

Tritium-Gaslichtquellen (Gaseous tritium light sources, GTLS)

Bernd Laquai, 8.9. 13

Als Arthur Junghans in Schramberg im Schwarzwald anfang Radium mit Zinksulfid zu mischen, hatte er vermutlich keine Vorstellung davon, wie die Entdeckung enden würde. Was er entdeckte war, dass Radium beim radioaktiven Zerfall Energie abgab, die das Zinksulfid zum Leuchten brachte. Mit der Erfindung der Radium-Leuchtfarbe (Leuchtmasse) ging er auf jeden Fall erst mal in die Geschichte ein. Das Ganze funktionierte nämlich so gut, dass seine Wecker und später Taschenuhren, die auch bei Nacht ablesbar waren, ein Verkaufsschlager wurden.



Abb. 1: Arthur Junghans und die ehemalige Junghans Fabrik in Schramberg



Abb. 2: Radium Girls beim Bemalen von Ziffernblättern

Vor lauter Begeisterung über die neue Errungenschaft und den tollen Verkaufserfolg merkte er aber nicht, welche Gefahr in seiner Erfindung steckte und welche tragischen Spätfolgen das Ganze haben könnte.

Erst etliche Jahre später bemerkte man nämlich eine auffällige Häufung von Krebserkrankungen bei den Frauen, welche die Ziffernblätter und Zeiger bemalten, die unter anderem zu Lippen-, Zungen- und Kiefertumoren führten aber auch zu Anämien und

anderen, weniger lokalen Erkrankungen. Hintergrund war, dass diese Frauen die Pinsel, mit denen sie die Ziffern auf die Zifferblätter malten mit den feuchten Lippen anspitzten, damit sie feinere Linien malen konnten. Manche malten sich aus Spaß auch die Fingernägel mit den Farben an. Als dann klar wurde, was die Ursache der Erkrankungen war, wurden die Probleme zunächst ignoriert und teilweise sogar vorsätzlich vertuscht. Bei der United States Radium Corporation in Orange (New Jersey) aber gingen die Damen irgendwann auf die Barrikaden und wurden als Radium Girls bekannt, besonders für den bisher noch nicht so bekannten Kampf gegen die grausame Ausbeutung und Unterdrückung bei der Arbeit. Als Folge davon wurden die Probleme mit dem Radium auch allgemeiner bekannt, der Absatz ließ nach und die Radium-Leuchtfarbe wurde schließlich verboten.

Aber so schnell verschwand die Idee dann doch auch wieder nicht. Man stellte nämlich fest, dass es unter den radioaktiven Elementen auch solche gab, die scheinbar etwas weniger gefährlich sind für den Menschen. Dazu gehört zum Beispiel das Wasserstoffisotop Tritium. Tritiumgas entsteht in kleinen Konzentrationen in der Atmosphäre unter dem Einfluss der Höhenstrahlung, ist aber auch ein deutliches Nebenprodukt bei der Kernspaltung. Man kann es auch in kleineren Reaktoren industriell erzeugen, indem man Lithium-6 mit Neutronen beschießt (Neutronen-Aktivierung). Tritiumgaslichtquellen werden dadurch hergestellt, dass man das Tritium Gas in dünne Glasröhrchen einschließt, die mit einem Laser an den Enden verschweißt werden. Die Glasröhrchen bestehen aus Bor-Silikatglas und sind in der Regel mit Zinksulfid oder einer Phosphorsubstanz beschichtet. Das Tritium zerfällt mit einer Halbwertszeit von 12 Jahren und gibt dabei eine Energie von 18keV in Form von Betastrahlung ab, was nun aber im Vergleich zu den 4.8MeV des Radium eine relativ niedrige Energie ist. Diese Energie reicht aber trotzdem aus um das Zinksulfid oder den Phosphor zum Leuchten anzuregen. Man kann diese Röhrchen heute so superdünn herstellen, dass sie nun wieder als Leuchtmarkierungen in Uhren eingesetzt werden. Vor allem in der Schweiz werden solche Uhren bzw. Zifferblätter produziert (z.B. die Traser H3 bzw. H3 Trigalight) genau wie Zielgeräte fürs Militär usw. Im Gegensatz zu den alten Radiumleuchtfarben (Halbwertszeit 1600Jahre) verblasst aber eine solche ansonsten recht teure Uhr vermutlich wegen der deutlich kürzeren Halbwertszeit des Tritiums etwas schneller, ist also von daher nicht gerade so sehr langlebig. In USA und Kanada tauchten ebenfalls wieder stromlose Notausgangbeleuchtungen auf (EXIT Markierungen), die jetzt anstelle des Radiumzerfalls eben den Tritiumzerfall als Energiequelle nutzen (z.B. Betalight von SRB Technologies, Canada).

Entweicht Tritium in die Atmosphäre, kann es dort mit Sauerstoff reagieren und Wasser bilden, so wie das beim normalen Wasserstoff auch der Fall ist. Nur entsteht jetzt beim Einbau eines Tritium Atoms das sogenannte HTO, also schweres Wasser (manchmal auch tritiiertes Wasser genannt), das in dem einen Tritium Atom zusätzlich zwei Neutronen mehr aufweist, im Gegensatz zum leichten Wasser H_2O , das zwei Wasserstoffatome mit jeweils nur einem Proton enthält.

Die klassische Beschreibung der strahlenbiologischen Wirkung geht von einer sehr kurzen Halbwertszeit im Körper von etwa 12 Tagen aus. Deswegen sind die Dosiskoeffizienten des Tritiumgases auch relativ gering und die Freigrenze in Deutschland mit 1Giga-Bq relativ hoch. Angesichts der etwa 100Bq/kg Körpergewicht, die man so als normaler Mensch durchschnittlich im Körper mit sich herumträgt, sogar eine schwindelerregend hohe Zahl.



Abb. 3: Modernes Tritium Gaslicht in Form einer Schwimmermarkierung zum Angeln

Aber wie damals bei Arthur Junghans Erfindung auch, merkt man offensichtlich erst etwas später, dass da noch was sein könnte, was man so bisher nicht bedacht hat. Wenn nämlich das Tritium organische Verbindungen eingeht (organic bound tritium, OBT), dann ist die Verweildauer im Körper doch etwas länger. Wie lange, da streitet man sich aber noch drüber. Das hätte nämlich einen Einfluss auf die Sicherheitskonzepte von kerntechnischen Anlagen und damit wäre der gewaltige Wirtschaftszweig der Energieerzeugung betroffen.

Man spricht in der Zwischenzeit auch schon von OBT1 und OBT2, je nachdem in welche organischen Substanz das Tritium eingebaut ist. Beim OBT1 ist unter anderem von 40 Tagen biologische Halbwertszeit und bei OBT2 von 550 Tagen die Rede. Dann gibt es noch den RBF, den „relative biological effectiveness factor“, über den gestritten wird, der die Umrechnung der Energiedosis in die Äquivalenzdosis bestimmt und beurteilt, welchen Schaden das eingebaute Tritium in den Zellen anrichtet. Zusätzlich taucht ein DDRF auf, der „dose-rate reduction factor“, ein Korrekturfaktor für sehr niedere Dosen. Über den ist man sich beim Tritium auch noch nicht so ganz einig. Zumindest gibt es jetzt einige neuere Studien, die andeuten, dass die Erkenntnisse am Ende auf eine ganz neue Bewertung der radiotoxischen Gefahren der modernen Tritium-Produkte wie auch der Tritium-Abgaben von kerntechnischen Anlagen, die Tritium in die Umwelt freisetzen, hinauslaufen könnten.

Gerade bei den Tritium-Gaslichtquellen, die als Anglerzubehör fürs Nachtangeln angeboten werden, kann man sich auch leicht vorstellen, dass so ein Angler bei dem Wurf mit der Rute die Flugbahn des Schwimmers etwas falsch kalkuliert und das Röhrchen beim Aufprall zerplatzt und sein radioaktives Inventar von bis zu 1 GBq in die Umgebung entlässt. Möglicherweise könnte man dann das Tritium, das oft auch als Tracer bei biologischen Analysen benutzt wird, danach recht schnell auch im Gewebe der Fische nachweisen. Also so ganz unproblematisch scheint das Thema beim Angeln auch nicht zu sein.

Wenn man versucht, die Aktivität des Tritium in einer Gaslichtquelle mit einem normalen nur auf Gammastrahlung empfindlichen Geigerzähler nachzuweisen, könnte man auf Probleme stoßen. Auch wenn das verwendete Geiger-Müller-Zählrohr zwar Beta-empfindlich ist, aber eben erst ab „normalen“ Beta-Energien von mehr als ein paar hundert keV, dann sieht man mit so einem Gerät keine große Aktivität. Die 18keV des Tritium ist nämlich nur die theoretisch maximale Betaenergie, wenn das gleichzeitig emittierte Neutrino keine Energie hätte. Praktisch aber ist diese Energie aber über ein breites Spektrum verteilt, denn das Beta-Elektron muss sich die theoretische Energie mit dem Neutrino teilen, so dass die auftretenden Beta-Energien im Mittel deutlich kleiner sind.

Erst richtig wahrnehmen kann man daher die Aktivität einer Tritiumgaslichtquelle nur mit einem für Alpha- bzw. Soft-Beta-Strahlung empfindlichen Zählrohr. Den Effekt kann man sehr deutlich z.B. mit dem Gammascout Messgerät sehen, das ein Alpha-empfindliches Zählrohr hat und bei dem dazu im Gehäuse ein Klappenmechanismus eingebaut ist, mit zwei unterschiedlich dicken Aluminiumplättchen, die vor das Endfenster Zählrohr geklappt werden können. An dem „Blendenschalter“ steht α wenn kein Plättchen eingeschwenkt ist, $\beta+\gamma$ wenn ein sehr dünnes Plättchen (0.1mm Folie) eingeschwenkt ist und γ wenn ein 3mm dickes Aluplättchen vor das Endfenster eingeschwenkt ist, was in diesem Fall etwas verwirrend ist aber eine deutliche Wirkung hat.

Während man ohne Blende bis zu 1.4 μ Sv/h angezeigt bekommt, bewirkt die 0.1mm Folie bereits eine Dämpfung um mehr als die Hälfte. Hat man die 3mm Alublende eingeschwenkt, merkt man eigentlich gar nichts mehr von dem direkt davor liegenden Glasröhrchen. Das Gerät zeigt dann das normale Rauschen der Nullrate an. Man kann sich damit also gut vorstellen, wie erheblich doch das Bor-Silikatglas die niedrig-energetische Beta-Strahlung bereits abschirmt. Wäre das Tritium-Gas von einer sehr viel dünneren und für Beta-Strahlung transparenteren Haut oder Membran eingeschlossen, würde man selbst bei dem kleinen Gasvolumen eine viel gewaltigere Aktivität sehen.

Wenn man sich für solche Versuche eine Tritium-Gaslichtquelle besorgt sollte man allerdings wirklich auf die aktuelle Freigrenze achten. Es gibt wohl Schlüsselanhänger und Sonstiges mit deutlich dickeren Röhrchen als die Schwimmermarkierungen, wo man mit mehr als 1GBq Aktivität rechnen muss ohne dass es auf der Verpackung steht. Das Gesetz droht mit drastischen Strafen, wenn man in Besitz solcher Quellen ist, ohne eine entsprechende Umgangsgenehmigung vorweisen zu können. Insofern sieht die strahlenschutzrechtliche Situation heute doch etwas strenger als zu Arthur Junghans Zeiten, was aber noch lange nicht heißen muss, dass die Gesellschaft deswegen heute geringeren Gefahren ausgesetzt wäre.



Abb. 4a: Tritiumgaslichtquelle vor dem ungedämpften Endfenster des Zählrohrs



Abb. 4b: Tritiumgaslichtquelle gedämpft mit 0.1mm Alufolien-Blende



Abb. 4c: Tritiumgaslichtquelle gedämpft mit 3mm Alublende

Literatur:

EUROPEAN COMMISSION
RADIATION PROTECTION NO 152
EU Scientific Seminar 2007

“Emerging Issues on Tritium and Low Energy Beta Emitters”

Proceedings of a scientific seminar held in Luxembourg on 13 November 2007

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/152.pdf

Radioactive contamination of the marine environment:

Uptake and distribution of ^3H in *Dunaliella bioculata*

S. Strack*, S. Bonotto & R. Kirchmann

Department of Radiobiology, C.E.N.-S. C.K., 2400 Mol, Belgium

Helgoländer Meeresunters. 33, 153-163 (1980)

<http://www.vliz.be/imisdocs/publications/226197.pdf>

Health Effects of Tritium

Rosalie Bertell, Ph.D., GNSH

<http://iicph.org/files/health-effects-of-tritium.pdf>