

■ Im Dunkeln sichtbar

Damit sich Uhren, Instrumentenanzeigen oder Visierhilfen bei Nacht absolut zuverlässig ablesen lassen, kommen oft Lichtquellen mit Tritiumgas zum Einsatz.

Von der Wegmarkierung bis hin zur Beleuchtung von Instrumentenanzeigen – für Leuchtmittel gibt es viele Einsatzgebiete. Auch den Blick auf die gute, alte Armbanduhr erleichtern im Dunkeln Leuchtziffern und -zeiger. Leuchtstoffe aus Metalloxiden funktionieren nur, wenn zunächst Licht auf sie fällt und die Elektronen anregt. Im Dunkeln fallen diese unter Abgabe von Licht nach und nach in ihre Ausgangsniveaus zurück. Dadurch sinkt die Leuchtdichte solcher Anzeigen rasch: innerhalb von zehn Minuten um einen Faktor 10, nach einer Stunde um einen Faktor 100. Für Otto Normalverbraucher reicht das völlig aus, aber mancher will seine Uhr auch noch nach vielen Stunden im Dunkeln zuverlässig ablesen können. Für Jäger, Soldaten, Polizisten und Wachpersonal ist so etwas nützlich – oder sogar überlebenswichtig. Instrumentenanzeigen, die solche Anforderungen erfüllen müssen, sind ebenfalls mit einem Leuchtstoff ausgerüstet. Dieser wird aber nicht durch Photonen des Umgebungslichts, sondern durch die ionisierende Strahlung von Tritium angeregt. Hier spricht man von Radiolumineszenz.

Tritium ist ein radioaktives Wasserstoffisotop mit einem Proton

und zwei Neutronen. Bei seinem Betazerfall (Halbwertszeit: 12,32 Jahre) entstehen das stabile Isotop Helium-3, ein Elektron und ein Elektron-Antineutrino. Insgesamt wird beim Zerfall eine

Armbanduhren mit Tritiumgas-Lichtquellen lassen sich viele Jahre lang unverändert gut ablesen. Sie sind auf der Rückseite ihres Gehäuses gekennzeichnet: in der EU mit „H3 1GBq“, in den USA mit „Tritium 1GBq“.



Diese Lichtquellen enthalten gasförmiges Tritium, einen Betastrahler. Die emittierten Elektronen regen einen Leuchtstoff auf der Innenwand des Glaskörpers zur Lumineszenz an. Die Glaskör-

per lassen sich in nahezu beliebige Form bringen, je nach Anwendung. Tritium eignet sich ideal, weil beim Betazerfall eine vergleichsweise geringe Energie freigesetzt wird.

Energie von 18,6 Kiloelektronenvolt (keV) freigesetzt; das Elektron hat im Mittel eine kinetische Energie von 5,7 keV, der Rest steckt in der kinetischen Energie des Antineutrinos. In den 1950er-Jahren hat die Industrie erstmals Tritium direkt in Leuchtfarbstoffe eingearbeitet, um gesundheitlich viel problematische Materialien wie Radium-226 zu ersetzen. Mit „Tritiumlacken“ wurden Ziffernblätter und Zeiger von Uhren beschichtet. Heute kommt Tritium nur noch in gasförmiger, gekapselter Form zum Einsatz.

Die aus Glas bestehende Kapsel ist an ihrer Innenseite mit einem radiolumineszierenden anorganischen Leuchtstoff beschichtet. Heutzutage wird das gasförmige Tritium vollautomatisch in die beschichtete Röhre gefüllt, die ein Laser bei der gewünschten Länge gasdicht verschmilzt. Die gängige Bezeichnung des fertigen Produkts lautet Tritiumgas-Lichtquelle (Gaseous Tritium Light Source). Solche Quellen gibt es in verschiedenen Größen und Bauformen, die kleinsten sind nur 1,5 Millimeter lang und 0,5 Millimeter dünn.

Das Tritium beziehen die Hersteller aus Schwerwasserreaktoren,

wo es als unvermeidliches Nebenprodukt aus dem Kühlwasser extrahiert werden muss, um den Wirkungsgrad des Reaktors hoch zu halten. Obwohl Tritium also ein Abfallprodukt ist, ist es recht teuer. Da Tritiumgas-Lichtquellen mehr als das Uhrwerk einer günstigen Armbanduhr kosten können, kommen sie nur in höherwertigen Uhren zum Einsatz.

Aufgrund der Halbwertszeit des Tritiums können die GTLS-Hersteller Leuchtdichten für mindestens zehn Jahre garantieren, ohne dass mit bloßen Augen ein Helligkeitsabfall erkennbar wäre; selbst nach zwanzig Jahren sind diese Lichtquellen für gewöhnlich noch recht hell. Je mehr Tritium dabei in der Kapsel steckt, desto stärker ist die Radiolumineszenz ausgeprägt. Befüllungen über Atmosphärendruck sind kein Problem.

Bereits wenige Millimeter Luft, ein gewöhnliches Blatt Papier oder die oberste Hautschicht absorbieren Betastrahlung. Deshalb können die Elektronen des radioaktiven Zerfalls die intakte Kapsel einer GTLS nicht verlassen. Allerdings senden die Elektronen Bremsstrahlung aus, wenn sie auf die Wand treffen.



Traser H3 Watches

MB-Microtec

Diese Strahlung lässt sich auch außerhalb der Tritiumgas-Lichtquelle nachweisen, ist allerdings sehr schwach. Die Armbanduhren haben eine Gesamtaktivität von weniger als ein Gigabecquerel und erfüllen damit die Bestimmungen der International Atomic Energy Agency, die im zivilen Bereich maximal ein Gigabecquerel vorsehen. Wer in Deutschland eine Tritiumgas-Lichtquelle mit höherer Aktivität besitzen will, benötigt eine Genehmigung. Ansonsten begeht er eine Ordnungswidrigkeit, für die das Atomgesetz eine Geldbuße von bis zu 50 000 Euro vorsieht.

Aufgrund dieser Rechtslage und restriktiver Genehmigungsvergaben durch die Aufsichtsbehörden gibt es in Deutschland keine Fluchtwegmarkierungen mit Tritiumgas-Lichtquellen. So benötigen Notausgangsschilder eine Zulassung, weil ihre Aktivität jenseits der 10 Gigabecquerel liegt. In anderen Ländern hingegen, etwa in den Niederlanden, Großbritannien, USA oder in verschiedenen asiatischen Staaten, ist die GTLS-Technologie für die Beleuchtung von Notausgangsschildern zugelassen. Die dortigen Aufsichtsbehörden stufen das Risiko für Menschen bei einem Austritt von Tritium kleiner ein als bei einer Evakuierung nach einem Stromausfall mit womöglich schlecht gewarteten batteriebetriebenen Notleuchten. GTLS-basierte Notbeleuchtungen sind daher zum Beispiel in Einkaufszentren und in Passagierflugzeugen des Herstellers Boeing zu finden. Neben dem zivilen Bereich spielen sie auch bei Militär, Polizei und Rettungskräften eine wichtige Rolle: Die Spanne reicht von Kimme und Korn bei Waffen über beleuchtete Instrumentenanzeigen bis zu Taschenlampen, deren Gehäuse markiert ist – zum leichteren Auffinden im Dunkeln.

Wie restriktiv – und damit ganz im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes – die gesetzlichen Bestimmungen in Europa sind, verdeutlicht der angenommene Extremfall: die Zerstörung aller 14 Lichtquellen einer Uhr (zwölf Ziffernmarkierungen, zwei

Zeiger) bei gleichzeitigem Bruch des Uhrenglases und vollständiger Inhalation des Tritiums. Das Wasserstoffisotop ist nämlich vor allem dann gesundheitsschädlich, wenn es in den Körper gelangt und dort in der Form von Wasser im Stoffwechsel umgesetzt wird. Das Schweizer Bundesamt für Gesundheit hat solche Risikobetrachtungen durchrechnen lassen und eine Äquivalentdosis von 0,02 Millisievert erhalten. Um diese Angabe einordnen zu können, hilft ein Vergleich mit Bananen weiter: Diese enthalten

bekanntlich viel Kalium und damit auch einen Anteil des radioaktiven Isotops Kalium-40, das natürlich auf der Erde vorkommt. Selbst wenn man das gesamte Tritium einer GTLS-Uhr inhaliert hätte, wäre die Äquivalentdosis nicht höher als wenn man ein Jahr lang alle zwei Tage eine Banane essen würde. Die Äquivalentdosis der Bremsstrahlung, die bei intakter GTLS-Kapsel außen messbar ist, entspricht dagegen nur fünf Milligramm Banane pro Jahr.⁺⁾

Michael Vogel

+) Ich danke Sandro M. O. L. Schneider von der MB-Microtec AG, Niederwangen (Schweiz), für hilfreiche Erläuterungen.