

Sind UVC-LEDs eine Alternative zu UVC-Röhren?

Effizienz und Herausforderungen im Vergleich

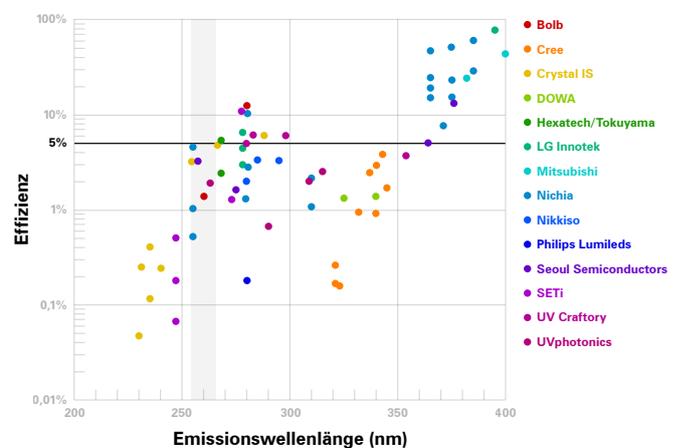
Heutige High-Power-LEDs erreichen im bakteriziden UVC-Bereich etwa $100\text{mW}_{\text{UVC}}$ und weisen eine Energieeffizienz von ca. 5% auf.¹ Das ist erheblich weniger als bei herkömmlichen UVC-Niederdruckröhren. UVC-LEDs kämpfen mit hohen Temperaturen, stark begrenzter Lebensdauer und hohen Leistungsverlusten² – sie bieten also mitnichten die bekannten Vorteile von LEDs zu Beleuchtungszwecken. Technisch und ökologisch sind UVC-LEDs keine gleichwertige Alternative zu konventionellen UVC-Emittern, insbesondere nicht im industriellen Dauereinsatz.

Beschaffenheit von UVC-LEDs

Die Effizienz einer LED ist stark abhängig vom kristallinen Halbleitermaterial und dessen spezifischer Dotierung, um definierte elektromagnetische Frequenzen auszustrahlen. Bei UVC-LEDs liegen diese im bakteriziden Wellenlängenbereich von $\sim 260\text{nm}$.

Dass aktuelle Hochleistungs-LEDs im UVC-Bereich lediglich einen Wirkungsgrad von ca. 5% aufweisen¹, liegt u.a. an dem für sehr hohe Frequenzen notwendigen Halbleitermaterial Aluminium-Gallium-Nitrid (AlGaN).

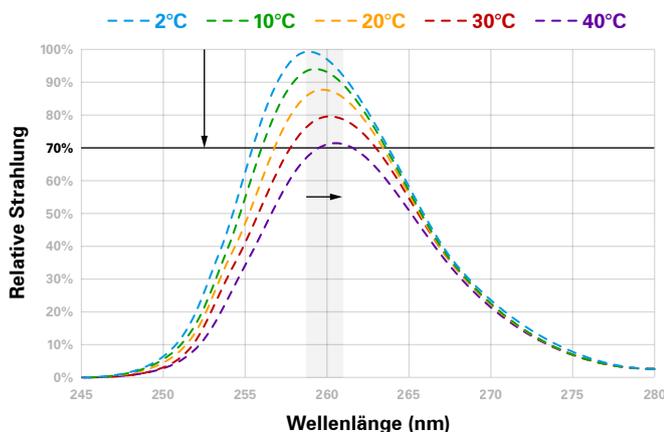
Die leistungsfähigsten LEDs generieren heute unter Laborbedingungen initial etwa $100\text{mW}_{\text{UVC}}$ @ 350mA . Kein Vergleich zu den $18.000\text{mW}_{\text{UVC}}$ @ 225mA einer konventionellen UVC-Niederdruckröhre. Der permanenten Leistungssteigerung durch Stromerhöhung sind bei UVC-LEDs aufgrund der Sperrspannung von $\sim 7\text{V}$ enge technische Grenzen gesetzt.



Gleichzeitig führt der hohe Strom zu einer erheblichen Wärmebelastung aller verbundenen Bauteile. Arbeitstemperaturen der LEDs von bis zu 90°C sind üblich; dies verhindert jedoch die Bildung von LED-Arrays mit hoher Dichte.

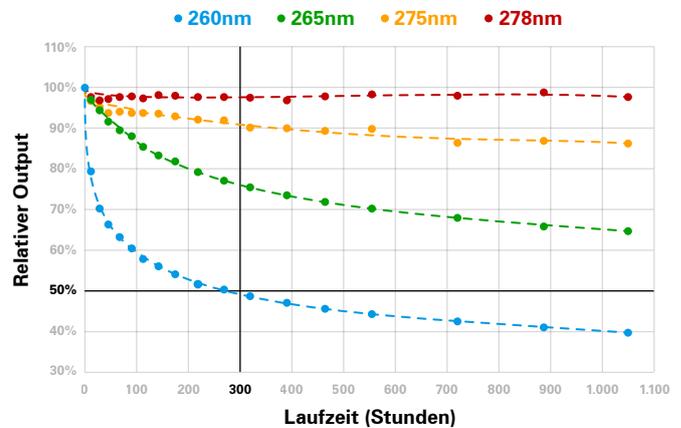
Hohe Temperaturen bei UVC-LEDs

Eine effiziente Kühlung der stark erhitzten LEDs ist bei steigender Umgebungstemperatur nicht gewährleistet, wie umfangreiche Untersuchungen des DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) dokumentieren. Die Leistung einer UVC-LED geht bei einem Temperaturanstieg von 2°C auf 40°C bereits um fast 30% zurück; gleichzeitig kommt es zum sogenannten **Temperaturshift** (eine Wellenlängenverschiebung von bis zu $\pm 3\text{nm}$).² Für eine ausreichende Kühlung müssen High-Power-LEDs zudem direkt mit der Trägerplatine verlötet sein. Ein Austausch ist nur durch den **Wechsel der gesamten Trägerplatine** möglich, was zu vermehrtem Elektroschrott führt.



Lebensdauer von UVC-LEDs

Im Gegensatz zu Beleuchtungs-LEDs weisen UVC-Hochleistungs-LEDs einen **deutlichen alterungsbedingten Leistungsabfall** auf. Dieser ist umso drastischer, je kürzer die Peak-Wellenlänge der LED ist. Abhängig vom Hersteller und der Peak-Wellenlänge kann die Emission von UVC-LEDs bereits innerhalb der ersten **300 Betriebsstunden um 50% nachlassen**.² Wellenlängen >265nm führen jedoch zu einer Reduktion des bakteriziden Effekts: Bei 278nm sind es bereits fast 30% weniger.³ Daneben schätzen LEDs häufiges Schalten genauso wenig wie Niederdruckröhren, auch wenn sie ihr jeweiliges Leistungsniveau sofort erzielen.



Mod. nach 2

Quecksilber vs. Seltene Erden

Als wesentliches Argument für LEDs wird die Quecksilberfreiheit genannt. Das ist grundsätzlich richtig, greift jedoch aus umwelttechnischer Sicht viel zu kurz: LEDs haben einen hohen Anteil an Aluminium, Antimon, Arsen, Chrom, Kupfer, Gallium, Gold, Indium, Eisen, Blei, Nickel, Phosphor, Silber und Zink. **Sie können zudem nicht oder nur in Teilen recycelt werden.** Der Abbau der für die Herstellung benötigten Seltenen Erden wie Europium (Eu), Terbium (Tb) und Yttrium (Y) geht darüber hinaus mit einer erheblichen Umweltbelastung einher.



sterilAir beobachtet aktiv die technische Entwicklung und ist Teil der Forschung. Jedoch sind in naher und absehbarer Zukunft konventionelle UVC-Emitter auf Basis der Gasentladung nicht durch UVC-LEDs ersetzbar bzw. für den industriellen Einsatz geeignet.

Weinfelden, September 2024

D. Koller

(F&E, **sterilAir** AG)

Kein Preisvorteil

Exemplarisch sei hier die LED Oslon UV 3535 (88mW @2.1W) genannt. Um die Laborleistung einer konventionellen Niederdruckröhre zu erreichen, sind 204 LEDs zzgl. Kühlkörper und Treiberplatten notwendig. Der Stückpreis lag im Sommer 2024 bei ca. \$23,00.⁴ Die Verlustleistung summiert sich mit 428W auf mehr als das 7-fache einer Niederdruckröhre. **Ein ökologischer oder gar ökonomischer Vorteil ist hier nicht erkennbar.** Die hohe Abwärme erfordert zudem einen ausreichenden Abstand zwischen den Einzel-LEDs, wodurch sich grössere Flächen nicht homogen mit hoher Intensität bestrahlen lassen.

- + 85 Jahre Erfahrung
- + Entwicklung und Produktion in der Schweiz
- + Wissenschaftlich fundierte Hygienekonzepte
- + Hauseigenes Mikrobiologie- und Elektrotechniklabor
- + ISO 9001 und 14001 zertifiziert

1. D. Prakashchandra Patel, Temperature Dependence of Electroluminescence and Current-Voltage Characteristics of Arrays of Deep Ultraviolet Algan Micropixel LedMicropixel Led, University of South Carolina, 2021. 2. DVGW-Technologiezentrum Wasser, Why and how to characterize LEDs, ICULTA Berlin, April 2018, S. 8+11. 3. CIE Technical Report Ultraviolet Air Disinfection 155:2003, März 2020, S. 12, Fig. 5. 4. <https://www.digikey.com/en/products/detail/ams-osram-usa-inc/SUCULEP1-VC-MHMM-57-1-350-R18/18667032> (zuletzt geöffnet: September 2024).