

Radioaktive Leuchtfarben und ihre Anwendung in der Uhrenindustrie

Von Dr. P. M. Wolf

Seitdem G i e s e l vor fast einem Menschenalter beobachtet hat, daß in geeigneter Weise hergestelltes Zinksulfid unter der Einwirkung von Alphastrahlen radioaktiver Substanzen aufleuchtet, ist das allgemeine Interesse für derartige Leuchtmassen stets rege gewesen. Die Anwendung radiaktiver Leuchtfarben hat neuerdings eine immer größer werdende Verbreitung gefunden, und die Uhrenindustrie ist der bei weitem größte Verbraucher geworden. Es dürfte deswegen angezeigt erscheinen, einmal etwas ausführlichere Aufklärungen über Wesen und Eigenschaften sowie über Auswahl und Verarbeitung von radioaktiven Leuchtfarben zu geben; denn die Mehrzahl der Verbraucher ist ja nicht in der Lage, sich selbst näher mit den Eigentümlichkeiten radioaktiver Leuchtfarben und den besonderen Verarbeitungsbedingungen zu beschäftigen. Die Verbraucher sind letzten Endes auf die Zuverlässigkeit der Verkäufer angewiesen und mögen deshalb manchmal Enttäuschungen erlebt haben.

Radioaktive Leuchtfarben sind Substanzen, die ein zwar schwaches, im Dunkeln jedoch gut sichtbares Licht ausstrahlen, ein Licht, das in seiner Stärke und Eigenart dem geheimnisvollen Leuchten der Glühwürmchen ähnelt.

Sie enthalten zwei Bestandteile und zwar

1. einen radioaktiven Stoff und
2. sogenanntes phosphoreszierendes Zinksulfid,

welches durch die Strahlen des radioaktiven Stoffes zum Leuchten angeregt wird. Als radioaktive Substanzen kommen in Frage das

R a d i u m, das M e s o t h o r und das R a d i o t h o r. Diese Elemente unterscheiden sich in verschiedener Hinsicht. Während das Radium eine Halbwertszeit*) von 1700 Jahren hat, besitzt das Mesothor eine solche von 6 bis 7 Jahren, das Radiothor eine solche von 2 Jahren. Während Radium und Radiothor Alphastrahlen aussenden, die Zinksulfid zum Leuchten anregen, ist Mesothor als solches unwirksam. Durch seinen Zerfall aber erzeugt es Radiothor, welches, wie gesagt, ein Alphastrahler ist.

Man kann demgemäß drei Klassen von Leuchtfarben unterscheiden und zwar

Radium-Leuchtfarben,
Radiothor-Leuchtfarben,
Mesothor-Leuchtfarben.

Welchen Bedingungen genügen die einzelnen Klassen, welche Vorteile hat die eine vor der anderen? Betrachten wir zunächst die Radium-Leuchtfarben. Diese bestehen aus einem Gemisch von phosphoreszierendem Zinksulfid und Radium. Eine Radiumleuchtfarbe müßte bei der großen Halbwertszeit des Radiums praktisch unvergänglich sein, wenn nicht Veränderungen anderer Art eintreten würden.

Nun erleidet das Z i n k s u l f i d unter der Wirkung der Alphastrahlen eine Zersetzung, die um so stärker ist, je mehr Strahlung vorhanden ist. Jedes Zinksulfid verliert daher von dem Augenblick, an welchem es mit radioaktiven Substanzen versetzt worden ist, an Empfindlichkeit, und wenn auch die Strahlung des Radiums viele Jahrzehnte hindurch praktisch unverändert bleibt, die Langlebigkeit des Radiums ist erst in zweiter Linie maßgebend für die Lebensdauer einer Radium-Leuchtfarbe. Im Gegenteil zerstört, insbesondere bei hellen Farben, naturgemäß die dauernd gleichbleibende Radiumstrahlung das Zinksulfid schneller als die allmählich abnehmende Strahlung anderer Radio-Elemente.

Bei den Radiothor-Leuchtfarben liegen die Verhältnisse fast umgekehrt. Läßt man zunächst einmal die Zerstörung des Zinksulfids außer Betracht, so können Radiothor-Leuchtfarben nach zwei Jahren nur noch halb so hell leuchten wie im Anfang, nach vier Jahren nur noch ein Viertel so hell. Dazu kommt noch die Zerstörung des Zinksulfids, so daß die Helligkeit einer Radiothor-Leuchtfarbe nach vier Jahren unter einem Viertel ihrer Anfangshelligkeit liegen muß.

*) Unter „Halbwertszeit“ versteht man die Zeit, in welcher eine vorhandene Menge von radioaktiver Substanz infolge ihres unter Strahlenausendung erfolgenden Zerfalles sich auf die Hälfte vermindert.

Die sogenannten Mesothor-Leuchtfarben sind praktisch Radiothor-Leuchtfarben mit einem Zusatz von Mesothor. Das zerfallende Radiothor wird hier zum Teil oder ganz durch das aus dem

Mesothor entstehende Radiothor ersetzt; Ja, man kann für bestimmte Zwecke den Mesothorgehalt so groß machen, daß während der ersten Jahre die Radiothormenge ansteigt, so daß die Abnahme der Empfindlichkeit des Zinksulfids ausgeglichen wird durch die Zunahme der Alphastrahlung. Aber auch bei solchen Farben vermindert sich, entsprechend der Halbwertszeit des Mesothors, die Alphastrahlung allmählich, nachdem sie ein Maximum erreicht hat. Diese Verminderung der Strahlung in der Leuchtfarbe bringt naturgemäß eine Verminderung der Helligkeit, aber auch eine Verminderung in der Zerstörung des Zinksulfids mit sich. Deswegen darf behauptet werden, daß geeignete Gemische von Radiothor und Mesothor die zweckmäßigsten radioaktiven Zusätze für Leuchtfarben darstellen. Verfasser ist zurzeit mit exakten Untersuchungen über die Frage der Haltbarkeit von Leuchtfarben beschäftigt.

Aus den vorstehenden Ausführungen dürfte klar hervorgehen, daß die Auswahl der radioaktiven Substanzen nicht einzig von entscheidender Bedeutung für die Wertbemessung einer Leuchtfarbe ist. Als zweiter wesentlicher Faktor tritt hinzu die Qualität des Zinksulfides. Dieses muß in allererster Linie genügend widerstandsfähig gegen die Strahlenwirkung sein, um eine Gewähr dafür zu bieten, daß die daraus hergestellten Leuchtfarben eine möglichst große Leuchtdauer haben. Man verlangt ferner von gutem Zinksulfid, daß es nicht nur unter der Wirkung der Alphastrahlen hell aufleuchtet, sondern daß es auch nach Vorbelichtung mit Tages oder künstlichem Licht möglichst hell und lange nachleuchtet. Gerade in dieser Beziehung sind in den letzten Jahren in Deutschland außerordentliche Fortschritte gemacht worden, und man stellt heute phosphoreszierende Zinksulfide her, die noch lange nach der Belichtung nachleuchten, und die insbesondere während der ersten Minuten ein überraschend helles Licht aussenden, die, wie man sagt, eine hohe P h o t o l u m i n e s z e n z besitzen.

Diese Eigenschaft ist recht wertvoll für den Verkauf von Leuchtuhren, da der Händler in die Lage versetzt wird, dem Käufer eine Vorstellung von der Leuchtwirkung einer garnierten Uhr zu geben, ohne gezwungen zu sein, in ein Dunkelmzimmer zu gehen. Der seriöse Verkäufer sollte dabei aber stets betonen, daß das wahre Leuchten im Dunkeln, wenn auch etwas

schwächer, aber ohne Vorbelichtung und dauernd durch den Gehalt an radioaktiver Substanz garantiert wird.

Die Photolumineszenz der modernen Zinksulfide ist so groß, daß bei der Helligkeitsprüfung der aus ihnen hergestellten radioaktiven Leuchtfarben besondere Vorsichtsmaßnahmen nötig sind; denn durch das lange und helle Nachleuchten werden kleine Helligkeitsunterschiede verschleiert. So kann es leicht geschehen, daß der Unterschied zweier nebeneinander liegenden Stufen einer Helligkeitsskala nicht erkannt wird. Deswegen ist es unbedingt nötig, radioaktive Leuchtfarben, deren Helligkeit man prüfen will, mindestens eine halbe Stunde in absoluter Dunkelheit zu belassen. Will man diese Zeit abkürzen, so belichte man einige Minuten mit einer roten Lampe. Weiterhin ist für die Prüfung von Wichtigkeit, daß das Auge des Beobachters genügend ausgeruht ist, um die an sich sehr schwachen Lichteindrücke wahrnehmen und beurteilen zu können. Deswegen soll sich der Beobachter vor dem Beginn der Prüfung mindestens zehn Minuten im Dunkeln aufgehalten haben. Es braucht wohl kaum darauf hingewiesen zu werden, daß das lange Liegenlassen der Leuchtfarben im Dunkeln auch deswegen notwendig ist, um festzustellen, ob eine radioaktive Leuchtfarbe, d. h. eine im Dunkeln selbstleuchtende Masse vorliegt

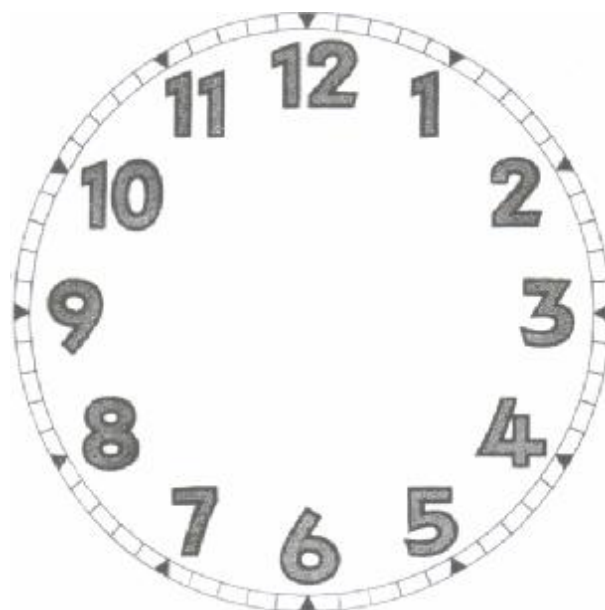
Nach welchen Gesichtspunkten hat nun der Verbraucher von Leuchtfarben die für ihn in Betracht kommende Qualität auszuwählen? Zunächst wird er die Helligkeit bestimmen, die er gebraucht, um den mit Leuchtfarbe zu belegenden Gegenstand im Dunkeln deutlich sichtbar zu machen. Es bedarf keiner weiteren Ausführungen, um zu beweisen, daß z. B. kleine Zifferblätter mit kleinen Zahlen hellere Farben gebrauchen als große Zifferblätter etwa für Baby-Wecker. Da nun, wie angedeutet, dunklere Farben länger leben, so muß das Bestreben herrschen, die einzelnen Zeichen recht groß zu machen. Die Zahlen der Zifferblätter müssen so breit wie nur irgend möglich gewählt werden. Natürlich darf dadurch nicht der ästhetische Gesamteindruck gestört werden.

Alsdann wird zu entscheiden sein, welche Lebensdauer die Leuchtfarbe haben muß. Dies hängt natürlich in hohem Maße von dem Wert und der erwarteten Lebensdauer der

auszurüstenden Uhren ab. Die eigenartigen Verhältnisse im Uhrengeschäft, die es manches Mal mit sich bringen, daß mehr als ein Jahr vergeht, bis eine Uhr vom Erzeuger in die Hände des Käufers gelangt ist, lassen Radiothor-Leuchtfarben von vornherein als ungeeignet für die Herstellung von Leuchtuhren erscheinen, und die Uhrenindustrie hat sich deswegen auch ganz allgemein auf die Verarbeitung von Mesothor-Leuchtfarben eingestellt.

Wenn man die im Handel befindlichen Leuchtuhren vom Standpunkt der Leuchtausstattung aus betrachtet, gewinnt man vielfach den Eindruck, als ob Zifferblatt und Garnierung nicht ein harmonisches Ganzes bilden. Es scheint, als ob die Uhrenindustrie dieser Frage bisher noch nicht voll das erwünschte Interesse geschenkt hat. Verfasser hat deswegen den Versuch gemacht, ein Zifferblatt (vgl. Abbildung) zu entwerfen, bei welchem Rücksicht genommen ist auf die Wirkung im Dunkeln, das aber zugleich auch bei Tage ästhetisch wirkt. Es wäre zu begrüßen, wenn die Uhrenindustrie die Anregung aufgreifen und in weiterer Arbeit mustergültige Leuchtzifferblätter schaffen würde.

Nunmehr einige Worte über die Verarbeitung: Radioaktive Leuchtfarben werden von den Fabrikanten als getrocknete, mehr oder minder rieselnde Pulver geliefert. Die Rieseligkeit hängt in erster Linie von der Korngröße der Kristalle ab, je größer die Kristalle, desto rieselnder das Pulver; doch darf im Interesse der Eignung für die Verarbeitung mit Pinsel oder Feder eine gewisse Korngröße nicht überschritten werden. Weiterhin ist auch der Feuchtigkeitsgehalt von Bedeutung. Durch die Beimengung von radioaktiven Stoffen gewinnt das Zinksulfid die Eigenschaft, Feuchtigkeit, z. B. aus der Luft, aufzusaugen und dadurch etwas klebrig zu werden. Man sollte deswegen, wenn man Wert auf rieselnde Beschaffenheit legt, die Leuchtpulver nie offen an der Luft stehen lassen. Im allgemeinen spielt aber die Rieseligkeit eine untergeordnete Rolle, denn die Leuchtfarben werden ja fast ausschließlich in angerührtem Zustande verarbeitet. Zu diesem Zwecke werden sie mit einem Lack oder Bindemittel vermischt. Von der Art dieses Mischens hängt es in hohem Maße ab, wie die Masse sich verarbeitet. So gibt z. B. die Toran-Gesellschaft folgende Anweisung zur Verarbeitung von Leuchtfarben:



Zweckmäßige Anordnung des Zifferblattes einer Leuchtuhr

„Eine beliebig große Menge Leuchtpulver, d. h. soviel, wie für die jeweils vorliegende Arbeit erforderlich ist, wird in ein hierfür geeignetes Näpfchen (am besten ein verschließbares Ölnäpfchen aus Glas oder aus Holz mit Achateinsatz) geschüttet und durch tropfenweises Hinzufügen von Bindemittel unter fortwährendem Rühren zu einer dickflüssigen, völlig gleichmäßigen Paste vermischt. Hat man dem Pulver zuviel Bindemittel zugesetzt, so muß man wieder so viel Pulver beimischen, bis die angerührte Masse die erforderliche Festigkeit erhält. Außerdem müssen der dickflüssigen Paste einige Tropfen Verdünnungsmittel hinzugefügt werden, damit sie sich besser verarbeiten läßt. Auf keinen Fall jedoch darf dem Pulver zuviel Bindemittel beigemischt werden; eine wesentliche Beeinträchtigung der Leuchtkraft des Pulvers wäre die Folge. Je weniger Bindemittel dem Pulver zugesetzt wird, um so heller leuchtet die fertige Garnierung.“
Solche Vorschriften können natürlich nur als Anleitung aufgefaßt werden. Sie enthalten lediglich die Gesichtspunkte, nach denen zu verfahren ist. Es ist Sache eines jeden Arbeiters, durch Übung die richtige und günstigste Mischung zu finden und immer wieder herzustellen. Dazu gehört auch, daß er an den fertig getrockneten Zifferblättern sich überzeugen kann, ob er richtig gearbeitet hat. Die Zeichen dürfen keinesfalls glänzend sein, in diesem Falle wurde zuviel Bindemittel verwendet; sie dürfen aber auch bei leichtem

Klopfen des Blattes nicht abspringen, denn dann wurde zu wenig verwendet. Eine gleichmäßige, glatte Oberfläche ohne größere Vertiefungen ist meist schon rein äußerlich ein Beweis für die richtige Behandlung der Farbe. Die Menge des Bindemittels oder, schärfer ausgedrückt, die Menge der nach dem Trocknen der Garnierung in der aufgetragenen Leuchtfarbe verbleibenden Harzsubstanz ist für die Leuchtkraft von größter Bedeutung. Man muß bedenken, daß im unverarbeiteten Pulver die das Leuchten hervorrufoende radioaktive Substanz als ein feines Häutchen auf den Zinksulfidkristallen aufsitzt und infolge der unmittelbaren Berührung den höchstmöglichen Leuchteffekt hervorruft. Wird nun dieses Pulver mit dem Bindemittel verrührt, dann wird das aktive Häutchen z. T. abgelöst und von dem Bindemittel aufgenommen. So muß ein Teil der Helligkeit schwinden. Beim Trockenprozeß nähert sich dann zwar die abgelöste Aktivität wieder den Kristallen, aber nicht vollständig, weil ja der Fremdkörper, das Harz, dazwischen liegt. Je weniger Bindemittel also verwendet wird, um so heller leuchtet die Garnierung. Hinzu kommt noch, daß die zwischen den Kristallen befindlichen Fremdkörper die Durchsichtigkeit der Leuchtfarbe verringern und so auch die Leuchtwirkung beeinträchtigen.

Was von dem Bindemittel gilt, gilt auch von dem Verdünnungsmittel. Dieses soll eine ganz klare Flüssigkeit sein, die vor allem völlig rückstandsfrei eindunstet. Man scheue nicht die Kosten bei der Auswahl der Verdünnungsmittel. Geringe Mehrkosten in der Anschaffung reiner Lösungen machen sich durch vermehrte Leuchtkraft der Garnierung bezahlt. Man prüfe jedes neue Material, indem man einen Teil auf einer Glasplatte oder in einem Näpfchen über Nacht eindunsten läßt und den verbleibenden Trockenrückstand beobachtet. Natürlich muß diese Prüfung an einem vor Staub oder sonstigen Verunreinigungen geschützten Ort vorgenommen werden. Trotz langjähriger Bemühungen ist es bisher nicht gelungen, ein ideales Bindemittel herzustellen.

Man hat harzhaltige Bindemittel empfohlen; man hat Lacke nach Art vom Zaponlacken vorgeschlagen, auch Kombinationen beider Klassen sind angewendet worden. Aber ein einziges, allen Ansprüchen gerecht werdendes Material ist noch nicht gefunden worden. Die

Gründe dafür liegen einerseits in der Natur der Leuchtfarben, andererseits in der Natur der zu belegenden Gegenstände. Die radioaktive Strahlung in der Leuchtfarbe zerstört nicht nur das Zinksulfid, sondern auch die in den Lacken vorhandenen Harze und Bindesubstanzen. Daher rührt das; allmähliche Braunwerden der mit Leuchtfarbe ausgerüsteten Zifferblätter. Aber auch das Material der Zifferblätter spielt eine bedeutende Rolle. Das Zinksulfid enthält Schwefel, der schon bei Anwesenheit von geringen Feuchtigkeitsmengen auf Metallen wie Silber, Kupfer und Messing unter Bildung einer braunschwarzen Verbindung reagiert. Beim Ausrüsten von Metall-zifferblättern sind deswegen ganz besondere Vorsichtsmaßregeln am Platze. Man Sorge dafür, daß Ausrüstung und Trocknungsprozeß recht schnell vor sich gehen, so daß die Lösungsmittel möglichst wenig Gelegenheit haben, aus der Luft, insbesondere der Atemluft, Feuchtigkeit aufzusaugen. Ein gelinder Luftstrom, etwa durch einen Tischventilator erzeugt, ist ein recht wirksames Hilfsmittel. Man halte ferner die Vorräte an Binde- und Verdünnungsmitteln, ebenso wie dies oben für die Leuchtfarben empfohlen wurde, stets verschlossen, so daß sie keine Feuchtigkeit aufnehmen können. Über die Technik des Auftragens gilt dasselbe, was vom Anrühren der Massen gesagt wurde. Letzten Endes entscheiden Erfahrung und Übung. Für das Ausrüsten von kleinen Zifferblättern mit kleinen Zahlen wird man Spitzhaarpinsel oder Zeichenfedern benutzen, bei Blättern für Baby-Wecker sind wohl griffelartige Werkzeuge aus Metall der Glas zweckmäßiger.

Zum Schluß noch einige Worte über die Schichtdicke, mit welcher aufgetragen werden soll. Da die Leuchtmassen nicht klar durchsichtig sind, so kann man die Helligkeit von Leuchtzeichen nur in begrenztem Maße dadurch steigern, daß man dicker aufträgt. Es wäre eine irriqe Annahme, wenn man glaubte, durch Verdoppelung der Schichtdicke auch eine Verdoppelung der Leuchtwirkung zu erzielen. Es gibt eine sogenannte optimale Schichtdicke, die bei $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ mm liegt. Kommt man bei dieser Schichtdicke zu nicht genügender Helligkeit, so ist es, statt dicker aufzutragen, viel rentabler, eine etwas hellere Leuchtfarbe zu verwenden, etwa die nächsthöhere Stufe in der Leuchtfarbenskala.