



Basisinformationstechnologie II

Sommersemester 2023. Algorithmen der Bildverarbeitung II
Punktoperationen und Filter

Themenüberblick

- Eine Herausforderung um OCR und Merkmalsextraktion
- Vorverarbeitung: Verbesserung des Quellmaterials
 - Punktoperationen
 - Umwandlung RGB → Graustufenbild
 - Histogramm
 - Binarisierung
 - Filter
 - Mittelwertfilter
 - Medianfilter

Optische Zeichenerkennung (OCR) in schwierigen Umgebungen



CEEC

Codices Electronici
Ecclesiae Coloniensis

Erzbischöfliche
Diözesan- und
Dombibliothek



Universität zu Köln
- HKI -



Gefördert durch die Deutsche
Forschungsgemeinschaft

DFG



vdIb - Verteilte Digitale In x

inkunabeln.ub.uni-koeln.de

Projekt vdIb Suchen Digitalisate Handapparat Hilfe Languages

Digitalisate nach ... Verfasser

ISTC Nr.: ia00078000 HAB Wolfenbüttel: 111-2-theol-2 3

ABCDEF GHIJKL MNOPQRSTUVWXYZ

Verfasser	Titel	ISTC
Abstemius, Laurentius: 1499	Fabulae (Ed: Domicus Palladius Soranus). Add: Aesopus: Fabulae (Tr: Laurentius Valla) (ISTC Nr.: ia00012000)	ISTC [Thumbnail] [Thumbnail]
Accoltis, Franciscus de: 1481	Super secundo libro Decretalium (ISTC Nr.: ia00020500)	ISTC [Thumbnail] [Thumbnail]
Adrianus Carthusiensis: 1470 1470-72	De remediis utriusque fortunae (ISTC Nr.: ia00054000)	ISTC [Thumbnail] [Thumbnail]
Adrianus Carthusiensis: 1484 1487	De remediis utriusque fortunae (ISTC Nr.: ia00057000)	ISTC [Thumbnail] [Thumbnail]
Aegidius (Columna) Romanus: 1490	De corpore Christi theoremata L, sive Theoremata de hostia consecrata (ISTC Nr.: ia00078000)	ISTC [Thumbnail] [Thumbnail]
Aegidius (Columna) Romanus: 1493	De esse et essentia theoremata XXII. With commentary (ISTC Nr.: ia00080000)	ISTC [Thumbnail] [Thumbnail]
Aegidius (Columna) Romanus:	De partibus philosophiae. De differentia rhetoricae, politicae et ethicae. De gradibus formarum accidentalium. Quaestio de gradibus formarum in ordine ad Christi opera	ISTC [Thumbnail] [Thumbnail]

Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel

Kodak

inkunabeln.ub.uni-koeln.de 111-2-theol-2

ISTC [Thumbnail] vdIb [Thumbnail]

vdlib - Verteilte Digitale In x WDB - Wolfenbütteler Dig x

diglib.hab.de/inkunabeln/111-2-theol-2/start.htm?image=00003&imgtyp=2

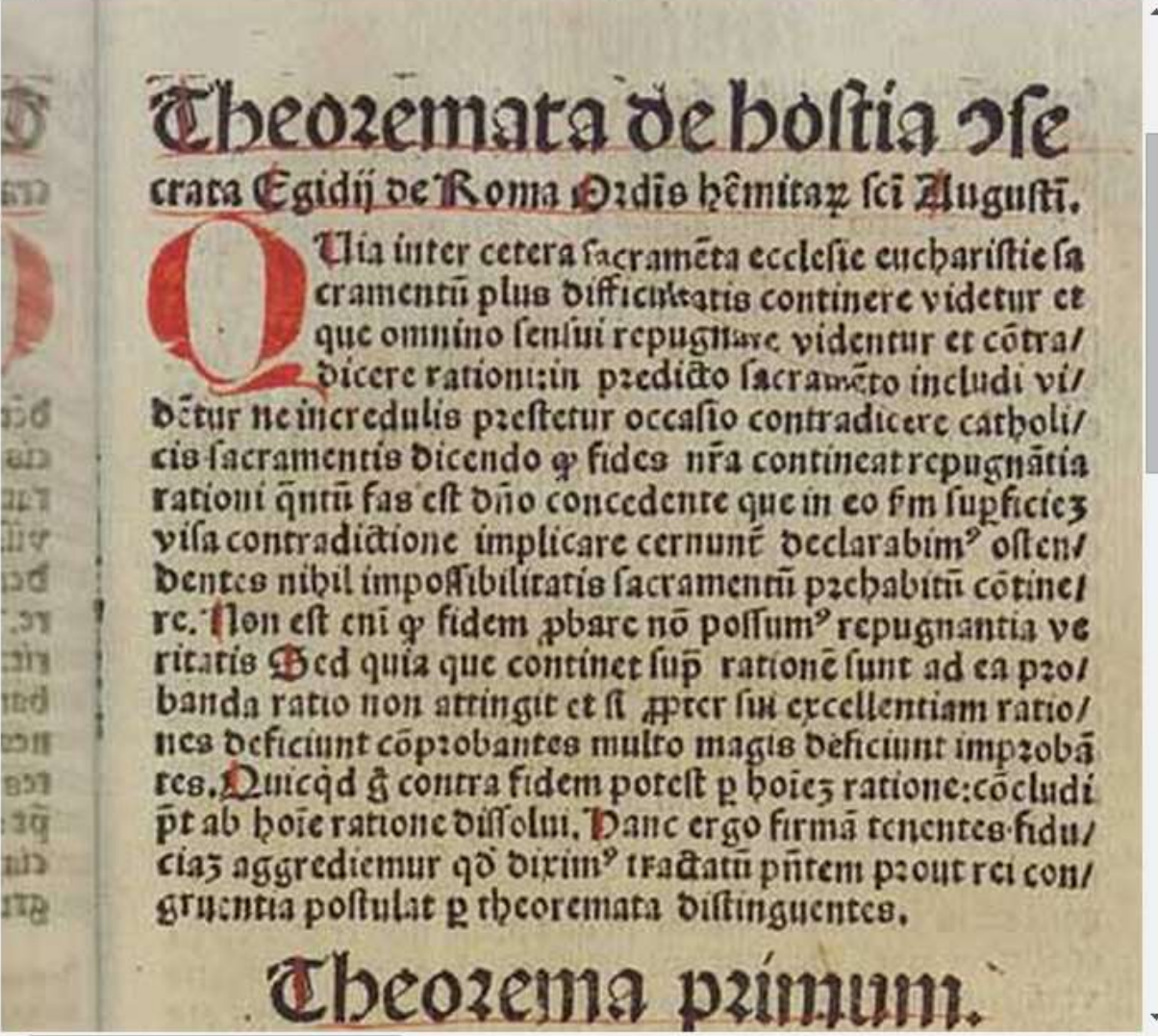
Theoremata de hostia co[n]secrata Egidij de roma ordinis heremita[rum] sancti Augustini / Egidius <de Roma>. - [Electronic ed.]. - Colonia : Koelhoff, 14.X.1490
Permalink: <http://diglib.hab.de/inkunabeln/111-2-theol-2/start.htm>

Deutsch

--- select display type---

Digital library Bibliographic description How to quote? Citations Download | Order CD Copyright

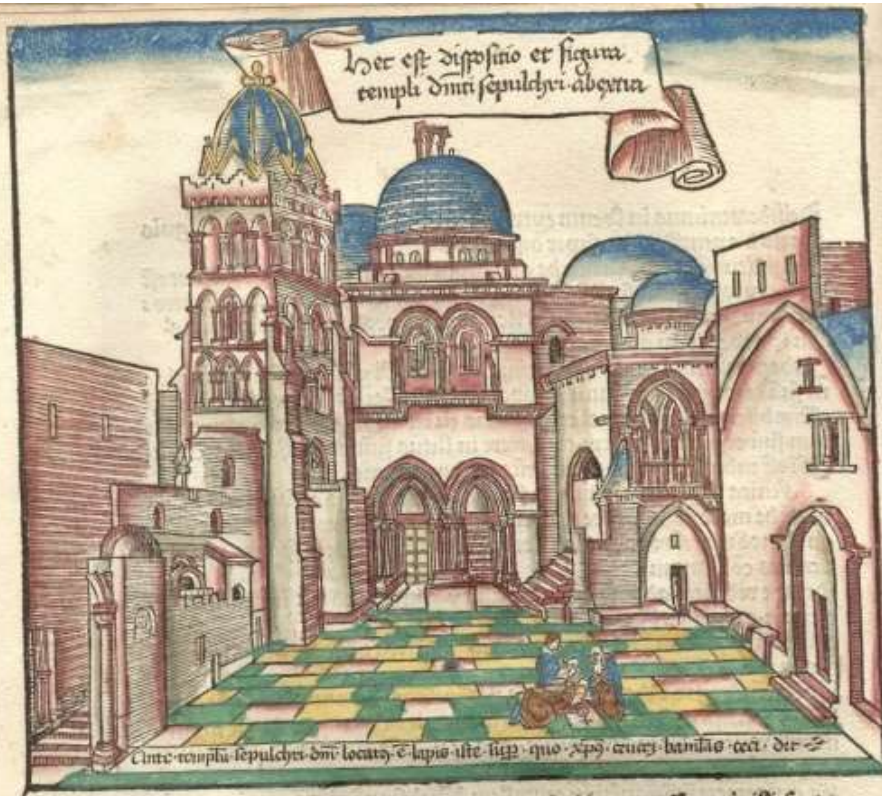
- section Theoremata de hostia consecrata Egidij de Roma Ordinis heremitarum sancti Augustini.
 - section Theorema primum.
 - section PRimum principium quod est deus summus omnipotens possit conuertere aliquid in aliud ...
 - section Capitulum quintum.
 - section QUod corpus christi vt est sub sacramento altaris aliquo modo determinatur ad locum licet non circumscribatu nec diffiniatur ibidem.



Theoremata de hostia consecrata Egidij de Roma Ordinis heremitarum sancti Augustini.

Quia inter cetera sacramenta ecclesie eucharistie sacramentum plus difficultatis continere videtur et que omnino sensui repugnare videntur et contra dicere rationi: in predicto sacramento includi videtur ne incredulis prestetur occasio contradicere catholicis sacramentis dicendo quod fides nostra contineat repugnantiam rationi quantum fas est domino concedente que in eo sine superficie visa contradictione implicare cernuntur declarabimus ostendentes nihil impossibilitatis sacramentum prehabitu continere. Non est enim quod fidem probare non possumus repugnantiam veritatis. Sed quia que continent super rationem sunt ad ea probanda ratio non attingit et si propter sui excellentiam rationes deficiunt comprobantes multo magis deficiunt improbares. Quicquid ergo contra fidem potest per hominum rationem concludi potest ab homine ratione dissolui. Hanc ergo firmam tenentes fiduciam aggrediemur quod diximus tractatum partem prout rei congruentia postulat per theoremata distinguentes.

Theorema primum.



De ingressu in templum dñici sepulchri et processione inibi facta ad loca sacra.

De .viij. Julij hora vespertina in ipm venerandū dñici sepulchri templū a paganis id est rectoribus ipsius ciuitatis sancte Ierosolime sumis admitti et numerati ostijs p̄ eos apertis: pro qua re vnusquisq̄ nostrū quinq; exsoluit denarios nec vnq; alia hęc aperitur templū ab eis nisi vel propter aduenientes peregrinos vel fratres mutandos qui ibi pro custodia deputantur. Quosq; nobis intromissis templū clausurū. Intrauerūt autē nobiscū. Gardianus ipse et plures suoz cōfratru. Quāprimū autē deuotus quisq; xp̄ianus vel peregrin⁹ in templū hęc pedem posuerit: plenariā cōsequitur remissionem.

Est autē hęc dispositio templi eius dem sacratissimi. Ecclesia ipa rotunda est: et habet p̄ diametru inter columnas septuaginta tres pedes: ab s̄tibus que habent p̄ circuitū a muro exteriori ecclesie decē pedes super sepulchru dñi: qđ in mediū eius dem ecclesie est apertura rotunda: ita vt tota cripta sancti sepulchri sit sub diuo. Galgathana autē ecclesia ad hęc ret̄ ista: et est oblonga loco ebdē ecclesie sancti sepulchri adiuera: sed parū demissior: sime tamē ambe sub vno tecto. Spelunca in qua est sepulchru dñi habet in longitudine octo pedes: in latitudine similiter octo vndiq; tecta marmore exteri: sed interi⁹ est rupes vna sicut fuit tpe sepulture

omino. **E**rite filii audite
morem dñi docebo vos.
homo qui vult vitam. di
nes in dere bonos. **R**ohibe
in tua a malo. & labia tua
quantum dolum. **C**onverte
o & fac bonum. in quare pa
psequere eum. **C**ul dñi
stos. & aures eius in preces
n. **V**ultus autem sup facien
da. ut pda de terra meo
eorum. **L**an auerit iusti
exaudiuit eos. & ex omni
tribulationibus eoz libera
est. **T**erra est dñs his qui
in latasunt corde. & in iu
bu saluabit. **V**ultu tribu
nel eorum. & de his omni
tate eos. **C**ul dñi
omnia ossa eoz. **N**unum ex
non contremis. **C**ul dñi
in pessima. & qui oderunt ius
delinquent. **E**dmet dñs

8. 3. 35. *

19. 7. 1 gram.

mensurabile poluisti diebreps.
substantia mea tanquam mel
luna ante te. **V**erum amen
uersu uariis. omnis homo u
uens. **C**onstantem in iu
ne ptrauit homo. sed & frustis
conturbatus. **H**esitavit &
norat. cui congregabit ea. **T**
que est expectatio mea non me
& substantia mea apud te est. **P**
omni iniquis. **H**is in
me. **O**lymum iniquis dñi
mea. **H**is in
meum. **C**ul dñi
plagas. **F**erunt
tue. **I**sd. **T**u increpas
iure. **I**niquis. **C**ul dñi
iniquis. **T**u tab. **F**er
licia. **A**nt. **M**un. **C**ul dñi
iniquis. **C**ul dñi
iniquis. **C**ul dñi
iniquis. **C**ul dñi

Deskew / „Geraderücken“



De voluntate dei . xxxij

De iusticia dei . xxxij

De misericordia dei . xxx

D e v o l u n t a t e d e i . x x x i j

D e i u s t i c i a d e i . x x x i j

D e m i s e r i c o r d i a d e i . x x x

Auf dem Weg zur Merkmalsextraktion

Vorverarbeitung des Quellenmaterials

Maschinelles Sehen

Von der Rastergrafik zur Merkmalsextraktion – Algorithmen & Co.

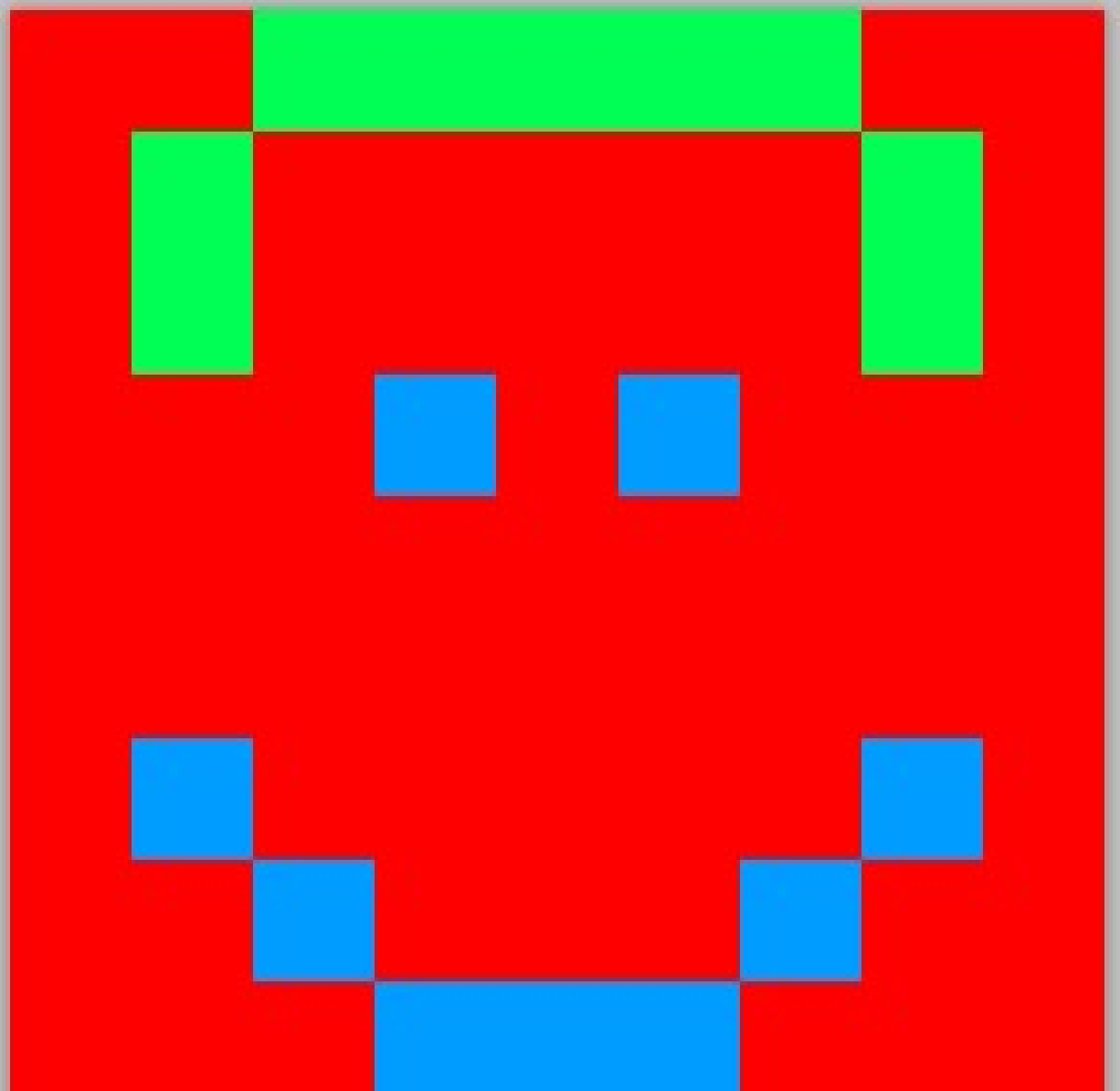
- Vorbereitung bzw. Vorverarbeitung, u.a.:
 - Punkt-Operationen
 - Filter
 - Geometrische Operationen
 - Drehung, Streckung, Verschiebung des Bildes
- (Objektidentifikation)
- (Merkmalsextraktion)
- (Clustering, z.B. Kohonen-Karte / Selbstorganisierende Karte)

Punkt-Operationen

und Objektisolierung (Anwendungsfall)

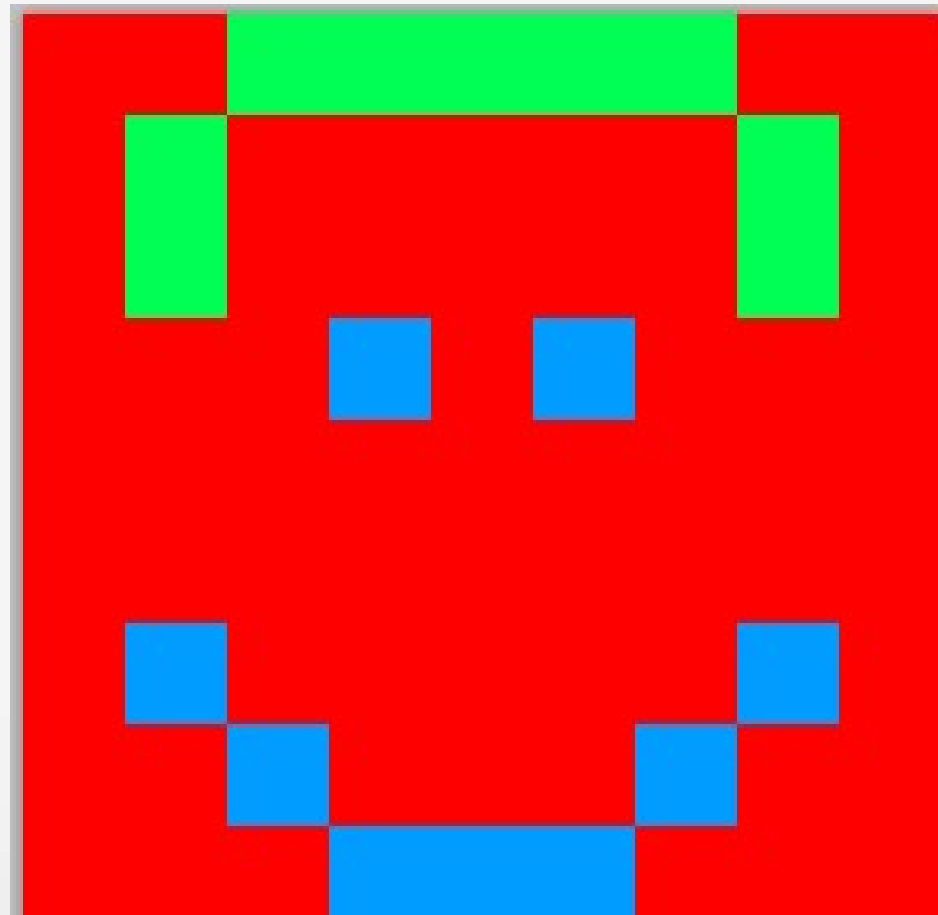
**rot, rot, grün, grün, grün, grün, grün,
rot, rot, rot, grün, rot, rot, rot, rot,
rot, grün, rot, rot, grün, rot, rot, rot,
rot, rot, grün, rot, rot, rot, rot, blau,
rot, blau, rot, rot, rot, rot, rot, rot,
rot, rot, rot, rot, rot, rot, rot, rot, rot,
rot, rot, rot, rot, rot, blau, rot, rot,
rot, rot, rot, blau, rot, rot, rot, blau,
rot, rot, rot, blau, rot, rot, rot, rot,
rot, blau, blau, blau, rot, rot, rot**

rot,
ro
ro
ro
ro
ro
ro
ro
ro
ro
ro



grün,
rot,
ot, rot,
blau,
rot,
ot, rot,
rot,
blau,
rot,
ot

Punkt-Operation: Betrachtung / Veränderung eines Pixels unabhängig von seinen Nachbarpixeln







Reese Witherspoon



Reese Witherspoon





Reese Witherspoon



Reese Without a spoon





THOR



THOR



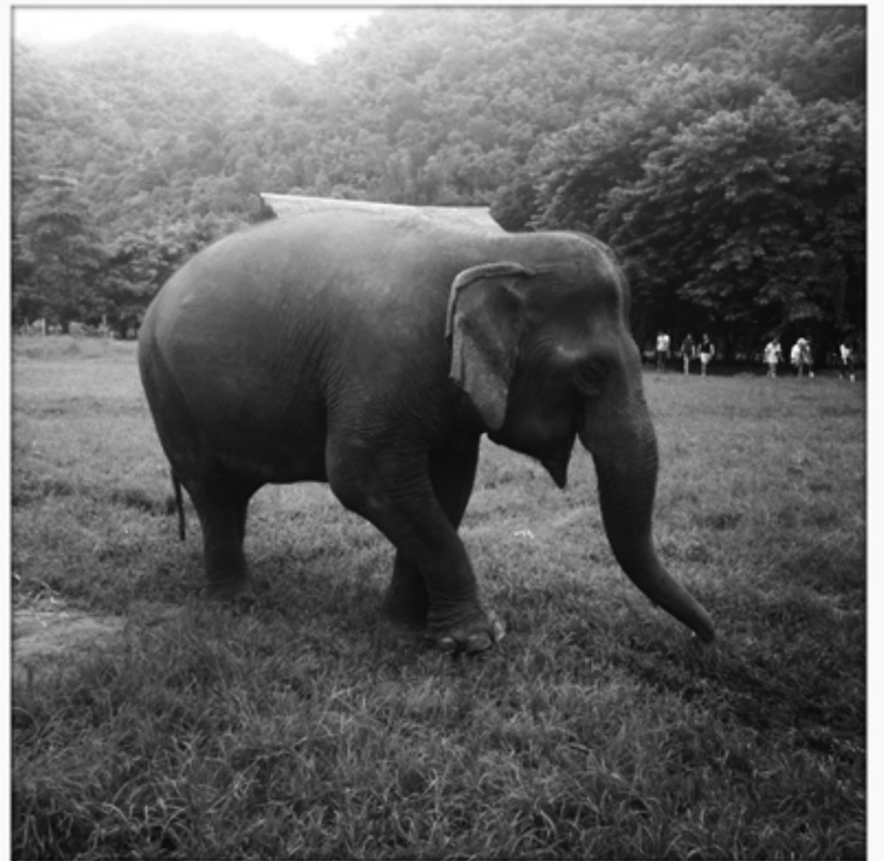


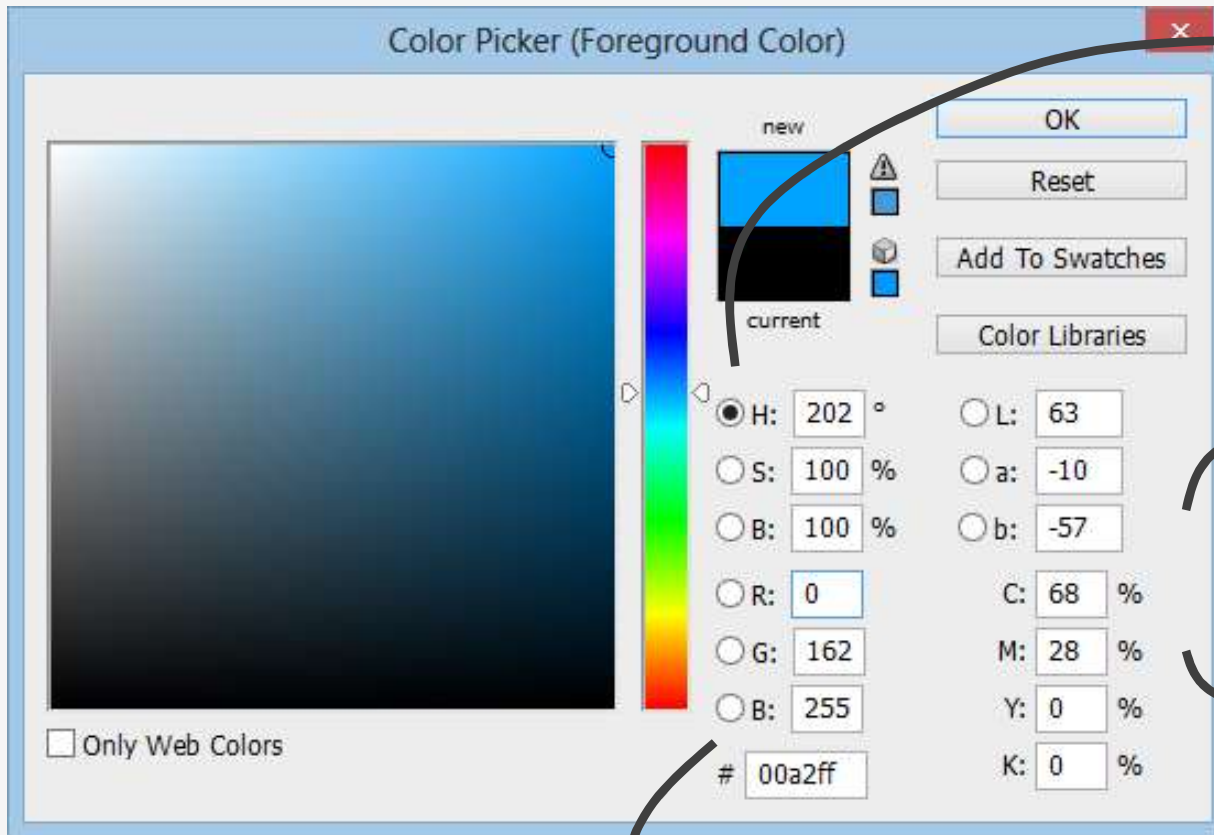
THOR



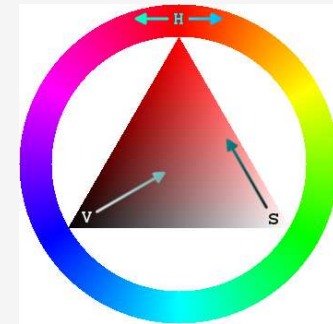
HIPSTHOR







HSV:
Farbwinkel,
Sättigung,
Hellwert bzw.
absolute
Helligkeit (B),
Brightness



L*a*b*: Menschl.
Wahrnehmung



RGB: Wenn jede der drei Primärfarben mit einer Auflösung von 256 Werten dargestellt werden kann, dann erhalten wir $256^3 = 16,7$ Mio. verschiedene Farbtöne.

Zu viel Information: Umwandlung in Graustufenbild

Das IHS-Farbsystem (auch HSI, HSV Farbsystem):

- Leuchtstärke (Intensity): Maßeinheit der Helligkeit, resultiert aus dem Durchschnitt der Farbwerte

$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

Zu viel Information: Umwandlung in Graustufenbild

Das IHS-Farbsystem (auch HSI, HSV Farbsystem):

- Leuchtstärke (Intensity): Maßeinheit der Helligkeit, resultiert aus dem Durchschnitt der Farbwerte

$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

- Sättigung (Saturation): Beschreibt die Farbreinheit

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{I}$$

Zu viel Information: Umwandlung in Graustufenbild

Das IHS-Farbsystem (auch HSI, HSV Farbsystem):

- Leuchtstärke (Intensity): Maßeinheit der Helligkeit, resultiert aus dem Durchschnitt der Farbwerte

$$I = \frac{R + G + B}{3}$$

- Sättigung (Saturation): Beschreibt die Farbreinheit

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{I}$$

- Farbton (Hue): Proportional zur durchschnittlichen Wellenlänge der Farbe; basiert auf Abbildung der Farben in einem Polarkoordinatensystem:

$$H = \cos^{-1}\left(\frac{(R - G) + (R - B)}{2} \frac{1}{((R - G)^2 + (R - B)(G - B))^{1/2}}\right)$$

Zu viel Information: Umwandlung in Graustufenbild

Das IHS-Farbsystem (auch HSI, HSV Farbsystem):

- Leuchttärke (Intensity) resultiert aus der Helligkeit, Sättigung (Saturation) resultiert aus der Reinheit, Farbton (Hue) resultiert aus der Wellenlänge der Farbe; basiert auf Abbildung der Farben in einem Polarkoordinatensystem:



$$H = \cos^{-1}\left(\frac{(R - G) + (R - B)}{2} \frac{1}{((R - G)^2 + (R - B)(G - B))^{\frac{1}{2}}}\right)$$

Zu viel Information: Umwandlung in Graustufenbild

Relevant für Umwandlung in Graustufenbild: Leuchtstärke (Intensity)

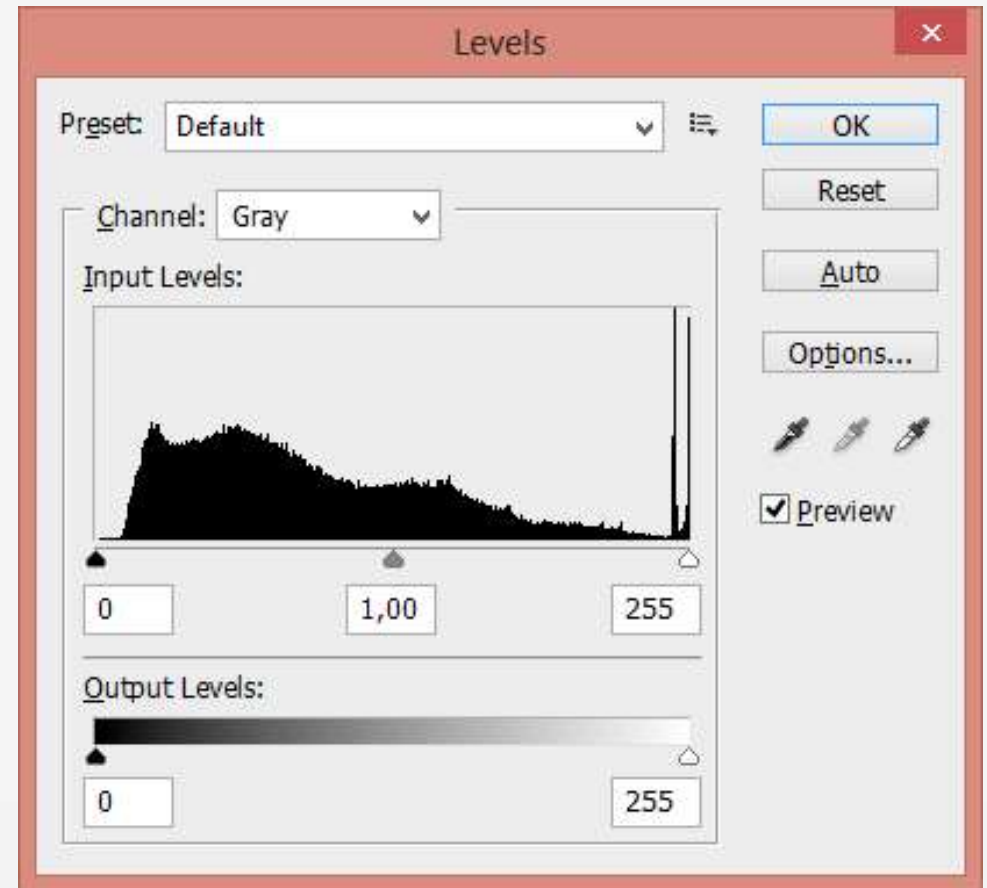
Algorithmus:

- Betrachte jedes Pixel P der Rastergrafik
- Weise jedem Farbkanal des betrachteten Pixels P die Summe der Werte der einzelnen Farbkanäle R, G und B zu und dividiere anschließend durch die Anzahl der drei:

$$P = rgb\left(\frac{P_R + P_G + P_B}{3}, \frac{P_R + P_G + P_B}{3}, \frac{P_R + P_G + P_B}{3}\right)$$



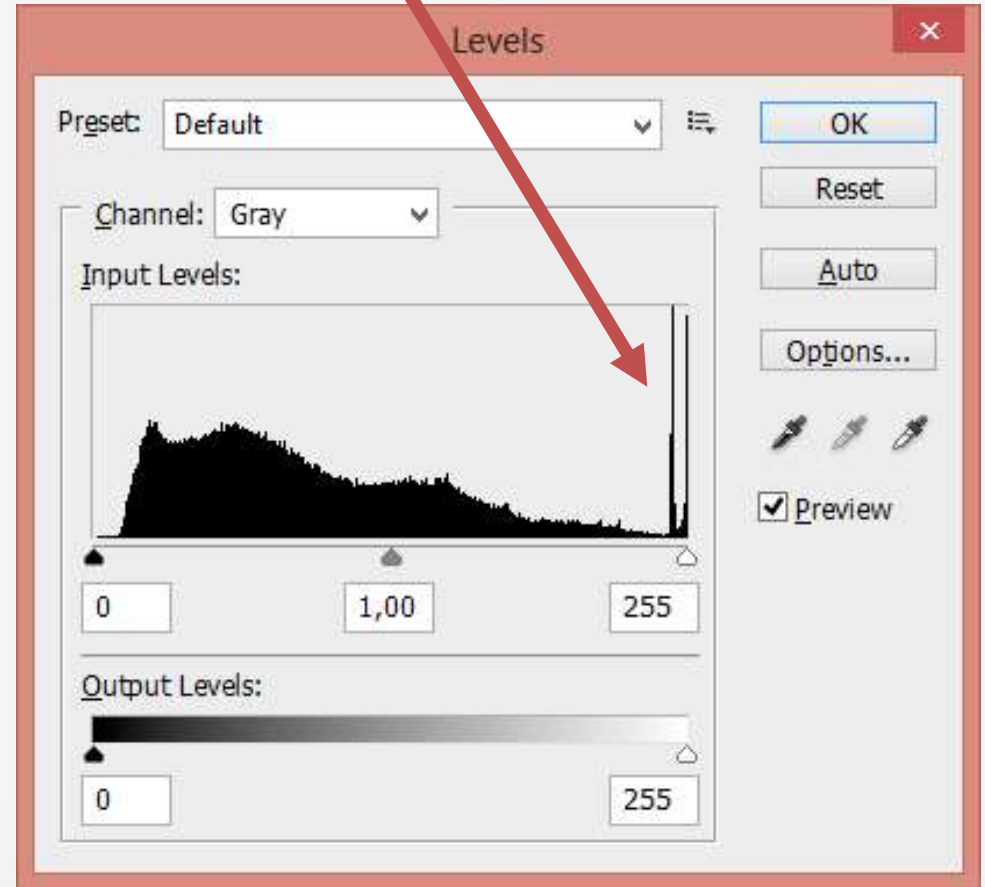
Histogramm



Das **Histogramm** eines Bildes dokumentiert (bei einem 8-Bit Graustufenbild) über eine Liste von 256 Elementen die Anzahl (y-Achse) der Pixel des Bildes, die mit dem entsprechenden Graustufenwert belegt sind.

Histogramm

?

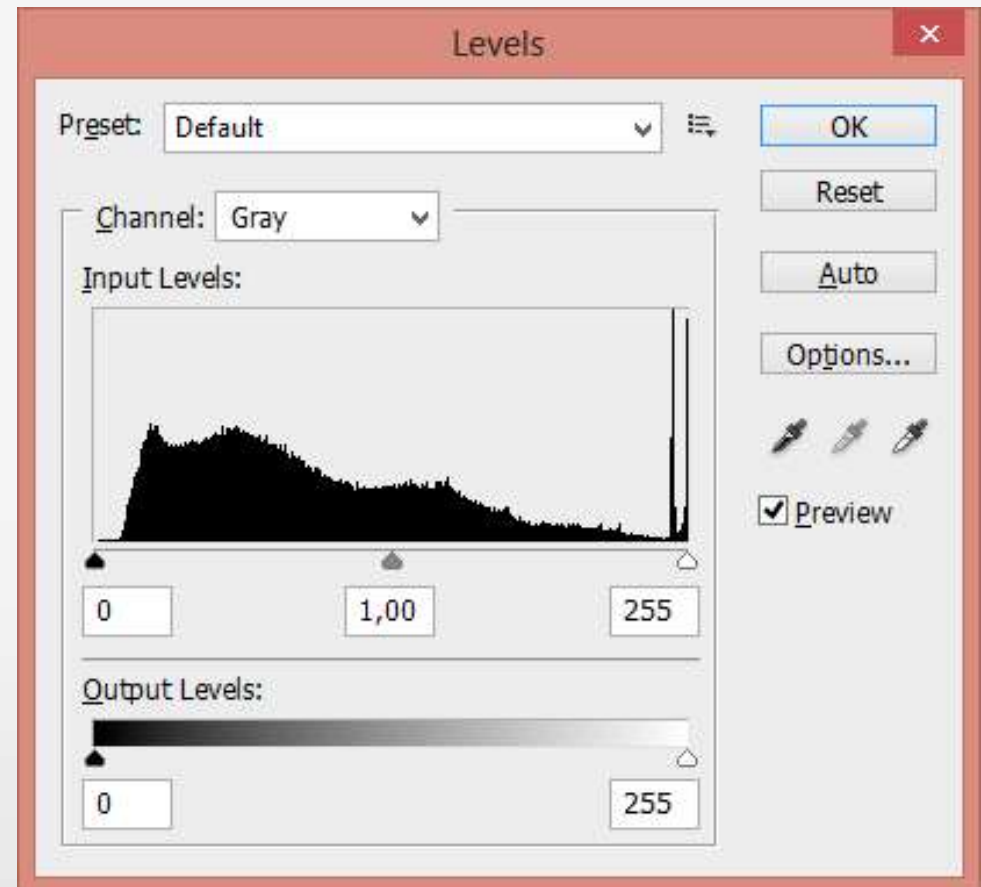


Das **Histogramm** eines Bildes dokumentiert über eine Liste von 256 Elementen (8-Bit Graustufenbild) die Anzahl der Pixel des Bildes, die mit dem entsprechenden Farb- bzw. Graustufenwert belegt sind.

Übungsaufgabe

Schreiben Sie einen Algorithmus (Pseudocode), der aus einem Graustufenbild (256 Farb- bzw. Graustufenwerte) ein Histogramm erstellt.

Tipps: Schleife, Array, Index



Histogrammerstellung – so funktioniert's

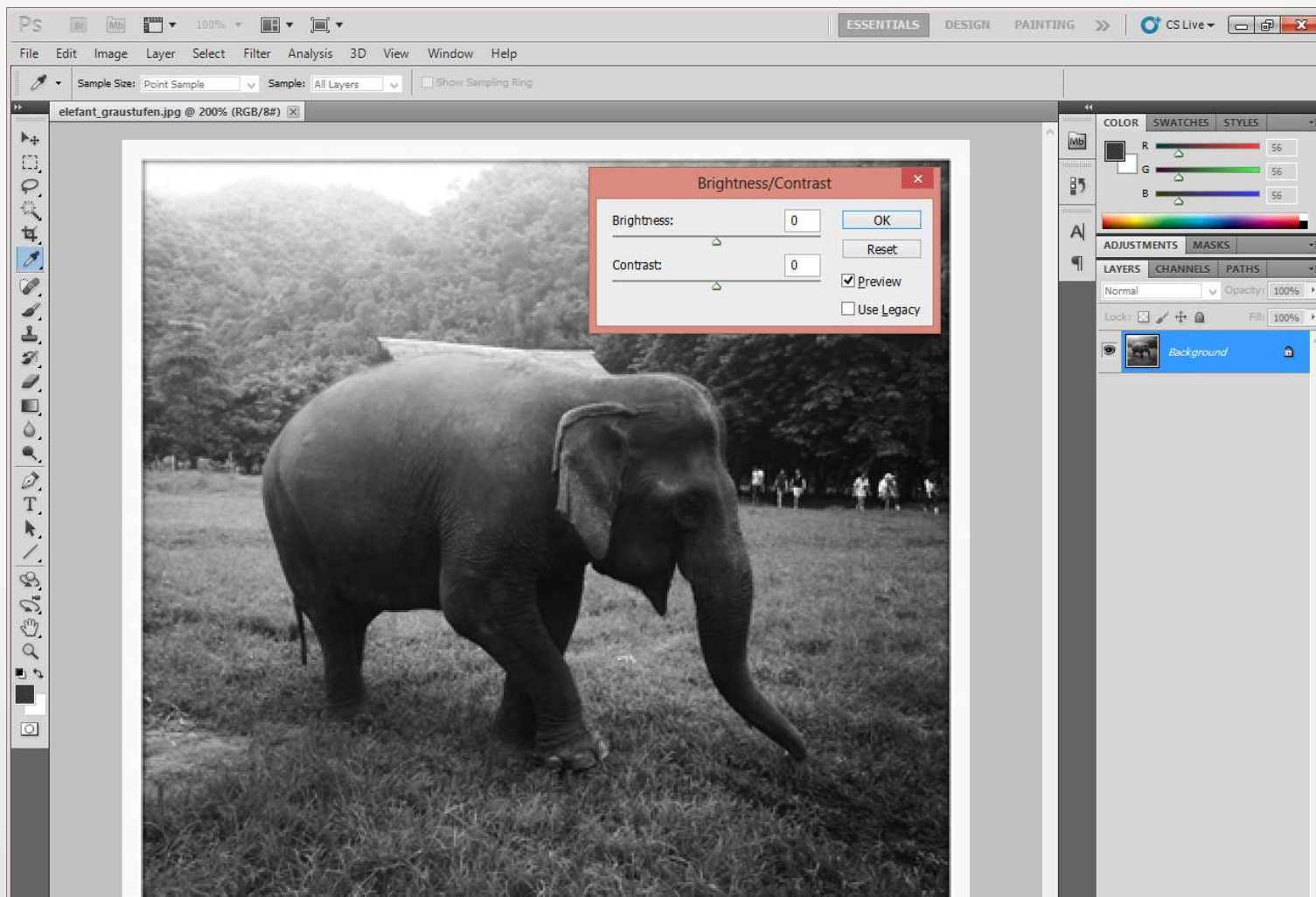
Algorithmus:

- Initialisiere jede Speicherstelle des Arrays mit 0:
array histogram[0-255] = 0;
- Betrachte anschließend jedes Pixel P der Rastergrafik
- Inkrementiere die Anzahl der Pixel mit entsprechendem Graustufenwert in dem assoziierten Array:
array histogram[P_R] += 1;

1 weiteres Beispiel: Aufhellung

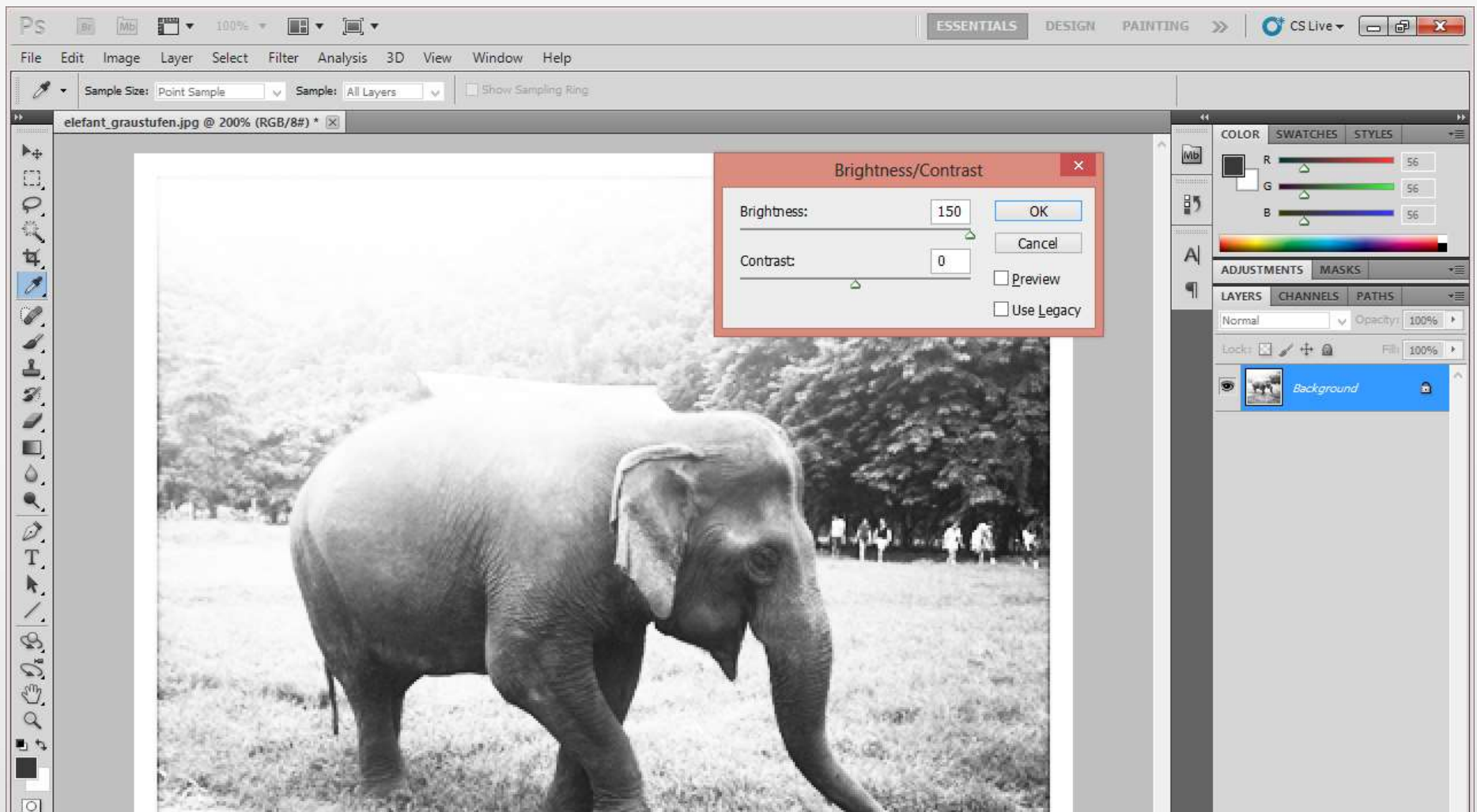
Übung: Bildaufhellung?

Wie lässt sich (algorithmisch) eine Aufhellung des Graustufenbildes vornehmen?



Übung: Bildaufhellung?

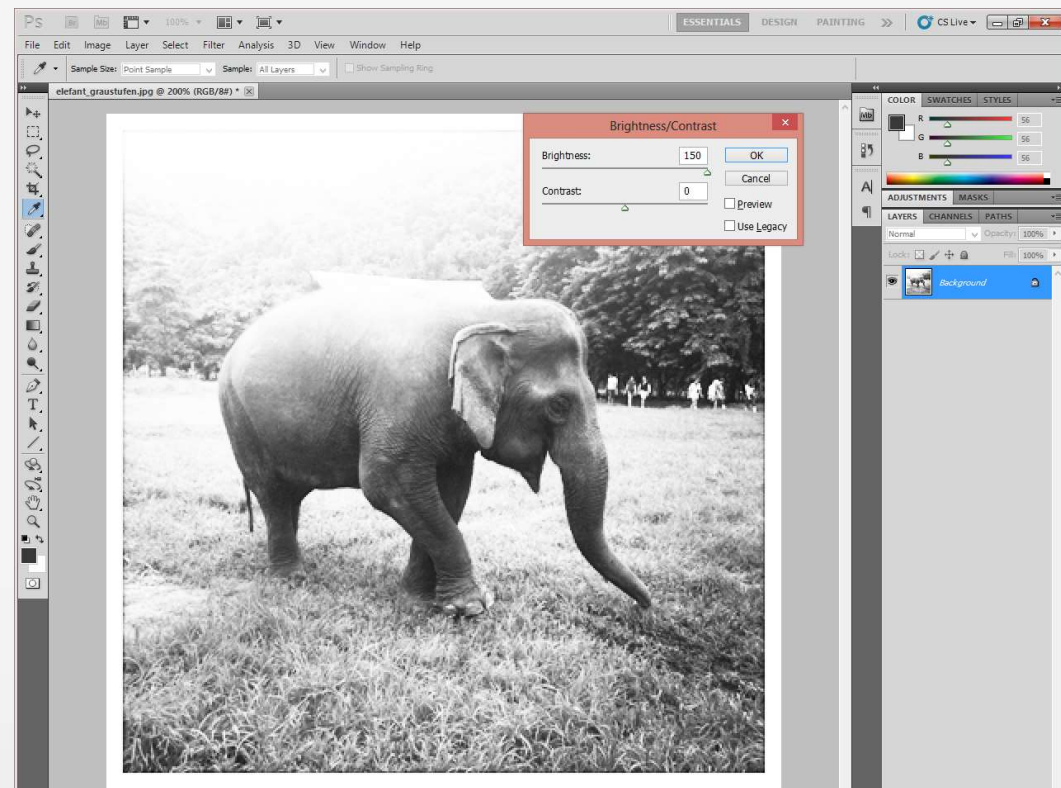
→ Wie lässt sich (algorithmisch) eine Aufhellung des Graustufenbildes vornehmen?



Übungsaufgabe

Schreiben Sie einen Algorithmus (Pseudocode), der ein Graustufenbild (256 Farb- bzw. Graustufenwerte) aufhellt.

Tipps: Schleife, Array, Index



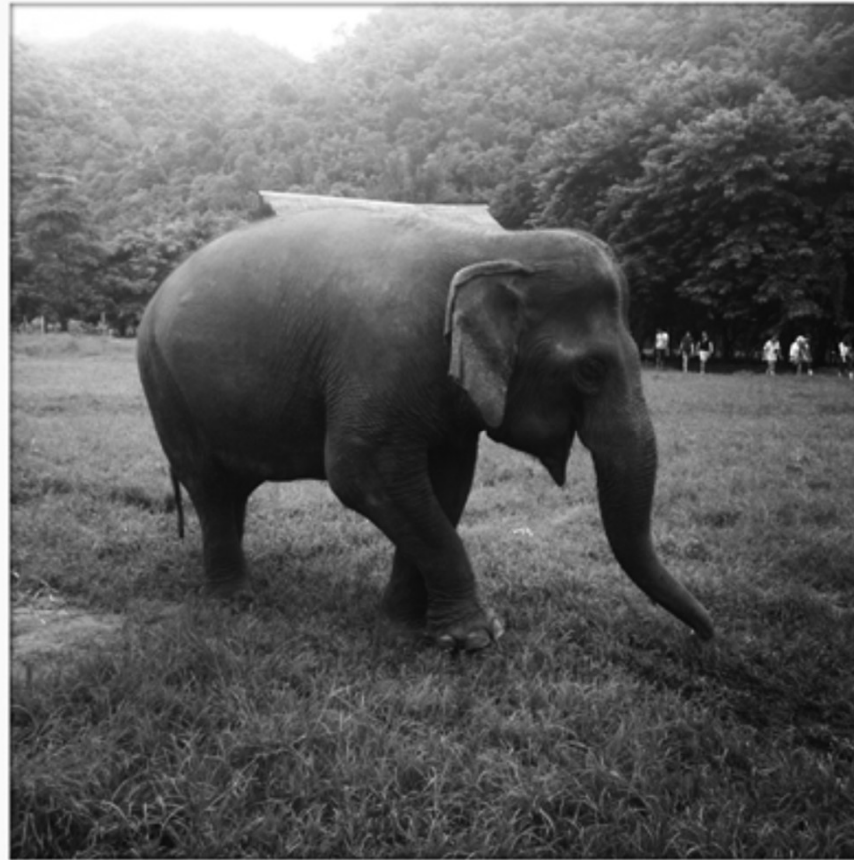
Histogrammerstellung – so funktioniert's

Algorithmus:

- Betrachte jedes Pixel P der Rastergrafik
- Erhöhe den Graustufenwert jedes Pixels um n , berücksichtige dabei den Wertebereich von 8 Bit (0 bis 255)

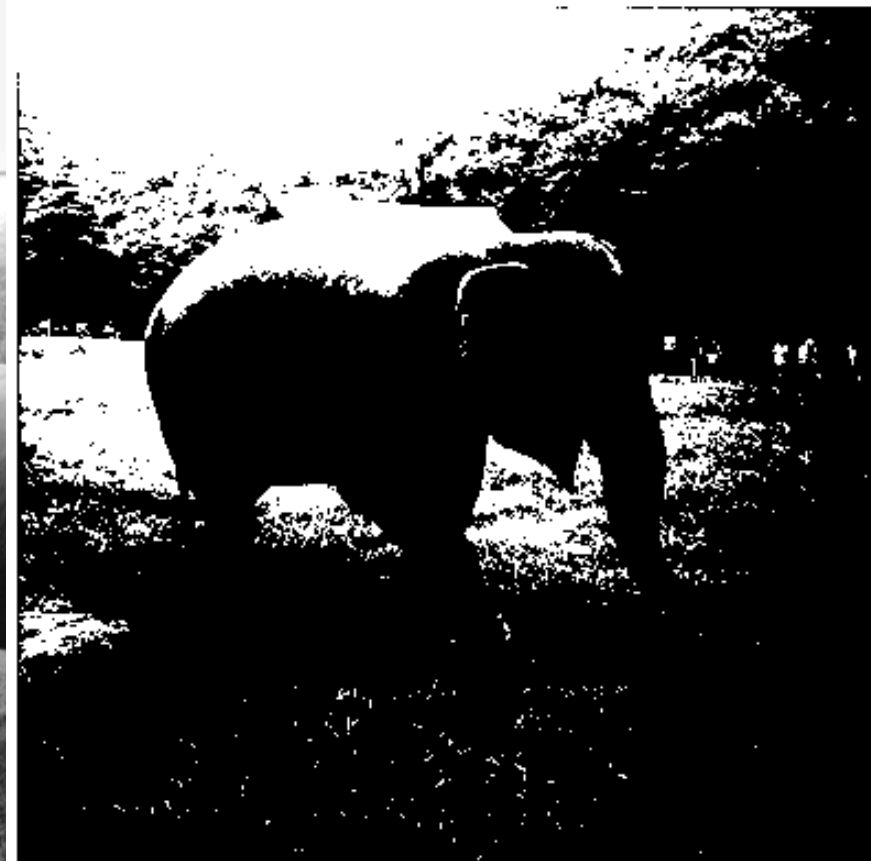
Informationsreduktion

Binarisierung






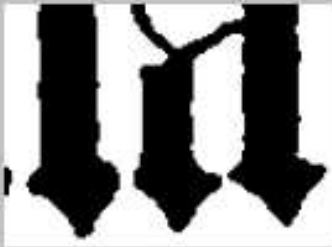








Grundfrage dieses (und der vergangenen Verfahren): Wie lässt sich Bildinformation verwerfen, ohne die Bildcharakteristika (i.e. die Form des Elefanten) zu zerstören?

Binarisierung



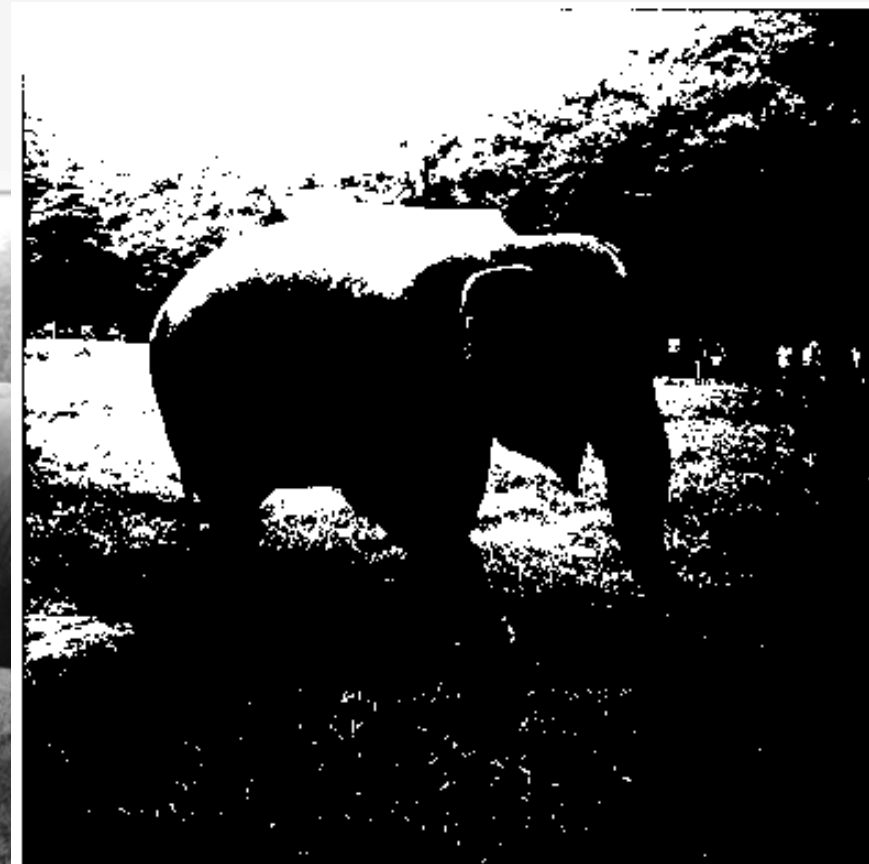
Grundfrage dieses (und der vergangenen Verfahren): Wie lässt sich Bildinformation verwerfen, ohne die Bildcharakteristika (i.e. die Form des Elefanten) zu zerstören?

			
Algorithmus	Magnus I	Methodius	Magnus II
Glob. Schwellwert ($T=128$)			
Glob. Schwellwert ($T=155$)			
Glob. Schwellwert ($T=192$)			

Übungsaufgabe

Schreiben Sie einen Algorithmus (Pseudocode), der ein Graustufenbild (256 Farb- bzw. Graustufenwerte) binarisiert, d.h. zu einem Schwarz-Weiß-Bild umwandelt..

Tipps: Schleife, Array, Index, Bedingungen



Binarisierung mit konstantem Schwellenwert – so funktioniert's

Zwei Pixelklassen:

$$\mathbf{a)} \quad I(i, j) < T$$

$$\mathbf{b)} \quad I(i, j) \geq T$$

Algorithmus:

- Betrachte jedes Pixel P der Rastergrafik
- Vergleiche den Farb-/Grauwert jedes Pixels mit dem Schwellenwert T .
 - Ist der Wert kleiner als der Schwellenwert, so wird es schwarz eingefärbt (a).
 - Ist der Wert größer oder gleich dem Schwellenwert, so wird es weiß eingefärbt (b).

Übung: Binarisierung

T = 15

23	29	101	101	101	101	101	29	23
15	101	29	29	29	29	29	101	15
10	98	15	30	30	30	15	98	10
10	10	10	155	35	155	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15
19	155	23	15	15	15	23	155	19
15	17	155	15	15	15	155	17	15
15	15	15	155	155	155	15	15	15

T = 15

23	29	101	101	101	101	101	29	23
15	101	29	29	29	29	29	101	15
10	98	15	30	30	30	15	98	10
10	10	10	155	35	155	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15
19	155	23	15	15	15	23	155	19
15	17	155	15	15	15	155	17	15
15	15	15	155	155	155	15	15	15

T = 128

23	29	101	101	101	101	101	29	23
15	101	29	29	29	29	29	101	15
10	98	15	30	30	30	15	98	10
10	10	10	155	35	155	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15
19	155	23	15	15	15	23	155	19
15	17	155	15	15	15	155	17	15
15	15	15	155	155	155	15	15	15

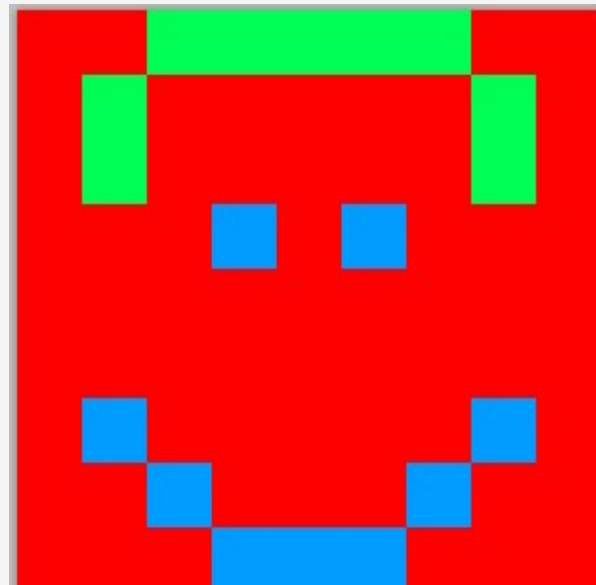
T = 128

23	29	101	101	101	101	101	29	23
15	101	29	29	29	29	29	101	15
10	98	15	30	30	30	15	98	10
10	10	10	155	35	155	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15
19	155	23	15	15	15	23	155	19
15	17	155	15	15	15	155	17	15
15	15	15	155	155	155	15	15	15

Filter

Filter

Filter: Betrachtung / Veränderung eines Pixels in Abhängigkeit seiner Nachbarpixel



Achtung: Weil Originalpixel für das Ergebnis der Filterung relevant (und unabdingbar) ist: Nutzung eines Zwischenbildes als Ausgabe- oder Eingabepuffer.

Filter

- **Lineare Filter (LSI-Filter, linear shift-invariant filters):**
Jedes Pixel im Verarbeitungsfenster wird mit einem vordefinierten Wert aus einer Faltungs- bzw. Filtermatrix multipliziert.

- **Nichtlineare Filter: U.a. heuristische Ansätze**

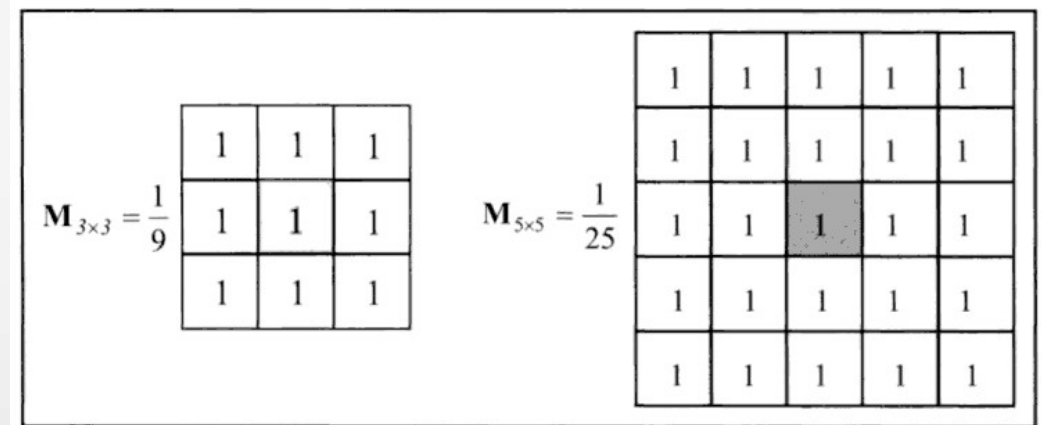
Heuristik (vgl. Prechtel / Burkard): „Lehre bzw. Theorie der Verfahren zum Finden von Neuem und Problemlösen.“

Einfacher Mittelwertfilter

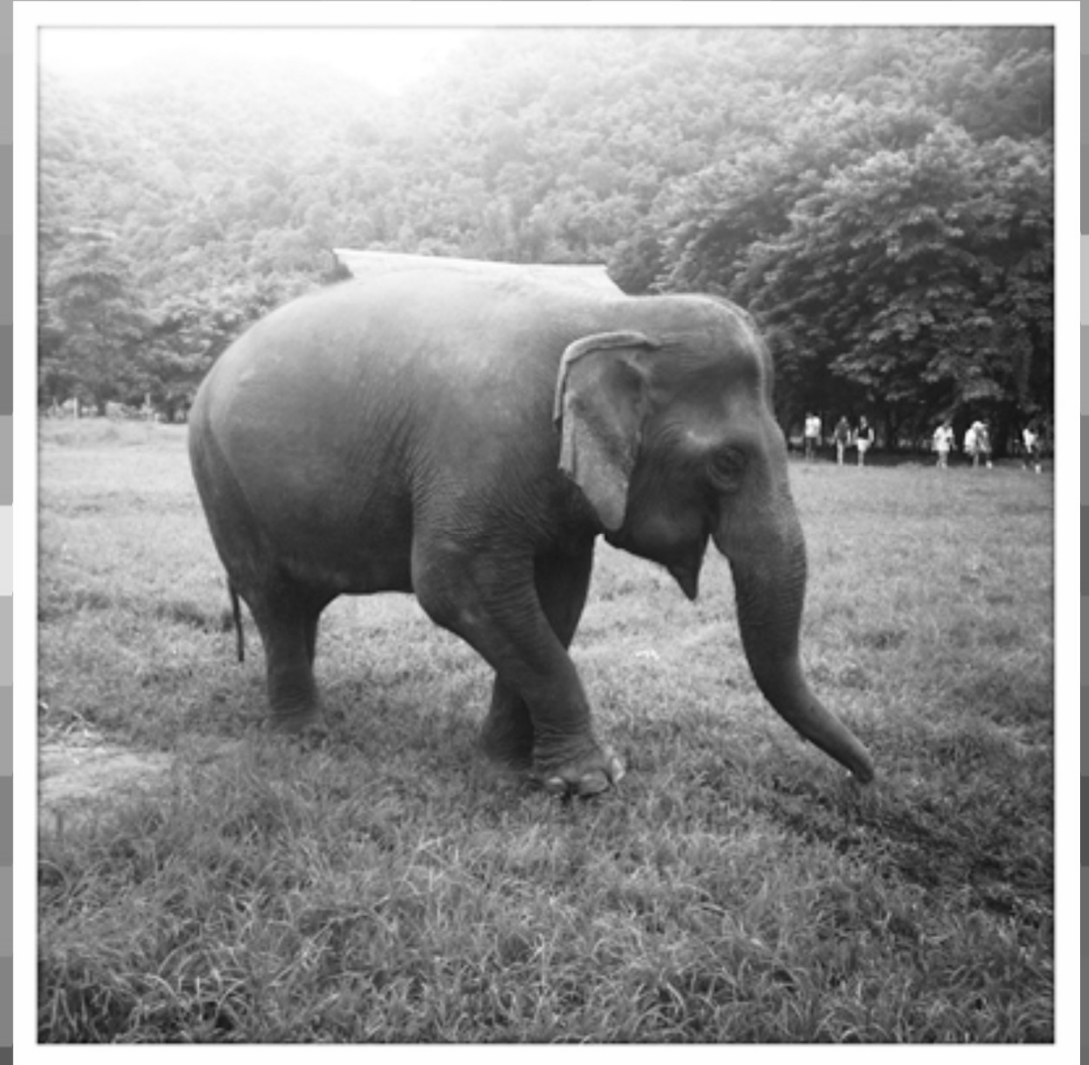
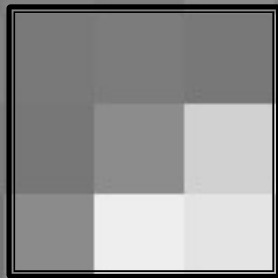
- Berechnet einfachen arithmetischen Mittelwert der Pixelwerte in der Nachbarschaft unter der Filtermaske

- Faltungsmatrix $M = \frac{1}{9} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$

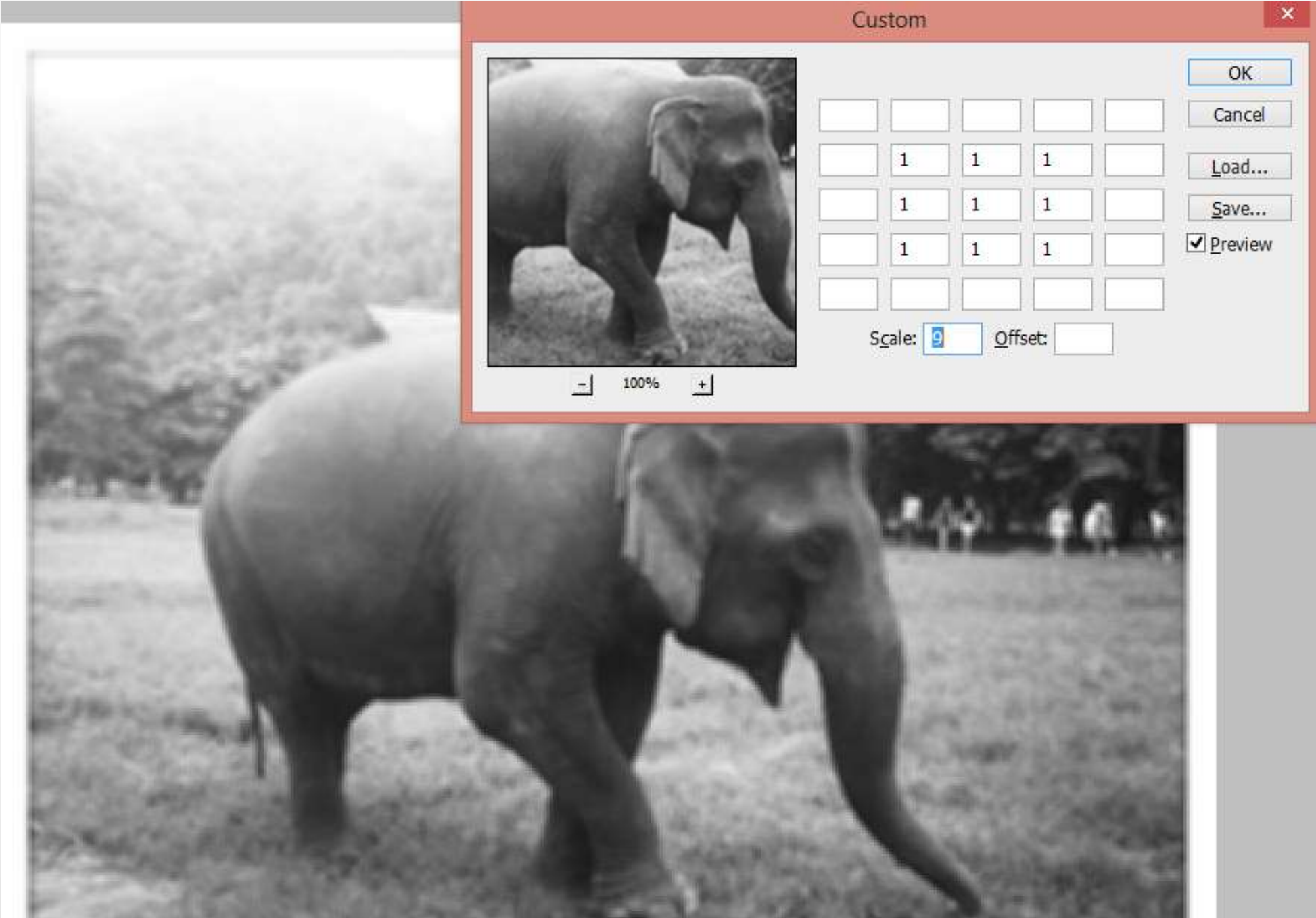
- Pro / Contra:
 - Rauschen reduziert
 - Glättung / „Blurring“
 - Kanten verwischen

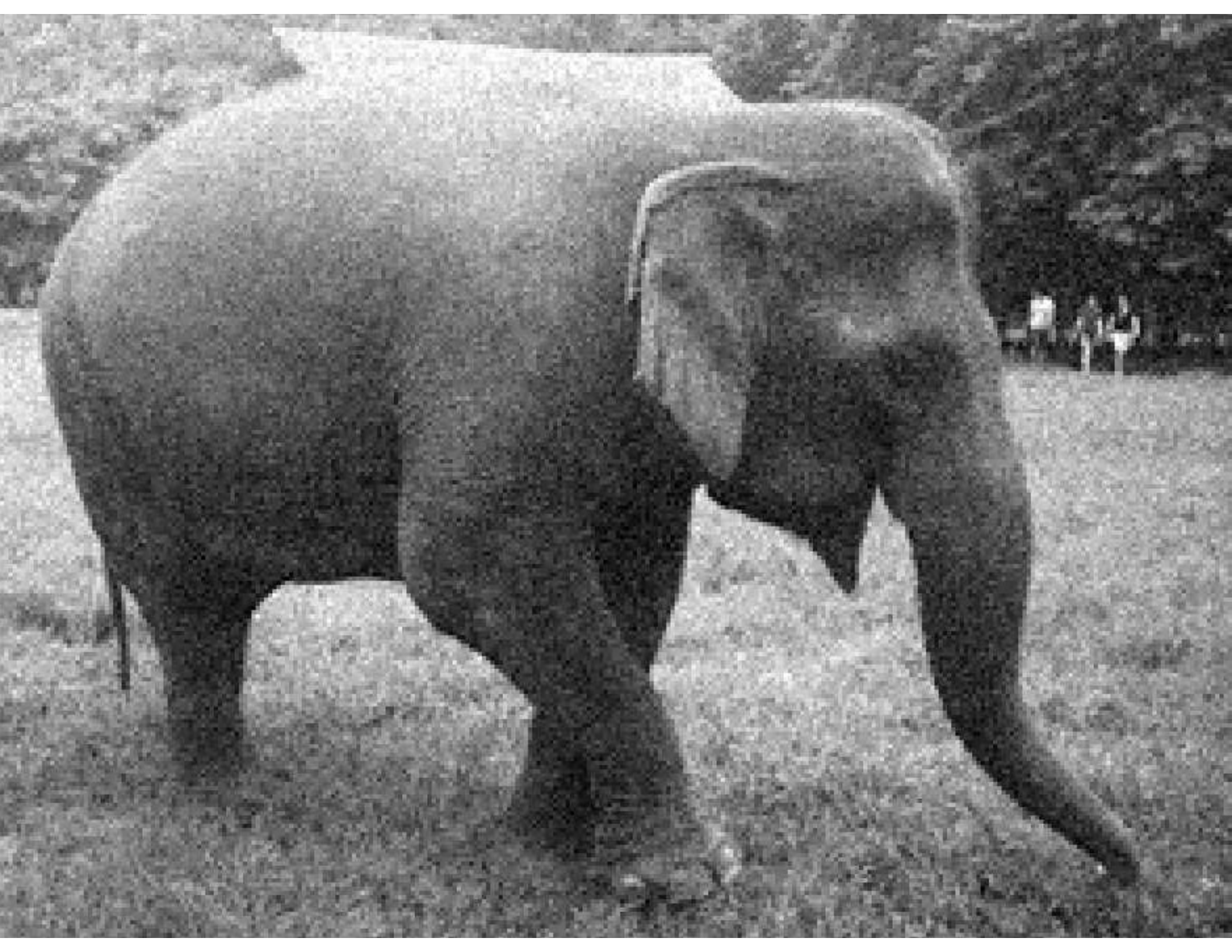


Einfacher Mittelwertfilter: 3x3 Pixel „Hotspot“



Einfacher Mittelwertfilter – so schaut's aus

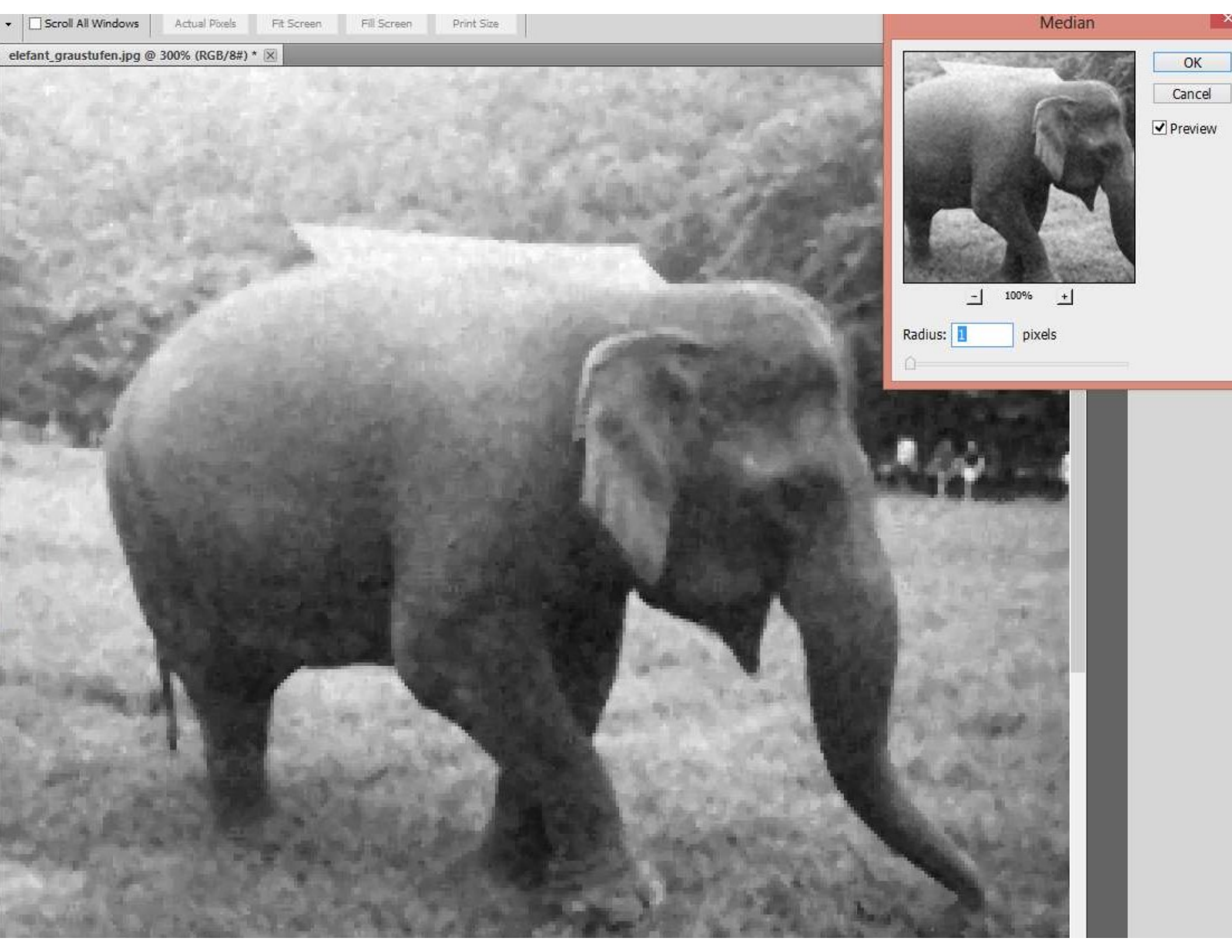




Beispiel Nichtlinearer Filter: Medianfilter

Algorithmus Medianfilter (Rangordnungsfiler):

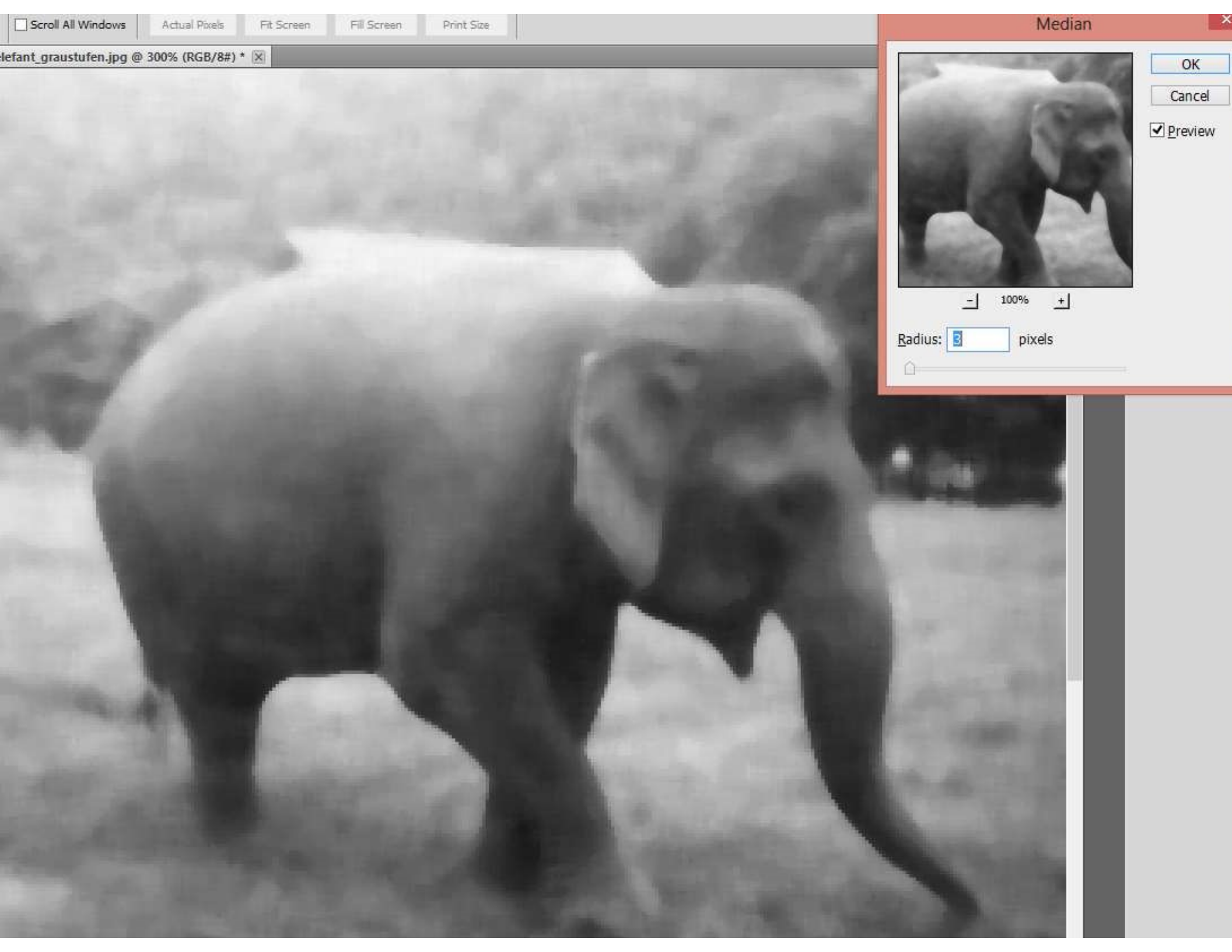
- Rangordnungsfiler betrachten die **Nachbarschaftspixel** jedes Pixels, speichern die gefundenen Farb- bzw. Graustufenwerte und sortieren die so gewonnenen Werte in aufsteigender Reihenfolge.
- Aus einer 3x3 Pixelmatrix resultiert eine Liste, bestehend aus insgesamt neun Werten. Relevant für das Medianfilter ist das Element, das sich in der **Mitte** der sortierten Liste der Pixelwerte befindet.
- Das Medianfilter selektiert den Pixelwert des fünften Listenelements und weist dem Pixel in der Mitte der Matrix den Median, d.h. den fünften Wert der Liste zu.



Median

- OK
- Cancel
- Preview

Radius: 1 pixels



Scroll All Windows

Actual Pixels

Fit Screen

Fill Screen

Print Size

elefant_graustufen.jpg @ 300% (RGB/8#) *

Median

OK

Cancel

Preview

Radius: pixels



Übung Medianfilter

Welchen Wert erhalten die – isoliert betrachteten – grau hinterlegten Pixel unter Verwendung des Medianfilters mit einem 3x3 Pixel großen Filterfenster zugewiesen?

23	29	101	101	101	101	101	29	23
15	101	29	29	29	29	29	101	15
10	98	15	30	30	30	15	98	10
10	10	10	155	35	155	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15
19	155	23	15	15	15	23	155	19
15	17	155	15	15	15	155	17	15
15	15	15	155	155	155	15	15	15

$$PXvalue_{median}(3,3) = ?$$

$$PXvalue_{median}(6,4) = ?$$

$$PXvalue_{median}(8,8) = ?$$

Welchen Wert erhalten die – isoliert betrachteten – grau hinterlegten Pixel unter Verwendung des Medianfilters mit einem 3x3 Pixel großen Filterfenster zugewiesen?

23	29	101	101	101	101	101	29	23
15	101	29	29	29	29	29	101	15
10	98	15	30	30	30	15	98	10
10	10	10	155	35	155	10	10	10
15	15	15	15	15	15	15	15	15
15	15	15	15	15	15	15	15	15
19	155	23	15	15	15	23	155	19
15	17	155	15	15	15	155	17	15
15	15	15	155	155	155	15	15	15

$PXvalue_{median}(3,3) =$ Unsortiert: 101,29,29,98,15,39,19,19,155

Sortiert: 15,19,19,29,**29**,39,98,101,155

$PXvalue_{median}(6,4) =$ Unsortiert: 30,30,15,35,155,10,15,15,15

Sortiert: 10,15,15,15,**15**,30,30,35,155

$PXvalue_{median}(8,8) = ?$

/

Bildnachweise

- [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universitat zu Koln Hauptgebaude ost.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Universitat_zu_Koln_Hauptgebaude_ost.jpg)
- <http://causeitsallaboutthepayno.tumblr.com/post/131746453874/im-currently-listening-to-adeles-new>
- www.giphy.com