

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 64 (1973)  
**Heft:** 25

**Artikel:** Erzeugung und Anwendung von flächenförmiger Elektrolumineszenz  
**Autor:** Degenhardt, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-915635>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Erzeugung und Anwendung von flächenförmiger Elektrolumineszenz

Von H. Degenhardt

535.376

Das kalte Licht der Elektrolumineszenz entsteht durch die direkte Einwirkung eines elektrischen Wechselfeldes auf eine dünne Leuchtstoffsschicht, die aus polykristallinem Zinksulfid besteht. Die Lichtemission ist nur auf kleine Gebiete in den einzelnen Zinksulfidkristallen beschränkt. Sie beruht auf einer Rekombination von Ladungsträgern an linienförmigen Einschlüssen von Kupfer-I-Sulfid. Je nach Wahl der Aktivatoren sowie der Betriebsfrequenz lassen sich verschiedene Farben erzeugen. Die Elektrolumineszenz findet heute wegen ihrer flachen Bauweise sowie ihrer gleichmässigen Leuchtfäche vielseitige Anwendungen in Teilbereichen der Lichttechnik. Sie ist besonders für grossflächige Leuchtsegmentanzeigen aller Art geeignet. Noch im Entwicklungsstadium befinden sich die Anwendungen für bildgebende Systeme. Beim sogenannten flachen Bildschirm wird die Elektrolumineszenz-Leuchtfäche in viele kleine Bildsegmente unterteilt, beim sogenannten Festkörperbildwandler dagegen wird auf der Elektrolumineszenz-Leuchtfäche ein Bild mit Hilfe einer Photohalbleiterschicht erzeugt.

La lumière froide de l'électroluminescence est produite par l'action directe d'un champ électrique alternant sur une mince couche de substance luminescente en sulfure de zinc polycristallin. L'émission de lumière est limitée à de petites zones dans les cristaux de sulfure de zinc. Elle provient d'une recombinaison de porteurs de charge à des inclusions linéaires de sulfure de cuivre. Suivant le choix des activateurs et de la fréquence employée, on peut obtenir des teintes différentes. Actuellement, l'électroluminescence trouve de multiples applications dans certains domaines de l'éclairagisme, grâce à la construction plane et à la surface luminescente uniforme. Elle convient notamment pour des signalisations de tout genre par segments lumineux de grande surface. Les emplois pour des systèmes de formation d'images sont encore au stade de développement. Dans le cas d'un écran plat, la surface luminescente est subdivisée en un grand nombre de petits segments, tandis que dans le cas des convertisseurs d'image à l'état solide, une image est formée sur la surface luminescente au moyen d'une couche photo-électrique semi-conductrice.

## 1. Entdeckung der Elektrolumineszenz

Durch Anlegung hoher elektrischer Gleichfelder an Zinksulfidkristalle beobachteten Gudden und Pohl [1]<sup>1)</sup> im Jahre 1920 Lumineszenzerscheinungen, die man heute als Elektrophotolumineszenz bezeichnet. Bei diesen Versuchen wurde die im Zinksulfid durch Vorbelichtung gespeicherte Energie durch hohe elektrische Gleichfelder wieder ausgetrieben. Drei Jahre später beobachtete Lossew [2] an einem Siliciumcarbid-Detektor Lumineszenzerscheinungen, wenn der Detektor in Flussrichtung sowie in Sperrrichtung betrieben wurde. Im Jahre 1936 gelang Destrau [3] die Erzeugung von Elektrolumineszenzlicht durch Anlegung eines elektrischen Wechselfeldes an besonders präparierte Zinksulfidkristalle.

Mit diesen grundlegenden Arbeiten wurde die Entwicklung zu einer weltweiten Elektrolumineszenzforschung eingeleitet, die bis heute noch nicht abgeschlossen ist. Die Elektrolumineszenz ist heute nicht mehr eine schwache unbedeutende Lichterscheinung wie damals bei der Entdeckung, sondern sie hat auf Grund der jüngsten Ergebnisse eine beachtliche Anwendung gefunden, wie das die kommerziellen Elektrolumineszenzanzeigen, Lumineszenzdioden sowie Laserdioden beweisen.

## 2. Elektrolumineszierende Substanzen

Von den beiden Substanzen Siliciumcarbid und Zinksulfid, an denen die Elektrolumineszenz entdeckt wurde, wird insbesondere das Zinksulfid bis zum heutigen Tag als wirksamste Substanz für die Erzeugung von flächenförmiger Elektrolumineszenz benutzt. Inzwischen hat sich die Zahl der elektrolumineszierenden Substanzen wesentlich erhöht. Elektrolumineszenz konnte insbesondere an IV-IV-, II-VI-, sowie III-V-Verbindungen nachgewiesen werden. Hier haben in den letzten Jahren insbesondere die Lumineszenzdioden

aus Galliumarsenid, Galliumarsenid-Phosphid und Galliumphosphid weite technische Anwendungen gefunden.

Der PN-Übergang einer solchen lichtemittierenden Halbleiterdiode muss in Flussrichtung betrieben werden. Hierbei erfolgt eine Ladungsträgerinjektion von der N-Zone in die P-Zone. In der P-Zone rekombinieren die Ladungsträger unter Aussendung von Licht. Die nach diesem Prinzip arbeitenden Lumineszenzdioden stellen eine punktförmige Lichtquelle dar und sollen in diesem Aufsatz nicht behandelt werden. Im Gegensatz zur Wechselspannungselektrolumineszenz konnte man mit den Lumineszenzdioden bisher keine grösseren Leuchtfächen herstellen.

## 3. Modellvorstellung über das Entstehen der Lichtemission

Die Lichtabgabe bei der Elektrolumineszenz erfolgt wie bei allen Lumineszenzprozessen durch Wiedervereinigung von Elektronen-Löcher-Paaren, die als Rekombination bezeichnet wird. Der Vorgang einer Rekombination, wie er sich bei der Elektrolumineszenz abspielt, wird in Fig. 1 darge-

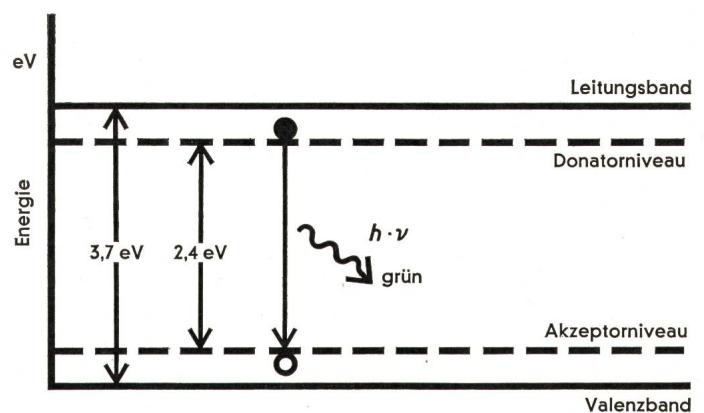


Fig. 1  
Rekombination eines Elektron/Löcher-Paares unter Aussendung von grünem Licht

Vereinfachtes Bändermodell für Elektrolumineszenz von Zinksulfid

1) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

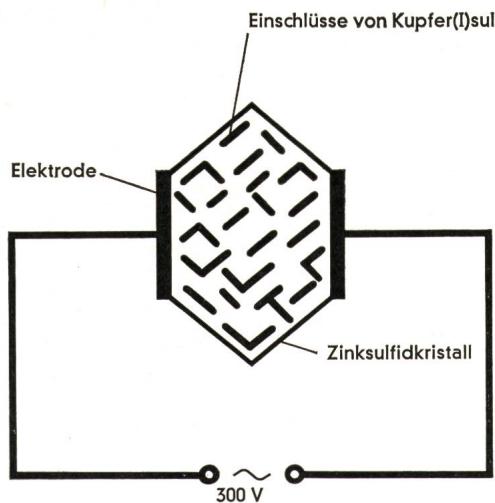


Fig. 2  
Verteilung der Elektrolumineszenz-Leuchtlinien im Zinksulfidkristall

stellt. In dem hier gezeigten Bändermodell ist das Akzeptorniveau mit Kupferionen besetzt, dem Aktivator, und das Donatorniveau ist mit Chlorionen besetzt, dem Koaktivator. Im speziellen Fall der Wechselspannungs-Elektrolumineszenz wird die als Lichtquant abgestrahlte Energie durch den Abstand von Donator- zu Akzeptorniveau bestimmt. Als Voraussetzung für den Rekombinationsvorgang müssen Elektronen auf eine höhere Energietufe gebracht werden. Das geschieht bei der Wechselspannungs-Elektrolumineszenz überwiegend durch Stossionisation. Die notwendige Energie für diesen Vorgang stammt aus dem elektrischen Wechselfeld. Die abgestrahlte Lichtwellenlänge hängt nach der Gleichung  $E = h \nu$  von der Energiedifferenz der Störstellen niveaus ab. So wird z. B. bei einem Abstand von 1,7 eV rotes Licht, bei einem Abstand von 2,2 eV grünes Licht und bei einem Abstand von 2,7 eV blaues Licht ausgestrahlt.

#### 4. Leuchtlinien im Kristall

Die durch Wechselfelder angeregte Elektrolumineszenz in Zinksulfidleuchtstoffen ist auf kleine Gebiete im Kristall beschränkt. Bei mikroskopischen Beobachtungen sieht man in den einzelnen Kristalliten des Leuchtstoffpulvers leuchtende Kometen und Doppel-Kometen [4]. Die leuchtenden Beziekte sind über den ganzen Kristall statistisch verteilt, jedoch mit gewissen Vorzugsrichtungen (Fig. 2). Ursache für die linienförmige Elektrolumineszenz sind Abscheidungen von Kupfer-I-Sulfid längs linearer Gitterstörungen. Dadurch entstehen Gebiete, die sich im Leitungstyp vom umgebenden Zinksulfid unterscheiden. Da der Zinksulfidkristall N-leitend ist, hingegen die linienförmigen Kupfer-I-Sulfid-Einschlüsse P-Leiter sind, entstehen hier PN-Übergänge, die zur Erzeugung von Elektrolumineszenzlicht notwendig sind. Die Lichtemission beruht auf einer Rekombination von Ladungsträgern an den PN-Übergängen vom Zinksulfid zum Kupfer-I-Sulfid. Da bei Anlegen eines Wechselfeldes bei jeder positiven und negativen Halbwelle ein Verschiebungsstrom durch die Elektrolumineszenzkristalle fliesst, entsteht an den PN-Übergängen der Kupfersulfideinschlüsse jedesmal ein Lichtblitz. Beim Betrieb am Lichtnetz bei einer Frequenz von 50 Hz senden die Kristalle deshalb 100 Lichtblitze pro Sekunde aus.

#### 5. Dotierung und Farben

Damit der Elektrolumineszenzeffekt zustande kommt, muss das Grundmaterial mit wesentlich höheren Aktivatorkonzentrationen versehen werden, als das sonst bei Leuchstoffen üblich ist. Beim Zinksulfid wird durch die hohe Dotierung mit Kupfer die Löslichkeit des Kupfersulfides im Zinksulfidgitter wesentlich überschritten, so dass es zur Ausscheidung von Kupfer-I-Sulfid kommt. Hierbei scheidet sich das Kupfer-I-Sulfid bevorzugt an denjenigen Stellen im Zinksulfid ab, wo Stapelfehler im Kristallbau vorhanden sind. Stapelfehler sind im Zinksulfid sehr häufig, sie kommen zu stande durch den ständigen Wechsel von kubischer und hexagonaler Kugelpackung in Richtung der C-Achse; eine Erscheinung, die man Polytypie nennt. Will man einen möglichst «hellen» Elektrolumineszenzleuchstoff herstellen, so muss man im Grundgitter möglichst viele solcher Stapelfehler erzeugen, damit sich möglichst viele linienförmige Kupfersulfidabscheidungen bilden, denn die Leuchtdichte ist direkt proportional der Anzahl der Leuchtlinien.

Die verschiedenen Farben erhält man nach Dotierung mit den entsprechenden Aktivatoren. So erhält man z. B. die Farben Blau oder Grün durch eine unterschiedliche Kupferkonzentration. Die Farbe Gelb erhält man mit einer zusätzlichen Manganaktivierung. Ein befriedigendes Rot erhält man am besten, wenn man Zinkselenid als Grundsubstanz verwendet.

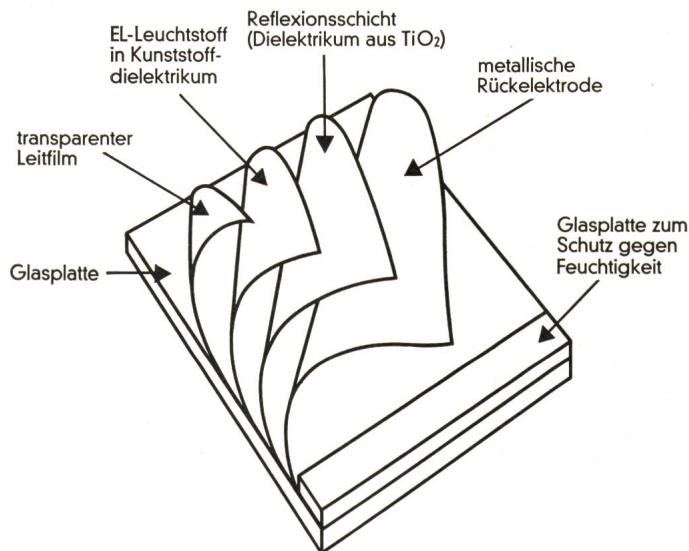


Fig. 3  
Aufbau einer Elektrolumineszenz-Lichtquelle

Verschiedenartige Lumineszenzfarben kann man auch dadurch erzeugen, dass man dem Elektrolumineszenzleuchstoff fluoreszierende Tageslichtleuchtstoffe beimischt, die z. B. rotes Licht emittieren, wenn sie mit grünem Elektrolumineszenzlicht angeregt werden. Regt man mit blauer Elektrolumineszenz grüne und rote Tageslichtleuchtstoffe gemeinsam an, so erhält man durch additive Farbenmischung weisse Fluoreszenz.

#### 6. Aufbau einer Elektrolumineszenz-Lichtquelle

Die Elektrolumineszenzlampe stellt praktisch einen flachen Kondensator dar, zwischen dessen Elektroden sich der Elektrolumineszenzleuchstoff befindet. Deshalb trägt dieser Aufbau auch den Namen Leuchtkondensator. Die vordere Flä-

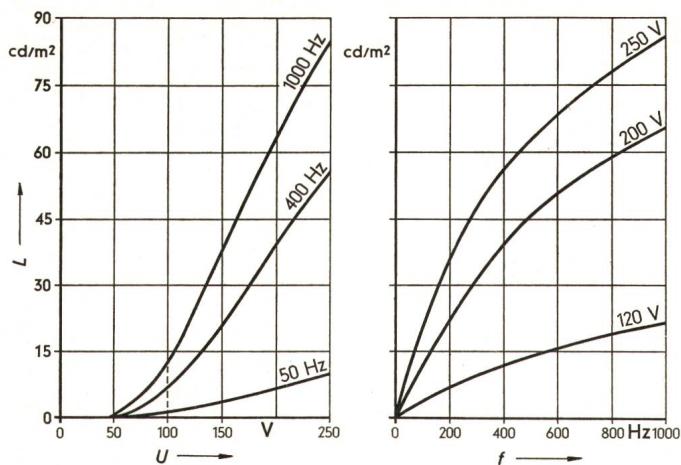


Fig. 4  
Leuchtdichte einer Elektrolumineszenz-Lichtquelle  
in Abhängigkeit von der angelegten Betriebsspannung sowie der  
Betriebsfrequenz

U Spannung; f Frequenz; L Leuchtdichte

chenelektrode besteht aus einer transparenten, elektrisch gut leitenden Halbleiterschicht z. B. aus Zinnoxid, die hintere Flächenelektrode ist metallisch. Der Abstand der beiden Flächenelektroden beträgt etwa 50  $\mu\text{m}$ . Der Elektrolumineszenzleuchtstoff, der in einer mittleren Korngrösse von etwa 10  $\mu\text{m}$  vorliegt, muss wegen seiner Halbleitereigenschaften in einem gut isolierenden Träger wie z. B. Kunststoff oder Keramik eingebettet sein, damit die dielektrischen Verluste klein gehalten werden. Da die Leuchtdichte der Leuchtschicht mit wachsender Feldstärke steigt, ist man bemüht, die Leuchtschicht so dünn wie möglich und die Dielektrizitätskonstante des Einbettmittels so hoch wie möglich zu machen. Ein Optimum an Leuchtdichte wird bei einer Leuchtstoffschichtdicke von etwa 40  $\mu\text{m}$  erreicht. Noch dünneren Schichten führen leicht zu Felddurchschlägen. Zur Erhöhung der Durchschlagfestigkeit wird die Leuchtschicht mit einer 10  $\mu\text{m}$  dicken Schicht aus Titandioxid hinterlegt. Diese Schicht dient gleichzeitig als Reflexionsschicht (Fig. 3). Bei Netzbetrieb mit 220 V (eff.) liegen an diesen Schichten Feldstärken von 44 kV/cm.

Man ist heute in der Lage, Leuchtkondensatoren bis zu einer Betriebsspannung von 500 V (eff.) herzustellen. Die Durchschlagsspannung liegt bei diesen Ausführungen bei etwa 1200 V (eff.). Aus dem sandwichartigen Schichtenaufbau des Elektrolumineszenzleuchtkondensators kann man leicht erkennen, dass gerade diese Bauform für die Herstellung von grossen Leuchtflächen prädestiniert ist. Auch die technischen Vorteile in der Herstellung werden deutlich: Bei der Wechselspannungs-Elektrolumineszenz braucht man keine Einkristalle mit Zonendotierung sowie keine Kontaktierung; Pulverleuchtstoffe und Pulverschichten können billiger hergestellt werden.

### 7. Alterung der Elektrolumineszenz

Der im wesentlichen aus Zinksulfid bestehende Elektrolumineszenz-Leuchtstoff ist bei Lagerung gegen Feuchtigkeitseinflüsse genügend beständig. Das ist zu erwarten, denn Zinksulfid kommt in der Natur als Zinkblende vor. Wird Zinksulfid jedoch als Kondensatordielektrikum in ein elektrisches Wechselfeld gebracht, so beginnt die Feuchtigkeit selbst in Spuren stark einzuwirken. Die ungeschützte Leucht-

schicht nimmt nach wenigen Betriebsstunden eine grauswarze Farbe an, dabei fällt die Leuchtdichte der Leuchtschicht stark ab. Dieser Vorgang wird als Vergrauung bezeichnet und ist ein Alterungsprozess, dem mehr oder weniger alle Zinksulfidleuchtstoffe unterliegen. Durch sorgfältiges Einbetten des Zinksulfides unter Ausschluss von Luftfeuchtigkeit kann dieser Prozess weitgehend hinausgeschoben werden. In der Praxis wird deshalb die Leuchtschicht des Leuchtkondensators durch eine aufgeklebte Glasplatte vor eindringender Luftfeuchtigkeit geschützt. Außerdem enthält die Klebmasse bzw. Vergussmasse feuchtigkeitsabsorbierende Zusätze wie Kieselgel usw. Die schnelle Alterung des Leuchtstoffes bei Anwesenheit von Feuchtigkeit ist weitgehend auf Elektrolyseerscheinungen zurückzuführen. Unter dem gemeinsamen Einfluss von elektrischem Feld und Feuchtigkeit kommt in den Zinksulfidkristallen eine Ionewanderung insbesondere der Anionen in Gang, die zu Redox-Prozessen führt [5]. Dabei werden die Kupfer-I-Sulfid-Einschlüsse oxidiert und das Zinksulfid reduziert. Die Leuchtschicht schrumpft in dem Masse, wie das Kupfer-I-Sulfid oxidiert wird. Die graue Farbe des gealterten Zinksulfides röhrt her von feinverteiltem metallischem Zink im Kristall, welches sich nach Ablauf der Reduktion im Kristallgitter bildet.

### 8. Technische Eigenschaften

Gegenüber den Punkt- und Linienlichtquellen ist die Elektrolumineszenz die erste echte Flächenlichtquelle. Sie bietet dem Anwender eine sehr gleichmässige Ausleuchtung von Flächen bis zu den Begrenzungen und erlaubt eine sehr flache Bauweise. Sie zeigt keine nennenswerte Erwärmung und verbraucht wenig Energie. Die Leistungsaufnahme beträgt nur 1 mW/cm<sup>2</sup> Leuchtfäche. Die Leuchtdichte lässt sich in weiten Bereichen regeln. Sie steigt mit der Höhe der angelegten Betriebsspannung sowie mit der Höhe der Betriebsfrequenz (Fig. 4). Da meistens nur die Netzfrequenz zur Verfügung steht, empfiehlt sich die Erhöhung der Betriebsspannung mit Hilfe eines kleinen Netztransformators, um zu höheren Leuchtdichten zu kommen. So erreicht man mit 50 Hz und einer Erhöhung der Betriebsspannung auf 500 V (eff.) schon Leuchtdichten von 30 cd/m<sup>2</sup>, etwa die Leuchtdichte einer gut ausgeleuchteten Kinoleinwand.

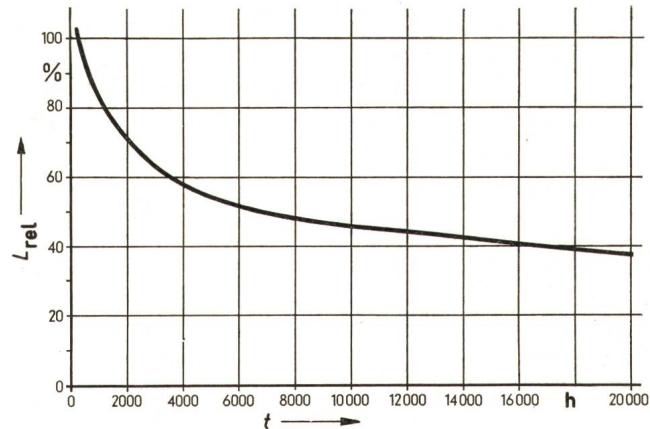


Fig. 5  
Alterung einer Elektrolumineszenz-Lichtquelle,  
die am Lichtnetz betrieben wird

$L_{\text{rel}}$  relative Leuchtdichte  
 $t$  Betriebszeit

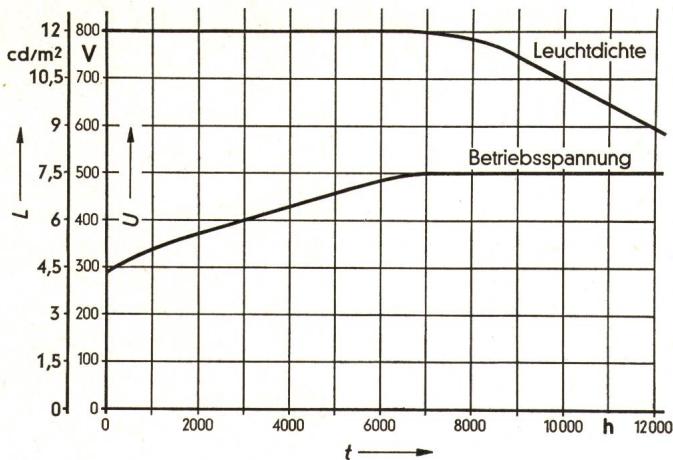


Fig. 6  
Durch langsames Erhöhen der Betriebsspannung von 300 auf 500 V (eff.)  
bleibt die Leuchtdichte 7000 Betriebsstunden konstant

Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 4

Die grüne Elektrolumineszenzfarbe zeigt die optimale Leuchtdichte, sie ist jedoch frequenzabhängig. Bei einer Betriebsfrequenz von 50 bis 100 Hz ist das Emissionsspektrum der Empfindlichkeit des menschlichen Auges gut angepasst. Die grüne Farbe schlägt bei Betriebsfrequenzen von 1000 Hz nach Blau um. Man kann also durch einfaches Umschalten der Anregungsfrequenz das Leuchtfeld zweifarbig aufleuchten lassen. Die Lebensdauer eines Leuchtkondensators ist wie diejenige eines normalen Kondensators, unbegrenzt. Eine plötzliche Unterbrechung der Lichtemission, wie es z. B. beim Durchbrennen der Glühwendel einer Glühlampe der Fall ist, ist nicht zu erwarten. Die Lebensdauer liegt bei etwa 40 000 Betriebsstunden, also weit höher als bei Glühlampen mit 1000 Betriebsstunden oder Leuchtröhren mit 5000 Betriebsstunden. Die Lichtemission lässt, wie bei jeder anderen Lichtquelle, im Laufe der Zeit nach (Fig. 5). Beim Leuchtkondensator bietet sich jedoch der Vorteil, dass man den langsamen Abfall der Leuchtdichte durch langsames Erhöhen der Betriebsspannung kompensieren kann. Auf diese Weise kann man die Anfangshelligkeit über 7000 Betriebsstunden konstant halten (Fig. 6).

#### 9. Elektrolumineszenz als Anzeige

Wegen ihres geringen Lichtstromes kann die Elektrolumineszenz für Raumbeleuchtung nicht eingesetzt werden. Als Anwendungsgebiet kommen bestimmte Teilbereiche der Lichttechnik in Betracht. So findet die Elektrolumineszenz eine breite Anwendung für die verschiedensten Leuchtanzeigen. Sie ist besonders geeignet für die gleichmässige Beleuchtung von grossflächigen Instrumentenskalen, für leuchtende Zifferblätter, Signallichtquellen, Kontroll- und Betriebs-

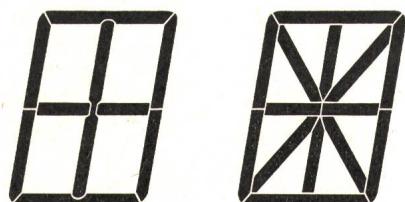


Fig. 7

Durch Ausbildung der rückwärtigen Elektrodenflächen in Form von Einzelsegmenten lassen sich Leuchtziffern sowie Leuchtbuchstaben herstellen

anzeigen, Armaturenbeleuchtung, Leuchttäfelchen für Produktionsüberwachung bzw. Verkehrsüberwachung, Blinkanzeigen, leuchtende Schaubilder, Thermometerskalen mit sprossenförmig angeordneten Leuchtstreifen. Im Vergleich zu der punktförmigen Anzeige von Leuchtdioden oder linienförmigen Anzeige von Ziffernanzeigeröhren kann man die Anzeigen mit Elektrolumineszenz auf Grund der grösseren Leuchtflächen wesentlich grosszügiger gestalten, d. h. keine mageren Zahlenstriche, sondern breite Leuchtbalken. Deshalb ist die Elektrolumineszenz besonders für die Grossanzeige von Ziffern und Buchstaben geeignet. Die Darstellung von Ziffern und Buchstaben wird durch getrennt schaltbare Elektrodensegmente erreicht (Fig. 7).

Eine in viele separate Leuchtfelder aufgeteilte Elektrolumineszenz-Leuchtfläche kann man eleganter und billiger herstellen, als eine entsprechende Anzeigetafel, die mit einer Vielzahl von Anzeigelämpchen ausgerüstet ist und die eine aufwendige Abschirmung der Leuchtfelder benötigt.

Als Fotokopierlampe bietet die Elektrolumineszenz den Vorteil ihrer gleichmässigen Leuchtfläche. Aus Gründen der Stromersparnis, der besseren Betriebssicherheit sowie der nur sehr geringen Wärmeentwicklung wurde die Elektrolumineszenz in den Apolloraumschiffen und Mondlandefähren für die Computeranzeigen sowie für die Beleuchtung der Navigationsinstrumente eingesetzt.

#### 10. Bildgebende Systeme mit Elektrolumineszenz

Nach dem Vorhandensein eines technisch brauchbaren Leuchtkondensators konnte der Gedanke verwirklicht werden, die Elektrolumineszenz für bildgebende Systeme zu benutzen. Eine naheliegende Anwendung ist der sog. flache

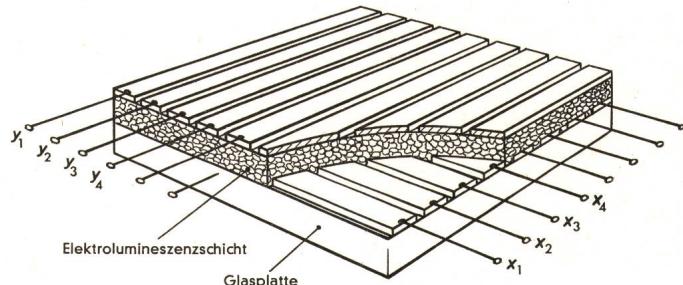


Fig. 8  
Aufbau eines flachen Bildschirms

Die Signalspannung liegt an den Streifenelektroden x und y

Bildschirm ohne Vakuum und ohne Elektronenstrahl. Bei dieser Anordnung wird die gesamte Elektrolumineszenz-Leuchtfläche in eine Vielzahl von kleinen Leuchtkondensatoren aufgeteilt. Das geschieht in der Praxis dadurch, dass die beiden leitenden Beläge des Leuchtkondensators in eine grosse Anzahl paralleler Streifen unterteilt werden, die in einem rechten Winkel zueinander stehen (Fig. 8).

Zwei senkrecht aufeinanderstehende Elektrodenstreifen bilden am Kreuzungspunkt einen kleinen Kondensator. Beim Anlegen einer Wechselspannung leuchtet dort die Elektrolumineszenzschicht in Form eines kleinen quadratischen Leuchtpunktes auf. Soll ein Zeichen oder eine Kurve dargestellt werden, so müssen die dazugehörigen Punkte der Reihe nach nacheinander angesteuert werden. Bei der Wiedergabe von Bildern wird die Helligkeit des Leuchtpunktes durch die

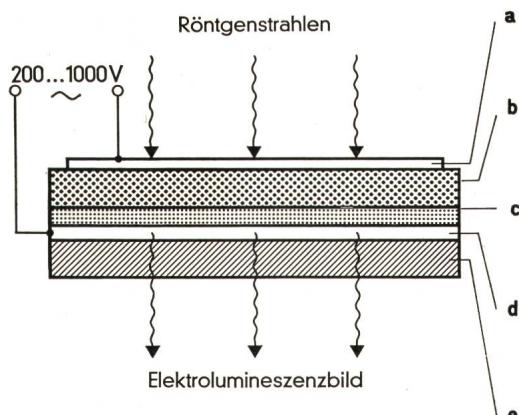
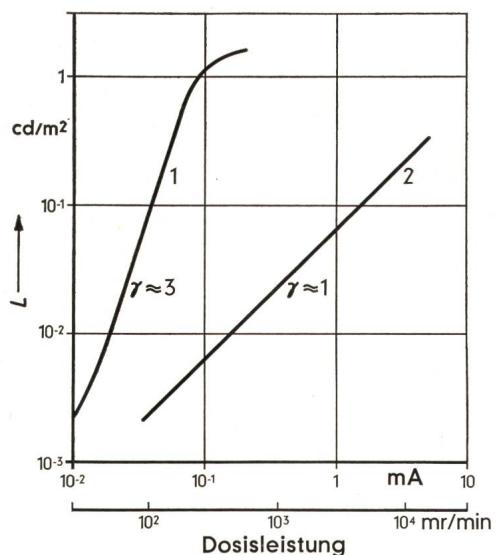


Fig. 9  
Aufbau eines Festkörperbildwandlers

Querschnitt  
 a metallische Elektrode  
 b Fotoableiterschicht  
 c Elektrolumineszenzleuchttstoff  
 d transparente Leitschicht  
 e Glasplatte

Höhe der Betriebsspannung gesteuert. Einer breiten Anwendung des flachen Bildschirmes stehen noch eine Reihe technischer Schwierigkeiten im Wege. So ist u. a. der Mechanismus zur Ansteuerung der Bildpunkte sehr aufwendig, ausserdem stört das Mitkoppeln benachbarter Bildelemente. Die hohen Leuchtdichten der Bildröhre können zurzeit mit dem



Vergleich einer Leuchtbildcharakteristik eines Festkörperbildwandlers gegenüber einem Leuchtschirm

1 Festkörperbildverstärker

2 handelsüblicher Leuchtschirm bei 75 kV, 60 cm Fokusabstand

Elektrolumineszenzschirm noch nicht erreicht werden, so dass der flache Elektrolumineszenz-Bildschirm nur in verdunkelten Räumen betrachtet werden kann.

Eine andere sehr interessante Anwendung der Elektrolumineszenz für die Bildgebung ist der sog. Festkörperbildwandler, ein von Stürmer [6] erfundenes Prinzip (Fig. 9). Der Festkörperbildwandler stellt praktisch einen flachen Kondensator dar, bei dem zu der Leuchtschicht in Serie eine Photowiderstandsschicht aufgebracht ist. Im unbestrahlten Zustand verhält sich die Photowiderstandsschicht wie ein Isolator. Wird diese Schicht jedoch lokal bestrahlt, so erniedrigt sich dort der hohe Widerstand wesentlich, im Grenzfalle bis zu 9 Zehnerpotenzen. Nun liegt die elektrische Spannung, die vorher überwiegend an der Photowiderstandsschicht lag, an der Elektrolumineszenzschicht, die dann je nach Höhe des Spannungsabfalles mehr oder weniger aufleuchtet. Auf diese Weise entsteht auf dem Elektrolumineszenzschirm ein Bild ohne störende Zeilen und ohne Zwischenräume. Die exponentielle Abhängigkeit der Elektrolumineszenzleuchtdichte von der angelegten Betriebsspannung ist der Grund dafür, dass die Gradation des Elektrolumineszenzbildes durch Änderung der Betriebsspannung in weiten Grenzen variiert werden kann (Fig. 10). Mit dem Festkörperbildwandler kann man heute je nach Wahl des Photohalbleiters Bilder im Infrarot-, im Ultravioletts- sowie im Röntgenstrahlbereich sichtbar machen. Dabei werden Verstärkungen bis zu einem Faktor von  $10^3$  erreicht. Für noch höhere Verstärkungsbereiche ist der elektronenoptische Bildwandler besser geeignet. Bisher konnte der Festkörperbildwandler mit Erfolg bei der Materialuntersuchung mit Hilfe von Röntgenstrahlen eingesetzt werden. In der medizinischen Praxis konnte er sich wegen seiner nicht ausreichenden Empfindlichkeit – insbesondere bei kleineren Röntgendifosen – bis heute nicht durchsetzen.

#### Literatur

- [1] B. Gudden und R. Pohl: Über Ausleuchten der Phosphoreszenz durch elektrische Felder. Zeitschrift für Physik 2(1920)2, S. 192...196.
- [2] O. W. Lossew: Über eine Anwendung der Quantentheorie zur Leuchterscheinung am Karborundumdetektor. Physikalische Zeitschrift 30(1929) 24, S. 920...923.
- [3] G. Destriau: Recherches sur les scintillations des sulfures de zinc aux rayons  $\alpha$ . Journal de Chimie Physique 33(1936)~, p. 587...625.
- [4] A. G. Fischer: Electroluminescent lines in ZnS powder particles. I.: Embedding media and basic observations. Journal of the Electrochemical Society 109(1962)11, p. 1043...1049.
- [5] H. Degenhardt, G. Lange und W. Stürmer: Einige Beobachtungen zur Lebensdauer von Elektrolumineszenz-Leuchttstoffen. In: Internationales Lumineszenz-Symposium über Physik und Chemie der Sintillatoren. München, Verlag K. Thieme, 1966; S. 240...245.
- [6] W. Stürmer: Röntgenbildwandlung mit Halbleitern. SRW-Nachrichten -(1969)10, 9...13.

#### Adresse des Autors:

Dr. H. Degenhardt, Siemens AG, UB-Med/REC 1, Postfach 3260, D-852 Erlangen.