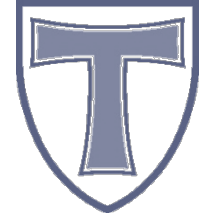




Klinik für Kleintiere
Radiologie
Justus-Liebig-Universität Gießen

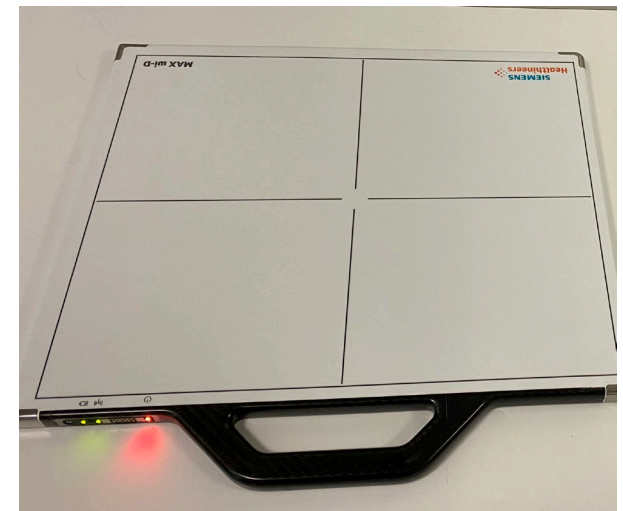


Besondere Aspekte des Digitalen Röntgens im Strahlenschutz

Nele Eley
Mareike Marx

Digitales Röntgen

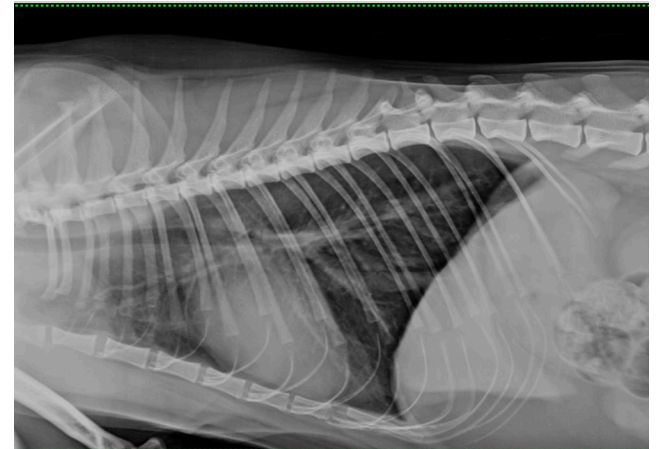
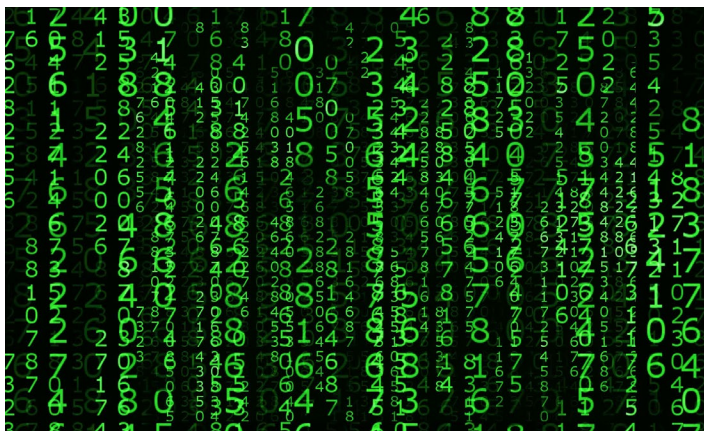
- ▶ CR (computed radiography), indirekt:
Speicherfolien
 - ▶ Metastabile Energiespeicherung durch photostimulierbare Phosphore, Ausleseprozess
- ▶ DR (direct digital radiography)
 - ▶ Direkt
 - ▶ Flachdetektor
 - ▶ Selen
 - ▶ Indirekt
 - ▶ Zwischenschritt: Umwandlung in sichtbares Licht (Cäsiumiodid, Gadolinium)
 - ▶ Flachdetektoren, CCD



Digitales Röntgenbild

- ▶ Matrix aus Bildelementen (Picture Elements = Pixel)
- ▶ Grauwert je nach Signalstärke Grauwerte zugeordnet

DIN 6814



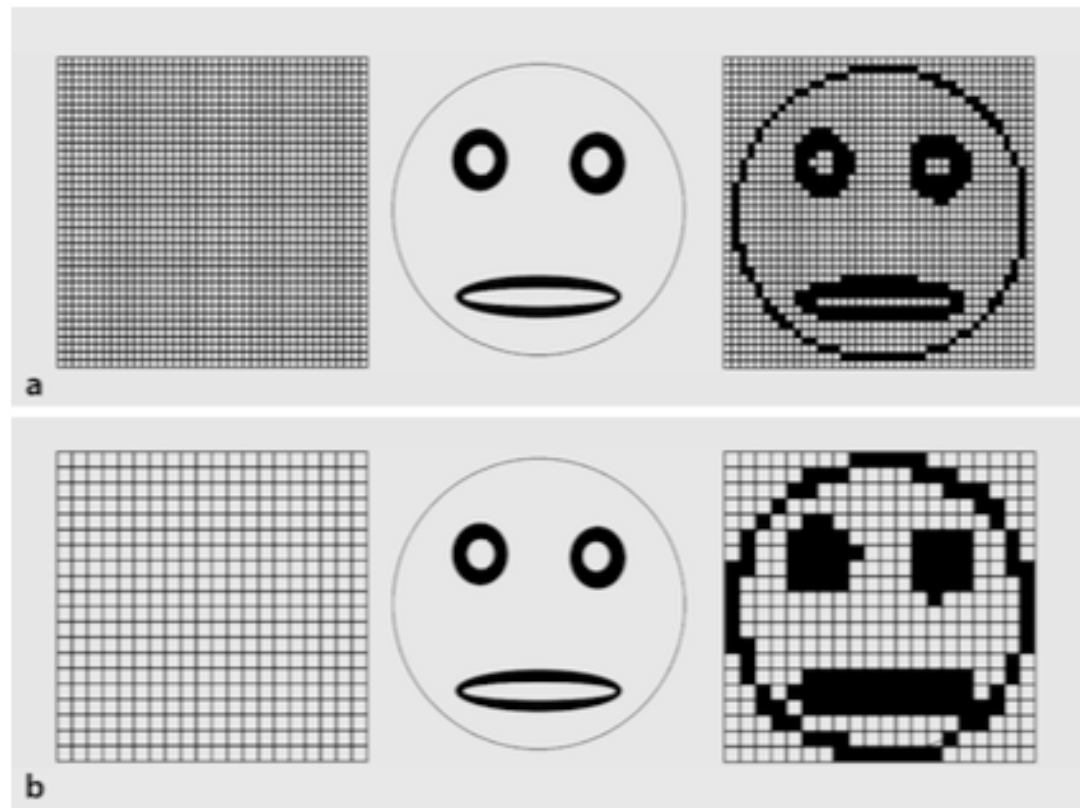


Die Matrix

Ortsauflösung

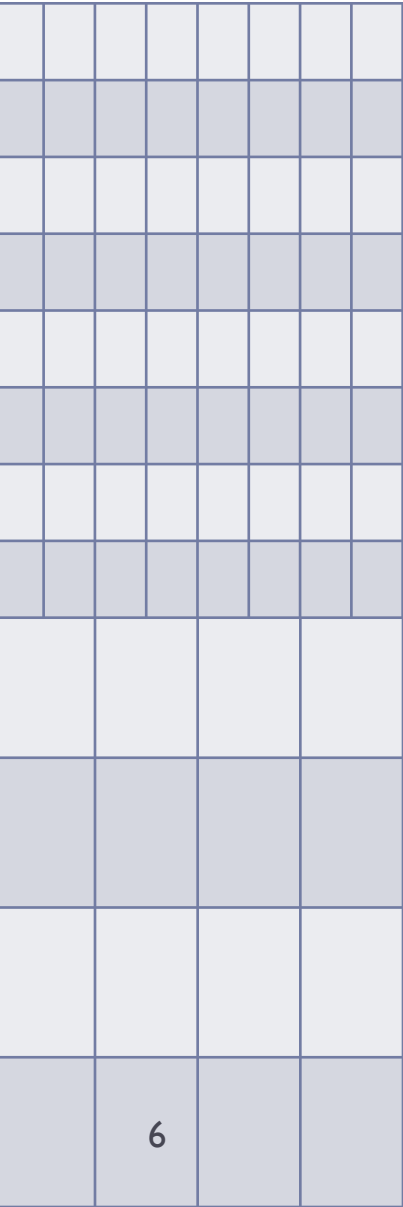
- ▶ Im digitalen Röntgen definiert durch den Pixel-Pitch = Abstand der Pixelzentren

→ Pixelgröße



Aus: Weishaupt, Köchli, Marincek: *Wie funktioniert ein MRI?*

Matrix & Ortsauflösung



- ▶ Große Matrix – kleine Pixel – gute **Ortsauflösung**

 - ▶ Kleine Matrix – große Pixel – schlechte **Ortsauflösung**
-



Matrixgröße

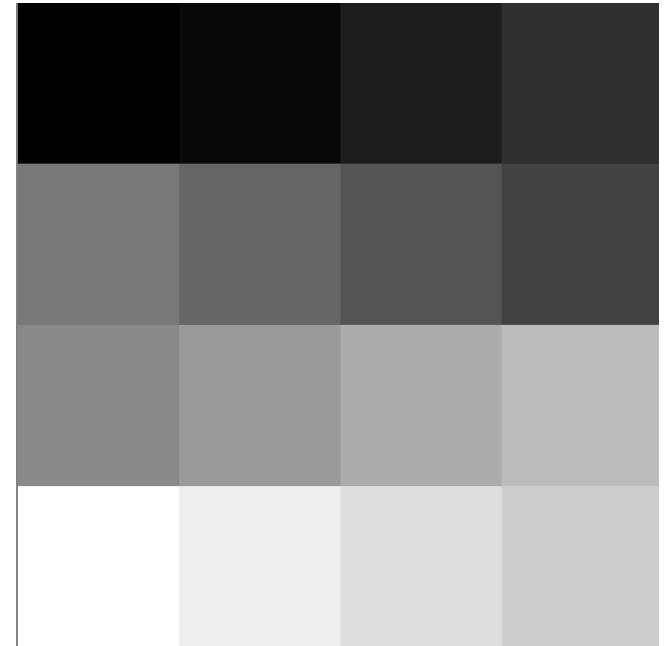
▶ Beispiele

- ▶ Bildverstärker (DSA) 1024×1024
- ▶ Speicherfolien 2000×2000
- ▶ Flachdetektor 3000×3000

Kontrastauflösung

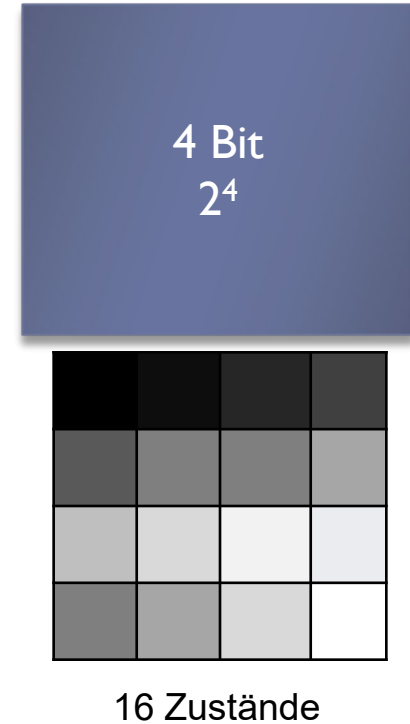
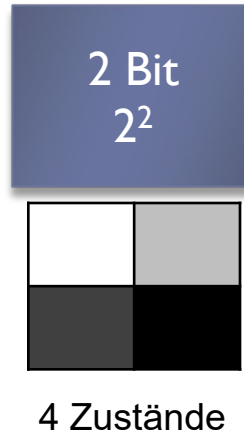
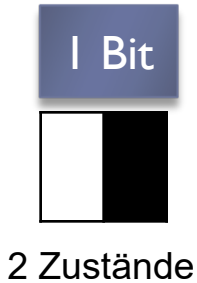
- ▶ Jeder Pixel bekommt einen Grauwert
- ▶ Abhängig von der Signalstärke = Anzahl der Photonen = Dosis
- ▶ Gesamtzahl unterscheidbarer Grauwerte

→ **Speichertiefe**



Binär kodiert...

- ▶ Speichertiefe pro Pixel in einem Bild:



- ▶ Beispiel:

- ▶ 8bit = $2^8 = 256$ Graustufen

- ▶ Moderne Speichertiefe: 12 / 14 bit = 4096 / 16384 Graustufen

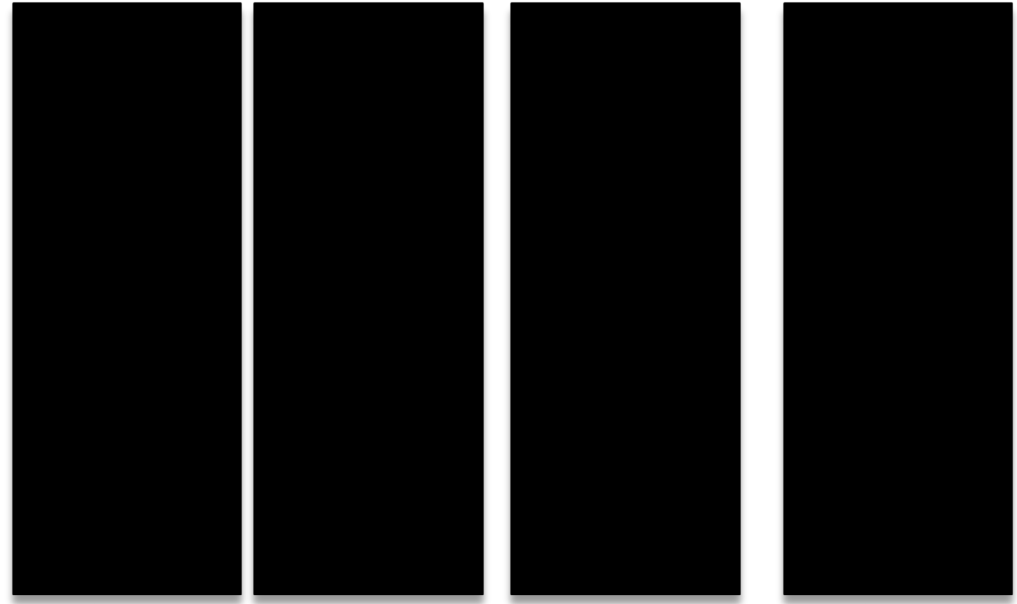
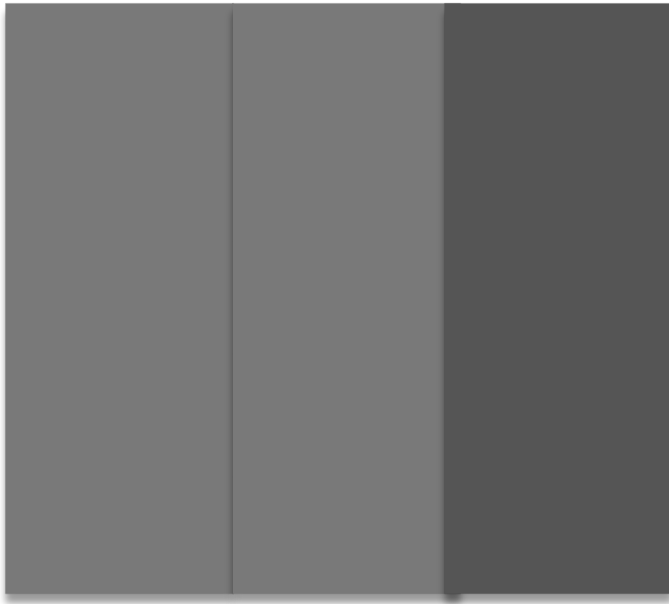




Kontrast

versus

Auflösung





Vorteile

- ▶ Günstige und platzsparende Archivierung
- ▶ An mehreren Orten zeitgleich nutzbar
- ▶ Mobiles Röntgen

- ▶ Hohe Kontrastauflösung: Monitorbefundung

- ▶ Bilder können digital verschickt werden
- ▶ Teleradiologie



Gemeinsame Bildsprache

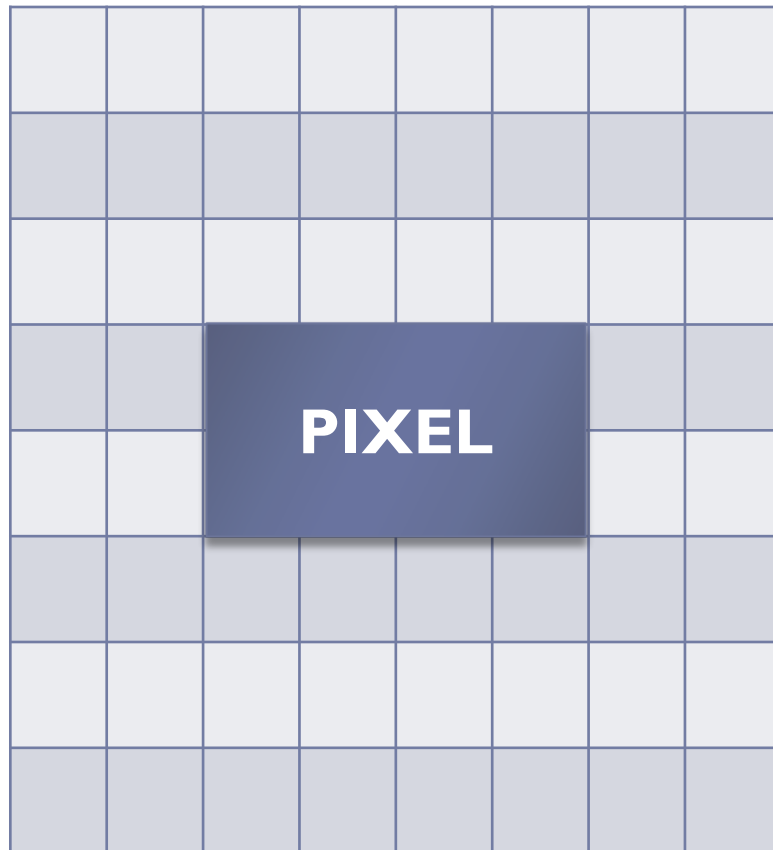
- ▶ Dateiformat: DICOM
- ▶ **D**igital **I**maging and **C**ommunication in **M**edicine
- ▶ Format für Befundung, Archivierung & Transfer
- ▶ **Bilddaten:** TIFF/JPEG-Norm
&
- ▶ **Metadaten:** Patientenname, Besitzername,
Aufnahmedatum, Praxisname, Daten zur Untersuchung

Besonderheiten im Digitalen Röntgen

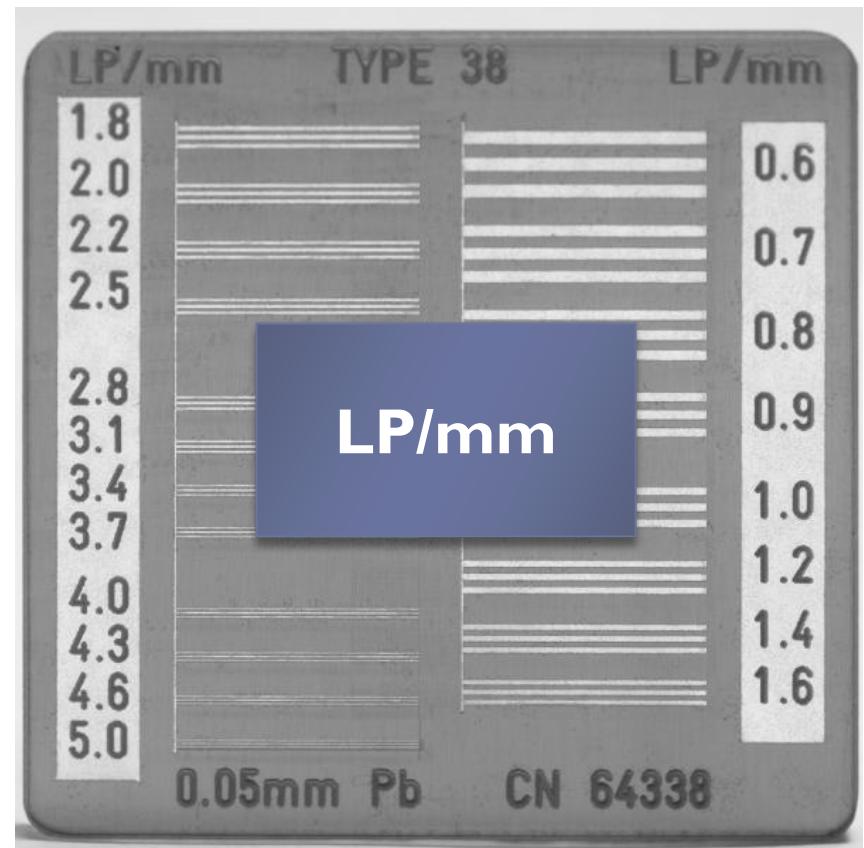
Vergleich mit dem analogen Röntgen

Ortsauflösung

Digital



Analog





Ortsauflösung

Digital

- ▶ Pixelgröße in μm

- ▶ Speicherfolie LP/mm 2.5 - 3.5
- ▶ Flachdetektor LP/mm 3.5 - 5

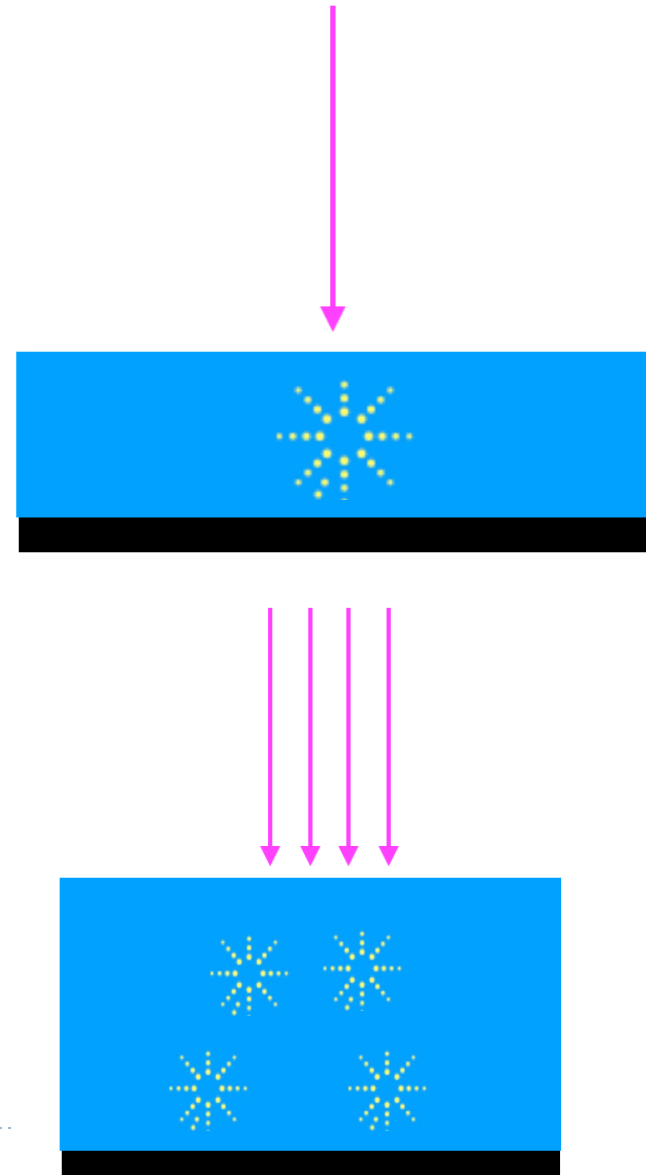
Analog

- ▶ Folienloser Film 50 LP/mm
- ▶ Film - Folien - Systeme 10 – 15 LP/mm

Ortsauflösung

Verstärkerfolien (analoges Röntgen)

- ▶ Umwandlung von Röntgenstrahlung in sichtbares Licht
- ▶ Nachteil: Dicke Szintillationsschicht
→ mehr Lichtdiffusion und Unschärfe
- ▶ Vorteil: Dosisreduktion





Kontrastauflösung

	Analog	Digital
Ortsauflösung	+++	+
Graustufen	40-80	4096
Reproduktion	+	+++
Nachverarbeitung	-	+++
Bildbearbeitung	--	+++
Bildtransport	--	+++
Archivierung	+	+++

Bildbetrachtung

Am Bildschirm

ALLE vom Detektor aufgezeichneten und in der Signalverarbeitung modulierten Graustufen können dargestellt werden

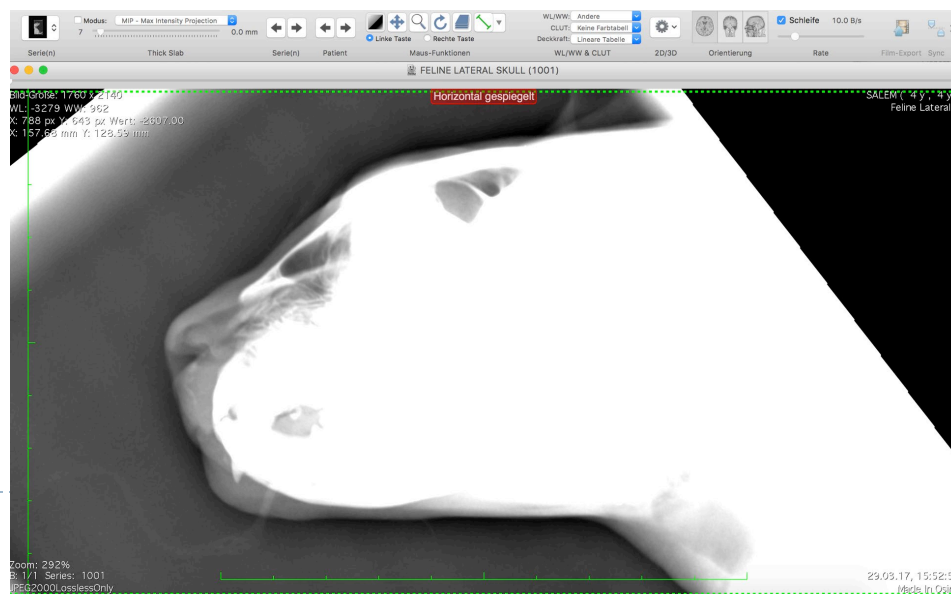
Bildschirm 256 (1024) Graustufen gleichzeitig

Menschliches Auge ca. 60 Graustufen

→ Fenstertechnik



Monitorbefundung



Mindestanforderungen für Monitore ?

(Bildschirmmatrix, Maximalkontrast, maximale Leuchtdichte)

GRSK HD-ED: Die Befundungsstation verfügt über einen Monitor, der die folgenden Mindestanforderungen erfüllt:

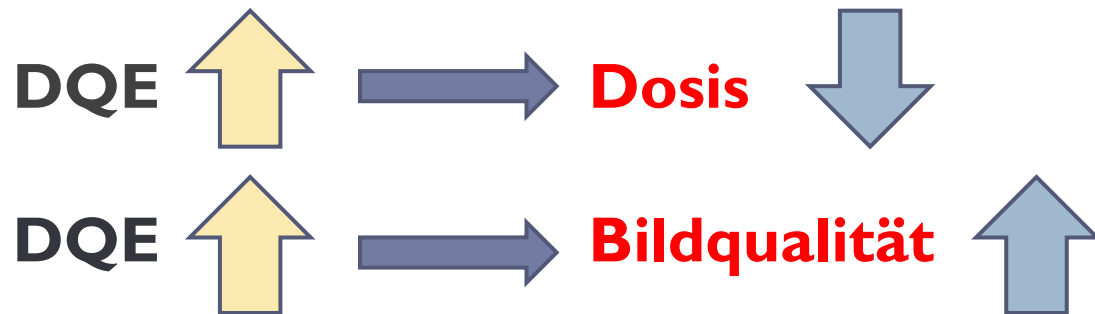
Bilddiagonale: 19 Zoll Matrix: 1280 x 1024

Maximalkontrast: 400

Leuchtdichte: 250 cd/m²

Quantenwirkungsgrad (DQE)

Umwandlung der auftreffenden Photonen durch den Detektor



Detektor		DQE
Film-Folien		20-25%
Speicherfolien	Pulverstruktur	20-35%
	Nadelstruktur	45% - 50%
Elektron. Flachdetektoren		60% - 70%

Belichtung

▶ kV: Röhrenspannung

- ▶ Strahlenhärte /Durchdringungsfähigkeit
- ▶ Bestimmt Strahlenqualität (und auch –quantität)
- ▶ Entscheidend für Kontrast– „kV macht flau“

▶ mA: Heizstrom (Filament)

- ▶ Strahlenquantität

▶ s: Belichtungszeit

- ▶ Dauer der Elektronenfreisetzung / Quantität
- ▶ mAs: Produkt aus mA und Zeit



<https://www.schweizer-roentgen.ch/de/veterinaermedizin/produkte/mex-20BT>



Quantenrauschen

entsteht durch zufällige Verteilung der auftreffenden Röntgenquanten

→ mAs

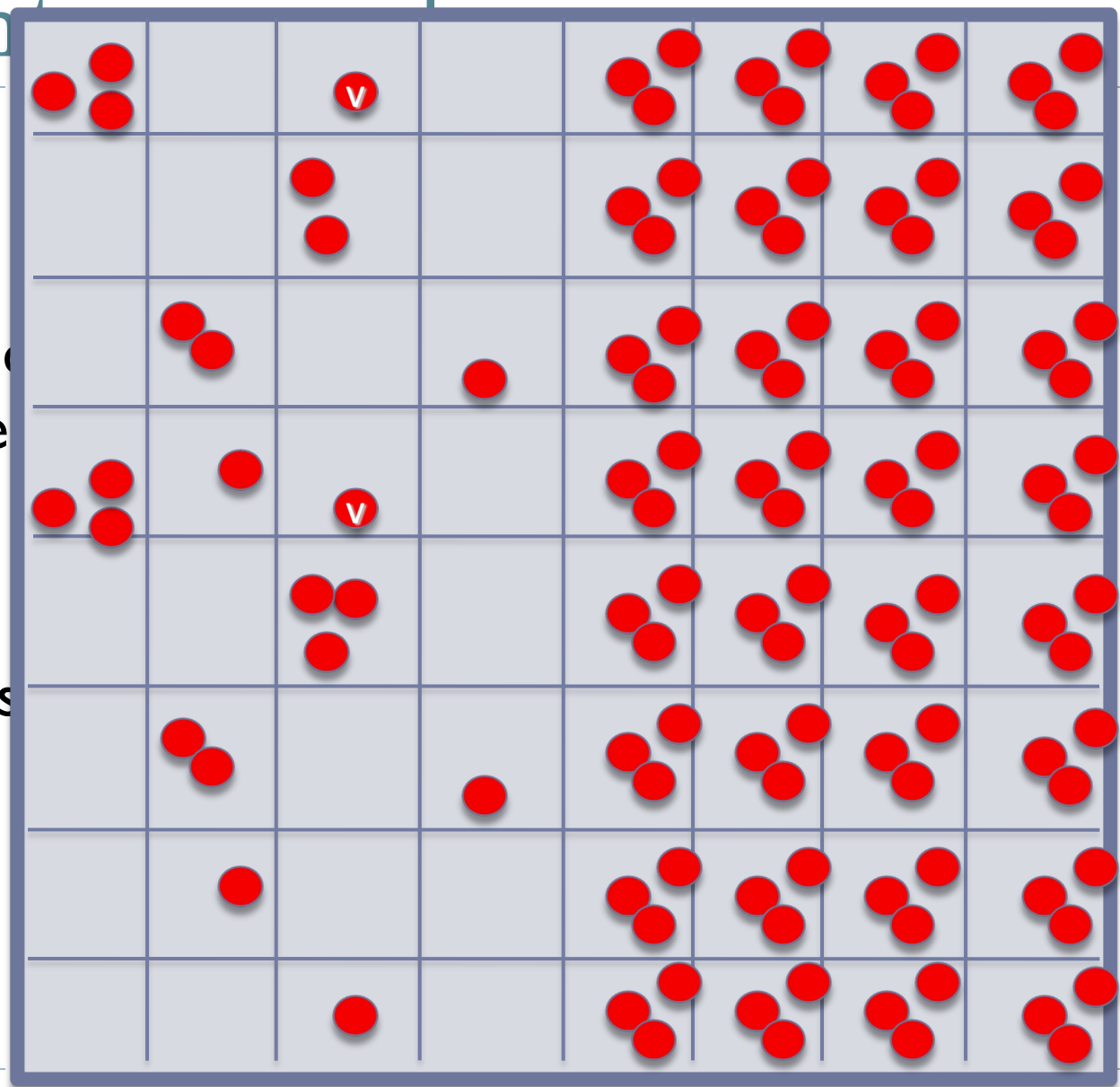


Quant

1

entsteht
Röntge

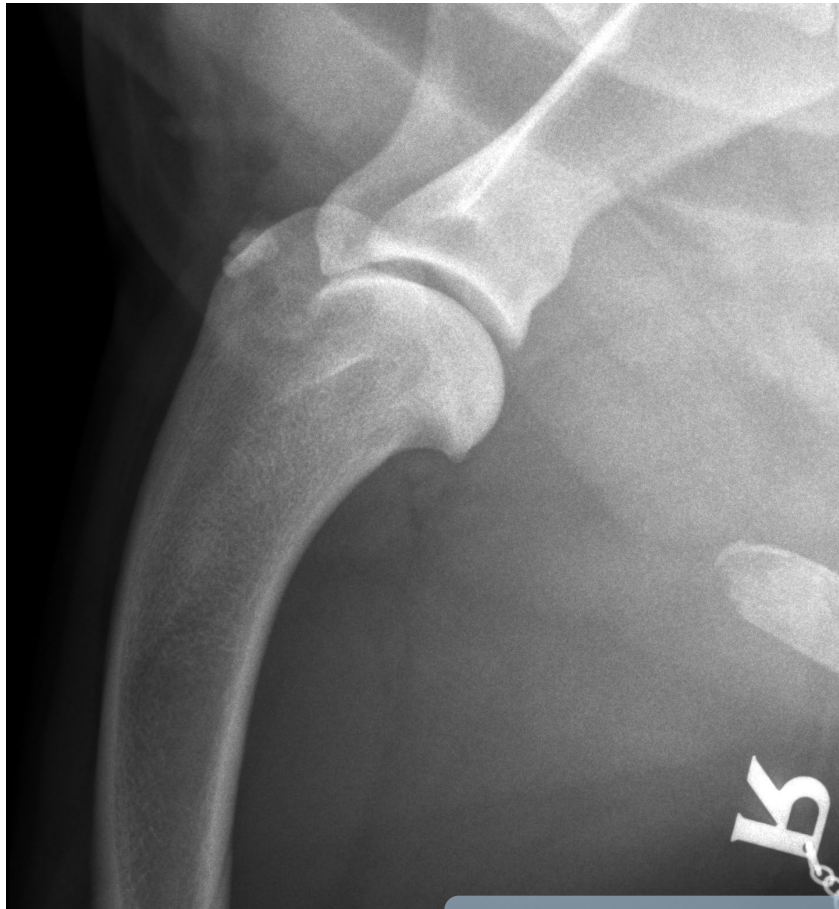
→ mAs



Dosisabhängigkeit Signal-Rausch-Verhältnis



Abnehmende Dosis \rightarrow Signal-Rausch-Verhältnis \downarrow



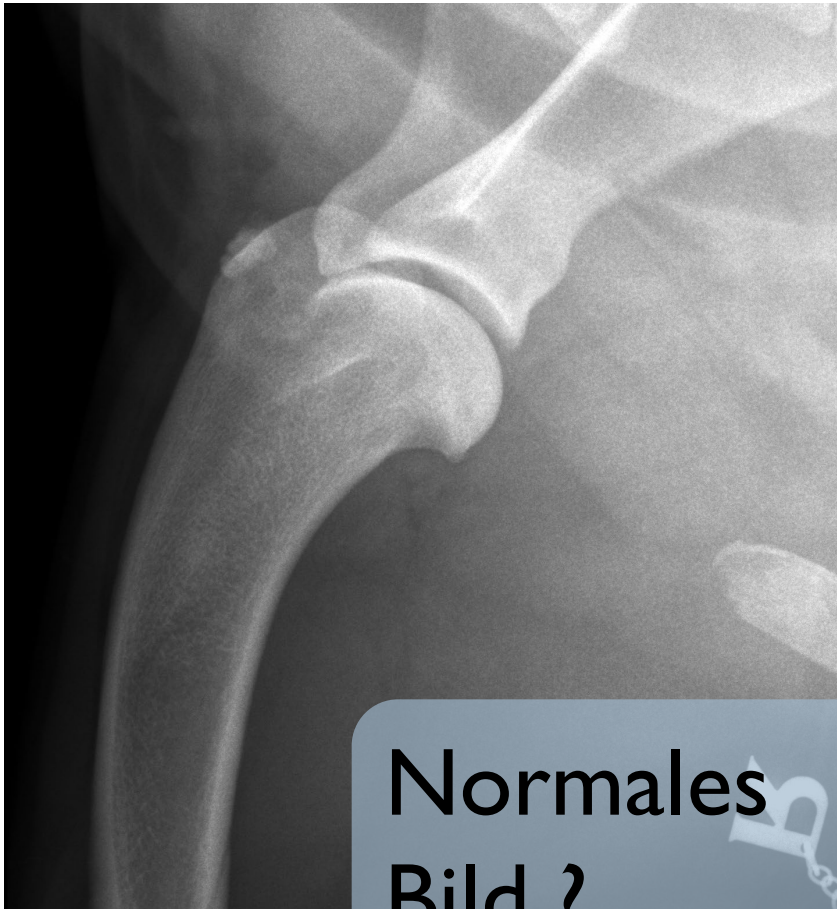
Normales Bild



Körniges Bild

Dosisabhängigkeit Signal-Rausch-Verhältnis

Abnehmende Dosis \rightarrow Signal-Rausch-Verhältnis \downarrow



Normales
Bild ?



Körniges Bild

Dosisabhängigkeiten?



Signal-Rausch-Verhältnis

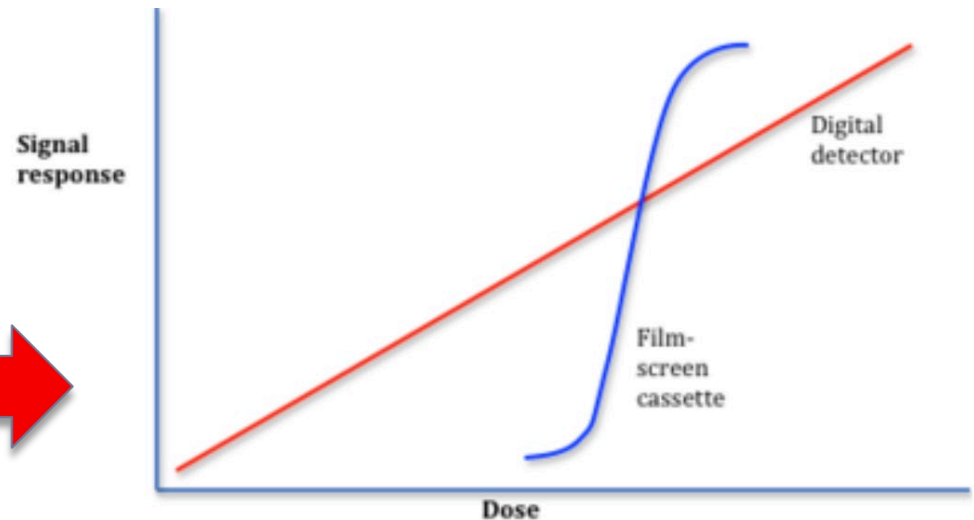
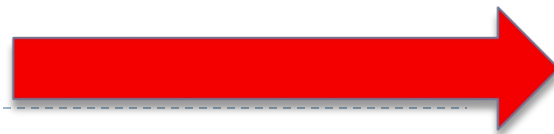
JA

Bildhelligkeit

NEIN

→ **Kein Zusammenhang zwischen Dosis und optischer Dichte**

Möglichkeit zur Dosis-Reduktion (insbesondere **Flachdetektor**)
Aber auch **Risiko der Überbelichtung**



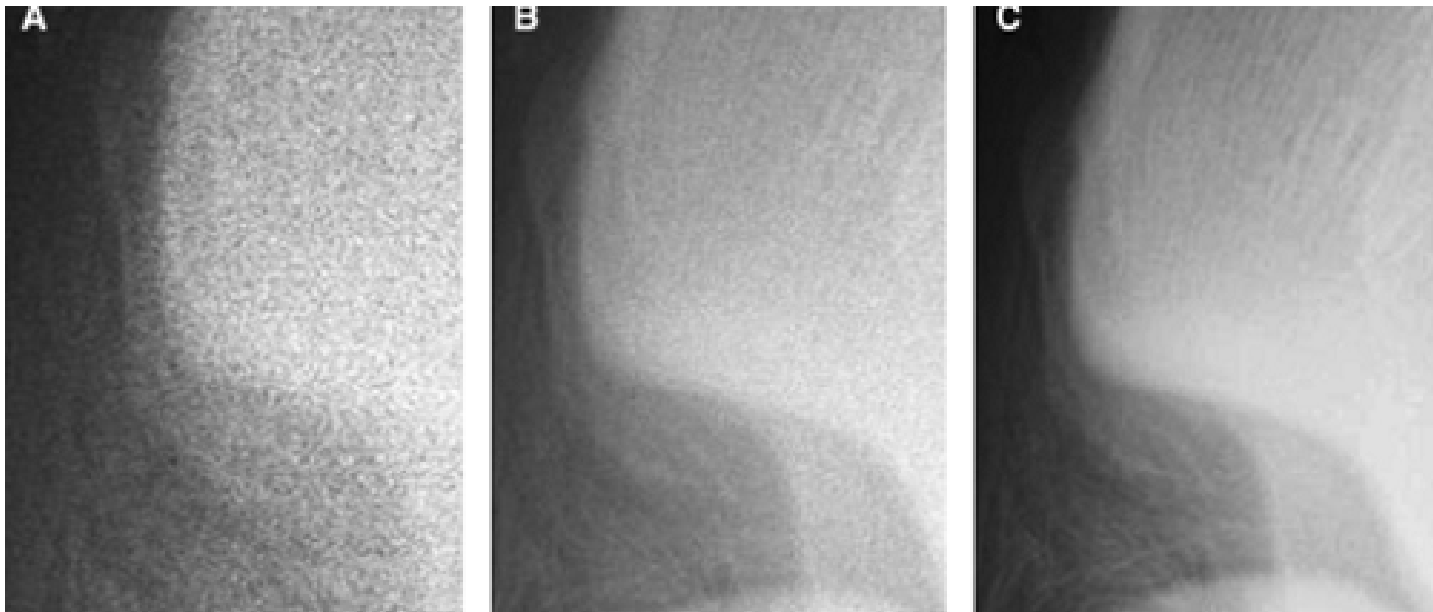


FIG. 6. Three digital radiographs of a frozen cadaver equine carpus taken at 80 kVp and 0.3 mAs (A), 1.5 mAs (B), and 10.0 mAs (C) as seen in Fig. 1. At this display size the mottle in A is visible, with improvement in detail in (B) and (C). (Images courtesy of Dr. Sarah Puchalski)

Also alles easy...?

ALGORITHMEN

Signal processing: contrast enhancement, contrast suppression, edge enhancement, harmonizing...



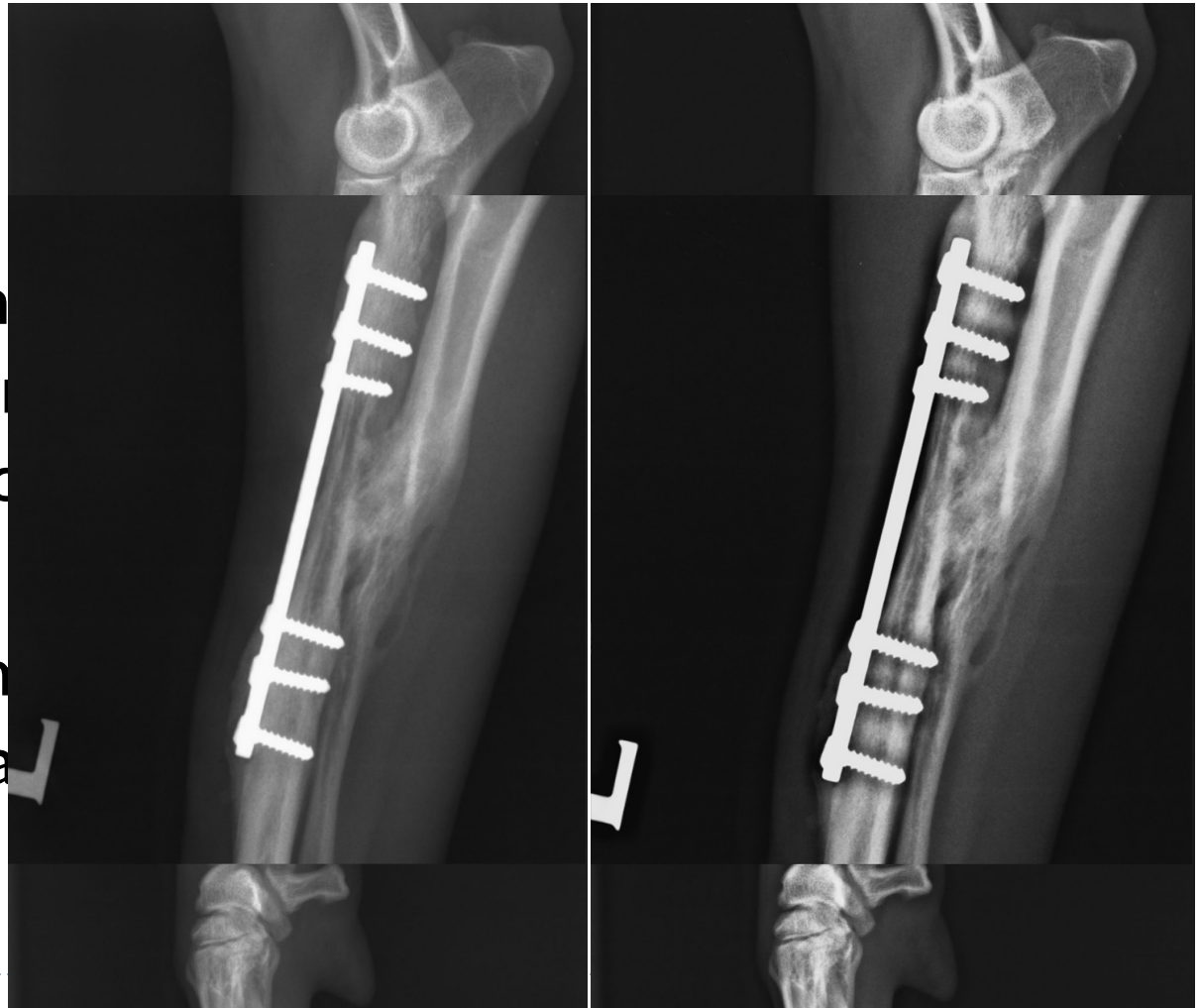
Figure 7. Image postprocessing. The image on the far left represents the initially acquired raw data without any

Vorsicht vor Überschwingern!

- ▶ dunkler Saum an Grenzflächen von unterschiedlich dichten Materialien
- ▶ → Algorithmus mit weniger Kantenanhebung

Vorsicht vor Überschwingern!

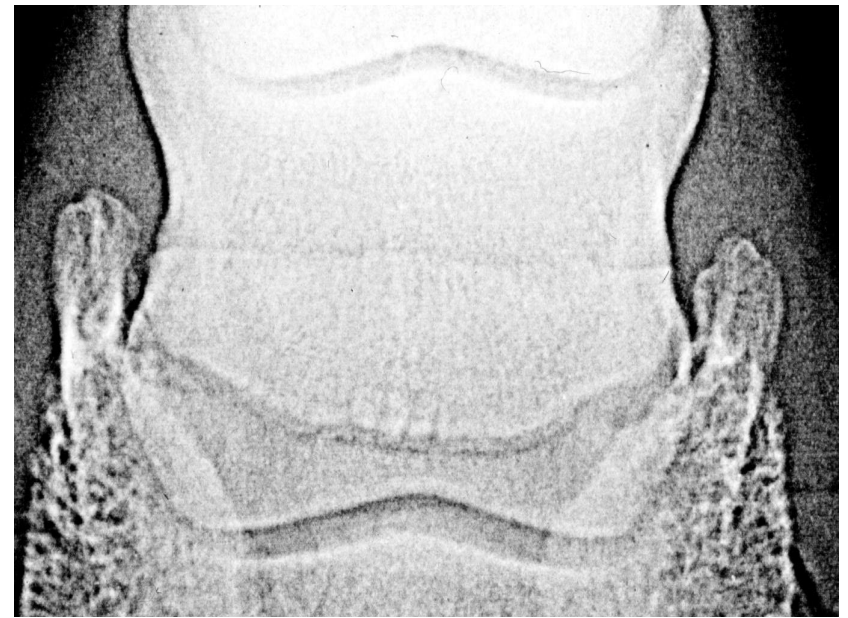
- ▶ dunkler Saum an Grenzflächen von unterschiedlich dichten Materialien
- ▶ → Algorithmus weniger Kantena





Fehlerhafte Algorithmen

niedrige Speichertiefe:
niedrige Anzahl an
Graustufen (&
Kantenanhebung)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

