

Como parte de un proceso de fabricación aditiva en el que se utiliza una resina de curado UV para imprimir varillas y armazones, se va a medir la irradiancia del módulo LED. Un total de nueve LED de Nichia, situados alrededor de la boquilla, sirven como fuente de radiación UV para curar la resina extruida (véase el enlace de la Fig. 1). Tres LED forman cada uno un grupo (1, 2, 3), en el que la distancia  $a$  y el ángulo  $\alpha$  son iguales (véase la Fig. 2). Además, cada LED está equipado con una lente. De este modo se establece un ángulo de haz definido (FOV) (véase la Fig. 1 a la derecha). Seis de los LED tienen un ángulo de haz de  $30^\circ$  e iluminan la zona de la salida de la tobera, así como una parte a lo largo de la varilla impresa. Los otros tres LED tienen un ángulo de haz de  $10^\circ$  y enfocan directamente la zona de salida de la tobera.

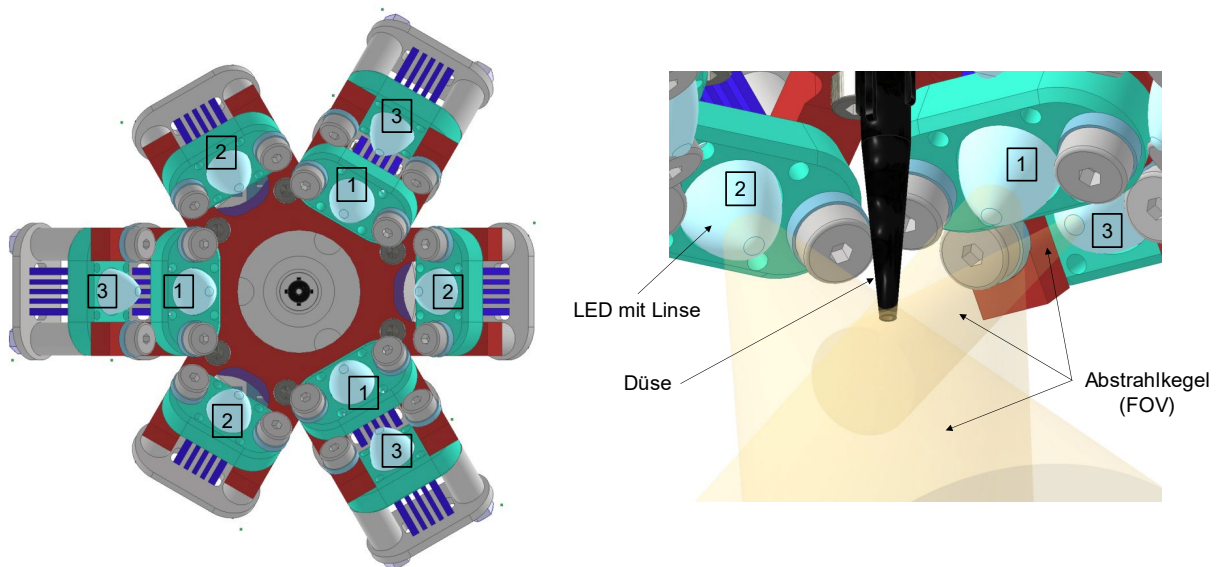
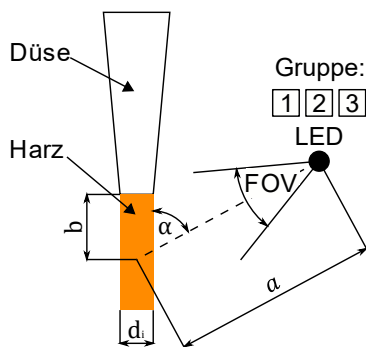


Figura 1: Disposición de los LED alrededor de la boquilla y FOV de las lentes



LED Gruppe	Anzahl LEDs	$a$ [mm]	$b$ [mm]	$\alpha$ [°]	FOV [°]
1	3	58,5	18,4	28	30
2	3	60,2	16,5	37	30
3	3	61,2	4,5	52	10

Figura 2: Disposición geométrica de los LED alrededor de la boquilla

### Ejecución de medidas

Para saber qué irradiancia  $E_e$  en el rango de longitud de onda de 365 nm llega realmente a la salida de la tobera y a lo largo de la varilla impresa para la configuración de LED dada, se utiliza el dispositivo de medición móvil X1-1-RCH-116-4 de Gigahertz-Optik para la medición. El dispositivo consta del optómetro X1-1 y del detector RCH-116-4.

Para las mediciones, el detector UV se coloca debajo de la tobera (véase la Fig. 3). La irradiancia se mide a diferentes distancias  $b$  de la salida de la tobera y a varias intensidades UV. En cada punto de medición, los LED se encienden durante dos segundos. Transcurridos estos dos segundos, se registra la última lectura mostrada en el optómetro. La pausa entre dos mediciones es de 5 segundos.

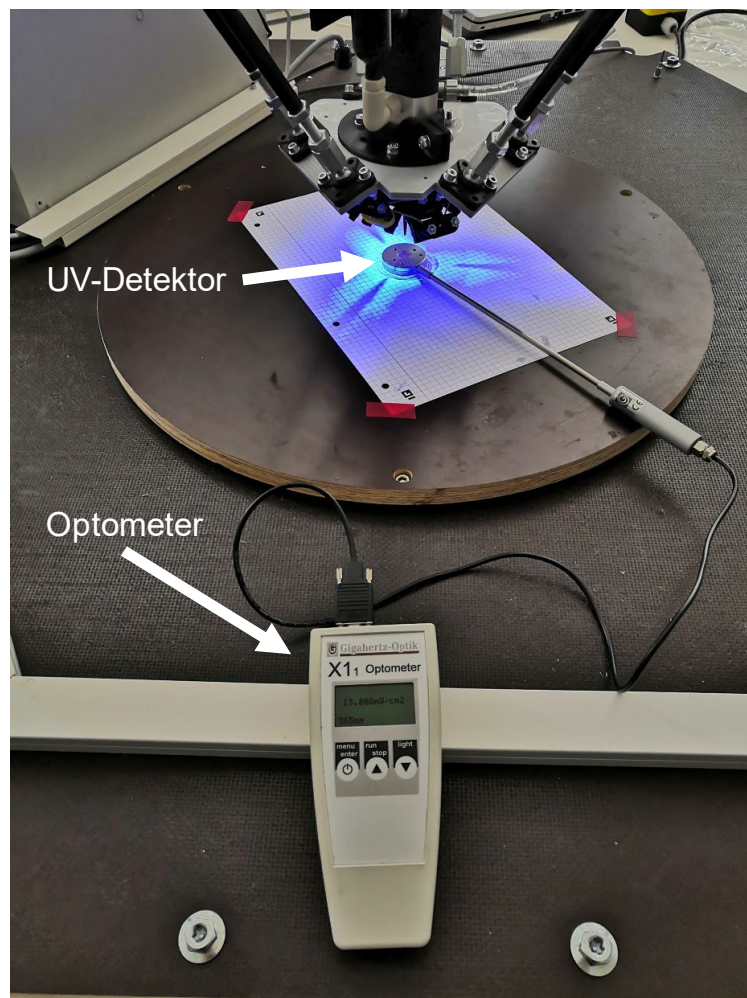


Figura 3: Medición realizada con un radiómetro

### Resultados de las mediciones

En la Fig. 4 se muestra la irradiancia  $E_e$  en función de la intensidad UV para diferentes distancias  $b$  desde la salida de la tobera. Cada curva corresponde a una determinada distancia  $b$ . Puede verse claramente que las curvas suben de forma relativamente pronunciada al principio cuando la intensidad UV es baja y se aplanan o saturan a medida que aumenta la intensidad UV. A intensidades UV elevadas, la potencia eléctrica de los LED se transforma directamente en pérdida de potencia o producción de calor, como han confirmado las mediciones de temperatura.

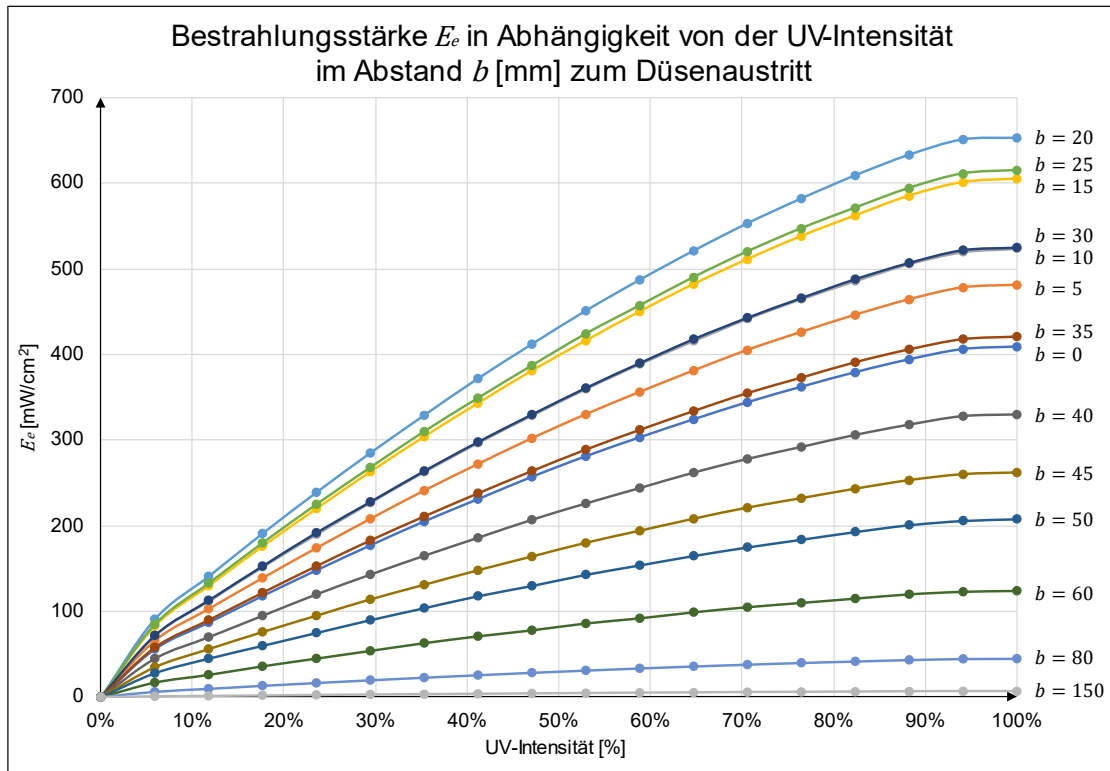


Figura 1: El mejor estado en función de la intensidad UV

La Fig. 5 muestra también la irradiancia en función de la distancia  $b$  de la tobera para diferentes intensidades UV. Debido a la disposición de los LED, el máximo se encuentra a una distancia  $b=20$  mm detrás de la tobera (véase la curva superior de la Fig. 4).

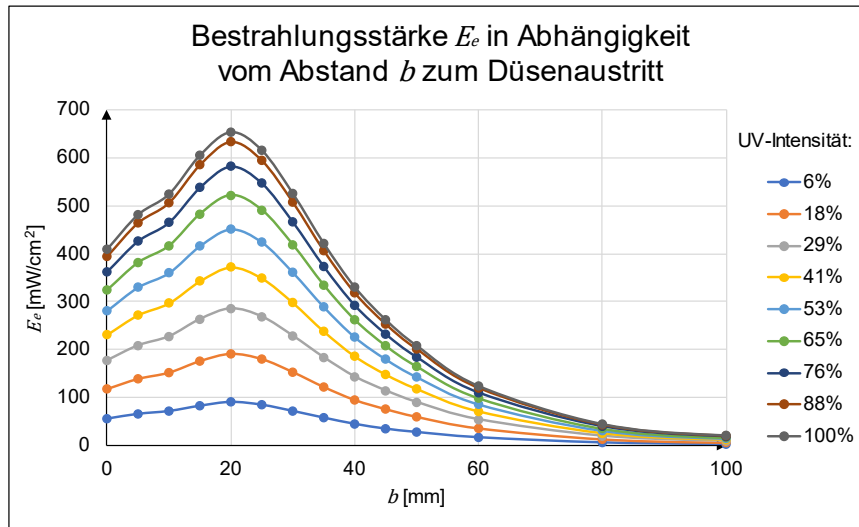


Figura 5: Irradiación en función de la distancia  $b$  a la salida de la boquilla

Durante las pruebas de medición, se comprobó que la irradiancia a intensidades UV elevadas desciende bruscamente en los primeros segundos tras el encendido de los LED (varios  $100 \text{ mW/cm}^2$ ). Esto se debe al rápido calentamiento de los LED, que provoca una pérdida de potencia. Para investigar el efecto con más detalle, se realizan mediciones adicionales en las que se mide la irradiancia en función del tiempo.

Para ello, los LED se encienden a diferentes intensidades de UV durante 20 segundos cada uno. Las mediciones se realizan para la distancia  $b=20$  mm.

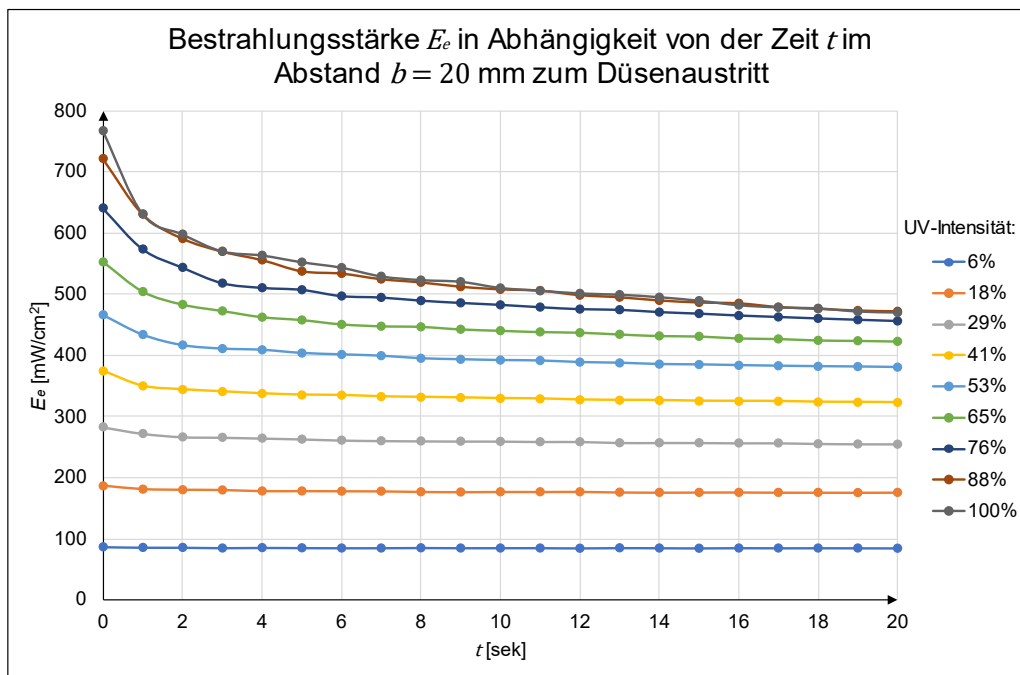


Figura 6: Irradiancia en función del tiempo

El calentamiento de los LED también se aprecia claramente en los resultados de la impresión. En la Fig. 7, se imprimieron diez barras con la misma configuración. En la imagen superior, las barras se imprimieron una tras otra. La intensidad de irradiación de las últimas barras ya no era suficiente para un curado suficiente. En la imagen inferior, hubo una pausa de 60 segundos entre cada barra para que los LED pudieran enfriarse lo suficiente.

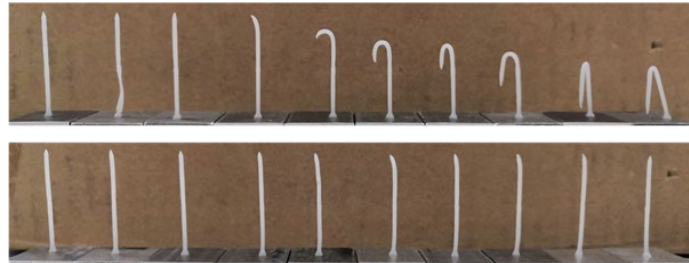


Figura 7: Arriba: No hay pausa entre la impresión de las imágenes; Arriba: 60 segundos de pausa.

### **Resultado**

Con ayuda del radiómetro de Gigahertz-Optik, se pudo medir con precisión la irradiancia de la configuración de LED y mostrar la pérdida de potencia de los LED a altas intensidades de UV en función del tiempo. El siguiente paso es seguir mejorando la refrigeración de los LED.