


Department of Veterinary Clinical Sciences  
University of Giessen



**Praktischer Strahlenschutz  
Qualitätssicherung, Lagerung und Technik**

*K. VON PÜCKLER, N. ONDREKA, B. TELLHELM, M. KRAMER*

1

Gabler Wirtschaftslexikon

„Die Qualitätssicherung umfasst als Bestandteil des **Qualitätsmanagements** alle organisatorischen und technischen Maßnahmen, die **vorbereitend, begleitend und prüfend** der Schaffung und Erhaltung einer **definierten Qualität** eines Produkts oder einer Dienstleistung dienen.“

2

### Qualitätssicherung im Röntgen

- **Strahlenschutz**
- **Positionierung**
- **Adäquate Projektionen**
- **Hardware**
- **Software**
- **Befundung**

3

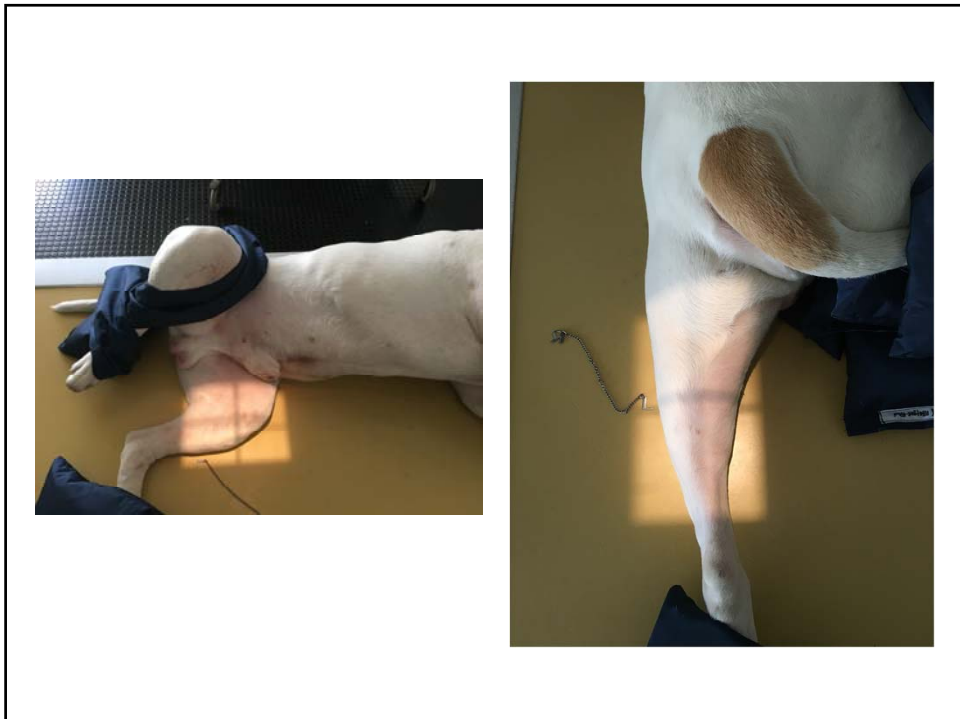
### Strahlenschutz in der Orthopädischen Diagnostik



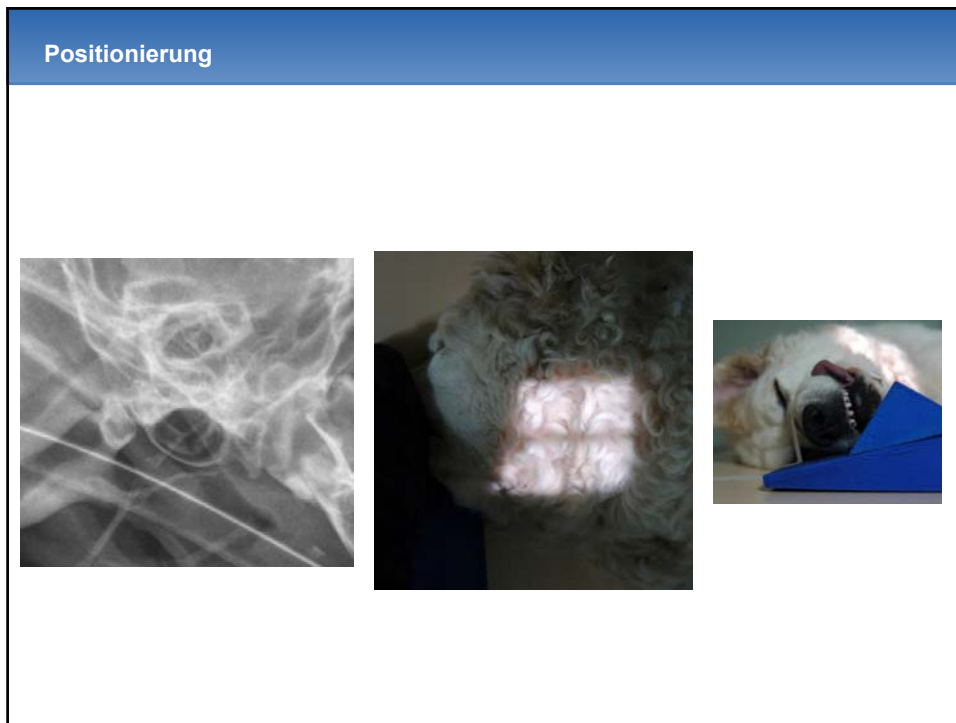
4



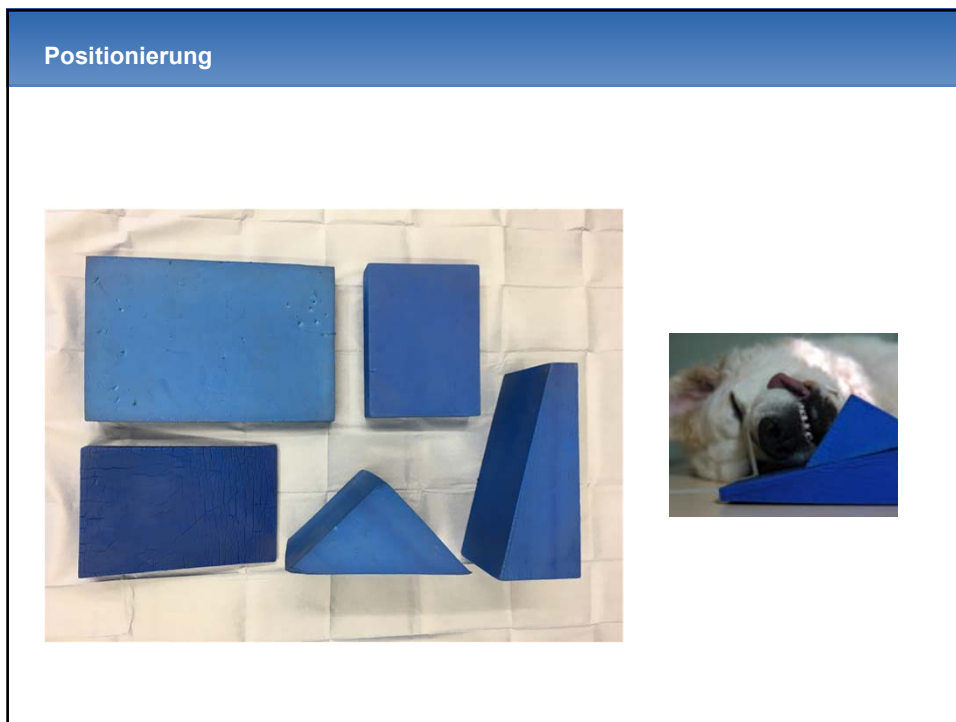
5



6



7



8

## Lagerung



### Beispiel HD/ED



9

## Lagerung



### HD



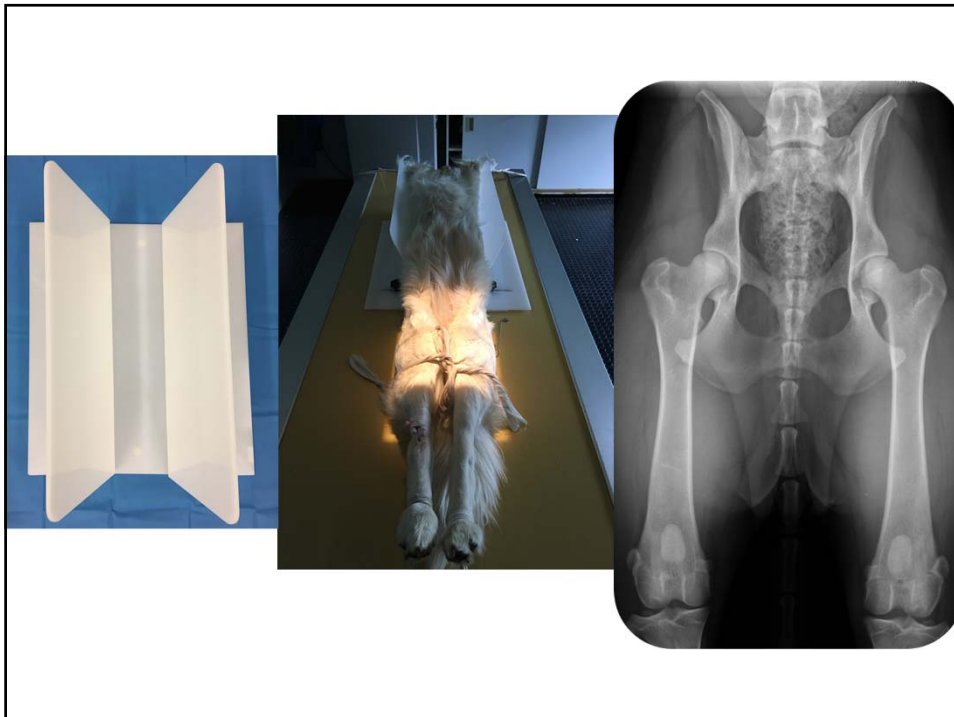
10

# Lagerung

Alternative!

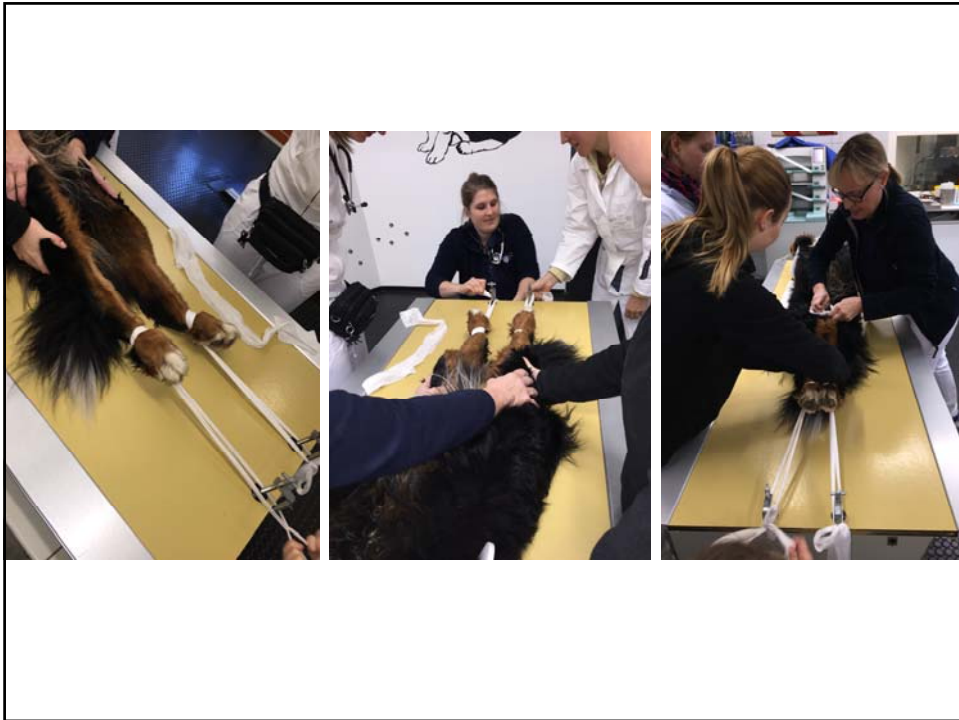


11



12





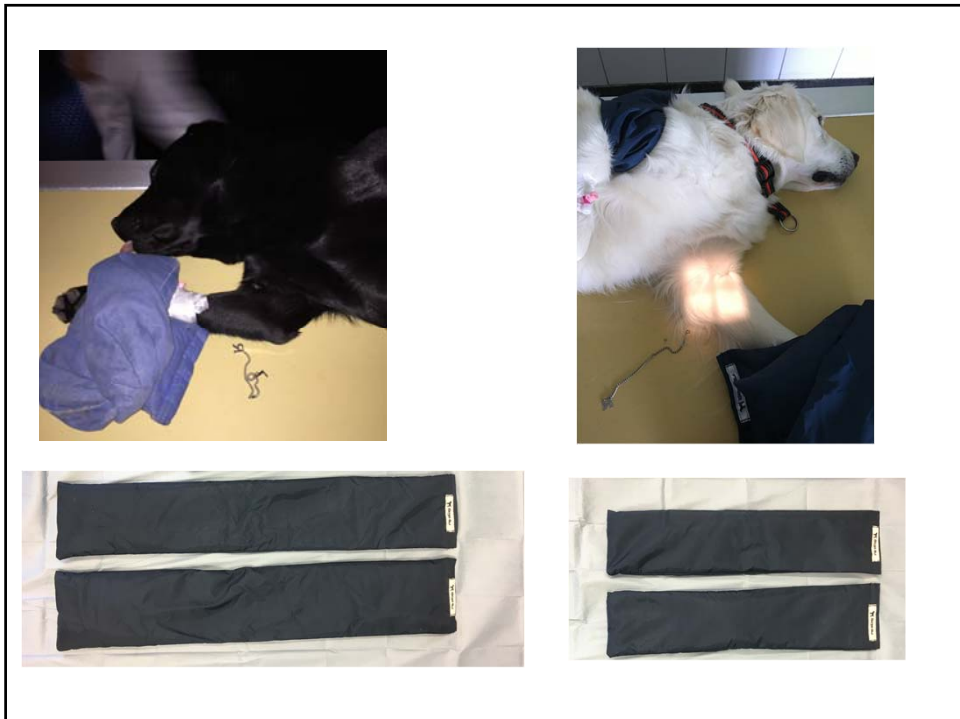
13



14

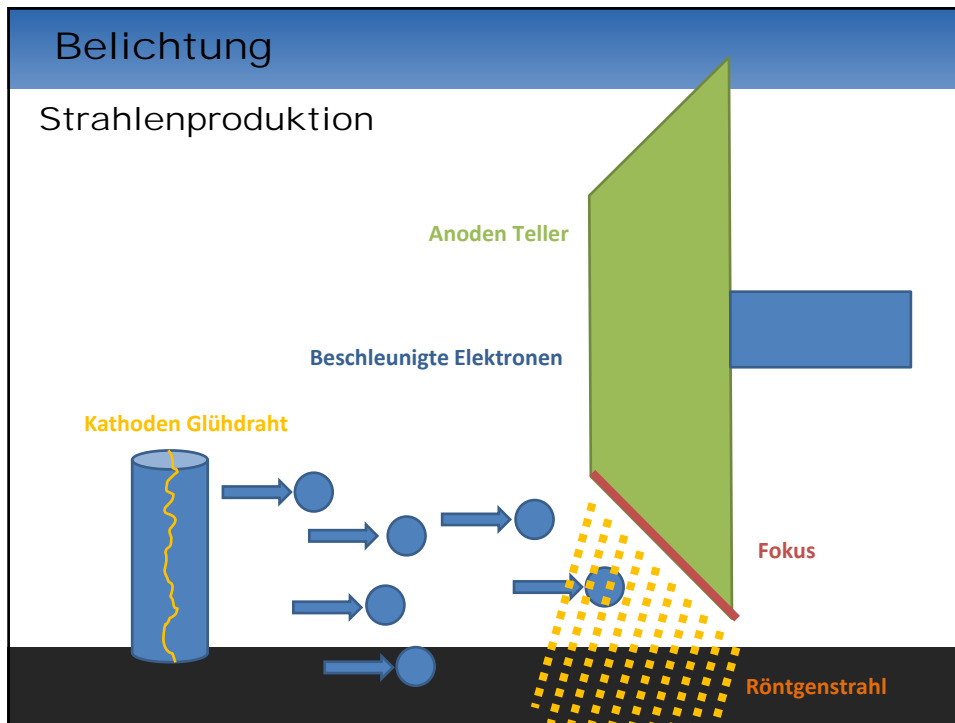


15



16





17

## Digitale Röntgentechnik Kenngrößen

### Ortsauflösung

**Bestimmt durch Kantenlänge bzw. Abstand der Pixelzentren**

**Angabe in Linienpaaren pro mm: Lp/mm**

**Typische Angaben**

cuattro 1417 HD  
35 x 43, 100 µm

- Kabelloser Detektor mit Direct-CsI in Kassettengröße
- Automatische Detektion der Röntgenstrahlen (AED)
- 3.556 x 4.320 Pixel, Pixelgröße 100 x 100 Mikron
- Aktiver Röntgenbereich: 355 mm x 432 mm
- Abmessungen: 384 mm (B) x 15 mm (H) x 460 mm (T)

18

## Bildqualität

Fähigkeit zwei getrennte Objekte als getrennt Objekte wahrzunehmen, wenn sie kleiner werden und näher beieinander liegen

Point Spread function (Punktspreizfunktion)

Frequenz Domäne

Modulationstransferfunktion (MTF)

19

## Bildqualität

Unterschiede in den Graustufen zwischen benachbarten Regionen im Bild

„Subjekt“-Kontrast

Detektorkontrast



Bushberg et al. 2012

20

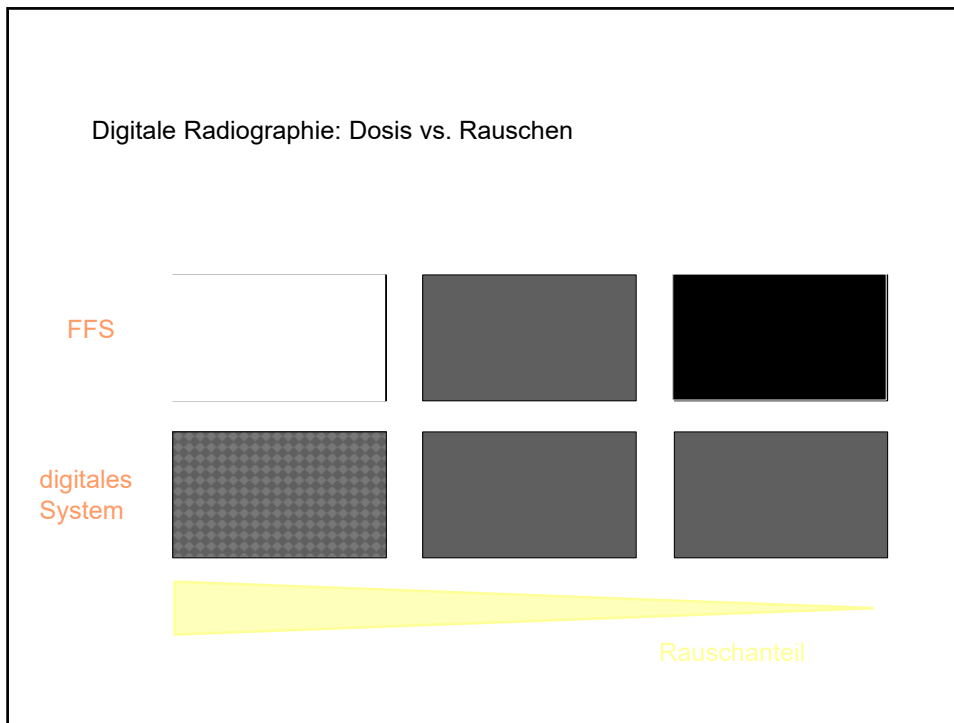
Digitale Röntgentechnik  
Kenngrößen

Prof. E. Ludewig

21

**Bildqualität**

22



23



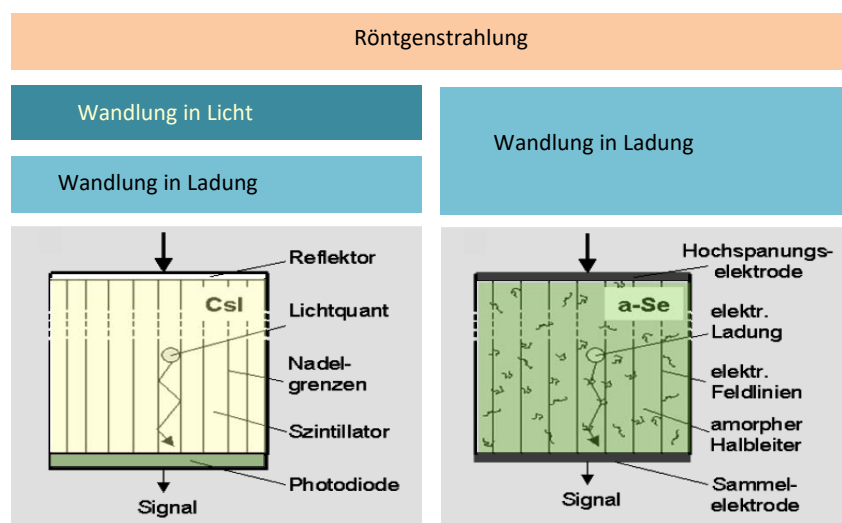
24

**Datenverarbeitung:****Analog** → **Digital (AD-Converter)**

„0“ und „1“

**Kleinste Datenmenge: „bit“ =  $2^1 = 2$  Graustufen****Beispiel: 8bit =  $2^8 = 256$  Graustufen = 1 Byte****Moderne „Speichertiefe“: 14 bit = 16384 Graustufen**

25

**Detektor**

26

**Digitale Röntgentechnik Kenngrößen**

**Ortsauflösung**

**Bestimmt durch Kantenlänge bzw. Abstand der Pixelzentren**

**Angabe in Linienpaaren pro mm: Lp/mm**

**Typische Angaben**

cuattro 1417 HD  
35 x 43, 100 µm

- Kabelloser Detektor mit Direct-CsI in Kassettengröße
- Automatische Detektion der Röntgenstrahlen (AED)
- 3.556 x 4.320 Pixel, Pixelgröße 100 x 100 Mikron
- Aktiver Röntgenbereich: 355 mm x 432 mm
- Abmessungen: 384 mm (B) x 15 mm (H) x 460 mm (T)

27

**Ortsauflösung**

System	Lp / mm
Folienloser Film	50
Film - Folien - Systeme	
feinzeichnend	14
universal	◊
hochverstärkend	5
Speicherfolie	< 5 (...8)
elektronischer Flachdetektor	3,5



28



Digitale Röntgentechnik  
Ortsauflösung

Großformatige Aufzeichnungssysteme:

Im Allgemeinen geringer als Film-Folien-  
Kombination

Speicherfolien

35 X 45 etwa 2,5 Lp/mm

18 X 24 maximal 5,0 Lp/mm

Verbesserung durch neue Systeme

z.B. beiderseits auslesbare Folien

29

Digitale Röntgentechnik  
Ortsauflösung

Festkörperdetektoren

43 X 43 etwa 3,5 Lp/mm

Bei Kantenlänge Pixel 0,1 – 0,2 mm

Matrix 3000 X 3000

Mindestanforderung ACVR: 2,5 Lp/mm

30

## Bildtiefe (Speichertiefe)

Jedem Pixel dosisabhängig Grauwert zugeordnet

→ **Matrix** aus Pixeln und Grauwerten

Gesamtzahl der unterscheidbaren Grauwerte

= **Speichertiefe**

31



32

Digitale Röntgentechnik  
Quantenwirkungsgrad

Detective Quantum Efficiency, DQE

Maß zur Bewertung der Bildqualität

Gibt an, wie gut ein Detektor  
Röntgenquanten in Bildinformation wandeln  
kann

33

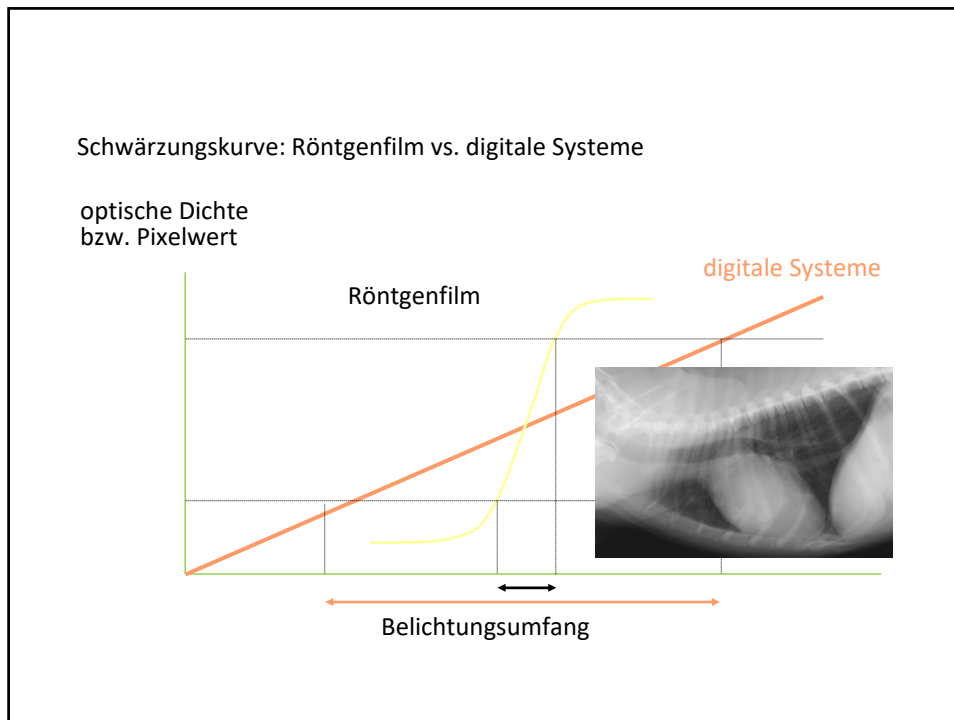
Digitale Röntgentechnik  
Quantenwirkungsgrad

Detective Quantum Efficiency, DQE

Systeme mit hoher DQE benötigen weniger  
Dosis für eine bestimmte Bildqualität

Strahlenschutz!

34



35

Detektor - Quanten - Effizienz (DQE) = Quantenwirkungsgrad  
Beispiele!!

Film - Folien - System	
KODAK lanex medium / T-mat DG	24 %
Speicherfolie	
FUJI ST-V	35 %
FUJI HR	21 %
FUJI Dual Reading FCR 5000	40 %
AGFA DX-S	45 %
Elektronischer Flachdetektor	
TRIXEL Pixium 4600	65 %

36

Chance zur Dosisreduktion im digitalen Röntgen nutzen!

Möglichkeiten zur Dosisreduktion

höhere **DQE**: bessere Quantenausbeute bei relativ niedrigerer Dosis— moderne CR Systeme 2-4fach höhere Sensitivität als FS, Detektoren auf Seleniumbasis noch höher

niedriges **SNR** kann für bestimmte Indikationen absichtlich in Kauf genommen werden : mAs Reduktion

37

Kennlinie: Röntgenfilm vs. digitale Systeme

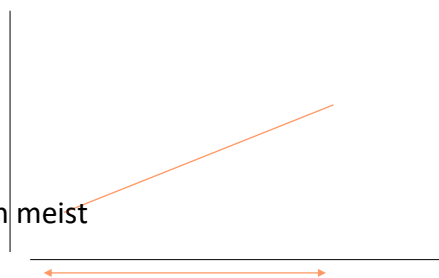
Strahlenschutz:

Linearer Verlauf der Schwärzung

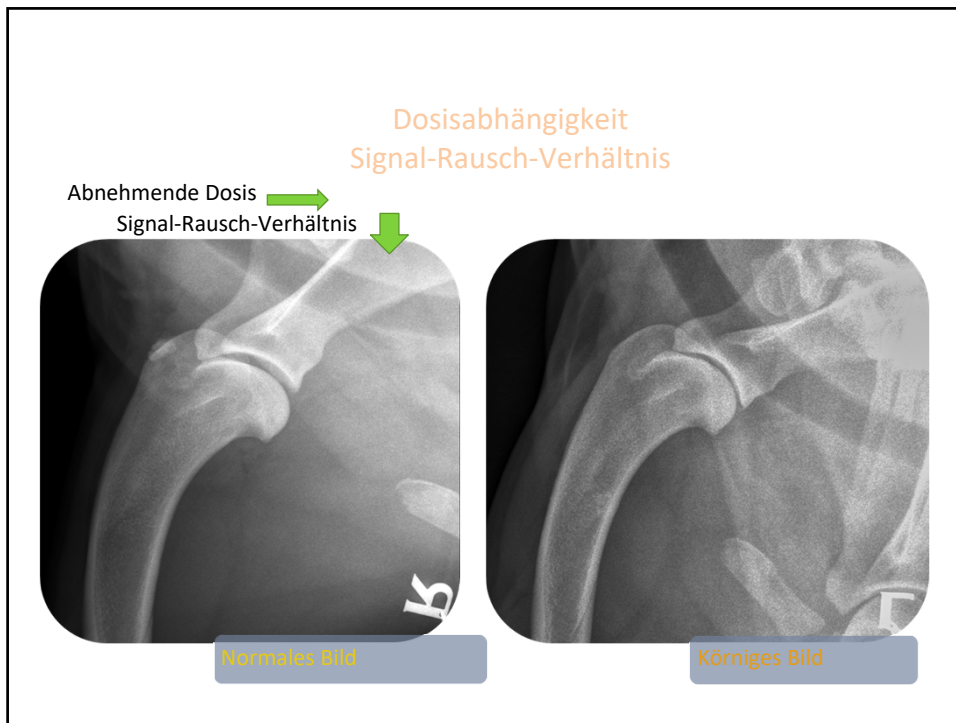
Fehlbelichtete Aufnahmen meist noch auswertbar

Besonders wichtig in mobiler Praxis

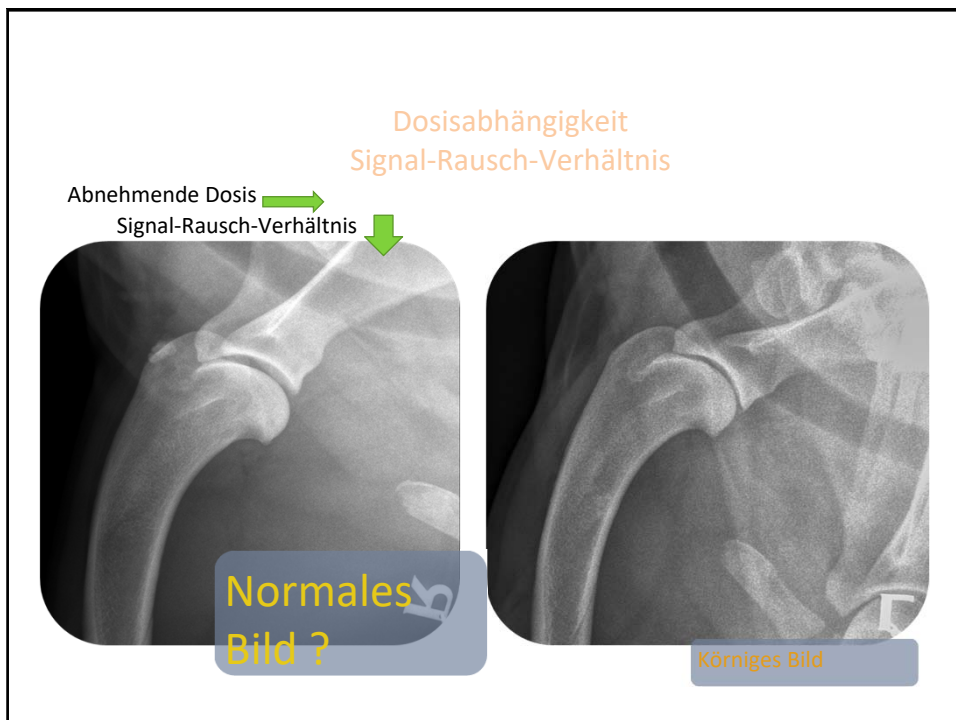
Reduktion der Wiederholungsaufnahmen



38

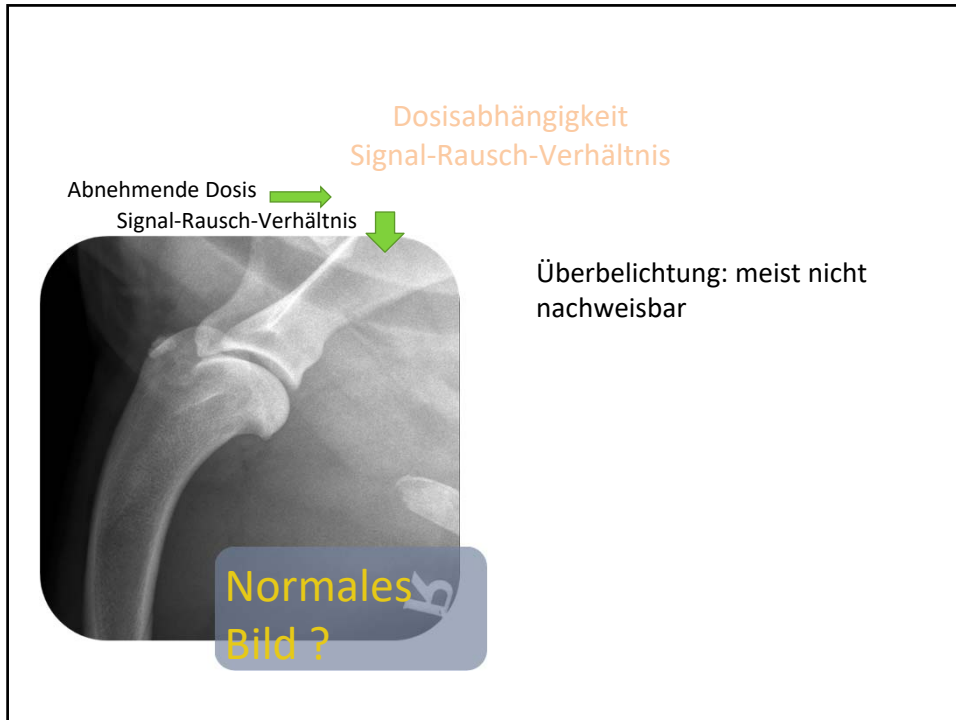


39

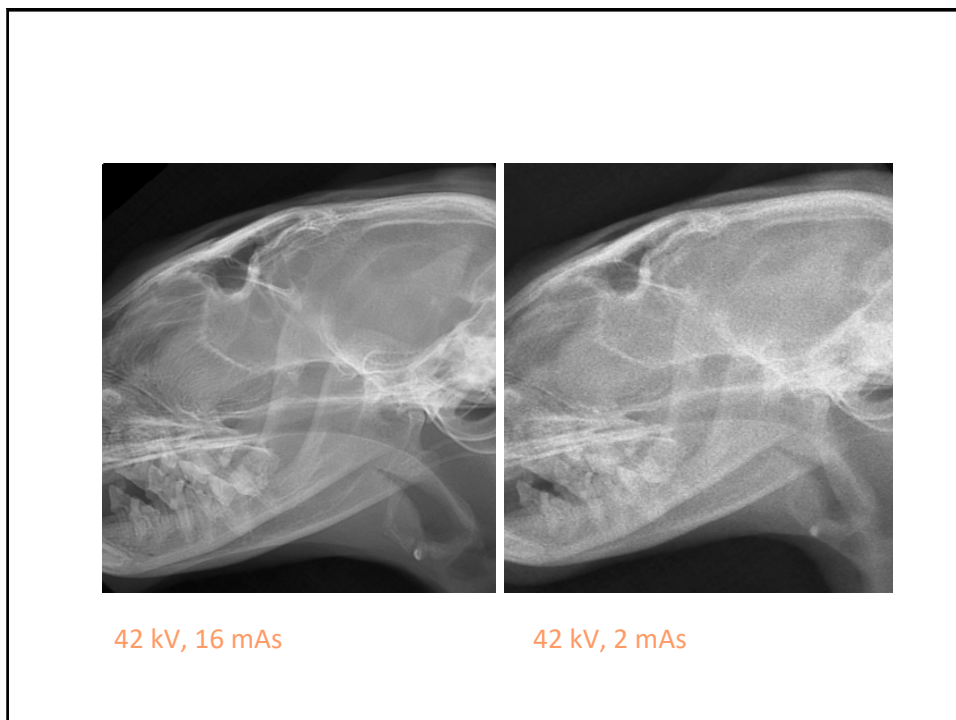


40





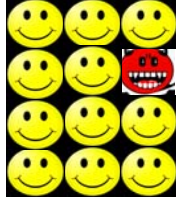
41



42

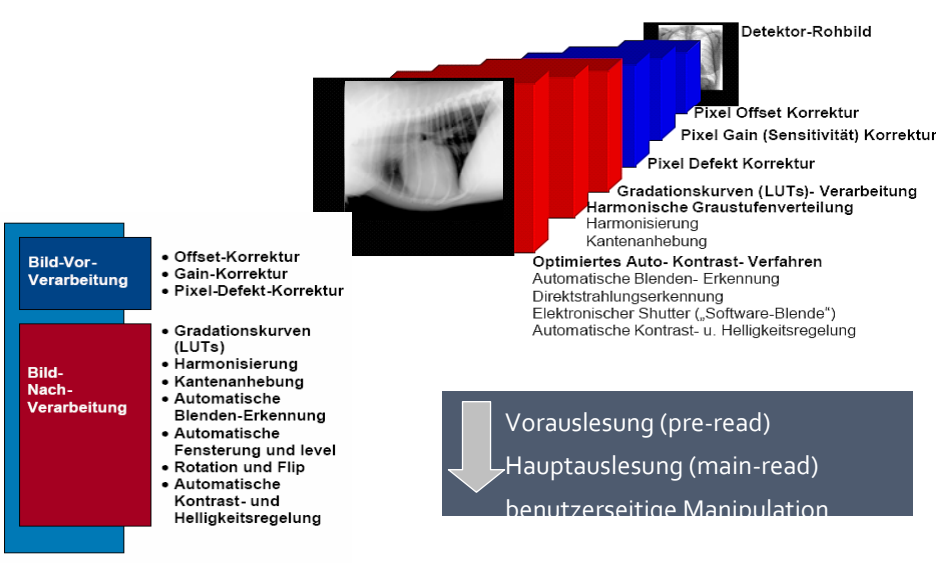
## Signalverarbeitung

- CAVE: „Dead pixels“
- „Dead-pixel-map“
- Rauschen
- Flat-Field-Correction



43

## Digitale Radiographie: Auslesealgorithmus / Nachbearbeitung



**Detektor-Rohbild**

- Pixel Offset Korrektur
- Pixel Gain (Sensitivität) Korrektur
- Pixel Defekt Korrektur
- Gradationskurven (LUTs)- Verarbeitung
- Harmonische Graustufenverteilung
- Harmonisierung
- Kantenanhebung

**Optimiertes Auto- Kontrast- Verfahren**

- Automatische Blenden- Erkennung
- Direktstrahlungserkennung
- Elektronischer Shutter („Software-Blende“)
- Automatische Kontrast- u. Helligkeitsregelung

**Bild-Vor-Verarbeitung**

- Offset-Korrektur
- Gain-Korrektur
- Pixel-Defekt-Korrektur

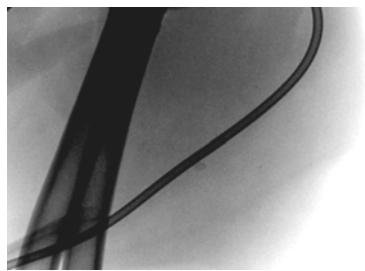
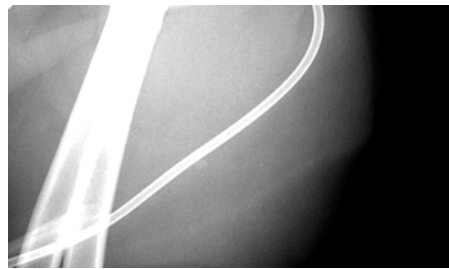
**Bild-Nach-Verarbeitung**

- Gradationskurven (LUTs)
- Harmonisierung
- Kantenanhebung
- Automatische Blenden-Erkennung
- Automatische Fensterung und level
- Rotation und Flip
- Automatische Kontrast- und Helligkeitsregelung

Vorauslesung (pre-read)  
Hauptauslesung (main-read)  
benutzerseitige Manipulation

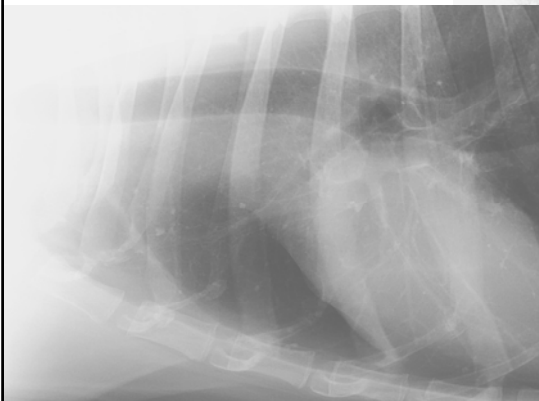
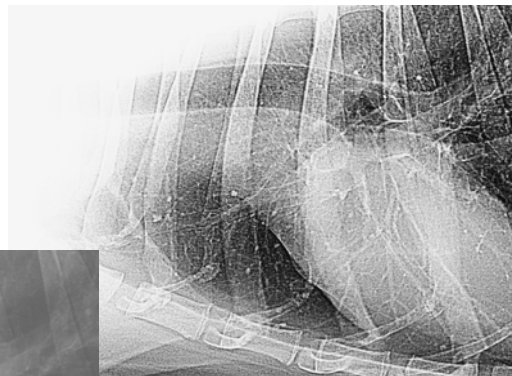
44

Signalverarbeitung: Grauwertänderung +  
Filterfunktionen



45

Signalverarbeitung:  
Kontrastanhebung /  
Kantenanhebung  
Gefahr!!  
Befundunterdrückung



46

## Nachfenstern von Regionen mit hohem Kontrast



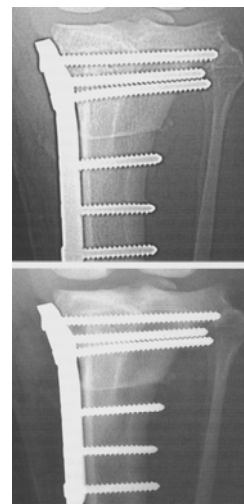
47

## Überschwinger vs. Aufhellungssaum

rebound effect: elektron. Phänomen

an Grenzflächen von unterschiedlich dichten Materialien

→ Algorithmus mit weniger Kantenanhebung



48

Befundungsmonitore müssen Mindestanforderungen erfüllen:

Mindestanforderungen:

Bilddiagonale: 19 Zoll

Matrix: 1280 x 1024

Maximalkontrast: 400

Leuchtdichte: 250 cd/m<sup>2</sup>



49

**Fragen?**

**[Kerstin.H.Pueckler@vetmed.uni-giessen.de](mailto:Kerstin.H.Pueckler@vetmed.uni-giessen.de)**



50

## Belichtungstabellen



### Schritt 1 - Vorbereitungen

- Entwickler überprüfen
- 90% der Fehler passieren in der Dunkelkammer!
- Filme: gleich alt & selbe Empfindlichkeit
- Passende Film-Folien-Kombination!
- Hund mit 20kg Körpergewicht ohne Adipositas

[www.animalinsides.com](http://www.animalinsides.com)

51

## Belichtungstabellen

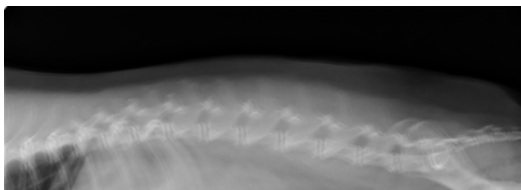


### Schritt 2: Auswahl der mAs: Cave Bewegungsartefakte

Empfohlene mAs für ein par (medium, 200) Film System

Ohne Raster: Gliedmaße: 2.5mAs / Thorax: 5mAs / Abdomen:

7.5mAs / Wirbelsäule: 10mAs



300mA x 1/120sec = 2.5mAs (Gliedmaße)  
 300mA x 1/60sec = 5mAs (Thorax)  
 300mA x 1/40sec = 7.5mAs (Abdomen)  
 300mA x 1/30sec = 10mAs (WS)

100mA x 1/40sec = 2.5mAs (Gliedmaße)  
 300mA x 1/60sec = 5mAs (Thorax)  
 300mA x 1/40sec = 7.5mAs (Abdomen)  
 300mA x 1/30sec = 10mAs (WS)

[www.animalinsides.com](http://www.animalinsides.com)

52



## Belichtungstabellen



### Schritt 3 Wahl der initialen kVp

#### Sante`s Regel:

$$kVp = (2 \times \text{Gewebedicke}) + \text{FFD} + \text{Rasterfaktor}$$

FFD = film focus distance (40 inches)

Rasterfaktor: wie viel extra kVp?

Verbesserter Kontrast: Strahlung für gleiche Belichtung

5:1 Raster: + 6-8kVp

8:1 Raster: + 8-10kVp

12:1 Raster: + 10-15kVp

Raster ab ca. 15cm...

Beispiel: 15cm dicker Hund, FFD = 40 inch, 8:1 Raster

$$((2 \times 15) + 40 + 10) = 80 \text{ kVp}$$

[www.animalinsides.com](http://www.animalinsides.com)

53

## Belichtungstabellen



### Schritt 4

#### Belichtung für das perfekte Bild:

Bild zu dunkel → kVp ↓ 15%

Bild zu hell → kVp ↑ 15%

Im Anschluß: kleinere Schritte mit ca. 5% bis zur optimalen Belichtung

[www.animalinsides.com](http://www.animalinsides.com)

54

## Belichtungstabellen



### **Schritt 5: Belichtungstabelle erstellen**

Ausgangswerte: perfekte Belichtung

Für jeden cm weniger Schichtdicke: 2kVp abziehen

Für jeden cm mehr Schichtdicke: 2kVp hoch (bis 80kVp)

80 bis 100kVp: 3kVp pro cm

Über 100kVp: 4kVp pro cm

[www.animalinsides.com](http://www.animalinsides.com)