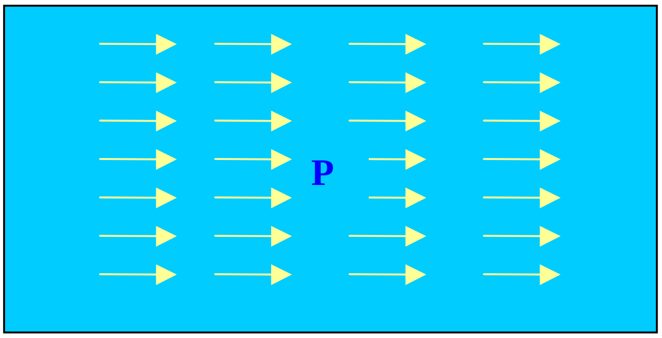
Prinzip der Luftkermamessung mit einer Hohlraum-Ionisationskammer

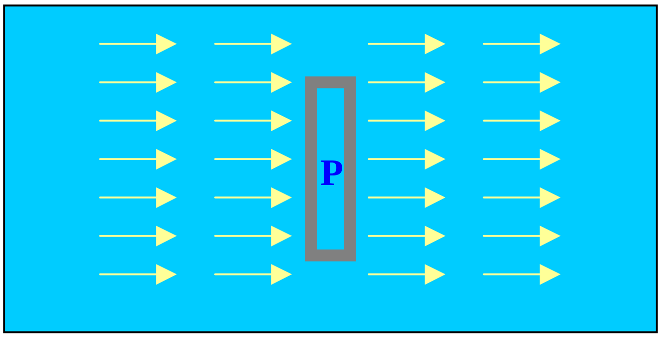
Zur Messung der Luftkerma für Photonenstrahlung mit Energien größer als 400 keV werden Hohlraum-Ionisationskammern (HRK) (Hohlraumsonden oder auch Bragg.Gray Sonden genannt) verwendet. Eine HRK besteht im Prinzip aus einem Medium (Kammerwand) das einen luftgefüllten Hohlraum enthält. Wird die HRK einer Photonenstrahlung ausgesetzt, werden in der Kammerwand Sekundärelektronen erzeugt, die bei ihrem Durchgang durch den Hohlraum die sich darin befindende Luft ionisieren. Mit Hilfe der Hohlraumtheorie läßt sich aus dem gemessenen Ionisationsstrom der Kammer die Luftkermaleistung berechnen, die am Messort der Kammer frei in Luft, also ohne das Vorhandensein der Kammer, herrschen würde. Dieses Prinzip wird im folgenden kurz erläutert.



Ein Luftvolumen sei einer rämlich homogenen Photonenstrahlung der Fluenz ϕ .und der Energie E ausgesetzt. Die Luftkerma am Ort P ergibt sich aus:

(1)
$$\boxed{K_a = E_\gamma \phi_\gamma \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a \frac{1}{1-\bar{g}}}$$

Dabei ist $\left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_a$ der Massen-Energieumwandlungskoeefizient für Luft und $\bar{g}$ der Bremstrahlungsverlust.



Jetzt wird eine Hohlraum-Ionisationskammer mit Wänden aus Graphit so in das Luftvolumen positioniert, dass der geometrische Mittelpunkt des Hohlraumes mit dem Ort P zusammenfällt. Die Wände seien dicker als die Sekundärelektronenreichweite in dem

Wandmaterial, aber so dünn, dass sie die Photonenstrahlung nur unwesentlich schwächen. Nach Erreichen des Sekundärelektronengleichgewichtes in der Kammerwand berechnet sich die dort deponierte Energiedosis D_c aus:

(2) $$\boxed{D_c = E_\gamma \phi_\gamma \left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_c}$$

Dabei ist $\left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_C$ der Massen-Energieumwandlungskoeefizient für Graphit.

Die mit der Kammer gemessene Ionenladung kann mit Hilfe der Ionisierungskonstante für Luft (*W*/e = 33,97 J/C) in die Energiedosis D_{cav} umgerechnet werden, die in dem luftgefüllten Hohlraum (cavity) deponiert wird:

(3) $$\boxed{D_{cav} = \left(\frac{W}{e} \right)_a \frac{Q}{\rho V}}$$

Wird nun zum einen das Sekundärelektronenfeld, welches den luftgefüllten Hohlraum der Kammer durchläuft, dabei nur unwesentlich beeinflußt (d.h. die Flussdichte und die Energie- und Winkelverteilung bleibt praktisch unverändert) und werden zum anderen im Hohlraum der Kammer nur vernachlässigbar wenig Elektronen durch Photonenwechselwirkungen freigesetzt (Bragg-Gray Bedingungen), dann ist das Verhältnis der Energiedosis in der Kammerwand, D_c, und der Energiedosis in dem Hohlraum, D_{cav}, gleich dem Verhältnis der Bremsvermögensverhältnisse von Graphit zu Luft:

(4) $$\boxed{\frac{D_c}{D_{cav}} = s_{c,a}}$$

Division von (1) und (2) gibt:

(1)/(2) $$\boxed{\frac{K_a}{D_c} = \left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{a,c} \frac{1}{1-\bar{g}}}$$

mit (4) folgt $$\boxed{K_a = \left(\frac{\mu_{en}}{\rho} \right)_{a,c} \frac{1}{1-\bar{g}} s_{c,a} D_{cav}}$$

und mit (3)

$$\boxed{K_a = \left(\frac{\mu_{en}}{\rho}\right)_{a,c} \frac{1}{1-\bar{g}} s_{c,a} \left(\frac{W}{e}\right)_a \frac{Q}{\rho V}}$$

Der letzte Ausdruck stellt die gewünschte Beziehung zwischen der gesuchten Luftkerma und der gemessenen Kammerladung dar. Aus der Formel ist ersichtlich, dass das Volumen des Hohlraums der Kammer bekannt sein muss. Bremsvermögensverhältnisse und Massen-Energieübertragungsverhältnisse sowie Bremstrahlungsverluste werden berechnet. In der Praxis müsssen noch Korrektionsfaktoren anmultipliziert werden, die die Abweichungen einer realen von einer idealen Bragg-Gray Kammer berücksichtigen.