

## Grundlagen

Funktionsprinzip UV-reaktiver Fertigungsprozesse

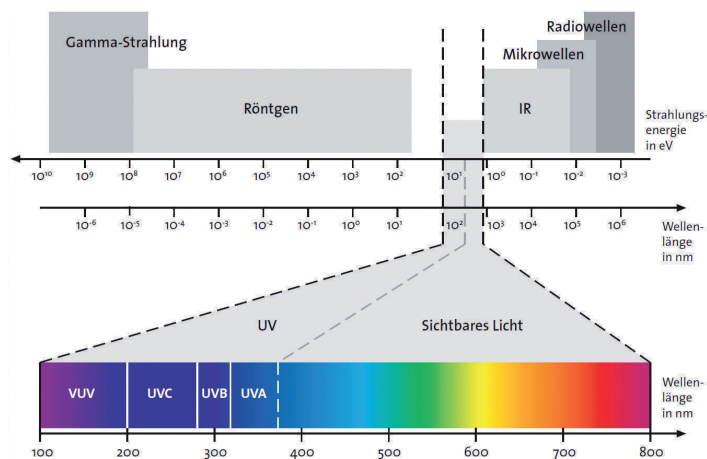
# Grundlagen – Funktionsprinzip UV-reaktiver Fertigungsprozesse

Während sich sowohl die UV-Anlagentechnik als auch die entsprechende Chemie kontinuierlich weiterentwickeln, blieb das Funktionsprinzip der Strahlungshärtung weitgehend unverändert:

**Energiereiche UV-Strahlung löst eine blitzschnelle chemische Härtung der UV-reaktiven Substanz aus.**

## UV-Spektrum

Die kurzwellige, energiereiche UV-Strahlung des Spektrums zwischen 200nm und 400nm ist in der Lage, eine flüssige, UV-reaktive Substanz innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde in einen festen Film umzuwandeln.

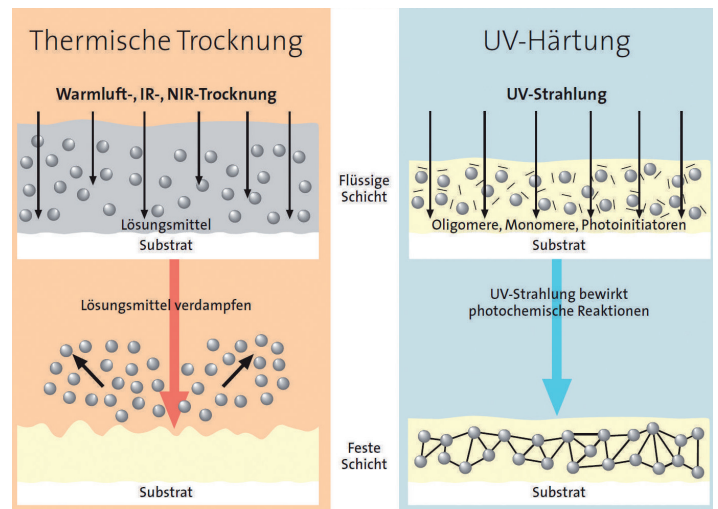


Die DIN 5031, Teil 7 unterteilt den UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums in vier Untergruppen, mit jeweils signifikanten Eigenschaften.

UV-Bereich	Wellenlänge [nm]	Photonenenergie [eV]	Eigenschaft	Einsatzgebiet
Sichtbares Licht	780 - 380	1,60 - 3,26		Klebstoffe
UV-A	380 - 315	3,26 - 3,94	Tiefenhärtung	Farben
UV-B	315 - 280	3,94 - 4,43		Lacke
UV-C	280 - 200	4,43 - 6,20	Oberflächenhärtung	Entkeimung
V-UV	200 - 100	6,20 - 12,4	Absorption durch O <sub>2</sub>	Keine Bedeutung für UV-Härtung

## Chemische Härtung

Im Gegensatz zur thermischen Trocknung, die über die Verdampfung des im Lack enthaltenen Lösemittels arbeitet, wird bei der Strahlungshärtung eine chemische Reaktion innerhalb des Beschichtungsmittels initiiert, die zu einer Polymerisationsreaktion führt.



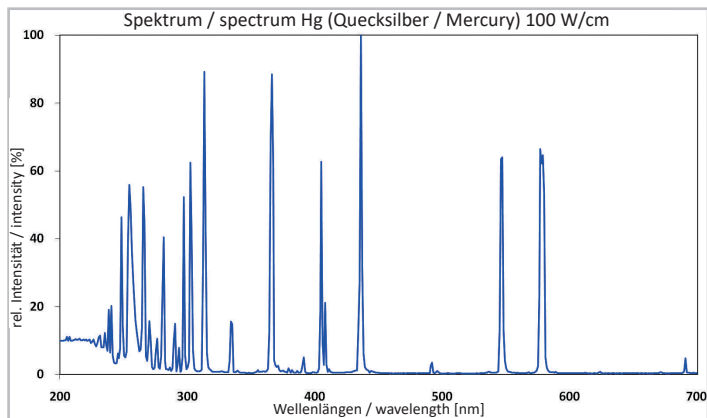
Sobald die Reaktion durch die UV-Strahlung ausgelöst wurde, vernetzt die flüssige Schicht innerhalb von Sekundenbruchteilen zu einem inerten Film. Dabei liegen die meisten UV-Lacke als 100%-Festkörper-Systeme vor, härten also nahezu ohne Schichtdickenverlust und VOC-Emission aus.

Der strahlungssensible Bestandteil der Lackformulierung ist der Photoinitiator. Durch den Einfluß der UV-Strahlung bildet der Photoinitiator - bei einer radikalischen Polymerisation - freie Radikale, die in der Lage sind, die Doppelbindungen innerhalb der Oligomere und Monomere zu spalten. Dies ist der Start einer Polymerisationsreaktion, die die flüssige Lackschicht in ein dreidimensionales Netzwerk überführt.

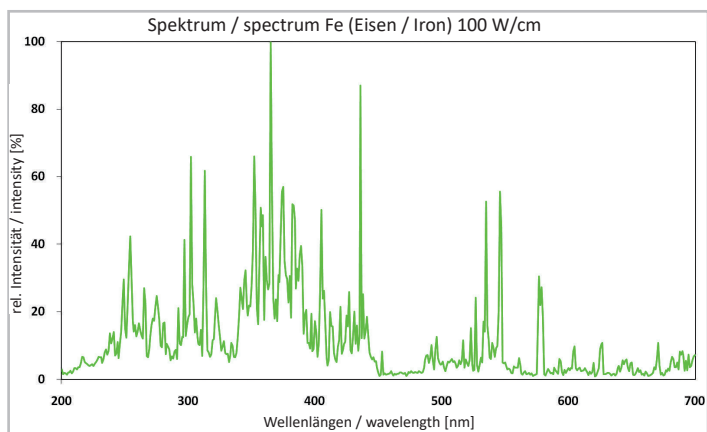
## UV-Strahlung

### UV-Härtungssysteme Mitteldrucklampe

Herzstück einer UV-Entladungslampe ist eine Quarzröhre mit beidseitig eingeschmolzenen Elektroden. Sobald die UV-Lampe zündet, generiert der Hochspannungsbogen zwischen den Elektroden ein Plasma. Dieses Plasma emittiert das typische UV-Spektrum eines Mitteldruckstrahlers.



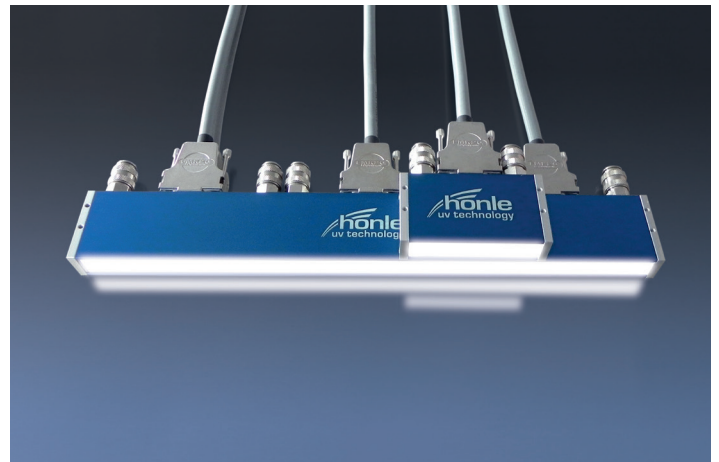
Durch die Zugabe verschiedener Dotierungen, wie z.B. Eisen oder Gallium erreicht man eine Verschiebung der jeweiligen Spektren in den langwelligeren Bereich. In Abstimmung mit der Chemie können die Härtparameter durch die Verwendung eines dotierten Spektrums optimiert werden.



### LEC

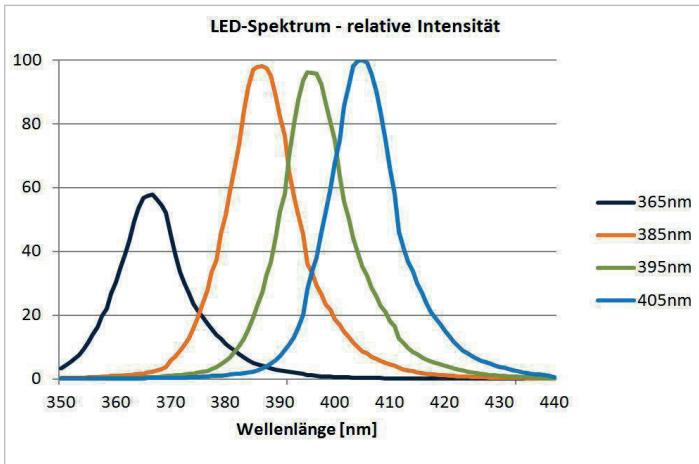
Als ein populäres Beispiel ist hier das „Low Energy Curing“ zu nennen: ein Härungsverfahren im Bogenoffset, welches auf der Verwendung von hochreaktiven UV Farben basiert. Durch entsprechende Abstimmung zwischen Farbformulierung und eisendotiertem UV Strahler profitiert der Anwender durch schnellere Durchlaufzeiten und signifikante Reduzierung des Energieverbrauchs.

### UV-LED



Powerline

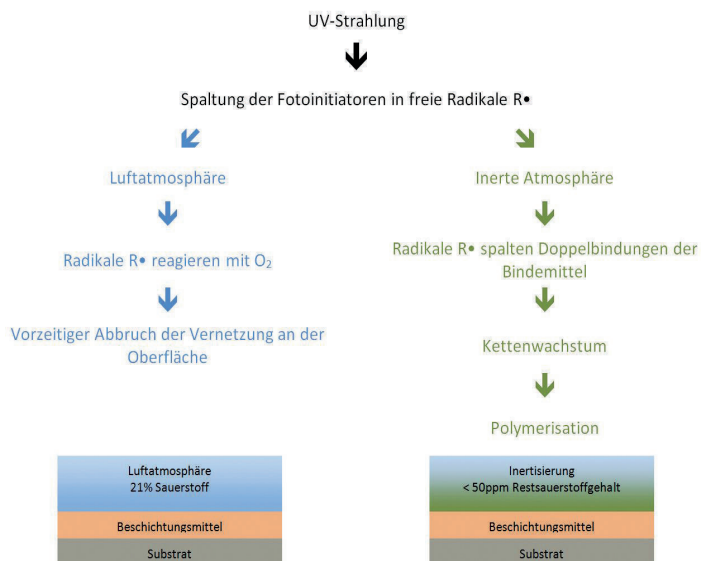
Anders als konventionelle Entladungslampen erzeugen UV-LEDs kein breites UV-Spektrum, sondern eine schmale Bande mit signifikanten Emissionsmaxima. LEDs emittieren keine IR-Strahlung. Durch die geringe Wärmeeinbringung am Substrat können auch temperaturempfindliche Materialien bestrahlt werden. Die unterschiedlichen Spektren gewährleisten eine sichere und schnelle Aushärtung.



LEDs zeichnen sich durch eine hohe Lebensdauer aus. Typische Anwendungen für die LED-Härtung liegen im Bereich der Klebstoffe und Vergussmassen sowie im Digital- und zunehmend auch im Bogenoffsetdruck.

## Inertisierung

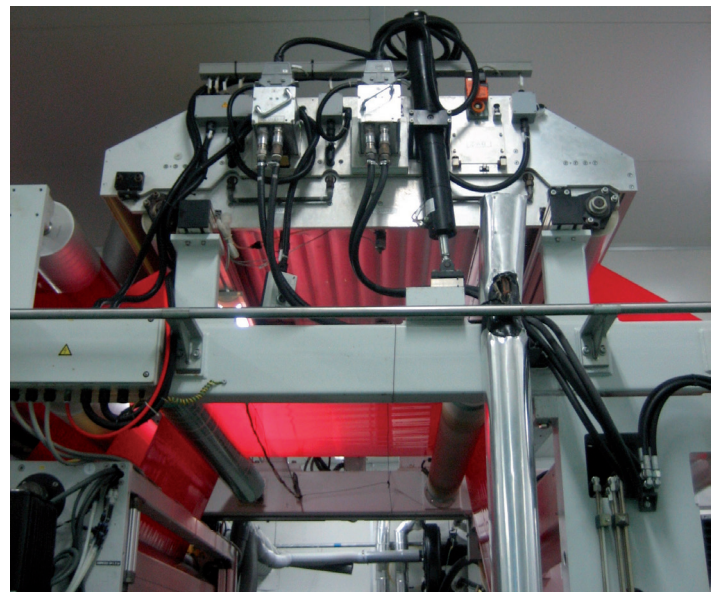
Bei einer Inertisierung wird der Sauerstoff ( $O_2$ ) aus dem Bestrahlungsbereich durch ein stabiles Gas wie etwa Stickstoff ( $N_2$ ) ersetzt.



Die gebildeten Radikale aus den Photoinitiatoren reagieren bevorzugt mit  $O_2$ -Molekülen aus dem anwesenden Luftsauerstoff, was zu einer unzureichenden Vernetzung der Oberfläche führen kann. Durch die Eliminierung des Luftsauerstoffes bei der Inertisierung kann die Polymerisation ungehindert ablaufen.

Die positiven Auswirkungen einer Inertisierung auf den Produktionsprozess sind vielfältig:

- exzellente Oberflächenhärtung und hervorragende Eigenschaften
- höherer Vernetzungsgrad, keine Nachhärtung
- Verminderung der UV-Dosis und Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit
- Reduzierung des Fotoinitiatorgehalts der UV-Farbe und damit Kostenersparnis
- Minderung von Migration durch niedrigeren Fotoinitiatorgehalt und vollständige Durchhärtung
- Geruchsreduzierung
- Minderung der Vergilbung
- selbst „Problemfarben“ wie vollflächiges Deckweiß können bei hohen Geschwindigkeiten gefahren werden
- Reduzierung bis Vermeidung von Ozon



Xiamen Changtian

## Begriffsdefinition

Die Leistungsklasse eines UV-Strahlers wird durch spezifische Lampenleistung in W/cm klassifiziert. Typische Werte für eine spezifische Lampenleistung sind z.B. 80W/cm oder 200W/cm. Diese Einteilung gibt Aufschluss über die elektrische Leistung die pro cm Strahlerkolbenlänge eingespeist wird. Eine Leistungsangabe in W/cm lässt jedoch keine Rückschlüsse auf die Leistung oder Energiedichte zu, die tatsächlich an der auszuhärtenden Oberfläche vorliegen, da wichtige Informationen wie Reflektorgeometrie oder Abstand zum Substrat nicht mit einbezogen werden. Die tatsächlich vorliegenden Intensitäts- und Energiewerte können nicht berechnet, sondern müssen gemessen werden!

Die Intensität oder Bestrahlungsstärke bezieht sich hierbei auf die gemessene Leistung in Watt [W] oder Milliwatt [mW] pro Fläche [cm<sup>2</sup>].

Intensität I in [mW/cm<sup>2</sup>]

Die Dosis oder Energiedichte wird in Joule [J] pro Fläche [cm<sup>2</sup>] angegeben. Sie ergibt sich aus dem Integral der Intensität und berücksichtigt somit die Bestrahlungsdauer.

Energiedichte E in [mW\*s/cm<sup>2</sup>] = [mJ/cm<sup>2</sup>]

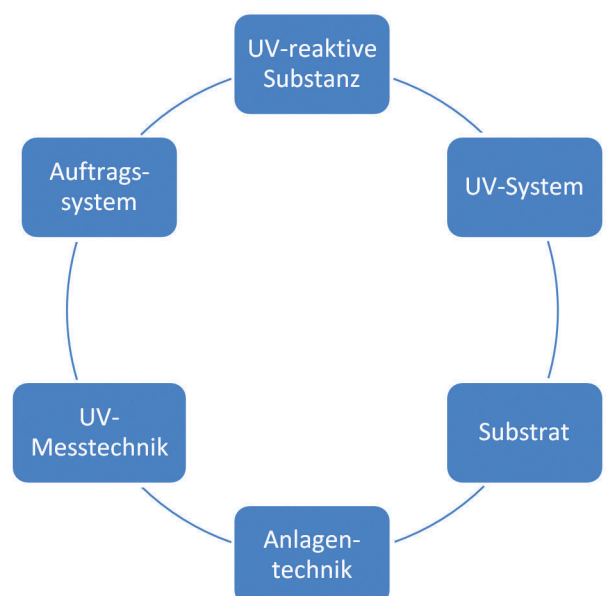
Um einen UV-Prozess exakt bestimmen zu können, sind beide Angaben sowie Informationen über das verwendete Messgerät notwendig.

## Vorteile der UV-Härtung

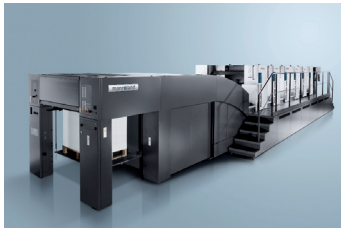
Sekundenschnelle Aushärtung	→	Schnelle Verarbeitung und Auslieferung möglich, schnelle Qualitätskontrolle
Einsatz lösemittelfreier Beschichtungssysteme	→	Geringe VOC-Emission
Keine Trockenöfen zum Austreiben der Lösemittel nötig	→	Keine Nachverbrennung oder Lösemittelrecycling erforderlich ↓ Energieeinsparung
Einkomponentige Systeme	→	Kein pot-life, wenig Abfall
Hochvernetzte Systeme	→	Sehr gute chemische und physikalische Beständigkeit

Typische UV-Anwendungen findet man im Bogen-Offset, Inkjetdruck, Rollenoffset und Flexodruck, in der Beschichtung und Veredelung, beim Kleben und Vergießen elektronischer und optoelektronischer Bauteile, in der Oberflächenentkeimung, Sonnensimulation und Photovoltaik. Jede Industrie benötigt besondere UV-reaktive Substanzen, deren Eigenschaftsprofile den Anforderungen der jeweiligen Anwendungen gerecht werden. Die Chemieindustrie hat sich dieser Thematik angenommen und im Laufe der Entwicklungsgeschichte eine breite Produktpalette UV-reaktiver Lacke, Farben und Klebstoffe entwickelt. Aus den Kinderschuhen in der Möbelindustrie ist die UV-Technik schon lange herausgewachsen und mittlerweile auch aus der Hochtechnologie nicht mehr wegzudenken.

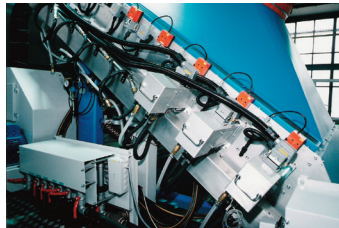
Das Zusammenspiel macht die UV-Härtung zu einem einzigartigen, hochwertigen und sicheren Prozess.



## Vielfalt der UV-Anwendungen



Bogenoffset



Veredelung und Silikonisierung

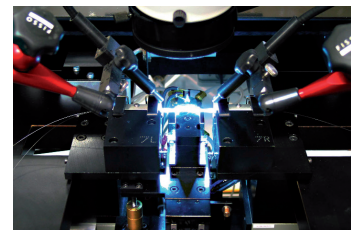


Entkeimung



Inkjet

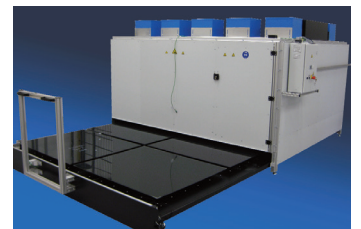
Farb- und Lack-  
trocknung      Sonnenlicht-  
simulation  
  
**Anwendungsbereiche**  
**UV-Technologie**  
  
 Kleb- und Kunst-  
stoffhärtung      Entkeimung



Härtung von Klebstoffen & Vergussmassen



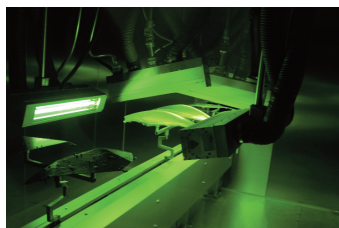
Rollenoffset



Qualitätstests & Sonnensimulation



Flexodruck



Veredelung / Beschichtung



Fluoreszenzprüfung

In folgenden Anwendungsbereichen und Märkten kommen Hönle-Produkte zum Einsatz: Druck- und Veredelungsindustrie, Automobil-, Flugzeug- und Möbelindustrie, Verpackungsindustrie, Medizintechnik, Elektronikindustrie, Photovoltaik und Werkstoffprüfung