

Kombinierter UV-A und UV-B Strahler für Medizin, Photochemie und Kosmetik

Michael Laube^{a,*}, Benjamin Herden^b, Egon Seelbach^b, Norbert Braun^c, Thomas Berger^b und Thomas Jüstel^a

a) FH Münster University of Applied Sciences, Fachbereich Chemieingenieurwesen, Stegerwaldstr. 39, D-48565 Steinfurt

b) Berger GmbH & Co. KG, Friedrichstraße 80, D-47475 Kamp-Lintfort

c) GVB GmbH Solutions in Glass, Nordstern-Park 2, D-25134 Herzogenrath

*michael.laube@fh-muenster.de; tj@fh-muenster.de

24. Symposium der Deutschen Akademie für Photobiologie und Phototechnologie (DAfP), 06. – 07. Juni, 2019 · Braunschweig

Hintergrund

- UV-B LEDs mit einer hohen Lebensdauer und hoher Effizienz sind kommerziell nicht leicht erhältlich
- Für viele Anwendungen wird daher auf Quecksilber-Niederdruckgasentladungslampen zurückgegriffen.
 - geringe Lebenszeit, lange Startzeit
 - problematisch in der Entsorgung
- Anwendung von Excimerstrahlern
 - Medizin (Behandlung von Psoriasis und Vitiligo)
 - Photochemie (Photochemische Aktivierung)
 - Kosmetik (Bräunung)

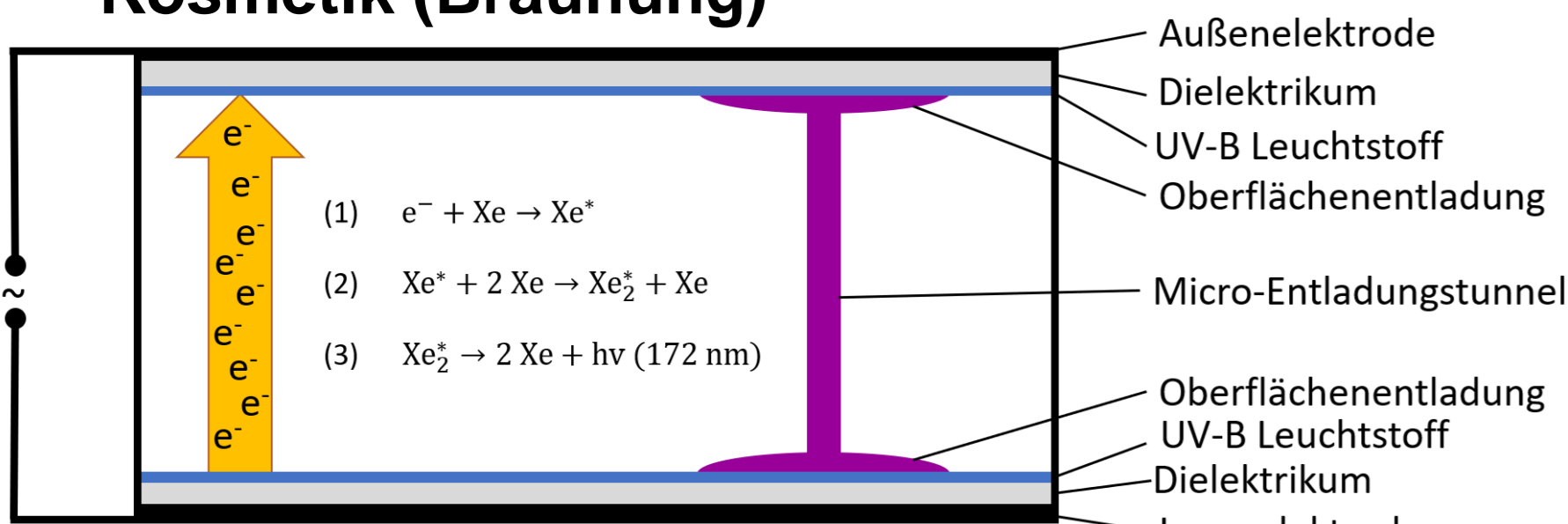


Abbildung 1: Schematischer Querschnitt durch einen Excimerstrahler.

Technische Daten

UV-B Excimerstrahler

- Dielektrisch behinderte Entladung (DBE)
- Xenonbasis
- Leuchtstoff $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Gd}^{3+}$ λ_{em} : 314 nm
- Quarzrohr
 - 19 mm Außendurchmesser
 - 1,2 mm Wandstärke
- Lebensdauer: ~ 10.000 h

20 UV-A LEDs/Array

- LG Innotek
- $\lambda_{\text{em}}(\text{soll}) = 365 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}}(\text{ist}) = 370 \text{ nm}$
- Halbwertsbreite: 14 nm
- ca. 500 W/m², 500 mA in 30 cm
- $W_{\text{UV-A}}$: 1000 mW @ 500 mA Stromstärke in 30 cm
- Abstrahlwinkel: 130°
- Lebensdauer: > 50.000 h

DBE-Treiber

Flyback Topologie

- Flyback Treiber
- Spannung: 24 V(dc)
- Frequenz: 30 kHz
- Ausgangsleistung bis 25 W
- 50 x 55 x 148 mm

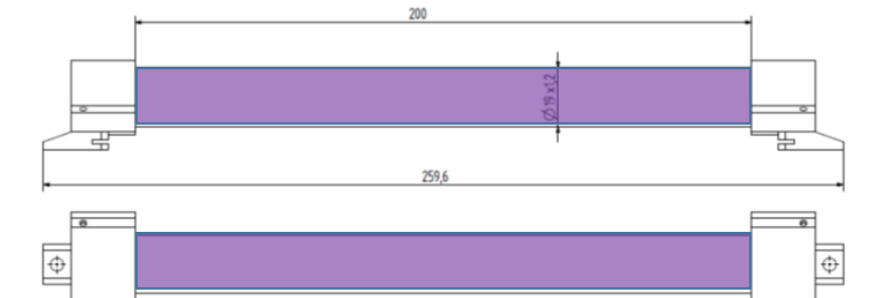


Abbildung 2: Aufbau der DBE Lampe mit Endkappen.

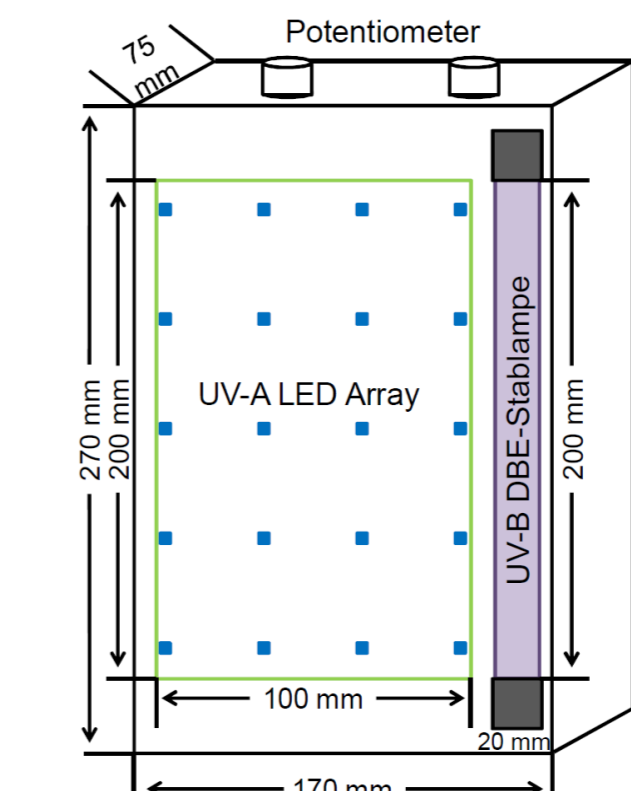


Abbildung 3: Abmessungen des Demonstrators.

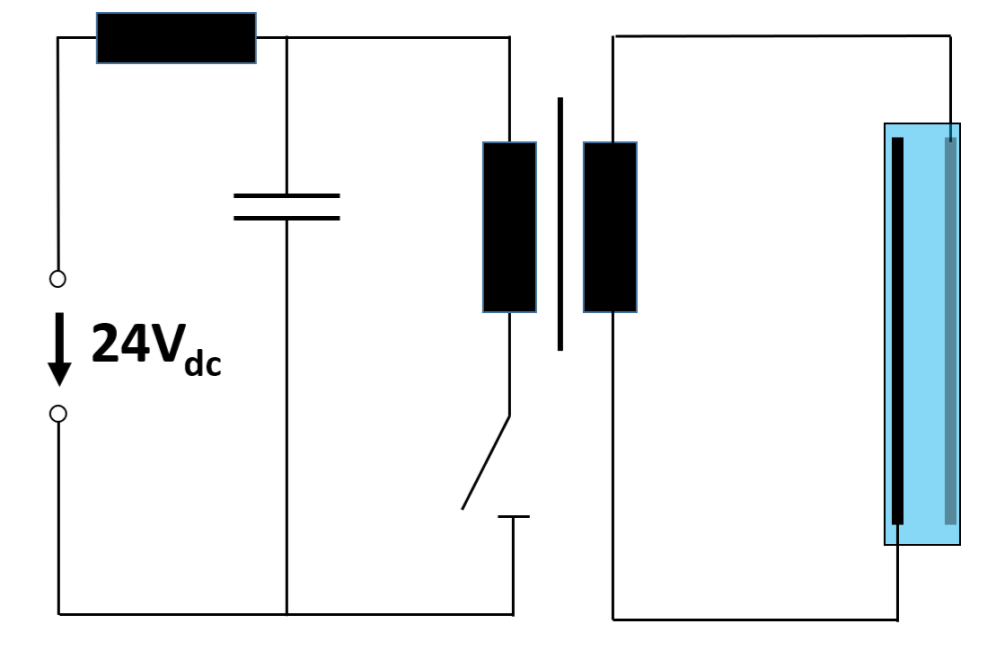


Abbildung 4: Aufbau des DBE Vorschaltgerätes.

Optimierungen und spektroskopische Charakterisierung

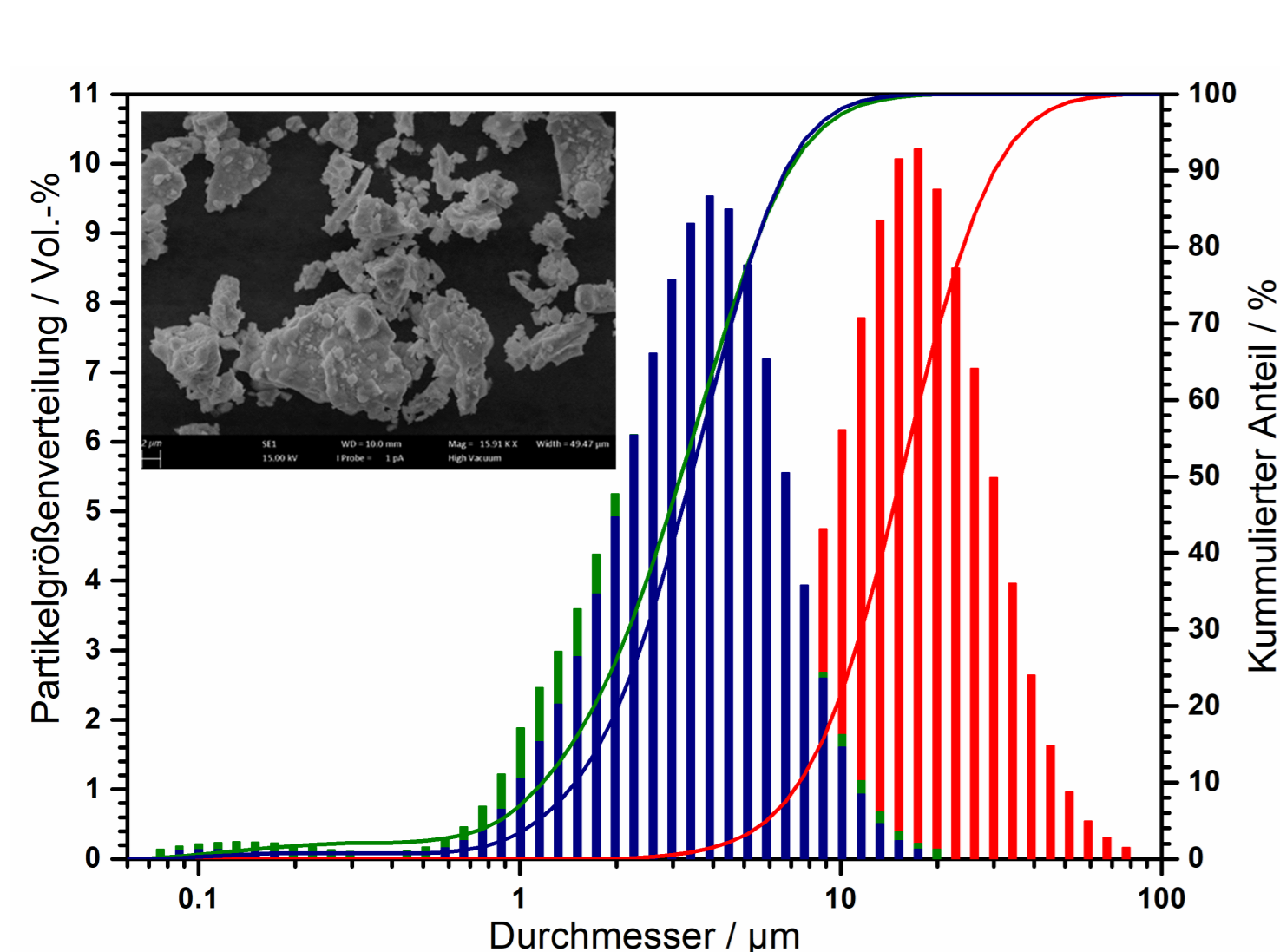


Abbildung 5: Partikelgrößenverteilung von LuAG:Gd(5%) vor der Optimierung (rot), nach der Optimierung (grün) und nach dem Kalzinieren (blau). REM-Aufnahme der Partikel oben links.

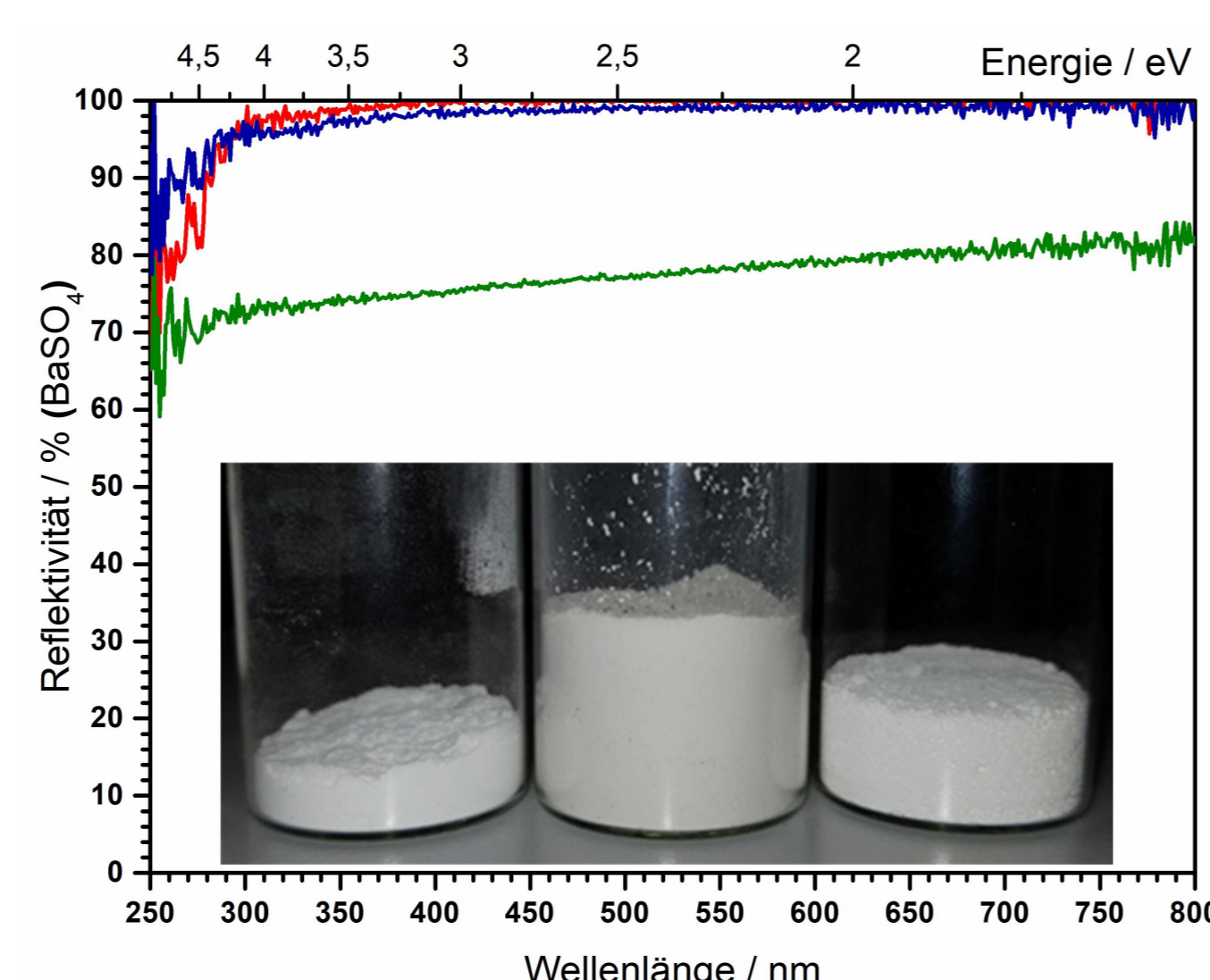


Abbildung 6: Reflexionsspektrum von LuAG:Gd(5%) vor der Optimierung (rot), nach der Optimierung (grün) und nach dem Kalzinieren (blau). Abbildung der Pulverproben unten rechts.

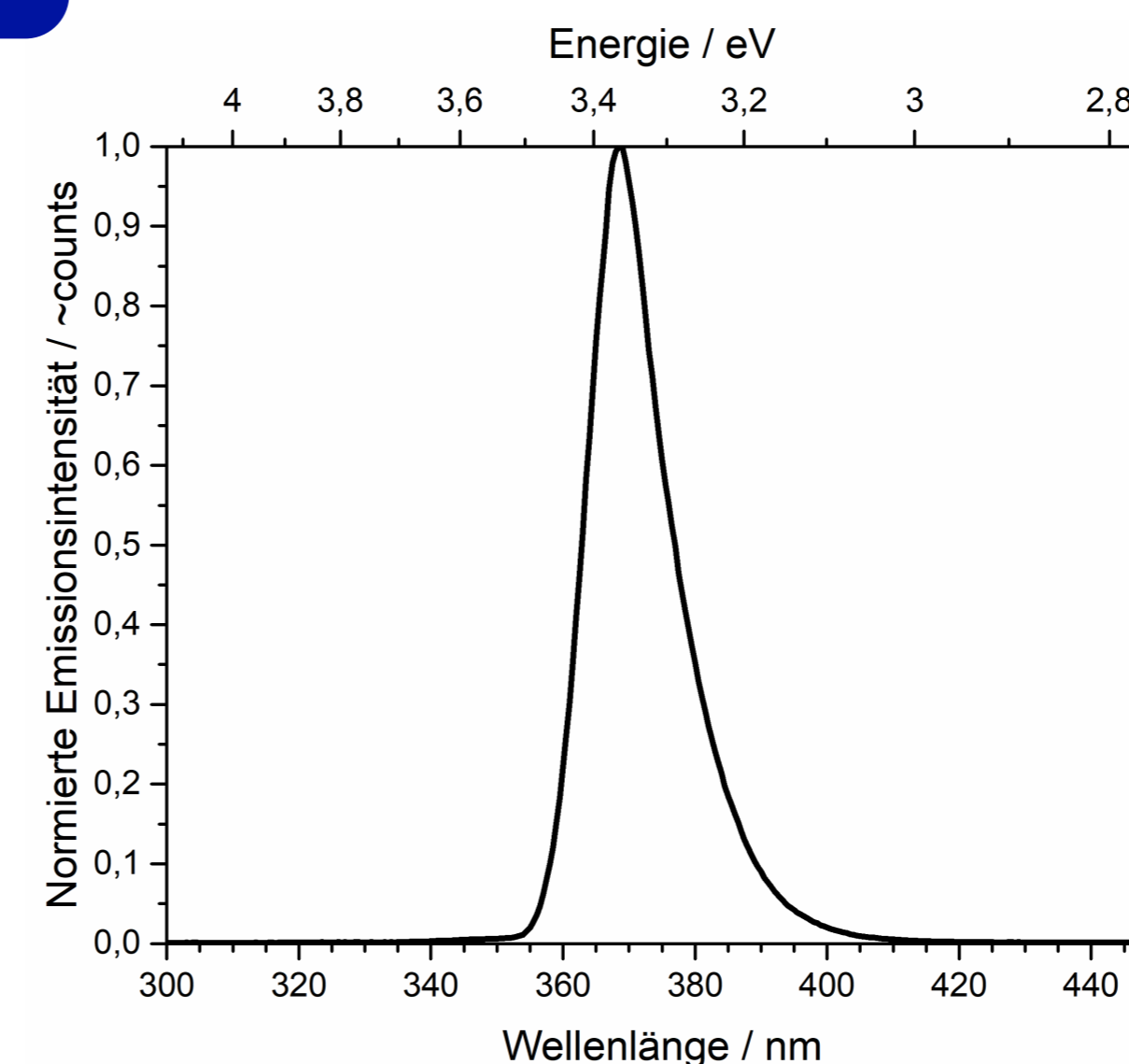


Abbildung 7: Emissionsspektrum der LG Innotek UV-LED mit einem Emissionsmaximum bei 370 nm.

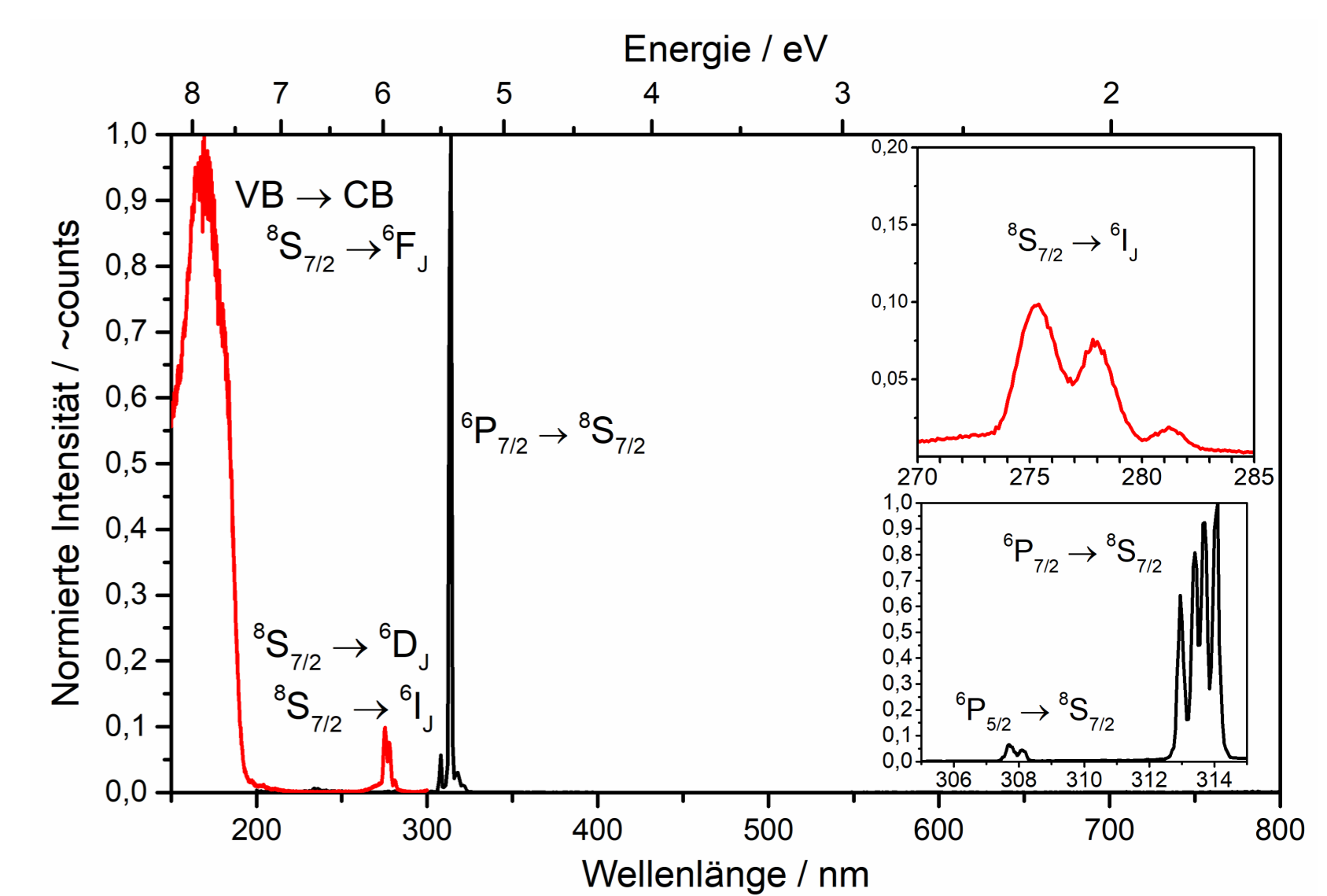


Abbildung 8: Anregungs- und Emissionsspektrum (rot und schwarz) von LuAG:Gd(5%) ($\lambda_{\text{ex}} = 160 \text{ nm}$, $\lambda_{\text{em}} = 313,7 \text{ nm}$). Ausschnitt aus dem Anregungs- und Emissionsspektrum (oben und unten rechts).

- Homogene Leuchtstoffbeschichtung
 - keine „Pin-Holes“ oder Einschlüsse
 - Effektive Schichtdicke 10 – 15 µm
- Optimierung der Partikelgröße zur Verbesserung der Beschichtungshomogenität mittels Planetenkugelmühle
 - Vergrauung des Leuchtstoffs führt zu erhöhter Absorption im UV- und sichtbaren Spektralbereich durch Defektbildung
 - Resultat: geringere Emissionsintensität
 - Erneutes kalzinieren stellt die weiße Körperfarbe – bei gleichbleibender Partikelgröße – wieder her

- Verwendung einer UV-A LED ($\lambda_{\text{em}} = 365 \text{ nm}$, $1000 \text{ mW}_{\text{opt}}$) in Kombination mit einem $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Gd}(5\%)$ beschichteten Xe-Excimerstrahler
 - Optimale Anregbarkeit von $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Gd}(5\%)$ bei 172 nm, der Emissionswellenlänge eines Xe-Excimerstrahlers (bei $p(\text{Xe}) = 400 \text{ mbar}$)
 - Intensive Gd^{3+} -Linienemission bei 314 nm
- Optimierung des Excimerstrahlers
 - Vorschaltgerät mit optimaler Puls wiederholrate, Pulsamplitude und -dauer
 - Lampengeometrie (rund / oval), Elektrodenkonfiguration, Fülldruck

Resultate

Lampencharakteristik

- Einzel steuerbare Systeme
 - EryA / EryB einstellbar
- Keine Einbrennzeit
- Sehr hohe Gleichmäßigkeit
- Hohe Lebensdauer
- Flexible Oberflächengeometrie
- Dimmung beliebig einstellbar (0...100 %)
 - kein Einfluss auf die Effizienz und Lebensdauer
 - „Instant on / off“ und „hot restrike“ erlauben perfekte Dosierbarkeit

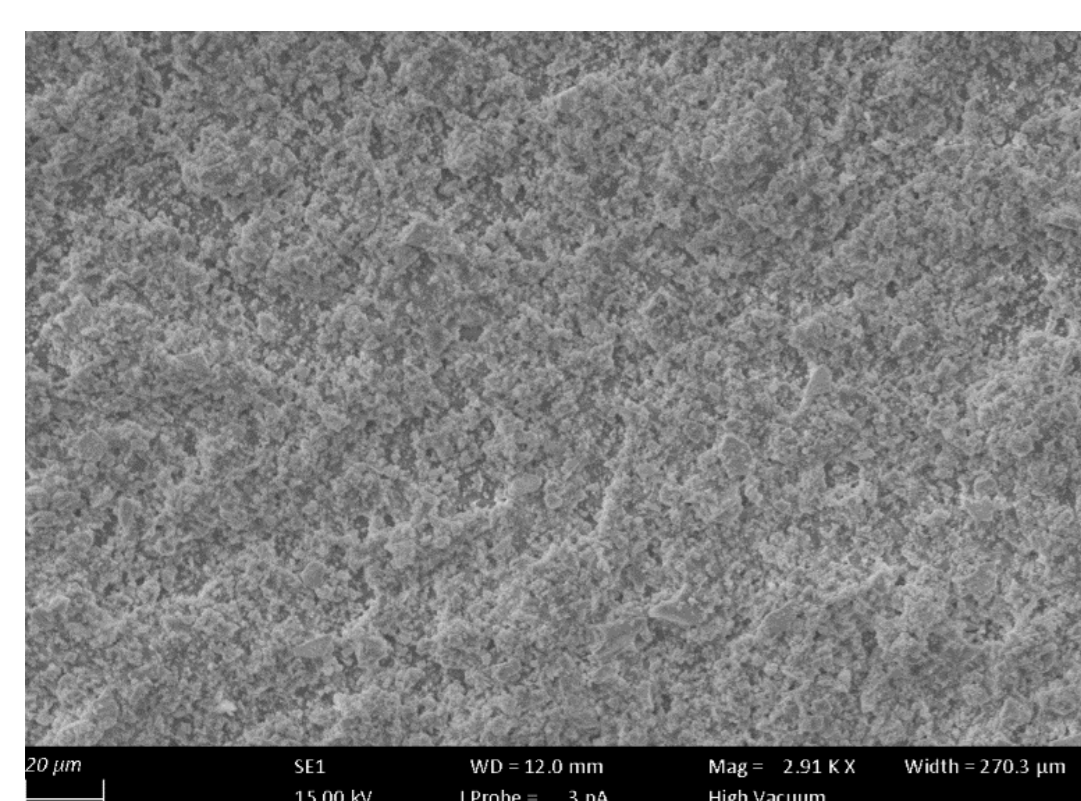


Abbildung 9: REM-Aufnahme der LuAG:Gd(5%) Beschichtung (Draufsicht).

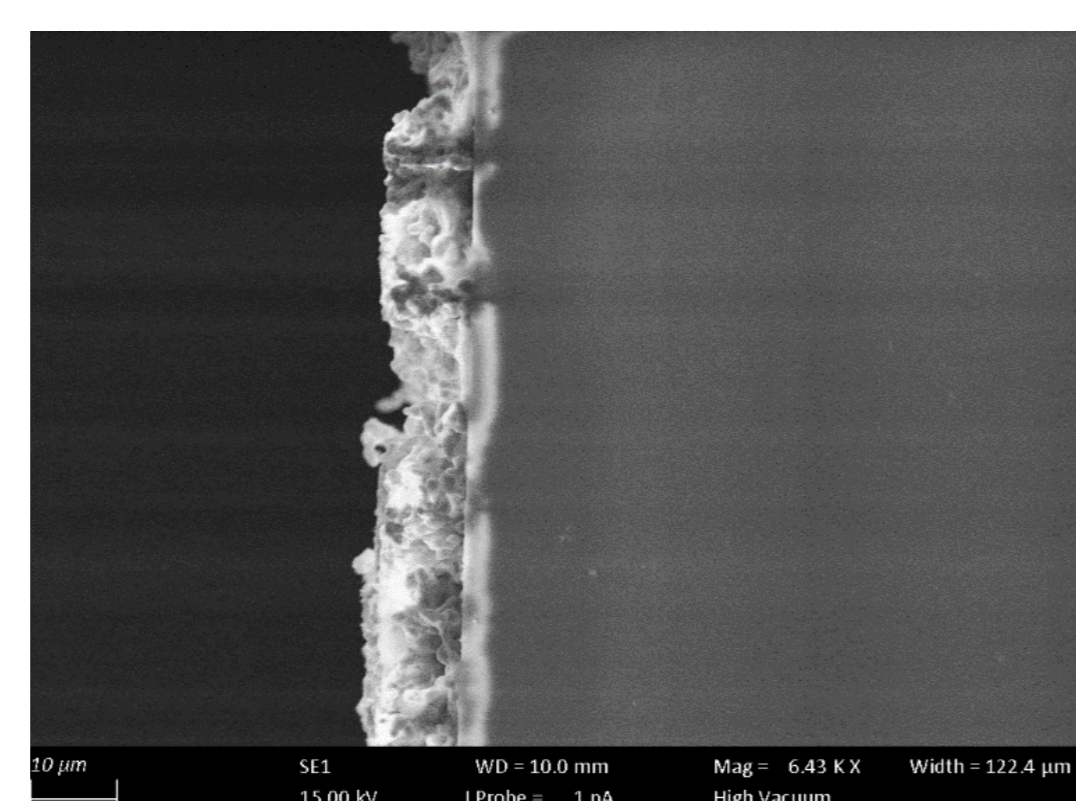


Abbildung 10: REM-Aufnahme der LuAG:Gd(5%) Beschichtung (Seitenansicht).

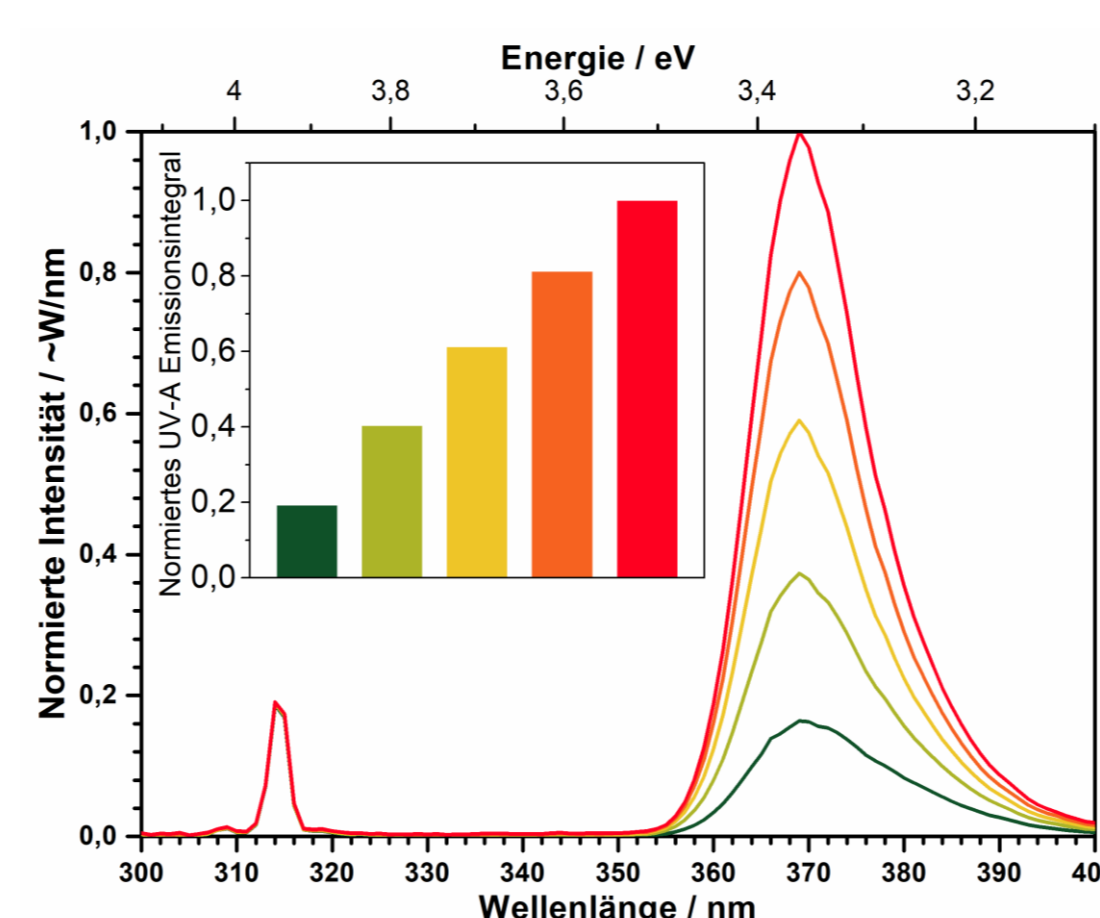


Abbildung 11: Emissionsspektrum des Strahlers mit variabler UV-A Emissionsintensität.



Abbildung 12: Demonstrator in Betrieb.