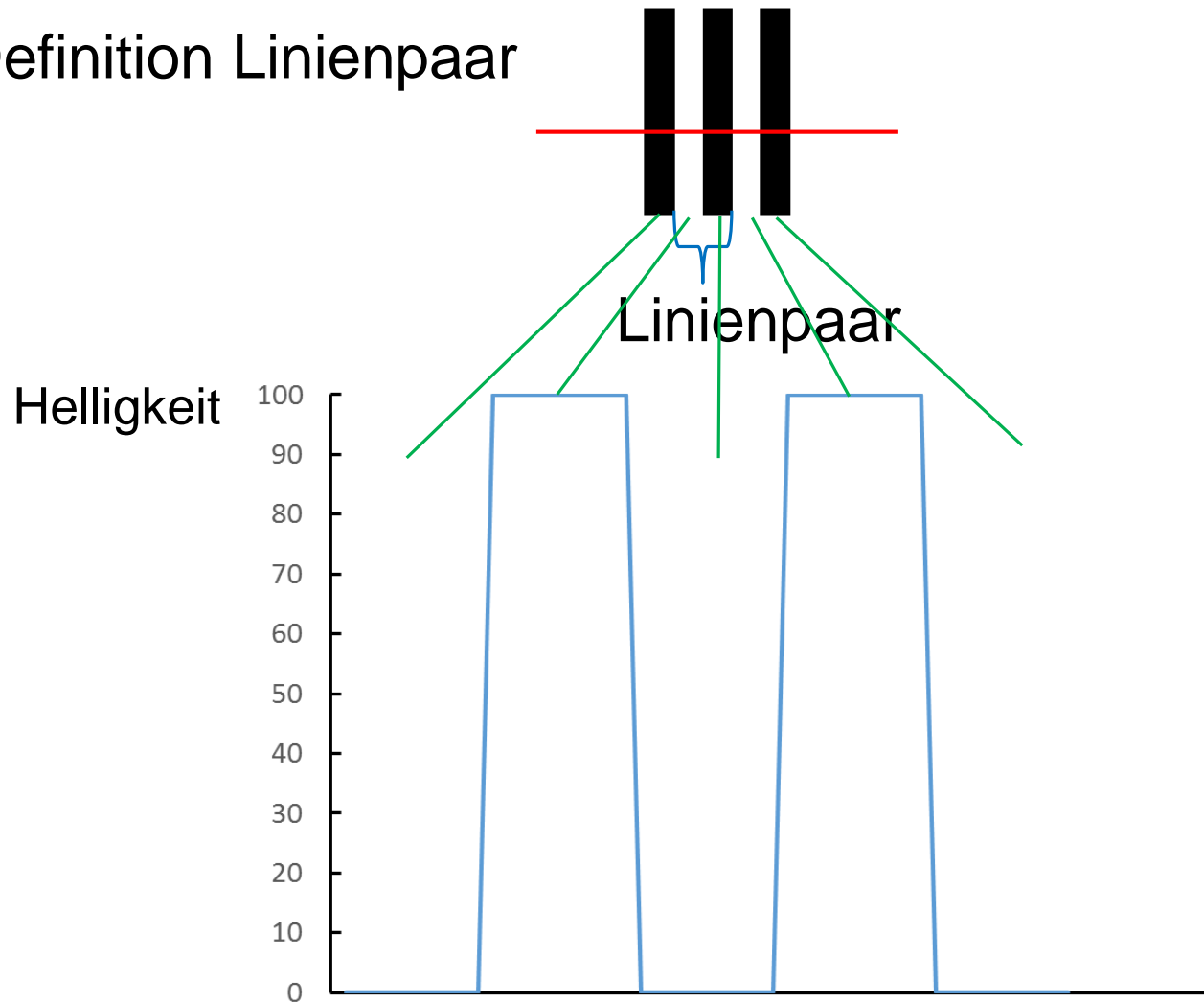
Kiening (Arri) „4K+ Systems Theory Basics for Motion Picture Imaging”

Siehe auch:

<https://schneiderkreuznach.com/application/files/7215/0841/8896/optik-fuer-die-digitale-fotografie.pdf>

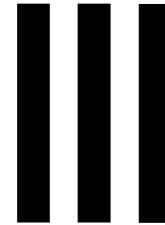
Was wird als scharf empfunden?

Definition Linienpaar



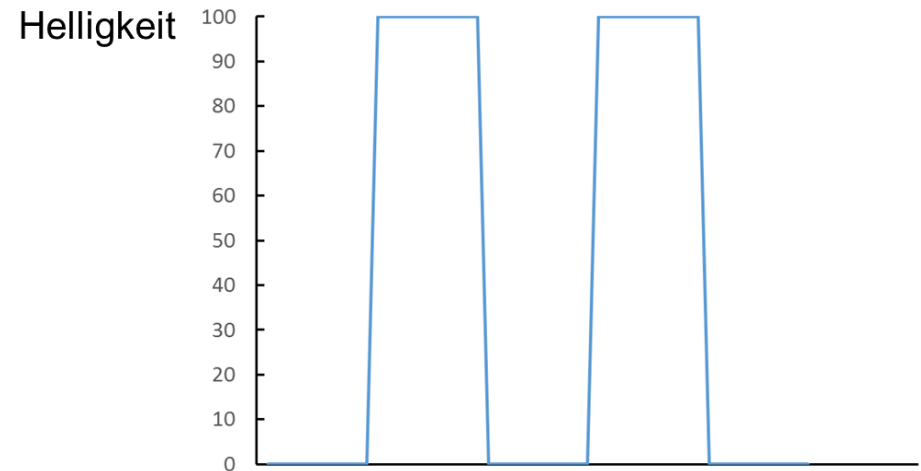


Was wird als scharf empfunden?



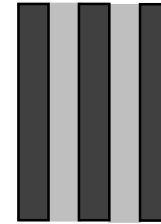
Modulation

Helligkeit schwankt  
zwischen 0% und 100%



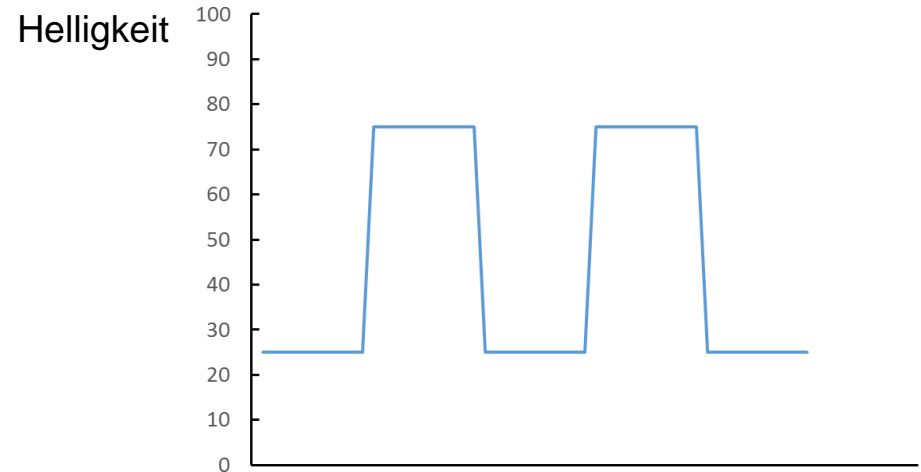
Daraus folgt rechnerisch:  $Modulation = \frac{100 - 0}{100 + 0} = 1 = 100\%$

Was wird als scharf empfunden?



Modulation

Helligkeit schwankt  
zwischen 25% und 75%



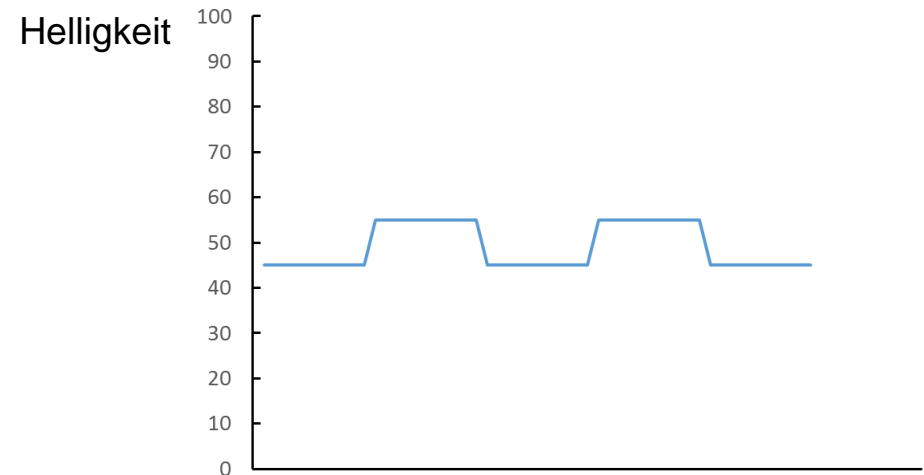
Daraus folgt rechnerisch:  $Modulation = \frac{75 - 25}{75 + 25} = 0,5 = 50\%$

Was wird als scharf empfunden?



Modulation

Helligkeit schwankt  
zwischen 45% und 55%



Daraus folgt rechnerisch:  $Modulation = \frac{55 - 45}{55 + 45} = 0,1 = 10\%$

Was wird als scharf empfunden?

1 Linienpaar

2 Linienpaare

5 Linienpaare

10 Linienpaare

Was wird als scharf empfunden?



25 Linienpaare

50 Linienpaare

100 Linienpaare

200 Linienpaare

Was wird als scharf empfunden?



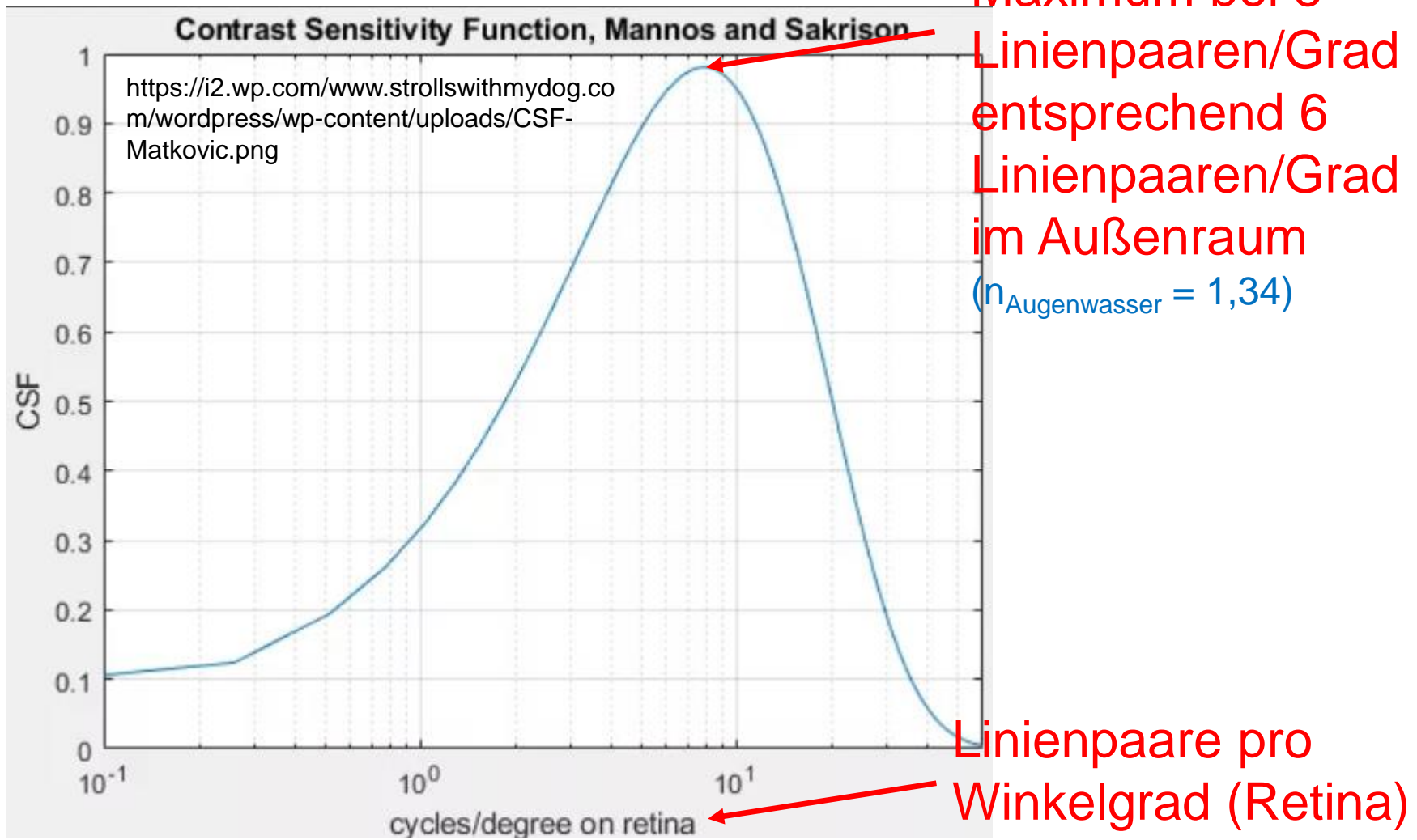
200 Linienpaare



400 Linienpaare

Was wird als scharf empfunden?

## Kontrast-Empfindlichkeitskurve



Was wird als scharf empfunden?

Kontrast-Empfindlichkeitskurve

6 Linienpaaren/Grad entsprechen bei Betrachtung eines  
DIN A4 Bildes aus 25cm Entfernung:

1,24 Linienpaaren/mm auf Papier  
bzw. 10 Linienpaare/mm auf Kleinbild

Dementsprechend für

DIN A3: 14 Linienpaare/mm auf Kleinbild

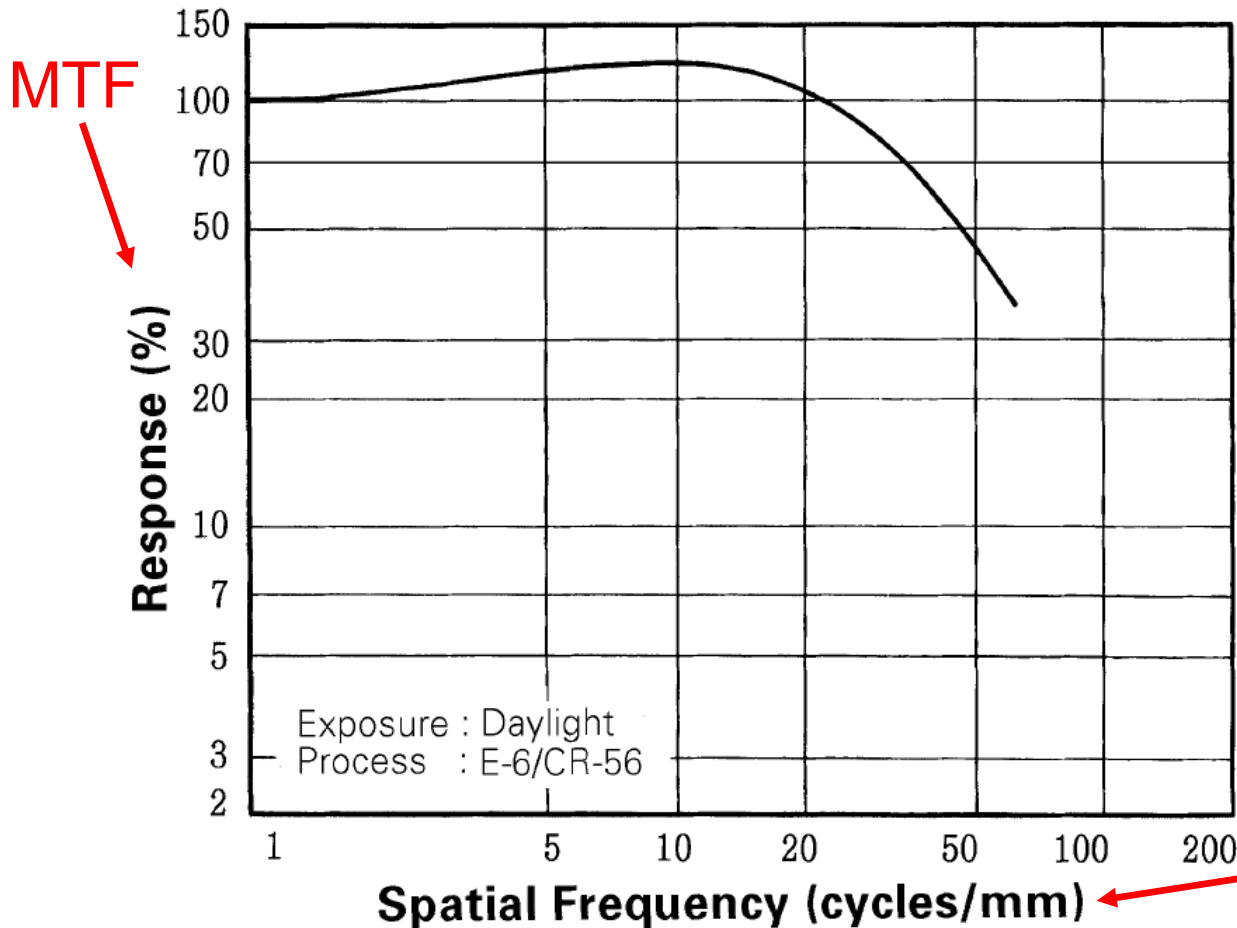
DIN A2: 20 Linienpaare/mm auf Kleinbild

**Kleinbild: 5 - 40 Linienpaare/mm wichtig**



# Fototechnische Realität

Für Filme, Objektive, usw. werden Modulationsübertragungsfunktionen (MTF) angegeben

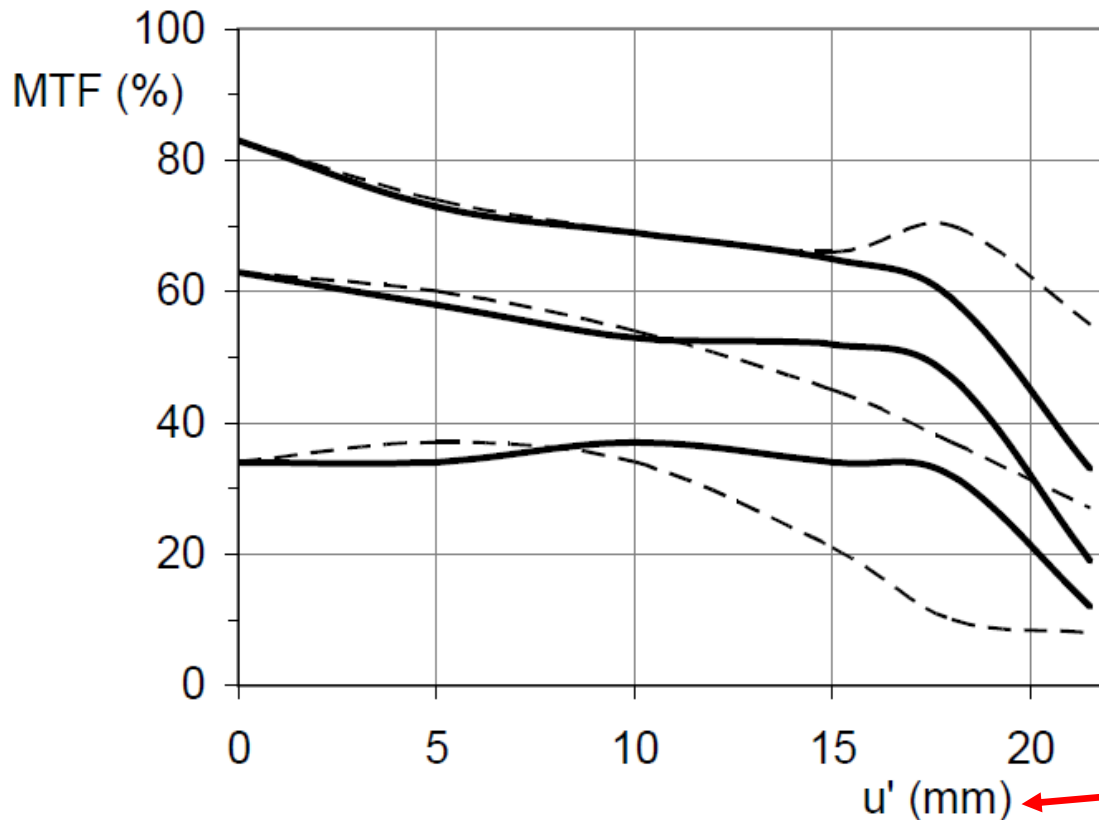


Fujifilm Datenblatt  
Fujichrome Velvia 50  
Professional [RVP50]

Linienpaare  
pro mm

# Fototechnische Realität

Für Filme, Objektive, usw. werden  
Modulationsübertragungsfunktionen (MTF) angegeben  
Blendenzahl  $k=1.4$



(Nasse, Zeiss „Wie liest man MTF- Kurven?“)  
MTF-Kurven für Objektiv  
Planar 1.4/50 ZF , für  
10, 20 und 40 Lp/mm

Abstand von  
Bildmitte

## Fototechnische Realität

Für Filme, Objektive, usw. werden Modulationsübertragungsfunktionen (MTF) angegeben

Für Kombination von Film und Objektiv ergibt sich gesamte Modulationsübertragungsfunktionen.

Z.B.: Zeiss Planar bei Blende 1,4 in der Bildmitte bei 10 Linienpaaren pro mm:

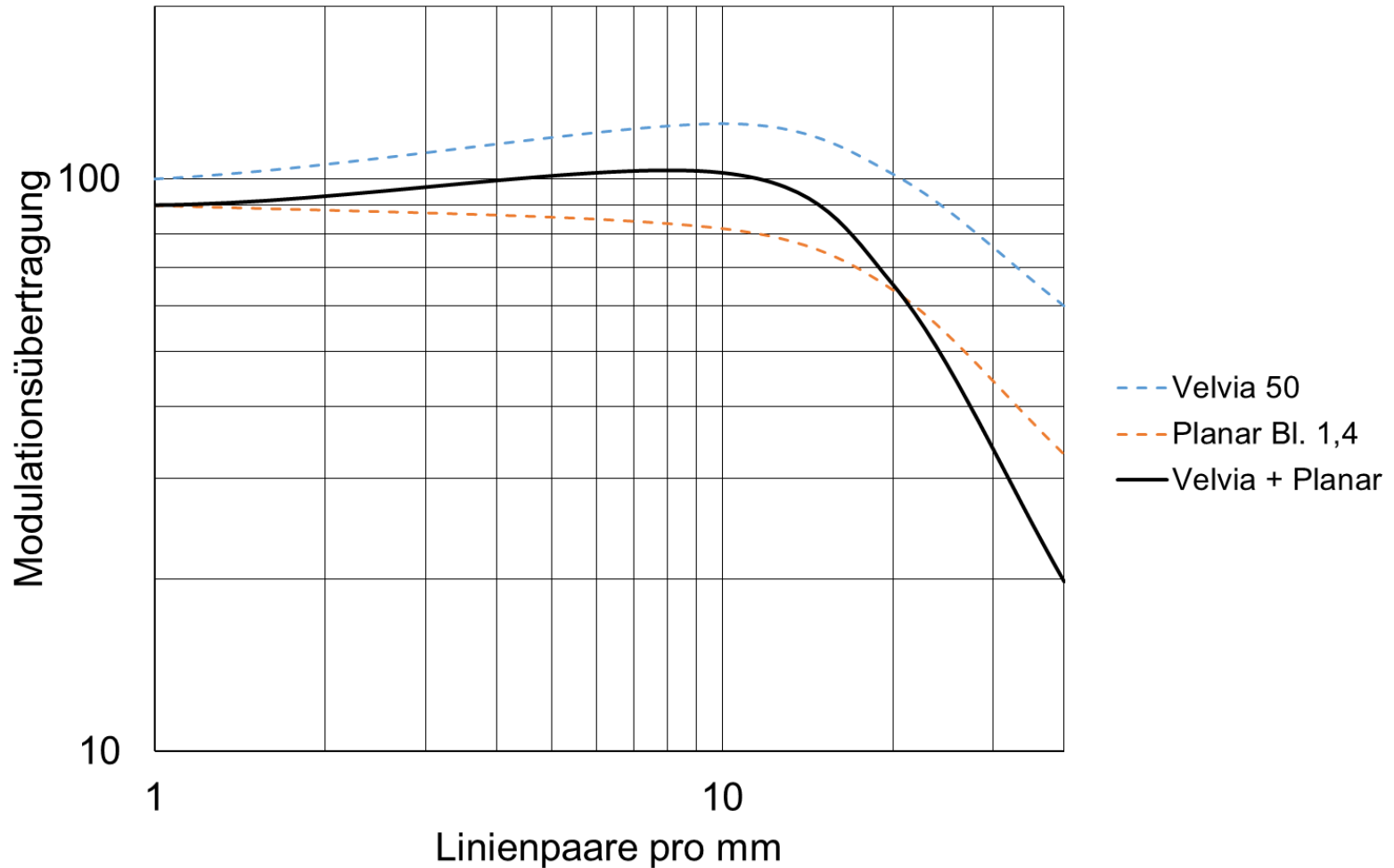
$$\textit{Modulationsübertragung} \approx 1,25 * 0,82 \approx 1,03 = 103\%$$

Oder: Zeiss Planar bei Blende 1,4 in der Bildmitte bei 40 Linienpaaren pro mm:

$$\textit{Modulationsübertragung} \approx 0,6 * 0,34 \approx 0,20 = 20\%$$

# Fototechnische Realität

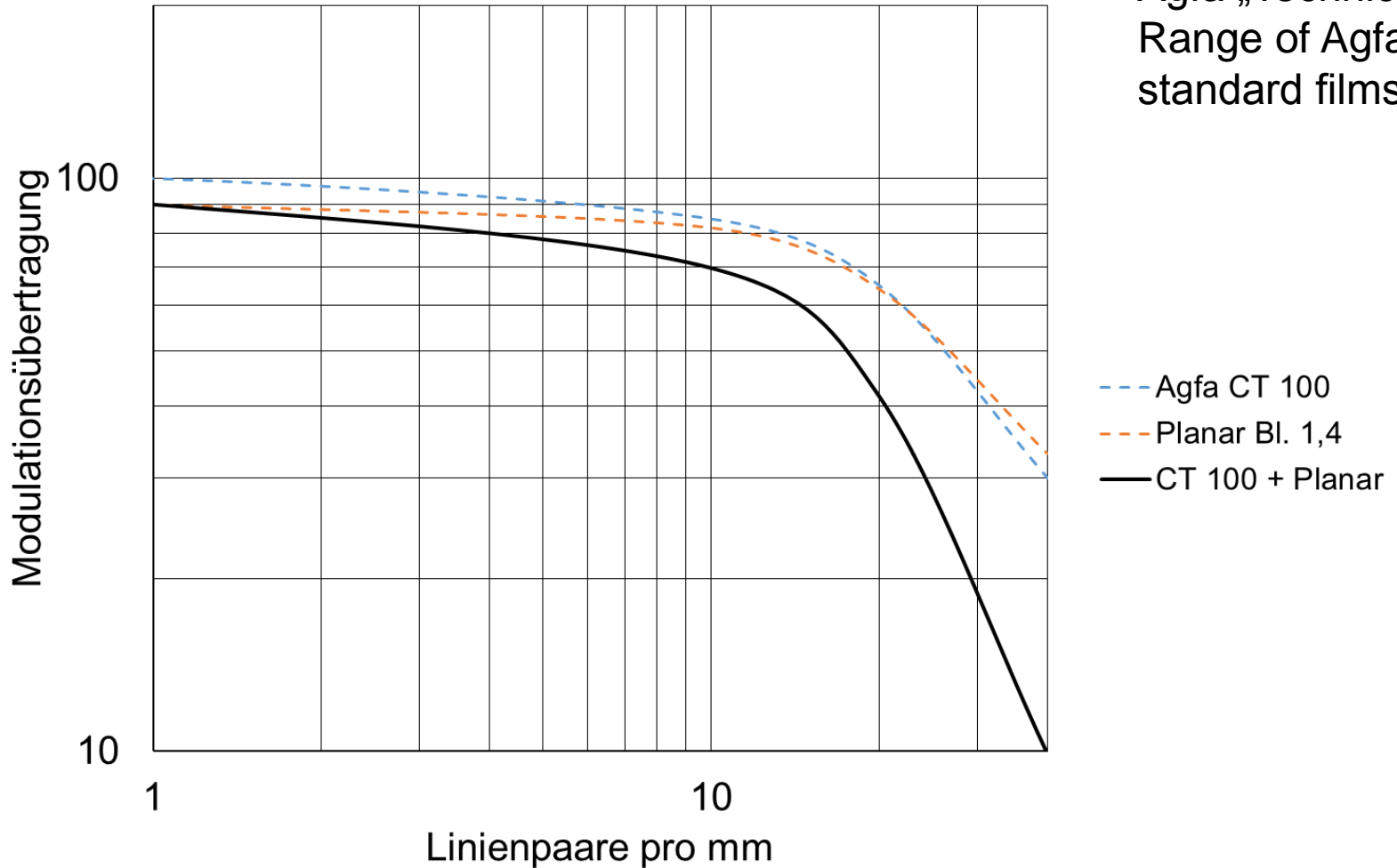
## Ungefähre Modulationsübertragungsfunktion (MTF) gesamt



# Fototechnische Realität

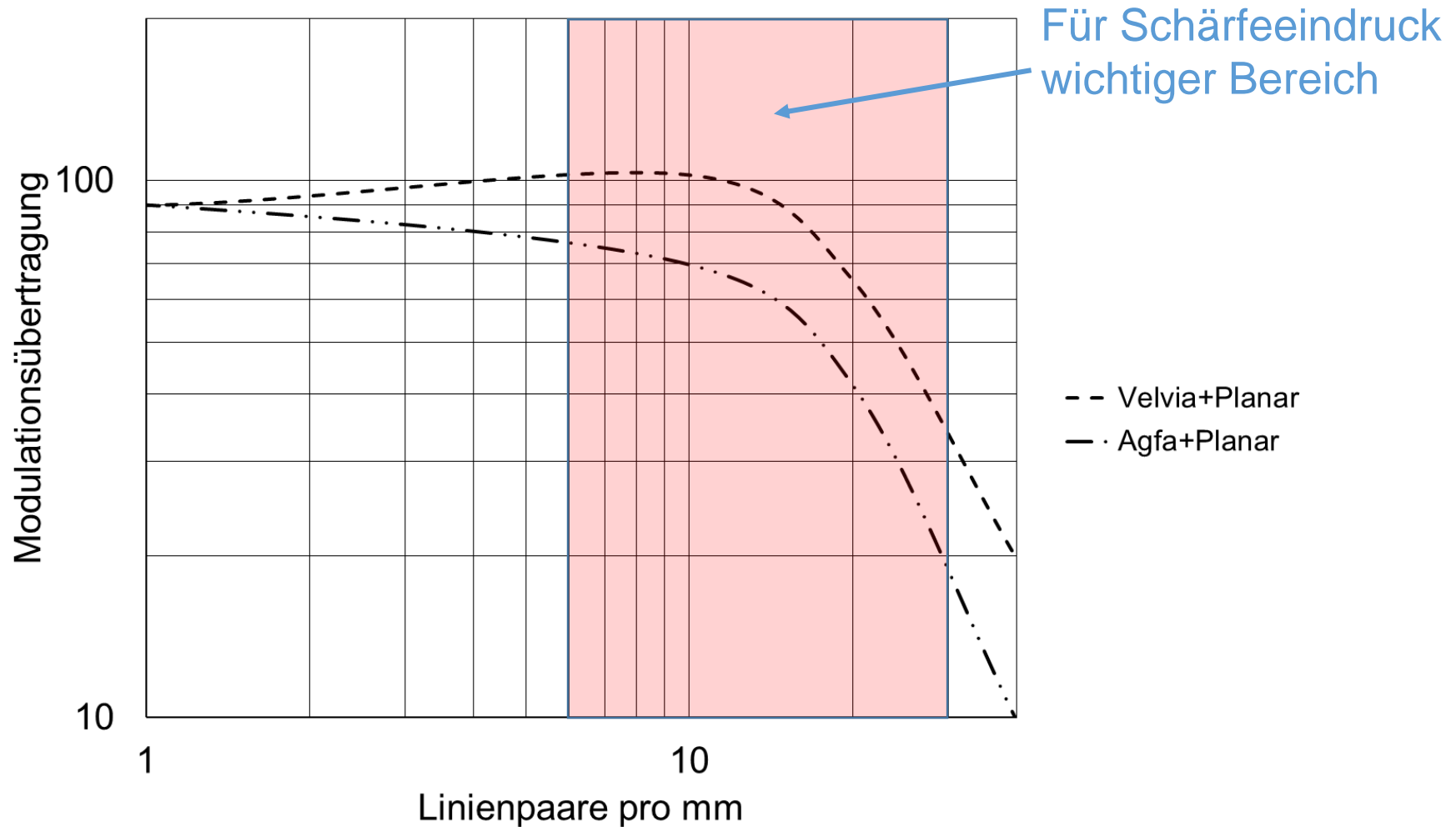
Entsprechend mit anderem Film (Agfa CT Precisa 100)

Agfa „Technical Data;  
Range of Agfa  
standard films“



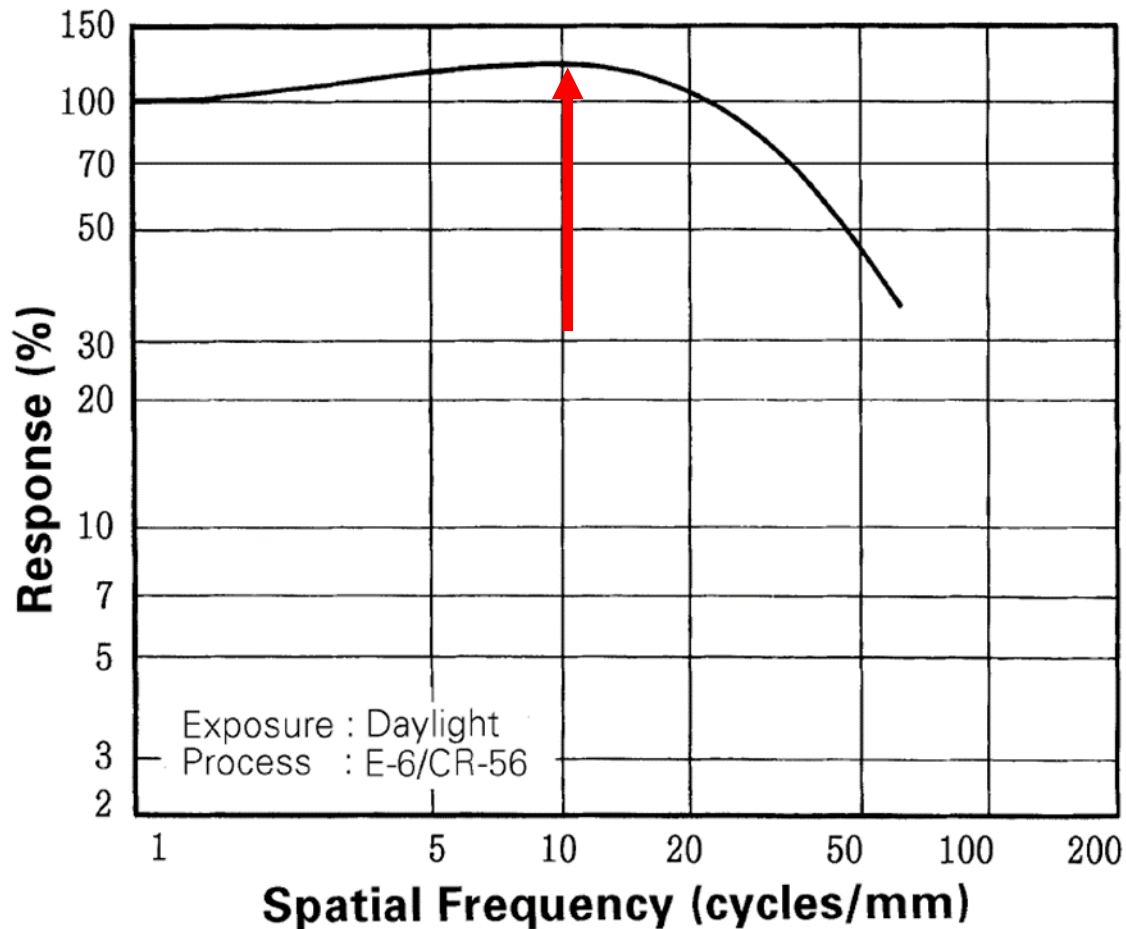
# Fototechnische Realität

## Vergleich mit verschiedenen Filmen



# Fototechnische Realität

Bei Velvia 50 wird „Kanteneffekt“ (Eberhard-Effekt) genutzt



## Fototechnische Realität

Bei Velvia 50 wird „Kanteneffekt“ (Eberhard-Effekt) genutzt

An stark belichteten Stellen wird viel Entwicklersubstanz benötigt.

Diese kann nicht beliebig schnell aus Entwicklerbad dorthin gelangen.

Also wird die Entwicklersubstanz aus der Nachbarschaft in der Filmschicht „geklaut“.

In Nachbarschaft der stark belichteten Stelle fehlt dann der Entwickler: Es erfolgt dort nur geringe Entwicklung!

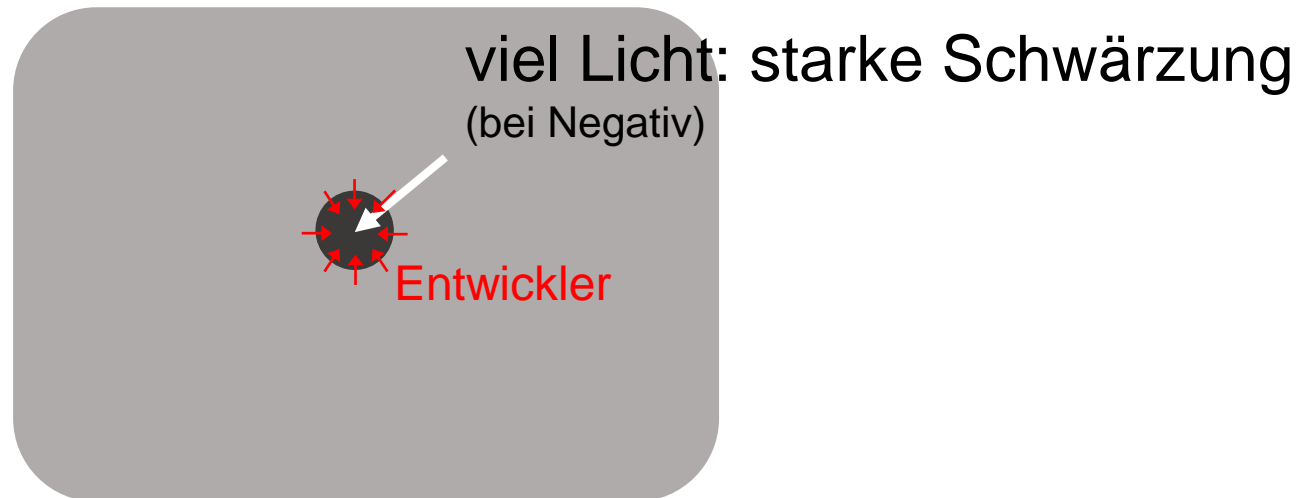
Folge: Helligkeitsunterschiede in dicht benachbarten Filmbereichen werden überbetont!



# Fototechnische Realität

Beispiel:

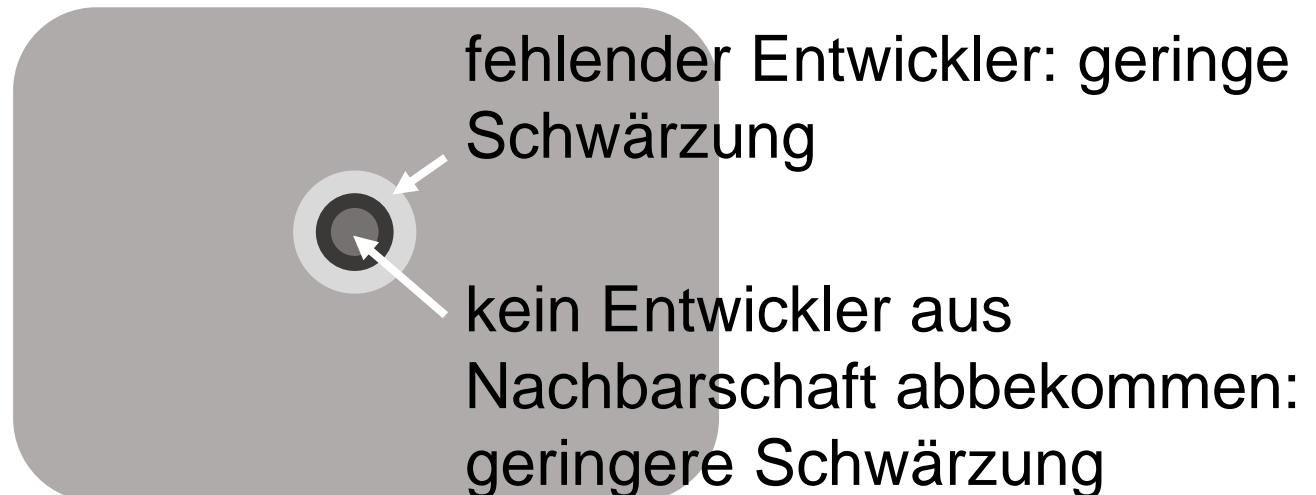
stark belichteter Punkt in weniger belichteter Umgebung



# Fototechnische Realität

Beispiel:

stark belichteter Punkt in weniger belichteter Umgebung



# Fototechnische Realität

Beispiel:

stark belichteter Punkt in weniger belichteter Umgebung

Zusätzlicher Effekt:

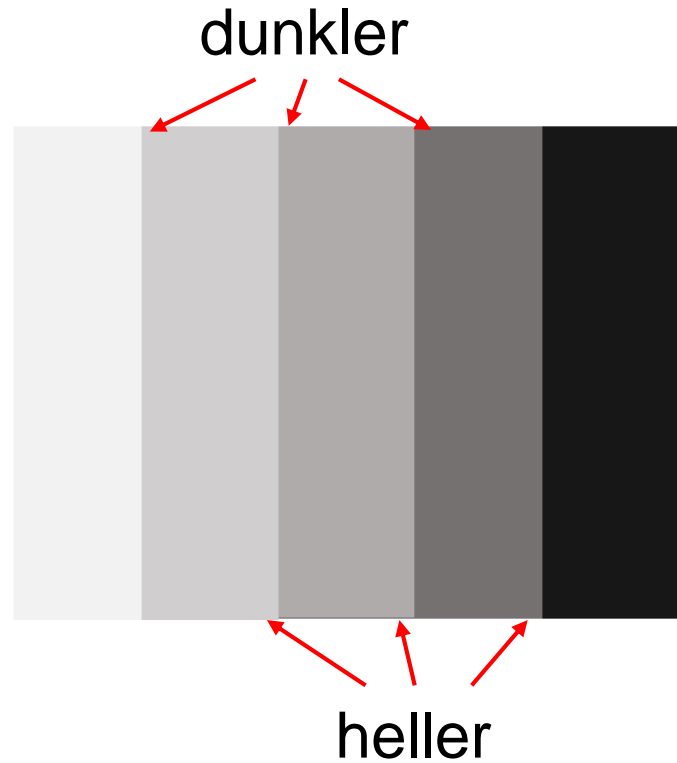
Bei Entwicklung entstehende Reaktionsprodukte werden in Umgebung abgeführt und behindern dort die Entwicklung!

# Fototechnische Realität

Kanteneffekt kann durch geringe Bewegung während der Entwicklung gefördert, bzw. durch starke Bewegung verringert werden.

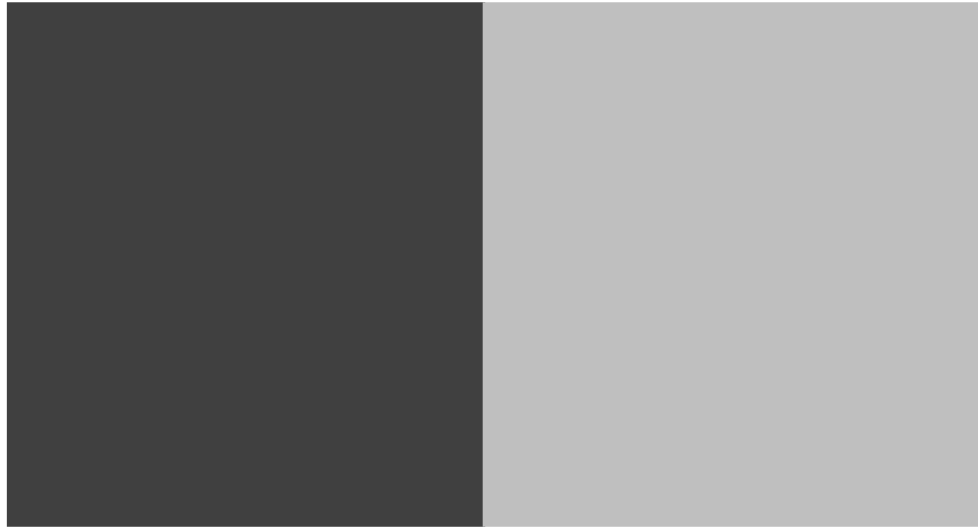
Eine Variante der digitale Bildschärfungen versucht den Kanteneffekt nachzuahmen: Helle Bildpunkte versuchen, sich „Helligkeit“ von benachbarten Bildpunkten zu „klauen“.

# Kanteneffekt bei menschlichem Auge (Mach Streifen)



Physiologischer Effekt zur Konturerkennung

## Kanteneffekt - Algorithmus

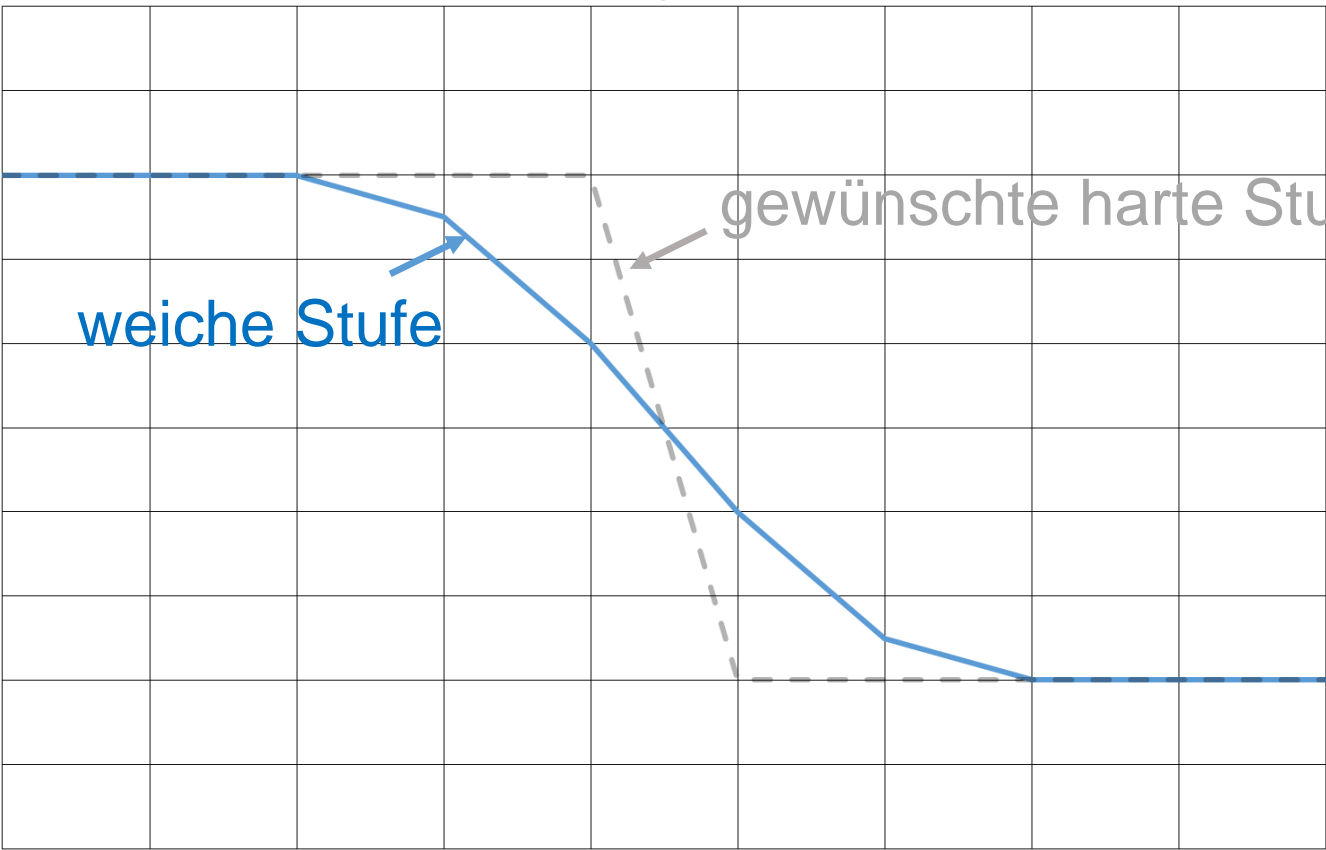


gewünschte scharfe  
Kante



tatsächliche weiche  
Kante

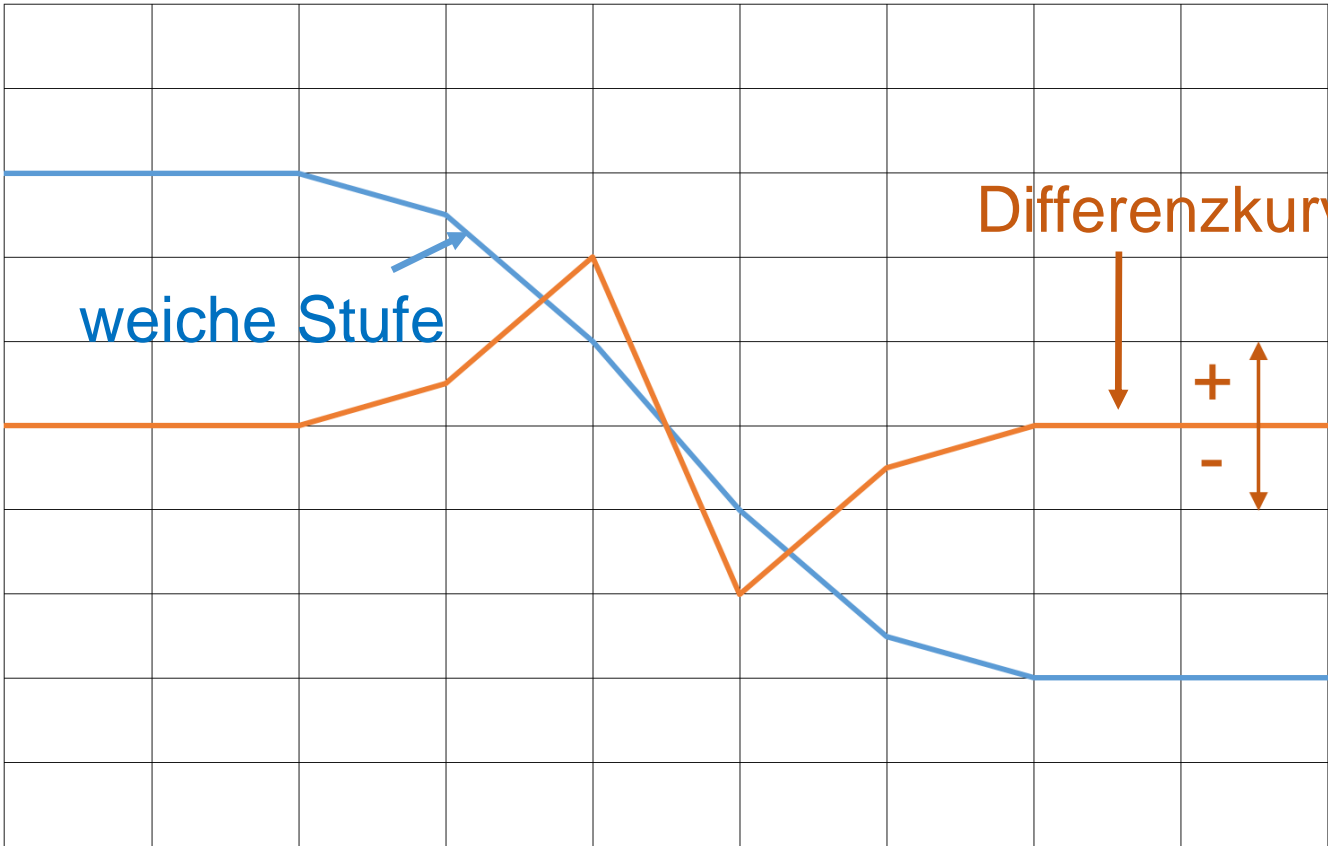
# Kanteneffekt - Algorithmus



weiche Stufe

gewünschte harte Stufe

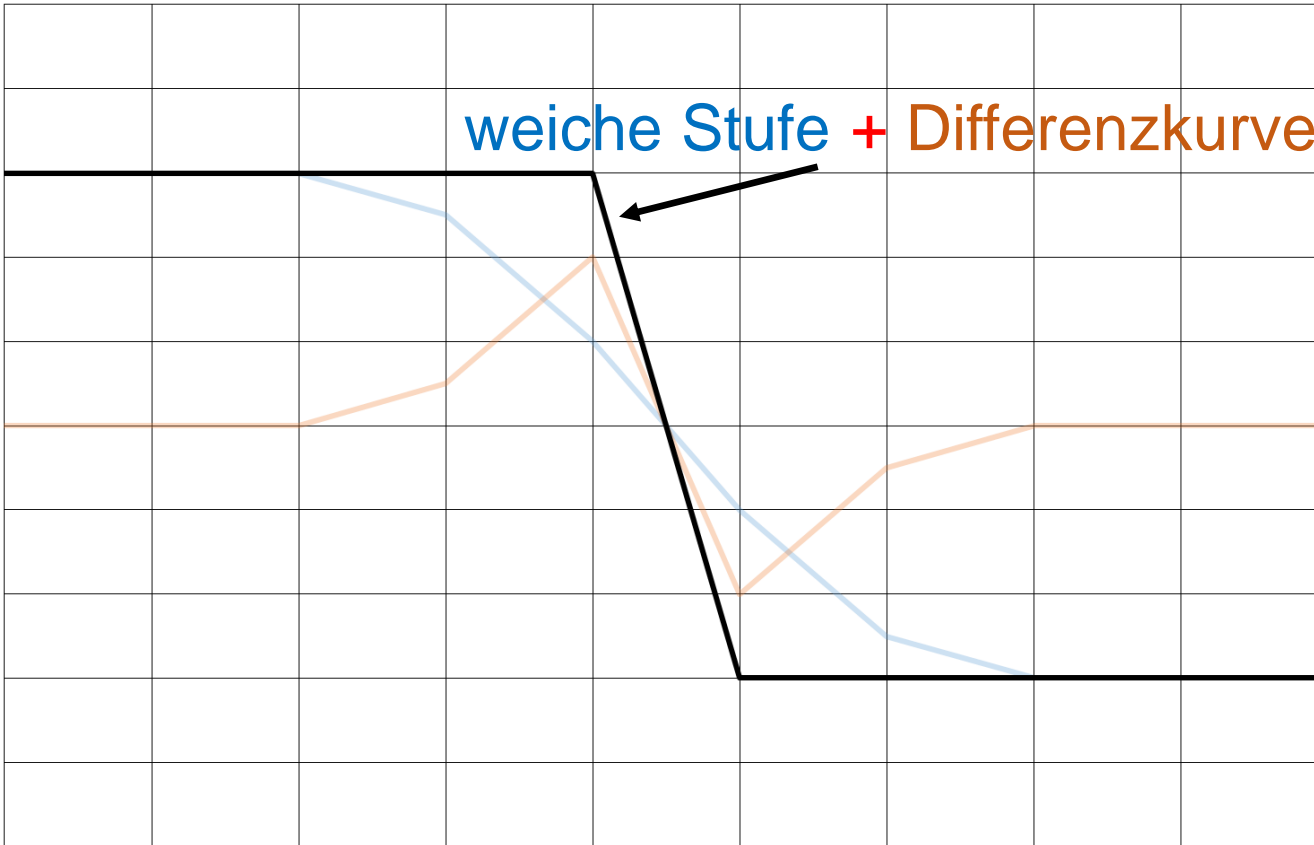
# Kanteneffekt - Algorithmus



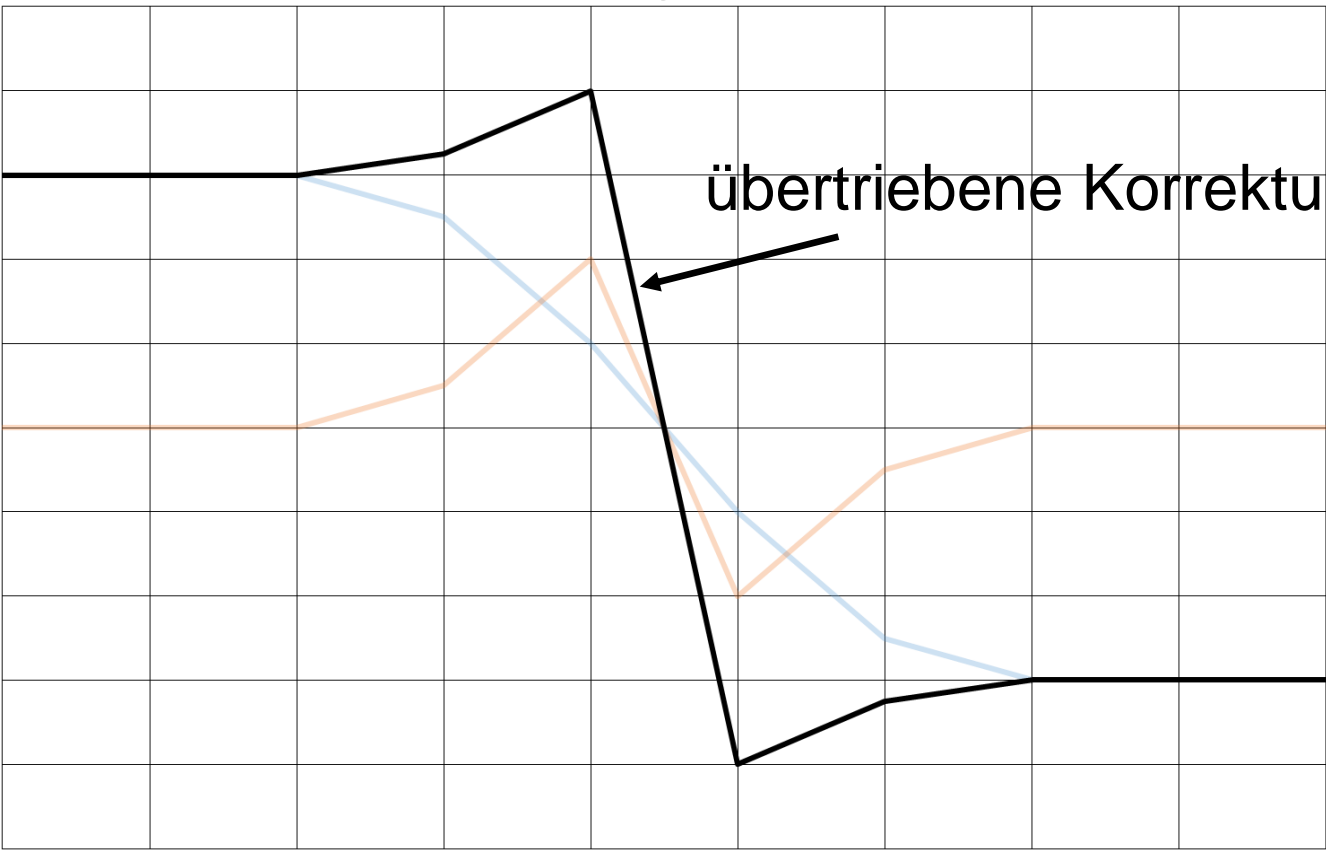


# Kanteneffekt - Algorithmus

weiche Stufe + Differenzkurve



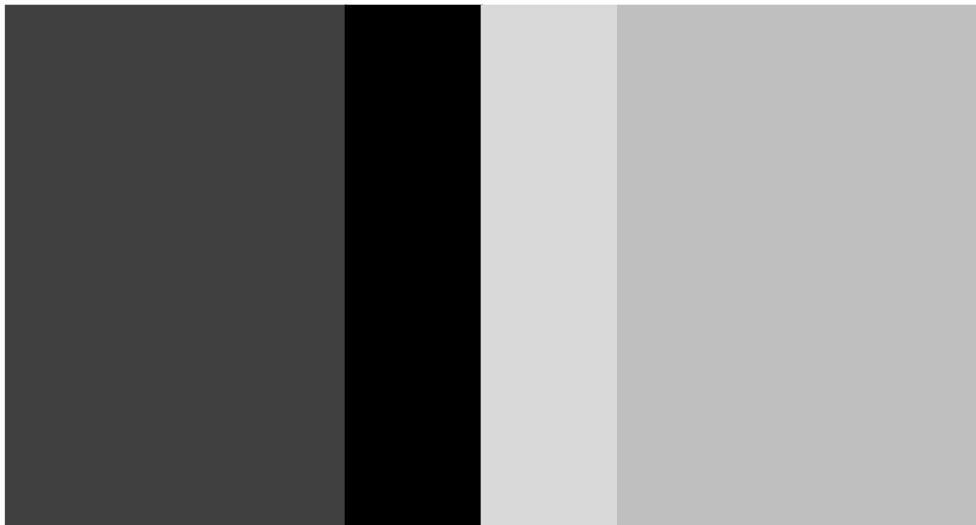
# Kanteneffekt - Algorithmus



## Kanteneffekt - Algorithmus



gewünschte scharfe  
Kante durch Korrektur



übertriebene Korrektur:  
„Haloeffekt“

## Kanteneffekt - Algorithmus

Die Helligkeit eines jeden einzelnen Bildpunktes ergibt sich aus der überbetonten tatsächlichen Helligkeit des Bildpunktes selber, abzüglich eines Helligkeitsanteils von Nachbar-Bildpunkten.

Dazu werden Gewichtungsfaktoren für diesen Einfluss auf die Nachbarschaft festgelegt.

Von mir hier genutzte Gewichtungsfaktoren für additive Komponenten in der Umgebung des mittleren Bildpunktes:

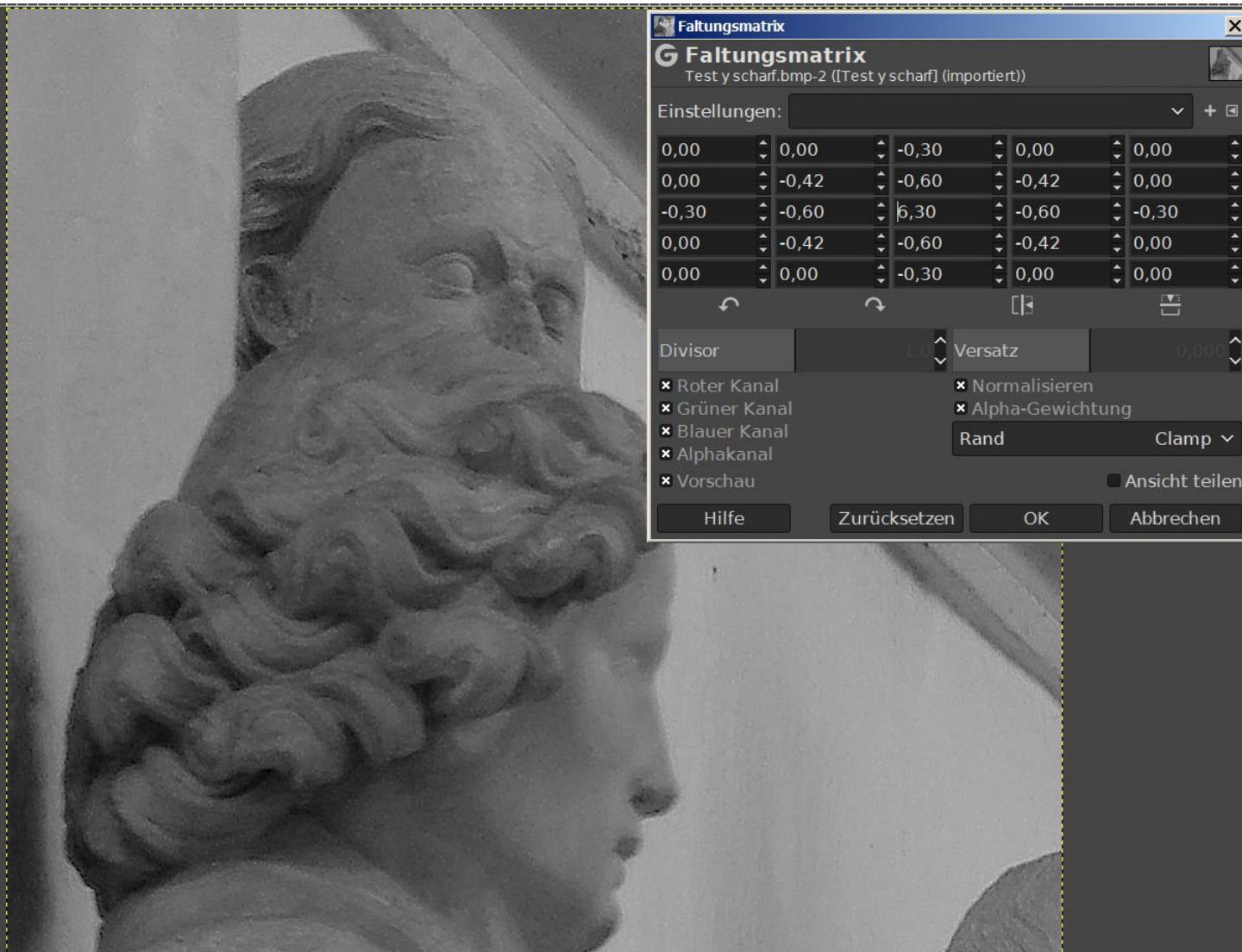
		-0,3		
	-0,42	-0,6	-0,42	
-0,3	-0,6	5,3	-0,6	-0,3
	-0,42	-0,6	-0,42	
		-0,3		

## Kanteneffekt - Algorithmus

Der mittlere Bildpunkt wird zunächst  $(1+5,3)=6,3$  mal so hell gesetzt, wie er eigentlich ist. Anschließend bekommt er bei der Neuberechnung der Helligkeiten an 12 Nachbarpunkten wieder „Helligkeitswerte“ abgezogen (entsprechend der unten angegebenen Gewichtung. Im Mittel bleibt die Helligkeit des Bildes erhalten.

		-0,3		
	-0,42	-0,6	-0,42	
-0,3	-0,6	5,3	-0,6	-0,3
	-0,42	-0,6	-0,42	
		-0,3		

# Kanteneffekt - Algorithmus



Algorithmus über  
Faltungsmatrix in  
GIMP  
nachvollziehbar

# Kanteneffekt - Algorithmus: Beispiel



Ausschnitt aus Originalbild



Mit Kanteneffekt

## Unschärfmaskierung

Bei Papierabzügen in Dunkelkammer konnte folgendes Verfahren angewendet werden:

Vom Negativ wird ein etwas unscharfes Positiv auf einem anderen Film erzeugt.

(Der zweite Film wird mit etwas Abstand unter den ersten gelegt und dann ganzflächig belichtet.)

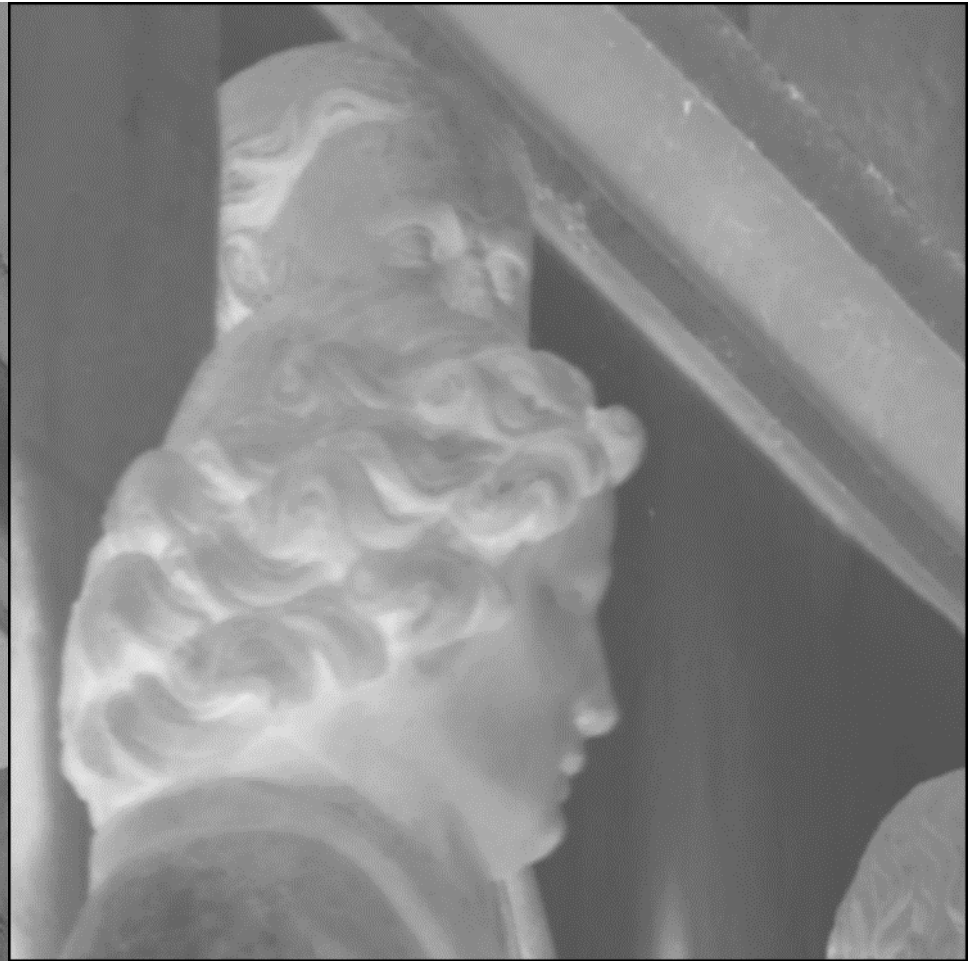
In der Darstellung hier ist es umgekehrt von einem Positiv wird ein unscharfes Negativ erzeugt.



# Unschärfmaskierung



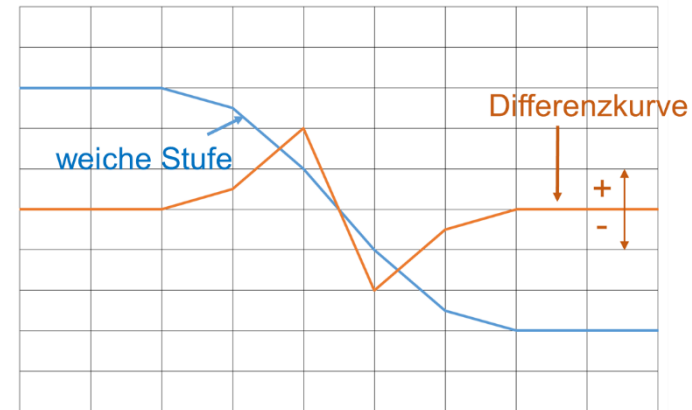
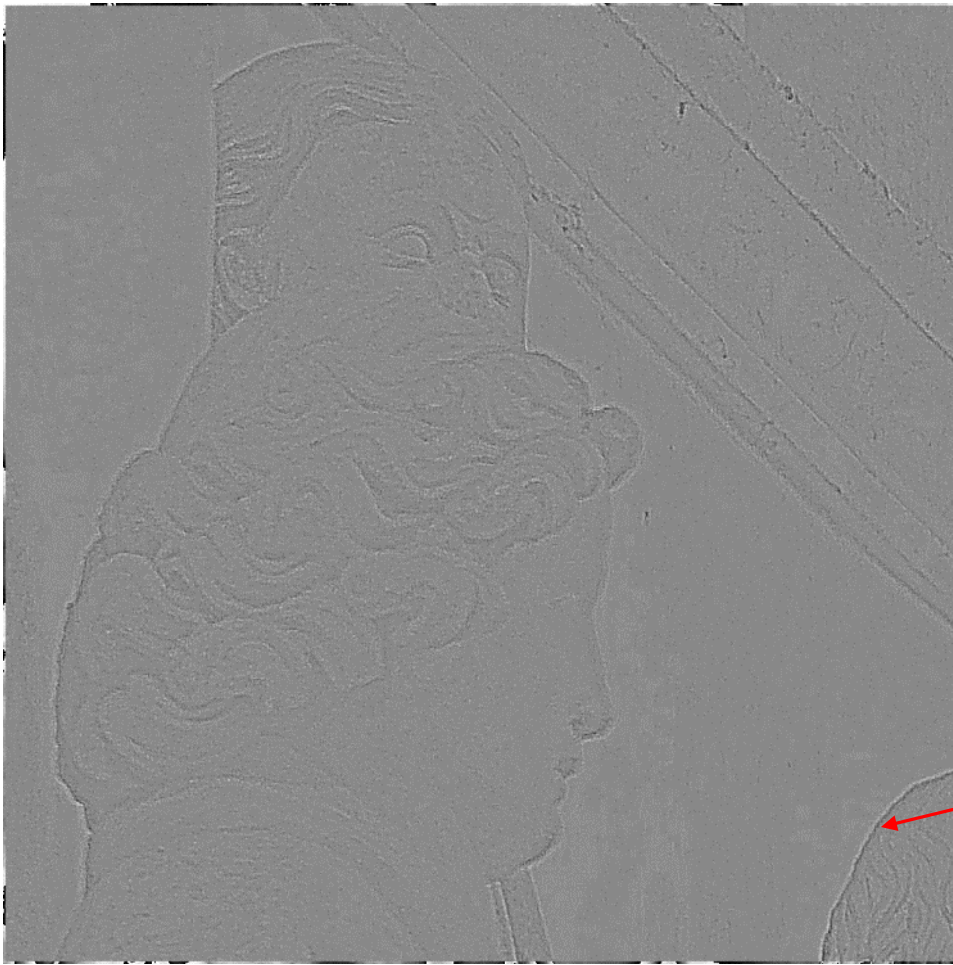
Originalbild



unschärfte Kopie

# Unschärfmaskierung

Beide Bilder übereinandergelegt ergeben ein Abbild der Kanten:



entspricht der Berechnung  
des Differenzsignales  
(Differenzkurve s.o.)

Kanten:  
eine helle und  
eine dunkle Linie

## Unschärfmaskierung

Dieses Bild wird kurz auf das Papier belichtet. Anschließend erfolgt eine Belichtung mit dem Originalnegativ.

Das Verfahren ist wohl schlecht reproduzierbar.

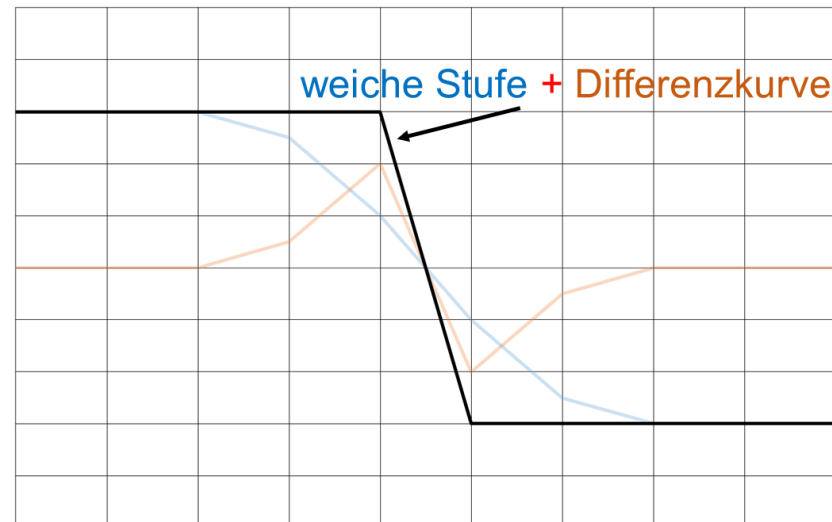
## Unschärfmaskierung - Algorithmus

Vom Original wird eine etwas unschärfere negative Kopie durch Weichzeichnung erzeugt.

Die beiden Bilder (Original und etwas unschärfere negative Kopie) werden addiert.

Vom durch Addition entstandenen Bild wird die mittlere Helligkeit (127) abgezogen. Dann wird das Bild zum Original hinzuaddiert.

entspricht der Addition mit dem Differenzsignal (s.o.)



# Unschärfmaskierung - Algorithmus



Ausschnitt aus Originalbild

Nach Unschärfmaskierung

## Fourier-Transformation - Algorithmus

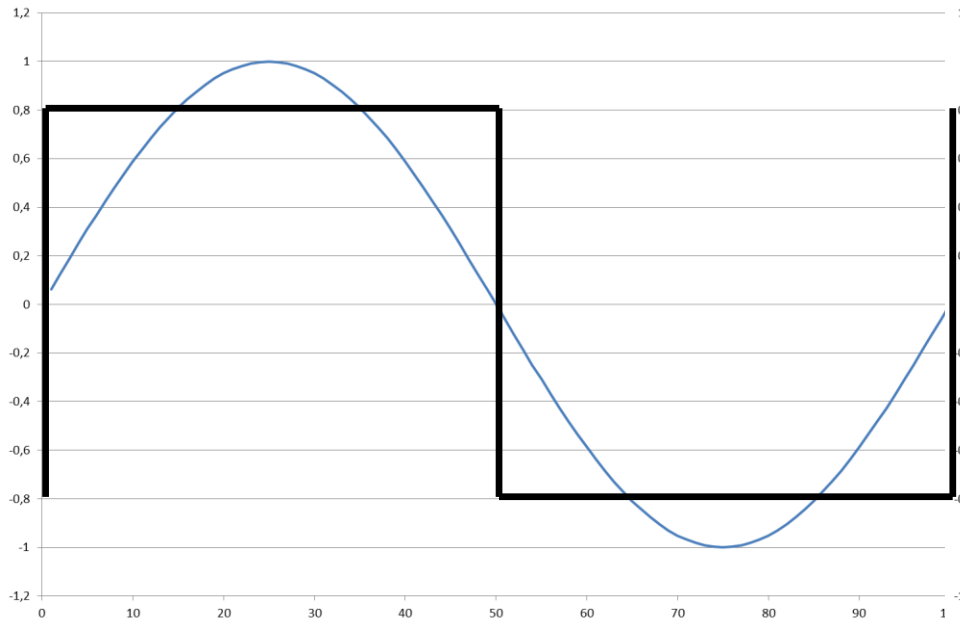
Das Verfahren wurde meines Wissens nach mit „klassischem“ Film nicht verwendet.

Softwaremäßig wird das Bild umgewandelt von seiner normalen Darstellung in eine Kombination von sinusförmigen Kurvenverläufen, deren Überlagerung anschließend wieder das normale Bild ergeben kann.

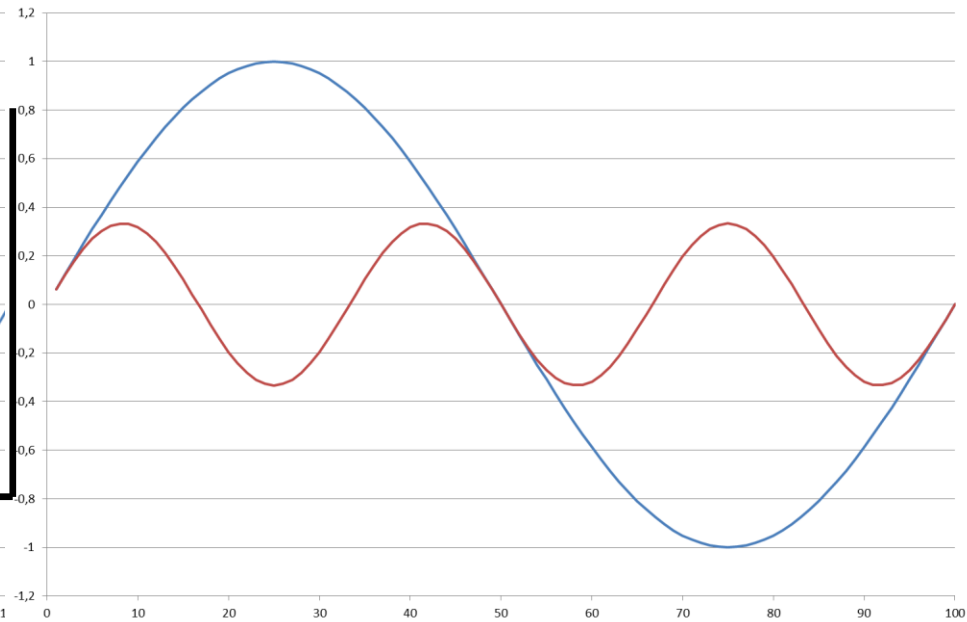
Die höherfrequenten Sinuskurven werden bei der Neuzusammensetzung des Bildes überbetont.

# Fourier-Transformation - Algorithmus

## Fouriersynthese



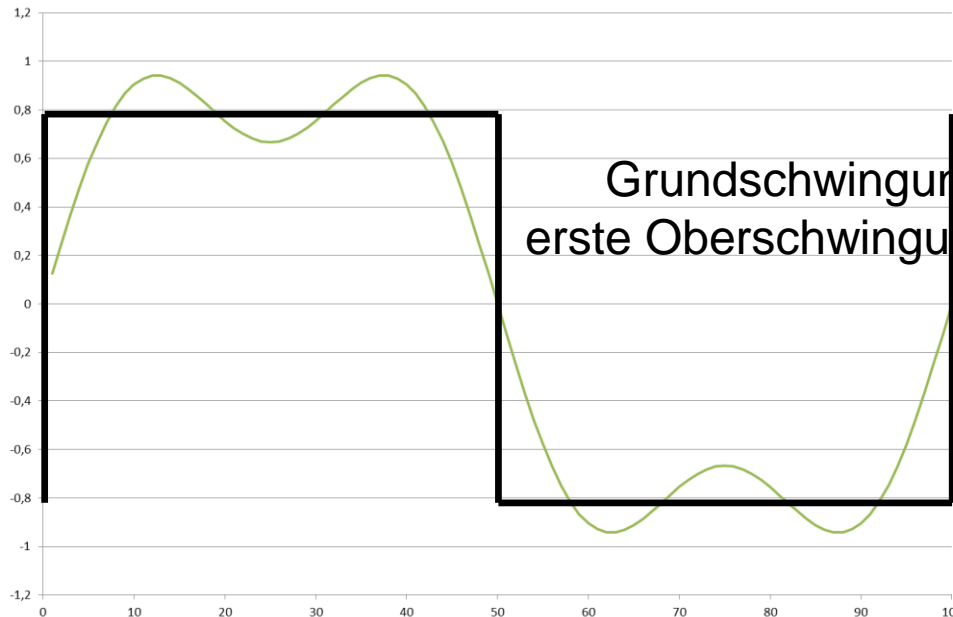
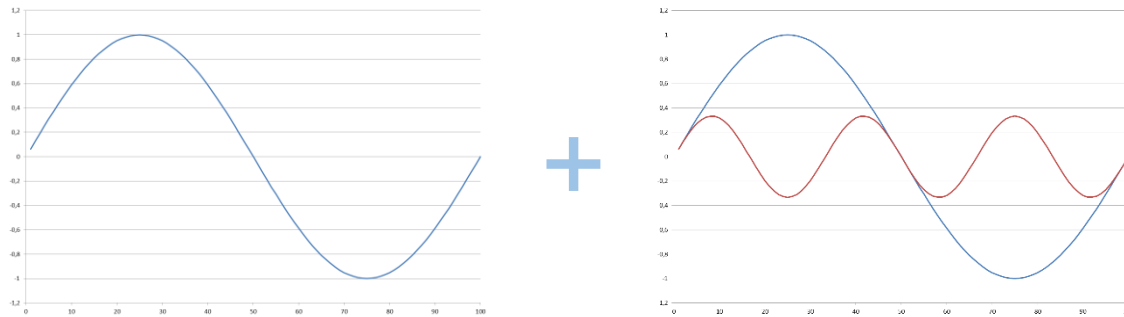
Grundschiwingung



Grundschiwingung,  
erste Oberschiwingung

# Fourier-Transformation - Algorithmus

## Fouriersynthese

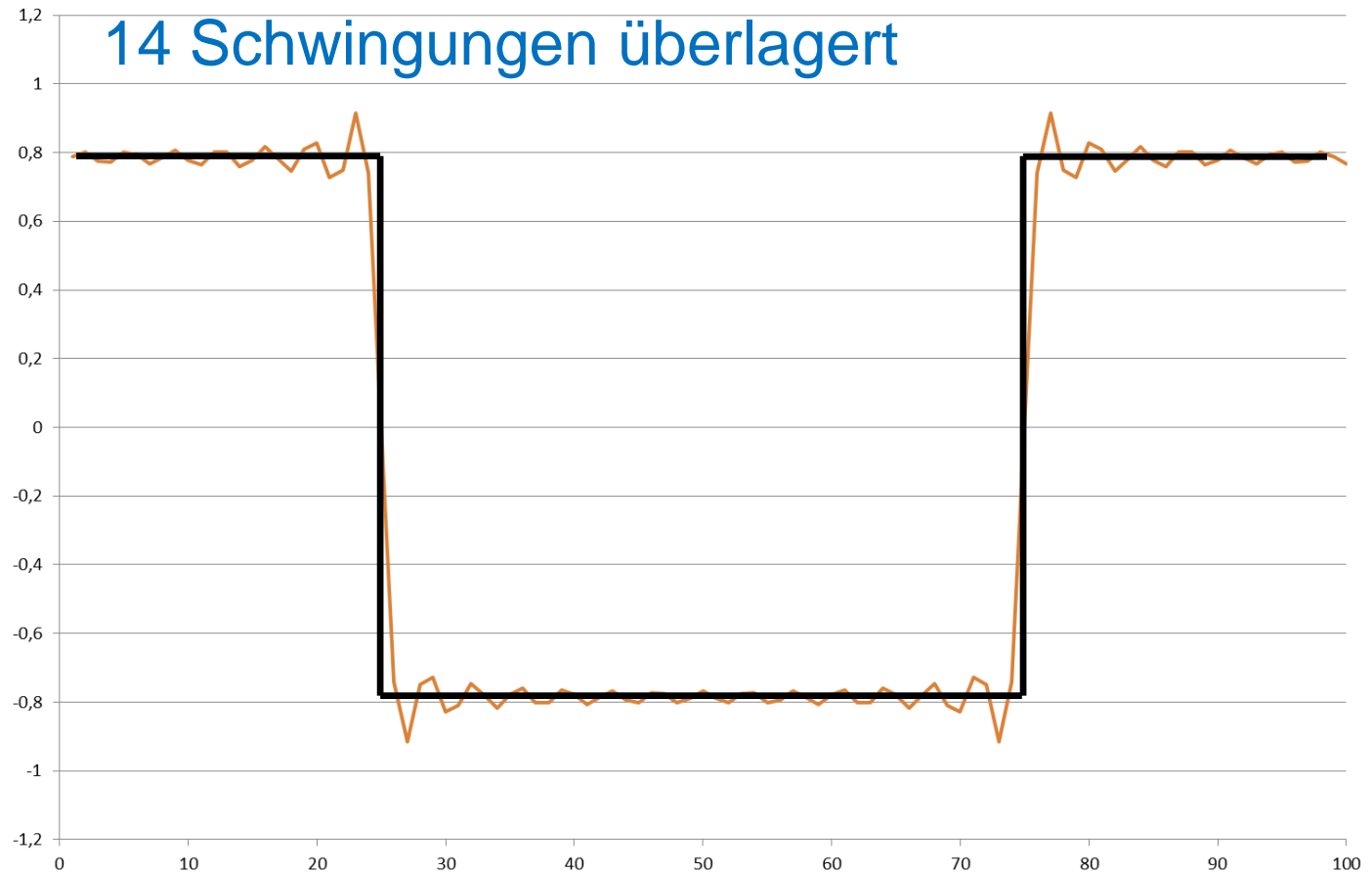


Grundschiwingung und  
erste Oberschiwingung addiert



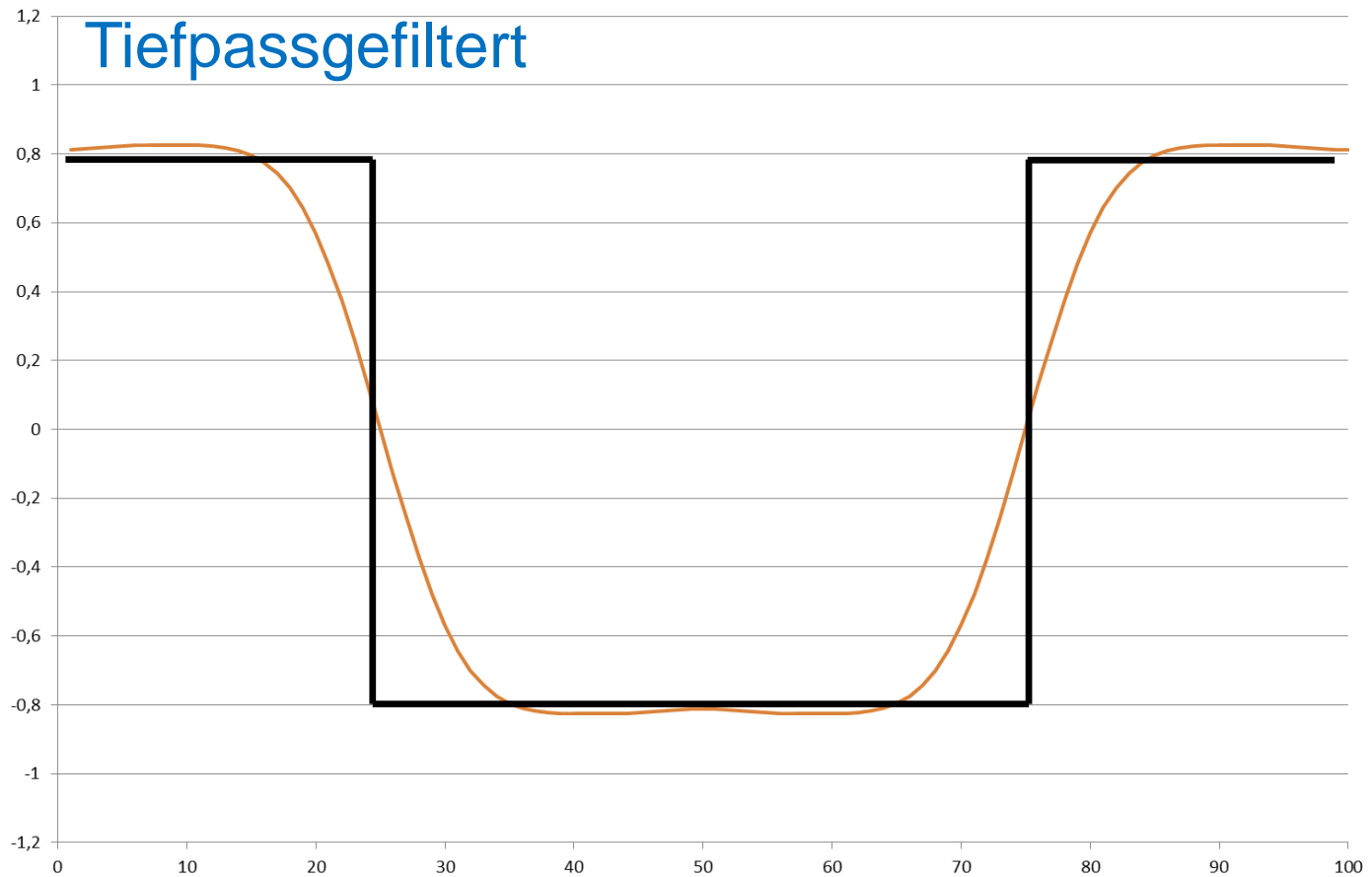
# Fourier-Transformation - Algorithmus

## Fouriersynthese

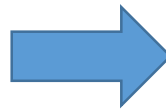
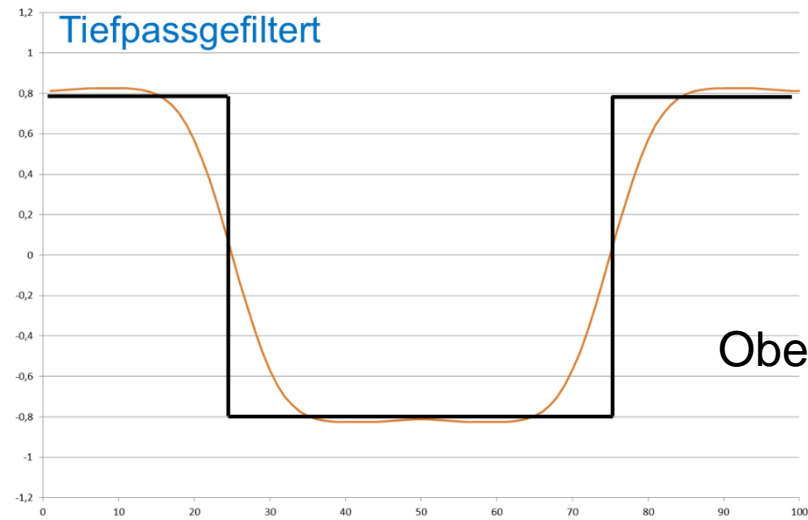


# Fourier-Transformation - Algorithmus

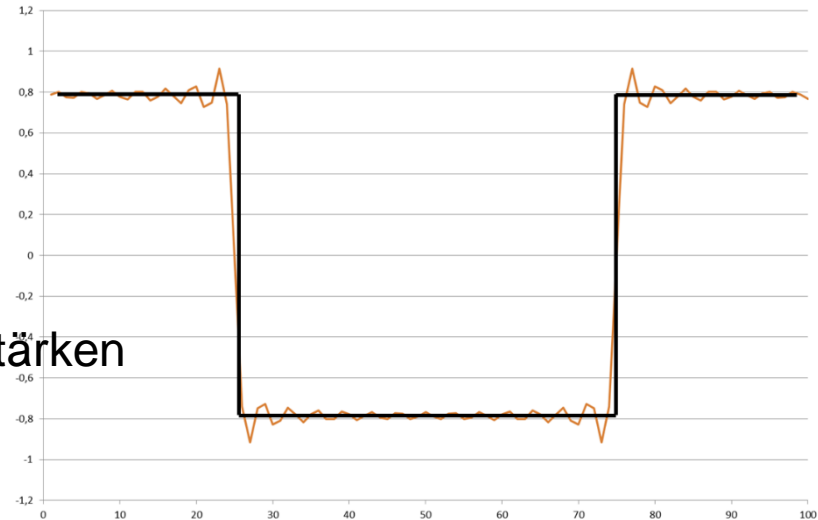
## Fouriersynthese



# Fourier-Transformation - Algorithmus



Oberwellen verstärken



## Fourier-Transformation - Algorithmus

Das Verfahren ist sehr rechenintensiv und langsam.

Wenn sich die pixelanzahlmäßigen Kantenlängen des Bildes durch Zweierpotenzen (2,4,8,16, 32, 64, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, ...) darstellen lassen, kann die relativ schnell arbeitende „Fast Fourier Transformation“ (FFT) eingesetzt werden.

Daher werden kleinere Bilder zunächst mit geeignetem Bildmaterial „aufgefüllt“, die FFT, die Bildmanipulation und die inverse „FFT“ durchgeführt und abschließend das aufgefüllte Bildmaterial wieder abgeschnitten.

# Fourier-Transformation



Ausschnitt aus Originalbild



Mittels FFT geschärft

# Fourier-Transformation: Speziell für Periodische Strukturen



Ausschnitt aus Originalbild



Mittels FFT geschärft

Allgemeine Beobachtung

Schärfen des Bildes verstärkt auch Rauschen



## Eingesetzte Algorithmen

Die Unschärfmaskierung ist weit verbreitet.

Auch der Kanteneffekt wird sicherlich häufig eingesetzt.

Die Fouriertransformation erlaubt sehr viel weitgehendere Bildmanipulationen, als nur das Nachschärfen:  
Es lassen sich z.B. periodische Strukturen in Bildern verstärken oder auch herausrechnen.

Bei Interesse: Später extra Vortrag dazu