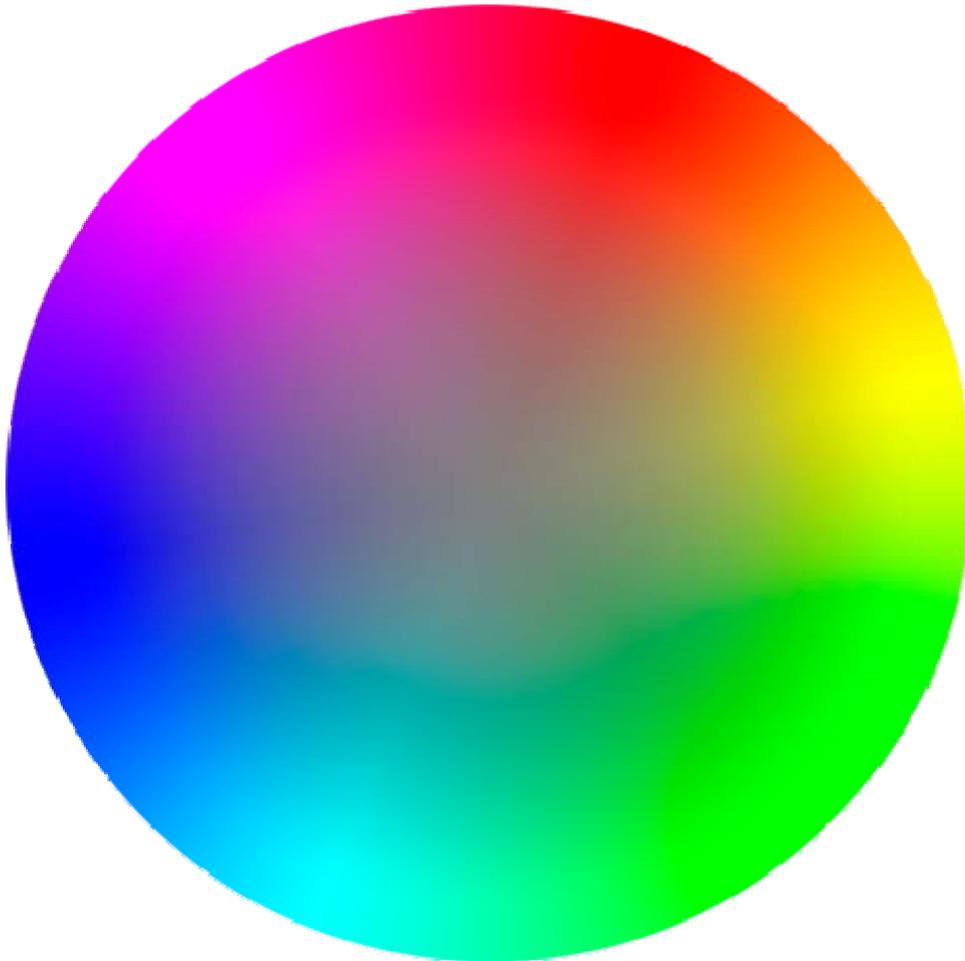


# Lautsprecher

MITTEILUNGSBLATT DES ANGESTELLTENVERBANDES DER RADIO/TV- UND MULTIMEDIABRANCHE

---



---

Adresse: ART, Rossbergstrasse 35, CH-6410 Goldau, [www.artmultimedia.ch](http://www.artmultimedia.ch)

Redaktion: Istvan Kenessey, Erikastrasse 5, CH-8632 Tann, Tel / 055 240 58 41,  
[istvan.kenessey@artmultimedia.ch](mailto:istvan.kenessey@artmultimedia.ch)

Copyright: Kopien der fachtechnischen Beiträge mit Quellenangabe für  
Unterrichtszwecke und persönliche Dokumentation erlaubt. Kommerzielle  
Auswertung verboten. Nachdruck nur mit Genehmigung der Autoren.

# **Inhaltsverzeichnis**

---

*Geschichte des Radios .....*

*Grundlagen der organischen Leuchtdiode.....*

*Trends in der Fernsehtechnologie.....*

*Die neuen QLED Fernsehgeräte -.was steckt dahinter ?.....*

*QLED und OLED im Vergleich.....*

*OLED oder QLED.....*

*Prüfungsaufgaben.....*

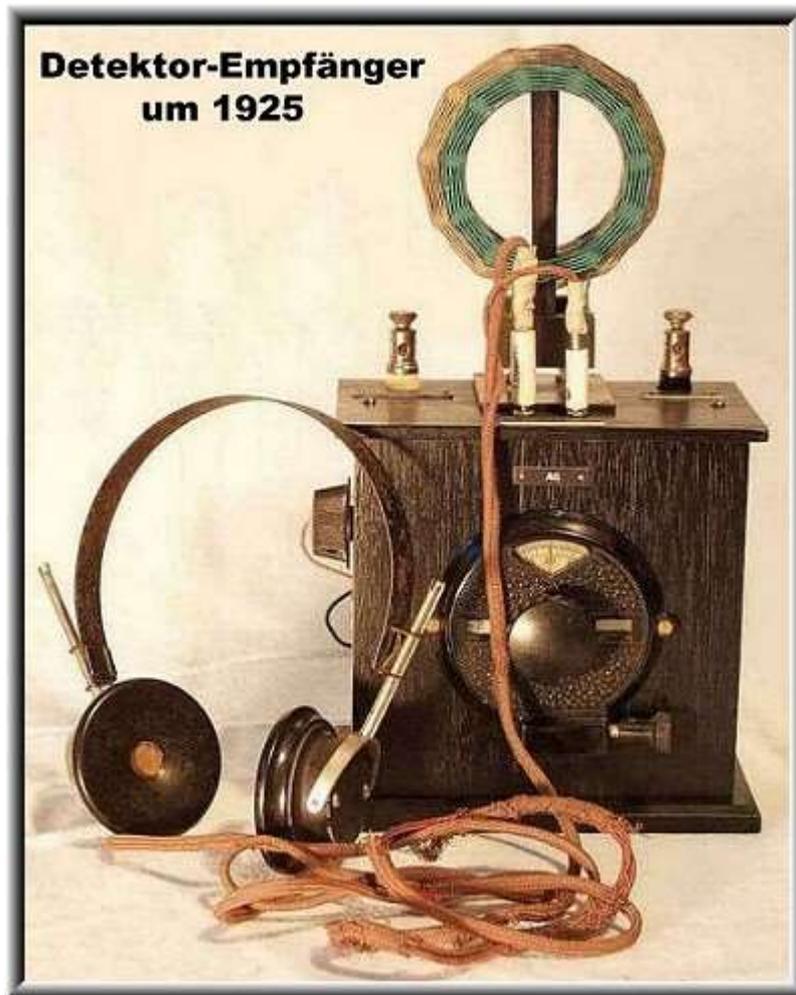
*Prüfungsfragen.....*

## **Beilage**

*Einführung in die OLED-Technologie  
(Osram-Unterlagen [www.osram.de/oled](http://www.osram.de/oled))*

## Die Geschichte des Radios

---



---

*Die Geschichte der Erfindung des Radios wird in die Reihe der wegweisenden Erfindungen des 19. und der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eingeordnet. Das Radio war das erste elektronische Kommunikationsmittel. Es gehörte zu den ersten Erfindungen, die man ohne spezielle technische Kenntnisse oder Fähigkeiten nutzen konnte.*

## Zeittafel

**1820.....**H.C.Orsted – Erste Beobachtung von Elektromagnetismus , weitere Erforschung durch A.- M.Ampere , F. Arago und M.Faraday.

**1861.....** J.P.Reis – Erster drahtgebundener Sprech-und Hörapparat , Basis späterer Telefon u. Kopfhörer.

**1873.....**J.C. Maxwell – Wellentheorie.

**1881.....**C.Adler – Erfindung des drahtgebundenen Hörfunk , dem Theatrophon.

**1888.....**H.Hertz – Nachweis der Maxwell vorausgesagten elektromagnetischen Wellen , dabei gelingt eine 10 Meter weite Übertragung.

**1892.....**D.E.Hughes – Erste Drahtlose elektromagnetische Morse – Signal-Übertragung.

**1893.....**N.Tesla – Führt seine drahtlose Übertragung vor.

**1895.....**A.S.Popow – Gelingt Übertragung 190 m weit.

**1901.....**G.Marconi – Gelingt Übertragung von einem Morsesignal über den Atlantik.

**1901.....**G.W.Pickard – Patent für erstes Detektorbauteil auf Halbleiterbasis.

**1906.....**V. Poulsen – Stellt Lichtbogensender vor ,überträgt als erster Sprache und Musik.

**1909.....**C.D.Herrold – Erster Nachrichtersender.

**1910.....**Frz. Post – Telegraph –Erster Zeitzeichen – Sender auf dem Eiffelturm.

## Die Anfänge

Dank naturwissenschaftlichen Experimenten und Entdeckungen in der Elektrizität und im Magnetismus sowie dank der Erfindungen der Nachrichtentechnik ( z.B. Telefon ) konnte der Hörfunk entstehen.

## **Wer ist der eigentliche Erfinder des Radios ?**

Wer hat's erfunden ? Die Frage ist beliebt , die Antwort nicht immer. Vor allem , wenn sie lautet : **Mehrere**. Doch so kompliziert ist die Wahrheit eben manchmal. Zum Beispiel bei der Erfindung des Radios, mit dem Radiowellen in den Aether geschickt und hörbar gemacht werden können. Denn was zur Grundlage des Rundfunks werden sollte , hat meistens drei **Väter**.

## **Einen einzigen Erfinder gibt es nicht....!**

Viele Wissenschaftler trugen dazu bei , dass das Radio entstand. Derjenige , der den grössten und mit Abstand wichtigsten Schritt machte , war der Russe A. S. **Popow**.

Nach dem abgeschlossenen Theologiestudium , wechselte er an die Universität St.Petersburg , wo er erfolgreich Physik und Mathematik studierte. **1882** begann er seine Forschungsprojekte an elektromagnetischen Wellen. Sein Forschungsergebnis war das Radio.



Bild wikipedia

**1896** veröffentlichte er in der Zeitung „Russische Gesellschaft für Physik und Chemie“ einen Artikel , den er „Gerät zur Aufspürung und Registrierung elektrischer Schwingungen“ nannte. Zum ersten Mal ist es jemanden gelungen , elektromagnetische Wellen zu empfangen.

### Popows-Erfindung



Bild : wikipedia

**1896** führte Popow seine Erfindung mehreren Wissenschaftlern vor. Ihm gelang es , elektromagnetische Wellen aus einer Entfernung von **250m** aufzufangen. Es begann die Entwicklung des Radios weltweit.

Bereits **1897** schaffte es Popow , dass seine Wellen bis zu **5** Kilometer weit empfangen werden konnten. **1900** erreichte eine Distanz von 100km.

Man entdeckte , dass sich die Radiowellen reflektieren , wenn sie auf ein Hindernis prallen. Damit hatte man sogar ungewollt das Prinzip des Radars entdeckt , was im Jahre **1940** kriegsentscheidend werden sollte.

Am **23.12.1900** fand die erste drahtlose Sprachübertragung statt. Zuerst mussten die Nachrichten und die Wettermeldungen noch mit dem

Morse Zeichen übertragen werden , Ton und Sprache war damals nicht möglich zu hören.

Zur gleichen Zeit fesseln die „unbekannten „Wellen auch einen jungen Schulabbrecher. Guglielmo Marconi lässt das Abitur sausen , hat also genügend Zeit für Experimente. Marconi schafft es wie Popow , elektromagnetische Wellen zu erzeugen und in einiger Entfernung durch ein Läuten hörbar zu machen. Seine Idee fand in der Schweiz kein Gehör deshalb geht er nach England und beantragt dort am 2.Juni 1896 ein Patent auf seine Vorrichtung. Schon bald funkt er über den Aermelkanal , später sogar über den Atlantik.

Gleichzeitig mit Popow und Marconi schafft es auch in den USA einer , elektromagnetische Wellen durch die Luft zu schicken , nämlich der Kroat Nikola Tesla. Doch kurz vor dem entscheidenden Versuch ist er vom Pech verfolgt. Sein Labor brennt ab , und so kann er erst ein Jahr nach Marconi ebenfalls ein Patent beantragen. Doch in den USA zweifelt niemand daran : Tesla hat das Radio erfunden. Die Italiener sind überzeugt : Marconi war `s , und in Russland wiederum feiert man bis heute den Jahrestag von Popows Vorführung als Geburtstag des Radios.

---

### Das Prinzip eines historischen Detektors

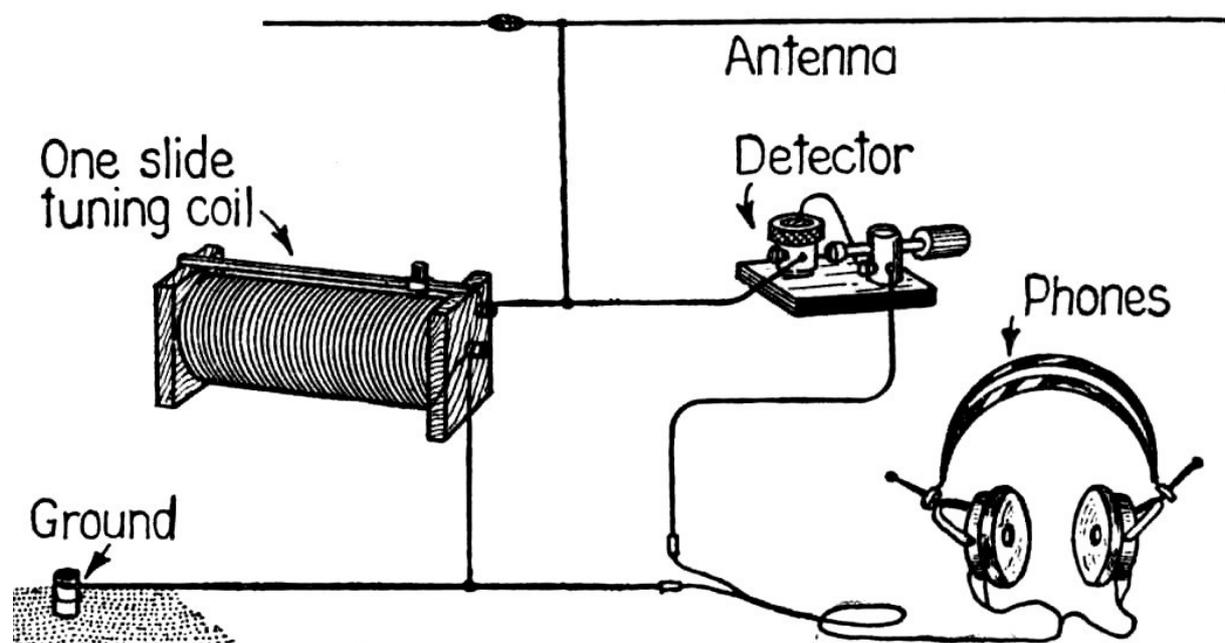


Bild : wikipedia

**Wichtige Wissenschaftler , die die Grundlagen der Übertragungstechnik erforschten .....**



*F.Arago 1786-1853*



*M. Farady 1791-1867*



*A.-M.Ampere 1775-1836*



*J.C.Maxwell 1831-1879*



*H.Hertz 1857-1894*

### Bemerkung

*Es war das Jahr 1895 , als verschiedene Erfinder es erstmalig schafften , elektrische Signale über eine lange Distanz zu senden. Der Name , der mit der Erfindung verknüpft wird , ist G.Marconi , obwohl Nikola Tesla im Jahre 1943 das Patent für das allmächtige Radio erhielt. Trotz allem wird heute Popow als Vater des Radios angesehen.*

### Quellen

[https://de.wikipedia.org/wiki/Erfindung\\_des\\_Radios](https://de.wikipedia.org/wiki/Erfindung_des_Radios)

<https://www.radiomuseum.org>

<http://www.sarganserland-walensee.ch>

<http://www.catawiki.de/stories/4237-wie-radios-die-Welt-veranderten>

<https://www.de /radio/bayern2/sendungen>

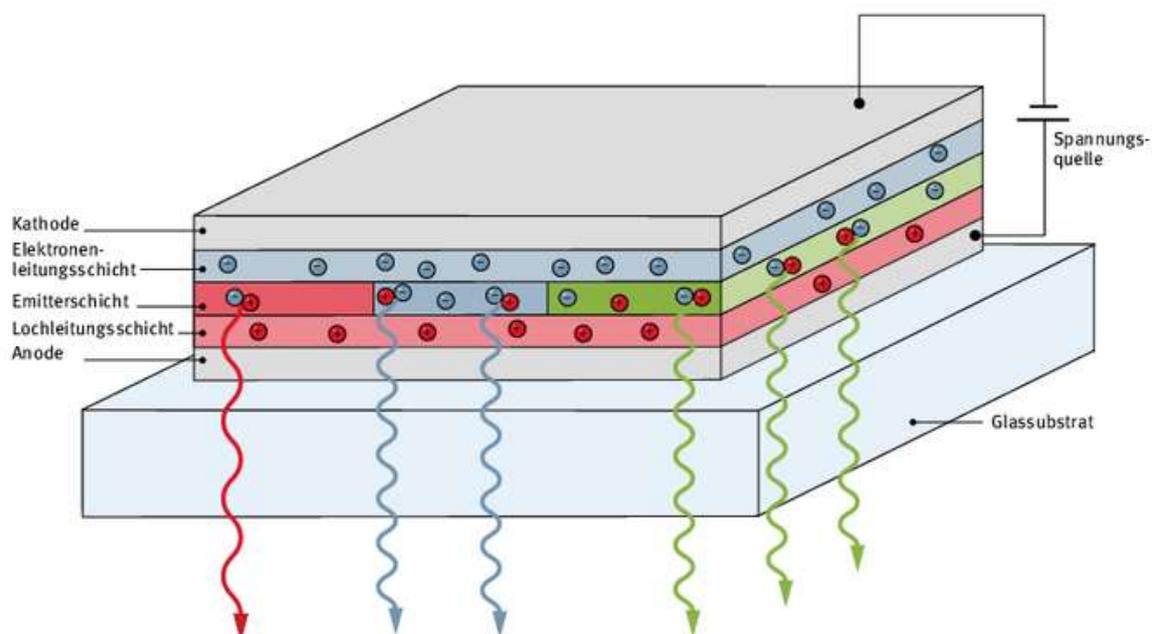
## Grundlagen der organischen Leuchtdioden

*Licht ist nicht gleich Licht : Jenseits des Sonnenlichts benötigen wir künstlich erzeugtes Licht , um unsere Zimmer , Bildschirme oder Handydisplays zu beleuchten. Dafür haben wir verschiedene Methoden.*

*Während zur Raumbelichtung vor allem LEDs und Energiesparlampen eingesetzt werden , sind in Flachbildschirmen heutzutage vor allem LCD-Displays verbaut. LCD-Bildschirme basieren beispielsweise auf einer Flüssigkristall-Technologie.*

*Eine Hintergrundbeleuchtung erzeugt das Licht , das anschliessend durch Ausrichtung von Flüssigkristallen unterschiedlich gefiltert wird und so verschiedene Farben erzeugt .*

*Eine andere Methode hat sich weiter durchgesetzt , die ohne Hintergrundbeleuchtung auskommt , nämlich die OLED-Technologie und ist noch energieeffizienter.*



CC by-nc-nd | [www.weltderphysik.de](http://www.weltderphysik.de)

### Aufbau einer organischen Leuchtdiode

*Bei den OLEDs gibt es eine Reihe von dünnen Schichten , an die eine Spannung von etwa 5Volt angelegt wird.Der Aufbau von den verschiedenen Schichten ist sehr aufwendig, lässt sich aber einfach darstellen.*

*Wir haben eine Anode und eine Kathode und in der Mitte einige Funktionsschichten. Von der Kathode fließen Elektronen in Richtung Anode und von der Anode werden Löcher (pos.Ladungsträger) in Richtung Kathode transportiert. In der Mitte treffen sich Löcher und Elektronen und können zur Anregung von Molekülen führen. Und diese Molekülen beginnen zu leuchten.*

*Das Wort „organic“bezeichnet die Verwendung von Kohlenstoff – Verbindungen.*

*OLEDs ermöglichen prinzipiell eine grossflächige und energieeffiziente Beleuchtung.Ihre Farbe hängt dabei von den angeregten Farbstoff – Molekülen ab ,den s.g. Emittermolekülen.*

*Ihre Mischung auf einem Raum von wenigen Millionstel Metern erlaubt die Erzeugung weiterer Farben.*

*Die Gösse eines OLED-Pixels beträgt nur einige Mikrometer. Sie sind also winzig klein und wenn man in so einem Pixel drei Farben erzeugt , kann das menschliche Auge kaum auflösen , deshalb sehen wir Weiss.*

*Das weisse Licht des OLEDs , zusammengesetzt aus rot , blau und grün leuchtenden Farbmolekülen , empfinden wir als warm und angenehm , da es in seiner Farbmischung dem Sonnenlicht ähnelt .*

*Eine weitere positive Eigenschaft der OLEDs ist ihre geringe Dicke , die im Bereich von Nanometern liegt.*

*OLED-Folien kann man zusammenrollen oder sogar gefaltet werden.*

*Eine technische Herausforderung stellt zur Zeit noch die begrenzte Lebensdauer der OLEDs im Vergleich zu anderen Bildschirmen dar.*

*Das organische Material nimmt nach einigen Tausend Stunden an Bildqualität aufgrund der Anregungen durch die Rekombination von Elektronen und Löchern ab.*

## Quellen

<http://www.weltderphysik.de>

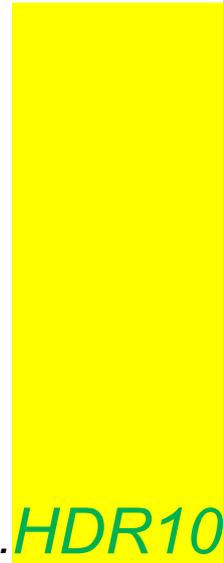
[https://www.itwissen.info/OLED -organic light](https://www.itwissen.info/OLED-organic-light)

[https://de.wikipedia.org/wiki/Organische\\_Leuchtdiode](https://de.wikipedia.org/wiki/Organische_Leuchtdiode)

LCD.....

.....OLED.....

.....HDR



Moderne Fernsehtechnologien



QLED.....Dolby Vision

Organische Leuchtdiode

## Trends in der Fernsehtechnologie

.....  
Gestern hiessen die Zauberworte noch HDR , OLED und QLED , jetzt ist von K8 und Micro LED die Rede. Was steckt dahinter ?

Das Wachstum lässt sich kaum aufzuhalten. Die Fernseh-Bildschirme werden immer grösser. Am weitesten treibt das nun Samsung : Der neue Superfernseher hat eine Bildschirmdiagonale von 146 Zoll , und entspricht einer Grösse von 3,7m. Doch die Grösse ist nicht die eigentliche Sensation sondern die Bildschirmtechnik. Samsung setzt das Display aus Millionen mikroskopischer Leuchtdioden zusammen. Diese Technik ist von grossen Werbetafeln schon bekannt. Nur konnte Samsung die einzelnen LEDs soweit schrumpfen , dass sie nur bei einer Armlänge Abstand zum Display mit blossen Auge erahnbar sind. Dementsprechend spricht Samsung von „Micro“-LED.

Diese Technik soll genauso farb-und kontraststark wie die OLED-Technik sein. Die arbeitet ebenfalls mit winzigen LEDs für jeden Bildpunkt , da sind die Leuchtdioden aber aus organischem Kunststoff statt aus Halbleiterkristallen gefertigt. Samsung verspricht sich von den Micro LEDs höhere Haltbarkeit , geringeren Stromverbrauch und mehr Helligkeit.



.....Micro-LED-Bildschirm

## Die neuen QLED Fernsehgeräte –

.....was steckt dahinter ?

Bislang galt die **OLED –Technologie** als wegweisende Technik , wenn es um die Bildqualität der TV-Geräte ging. Mit den innovativen OLED Fernsehern verschiedener Hersteller bekommen die OLED-Geräte nun mächtige Konkurrenz.



### Worin liegen die Unterschiede ?

Bei einem OLED Fernseher leuchten viele Millionen Bildpunkte (Pixel) , die jeweils aus einer **organischen** Leuchtdiode bestehen. Daher auch die Abkürzung OLED für „organic light emitting diode“.

Diese **mikroskopisch** kleinen Bauelemente beginnen **von sich aus** zu leuchten , **sobald** elektrische Spannung angelegt wird. Im Vergleich zu herkömmlichen Fernsehern benötigen OLEDs demzufolge auch **keine Hintergrundbeleuchtung** und können deshalb **dünn**er gebaut werden.



LG/Panasonic

Da die Flüssigkristalle von normalen **LED**-Bildschirmen eine Hintergrundbeleuchtung benötigen , ist die Wiedergabe von Bildkontrasten und insbesondere dunkler Szenen nicht optimal. Bei **OLED** Displays hingegen leuchten die Bildpunkte von sich aus und können bei Bedarf individuell oder komplett verändert werden. Rote , grüne , blaue und weisse **LEDs** lassen sich zu beliebig vielen Farben in tausenden Helligkeitsabstufungen bis hin zu einem tiefen , satten Schwarz mischen. Das ermöglicht optimale Bildkontraste , also eine immens klare Darstellung von hellen und dunklen Bildbereichen nebeneinander.

Merke....!

**OLED** steht für organic light emitting Diode , was übersetzt so viel bedeutet wie „Organische Diode“. Bei dieser Fernsehtechnologie handelt es sich also um eine Art Leuchtdiode. Organisch bedeutet in diesem Zusammenhang , dass die verwendeten Verbindungen aus Kohlenstoff bestehen. Das besondere ist , dass sie für die Leuchtkraft und Bilddarstellung des Geräts , in dem sie verbaut ist , zuständig ist.

**OLED ist sowohl Lichtquelle als auch Bildgeber.**

Und trotzdem wird ein neuer Weg eingeschlagen.....

Allerdings sind **OLED**-Geräte aufgrund der aufwendigen Produktions – Weise nach wie vor sehr teuer und somit auch wenig massentauglich. Zudem haben sie eine deutlich geringere Lebensdauer als etwa **LED-Fernseher**. Und genau das sind auch die Gründe , warum etwa Samsung nicht mehr in OLED Geräte investiert , sondern auf die Quantum-Dot-Technologie ( **QLED** ) setzt.



Samsung

### Was ist QLED ?

Der Unterschied zwischen **OLED** und **QLED** Fernseher liegt in der Art und Weise , wie das Display zum Leuchten gebracht wird. Während **OLED**- Geräte auf organischen Leuchtdioden basieren , funktionieren **QLED** auf der Grundlage von Nano-Partikeln , s.g. **Quantum Dots**. Daher auch die Abkürzung **QLED** , die für „**Quantum Dot Light Emitting Diodes**“ steht.

**QLED** ist die Weiterentwicklung von **LCD**-Fernsehern. Grundsätzlich entsteht das **LCD**-Bild auf Basis von Flüssigkristallen mit Farbfiltren , die durch eine Lichtquelle hinter dem Display zum Leuchten gebracht wird. Durch eine spezielle Kunststoff-Folie zwischen LED-Backlight und LCD-Panel wird das Licht gleichmässig über die Bildschirmfläche verteilt.

Das Besondere bei **QLED**-Geräten im Vergleich zu herkömmlichen **LCD-Fernsehern** liegt in der Beschaffenheit der Folie. Diese besteht bei **QLEDs** aus winzigen Nano-Partikeln (Quantum Dots) , die auf das LED-Backlight mit eigener Lichtstrahlung reagieren. Auf diese Weise wird in Summe ein sehr helles und reines Backlight erzeugt , das wiederum enorme Display-Helligkeiten von über **1.500Nits** sowie ein sehr farb-und kontrastreiches CTV-Bild ermöglicht.

*Damit werden zum einen die optimalen Voraussetzungen für die zukunftsweisende HDR-Technologie geschaffen , zum anderem verbrauchen die Geräte auch weniger Strom. Auch ermöglicht die QLED Technologie eine günstigere Fertigung , die sich allerdings bisher noch nicht zur Gänze im Preis für QLED-Geräte niedergeschlagen hat.*

### *Was versteht man unter HDR ?*

*CTV –Geräte benötigen in Zukunft extreme Helligkeiten , um Filme und Videospiele im neuen HDR-Format optimal sehen zu können. HDR oder High Dinamic Range bezeichnet dabei eine Technologie , mit der digitale Bilder in einem deutlich höheren Kontrastumfang und Farbspektrum dargestellt werden können. So ermöglicht HDR tiefere Schwarzwerte , eine höhere Displayhelligkeit sowie einen grösseren Farbumfang.*

*Um die HDR-Technologie voll ausschöpfen zu können , sind allerdings nicht nur entsprechende HDR-Inhalte erforderlich , sondern auch Displays ,die bestehende Standards wie HRD 10 oder Dolby Vision unterstützen. Als Faustregel gilt hier : Umso tiefer der Schwarzwert des Displays und umso höher die maximale Helligkeit , desto stärker kommt der HDR-Effekt zur Geltung.*

*Ein Vergleich : HDR-Geräte haben eine Helligkeit von rund 800Nits , während ein normales Fernsehgerät bei etwa 350 bis 500Nits liegt. HDR – 10-Displays verfügen sogar über eine Helligkeit von 1.000 bis 1.500Nits. Sie können daher auch 1024 Helligkeitsstufen wiedergeben , wobei die 10 für die Bit-Anzahl steht. Bei herkömmlichen Fernsehern mit 8 Bit lassen sich im Vergleich dazu nur 256 Helligkeitsstufen darstellen.*

### *HDR-Kompatibilität bei OLED und QLED*

*Die QLED –Technologie ist in der Lage , jene Helligkeit zu erzeugen , die für die HDR-Technologie erforderlich ist. QLED-Geräte sind daher in der Regel automatisch HDR kompatibel. OLED-Fernsehgeräte hingegen sind zwar in Hinblick auf Bildkontraste federführend , kommen jedoch nicht an die Helligkeit von QLED-Geräte heran. Allerdings ist das im Hinblick auf die HDR-Kompatibilität von OLEDs nicht wirklich*

problematisch , da es letztlich auf das Verhältnis von Hell und Dunkel ankommt.

Wie dieses Verhältnis für HDR kompatible CTV-Geräte aussen muss , wurde von UHD Alliance standardmässig festgelegt. Bei Erfüllung dieser Standards darf der Hersteller das CTV-Gerät mit dem LOGO „**Ultra HD Premium**“ auszeichnen.



### Was ist Ultra HD Premium ?

Mit einer neuen Spezifikation bzw. Richtlinie namens „**Ultra HD Premium**“ will man im Multimediabereich für etwas Ordnung sorgen , was Qualität im Bereich der **4-K** Geräte angeht. Verantwortlich für **Ultra HD Premium** ist die „**UHD Alliance**“.

Die **UHD Alliance** wurde von einigen Herstellern wie **Samsung , LG , Sharp und Panasonic** ins Leben gerufen , um einen gemeinsamen Konsens im Bereich 4K Ultra HD zu finden.

Die Eigenschaften , die bei der Vergabe eines Ultra HD Premiun-Logos auf einen neuen Fernseher die wichtigste Rolle spielen , sind die folgenden .

1. Auflösung
2. High Dynamic Range ( speziell für HDR 10)
3. Farbraum
4. Audioformate , wie DolbyAtmos oder Auro3D
5. Helligkeit / Kontrast

### Ultra HD Premium – Vorgaben für den neuen Standard

1. Die Auflösung 3840 x 2160 Pixel
2. Die Farbtiefe muss 10bit entsprechen
3. Farbraum BT 2020 muss eingehalten werden(Signaleingang)
4. Farbraum in Displaywiedergabe mindestens über 90% des DCI-P3
5. HDR – Standard : SMPTE ST 2084 EOTF
6. HDR-Details : Mindestens 1000nits Spitzenhelligkeit bei 0.05nits Schwarzwert oder mindestens 540nits bei 0,0003nits Schwarzwert.

### Fazit :

Der Vorsprung von **OLED** hat sich gegenüber dem **QLED**-System erheblich verringert. Während **OLED**-Geräte bei Bildkontrast, Blickwinkeln und Displaystärke die Nase vorn haben , punkten **QLED**-Geräte mit einer höheren Lebensdauer , geringerem Preis und einer besseren Performance in einer hellen Umgebung. **HDR**-Kompatibilität ist sowohl bei einem **OLED** als auch bei **QLED**-Fernseher möglich .

## QLED und OLED im Vergleich

### So funktioniert QLED

Im **QLED-Display** arbeiten s.g. Quantum-Dots. Dabei handelt es sich um Nano-Kristalle aus Halbleitermaterialien. Diese absorbieren Licht und geben es anschliessend wieder ab.

Je nach dem , wie gross der Kern eines Quantum-Dots ausfällt , wird eine andere Farbe dargestellt. Ein **QLED-Display** lässt sich somit mehrmals genauer ansteuern als ein OLED-Display. Trotzdem baut das **QLED** weiterhin auf einem LCD-Bildschirm auf.

Die **QLED-Displays** sollen letztendlich noch bessere Kontraste und ein noch tieferes Schwarz aufweisen. Die Helligkeit liegt laut Samsung ebenfalls höher als bei OLED-Displays. Auch bei sehr steilen Blickwinkeln soll sich das Bild kaum verdunkeln. Zudem wird der Farbraum DCI-P3 abgedeckt , damit sind Farben im Kinostandard möglich.

### So funktioniert OLED

Bei einem **OLED-Display** besteht jeder Bildpunkt aus zwei Elektroden. Eine der beiden Elektroden ist dabei transparent. Zwischen den Elektroden liegen Halbleiterschichten , die durch unterschiedliche Strom-Stärken unterschiedlich hell leuchten.

Jeder Bildpunkt leuchtet für sich. Im Vergleich zu **LCD-Bildschirmen** wird keine Hintergrundbeleuchtung mehr benötigt , was flachere Displays ermöglicht. Auch der bessere Kontrast und ein tieferes Schwarz haben **OLED** zu einer erfolgreichen Technologie gemacht.

Welche Technologie ist besser **QLED** oder **OLED** ?

**OLED** kommt aktuell bei Smartphones zum Einsatz aber auch bei vielen TVs z.B. **LG** , **Sony** und **Panasonic**. Auch einige Fernseher nutzen bereits **OLED-Bildschirme**. Diese sind in solchen Grössen jedoch recht teuer in der Produktion.

**Samsung** hat **QLED** genau aus diesem Grund entwickelt. Sollte **QLED** tatsächlich günstiger in der Produktion sein und keine spürbaren Nachteile aufweisen , könnte sich die Technologie im Bereich der Fernseher durchsetzen.

### Fazit

Die Unterschiede vom anorganischen **QLED** und organischen **OLED** sind grösser als man glaubt. Wie immer , machen auch hier , das Licht und geringfügig auch der Anschaffungspreis aus .Bei der **OLED-Technologie** ist bei ca. **20000** Betriebsstunden ein organischer Verfall bei Farbe und Helligkeit zu beobachten.

Die **QLED-Technologie** arbeitet mit anorganischen Teilchen und ist damit langlebiger als die organischen **OLEDs**. Das heisst die Farben und Helligkeit ist auch noch nach Jahren fast unverändert hoch. Bei **OLED-Displays** sinkt die Leuchtkraft bei einigen Farben hingegen sehr schnell.

Was aber viel schwerer ins Gewicht fällt der oft sehr schnelle Verlust der Helligkeit.

### Quellen

<http://www.samsung.com>

<http://www.entain.de/wiki>

<https://praxistipps.chip.de>

## OLED oder QLED ?

### Ein Wettstreit zwischen LG und Samsung

---

Die Frage , ob QLED oder OLED die bessere Bildqualität liefert ,lässt sich so einfach nicht beantworten. Zwei Hersteller , nämlich Samsung und LG haben die Nase vorn. Der Unterschied scheint klein zu sein , ist aber technisch gewaltig.

### QLED ist nichts anderes als eine Weiterentwicklung von LCD – Technologie.

---

Nun ,erinnern wir uns zunächst an die Funktion der **LCD-Bildschirmen !**

**LCDs** sind aus organischem Material aufgebaut und funktionieren wie winzig kleine Lichtschalter. Ein **LCD-Bildschirm** besteht also aus millionen solcher Lichtschalter. Sie werden vor eine Lichtquelle plziert und lassen Licht durch oder nicht. Jeder dieser kleinen Bildpunkte (Pixel) auf einem Bildschirm ist ein Flüssigkristall und wird elektronisch ein und ausgeschaltet. Je nach Ladung des Kristalls wird mehr oder weniger Licht hindurch gelassen.

---

### Kurz zusammengefasst:

Ein LCD-Bildschirm benötigt eine Lichtquelle ,Flüssigkristalle und Farbfilter. Je nach elektrischer Ladung wird eine bestimmte Menge Licht durch die Kristalle durchgelassen bzw. gefiltert. Durch die Kombination aus je einem grünen , blauen und roten Flüssigkristall , kann jede denkbare Farbe erzeugt werden.

---

## Nachteile des LCD-Bildschirms

LCD hat einige Nachteile und einer davon ist , die Erzeugung der Farbe „Schwarz“. Grundsätzlich ist Schwarz keine Farbe , sondern das Nicht-Vorhandensein von Licht. Mit einer Hintergrund-Lichtquelle und dem extrem dünnen Bildschirm ist es bei LCD fast unmöglich gar kein Licht durchzulassen. Der Schwarzwert erscheint somit eher grau.

Das andere Problem der LCD-Geräte stellt der vergleichsweise hohe Stromverbrauch dar.

Ein weiteres Anfangsproblem war die Schnelligkeit bei schnell bewegten Bildern.

Ein Problem gibt es vor allem bei grossen LCD-Bildschirmen jedoch immer noch : Sie sind teuer in der Produktion.

.....  
Die Weiterentwicklung bescherte uns mit der QLED-Technologie.

## QLED-Technologie

Die Weiterentwicklung von Samsung zum QLED-Fernseher konzentriert sich vor allem aufs Backlight. Das erzeugen weiterhin LEDs , anschliessend passiert es jetzt aber eine Folie mit speziellen Nano-Partikeln .Diese „Quantum Dots“ reagieren auf das LED-Licht mit einer Lichtstrahlung. So entsteht in der Summe ein sehr kräftiges und farbreines Backlight.

Zusammengefasst :

QLED –Geräte sind also besonders farb-und kontrastreiche LCD-Fernseher.

.....

## OLED – Technologie

---

OLED –Bildschirme kommen ohne Backlight aus:

### Die Bildpunkte leuchten selbst.

Die bestehen aus Millionen winziger Leuchtdioden aus organischem Material, daher das O für „Organic“. So bezeichnen Chemiker Kohlenstoff-oder erdölbasierte Verbindungen als organisch.

Man könnte grundsätzlich auch Plastik LEDs bezeichnen, im Gegensatz zu den üblichen kristallinen LEDs.

### Die Vorteile der selbstleuchtenden Pixel :

Für schwarze Bildteile bleiben entsprechende Leuchtdioden einfach aus, schwärzer geht nicht. Bei LCD - Bildschirmen schimmert dagegen auch bei schwarz geschalteten Bildpunkten immer ein Rest vom Blacklight durch. Die Farbwiedergabe wiederum ist ähnlich prächtig wie bei den QLED-Geräten , zumal vor dem tiefschwarzen Hintergrund Farben besonders knackig wirken.

### Und ein schöner Nebeneffekt .....

OLED – Bildschirme sind nur einige Millimeter dünn.

Etwas Vorsicht ist bei der Wiedergabe von Standbildern auf OLED-Bildschirmen geboten. Die können sich prinzipiell einbrennen, dank Schutzmechanismen , wie Bildschirmschonern tritt dieses Phänomen im Alltag aber kaum auf.

---

## Farb-Darstellung im Test : QLED und OLED ähnlich

Aufgrund der gravierenden Unterschiede im Aufbau ist es bemerkenswert, wie ähnlich die Ergebnisse ausfallen :

So überzeugten z.B. der günstigste **OLED-Fernseher** LG und das ähnlich teure **QLED-Fernseher** im Test mit nahezu perfekter **Farbwiedergabe**.

Die Zeiten unnatürlich rosiger Hauttöne und glattgebügelter Texturen auf Flachbildschirmen sind längst vorbei. Mit satten und klaren Grundfarben sowie in allen Schattierungen punktgenau abgestimmten Mischtönen bieten die beiden Konkurrenzen keinerlei Anlass zur Kritik.

Das gilt auch für das erweiterte Farbspektrum von **HDR-Material**. **HDR-Filme** können bis zu einer Milliarde Farben enthalten ( **10 Bit** für Rot , grün und Blau) , bisherige Filme auf Discs , aus TV-Sendungen und Internet-Streams bringen es auf **16 Millionen** (8Bit).

Auch diese Farbenpracht decken beide Technologien mit sehr grosser Genauigkeit ab. Dank- **Ultra-HD –Auflösung** mit **3840x2160** Bildpunkten sind mit blossen Augen keine einzelnen Pixel mehr zu erkennen. Unterschiede zwischen **OLED** und **QLED** sieht man am ehesten mit hellstem Weiss und tiefstem Schwarz.

---

### Quelle

<http://www.computerbild.de>

<https://www.giga.de>

<https://www.digitec.ch>

<https://www.entain.de/wiki/fernseher>

## Prüfungsaufgaben

1. Ein Ausgangsübertrager hat ein Übersetzungsverhältnis von  $36 : 1$  und ist primär für eine Impedanz von  $6000\Omega$  gewickelt.

Berechne:

a.) Die Impedanz der LS-Schwingspule.

b.) Welche Stromstärke durchfließt die Schwingspule bei einer modulierten Ausgangsleistung von  $10W$  ?

.....

2. Das De-emphasisglied eines FM-Empfängers soll eine Zeitkonstante von  $50\mu s$  aufweisen. Die verwendete Kapazität beträgt  $200pF$ . Berechne den dazugehörigen Widerstand...!

.....

3. Ein  $\lambda/2$  Dipol mit Zusatzelementen, Fusspunkt-widerstand  $80\Omega$  soll mit einem  $\lambda/4$ -Trafo an ein Feederkabel  $240\Omega$  angepasst werden. Empfangsfrequenz  $91MHz$ .

Berechne:

a.) Länge des Dipols ohne Verkürzungsfaktor

b.) Länge des  $\lambda/4$ -Stückes, wenn der Velocity-Factor  $0,68$  beträgt

c.) Impedanz  $\lambda/4$ -Transformators

.....

4. Auf dem Schirm eines K.O. erzeugt eine sinusförmige Wechselspannung von  $2V$  Eff. einen Upp von  $28mm$ . Welche Auslenkung ergäbe eine Gleichspannung von  $8V$ ?

## Lösungen

1. a)  $Z = 4.6\Omega$    b.)  $I = 1.475A$    2.)  $R = 0.25M\Omega$    3. a)  $l = 1.64m$

b.)  $l = 0.56m$    c.)  $Z = 138.5\Omega$    4.)  $h = 40mm$

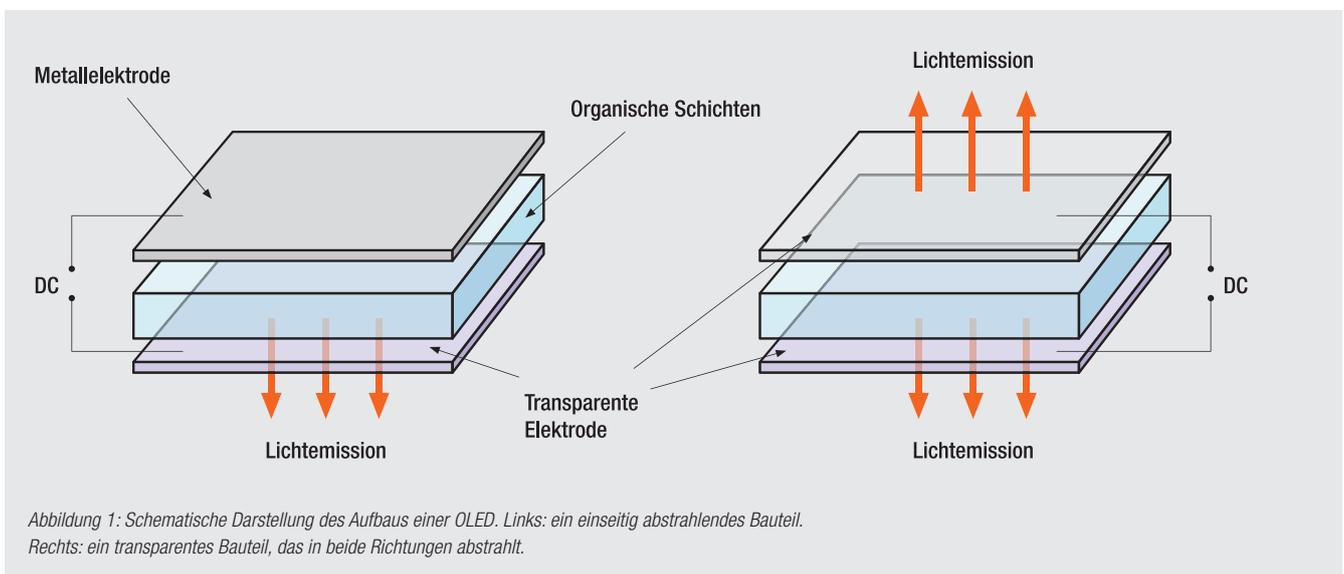
# Einführung in die OLED-Technologie.

# 1. Allgemeine Eigenschaften

## 1.1. Aufbau

Eine organische Leuchtdiode (engl. organic light-emitting diode, OLED) besteht aus mehreren organischen Halbleiterschichten zwischen zwei Elektroden, von denen mindestens eine transparent ist. In Abbildung 1 sind zwei verschiedene OLED-Typen schematisch dargestellt: ein einseitig abstrahlendes Bauteil (links) und ein transparentes, das Licht sowohl nach oben als auch unten abstrahlt (rechts). Bei der Herstellung einer OLED werden organische Schichten nacheinander auf ein leitfähiges Substrat aufgebracht, gefolgt von einer weiteren leitfähigen Elektrode. Ein weitverbreiteter Aufbau basiert auf einem mit Indiumzinnoxid (ITO) beschichteten Glassubstrat als transparente Anode und einer dünnen, lichtundurchlässigen Metallschicht als Kathode.

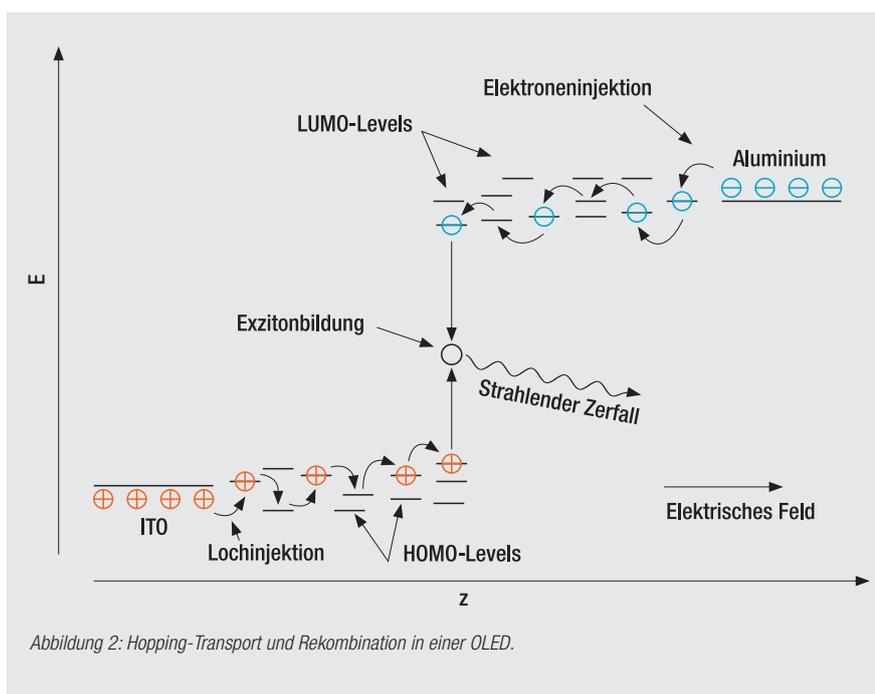
Der organische Schichtstapel (Stack) einschließlich der Elektroden ist in der Regel dünner als  $1\ \mu\text{m}$ . Für die Herstellung von organischen, Licht emittierenden Bauteilen werden allgemein zwei verschiedene Klassen von organischen Materialien verwendet: polymere Substanzen und so genannte „Kleinmolekülmaterialien“ (engl. small molecules), die keine Orientierungseigenschaft besitzen und daher amorphe Schichten bilden. Ein interessanter Aspekt der organischen Optoelektronik ist der mögliche Einsatz von einfachen Siebdruck- oder Nassabscheidungsverfahren, die eine wirtschaftliche Herstellung großflächiger Bauteile ermöglichen. Dies trifft heutzutage nur auf organische Polymere zu. Bei der Herstellung auf Basis kleiner Moleküle müssen hingegen Aufdampfverfahren angewendet werden.



## 1.2. Hopping-Transport und Rekombination

Wird eine Gleichspannung an die Elektroden angelegt, können die injizierten Elektronen und Löcher in den organischen Schichten rekombinieren und strahlen Licht in einer bestimmten Farbe ab. Die Farbe des Lichts hängt von der Beschaffenheit des organischen Materials ab. Die Leitfähigkeit organischer Halbleiter ist um ein Vielfaches geringer als die von anorganischen Halbleitern, da der Ladungsträgertransport in organischen Halbleitern auf individuelle Hopping-Prozesse zwischen mehr oder weniger isolierten Molekülen oder entlang von Polymerketten angewiesen ist (Abbildung 2). Des Weiteren ist das Energiebändermodell mit delokalisierten Wellenfunktionen in der organischen Elektronik nicht anwendbar. Die relevanten Fachbegriffe sind nicht „Valenzband“ oder „Leitungsband“, sondern „HOMO“ (engl. highest occupied molecular orbital), das Energieniveau des höchsten besetzten Molekülorbitals,

und „LUMO“ (engl. lowest unoccupied molecular orbital), das Energieniveau des niedrigsten unbesetzten Molekülorbitals. Bevor es strahlend zerfällt, bildet ein Elektronen-Loch-Paar in einem Zwischenschritt ein Exziton, das schließlich Licht abstrahlt, wenn es zerfällt. Ein Farbstoffmolekül ist entweder ein fluoreszierender oder phosphoreszierender Emitter. Nur in phosphoreszierenden Emittern können alle Exzitonen – Singulett- und Triplett-Exzitonen – strahlend zerfallen. In fluoreszierenden Emittern hingegen strahlen drei Viertel der Exzitonen – die Triplett-Exzitonen – kein Licht ab. Es wird folglich ein maximaler intrinsischer Wirkungsgrad von nur 25 % erreicht, weshalb der Einsatz von fluoreszierenden Emittern möglichst vermieden wird. Bislang ist jedoch die Lebensdauer phosphoreszierender Emitter, vor allem bei kurzen Wellenlängen (Blau), geringer als die Lebensdauer fluoreszierender Emitter.



### 1.3. Emissionsspektrum

Organische Moleküle haben in der Regel ein breites Emissionsspektrum (Abbildung 3). Wie bereits erwähnt, bestimmt das Material die Farbe des abgestrahlten Lichts. Aus diesem Grund kann die Emission auf praktisch jede Farbe, einschließlich Weiß mit jeder möglichen Farbtemperatur, abgestimmt werden, indem mehrere verschiedene Schichten in einem

Bauteil gestapelt werden. Dies ist möglich, da organische Schichten im sichtbaren Spektralbereich nahezu transparent sind. Die meisten weißen OLED bestehen aus einer roten, einer grünen und einer blauen Emissionsschicht, die zusammen hochwertiges weißes Licht erzeugen.

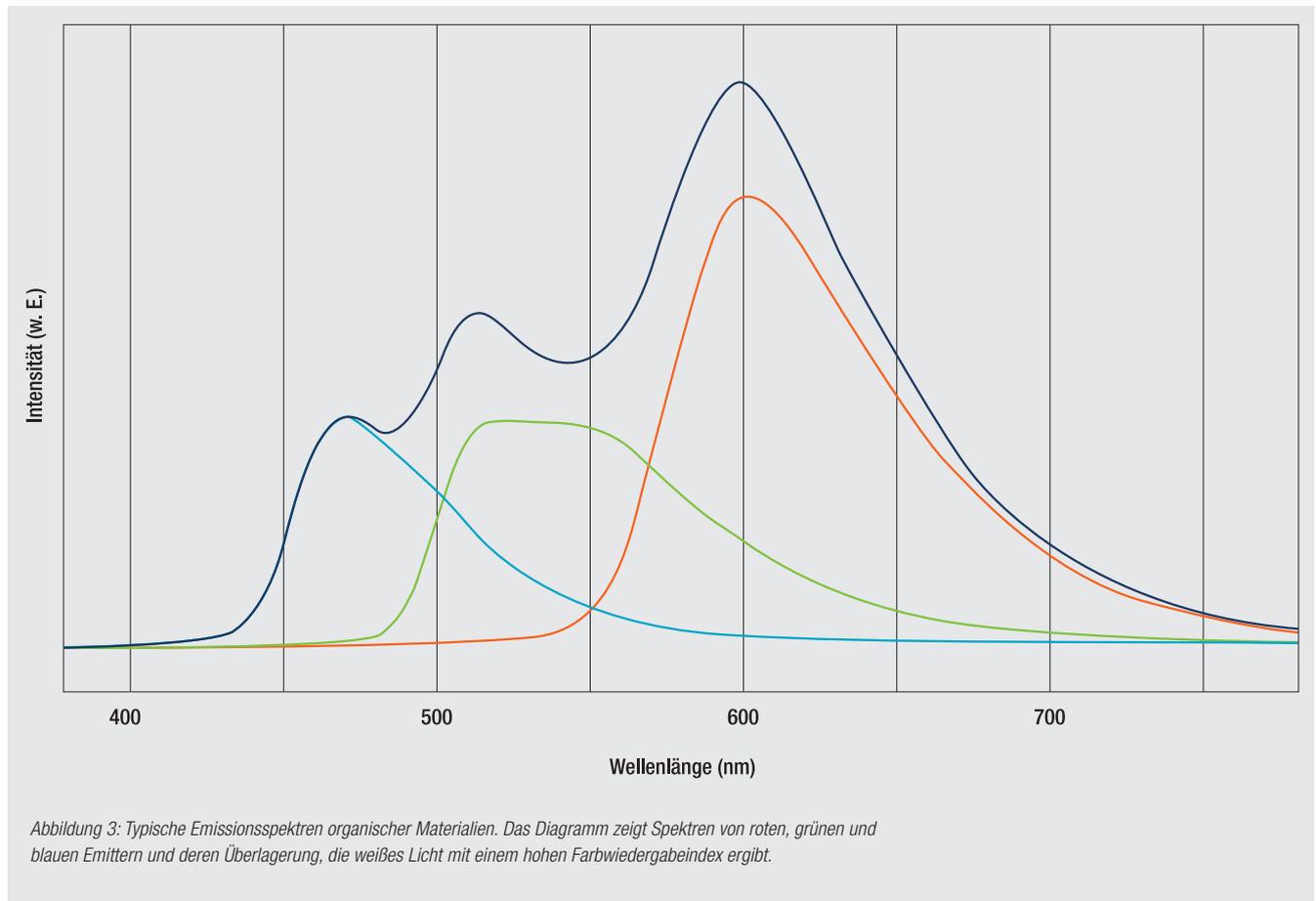


Abbildung 3: Typische Emissionsspektren organischer Materialien. Das Diagramm zeigt Spektren von roten, grünen und blauen Emittoren und deren Überlagerung, die weißes Licht mit einem hohen Farbwiedergabeindex ergibt.

### 1.4. Dotierung

Bei organischen Halbleitern nutzt man Dotierung zur Steigerung der Leitfähigkeit des Materials und zur Verbesserung der Trägerinjektion der Elektroden in die organischen Materialien. Dies ermöglicht die Entwicklung von Bauteilen mit intrinsisch undotierten aktiven Schichten, die von p- und n-dotierten Schichten eingeschlossen werden und deshalb auch „PIN-Dioden“ genannt werden. Zusätzlich zur Verbesserung der elektrischen Leistung bietet eine solche Bauweise die Möglichkeit, die Bauteildicke bei gleichbleibender Betriebsspannung zu erhöhen. Die Gesamtdicke des Bauteils zwischen den Elektroden sollte einige Hundert Nanometer betragen, um einen ausreichenden Schutz gegen Kurzschlüsse zu gewährleisten. Diese werden oft durch Partikel, die während des Aufdampfens der organischen Schichten auf dem Substrat auftreten, oder durch Unebenheiten auf dem Substrat verursacht.

Eine Dotierung ermöglicht auch die Reihenschaltung mehrerer aktiver Schichten innerhalb eines Bauteils (Abbildung 4). Ein

PN-Übergang zwischen den Schichten, der in Sperrrichtung betrieben wird, verhält sich wie ein Tunnelkontakt: Die Ladungsträger bewegen sich direkt vom HOMO-Level der einen Schicht zum LUMO-Level der angrenzenden Schicht. In der OLED-Community werden diese Übergänge oft „Ladungserzeugungsschichten“ (engl. charge generation layers, CGLs) genannt, da Elektronen-Loch-Paare an der Übergangsstelle gebildet und durch das elektrische Feld getrennt werden.

Den Aufbau eines Bauteils mit immanenter Reihenschaltung bezeichnet man als „Stacking“ (engl. für Stapeln). Ein weißes Bauteil mit beispielsweise zwei Schichten erreicht grundsätzlich die gleichen Leuchtdichtewerte wie ein einfaches Bauteil, benötigt aber halb so viel Strom, da es zwei Emissionsschichten hat, und eine doppelt so hohe Spannung. Im Vergleich zu einfachen PIN-Bauteilen bieten mehrschichtige Bauteilarchitekturen mehrere Vorteile hinsichtlich Lebensdauer, optischen Eigenschaften etc. Auf diese wird später noch näher eingegangen.

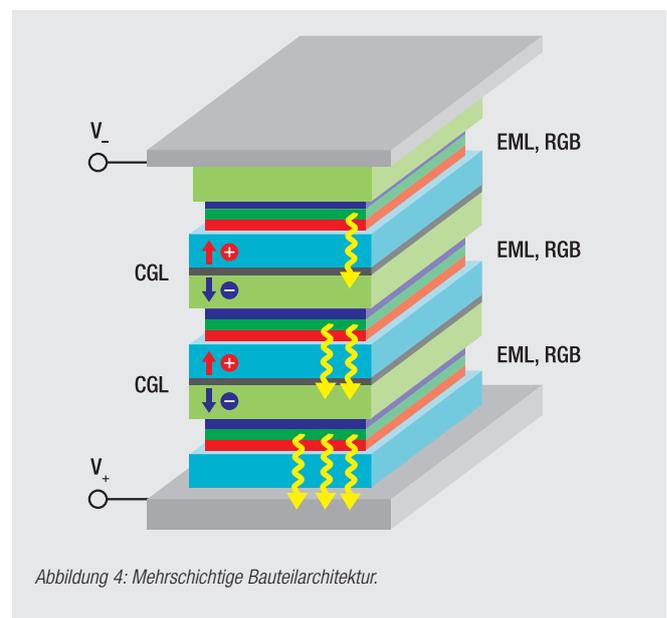
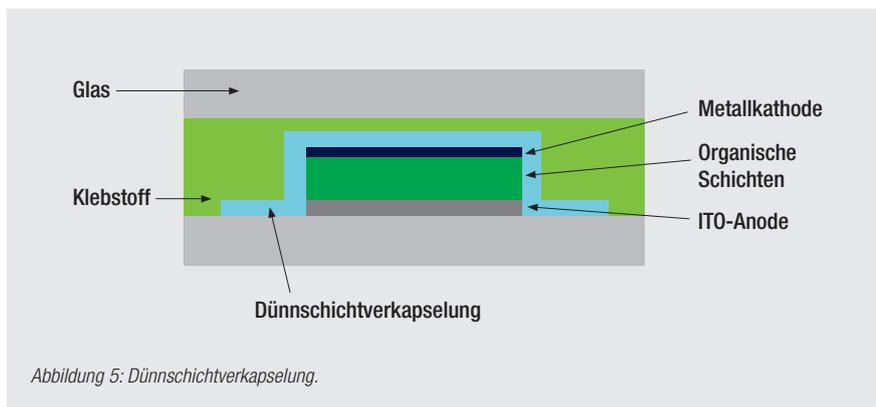


Abbildung 4: Mehrschichtige Bauteilarchitektur.

### 1.5. Verkapselung

Die organischen Schichten müssen vor Luft geschützt werden, da sie empfindlich gegen Feuchtigkeit und Sauerstoff sind und im ungeschützten Zustand degradieren. Abbildung 5 zeigt eine mögliche Verkapselungstechnik. Man sieht eine dünne, aber sehr dichte amorphe Oxidschicht, die auf der Kathode aufgebracht ist und eine ausreichende Permeationsbarriere bietet. Aufgrund ihrer geringen Dicke muss diese sog. „Dünnschichtverkapselung“ (engl. thin-film encapsulation, TFE) vor mechanischen Schäden geschützt werden, zum Beispiel durch Aufaminieren einer zusätzlichen Glasschicht oder durch Aufbringen einer Lackbeschichtung.



## 1.6. Optischer Resonator

Das dünne Schichtsystem einer OLED bildet einen optischen Resonator in Richtung der Oberflächennormale, d. h. ein optisches System mit einer Gesamtdicke von einigen Wellenlängen des abgestrahlten Lichts und je einem Spiegel an jedem Ende. Eine OLED ist streng genommen ein Halbresonator, da sich nur die Metallkathode wie ein echter Spiegel verhält. Abhängig von der Dicke und den Brechungsindizes der Materialien erzeugt der Resonator bei Licht einer bestimmten Wellenlänge eine oder mehrere Resonanzen. Je höher der Abstrahlwinkel ist, mit dem die Lichtstrahlen das Bauteil verlassen, desto mehr verschiebt sich die Farbe des emittierten Lichts.

Dementsprechend kann die Emissionsfarbe einer OLED stark vom Abstrahlwinkel abhängen. Diese Abhängigkeit kann durch eine kluge Auslegung der Schichtdicken sowie der Position der Emitter gegenüber der reflektierenden Kathode minimiert werden. Dies bedeutet auch, dass es bei der Lichterzeugung innerhalb eines Resonators immer eine optimale Position gibt, von der aus ein Emitter das Licht einer bestimmten Wellenlänge mit höchster Effizienz abstrahlt. Diese optimale Position wird durch die Anpassung der Schichtdicken der nicht emittierenden Schichten erreicht.

## 1.7. Wellenleitende Eigenschaften

Der Stack bildet nicht nur einen Mikroresonator, sondern besitzt zudem auch wellenleitende Eigenschaften. Die Lichterzeugung in den aktiven Schichten erfolgt isotrop, aber nur ein kleiner Anteil des Lichts verlässt tatsächlich das Bauteil. Dieser Anteil befindet sich innerhalb des sog. „Austrittskegels“, der durch die Bedingung der inneren Totalreflexion an den Übergängen definiert ist. Der weit größere Anteil (ca. 85 %) geht durch Wellenleitung in den organischen Schichten und im Substratglas verloren. Diese Einschränkung kann umgangen werden, indem man zusätzlich einen Diffusorfilm auf das Substratglas aufbringt, der an dessen Brechungsindex angepasst ist und Licht streuende Partikel enthält.

In einem solchen Fall dringt Licht, das sich im Substrat befindet, in den Diffusorfilm ein, verändert durch Ablenkung an einem Partikel seine Richtung und verlässt den Diffusorfilm schließlich in einem geeigneten Winkel. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass mehr Licht genutzt wird und somit eine höhere Gesamtleistung des Bauteils und eine bessere Farbmischung aufgrund der statistischen Streuung aller Wellenlängen erreicht wird. Dies hat eine weitaus geringere Winkelabhängigkeit der Emissionsfarbe zur Folge. Der einzige Nachteil eines Diffusorfilms ist der Verlust der spiegelähnlichen Erscheinung des Bauteils im ausgeschalteten Zustand, wenngleich der Diffusorfilm selbst eine hochglänzende Oberfläche besitzt.

### 1.8. Leitfähigkeit

Eine große Herausforderung großflächiger OLED ist die eingeschränkte Leitfähigkeit des Elektrodenmaterials, insbesondere der transparenten leitfähigen Oxide (engl. transparent conducting oxides, TCOs). Die Leitfähigkeit zum Beispiel von Indiumzinnoxid (ITO) ist um etwa zwei Größenordnungen geringer als die von Aluminium. Dies führt zu einem signifikanten Spannungsabfall in der transparenten Elektrode und verursacht – abhängig vom Abstand zu den elektrischen Kontakten – eine Abnahme in der lokalen Betriebsspannung der aktiven Schichten. Infolgedessen verringert sich die Strahlungsintensität von den Rändern hin zum Mittelpunkt des Bauteils. Zur Abminderung des lateralen Spannungsabfalls können leitfähige Hilfsstrukturen aus Metall auf die ITO-Anode aufgebracht werden: Während dies die durchschnittliche Leitfähigkeit der Anode erhöht,

wird nur ein geringer Anteil der aktiven Fläche abgeschattet und so eine gleichmäßigere Leuchtdichteverteilung erzielt.

Die Ersatzschaltung für ein großflächiges Bauteil ist eine Reihenschaltung von drei Widerständen, welche die Anode, die organischen Schichten und die Kathode repräsentieren. Je höher der differentielle Widerstand der organischen Schichten am Betriebspunkt ist, desto geringer ist der Spannungsabfall entlang der Elektroden, was zu einer verbesserten Homogenität der Leuchtdichte führt. Da mehrschichtige Bauteilarchitekturen einen weitaus höheren differentiellen Widerstand haben, ist „Stacking“ eine Methode, mit der die Homogenität bzw. Leistung von großflächigen Bauteilen auch ohne den Einsatz von Hilfsstrukturen verbessert werden kann.

### 1.9. Lebensdauer

Während der Lebensdauer einer OLED fällt die Leuchtdichte unter Konstantstrom monoton ab. Der Widerstand und somit auch die Betriebsspannung steigen entsprechend an. Die Lebensdauer hängt überlinear von der emittierten Strahlungsintensität (bzw. Stromdichte) und der Temperatur ab. Insbesondere die Temperatur muss bei der Entwicklung von OLED-Leuchten berücksichtigt werden. Beim Betrieb von großflächigen Bauteilen mit einer hohen Leuchtdichte können deutlich

erhöhte Temperaturen auftreten. Es sollte eine Wärmeableitung an die Umgebung sichergestellt werden, um eine lange Lebensdauer des Bauteils zu erreichen. In diesem Fall bieten mehrschichtige Bauteilarchitekturen bei konstant bleibender Helligkeit die Möglichkeit, die Helligkeit jedes einzelnen Abschnitts zu vermindern, wodurch Alterungsmechanismen verlangsamt werden.

### 1.10. Besondere Eigenschaften

OLED haben mehrere besondere Eigenschaften:

- Sie können sehr dünn und daher sehr leicht sein. Diese Eigenschaft ist vorwiegend bedingt durch die Dicke des Substrats und der Verkapselung.
- Sie sind blendfreie Flächenlichtquellen, die im ausgeschalteten Zustand transparent sein können oder ein spiegelähnliches oder milchiges Erscheinungsbild haben.

- Sie bieten eine hohe Farbqualität und nach dem Anschalten sofort volle Leistung.
- Sie haben das Potenzial, mit Leuchtstofflampen in Bezug auf Effizienz und Lebensdauer gleichzuziehen oder sie sogar zu übertreffen, und sind dabei 100 % quecksilberfrei.
- Sie erzeugen weder UV- noch IR-Strahlung.
- Zukünftige Produkte, die auf OLED-Technologie basieren, könnten sogar formbar oder flexibel sein.

## 2. Elektro-optische Eigenschaften

### 2.1. Abstrahlung

OLED sind in guter Näherung Lambert-Strahler, d. h. sie erscheinen unabhängig vom Betrachtungswinkel immer gleich hell. Diese Eigenschaft kann bis zu einem bestimmten Grad modifiziert werden, indem man die Beschaffenheit des Mikroresonators verändert. Eine effektive Formung der Abstrahlung ist nur mithilfe von zusätzlichen externen optischen Elementen wie z. B. Mikrolinsen-Arrays möglich. Wie bereits erwähnt, weist die Emissionsfarbe einer OLED eine deutliche Winkelabhängigkeit auf, die durch das Aufbringen eines Diffusorfilms auf der emittierenden Oberfläche minimiert werden kann. Wie Abbildung 6 zeigt, kann die Winkelverschiebung einer Farbe im CIE-Farbraum mittels eines Diffusorfilms um mehr als eine Größenordnung verringert werden – bei gleichzeitiger Steigerung der Auskopplungseffizienz um bis zu 50 %.

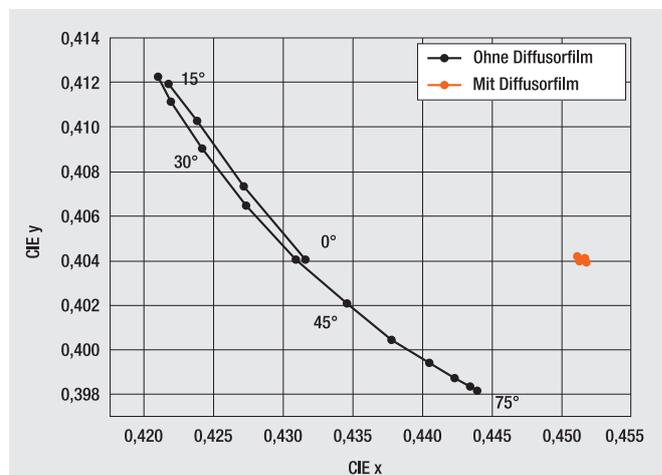


Abbildung 6: Farbkoordinaten der Abstrahlung einer OLED unter verschiedenen Betrachtungswinkeln von 0° bis 75° ohne und mit Diffusorfilm.

### 2.2. Strahlungsintensität

Die Strahlungsintensität von OLED wird im Allgemeinen durch ihre Leuchtdichte bestimmt. Die Leuchtdichte ist ein Maß für die Lichtstärke pro Flächeneinheit des in eine bestimmte Richtung abgestrahlten Lichts. Die Maßeinheit der Leuchtdichte ist  $\text{cd}/\text{m}^2$  und wird oft auch „nit“ genannt. Typische Leuchtdichtewerte liegen zwischen  $300 \text{ cd}/\text{m}^2$  (Stimmungsbeleuchtung) und einigen Tausend  $\text{cd}/\text{m}^2$  (Allgemeinbeleuchtung). Dies ergibt einen Lichtstrom von 10 bis 100 Lumen bei einer Bauteil-

fläche von  $100 \text{ cm}^2$ . Die Wirkungskraft von OLED und anderen Lichtquellen wird in Lumen pro Watt gemessen und wird „Lichtausbeute“ genannt. Spezifikationen geben mitunter auch die externe Quantenausbeute an, die die Anzahl der erzeugten Photonen in Beziehung zur Anzahl der injizierten Elektronen-Loch-Paare setzt. Die in technischen Informationen veröffentlichten Leistungsdaten beziehen sich in der Regel auf einen Betrieb bei  $2.000 \text{ cd}/\text{m}^2$ .

### 2.3. I-U- und I-L-Charakteristik

Abbildung 7 zeigt eine typische relative elektro-optische Charakteristik. Die Leuchtdichte verhält sich in guter Näherung direkt proportional zum Betriebsstrom. Abhängig von der Anzahl der Emitterschichten werden mehrschichtige Bauteile bei einem Vielfachen der Betriebsspannung eines einfachen Bauteils betrieben. Gleichzeitig ist der Betriebsstrom geringer, sodass die Lichtausbeute beider Bauteilarchitekturen ungefähr gleich ist. Da jedoch der differentielle Widerstand, d. h. die Steigung der Spannungs-Leuchtdichte-Charakteristik, verringert wird, sind mehrschichtige Bauteilarchitekturen für die Herstellung von großflächigen Bauteilen besser geeignet (siehe Abschnitt 1.4.).

### 2.4. Farbwiedergabeindex

Der Farbwiedergabeindex (engl. color rendering index, CRI) ist ein quantitatives Maß für die Fähigkeit einer Lichtquelle, die Farben verschiedener Objekte ähnlich einer natürlichen Lichtquelle zu reproduzieren. Ein CRI von 100 bedeutet, dass die Lichtquelle die gleichen Beleuchtungseigenschaften besitzt wie eine Glühlampe (CCT < 5.000 K) oder Tageslicht (CCT > 5.000 K). Jeder Wert unter 100 gibt ein Defizit in mindestens einem der Spektralbereiche an. Wie in Abschnitt 1.3. erwähnt, haben organische Moleküle normalerweise ein breites Emissionsspektrum und ein CRI von über 80 kann leicht durch die Kombination eines roten, eines grünen und eines blauen Emitters erreicht werden (siehe Abbildung 1). Das Emissionsspektrum verdeutlicht auch, dass OLED weder UV- noch IR-Strahlung abgeben.

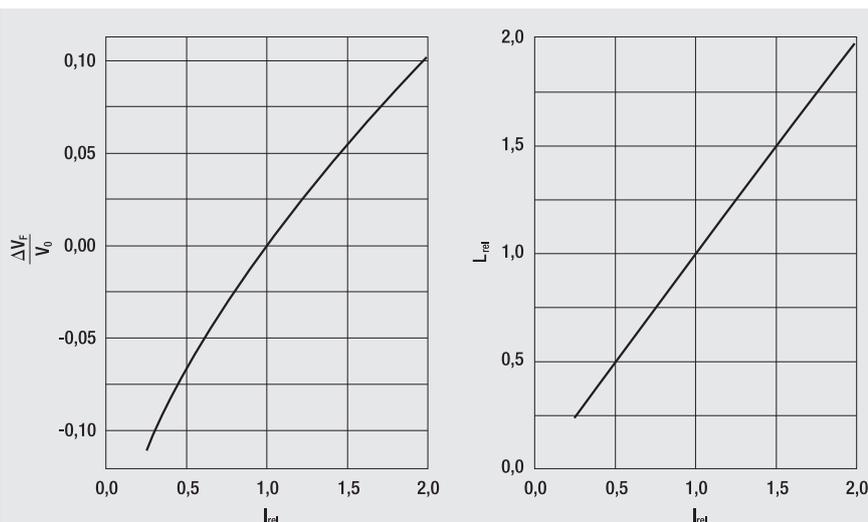


Abbildung 7: I-U-Charakteristik (links) und I-L-Charakteristik (rechts) in relativen Einheiten. Ein relativer Strom bzw. eine relative Leuchtdichte von 1 und eine Spannung von 0 beziehen sich auf typische Betriebsbedingungen.

**OSRAM AG**

**Hauptverwaltung**

Hellabrunner Straße 1  
81543 München  
Fon +49 (0)89-6213-0  
Fax +49 (0)89-6213-20 20  
www.osram.de

**Kunden-Service-Center  
(KSC) Deutschland**

Albert-Schweitzer-Straße 64  
81735 München  
Fon +49 (0)89-6213-60 00  
Fax +49 (0)89-6213-60 01