

Wer misst, misst Mist!

DIESE ABHANDLUNG IST BEWUSST GANZ EINFACH GEHALTEN - AUS EINER PERSÖNLICHEN FRUSTRATION HERAUS - DAMIT DU DAFÜR UMSO KLARER SIEHST WER ES 100% KORREKT UND TIEFER WISSEN WILL, MÖGE ENTSPRECHENDE INFOS AN ANDERER STELLE EINHOLEN!

Fakt: Wer einfach mit einem Geigerzähler die CPS/CPM oder $\mu\text{Sv/h}$ misst und damit eine Aussage trifft oder noch schlimmer, unterschiedliche Geräte miteinander vergleicht, liegt oft falsch d.h. misst Mist resp. misst korrekt aber interpretiert falsch:-)

Immer wieder werden die Begriffe „Genauigkeit“ und „Sensibilität“ nicht verstanden und das eine für das andere gehalten! Die Genauigkeit (kalibriert/geeicht) hat mit der Sensibilität nur wenig zu tun!

Def. Genauigkeit: wie genau stimmt der angezeigte Messwert verglichen mit einem Referenz-Objekt (oft Cs-137 für Gamma-Zählrohre oder Co-60 für Beta-Zählrohre). Bsp. ein Co-60 Referenz-Strahler hat 2000Bq im definierten Abstand, mein Gerät zeigt aber nur 1850CPS an. Dann haben wir eine absolute „Ungenauigkeit“ meines Gerätes von 150Bq.

Das selbe gilt für die Dosisleistung: ein Referenzstrahler hat nach definierten Bedingungen 10 $\mu\text{Sv/h}$. Wenn mein Geigerzähler nur 8 $\mu\text{Sv/h}$ anzeigt, ist er ungenau. Da eben in der Realität aufgrund der Bauart/Geometrie die Bedingungen meistens nicht ideal sind, gibt es Korrekturfaktoren.

Ein preiswerter und weniger sensibler Geigerzähler sollte z.Bsp. bei der Messung der Hintergrundstrahlung (Gamma) denselben Wert anzeigen wie ein Exemplar das höher im Preis und sensibler ist. Erst bei „schwächeren“ Strahlenarten wie Gamma und Alpha oder bei geringerer Energie wird der sensiblere Geigerzähler ganz andere Werte anzeigen!

Def. Sensibilität (Auflösung, Wirkungsgrad, Effizienz): wie viel der tatsächlich vorhandenen (oder von einem Objekt ausgehenden) Strahlung (Aktivität) kann mein Gerät messen „sehen“. Ein Gerät mit 60% Effizienz bez. Sr-90 ist sensibler als eines mit 45% Effizienz bez. Sr-90!

Ein Messgerät oder ein Sensor kann nicht 100% von dem „sehen“ was ist. Es gibt gewisse Verluste. Je weniger solcher Verluste vorhanden sind, desto besser der Wirkungsgrad. Bei einem Geigerzähler hat u.a. die Totzeit, die Bauart und die Geometrie einen Einfluss darauf, aber auch viele weitere Faktoren.

Entscheidend ist aber vor allem auch *die aktive Messfläche* des Detektors. Darum ist der Inspector/Ranger noch sensibler als der schon sehr sensible

RD1008! Das heisst aber nicht, dass der Inspector genauer ist! Ich würde sogar behaupten, dass mit extrem sensiblen Geräten viel mehr Mist gemessen wird...

=> siehe all die youtube Videos:-)

Die wichtigsten Einheiten die wir in dem Zusammenhang benutzen sind:

- $\mu\text{Sv/h}$ (**Mikro** Sievert pro Stunde)
- μSv (**Mikro** Sievert)
- mSv (**Milli** Sievert)
- CPS (gemessene Zerfälle pro Sekunde)
- CPM (gemessene Zerfälle pro Minute)
- Bq (Bequerel, spezifische Aktivität eines Stoffes) oder DPS

$\mu\text{Sv/h}$

Man spricht auch von der Dosisleistung. Sie wird im Strahlenschutz verwendet und ist ein Maß für die **biologische Wirkung** einer Exposition hinsichtlich stochastischer Risiken unter Berücksichtigung der Strahlenart und Energie. Die meisten Messgeräte zeigen den Messwert in $\mu\text{Sv/h}$ an. Jedes Radionuklid hat eine andere Energie und daher eine andere biologische Wirkung/Gefährdung!

Ein Geigerzähler ist in der Regel auf ein bestimmtes Radionuklid und damit auf eine bestimmte „Energie“ der Strahlung geeicht. Meistens Cs-137 oder Co-60. Der angezeigte Messwert stimmt dann auch nur für genau diese Radionuklide haargenau!

In der Praxis ist das jedoch nicht so wichtig, da man trotzdem treffsicher sagen kann ob etwas nun radioaktiv ist oder nicht, egal ob der Messwert jetzt ganz genau stimmt oder nicht!

$\mu\text{Sv} / \text{mSv}$

Das ist die Dosis (Äquivalentsdosis). Also der Wert den du an Strahlung abbekommen hast in einer bestimmten Zeit! Wenn an einem Ort eine Dosisleistung von $5 \mu\text{Sv/h}$ vorhanden ist, und du dich dort 2h aufhältst, dann hast du eine Dosis von $10 \mu\text{Sv}$ erhalten.

CPS / CPM

Das sind gewissermassen die Rohdaten welche der Sensor deines Geigerzählers gemessen hat. Einmal die gemessenen Kern-Zerfälle pro Minute (CPM) und einmal pro Sekunde (CPS).

Da hier - anders als bei $\mu\text{Sv/h}$ - kein Umrechnungsfaktor der ja nur für **ein bestimmtes Radionuklid genau stimmt** zugrunde liegt, kannst du nur damit einerseits verschiedene Messgeräte und andererseits radioaktive Objekte wirklich miteinander vergleichen.

Wenn du also mehrere Objekte misst die alle aufgrund eines anderen Radionuklides (Cs-137, Co-60, Sr-90, Ra-226, Th-232, etc.) radioaktiv sind, dann kannst du nur mit den CPS oder CPM eine wirkliche Aussage über den effektiven Unterschied deren Radio-Aktivität machen!

Becquerel

Becquerel, Einheitenzeichen Bq, ist die SI-Einheit der Aktivität A einer bestimmten Menge einer radioaktiven Substanz (meistens wird sie angegeben pro kg, pro cm^2 oder pro L und man spricht von „spezifischer“ Aktivität). Angegeben wird die mittlere Anzahl der Atomkerne, die pro Sekunde radioaktiv zerfallen: $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$. Da 1 Bq eine extrem geringe Aktivität ist, treten in der Praxis sehr große Zahlenwerte auf.

Interessant in dem Zusammenhang:

Vor allem Messgeräte aus Russland und den Ländern der ehemaligen UDSSR nutzen für die Beta- und Alpha-Strahlung die Einheit $1/(\text{min} \cdot \text{cm}^2)$. Also die spezifische Oberflächenaktivität. Aus Sicht des Strahlenschutzes ist das die viel sinnvollere Einheit als $\mu\text{Sv/h}$!

$1/(\text{min} \cdot \text{cm}^2) = \text{Teilchen}/(\text{min} \cdot \text{cm}^2) = \text{Beta-Teilchen-Flussdichte an der Oberfläche, pro Minute und } \text{cm}^2$

Oder anders gesagt bedeuten z.Bsp. $530 1/(\text{min} \cdot \text{cm}^2)$, dass das Messgerät (z.Bsp. RD1008) bei der gemessenen Oberfläche eine Aktivität von 530 Beta Teilchen pro Minute und cm^2 detektiert hat.

Warum ist denn Becquerel nicht gleichbedeutend wie CPS?

Am wirklich klarsten kann das nur die Englische Sprache erklären:

Disintegrations per second (dps), also known as decays per second, represents the number of atoms of a radioactive isotope that decay per second. One becquerel is equivalent to one disintegration per second. Counts per second (cps) is the number of disintegrations per second, as measured by a radiation detector. This detector will not be perfect i.e. it will not detect all the decays. Therefore the counts per second is less than the disintegrations per second.

Zu Deutsch: Becquerel ist das was wirklich da ist an Zerfällen. CPS ist das was das Messgerät misst (gemessene Zerfälle pro Sek.) und das muss weniger sein als das was wirklich da ist, da jeder Sensor (z.Bsp. Zählrohr) einen Wirkungsgrad von <100% hat d.h. nicht 100% von dem was da ist „sehen“ kann.

Becquerel = Zerfälle pro Sekunde (decay/disintegration)

CPS = Zählungen pro Sekunde (count)

Ein Geigerzähler der auch Becquerel anzeigen kann, kann das nur, weil er den Wirkungsgrad berücksichtigt mit Korrekturfaktoren welche im Experiment mit bekannten Radionukliden bestimmen wurden und im Geigerzähler abgespeichert sind! Bsp. *Radiation Alert Ranger*

Sensibilität der Zählrohre berücksichtigen - aber bitte vor dem Vergleich unterschiedlich sensibler Geigerzähler:

Ein Fehler den ich selber lange gemacht habe ist, dass ich Geräte verglichen habe die eigentlich nicht vergleichbar sind, weil die Zählrohre eine jeweils *unterschiedliche Sensibilität* aufwiesen. Um hier wirklich vergleichen zu können, muss ich die Sensibilität beider zu vergleichender Geräte kennen und zwar bezüglich der betreffenden Radionuklide! z.Bsp. *XY CPM/mR/h* oder *XY CPS/Bq/cm²* oder *XY%* oder *XY CPS/μSv/h* oder *counts/μR* (für Gamma üblicherweise bez. Cs-137 - sollte der Bezug nicht bei beiden Geräten zum selben Radionuklid gegeben sein, muss umgerechnet werden, sofern der Hersteller die Daten bekannt gibt!).

- => XY/cm^2 muss auf Detektorfläche hochgerechnet werden (z.Bsp. $XY * 15.55cm^2$)
- => XY = irgend ein Zahlenwert!
- => es ist oft frustrierend, weil jeder Hersteller die Sensibilität/Effizienz anders angibt!

Berechnen der wirklichen Aktivität (Intensität der Strahlung) eines Objektes durch Berücksichtigung der Effizienz des Zählrohres:

Um hier eine richtige Aussage zu erhalten, darf theoretisch nur ein Radionuklid gemessen werden und dieses muss natürlich bekannt sein! Weiter muss die Effizienz des Zählrohres für dieses Radionuklid bekannt sein (z.Bsp. 60% oder 12 $CPS/Bq/cm^2$ für Sr-90).

Wenn ich also Sr-90 mit 700 CPS messe und die 60% meines Geigerzählers nehme, rechne ich wie folgt (die 700 CPS sind 60%):

$$\text{Aktivität in Bq} = (100 \cdot 700) / 60 = 1167 \text{ Bq}$$

Das heisst also, dass mein Objekt in Wahrheit 1167 Bq an Aktivität „um sich schleudert“. Von denen aber ein Zählrohr mit 60% Effizienz für genau das Radionuklid - das für die Strahlung meines Objektes verantwortlich ist, in unserem Fall Sr-90 — nur 700 CPS „sehen“ kann! Hätte es 100% Effizienz würde es 1167 Bq sehen!

$$\text{Kontrolle: } 60\% \text{ von } 1167 = 1167 \cdot 0.6 = 700 \text{ CPS}$$

Da es so wichtig ist: Äquivalentsdosis zum Zweiten

Unter μSv versteht man die *Äquivalentsdosis*. Sie kann nur für ein ganz bestimmtes Radionuklid, auf die der betreffende Geigerzähler geeicht ist, wirklich stimmen! Damit wird bei obigen 700 CPS noch die Art der Strahlung (Alpha / Beta / Gamma) und deren Energie (660keV) berücksichtigt.

Der Sinn: die Äquivalentsdosis soll die Wirkung / Schädlichkeit von Strahlung im Körpergewebe von Tier und Mensch zum Ausdruck bringen! Damit können die 700 CPS von einem Stoff der eine höhere Energie aussendet einen höheren μSv - Wert anzeigen, als die 700 CPS von einem anderen Stoff mit weniger Energie!

Selbiges gilt auch für die Strahlenarten! 700 CPS von einem Alpha-Strahler ergeben weit höhere μSv - Werte als 700 CPS von einem Gamma- oder Beta-Strahler!

Die ÄQUIVALENT(S)-Dosis hat also zum Ziel, unterschiedlich wirksame Strahlungsarten (und deren unterschiedliche Natur + Energie) vergleichbarer zu machen d.h. äquivalent!

Wenn man nun noch den Faktor Zeit berücksichtigt, während der man sich einer Strahlungsquelle aussetzt, dann ergibt sich die *Dosisleistung* in $\mu\text{Sv/h}$.

Setze ich mich während einer Stunde $1 \mu\text{Sv}$ aus, ergibt sich daraus $1 \mu\text{Sv/h}$.

Wenn also mein Geigerzähler $1 \mu\text{Sv/h}$ anzeigt, dann bedeutet dies, dass *der Punkt* den ich messe wenn ich diesen nun während einer Stunde dieser Strahlung aussetze, eine biologisch wirksame Dosis von $1 \mu\text{Sv}$ erhält!