

## Leuchtfolien weisen den Weg

Seit geraumer Zeit beleuchten dünne Folien Handys oder Tachometeranzeigen. Inzwischen setzen sie sogar Werbeplakate oder Bühnenbilder ins rechte Licht.

Eine etwas andere Art von Licht erobert immer mehr Bereiche unseres Alltags: Leuchtfolien erhellen z. B. Fluchtwege und Fahrzeuginnenräume oder dienen als dekorative Wand-, Boden- und Bühnenbeleuchtung. Ihre verblüffenden Eigenschaften bescheren ihnen diese vielfältigen Einsatzgebiete. Leuchtfolien sind flexibel, leicht, langlebig, äußerst robust und zeichnen sich durch eine homogene Lichtverteilung und einen geringen Stromverbrauch aus. Bei einer Dicke von weniger als einem Millimeter variiert ihre Größe von wenigen Quadratmillimetern bis zu gut einem Quadratmeter. Seit rund 30 Jahren sind Leuchtfolien im Handel erhältlich – inzwischen auch auf Endlosrollen (Abb. 1).

### Kaltes Licht

Leuchtfolien zählen zu den selbst-emittierenden Displays, die Licht durch Elektrolumineszenz (EL) erzeugen. Damit ist die Eigenschaft nicht leitender bzw. halbleitender Materialien gemeint, zugeführte elektrische Energie ganz oder teilweise in sichtbares Licht umzuwandeln. Dieses Phänomen beobachtete Henry Joseph Round bereits vor 100 Jahren bei seinen Experimenten mit Siliziumkarbid. George Destriau untersuchte im Jahr 1936 die Leitfähigkeit von Zinksulfid,



Moderne Leuchtfolien erleuchten Notausgangsschilder und können damit bei Gefahren lebensrettenden Weg weisen.

das er aus Versehen mit Kupfer verunreinigt hatte, und gab der Elektrolumineszenz ihren Namen.

Zu den Elektrolumineszenz-Strahlern gehören neben den Leuchtfolien auch die Leuchtdioden (LEDs), die nach Anlegen einer Spannung Licht emittieren, wenn Ladungsträgerpaare (Exzitonen) rekombinieren. Im Gegensatz zu LEDs regen in Leuchtfolien freie Ladungsträger sog. Leuchtzentren elektronisch an, die Licht einer charakteristischen Wellenlänge aussenden, wenn sie in den Grundzustand zurückkehren.

Eine ein Quadratmeter große Leuchtfolie emittiert etwa die gleiche Lichtmenge wie eine 100 Watt-Glühlampe. Während Glühlampen aber ca. 95 % der zugeführten Energie als Wärme abstrahlen, sind EL-Folien Kaltlichtquellen, die 90 % der Energie in ein schmalbandiges, nahezu monochromatisches Licht umwandeln.

Der Versuch, auf Destriaus Erkenntnissen aufzubauen und auf Basis von ZnS-Phosphore EL-Lampen zu entwickeln, scheiterte daran, dass diese Leuchtstoffe stark hygroskopisch sind und daher das Elektrolumineszenzverhalten beeinträchtigen. Erst ein Mikro-Verkapselungsverfahren mit dünnen Schutzfilmen aus Alumi-

niurnoxid oder Siliziumdioxid für die Leuchtstoff-Partikel und die Herstellung von dünnen Leuchtstoffschichten erlauben es, die Lebensdauer der EL-Folien auf bis zu 10 000 Stunden hochzuschrauben. Diese liegt um einen Faktor 10 höher als die Lebensdauer einer Standard-Glühlampe.

In EL-Folien wirkt der anorganische Halbleiter ZnS als Leuchtstoff. Seine Dotierung entscheidet, welche Farbe die Folie emittiert: Wird ZnS mit Kupfer, Aluminium oder Gold dotiert, ist das Licht grünlich. Eine Dotierung mit Silber lässt die Folie blau leuchten, eine mit Mangan gelb. Eine Kombination aus mindestens zwei Phosphoren, deren Emissionsspektren addiert weiß ergeben, sorgen für weiß-leuchtende Displays.

### Ein Kondensator als Lampe

Im Herstellungsprozess wird das dotierte und mit weiteren Substanzen vermengte ZnS bei etwa 1000 °C geglüht, in einem komplizierten Temperprozess abgekühlt und abschließend in Salzsäure gewaschen und getrocknet. Nach der Mikro-Verkapselung werden die zwischen 10 und 30 µm großen Partikel des Pulvers in ein Bindemittel, z. B. aus Kunststoff, eingebettet.

Eine Standard-Leuchtfolie setzt sich aus sechs Schichten zusammen

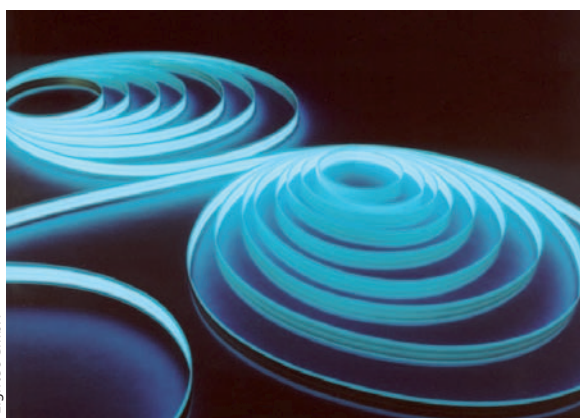


Abb. 1 Leuchtfolien auf Endlosrollen lassen sich beliebig zurechtschneiden und z. B. für Dekorationszwecke nutzen bzw. zur Kennzeichnung von Fluchtwegen oder Treppenstufen.

(Abb. 2a): einer Front- und Rückelektrode, einem Dielektrikum, einer Leuchtstoffschicht sowie zwei äußeren Schutzfolien. Damit sich das Licht über die Frontelektrode auskoppeln lässt, besteht diese aus einer transparenten, elektrisch leitfähigen Indium-Zinn-Oxid-Folie, die im Siebdruckverfahren mit einer etwa 20 µm dünnen Leuchtstoffschicht versehen wird. Die sich daran anschließende dielektrische Schicht wirkt einerseits als optischer Reflektor und erhöht andererseits die Spannungsfestigkeit dieses Kondensator-ähnlichen Aufbaus. Bei der Rückelektrode handelt es sich meist um eine dünne Schicht aus Silberleitpaste. Die beiden Kunststoff-Folien schützen das Schichtsystem elektrisch und mechanisch: Je nach Wahl des Polymers können die Folien in Fußbodenfliesen sogar Schuhabsätzen Paroli bieten. Für Verwendungen im Freien stehen spezielle UV-beständige Beschichtungen zur Verfügung.

### Wechselspannung bringt Licht ins Dunkel

Im Kondensator-ähnlichen Schichtsystem regt eine an die Elektroden angelegte Sinusspannung den Leuchtstoff zur Lichtemission an – daher die Bezeichnung Leucht-kondensator.<sup>1)</sup> Der Verlauf der anliegenden Wechselspannung zeigt, dass zunächst die Spannung an den Elektroden und damit auch die elektrische Feldstärke im Kondensator stark zunimmt (Abb. 2b). Dadurch werden ab einer für den Leuchtstoff charakteristischen Feld-

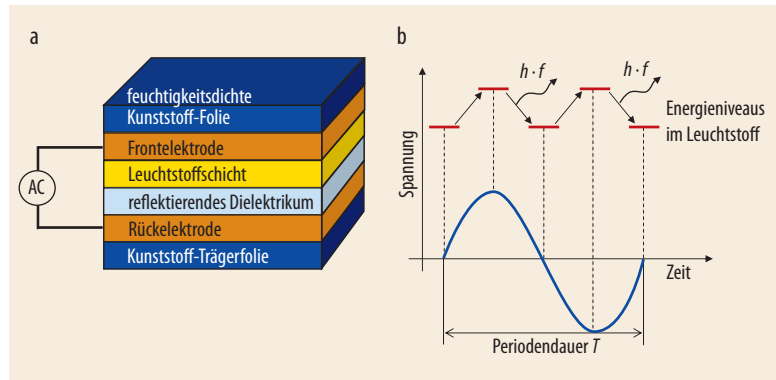


Abb. 2 Eine EL-Folie besteht aus sechs Schichten, die ein Kondensator-ähnliches Schichtsystem bilden (a): An die beiden Elektroden wird eine sinusförmige Wechselspannung angelegt. Proportional zur Spannung steigt auch

die elektrische Feldstärke, wodurch im Leuchtstoff Elektronen auf ein höheres Energieniveau angehoben werden. Wenn die Elektronen in den Grundzustand zurückkehren, emittieren sie sichtbares Licht (b).

stärke energiereiche, freie Ladungsträger erzeugt und beschleunigt. Auf ihrem Weg zur Anode regen sie durch Stoßionisation die im ZnS-Gitter eingebauten Leuchtzentren elektronisch an. Kehren diese in ihren ursprünglichen Zustand zurück, emittieren sie sichtbares Licht.

Steigt die Spannung nach ihrem Nulldurchgang – und damit auch die Feldstärke im Kondensator – wieder an, regen die dadurch erzeugten freien Ladungsträger wiederum die Leuchtzentren an. Beim Betrieb einer EL-Lampe mit einer Frequenz von 500 Hz entstehen somit 1000 Lichtpulse pro Sekunde, die für ein flimmerfreies Licht sorgen. Bei noch höherer Frequenz und gleich bleibender Spannung leuchtet das Display heller, während sich durch Änderung der anliegenden Spannung die Leucht-

folie beliebig und stufenlos dimmen lässt.

Für die Werbung besonders interessant ist die Möglichkeit, Bereiche innerhalb der Folien über Leiterbahnen separat anzusteuern. Dies ermöglicht Displays, die in einer bestimmten Abfolge leuchten und gerollt als animierte Litfaßsäulen auf sich aufmerksam machen. Auch wenn LEDs mit etwa 50 lm/W und gewöhnliche Glühlampen mit rund 12 lm/W (noch) eine höhere Lichtausbeute als Leuchtfolien (6 lm/W) besitzen, haben die Entwicklungen der letzten Jahrzehnte Leuchtfolien aus ihrem Nischendasein befreit und sie zu einer vielseitigen Beleuchtungsform gemacht. Kleinere Folien lassen sich auch mit Batterien betreiben und sorgen an Kleidungsstücken und Gegenständen für die nötige Aufmerksamkeit.

Katja Bammel

1) Die Displays benötigen je nach Größe Wechselspannungen mit Spitzenwerten zwischen 50 bis 220 V bei etwa 50 Hz bis 1,7 kHz.

Dr. Katja Bammel, science & more redaktionsbüro, kb@science-and-more.de