university of groningen

Dosis in relatie tot beeldkwaliteit

Groningen Academy for Radiation Protection University of Groningen

22 mei 2025

Age Froma

De hoeveelheid straling die minimaal nodig is voor een specifieke afbeelding waarop de juiste diagnose (met '100% zekerheid') te bepalen is, is *afhankelijk* van de **beeldkwaliteit** van de opname .....

- Spatiële resolutie
- Contrastresolutie
- Voxel-grootte
- FOV ('field of view')

- Focusgrootte

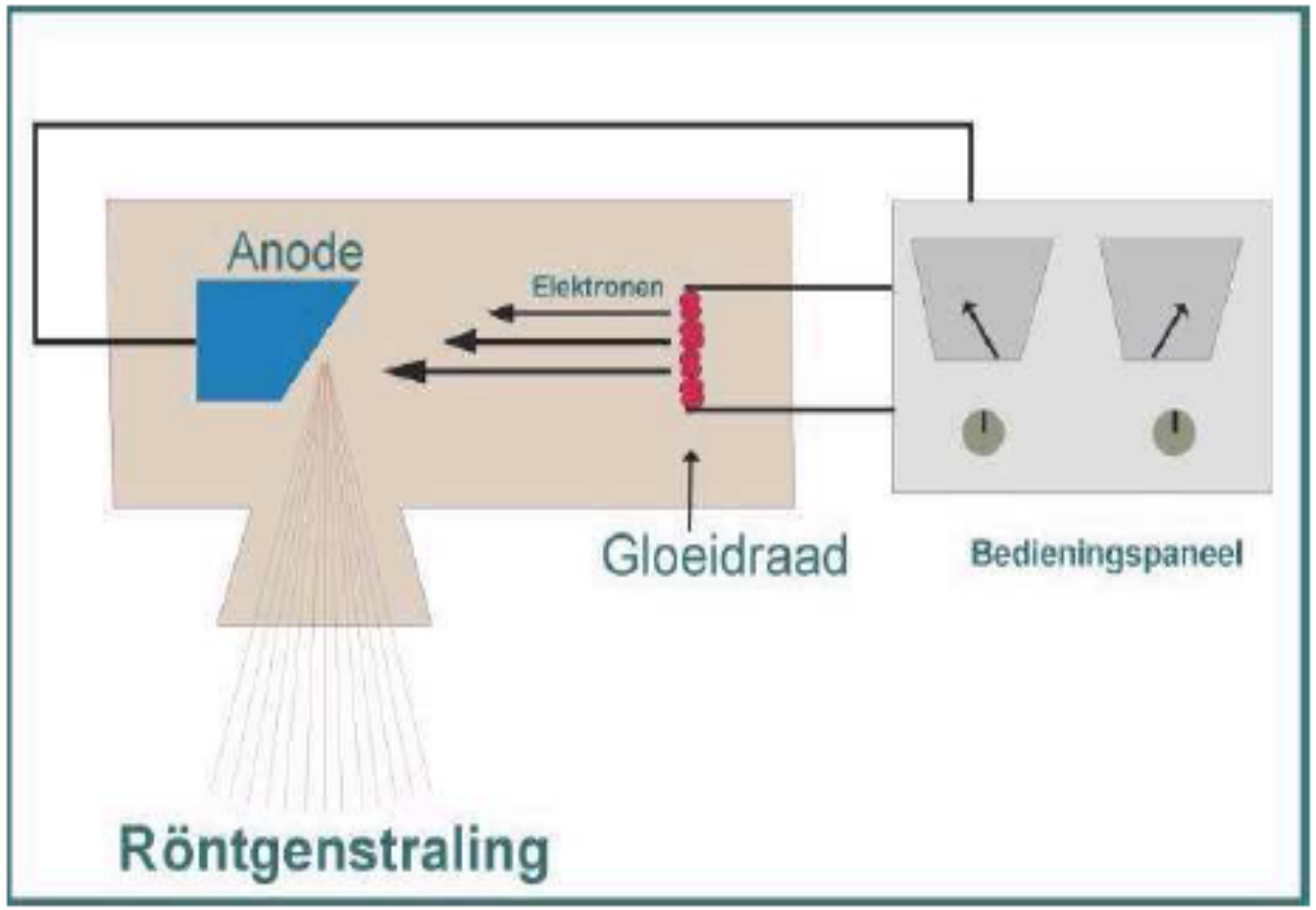
De belangrijkste parameters die de dosis bepalen voor een kwalitatief ‘goede’ foto:

- **Buisspanning-potentiaalverschil (kV)**
- Buisstroom-buislading (mA·s)
- Filtrering van de röntgenbuis- inherente + evt. extra filter in mm $Al_{equivalent}$



Röntgenstraling kan al ontstaan bij een ‘buisspanning’ van 12,4 V

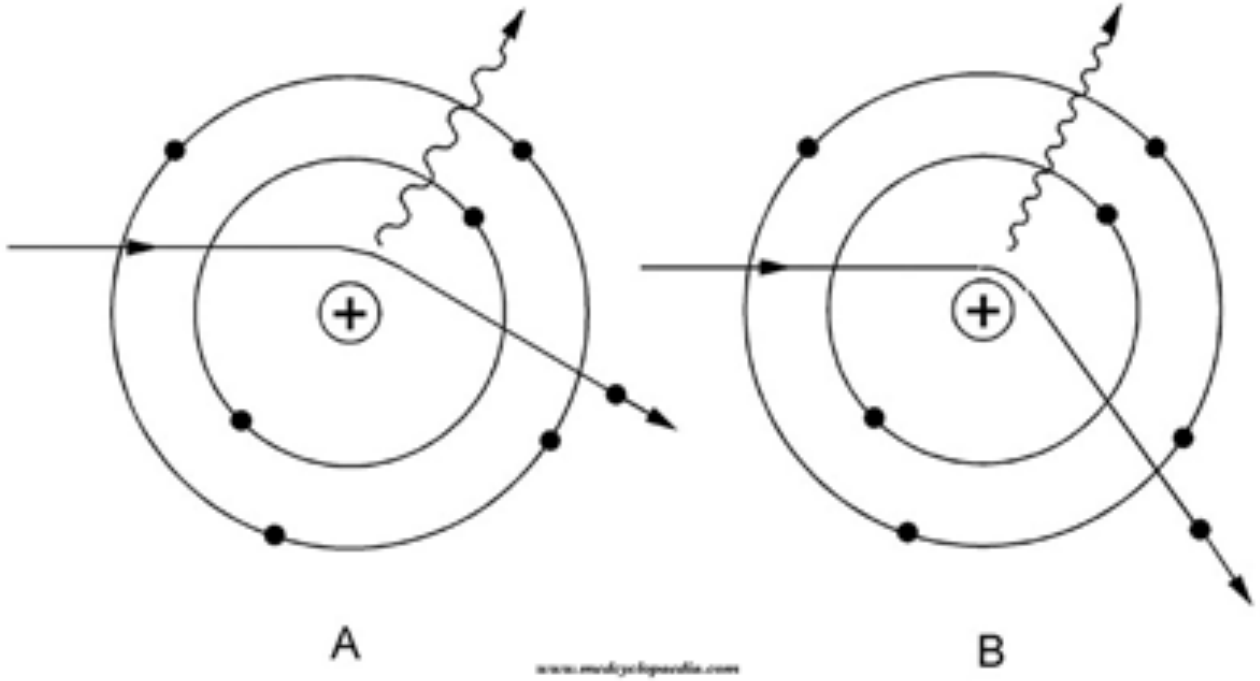
(zeker dus bij 60-100 kV, waarbij de elektronen een energie hebben van 60.000-100.000 eV)



Anodemateriaal is vaak wolfraam met een atoomnummer Z van 74; in neutraal atoom is het aantal elktronen ook 74.

Het totaal aantal kerndeeltjes (p + n) van stabiel W bedraagt ≈ 183

‘Remstraling’

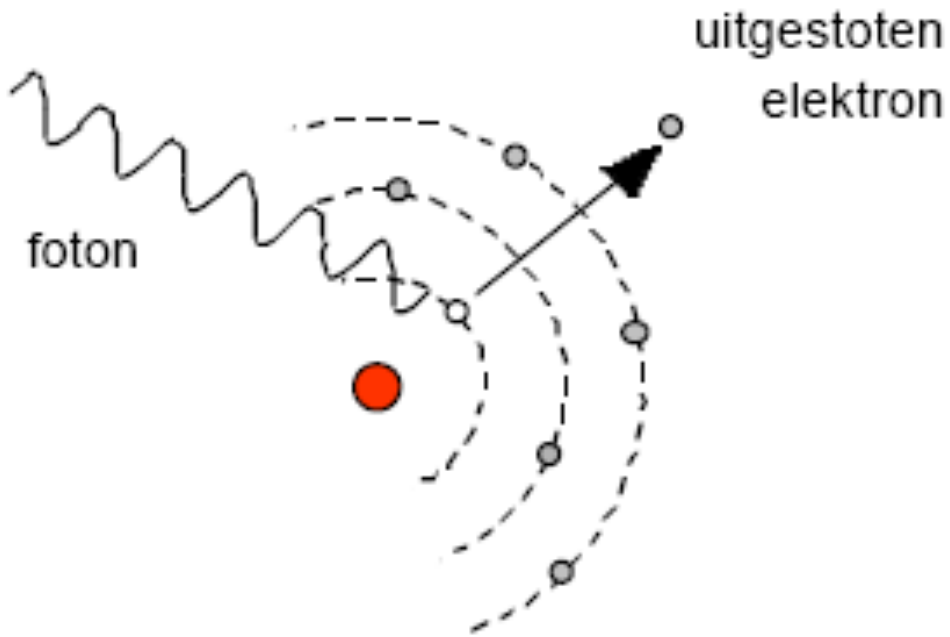


Ook karakteristieke röntgenstraling is ‘ioniserend’(→ $E_{\text{karakteristiek rö-foton}}$ >> 12,5 eV)

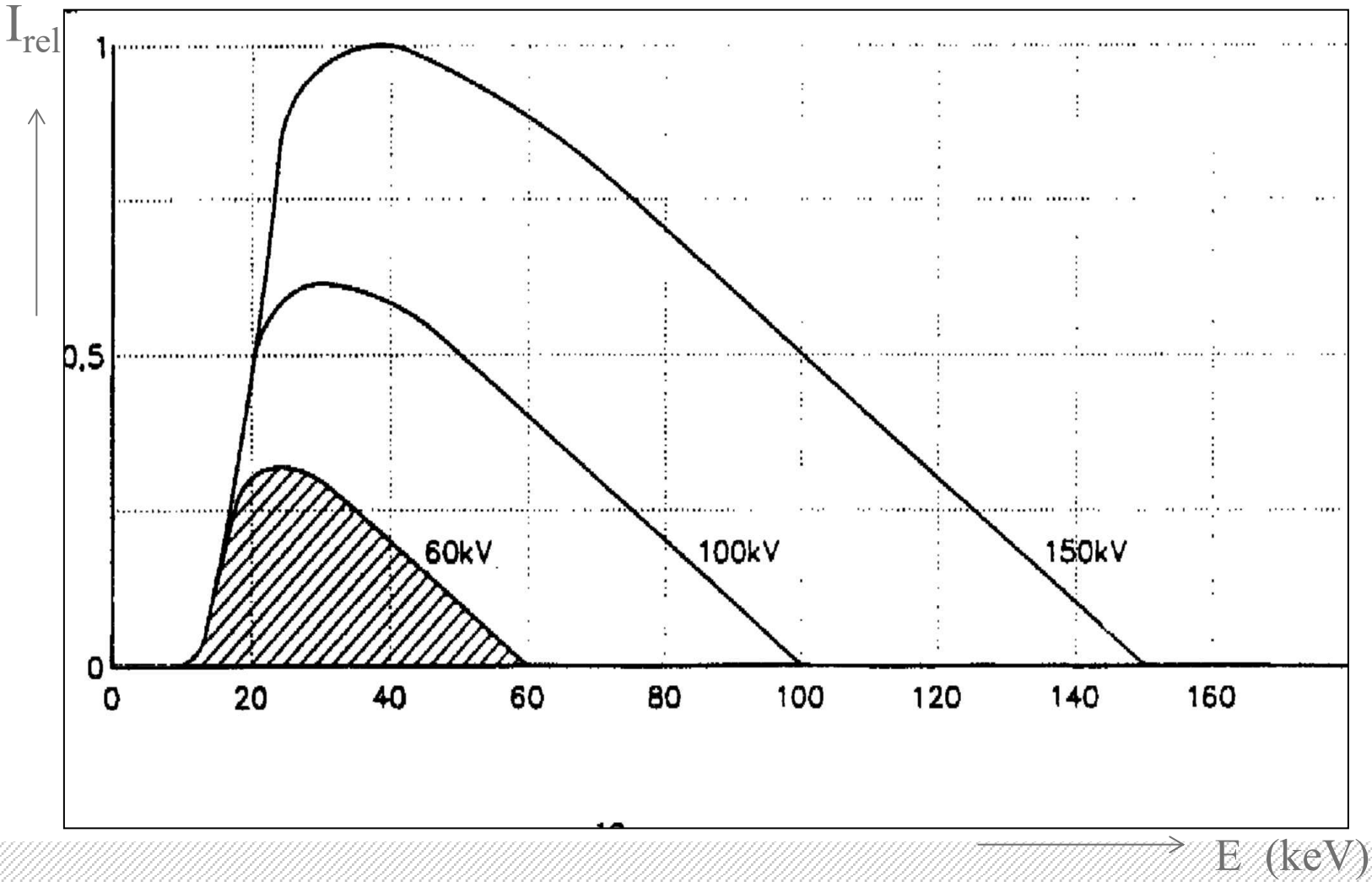
Let wel:

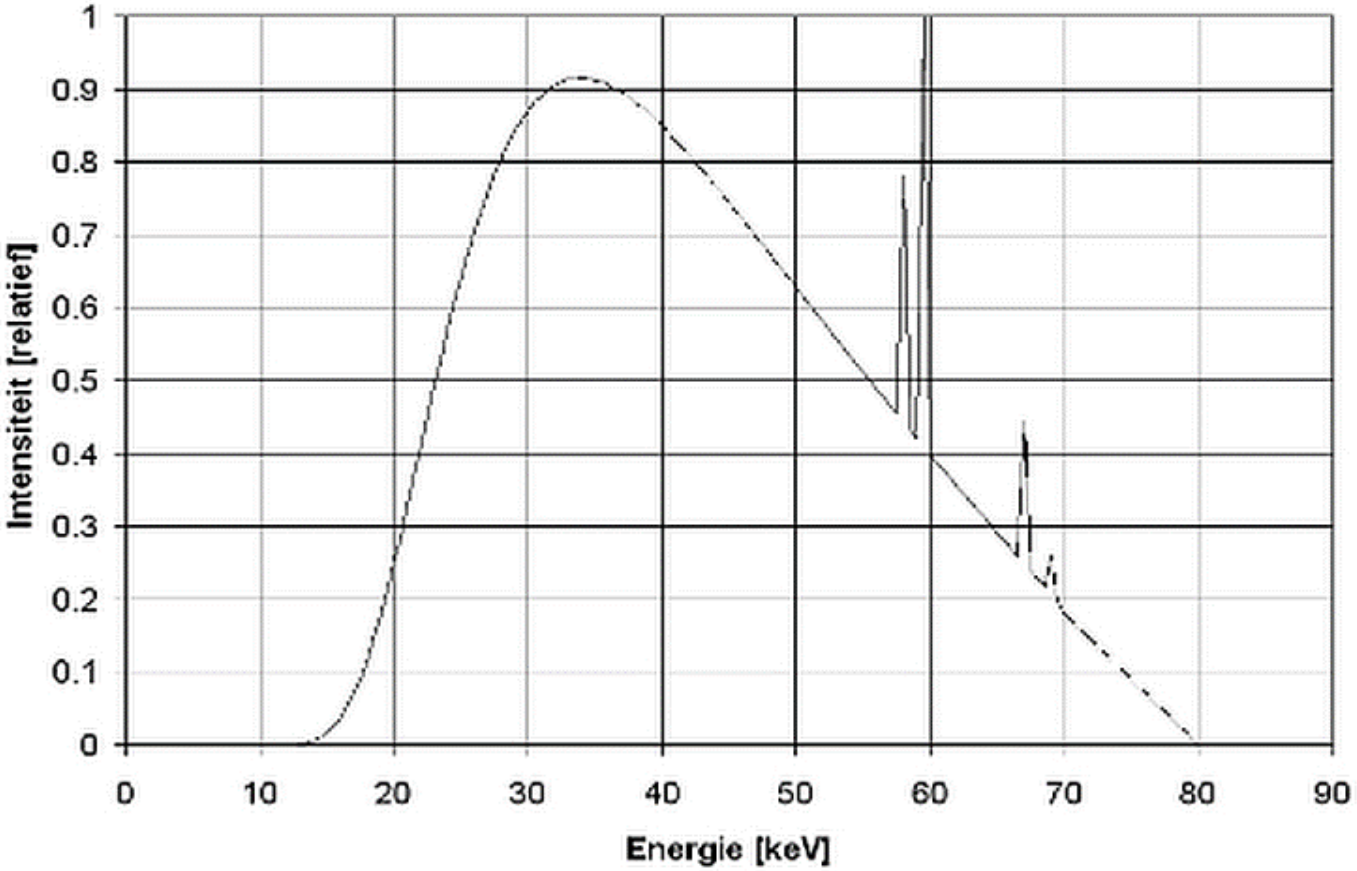
De bindingsenergie van een K-schil elektron van W (Z = 74) ≈ 70 keV(69,5)

(van een elektron in de L-schil ≈ 12 keV)



Intensiteitsverdeling van röntgenstraling uit een röntgenbuis, opgewekt met buisspanningen van respectievelijk 60, 100 en 150 kV (buisstroom 1 mAs)





Schematische voorstelling van het spectrum (remstraling en karakteristieke straling) van een röntgenbuis met een wolfraam anode bij een buisspanning van 80 kV.

Bron: *Dosimetrie in de Radiologie (NCS-rapport 17, maart 2007*

Belangrijkste parameters ten aanzien van de benodigde dosis voor een kwalitatief 'goede' foto

- Buisspanning-potentiaalverschil (kV)
- **Buisstroom-buislading (mA·s)**
- Filtrering van de röntgenbuis- inherente + evt. extra filter in mm $Al_{equivalent}$

Wat geeft de mA·s-waarde weer?

- Ter herinnering: 1 A = 1 C·s^{-1} → 1 mA = 1 mC ·s^{-1} → 1 mA·s = 1 mC·s^{-1}·s = 1 mC
- De lading van 1 elektron ≈ 1,6 x 10^{-19} C

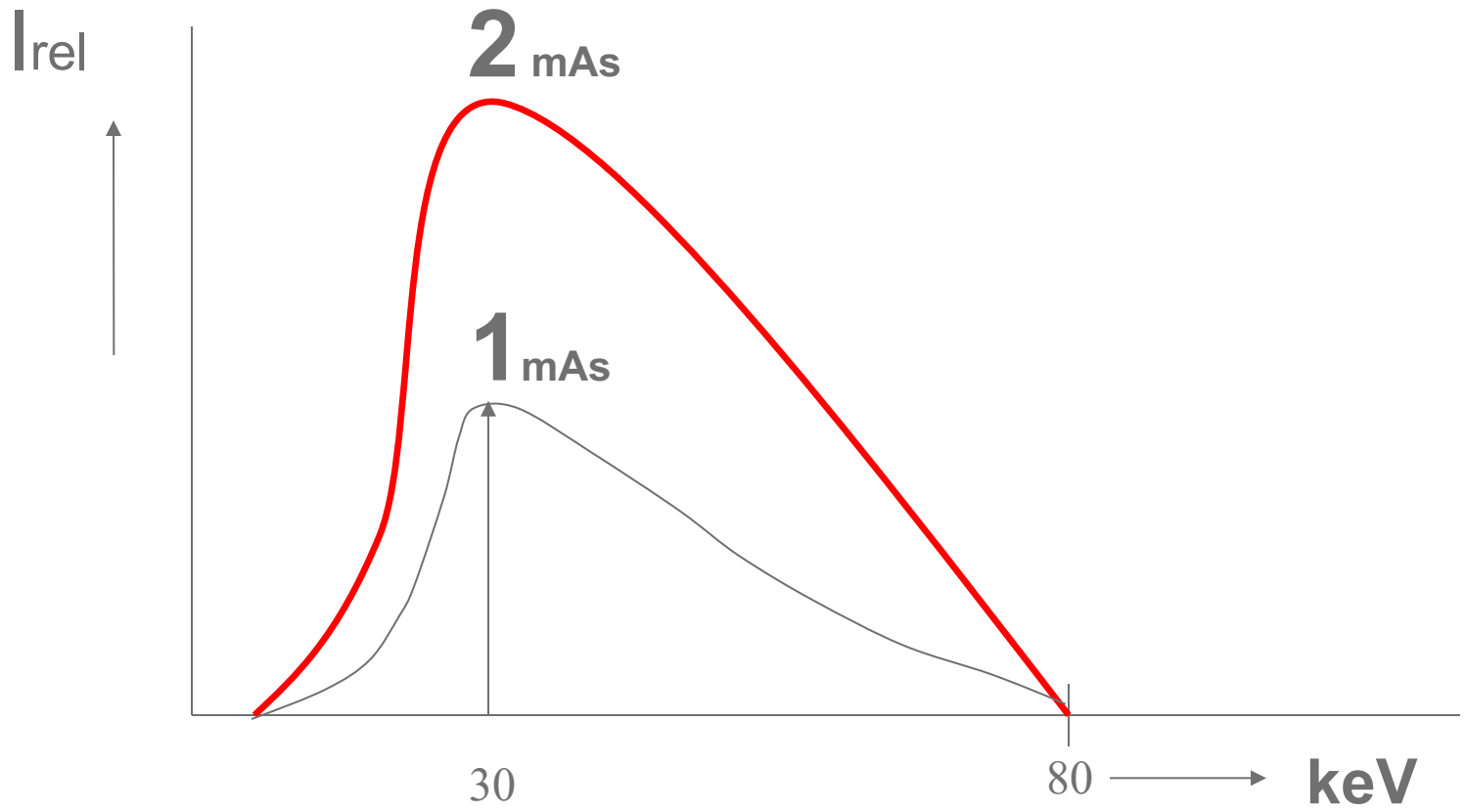
1 mAs ≅ met een lading van 1 mC

$$1\ C = \frac{1\ C}{1{,}6 \times 10^{-19}\ C/\text{elektron}} \rightarrow \approx 6{,}25 \times 10^{18}\ \text{elektronen}$$

De mA·s-waarde (= ‘buislading’) geeft het aantal elektronen weer die van de kathode naar de anode gaan.

$1\ mC = 1\ mA{\cdot}s \cong 6{,}25 \times 10^{15}$ elektronen

Continu spectrum [mA(s)]



Voorbeelden van mAs waardes

Bitewing: 60 kV- 8 mA – 0,16 s → 1,28 mA·s

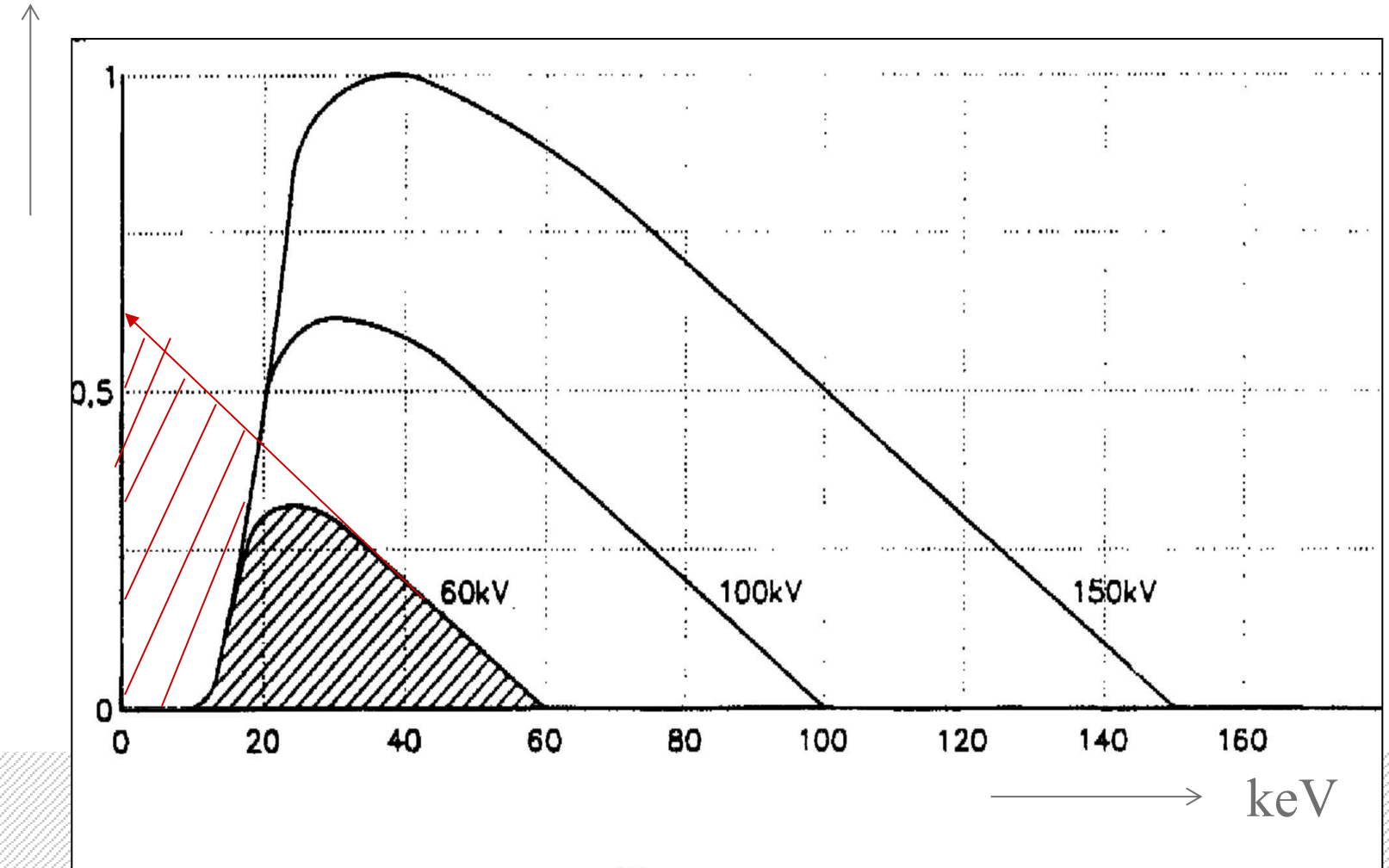
OPG: 70 kV - 7 mA - 13 s → 91 mA·s

CBCT: 100 kV – 1 mA – 30 s → 30 mA·s

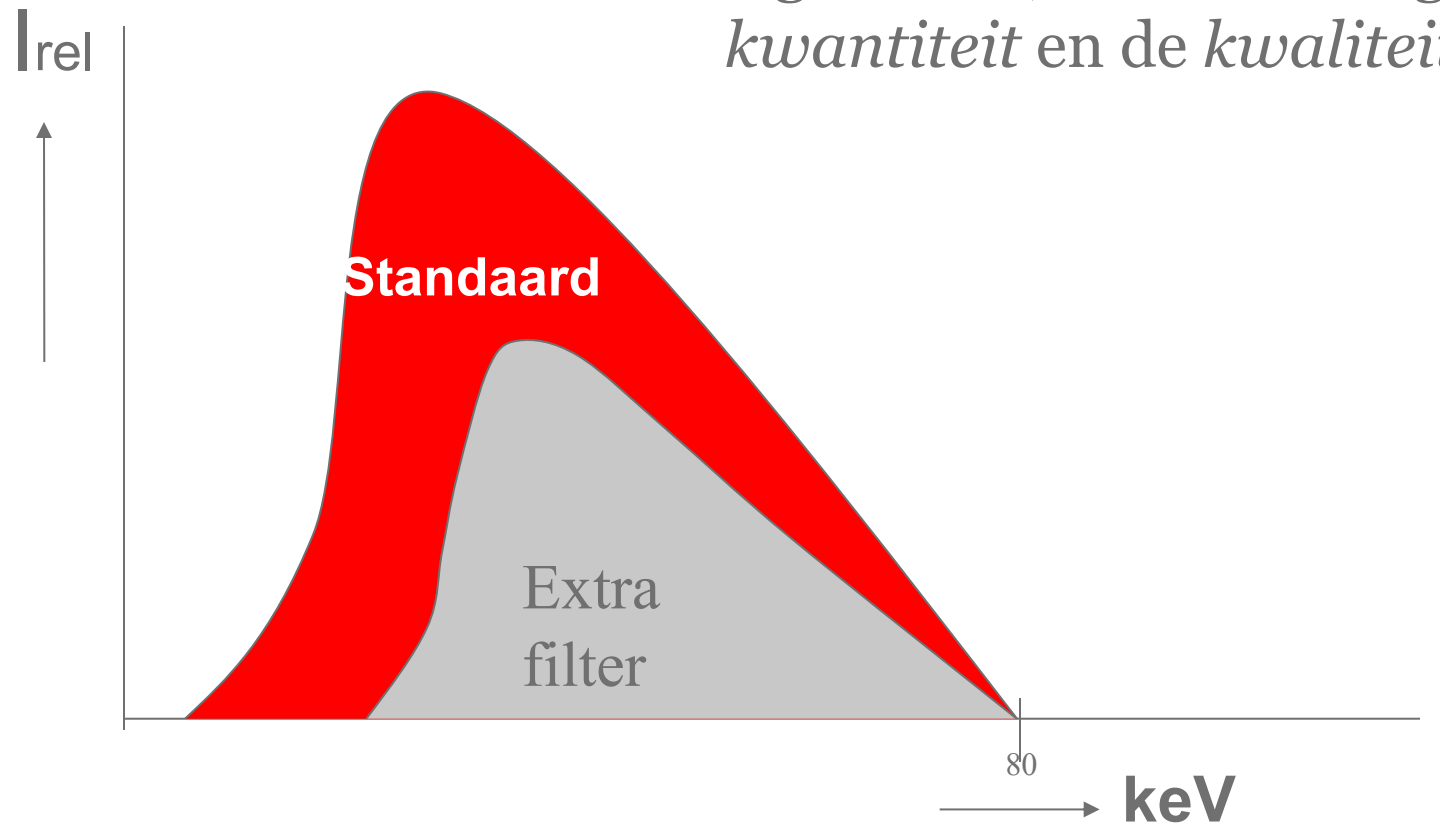
Belangrijkste parameters ten aanzien van de benodigde dosis voor een kwalitatief 'goede' foto

- Buisspanning-potentiaalverschil (kV)
- Buisstroom-buislading (mA·s)
- **Filtrering van de röntgenbuis - inherente + evt. extra filter (in mm $Al_{equivalent}$)**

Invloed van het ‘inherente’ filter op het remstralingsspectrum

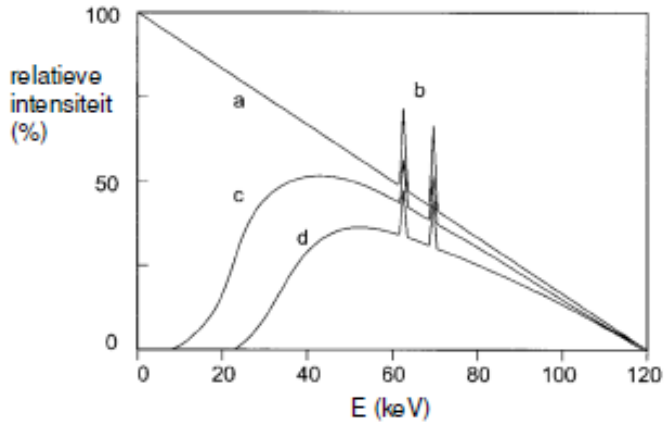


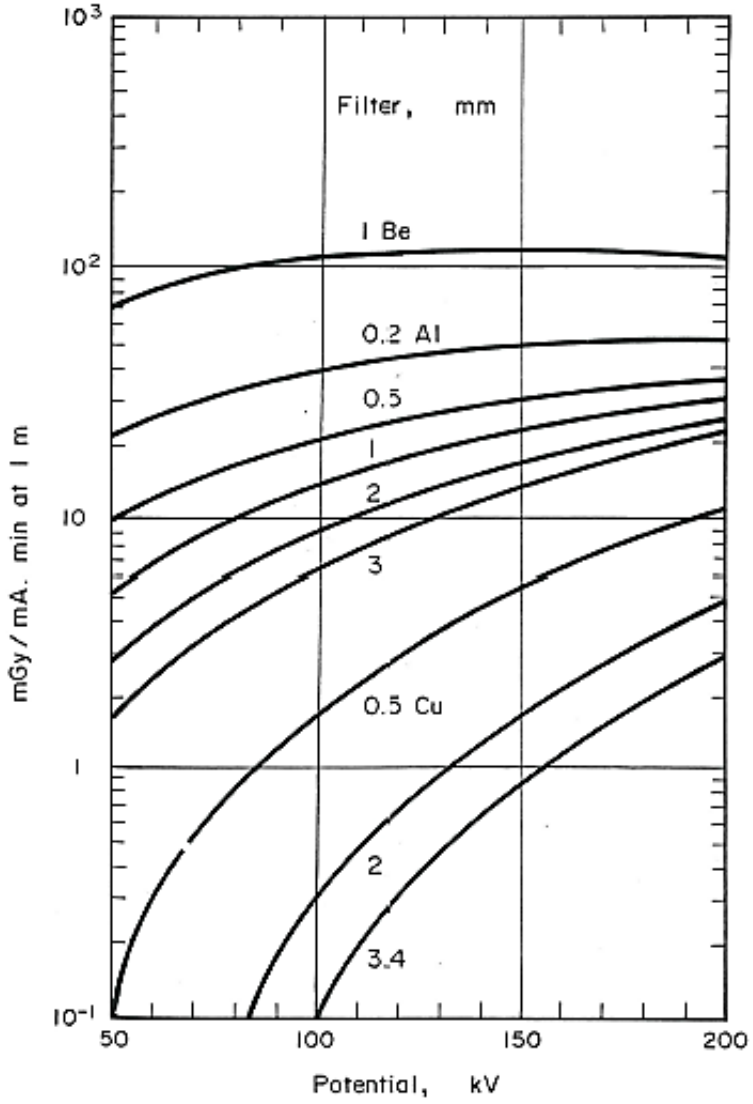
Invloed van extra filtering, bovenop het eigen filter, van een röntgenbundel op de *kwantiteit* en de *kwaliteit* van de straling



Hoeveel straling levert een röntgenbuis?

- Buisoutput
  - kV
  - mAs: evenredig met buisstroom (mA) en belichtingsduur (s)
  - Filter: zie hfdst. 5.1

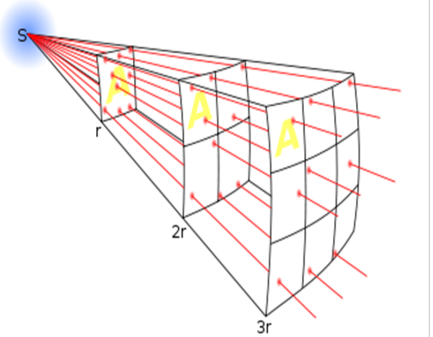




Praktijk – overdracht röntgenbuis → patiënt

- Intra-oraal
  - Focus-huid- afstand (FHA)
  - Vorm tubus
  - Veldgrootte

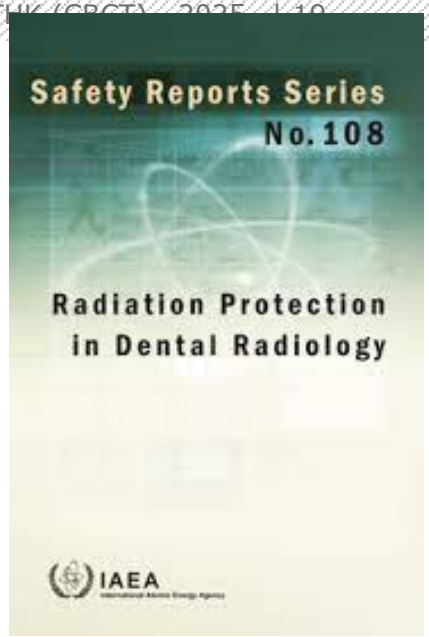




- CBCT
  - Veldgrootte (Field-of-view, FOV)

Physica Medica 88 (2021) 193–217

Praktijk – de patiënt



- Diagnostische referentieniveaus (DRN, Eng: DRL)
  - Veel info / referenties: zie IAEA SRS-108 (2022)
  - Voor intra-oraal intreedosis: 0,7-3,7 mGy (Tsapaki, 2017)
    - richtwaarde: 1 mGy
  - Voor OPG
    - voorheen vaak ‘dosis-lengte-product’ als maat (mGy·mm)
    - in de orde van 65 mGy·mm (vanaf plm ‘99!)
    - nu meestal DOP-waarde (in mGy·cm²)
    - richtwaarden 35 – 100 mGy·cm²)

V. Tsapaki, Physica Medica 44 (2017), p.222-226

Praktijk – de patiënt

› Diagnostische referentieniveaus CBCT:
- Uitgedrukt in DOP-waarde in (mGy·cm²)
- Waarde sterk afhankelijk van benodigde detail
- Richtwaarden (tabel 16.2, IAEA SRS-108)

voorafgaand aan de plaatsing van een implantaat in de bovenkaak	300 - 400 mGy·cm²
ter beoordeling van de relatie tussen de verstandskies en het mandibulair kanaal	300 - 400 mGy·cm²
beeldvorming van bijholten (niet bij trauma)	1200 mGy·cm²

De **beeldkwaliteit** van een opname is direct afhankelijk van de volgende parameters:

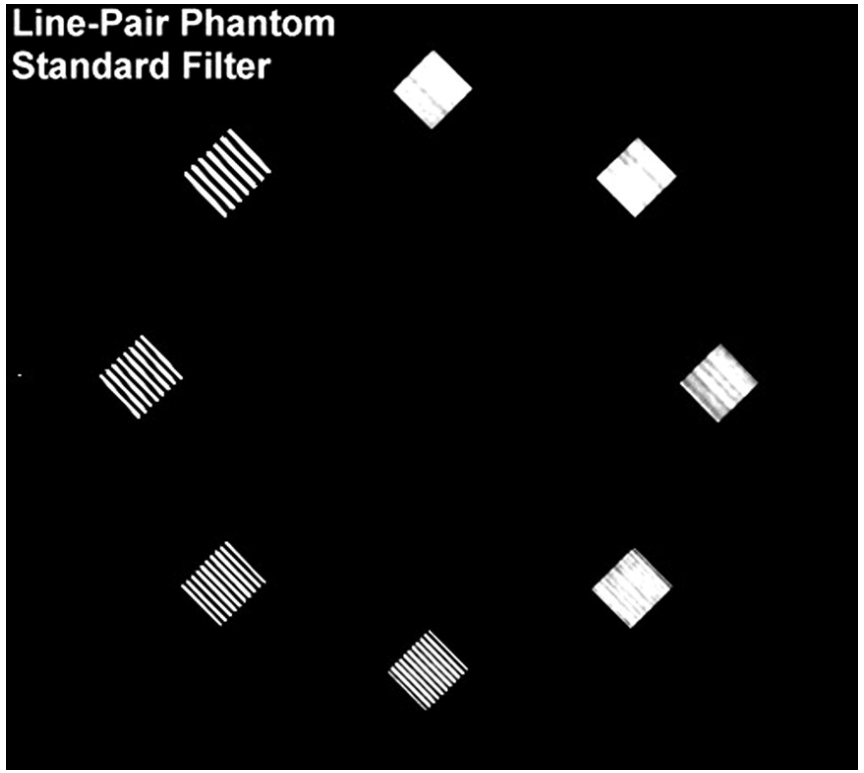
- **Spatiële resolutie**
- Contrastresolutie
- Voxel-grootte
- FOV (‘field of view’)

- Focusgrootte

Spatiële resolutie

Definitie

Het vermogen om details met grote densiteitsverschillen naast elkaar in het beeld van elkaar te onderscheiden.



Engels *High-Contrast Detectability*

Hoe meer lijnenparen per mm. te onderscheiden, des te scherper de afbeelding

Spatiële resolutie

Vergelijking

• Conv. röntgen	10-20 lp/mm.	50-25 μm*
• Digitale röntgen	5-10 lp/mm.	100-50 μm
• CT	4-25 lp/cm	1250-200 μm
• CBCT	?	600-50 μm

* 1 mm = 1000 μm (‘micron’)

Spatiële resolutie

Vergelijking

- Conv. röntgen 100-200 lp/cm. 50-25 μm*
- Digitale röntgen 50-100 lp/cm. 100-50 μm
- CT 4-25 lp/cm. 1250-200 μm
- CBCT 9-100 lp/cm. 600-50 μm

Een ‘gewone’ CT is dus geen uitblinker in spatiële resolutie!

(Wel in contrast resolutie)

* 1 mm = 1000 μm (‘micron’)

Spatiële resolutie is afhankelijk van de geometrie van de scanner (inclusief de focusgrootte) en van .....

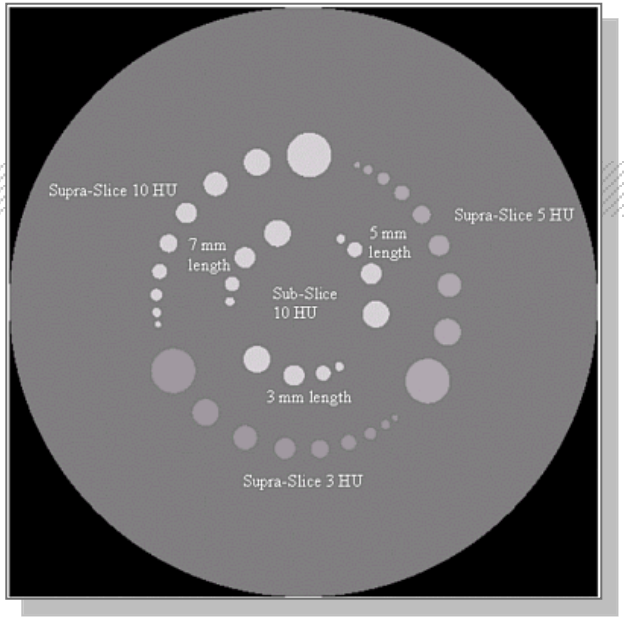
- detectorgrootte kleiner → hogere/betere spatiële resolutie
- FOV/beeldmatrix kleiner → hogere spatiële resolutie
- *kernel* (reconstructiefilter) 'scherper' → hogere spatiële resolutie

Let wel: bij een 'gewone' MSCT geeft een grotere 'plakdikte' een slechtere, en een kleinere 'pitch' een betere spatiële resolutie.

De **beeldkwaliteit** van een opname is direct afhankelijk van de volgende parameters:

- Spatiële resolutie
- **Contrastresolutie**
- Voxel-grootte
- FOV (‘field of view’)

- Focusgrootte



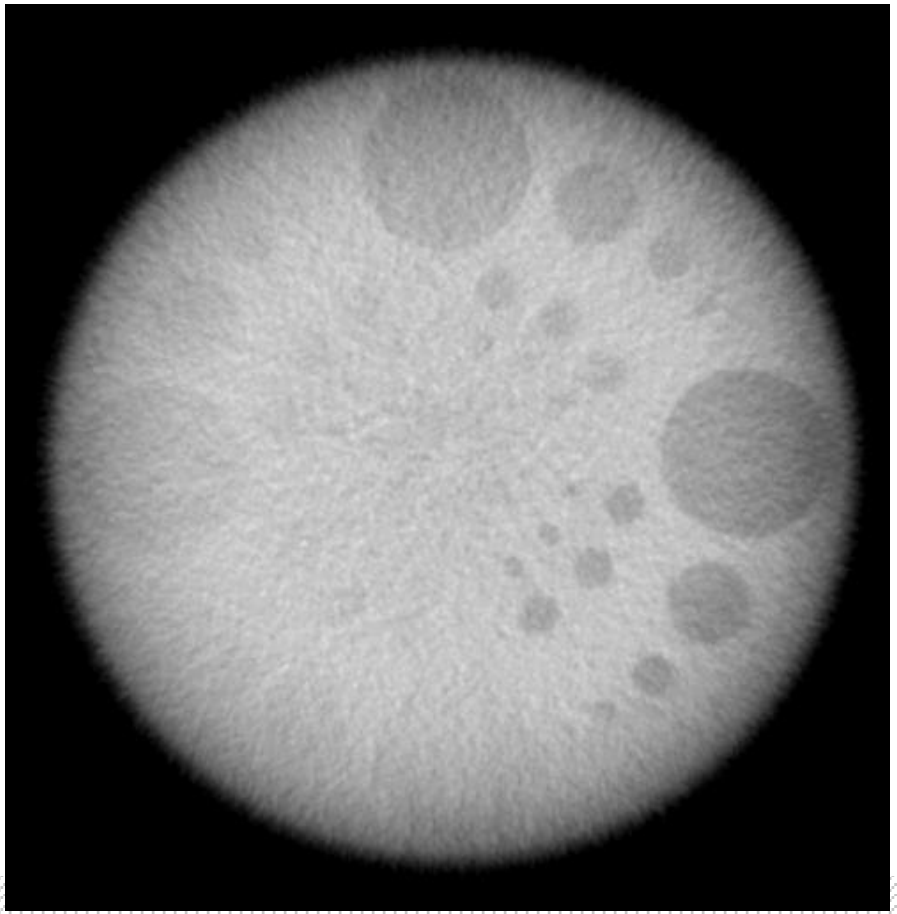
Contrastresolutie

Definitie

Het vermogen om geringe densiteits-verschillen, ofwel contrast, in het beeld van elkaar te onderscheiden

Engels: *Low-Contrast-Detectability*

De kunst is om met een zo laag mogelijke dosis een zo hoog mogelijke L.C.D. te bereiken.



Contrastresolutie is o.a. afhankelijk van:

- Buisspanning (kV) → hogere kV geeft minder contrast
- Buisstroom (mA) → hogere mA geeft minder ruis (geen invloed op cr)
- Filterdikte (mm $Al_{equivalent}$) → meer filtrering geeft een rel. 'hogere' kV

- reconstructie algoritmes en de toegepaste kernel

De **beeldkwaliteit** van een opname is direct afhankelijk van de volgende parameters:

- Spatiële resolutie
- Contrastresolutie
- **Voxel-grootte**
- FOV (‘field of view’)

- Focusgrootte

> Voxel-grootte

- voxel = 3D-pixel
- voxelgrootte kleiner → resolutie groter, maar signaal-ruis verhouding kleiner
- voxelgrootte zelf heeft *geen* invloed op patiëntdosis, maar in de praktijk vaak wel i.v.m. *correctie signaal-ruis* verhouding

De **beeldkwaliteit** van een opname is direct afhankelijk van de volgende parameters:

- Spatiële resolutie
- Contrastresolutie
- Voxel-grootte
- **FOV** (‘field of view’)

- Focusgrootte

FOV 1

› Field-of-view van klein tot groot

5x5	8x9	13x10	18x10
			
endodontie enkel implantaat	tandboog	luchtweg	kaakgewricht

FOV II

- FOV is, samen met voxelgrootte, één van de belangrijkste parameters die invloed hebben op zowel de patiëntdosis als op de **beeldkwaliteit**

- Klein FOV in combinatie met een kleine voxel-grootte geeft een lagere patiëntdosis met een hogere beeldkwaliteit (**hogere spatiële resolutie**)

FOV III

Conversiefactoren DOP-waarde → effectieve dosis (E)

- Grote veldgroottes (groot FOV) → 0,1 uSv/mGy·cm²
  - Vb. DOP-waarde is 1200 mGy·cm² E = 120 uSv

- Kleine veldgroottes (klein FOV) → 0,2 uSv/mGy·cm²
  - Vb. DOP-waarde is 300 mGy·cm² E = 60 uSv

De **beeldkwaliteit** van een opname is direct afhankelijk van de volgende parameters:

- Spatiële resolutie
- Contrastresolutie
- Voxel-grootte
- FOV (‘field of view’)

- **Focusgrootte**

Focus-grootte

- Kleiner focus van de röntgenbuis geeft minder '*penumbra*', welk aan de randen van de afbeelding ontstaat, en aldus een *scherpere* afbeelding

- Focusgrootte ligt bij een cone-beam rond de 0,5 mm (0,2-0,7), waarbij de 'halfschaduw' tot een minimum beperkt wordt en vrijwel geen nadelige invloed heeft op de afbeelding

› Résume

Table 1 Effect of imaging parameters on image quality and radiation dose

Imaging parameter	*Spatial resolution*	*Contrast*	*Noise*	*Artefacts*	*Radiation dose*
FOV size ↑[a]	–	↓	↑	↑	↑
kV ↑	–	↓	↓	–[b]	↑
mAs ↑	–	–	↓	–	↑
Voxel size ↑	↓	–	↓	–	– (↓)

↓, decrease; ↑, increase; FOV, field of view; kV, tube voltage; mAs, tube current-exposure time product.

- uit R Pauwels et al., Dentomaxillofacial Radiology (2015) 44, 2014, 224

› Ook de **specifieke eigenschappen** van de **apparatuur** hebben invloed op zowel de beeldkwaliteit als op de patiëntdosis