

# ELEKTROLUMINESZENZFOLIE ALS NEUES LEUCHTMEDIUM

## LEUCHTFOLIEN - DAS ETWAS ANDERE LICHT

Licht erzeugt Stimmung, kann motivieren, zum Träumen anregen aber auch Langedeweile oder Aggressivität hervorrufen.

Elektromagnetische Wellen erreichen unser Auge direkt von der Lichtquelle und indirekt als Reflexion. Direktes oder indirektes Licht können bei Vorhandensein von Materie nie alleine auftreten - ohne Licht kein Schatten.

Erst das an der Umwelt reflektierte Licht läßt uns Gegenstände erkennen.

Und gerade dieses indirekte Licht ist es, das in vielen Fällen eine Faszination auf uns ausübt - das Glitzern der Sonnenstrahlen auf dem Wasser, das Funkeln der Weihnachtskerzen in Kinderaugen, die Schatten des Kaminfeuers, der Mond, ...

Der Lichtkegel eines entgegenkommenden Autos blendet uns nur, aber das vom eigenen Scheinwerfer reflektierte Licht läßt uns das Wesentliche erkennen. Nicht die Scheinwerfer im Theater sind das Faszinierende, sondern die Lichteffekte, die durch Reflexion an Gegenständen und Personen entstehen und auch ein Film auf einer Kinoleinwand ist letztendlich 'nur eine Reflexion'.

EL-Folien sind aktive Lichtquellen mit den Eigenschaften eines indirekten Lichts, gleichbedeutend mit der Reflexion von Lichtstrahlen an einem ideal matten Körper. Ihr Licht scheint aus dem 'Nichts' zu kommen und wirkt unrealistisch und unerklärlich. Es erscheint angenehm und blendet nicht. Gekrümmte Leuchtfolien verwirklichen einen dreidimensionalen Lichteffect. Montiert man diese Folien auf Gegenständen, so beginnen diese zu leuchten. Metall, Holz, Stein, ...

## EIGENSCHAFTEN UND VORTEILE

EL-Folien sind sogenannte Lambertstrahler, d.h. die Leuchtdichte der von der Oberfläche ausgehenden Strahlung ist von jeder Seite betrachtet gleich. Das Licht der Folien ist sehr schmalbandig, beinahe monochromatisch, absolut gleichmäßig und weit sichtbar.

Diese Tatsache führte zur Entwicklung von robusten und praxistauglichen EL-Folien für militärische Anwendungen und zwar aus folgenden Gründen:

- Monochromatisches Licht in Grün- oder Blautönen als Cockpitbeleuchtung in Kampfflugzeugen beeinträchtigt nicht die Wirkungsweise der IR-Verstärkerbrillen der Piloten.
- Ein schmalbandiger Lambertstrahler ist durch Rauch und Nebel sehr gut sichtbar und damit hervorragend geeignet als mobile Landeplatzbefeuerung oder als Tragflächenbefeuerung bei Formationsflügen durch Wolken und Nebel.

Der Einsatz im Militärbereich und in der Flugzeugindustrie erforderte folgende Eigenschaften und Vorteile von EL-Folien gegenüber herkömmlichen Leuchtkörpern:

- Robust gegen Vibrationen und mechanische Stöße
- Unempfindlich gegen tiefe Temperaturen
- Leicht, flach, flexibel und beliebig formbar
- Ausfallsicher
- Augenschonend, da kein UV-Anteil
- Nominalspannung entspricht dem üblichen Flugzeugbordnetz (110 V, 400 Hz). Hohe Ansteuerfrequenz ergibt ein flimmerfreies Licht.
- Das Fehlen infraroter Emission bedeutet keine Eigenerwärmung durch Strahlung und somit beste Energieausnutzung. EL-Folien sind daher auch an thermisch empfindlichen Stellen einsetzbar.

Um die Sichtbarkeit bei Nacht noch zu erhöhen, wurden Folien entwickelt, die ihr Emissionsmaximum zwischen 500 nm und 515 nm Wellenlänge haben, was dem Empfindlichkeitsmaximum des menschlichen Auges bei Nacht entspricht. EL-Folien sind folglich bei vorgegebenem Energieeinsatz und vorgegebener Entfernung die bei Nacht und schlechten Sichtverhältnissen am besten sichtbarste Lichtquelle.

## WIRKUNGWEISE UND AUFBAU

Die Entdeckung des Elektrolumineszenz - Effekts wird George Destriau zugesprochen, der 1936 im Labor von Mdm. Curie in Paris entdeckte, daß ein durch einen Fehler beim Brennvorgang entstandenes Material (Zinksulfid verunreinigt mit Kupfer) auf hohe elektrische Felder durch Emission von Licht reagierte. Seine Arbeiten aus den darauffolgenden Jahren waren die Grundlage für die Entwicklung der modernen EL-Folien.

Das Grundprinzip ist ein Halbleiterphänomen. Durch ein elektrisches Feld werden Elektronen in ein höheres Energieniveau gehoben und rekombinieren im sichtbaren Bereich.

Um die Ionenmigration im amorphen Zinksulfid zu minimieren, setzt man die Schicht einem Wechselfeld zwischen 50 Hz und 2 kHz aus. Die durch unvermeidliche geringe Gleichstrombelastung, Diffusion und andere Phänomene trotzdem verursachte Ionenmigration verändert über längere Zeit hinweg die Feldverteilung im Inneren der Pigmentschicht, wodurch es zu einer Schwächung des EL-Effektes kommt.

Typische Halbwertszeiten (Zeit in der die Lichtintensität auf die Hälfte absinkt) von heute am Markt befindlichen EL-Folien reichen bis zu 12000 Stunden.

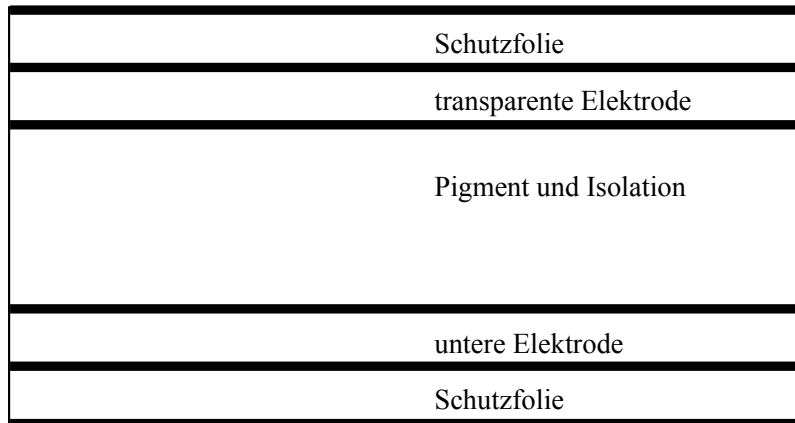


Abb. 1: Grundlegender Aufbau einer EL-Folie

Grundsätzlich kann man eine EL-Folie als Mehrschichtkapazität mit dem Pigment und der Isolation als Dielektrikum betrachten.

Die transparente Elektrode ist ein mit Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO) beschichteter Kunststoff (z.B. Polyester).

Das Leuchtpigment besteht im allgemeinen aus Zinksulfid, das durch verschiedene Metalle wie Au, Ag, Cu, Ga oder Mn dotiert ist.

Die Farbe des emittierten Lichtes und die Leitfähigkeit der Schicht werden durch Stärke und Zusammensetzung der Dotation bestimmt. Durch Variation der Dotierung können Farbtöne von Blau bis Gelb (ca. 480 nm bis 580 nm ) und durch Mischen der Dotierungsstoffe daraus resultierende Mischfarben (z.B.: weiß) erzielt werden.

Auf diese Schicht wird eine Isolationsschicht meist aus Bariumtitanat aufgebracht, die gleichzeitig als Reflektor wirkt.

Darauf wird anschließend die untere Elektrode (Al, Carbon oder Silberlack) appliziert.

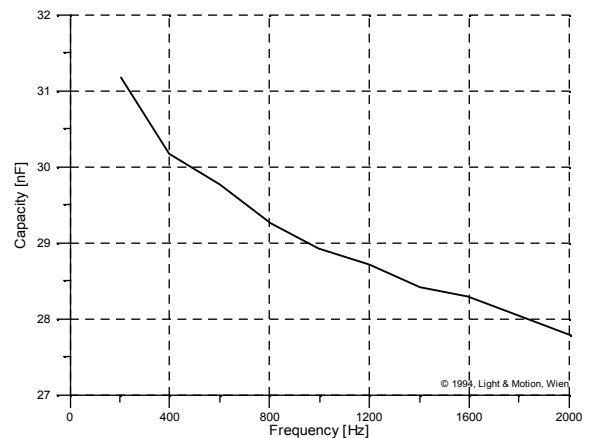
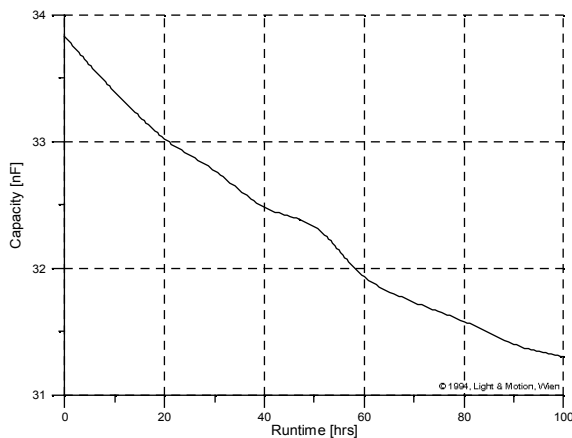
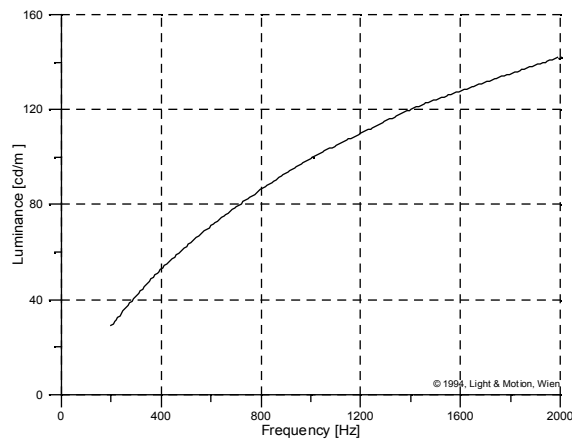
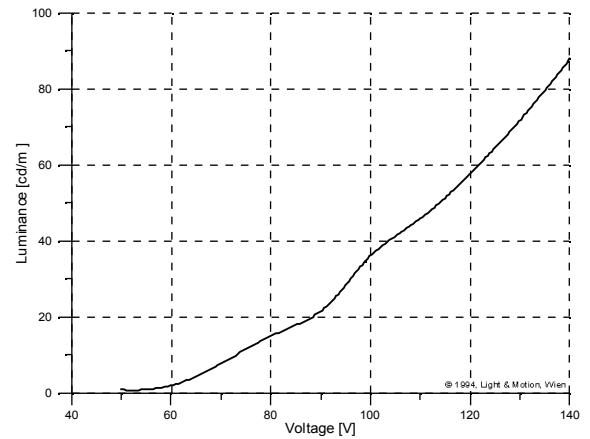
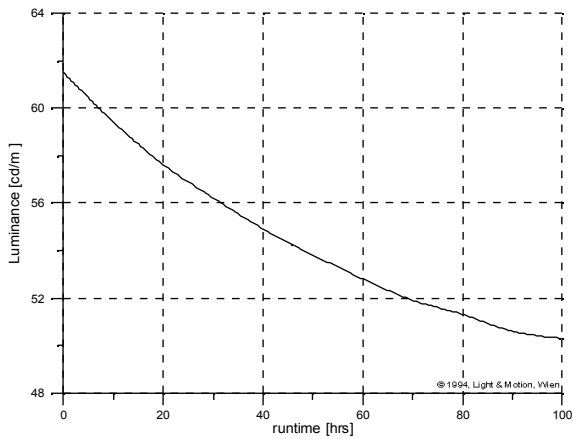
Ein Nachteil von Zinksulfid als Pigmentgrundstoff ist seine hohe Hygroskopie. Die Schutzfolien müssen daher aus intensiv wasserabstoßendem Material sein. Am besten dafür geeignet sind PCTFE-Folien (Aclar).

Es gibt aber bereits einen Pigmentgrundstoff, bei dem die Zinksulfidmoleküle mikrogekapselt sind. Durch den größeren Molekülabstand bedingt ist die Leuchtdichte jedoch etwas geringer und nicht ganz so homogen.

Derartige EL-Folien sind schneidbar, extrem dünn, hochflexibel und kostengünstig. Ein Einlaminiert ist nicht mehr unbedingt nötig, erhöht jedoch die Lebensdauer. Als Schutzfolie sind in diesem Fall Polyamine ausreichend.

EL-Folien sind nichtlineare Bauelemente, deren Parameter eine Funktion von angelegter Spannung und Frequenz sind und auch von Umgebungsbedingungen wie Feuchtigkeit und Temperatur abhängen.

Typische Meßdaten einer blauen Elektrolumineszenzfolie (60 cm<sup>2</sup>):



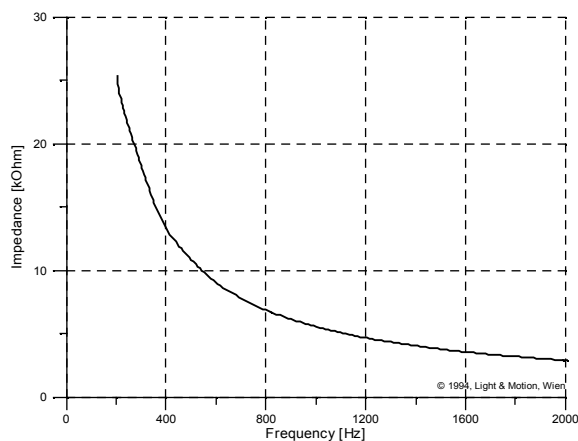
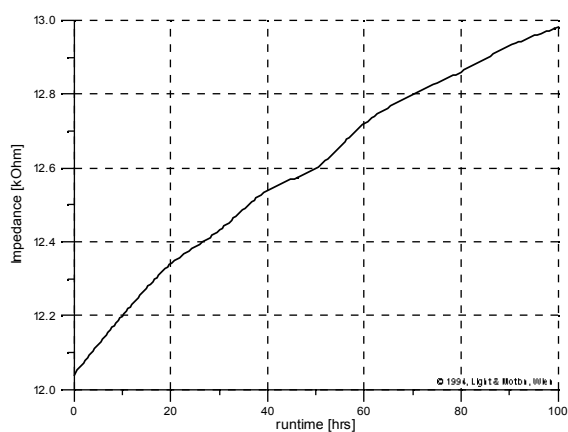


Abb. 2: Kennlinien

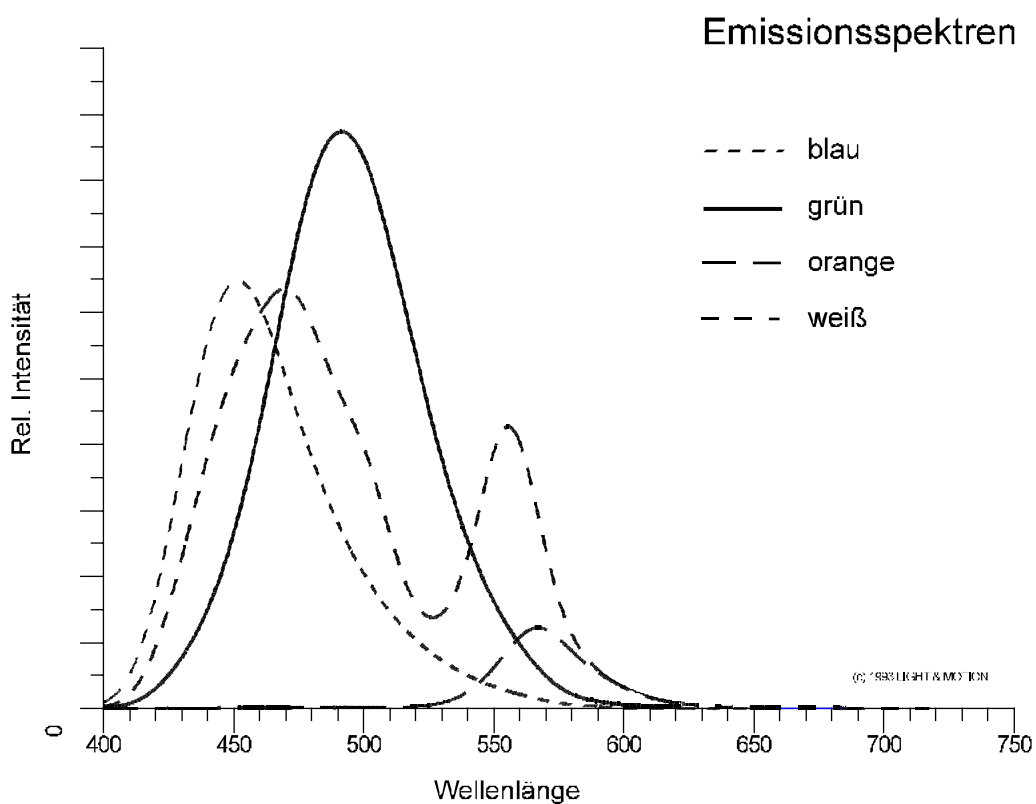


Abb. 3: Spektralverteilung bei 115 V, 400 Hz

## ANSTEUERUNG

In der Aviatik werden EL-Folien üblicherweise direkt an das Bordnetz angeschlossen. Die für ein Wechselspannungsnetz unangenehme kapazitive Last, die durch den Lumineszenzeffekt außerdem nichtlinear ist, ist hier ohne Bedeutung, da in einem Flugzeug die induktiven Lasten überwiegen und den kleinen kapazitiven Anteil kompensieren.

Für kleine Leistungen werden heute sogenannte Inverter verwendet. Es handelt sich hier um Oszillatorschaltungen, bei denen die Kapazität der EL-Folie als integrativer Bestandteil eines solchen Schwingkreises verwendet wird und somit frequenzbestimmend ist.

Diese Schaltungen haben den Vorteil, daß sie bei Standardanwendungen wie Displayhinterleuchtung oder Ähnlichem, bei denen ein bestimmter Folientyp bestimmter Größe in hoher Stückzahl eingesetzt wird, ein optimales Preis-Leistungsverhältnis bieten.

Der große Nachteil solcher Inverter ist, daß sie nur für eine einzige Foliengröße und -art geeignet sind. Weicht die Kapazität nur um einige Prozent vom gewünschten Wert ab, so wird die Folie nicht mehr im idealen Arbeitspunkt betrieben, wodurch ihre Lebensdauer verkürzt wird.

Weitere Nachteile sind, daß die Helligkeit der Folie nur über die Regelung der Betriebsspannung eingestellt werden kann, daß die Schaltung nicht leerlauffest ist, daß dieser Schaltungstyp für große Leistungen (EL-Folien im Ausmaß von Quadratmetern) ungeeignet ist und daß durch den Ein- bzw. Ausschwingvorgang des Schwingkreises ein rasches Ein- und Ausschalten der Folie unmöglich gemacht wird.

Für Anwendungen, bei denen diese Nachteile ausschlaggebend sind wurden bis dato Sinusoszillatoren mit nachgeschaltetem Linearverstärker verwendet. Auf Grund der großen benötigten Blindleistung, die der Linearverstärker als Wirkleistung zur Verfügung stellen muß, ist die Verlustleistung solcher Schaltungen allerdings unverhältnismäßig groß (z.B.: Foliengröße A4: Verlustleistung 30 W!).

Um diese Probleme zu lösen wurde folgendes Schaltungskonzept entwickelt:

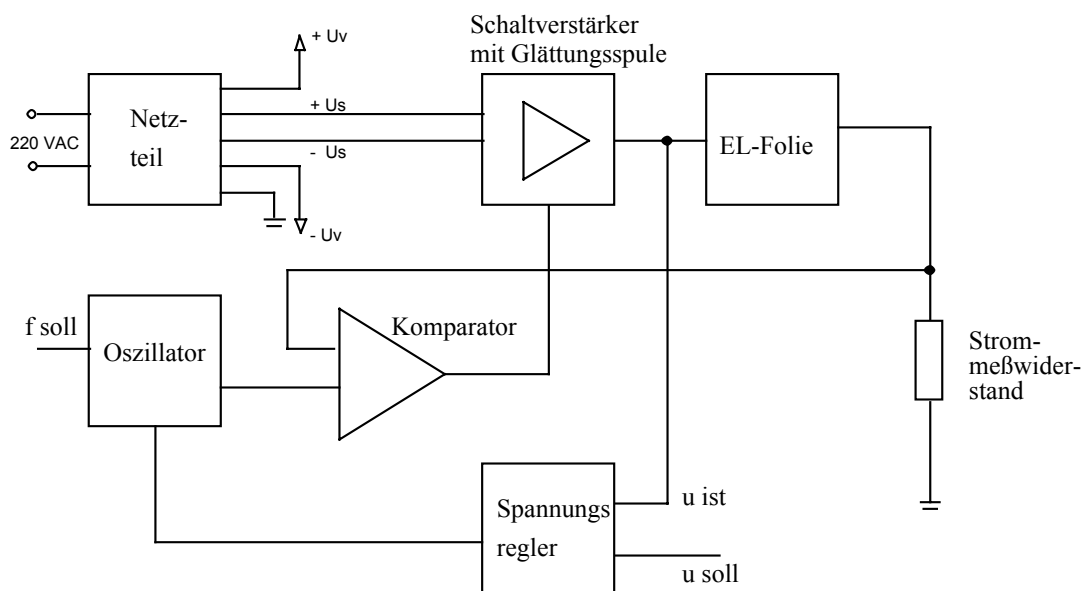


Abb. 4: Blockschaltbild

Die in Frequenz, Kurvenform und Amplitude wählbare Wechselspannung wird mit einem Schaltverstärker mit integrierter Glättungsspule erzeugt. Die Glättungsspule ist erforderlich, um das rechteckförmige Ausgangssignal des Schaltverstärkers zu glätten und bestimmt zusammen mit der Hysterese eines Komparators die Schaltfrequenz. Die aus der Serienschaltung von Glättungsspule mit Innenwiderstand und Impedanz der Folie resultierende Instabilität wird dadurch behoben, daß dem Spannungsregler eine zum Folienstrom proportionale Größe überlagert wird.

Dieses System ermöglicht außerdem, die Ausgangsspannung unabhängig von Veränderungen der Last, insbesondere von deren kapazitivem Anteil, konstant zu halten und die Frequenz durch einen lastunabhängigen Oszillator einzustellen.

Des weiteren ist es möglich, Frequenz und auch Amplitude der Spannung sowohl unabhängig voneinander als auch wiederum unabhängig von der Last bei beliebiger Kurvenform zu wählen und somit die interdependenten Größen Lichtstärke, Frequenz und Spannung dahingehend beeinflussen zu können, die Lebensdauer der Folie gemäß den gestellten Anforderungen zu optimieren.

Vorteile der neuen Technologie:

- Betriebsfertiges System
- Für alle Folientypen und -größen geeignet
- Erheblich kleiner, nur mehr ein Gehäuse
- Stufenlos einstellbare Frequenz und Amplitude
- Sinusförmige, lastunabhängige Ausgangsspannung
- Flexibles System auch für größere Leistungen geeignet - mehr als 6 m<sup>2</sup> mit einem Gerät
- Einsatzmöglichkeit von genormten 0 - 10 Volt Steuersignalen zur Amplitudeneinstellung
- Einstellung eines günstigen Arbeitspunktes zur optimalen Schonung der EL-Folie
- Leerlauffest, leise

## ANWENDUNGEN UND MÖGLICHKEITEN

Weltweit finden Elektrolumineszenzfolien heute beinahe ausschließlich im militärischen Bereich und in der Flugzeugtechnik bzw. in großen Stückzahlen als Hinterleuchtung für LC-Displays Verwendung.

Einerseits liegt das daran, daß bisher keine Ansteuerungen für größere Flächen existierten, andererseits hält die Komplexität dieses Materials viele von deren Einsatz ab.

Beides ist mit der neuen Ansteuertechnologie kein Thema mehr. Der einmal definierte Arbeitspunkt wird konstant gehalten, die Lebensdauer optimiert.

Die beschriebenen Eigenschaften und Vorteile dieses innovativen Materials ermöglichen vielfältige Anwendungen in den unterschiedlichsten Bereichen, die mit herkömmlicher Lichttechnik nur schwer bis gar nicht realisiert werden können.

- In Theater und Oper als verblüffende Elemente des Bühnenbildes  
Theater an der Wien - Musical Elisabeth: Leuchtender Riesen-Balancierstab und bewegtes Schachbrett mit Lichtmustern über die ganze Bühne.
- In der Architektur und Gebäudetechnik  
Lokaleinrichtung, Ladenbau, beleuchtete Fassaden und gestalterische Elemente
- Für Foto- und Filmbranche  
Blue Box, selbstleuchtende Objekte
- Zur kreativen Auslagengestaltung und im Messebau  
Leuchtstreifen, 'leuchtender Boden'
- Als selbstleuchtender Werbeträger  
Leuchtschilder geringster Einbautiefe
- Für Promotion  
Hosenträger, Stirnbänder, Namensschilder
- Als Sicherheits- und Notbeleuchtung  
Stiegen mit integrierten Leuchtstreifen, Sicherheitsleitsysteme - auch in Flugzeugen, Sicherheitskleidung
- Als Tastatur- und Instrumentenbeleuchtung  
in Flugzeug- und Hubschraubercockpits
- Als Hinterleuchtung von LC-Displays  
Telefon, Taschenrechner, Fotoblitz, Meßgerät

Ihrer Phantasie sind keine Grenzen gesetzt.

Leuchtfolien - die neue Dimension von Licht.