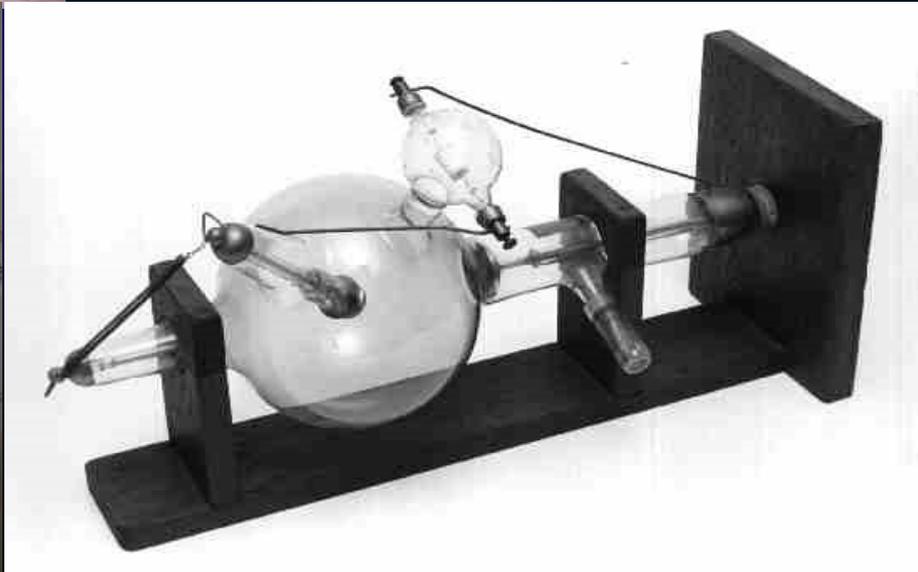
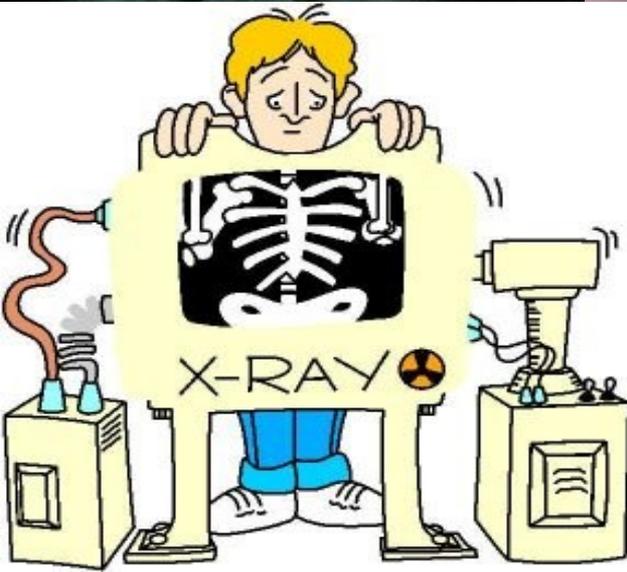
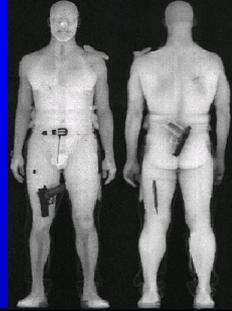


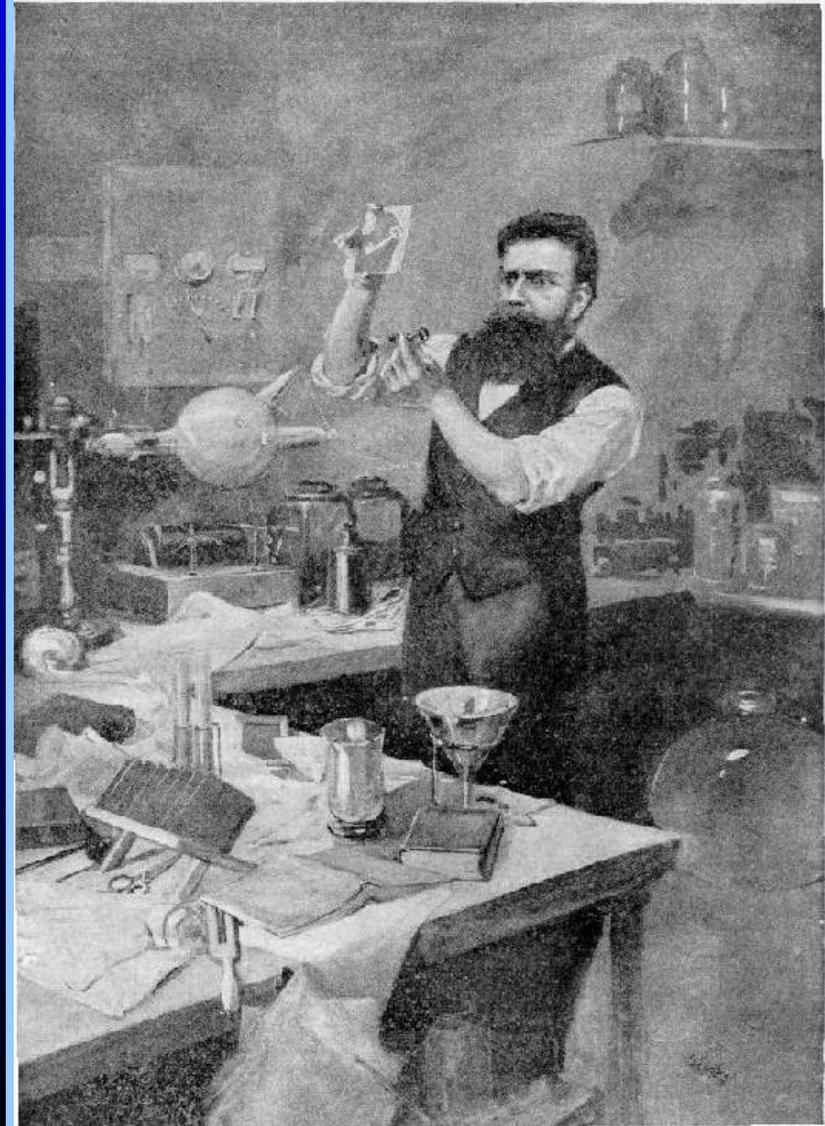
Von der Röntgenstrahlung zum Bild



Geschichte

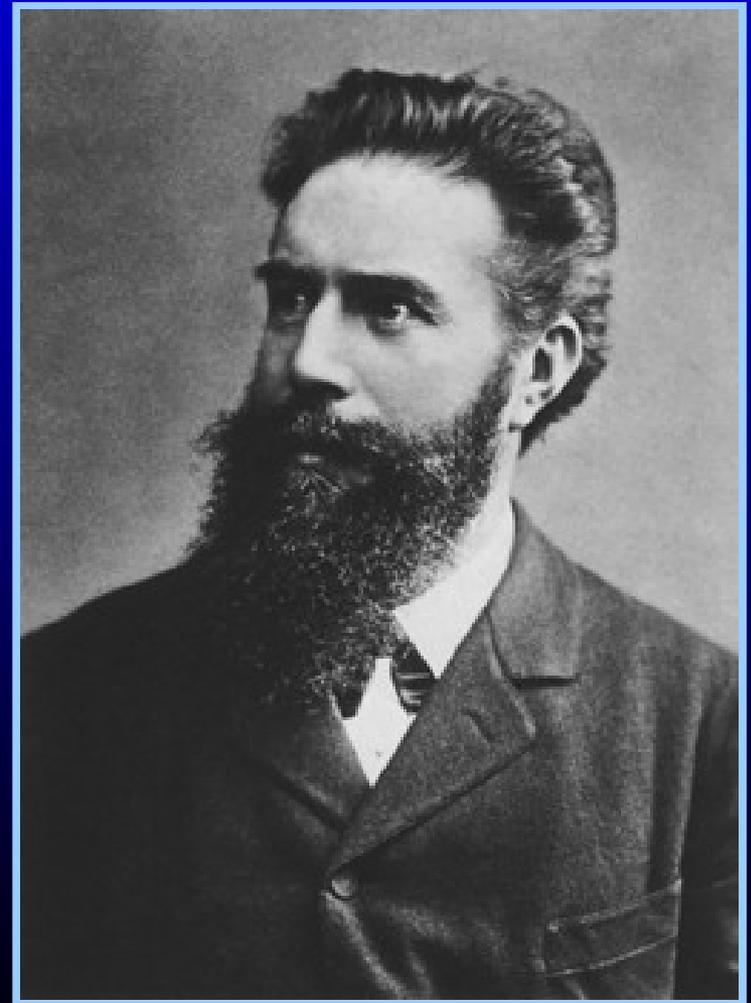
- **Entdeckung 1895** durch den Physikprofessor **Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)**
- Röntgen entdeckte die Röntgenstrahlen beim Arbeiten mit Elektronenstrahlröhren. Wie er bemerkte, durchdringt diese neue Strahlung Materialien, durch die normales Licht nicht kommt. Darauf durchleuchtet Röntgen alles, was ihm ins Auge fällt. Dabei findet er heraus, dass unterschiedliche Materialien die Röntgenstrahlen verschieden stark abschwächen.
- Er wusste aber nicht, wie diese Strahlen entstehen.

HOW A NEW POWER DAWNED ON THE WORLD



Geschichte

- **28.12.1895** Vortrag „Über eine neue Art von Strahlen“ vor der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft in Würzburg
- Zitat „Wir werden ja sehen, was wir sehen“



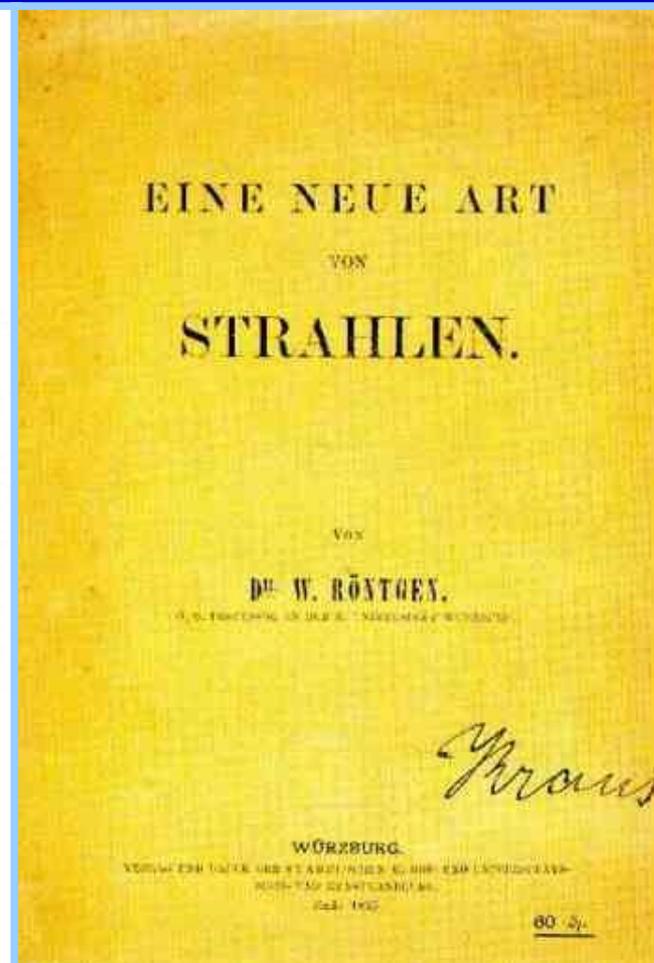
Geschichte



Hand von Berta Röntgen wurde auf dem Photopapier sichtbar

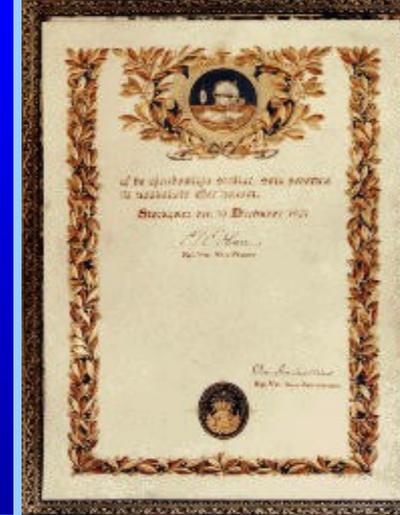
Geschichte

Die anwesenden Wissenschaftler beschlossen, diese Strahlen nach ihrem Entdecker Röntgenstrahlen zu nennen



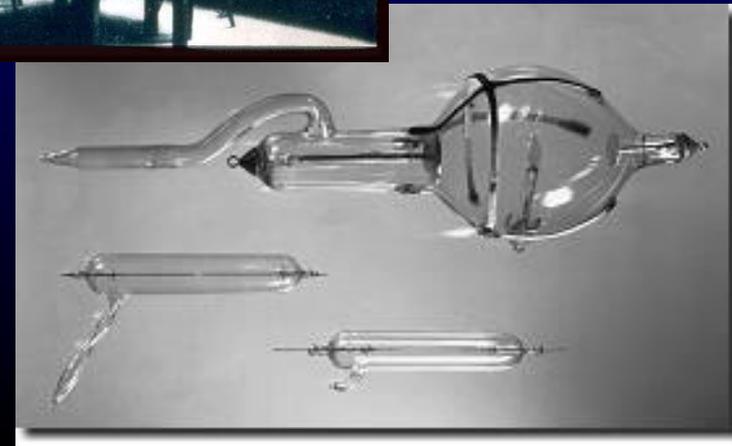
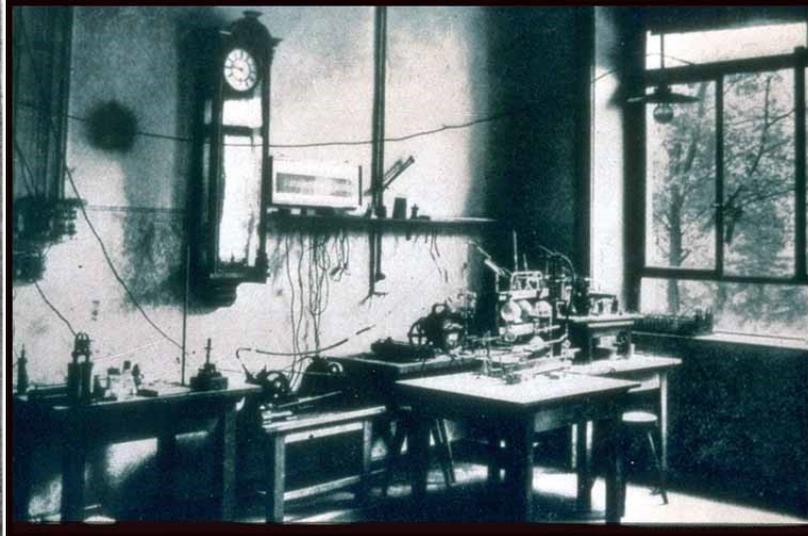
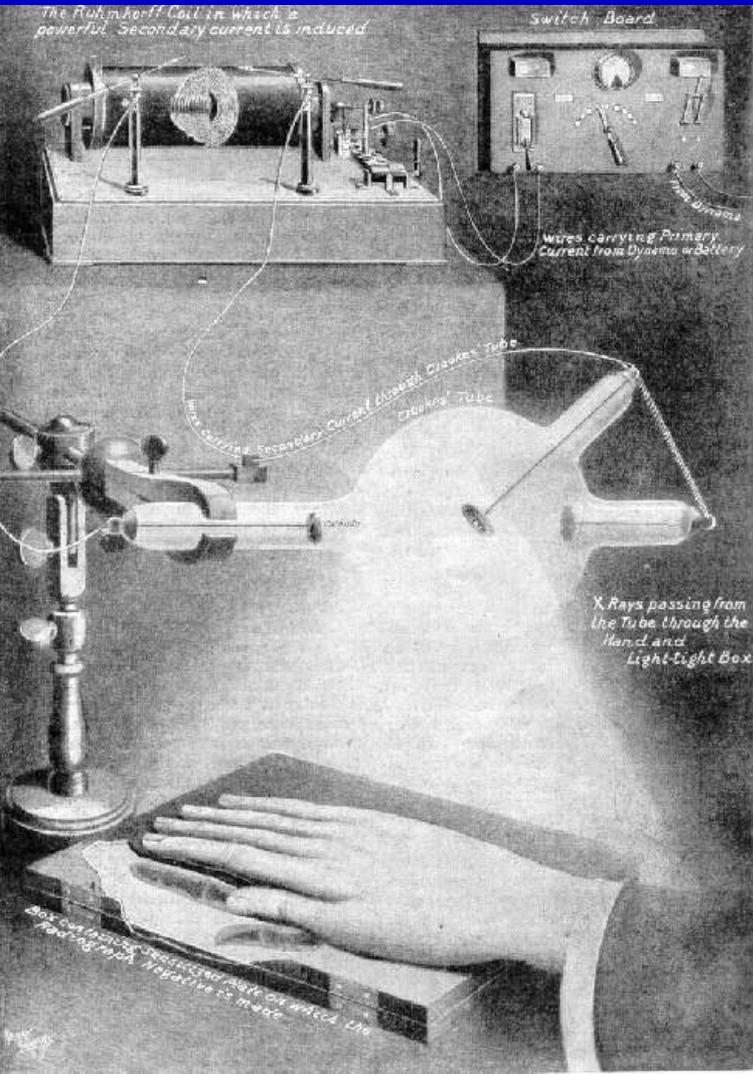
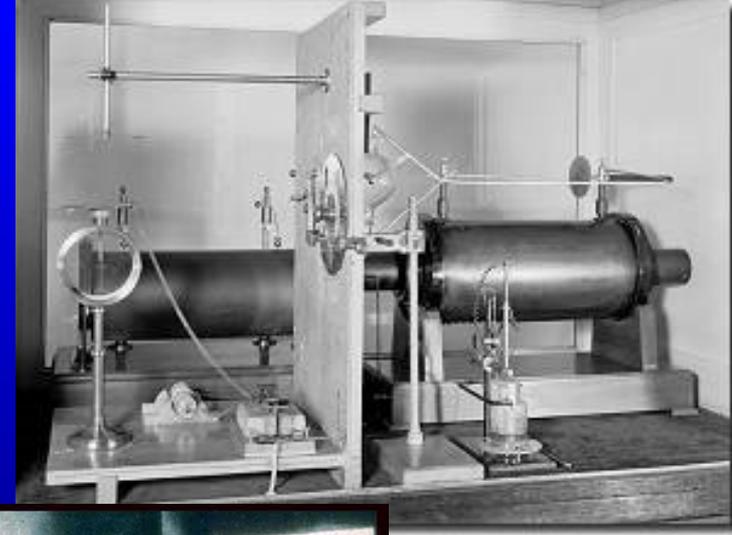
paper schreiben – immer wichtig

10.12.1901



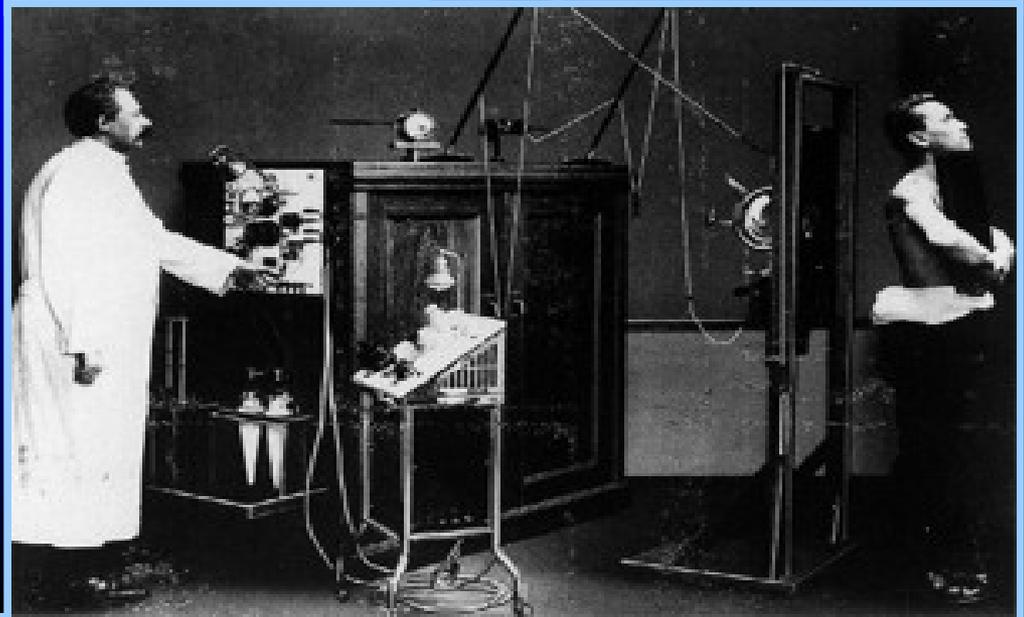
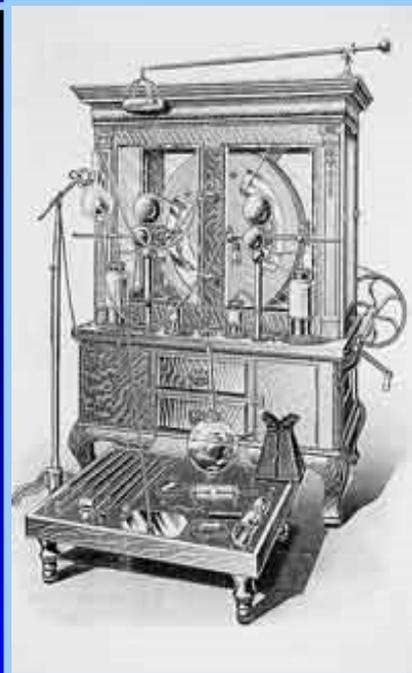
Verleihung des **Nobelpreises für Physik** an Röntgen. Die Einladung zu einem Vortrag lehnt der öffentlichkeitsscheue Wissenschaftler ebenso ab wie die Patentierung seiner Entdeckung. Den Preis von 50.000 Kronen stiftet er der Universität Würzburg.

Geschichte



Erste Röntgenbilder

- Anfangs viele **Todesopfer**, da die Gefährlichkeit dieser Strahlung nicht sofort erkannt wurde
- Anzeichen wie **Schäden an Haut und Haaren** wurden auf die leichte Schulter genommen



Sorgloser Umgang

50

100
1000
10000

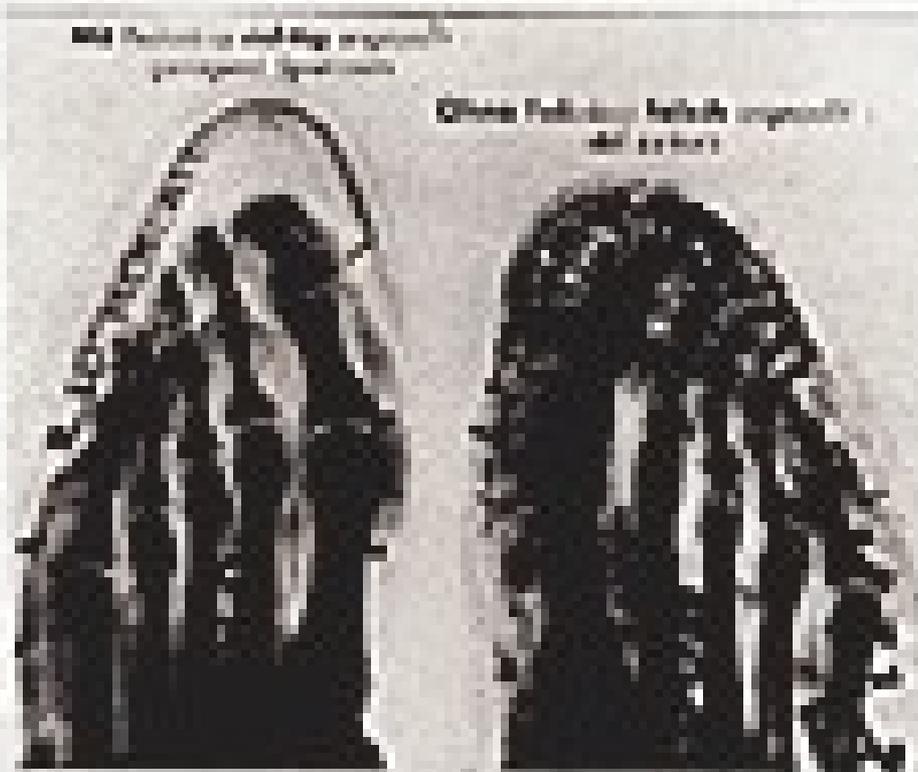
100000

1000000

10000000

100000000

1000000000



50

100
1000
10000

100000

1000000

10000000

100000000

1000000000

Lassen Sie sich Ihren Fuß hier kostenlos durchleuchten

Umgang mit Folgen



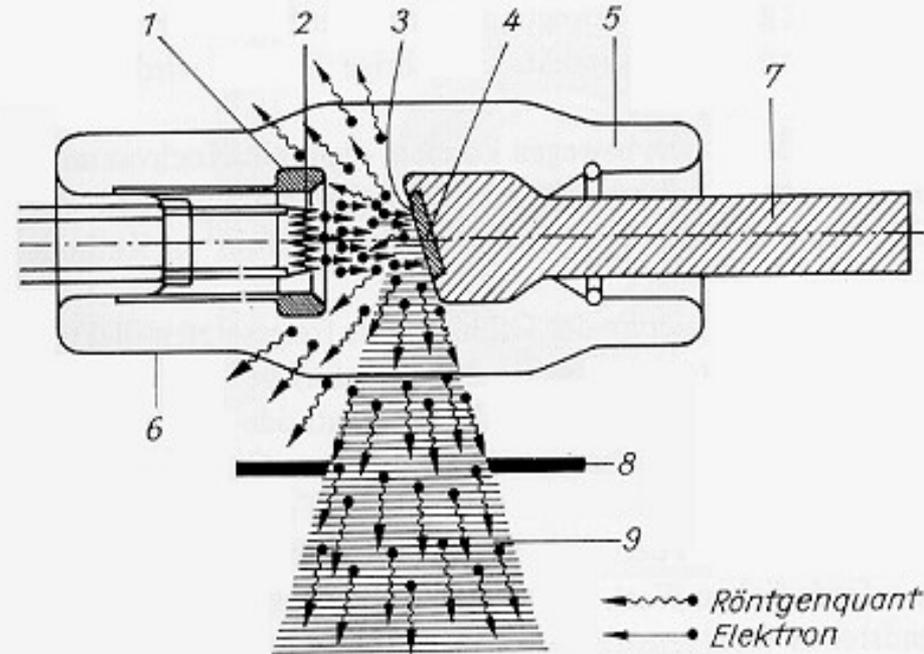
Zitat „Die Erfahrung wird nun lehren, ob die ausgefallenen Haare wieder nachwachsen. Sollte dies nicht der Fall sein, so hätte man in der Bestrahlung ein sehr **einfaches Epilationsverfahren**.„

Röntgenstrahlung - was ist das ?

- Röntgenstrahlen sind **elektromagnetische Strahlen**. Die Wellenlänge der Röntgenstrahlung liegt zwischen der UV-Strahlung und der γ -Strahlung von radioaktiven Substanzen (**0,4 – 2,5 Å**). **1 Å = 10^{-10} m = 0.1 nm**.

Entstehung der Röntgenstrahlung

- **Elektronenquelle** ist eine **Kathoden-Spirale aus Wolfram**, die durch elektrischen Strom erhitzt wird, **Elektronen werden freigesetzt**
- Die anfallenden Elektronen werden durch eine **Spannung zwischen Anode und Kathode (zwischen 30-400 kV)** sehr schnell **beschleunigt**



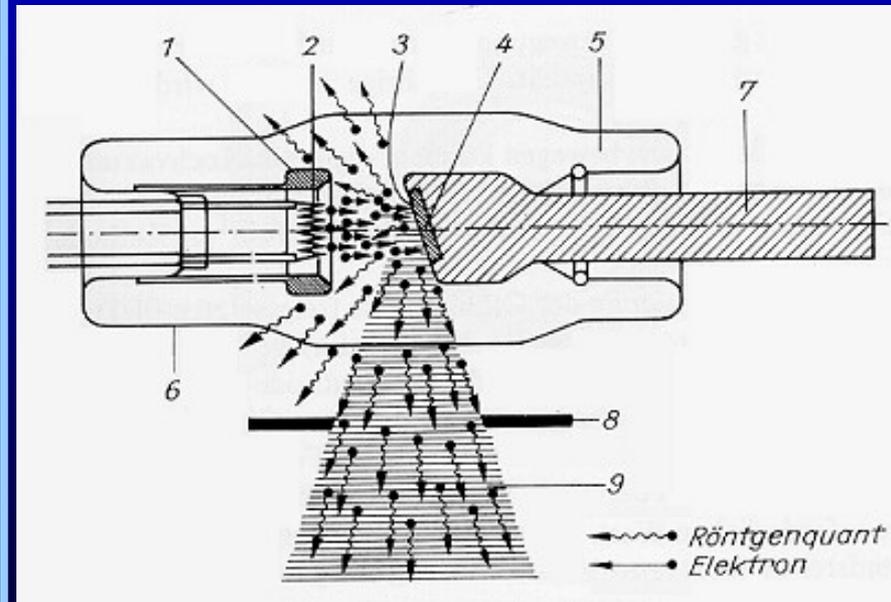
40 kV = weiche Strahlung

100 kV = harte Strahlung für Routineeinsatz in der Röntgendiagnostik

bis zu 2 Mio Volt = ultraharte Strahlung zur Krebsbehandlung

Entstehung der Röntgenstrahlung

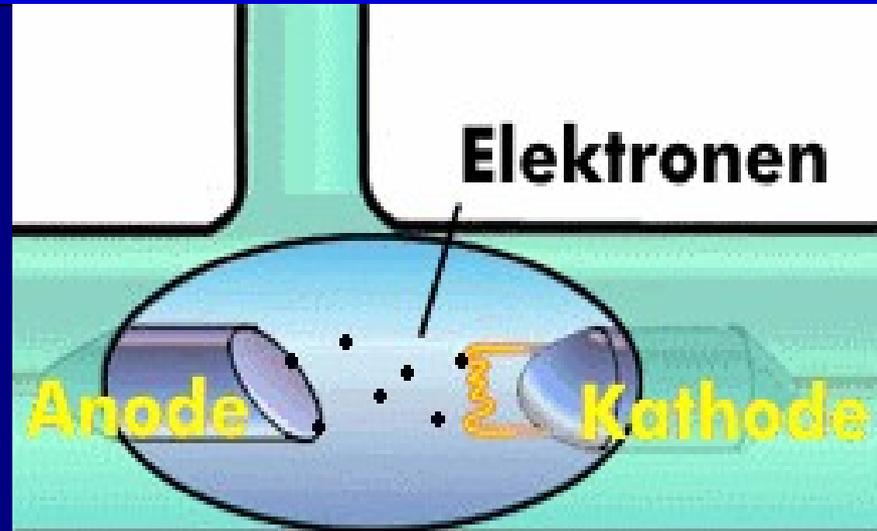
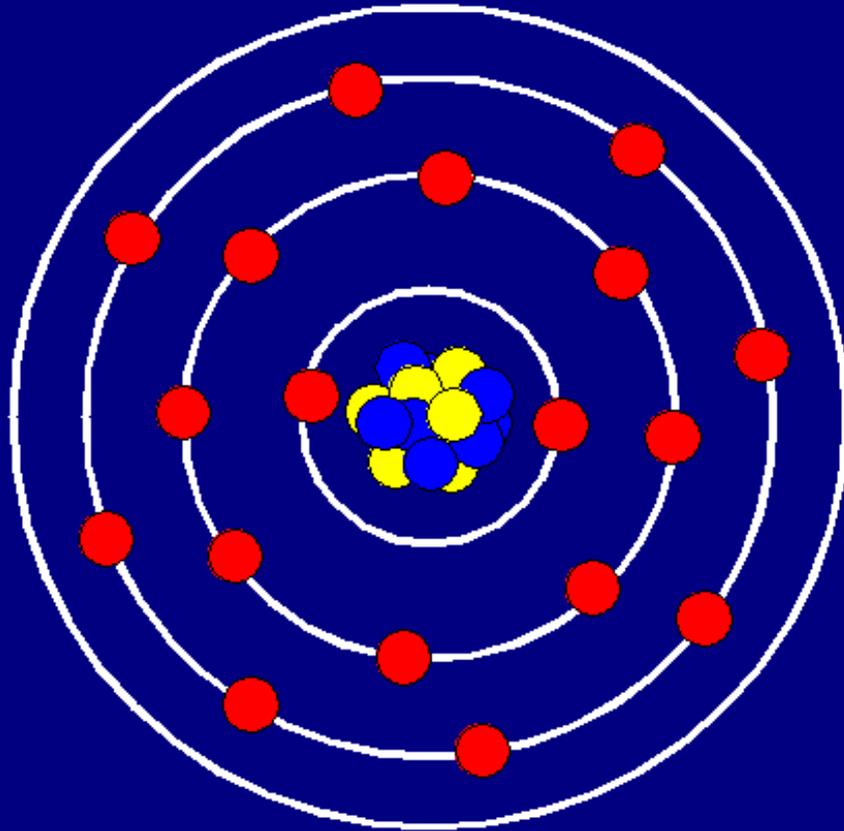
- Beschleunigte Elektronen treffen auf **Anode** aus **Wolfram-Rheniumlegierung**
- **Auftreffstelle** ist **0,1 bis 1,5 mm²** groß und heißt **Fokus** oder Brennfleck
- **Hitzeentwicklung** am Brennfleck bis zu **2700 °C**
- Deswegen **rotierende Anode**, um Hitzeentwicklung besser zu verteilen (mit **5000-10000 U/min**)



Entstehung der Röntgenstrahlung

- 99 % der Elektronenstrahlen werden in **Wärmeenergie** umgewandelt
- 1 % der Elektronenstrahlen werden in **Bremsstrahlung** (=Röntgenstrahlung) umgewandelt
- Die beschleunigten Elektronen treten mit den Atomen des Anodenmaterials in **Wechselwirkung**

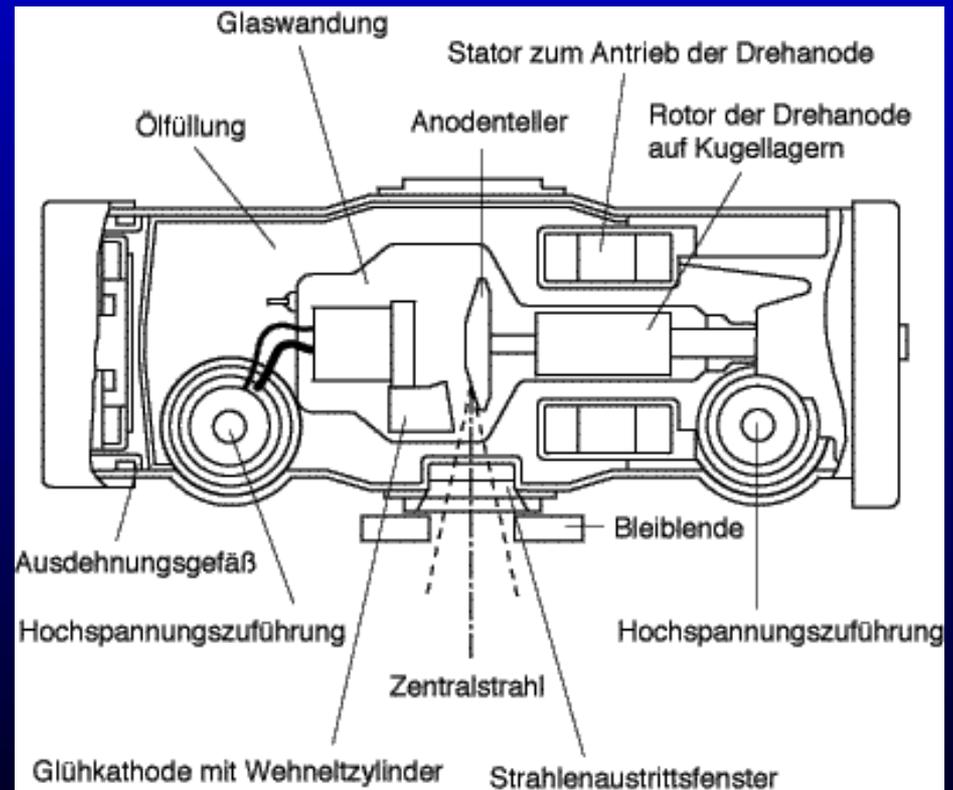
Entstehung der Röntgenstrahlung



- Die beschleunigten Elektronen **schlagen aus dem Atom**, das sie treffen **ein Elektron** heraus
- Das fehlende Elektron wird durch eines **aus einer höheren Schale ersetzt**
- Das Ersatzelektron hat ein höheres Energieniveau, da es von einer äußeren Schale gekommen ist. Die **überschüssige Energie wird als Röntgenstrahlung abgegeben**

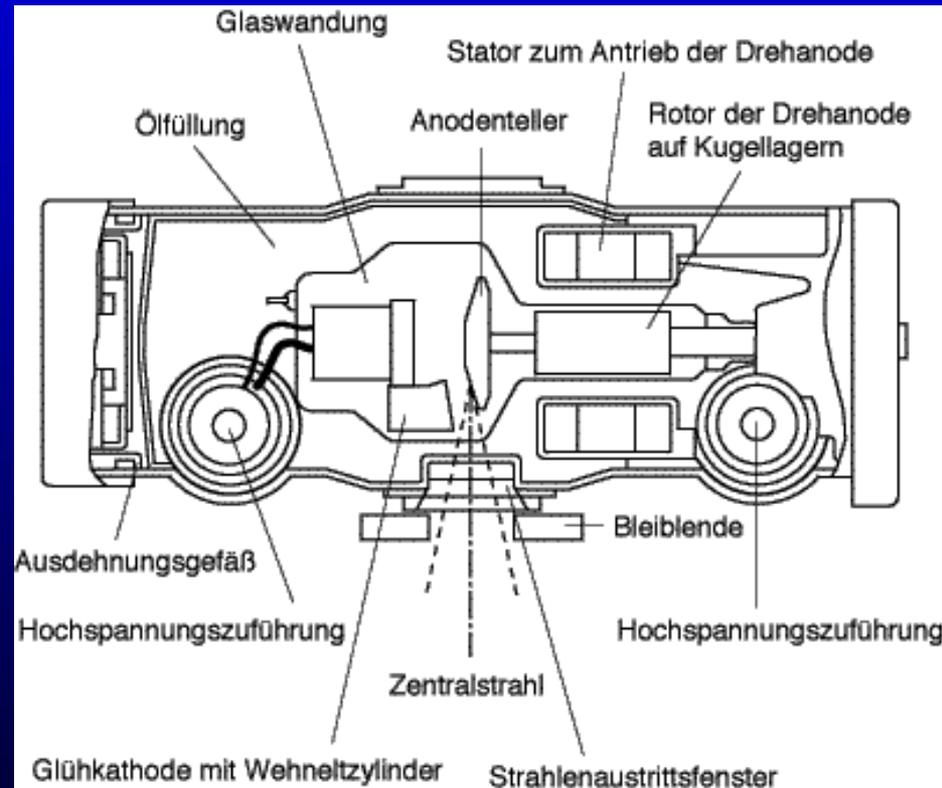
Aufbau einer Röntgenröhre

- **Glaskörper**, in dem Vakuum herrscht
- In diesem Vakuum befinden sich die **Wolframspule** und die **Drehanode**
- Um die Kathode herum befindet sich ein Zylinder, der die erzeugten Elektronen bündelt
- Anode wird mit **Wasser und Öl** gekühlt



Aufbau einer Röntgenröhre

- **Bleimantel** verhindert unerwünschtes Austreten von Strahlen
- **Durchlassstelle** aus speziell durchlässigem Material wie **Lithiumborat** oder **Berylliumfolie**
- Da weiche Strahlen vom Gewebe fast vollständig absorbiert werden, sind sie für den Menschen schädlicher als harte. Durch den Einsatz von **Filtern** kann eine **Aufhärtung der Strahlung** erreicht werden

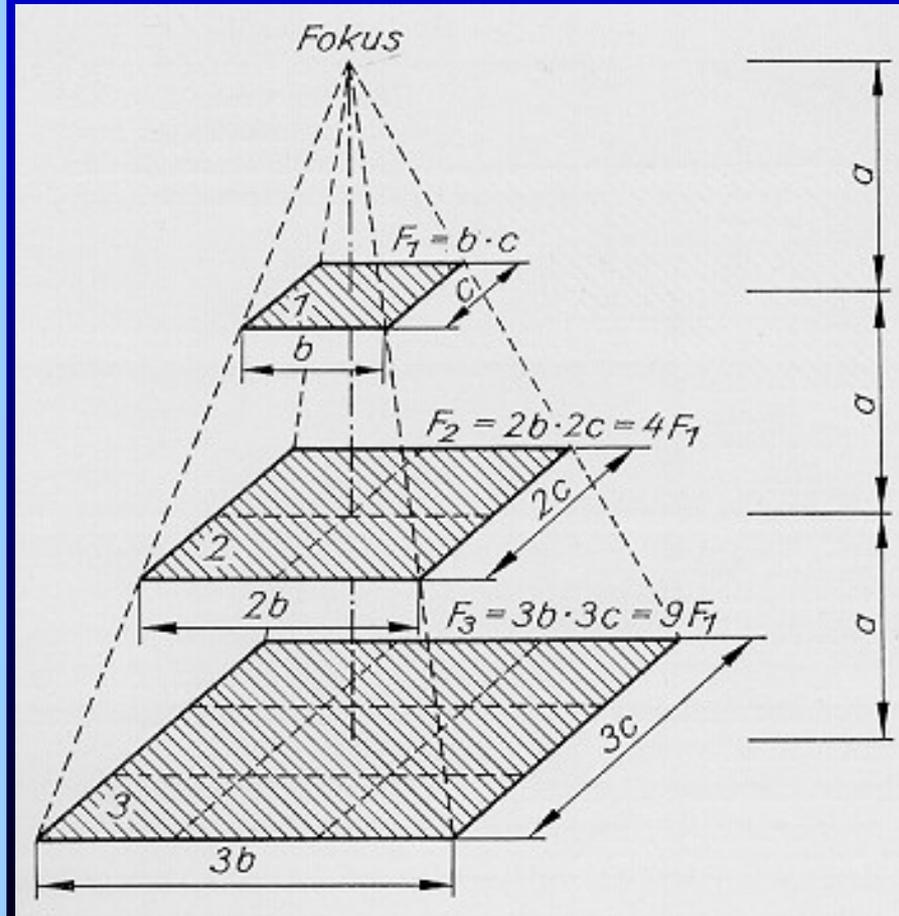


Eigenschaften der Röntgenstrahlung

- ist unsichtbar, breitet sich mit **Lichtgeschwindigkeit** aus
- **durchdringt** Materialien und wird dadurch **geschwächt** und erzeugt **Sekundärstrahlung**
- bringt entsprechend präpariertes Material zum **leuchten**
- ist **fotochemisch** (schwärzt eine fotografische Schicht)
- hat **biologische Wirkungen**

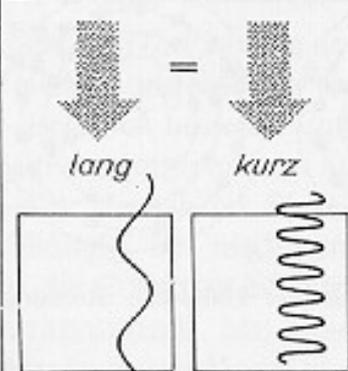
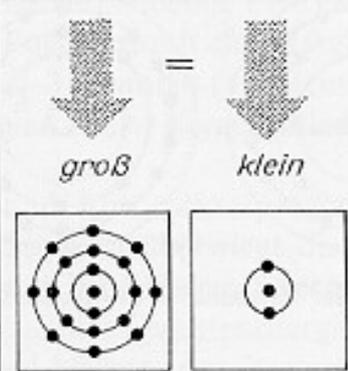
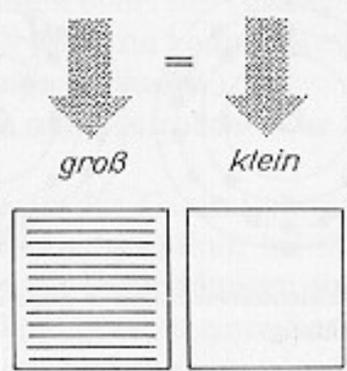
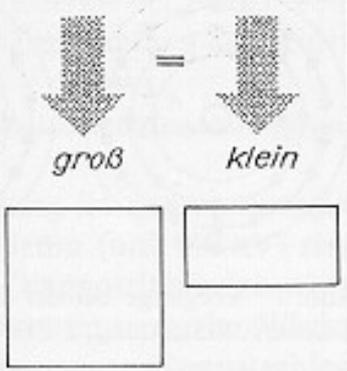
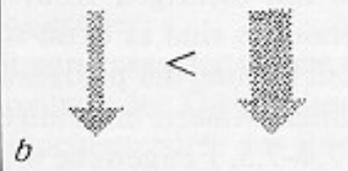
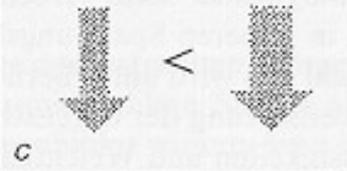
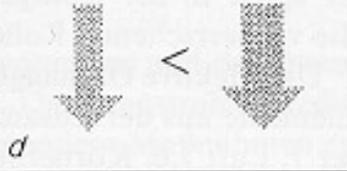
Abstandsquadratgesetz

- **Strahlen breiten** sich von Brennfleck aus **gradlinig nach allen Seiten aus**
- Sie **verteilen sich** dabei auf einen immer größer werdenden Raum, so dass ihre **Intensität ständig abnimmt** = bestimmter Abstand sollte nicht überschritten werden



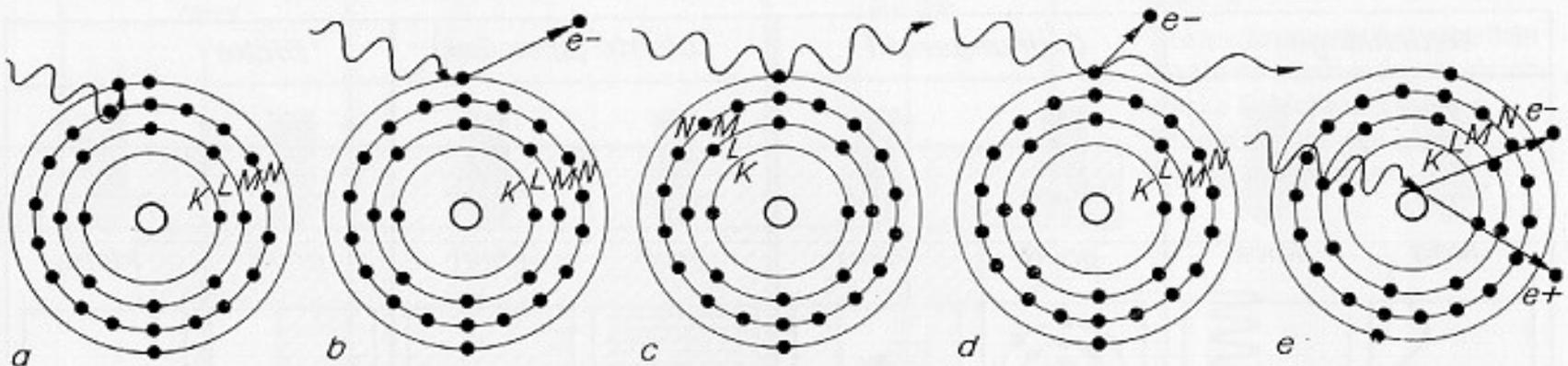
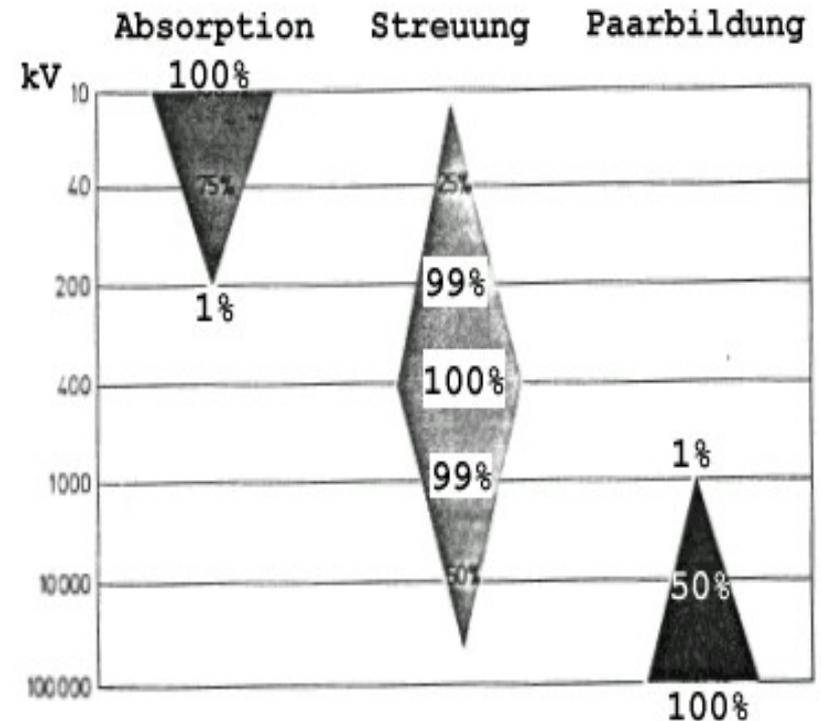
Strahlung durchdringt den Körper

- Wenn die Strahlen den Körper durchdringen, werden sie je nach Dicke und Dichte des Materials **verschieden stark geschwächt**
- D.h. wenn die Strahlen wieder aus dem Körper austreten tragen sie die **Bildinformation als verschieden starke Intensitäten** in sich
- Diese **Information wird auf Röntgenfilm übertragen**, aus dem dann durch Entwicklung und Fixierung ein Bild entsteht (Summationsbild)

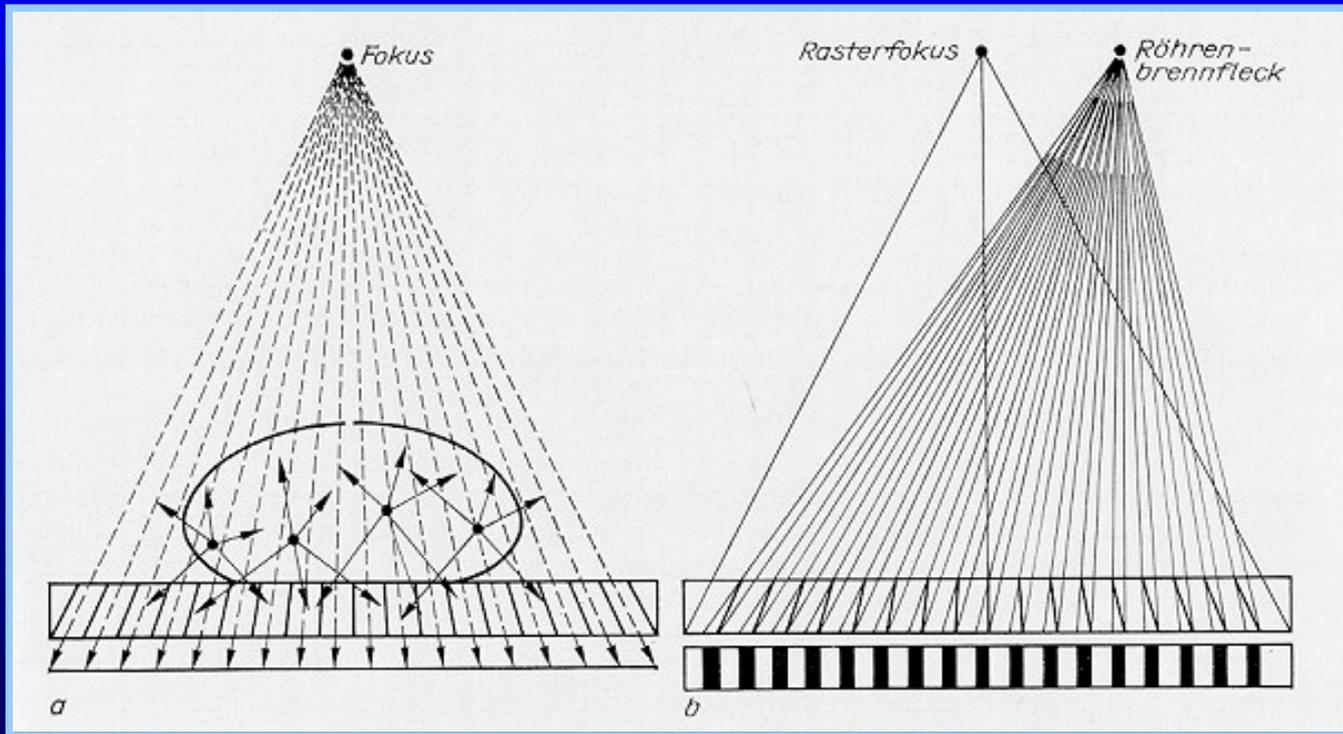
Wellenlänge	Ordnungszahl	Dichte (spez. Gew.)	Dicke
			
			
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Schwächung nimmt zu mit der 3. Potenz der Wellenlänge	Schwächung nimmt zu mit der 3. Potenz der Ordnungszahl (Z oder Z_{eff})	Schwächung nimmt zu proportional mit der Dichte	Schwächung nimmt zu proportional mit der Schichtdicke

Streustrahlung

- Durch Wechselwirkung der Strahlung mit Körperatomen entsteht **Streustrahlung**, die sich diffus nach allen Seiten ausbreitet
- Folge: **Film** erscheint **verwaschen**
- **Photoabsorption, Compton-Streuung, Paarbildung** usw.



Streustrahlenraster



- Verbesserung: der zu röntgende Bereich muss so klein wie möglich/gross wie nötig sein (auch wichtig für Strahlenschutz).d.h. Einblendung des Nutzstrahlenbündels, Kompression der zu röntgenden Masse
- Und Einsatz eines **Streustrahlenrasters** zwischen Patient und Film gelangen **nur gradlinige Strahlen** auf den Film

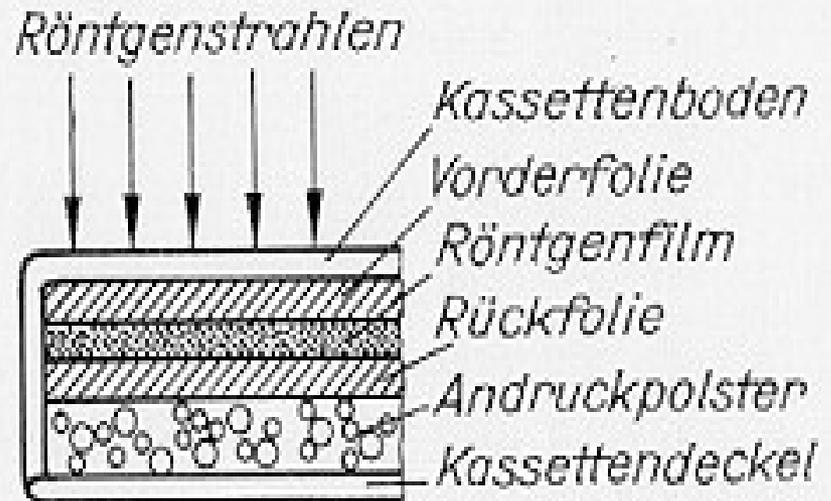
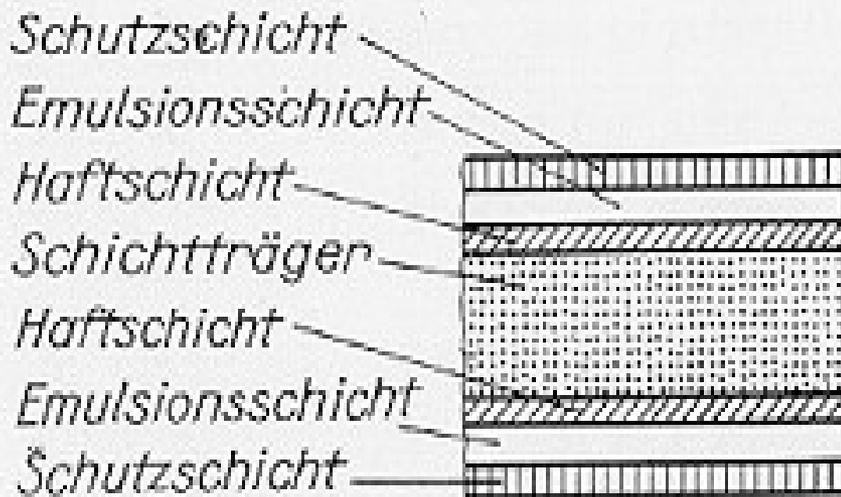
Aufbau der Filmkassette

- Filmkassette besteht aus Kunststoff mit **Rückseite aus Blei**
- Direkt **vor** und **hinter** dem Film sind **Verstärkerfolien** mit Beschichtung aus **seltene Erden** (diese wandeln Röntgenstrahlung in sichtbares Licht um)
- Der Film wird zu **95 %** durch dieses Licht geschwärzt, nur zu **5 %** durch Röntgenstrahlung selbst



Aufbau des Röntgenfilmes

- Auf beiden Seiten des Filmes sind **Emulsionsschichten** aufgetragen (**Silbersalze**)
- Nachdem diese **belichtet** wurden, werden sie vom Entwickler **zu schwarzem, metallischen Silber reduziert**
- Die Menge des **Silberniederschlages** ist **abhängig** von der **aufgetroffenen Strahlung**



a

b

Entwicklung

- Der belichtete Film samt Kassette wird in ein automatisiertes, geschlossenes Entwicklungssystem gegeben, welches nach ca. 90 Sekunden den fertig entwickelten Film auswirft



Diese Technik ist **veraltet**,
man trifft sie jedoch hin und
wieder noch an (kleinere
Krankenhäuser oder Praxen)

Digitale Systeme

Aktuelle digitale Systeme

- Aufnahmen werden digitalisiert, im DICOM-Format gespeichert
- Unterschied zum Röntgenfilm:
Nachbearbeitungsmöglichkeit, Integration in RIS/PACS-System
- Kein Umgang mit chemischen Substanzen mehr, Entwicklung entfällt
- Strahlendosis kann um ca. 10 % verringert werden

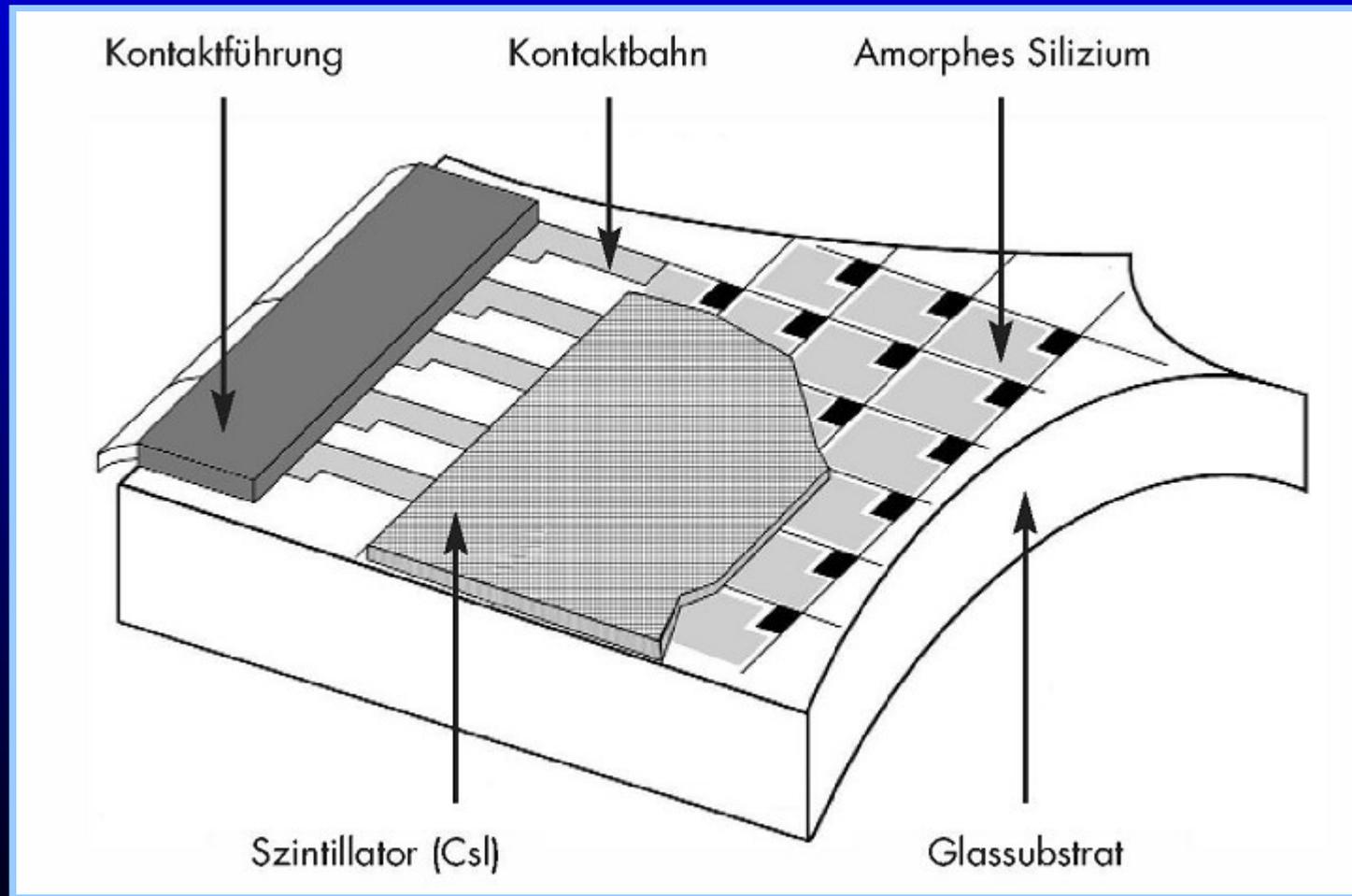
Röntgenspeicherfolie

- Röntgenspeicherfolie besteht aus einer Speicherleuchtstoffschicht
- Der Leuchtstoff (Phosphor) speichert die Intensität der eintreffenden Röntgenstrahlung
- In einem speziellen Lesegerät wird das Energieprofil jedes Punktes dann per Laser abgetastet und digitalisiert, bis zu 20 Pixel pro mm
- Die Platte wird nach dem Auslesen gelöscht und kann wiederverwendet werden
- Alte Röntgenaufnahmeplätze können aufgerüstet werden, da die Röntgenstrahlenquelle nicht verändert werden muss

Flachbilddetektor-Aufbau

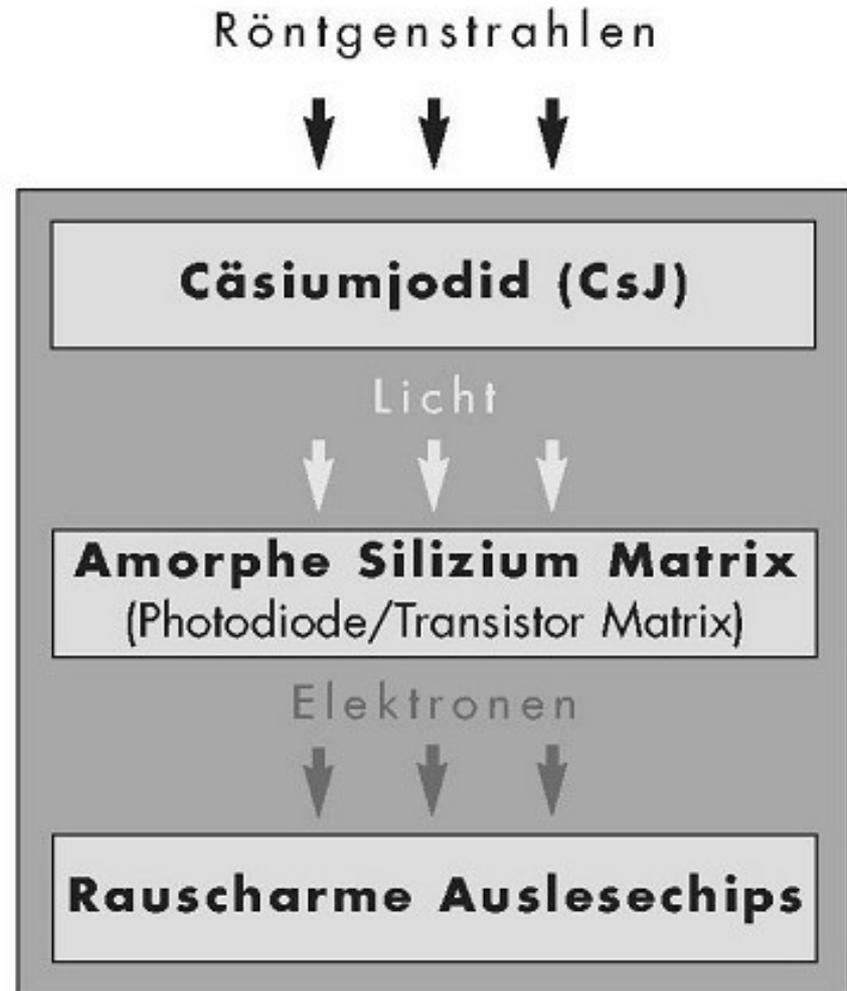
- Beispiel Cäsiumjodid-Flachbilddetektor:
- Großes Glassubstrat auf dem eine 2048 x 2048 Pixel große Matrix sitzt
- Jedes Pixel besteht aus einer Photodiode aus amorphem Silizium und einem Dünnschichttransistor ebenfalls aus amorphem Silizium
- Darüberliegend ist eine Schicht aus einem Cäsiumjodid-Szintillator

Flachbilddetektor- Funktionsweise

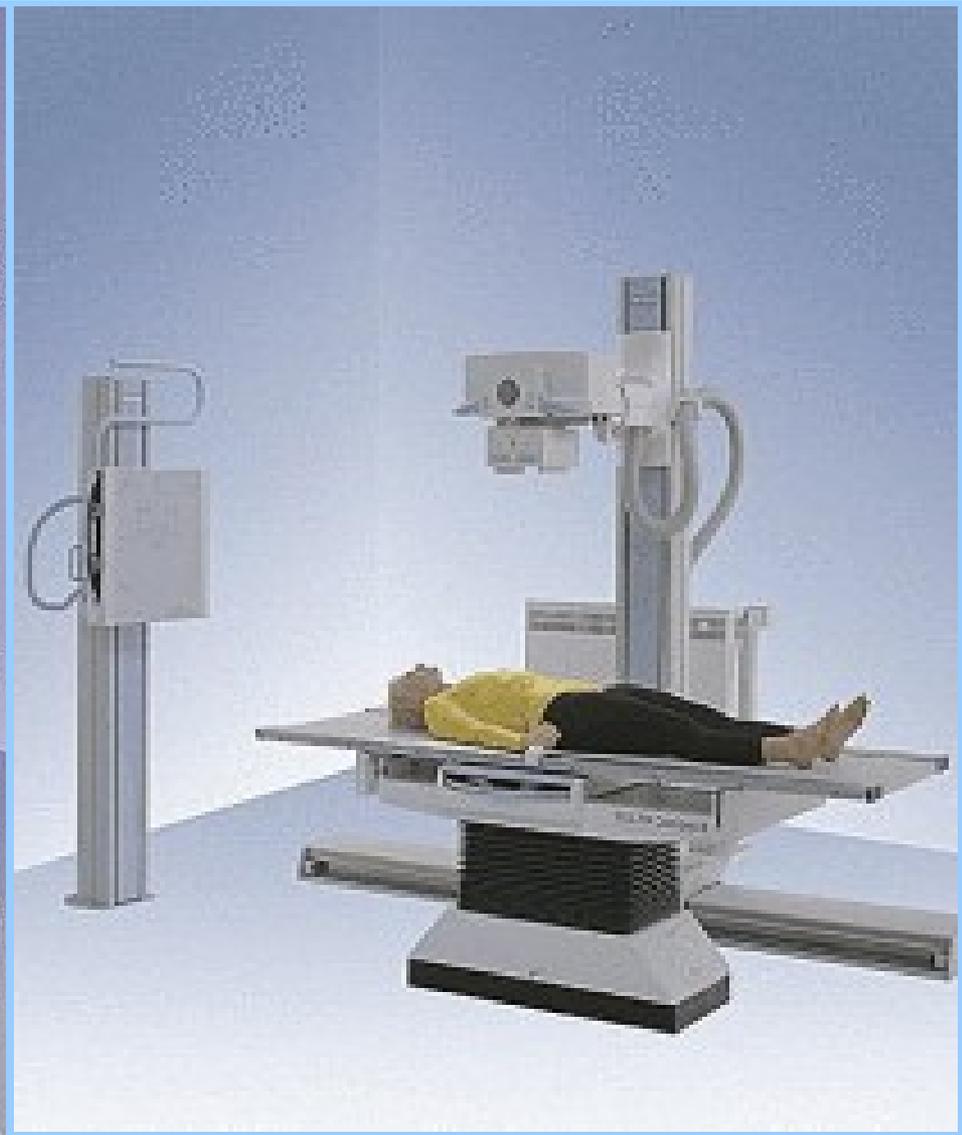


Flachbilddetektor- Funktionsweise

- Röntgenstrahlung wird durch CsJ-Szintillator in sichtbares Licht umgewandelt
- Photodioden registrieren das Licht und wandeln es in eine elektrische Ladung um
- Transistor transferiert dann die Ladung zu einer Auslese-Elektronik, die das Signal verstärkt und digital wandelt



Beispiele



Weitere Beispiele



FC Röntgenplatz Mitarbeiter des Monats



Platzwart Ingo Geiger

Wo finde ich das im
Netz ??

<http://radiologie-uni-frankfurt.de>

Download der
Vorlesungen WS
2008/2009