

**Stand der Technik
bei
konventionellen
Film-Folien-Systemen**

T. von Volkmann, Stuttgart



Mammographie Film-Folien-System

- Film (meist einseitig beschichtet)
- Verstärkungsfolie (nur Rückfolie)
- Kasette (Kunststoff)
- Verarbeitung (keine Spezialverarbeitung)



Parameter

- **Dosis: Empfindlichkeit S**
- **Kontrast: Dichtekurve (Gradation)**
- **Schärfe: MTF**
- **Rauschen: DQE**

**Optimierung nach ärztlichen Qualitätsforderungen
(Leitlinien BÄK, EU) unter Einhaltung weiterer
Vorschriften**



Vorschriften

- RL-SVP** **Richtlinie für Sachverständigenprüfungen nach Röntgenverordnung (Rw 13), Anlage I (1998)**
- L-BÄK** **Leitlinien der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik (1995)**
- DIN** **DIN V 6868-152 Abnahmeprüfung an Mammographie-Einrichtungen (in Arbeit)**
- Eur. QA** **European Guidelines for Quality Assurance in Mammography Screening (Entwurf 1/2000)**
- Eur. GL.** **European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images (6/1996)**



Mammographie

Leitlinien der Bundesärztekammer

Ärztliche Qualitätsforderungen:

- Kontrastreiche Abbildung des Mammagewebes
- Vollständige Erfassung des Drüsenparenchyms von der Haut bis zur Brustwand
- Erkennbarkeit der Kutis und Subkutis bei Grellicht
- Kritische Strukturen:
 - Mikroverkalkungen in Größe, Form und Anordnung
 - Rundliche Details und Art ihrer Begrenzung
 - Schärfe und Gestalt linearer Strukturen
- Wichtige Bilddetails $\leq 0,2$ mm



Mammographie

Leitlinien der Bundesärztekammer

Aufnahmetechnik:

- 25-35 kV
- Brennfleckennennwert: $\leq 0,4$
- Belichtungsautomatik
- Raster (4/27, 5/30)
- Film-Folien-System: 25 (12), $>2,4$ Lp/mm
- Vergrößerungstechnik bei spez. Fragestellungen
- Seperate Konstanzprüfung der Verarbeitung der Mammographie-Filme



Mammographie: Dosis

L-BÄK **EK: 25 (12)** **Empf. S: 19 - 37 (9 - 18)**
 K_S : 54 - 27 μGy (111 - 55 μGy)

RL-SVP **$K_N \leq 100 \mu\text{Gy}$ (1994: $K_N \leq 200 \mu\text{Gy}$)**
 $K_N \leq 2 (1,6) K_S$

DIN **$K_N \leq 100 \mu\text{Gy}$**
Einfalldosis $\leq 15 \text{ mGy}$

Eur. QA **Einfalldosis $\leq 15 \text{ mGy}$**
Mittlere Parenchymdosis $< 2,0 \text{ mGy}$

Eur. GL. **Einfalldosis: 10 mGy**



Mammographie FFS: Empfindlichkeit

Film / Folie	Jahr	S	Ks (μGy)
Definix Medical / -	bis 1980	1,3	770
Min -R / Min -R	bis 1990	6	170
Min -R MA / Min -R	bis 1997	13	77
Min -R 2000 / Min -R 2000	1995	19	53
Min -R 2000 / Min -R 2190	1996	23	43
(Min -R 2000 / Min -R X	1999	32	31)



Optimierung von Empfindlichkeit und Bildqualität des FFS

Bildqualität:

Diagnostisch erforderliche Information

Dosis:

**So niedrig, wie mit vernünftigem Aufwand erreichbar
(ALARA)**



Höhere Empfindlichkeit des FFS

**Höherempfindliche Filme:
Quantenrauschen**

Höherverstärkende Folien:

- 1. Ohne Verlust an Bildqualität**
- 2. Mit Verlust an Bildqualität (Unschärfe, Rauschen)**

**Forcierte Verarbeitung:
Quantenrauschen**



Folienunschärfe

Ursache: Lichtstreuung, nicht Verstärkungsfaktor

1. Schichtdicke

- Menge des Leuchtstoffs
- **Verhältnis Leuchtstoff zu Bindemittel**
- Effizienz des Leuchtstoffs (**Absorption**, Lichtausbeute)

2. Anfärbung

3. Durchbelichtung

4. Asymmetrie von Vorder- und Rückfolie

5. Brechungsindex (Leuchtstoff, Kristallform)

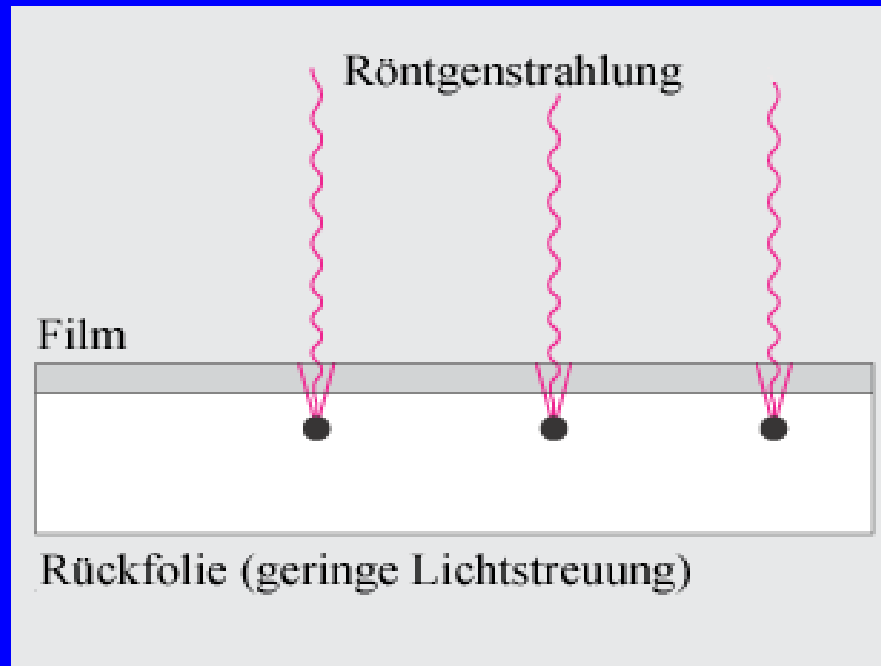
6. Abstand Film-Folie

- **Schutzschicht**
- **Kassettenanpressung**

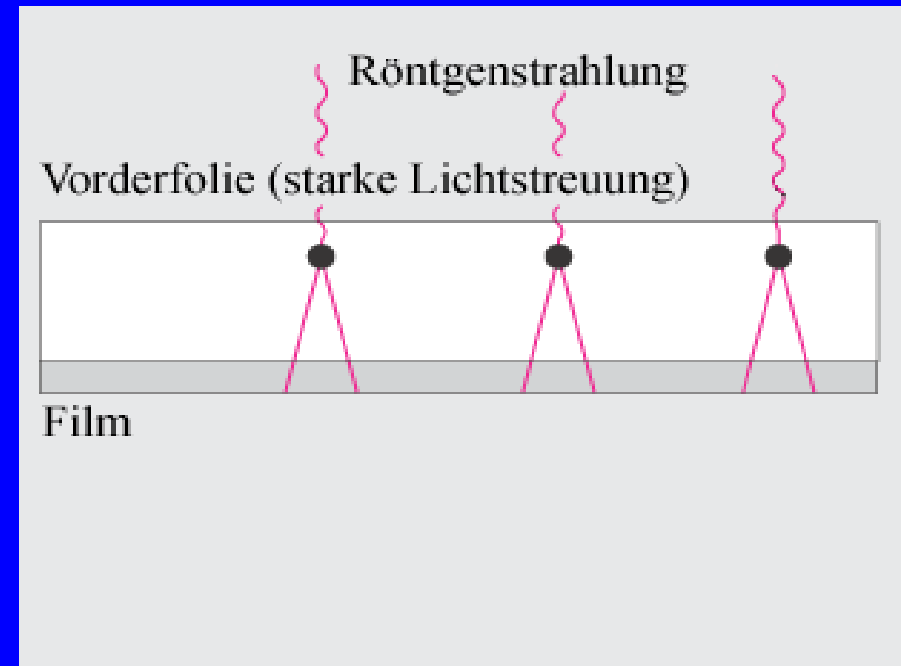


Folienunschärfe

Einsatz der Verstärkungsfolie als Vorder- oder Rückfolie



Rückfolie
(geringe Lichtstreuung)



Vorderfolie
(starke Lichtstreuung)

Mammographie: Ortsauflösung

Bilderzeugendes System:

L-BÄK höhere Auflösung (als 2,4 Lp/mm)

RL-SVP ≥ 8 Lp/mm

DIN ≥ 10 Lp/mm

Eur. QA > 10 Lp/mm (acceptable)

> 13 Lp/mm (desirable)

Eur. GL. Brennfleck: 0,3. Hochaufl. M-FFS

Prüfbedingungen:

2 Bleistrichraster, senkrecht zueinander, auf 45 mm

PMMA, 60 mm von Brustwand, mittig innerhalb ± 5 cm

D = 1,3 - 1,8 (aber stets derselbe Wert)



Mammographie FFS: Auflösung

Film / Folie	4 % MTF (Lp/mm)	Empf. S
Definix Medical	> 50	1,3
Min -R / Min -R	19	6
Min -R 2000 / Min -R 2000	23	19
Min -R 2000 / Min -R 2190	22	23

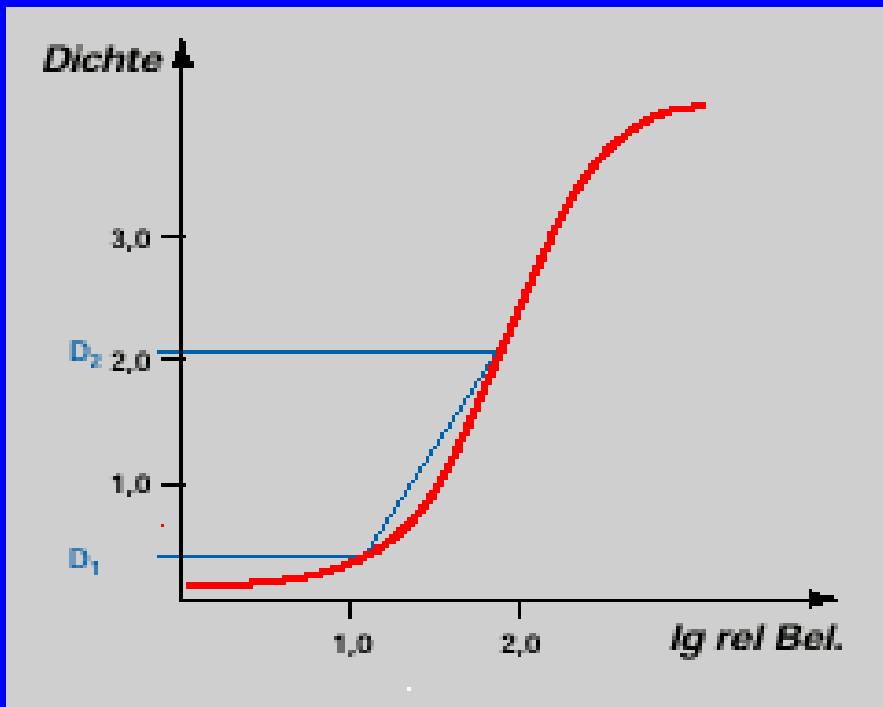


Filmkontrast (Gradation)

- **Filmtyp**
- **Verarbeitung**
- **Zustand des Films**
(Alter, Lagerungsbedingungen, Schleier)
- **Dichte**



Filmkontrast (Gradation) = Anstieg der Dichtekurve



Gradient	Anstieg zwischen
Mittlerer Gradient	D ₁ = 0,25 + D _{min} D ₂ = 2,00 + D _{min}
Middle Gradient (Eur. QA)	D ₁ = 1,00 + D _{min} D ₂ = 2,00 + D _{min}

Mammographie-Filmen: Mittl. Gradient

Film / Folie	Jahr	Mittlerer Gradient
Definix Medical	ca. 1970	2,2
Min -R	1976	2,2
Min -R MA	ca. 1985	2,7
Min -R M	ca. 1990	3,1
Min -R 2000 (RP)	1995	3,3
Min -R 2000 (EX)	1995	3,7
Min -R L (RP)	1999	3,4
Min -R L (EX)	1999	3,6



**What is actually the optimal film
contrast is unknown.**

K. Young, IBIU, Freiburg 1999



Mittlere Dichte und Bildkontrast

Mittlere Dichte (Mammogramm):

L-BÄK $D = 1,2 - 1,6$ (optimal)

Eur. G. $D = 1,3 - 1,8$

(Allg. Röntgendiagnostik: $D = 1,0 - 1,4$)

Dichten $>2,2$ mit Grellampe

Bildkontrast ΔD :

L-BÄK $\Delta D = 2,2 - 0,6 = 1,6$ Eur. GL.: $2,2 - 0,5 = 1,7$

$\Delta D = >2,2 - 0,6 = >1,6$ (mit Grellampe)

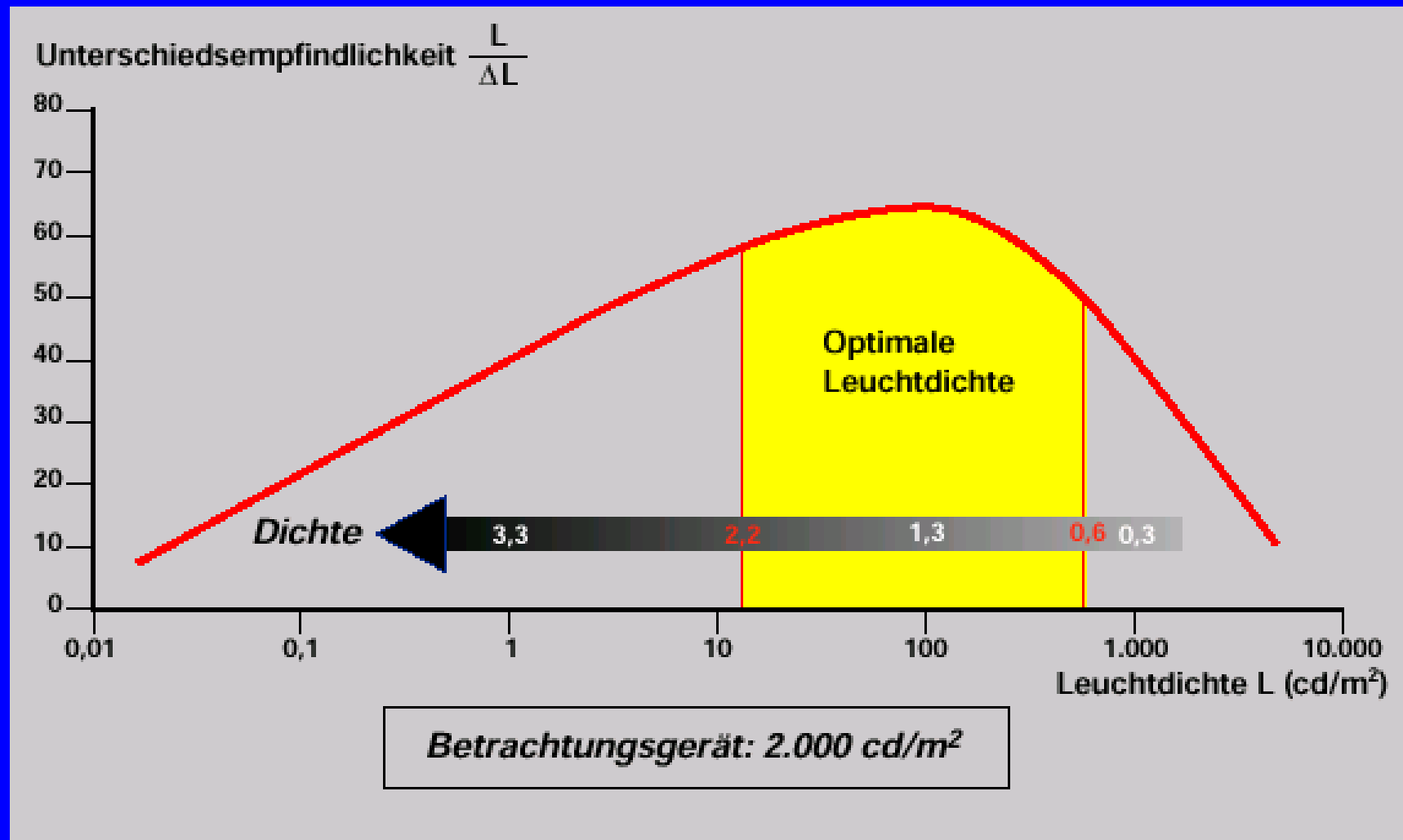
G. Brit. $\Delta D = 2,8 - 0,8 = 2,0$ (mit Grellampe?)

Betrachtungsgerät: 2000 cd/m^2 (3000 cd/m^2 ?)

Einblenden



Dynamikbereich des Sehsystems



Optimaler Bildkontrast $\Delta D = 2,2 - 0,6 = 1,6$

Untere Grenze ($D < 0,6$): Abnehmender Filmkontrast

Obere Grenze ($D > 2,2$): Dynamikbereich des Sehsystems

Bildkontrast $\Delta D < 1,6$:

- **Flaue Aufnahmen**
- **Details weniger auffällig**
- **Details können übersehen werden**

Bildkontrast $\Delta D > 1,6$:

- **Bereiche der Aufnahme zu hell oder zu dunkel**
- **Schwarz-Weiß-Aufnahme**
- **Verlust an Information**



Belichtungsumfang des Films

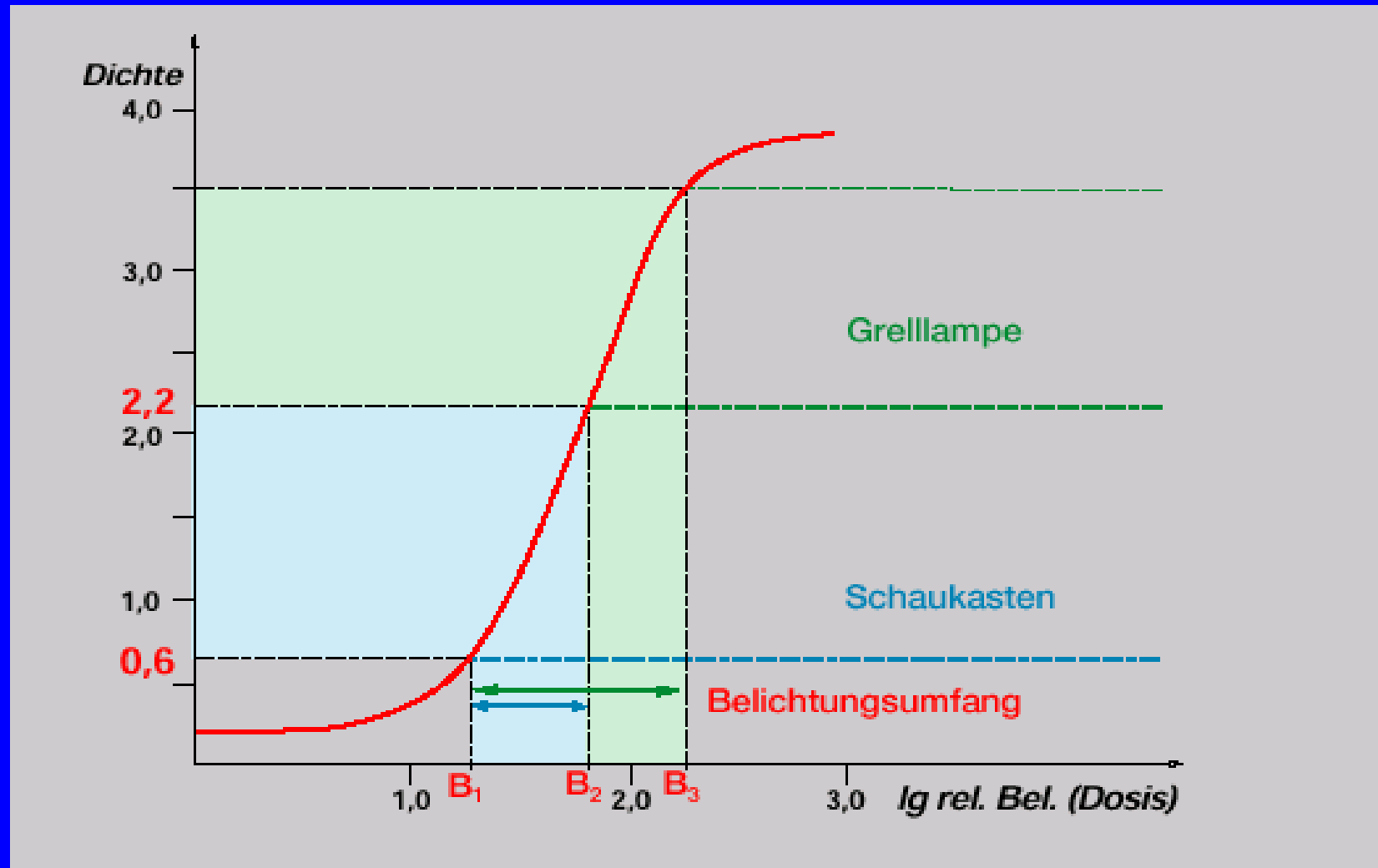
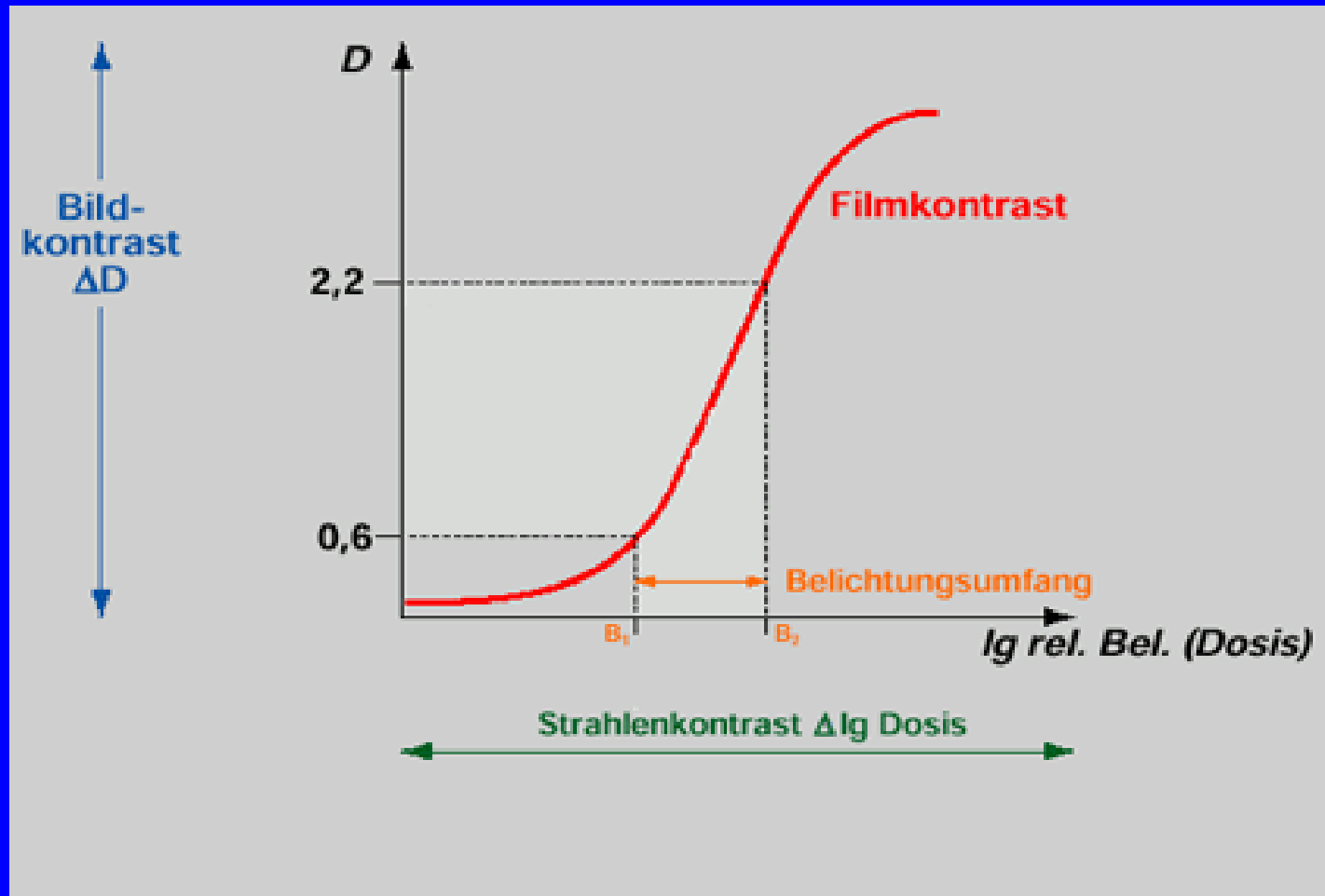
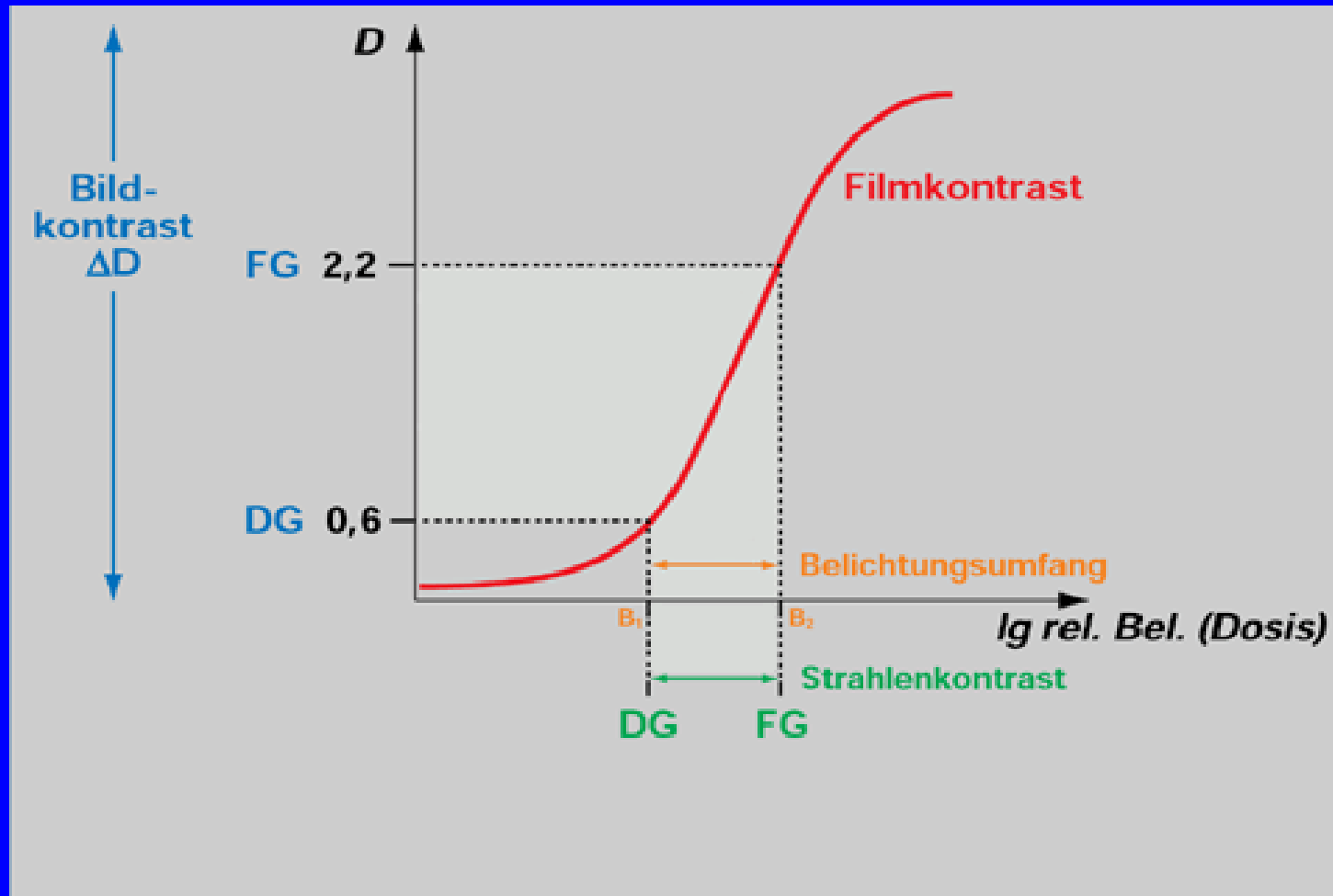


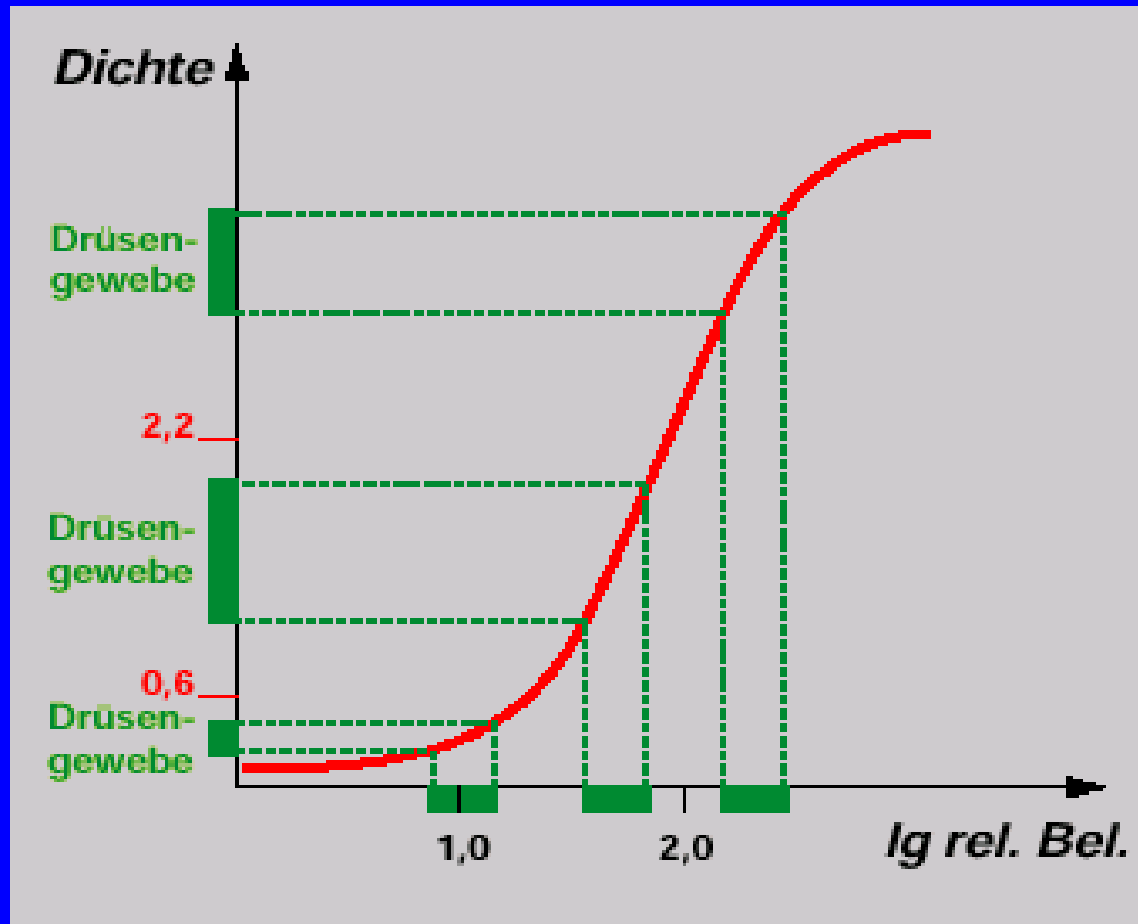
Bild-, Film- und Strahlenkontrast



Korrekt belichtetes Mammogramm



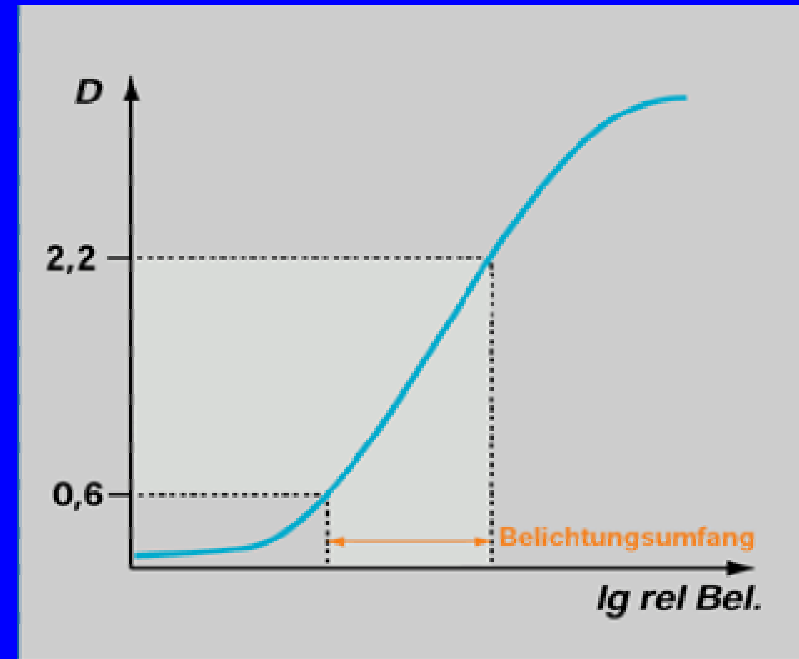
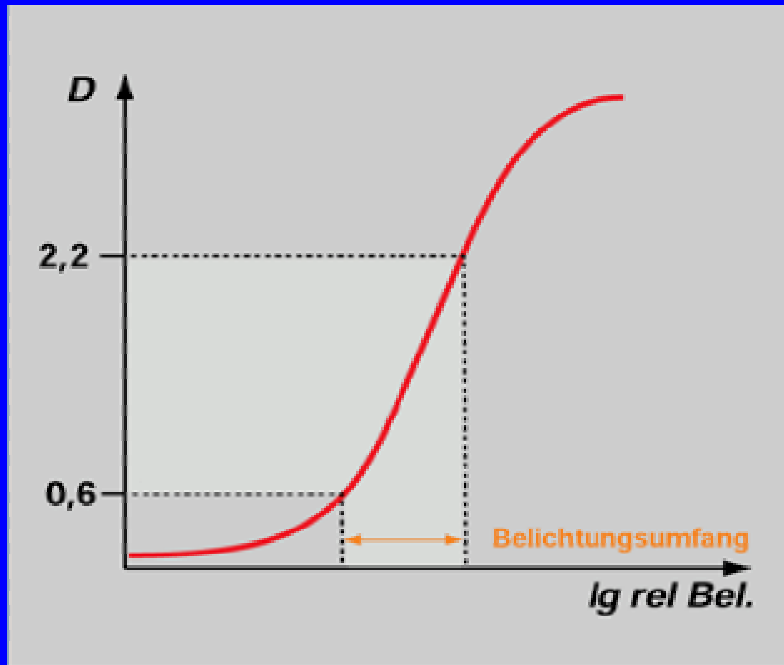
Einfluss der Dichte auf die Detailerkennbarkeit



Belichtungsumfang

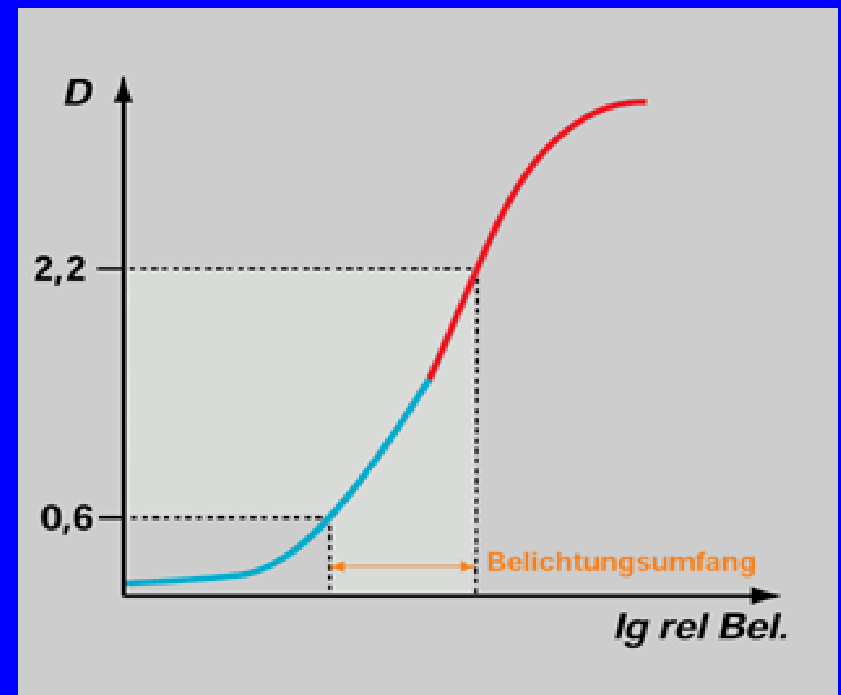
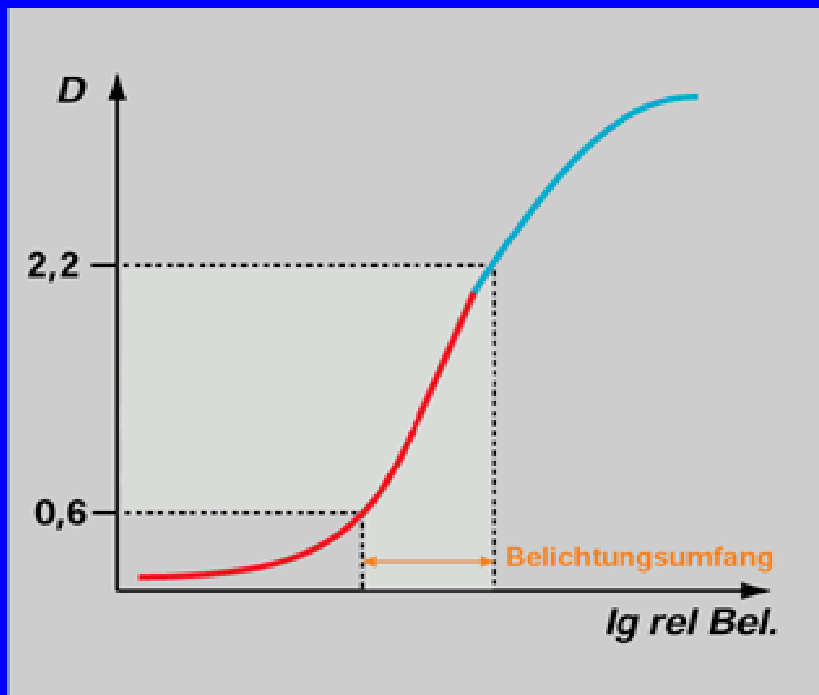
Hoher Filmkontrast
(Steile Gradation)

Niedriger Filmkontrast
(Flache Gradation)



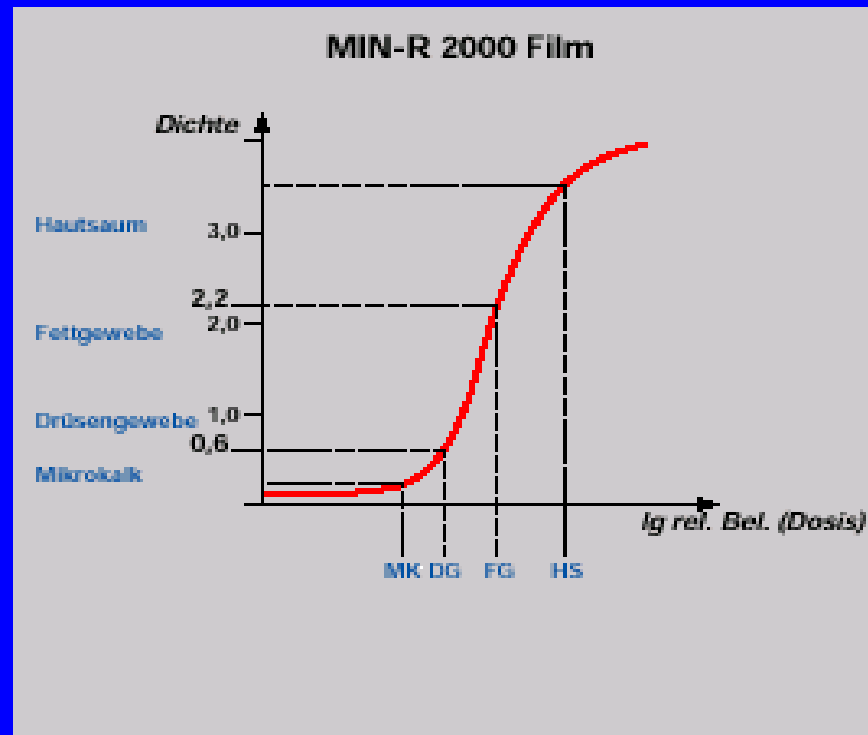
Belichtungsumfang

Gebrochene Kurve

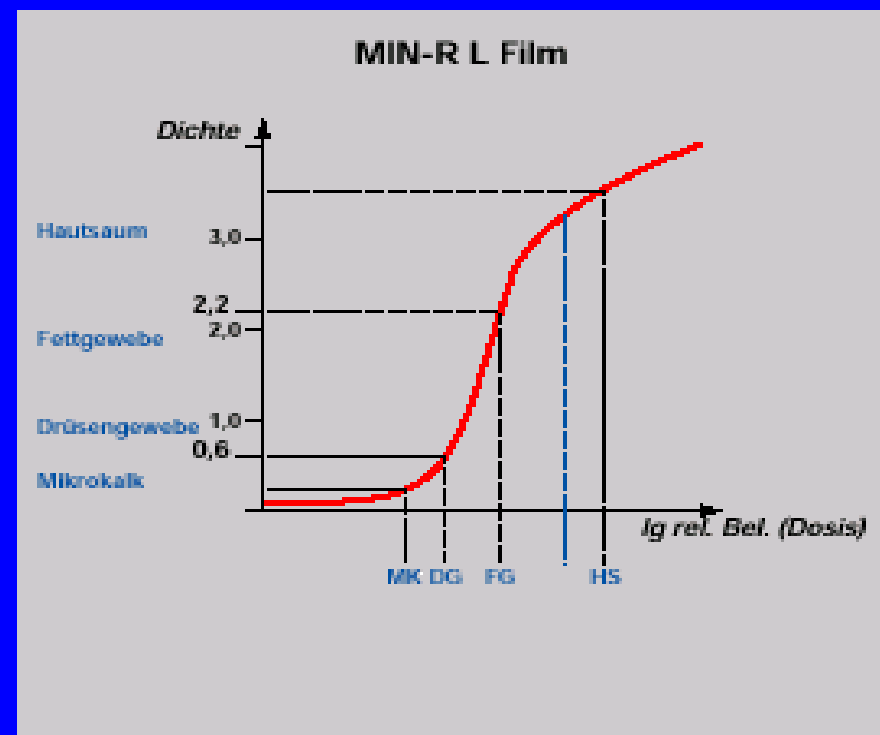


Vergleich verschiedener Dichtekurven

Hoher Filmkontrast

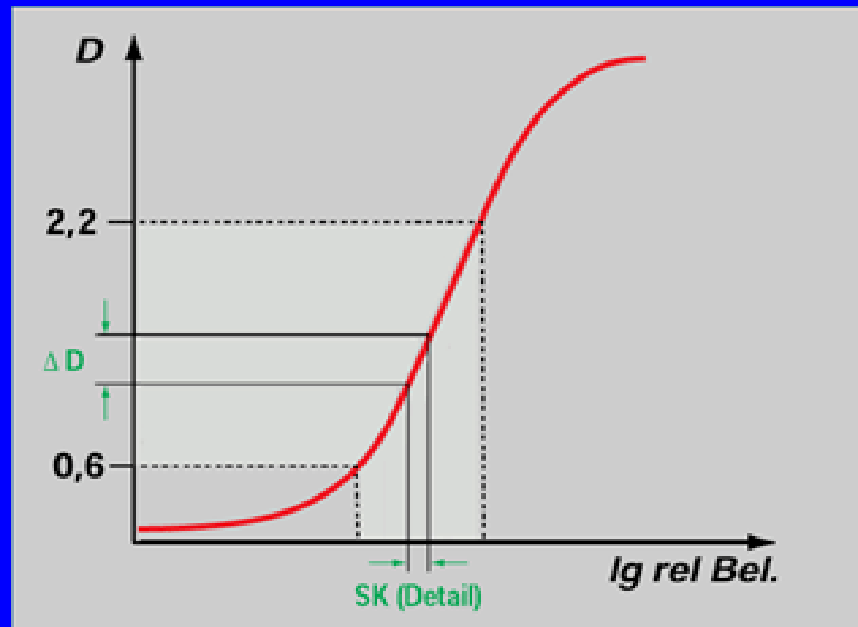


Gebrochene Dichtekurve

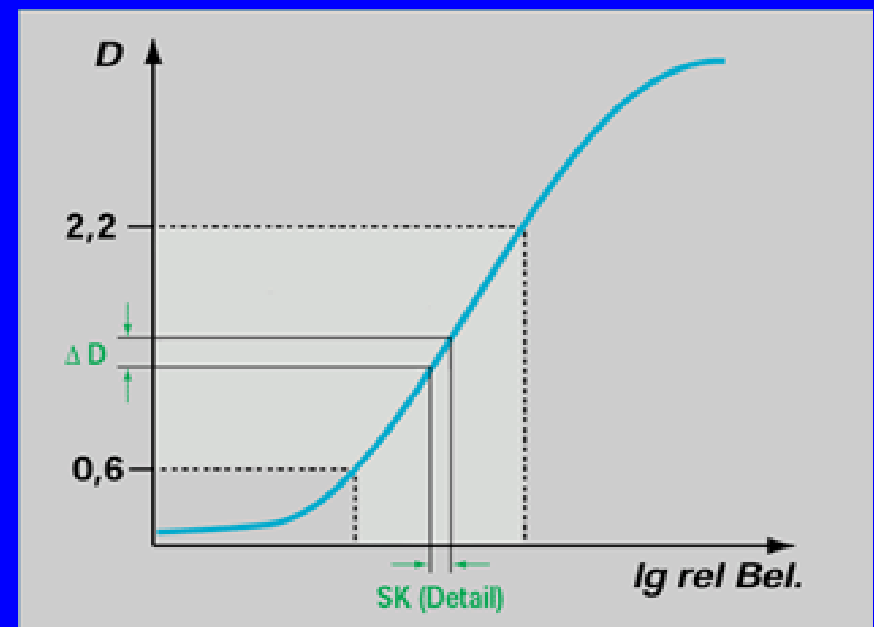


Kontrastauflösung

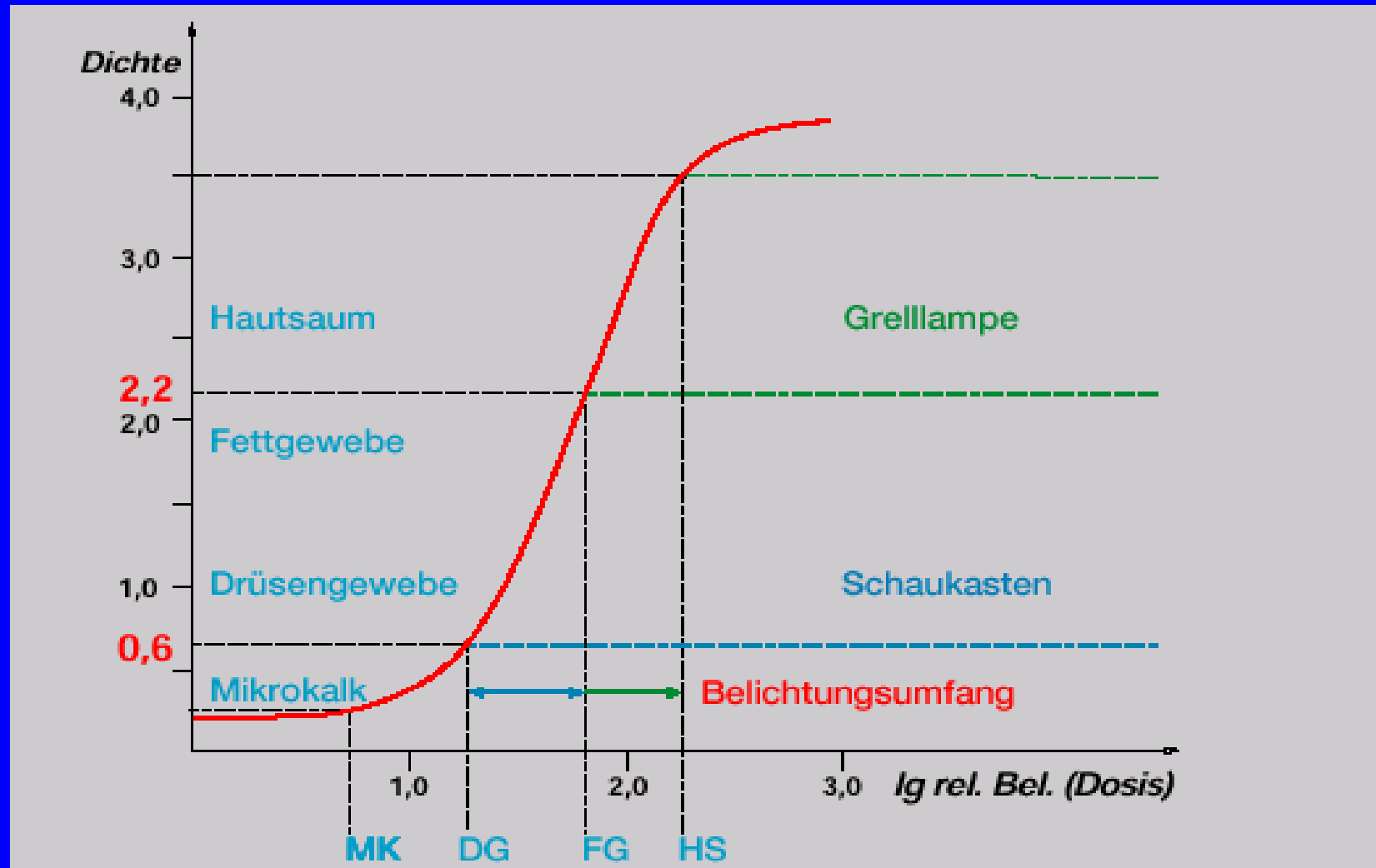
Hoher Filmkontrast
(Steile Gradation)



Niedriger Filmkontrast
(Flache Gradation)



Korrekt belichtetes Mammogramm



Hoher Filmkontrast (steile Gradation)

- **Strukturen auffällig**
- **„Schöne“, brillante Aufnahmen**
- **Subjektiv schärfer**
- **geringerer Belichtungsumfang**
⇒ **darstellbarer Strahlenkontrast eingengt**
- **geringerer Belichtungsspielraum**

Gefahr:

Schwarz-Weiß-Aufnahmen

Verlust an Information



Belichtungsautomatik

Korrekte Einstellung:

- Dichteschwankung $\Delta D \leq 0,15$
- Anpassung von
 - Dicke und Dichte der Mamma
 - Röhrenspannung, Anodenmaterial, Filter
 - Röntgenfilm (Gradation, Rezipr.-Fehler)

Methode:

DIN V 6868-152: 3 Dicken, mind. 3 Röhrenspannungen,
alle Anode-Filter-Kombinationen

Nicht mit elektrischen Meßmitteln oder Dosimeter



Mammographie-Kassetten: Anpressung

Mammographie-Kassetten sind aus Strahlenschutzgründen aus Kunststoff.

Kunststoff ist weniger stabil.

Gefahr von Lufteinschlüssen, die zu Unschärfen führen:

⇒ 5-15 Minuten warten zwischen Beladen der Kassette und Anfertigung der Aufnahme, abhängig vom Kassettentyp.



Mammographie-Kassetten

Brustwandnaher Bereich

DIN V 6868-152

- Nicht abgebildeter Bereich ≤ 4 mm
(vollständige Sichtbarkeit von 3 der 5 Kugeln des PK)
- Grenzwert gilt für Mammographieeinrichtung einschl.
Kassette

Einfluß der Kassette:

- Wandstärke
- Folienmontage
- Filmlage (automatische brustwandnahe Positionierung)



Filmverarbeitung

**Korrekte Filmverarbeitung: Nach den Angaben des
Filmherstellers**

Funktionsprüfung der Filmverarbeitung (DIN 6868-55)

**Heutige Mammographie-Filme sind für die Standardver-
arbeitung in schnellaufenden Entwicklungsmaschinen
konzipiert (Durchlaufzeit: 84 - 150 s)**

Seperate Mammographie EM: Durchsatz: > 40 Filme/Tag

Geringerer Durchsatz:

- häufiger Wechsel des Entwicklers**
- stoßweise Regenerierung**

**Wichtig: Arbeitstägliche KP mit verwendetem
Mammographiefilm**



Filmverarbeitung

Die Entwicklung beeinflußt:

1. Dosis

2. Dichte

3. Kontrast
Schleier

4. Rauschen



Die Entwicklung hängt ab von:

1. Temperatur

2. Entwicklungszeit

3. Bewegung

4. Typ der Entwicklungsmaschine

5. Aktivität des Entwicklers

a) Entwickler-Typ

b) Ansatz und Mischung

c) Regeneriererraten

d) Alter des Entwicklers

e) Oxidation

f) Konzentration

g) Verunreinigung

h) Art und Menge der
verarbeiteten Filme



Standard-Verarbeitung

	Durchlaufzeit	Entwicklertemperatur
M 6	90 s	35,0 °C
M 7	150 s	33,5 °C
M 8	85 s	35,6 °C
X 2000	150 s	33,5 °C
Min R M	140 s	34,5 °C
3000 R A	112 s	34,4 °C
5000 R A	89 s	35,0 °C



Filmverarbeitung

Funktionsprüfung der Filmverarbeitung (DIN 6868-55)

Lichtempfindlichkeit $LE \neq$ Filmempfindlichkeit

Nur bei einseitigen Mammographie-Filmen:
Lichtkontrast $LK \approx$ Mittlerer Gradient



Rauschen

Ursachen:

- Quantenrauschen
- Strukturrauschen der Folie
- Filmkörnigkeit

L-BÄK:

Unterschiedlich bei den einzelnen FFS.

Rauschen kann Informationsgehalt des Bildes deutlich einschränken.

Rauschen ist bei der Wahl des FFS zu berücksichtigen.



Rauschen

Rauschen, auch Quantenrauschen, korreliert nur z. T. mit der Empfindlichkeit des FFS bzw. der Dosis.

Ursache des Quantenrauschens:

Anzahl der *absorbierten* Röntgenquanten,
nicht Anzahl der *einfallenden* Röntgenquanten (Dosis).

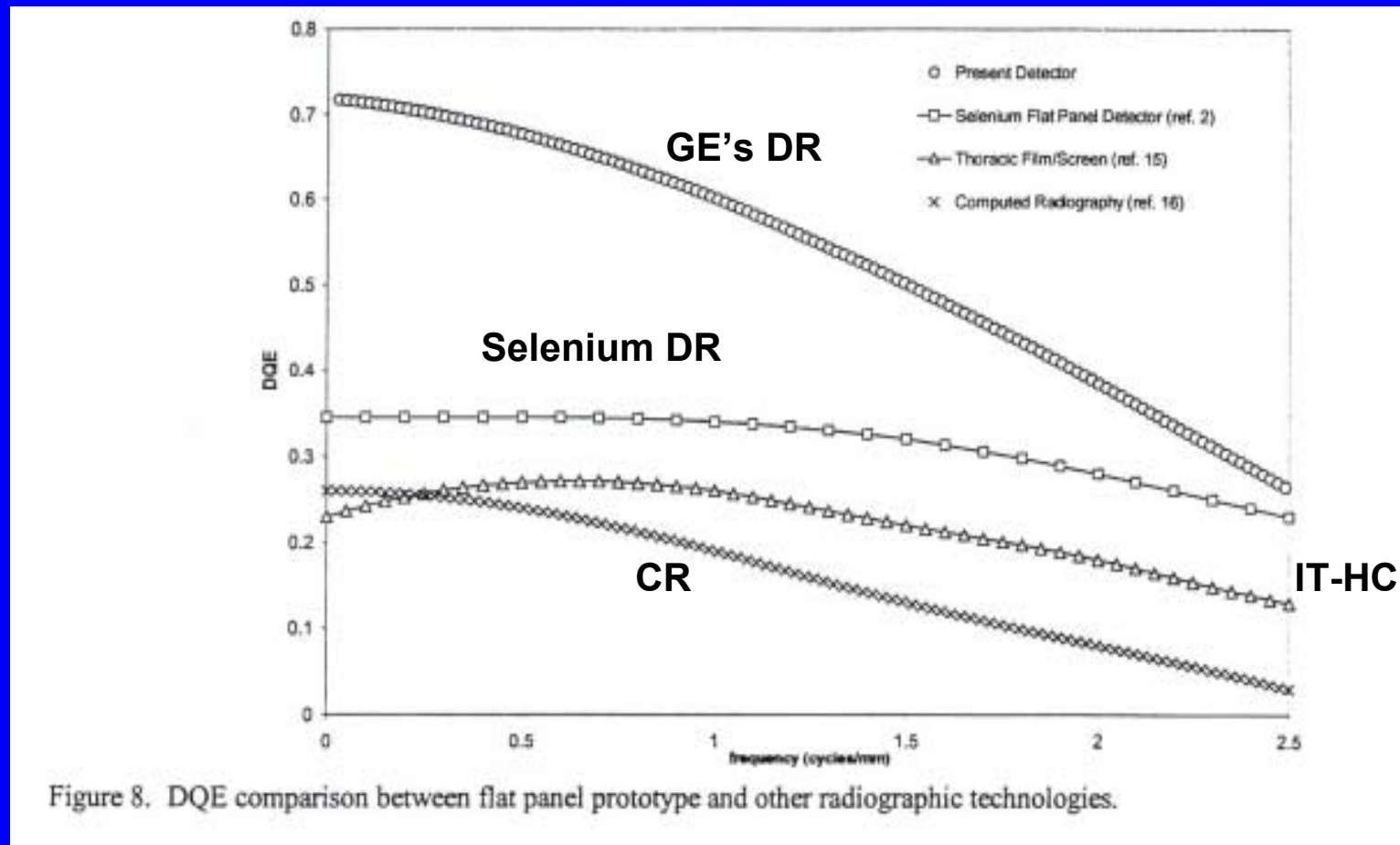
Auffälligkeit beeinflußt durch

- Folienschärfe
- Filmkontast



DQE of Competing X-ray Systems

By R. Aufrichtig (GE Medical Systems) Med. Phys., July, 1999, pp. 1349-1358



Note: DQE measurements are not standardized!!

