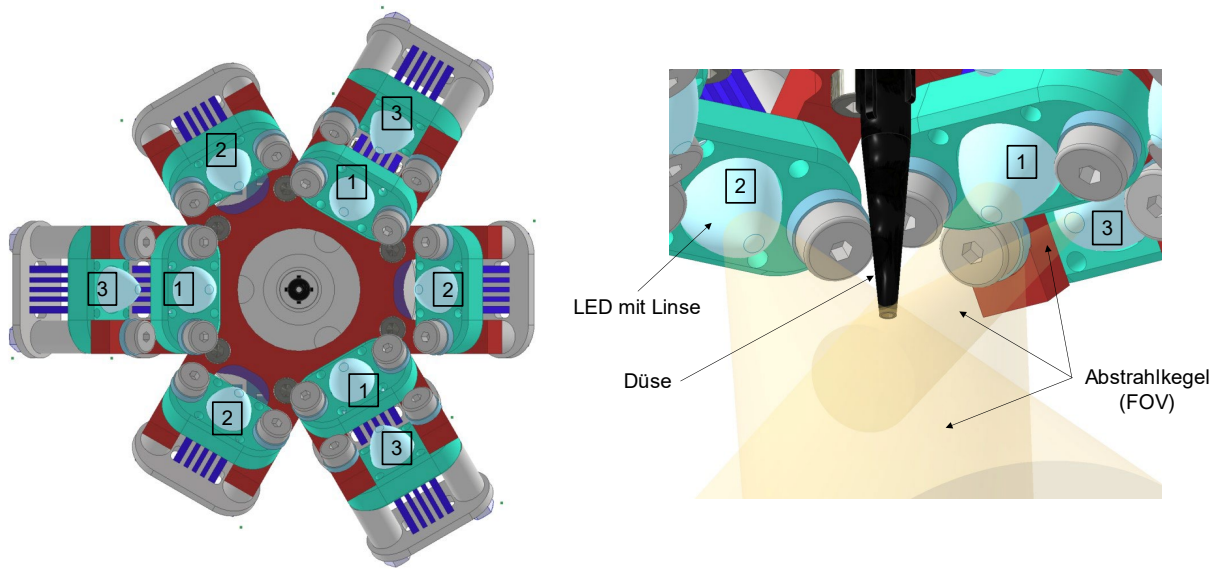
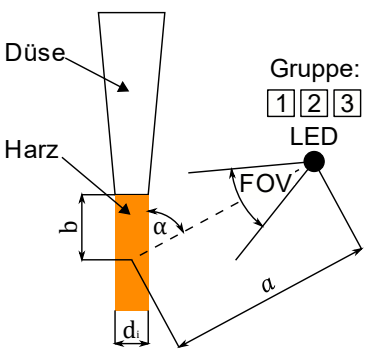


在使用紫外线固化树脂打印棒材和框架的增材制造过程中，需要测量 LED 模块的辐照度。喷嘴周围共安装了九个日亚（Nichia）公司生产的 LED，作为紫外线辐射源用于固化挤压树脂（见图 1 链接）。每三个 LED 组成一组（1、2、3），其中距离 a 和角度 α 相同（见图 2）。每个 LED 还配有一个透镜。这就设定了一个确定的光束角（FOV）（见图 1 右侧）。其中六个 LED 的光束角为 30° ，可照亮喷嘴出口区域以及印刷杆的一部分。另外三个 LED 的光束角为 10° ，直接聚焦在喷嘴出口区域。



说明 1:LED 灯的亮度和视场角分布图



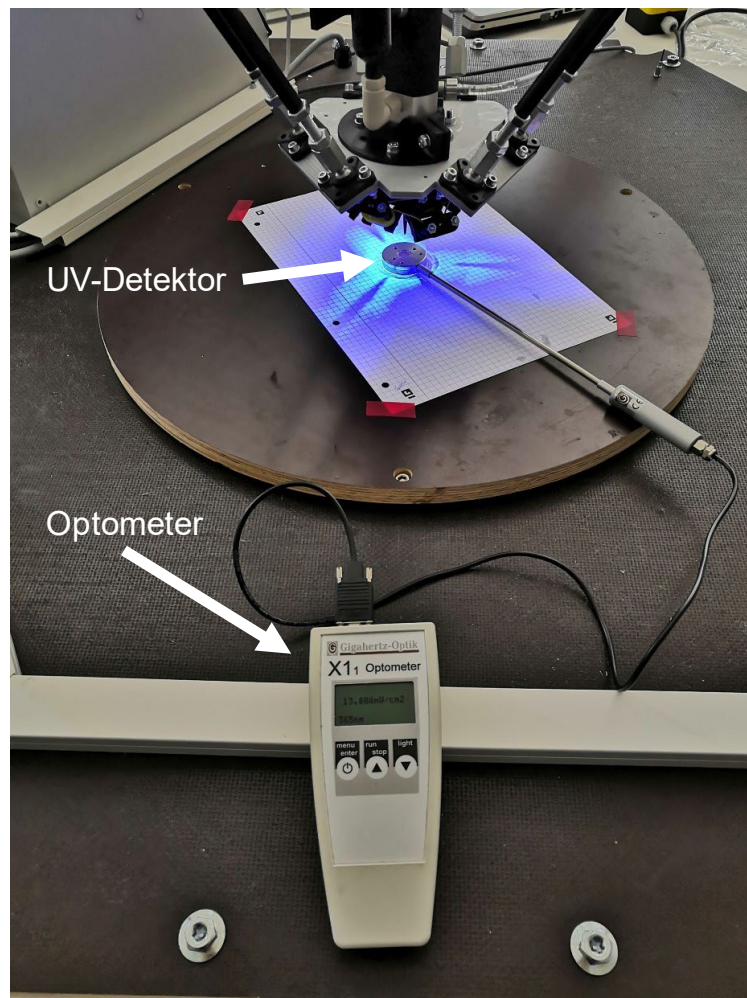
LED Gruppe	Anzahl LEDs	a [mm]	b [mm]	α [°]	FOV [°]
1	3	58,5	18,4	28	30
2	3	60,2	16,5	37	30
3	3	61,2	4,5	52	10

说明 2:LED 的几何原理与 Düse 的关系

测量执行

为了了解波长范围为 365 nm 的辐照度 E_e 在给定的 LED 配置下实际到达喷嘴出口和印刷杆的情况，我们使用 Gigahertz-Optik 公司提供的移动测量设备 X1-1-RCH-116-4 进行测量。该装置由 X1-1 光度计和 RCH-116-4 检测器组成。

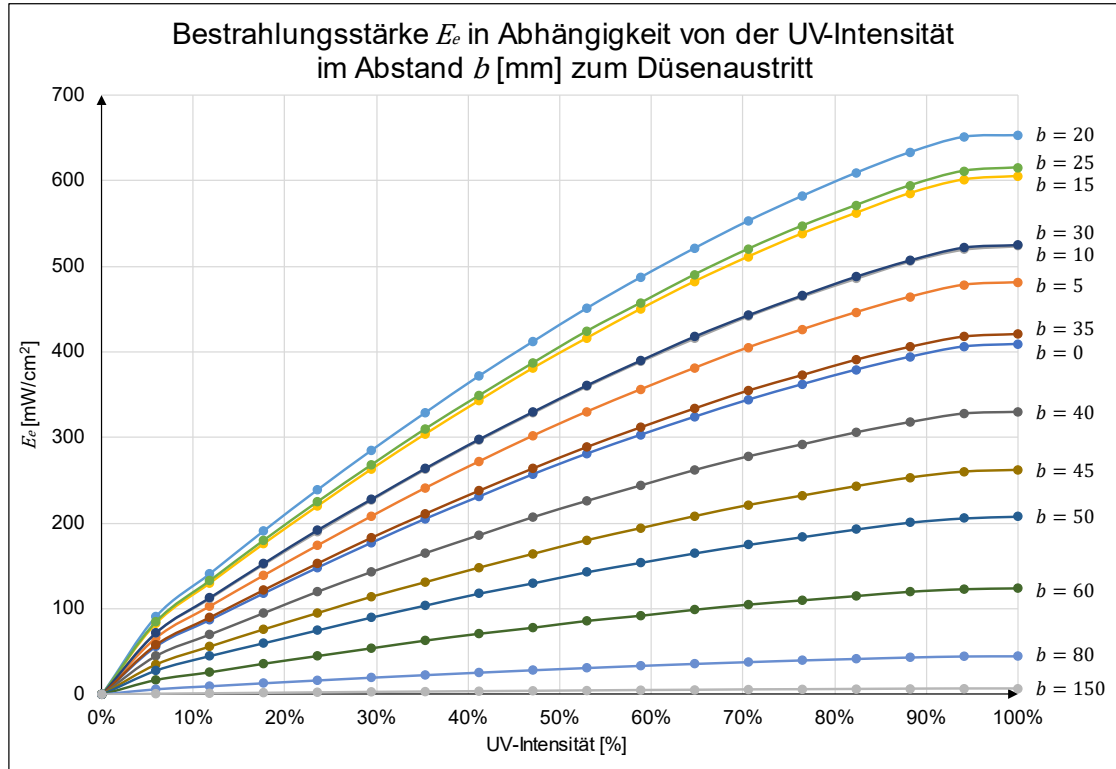
测量时，紫外线探测器放置在喷嘴下方（见图 3）。在距离喷嘴出口不同的距离 b 和不同的紫外线强度下测量辐照度。在每个测量点，LED 灯都会开启两秒钟。两秒钟后，记录光度计上显示的最后一个读数。两次测量之间的间隔为 5 秒钟。



说明 3:使用辐射仪进行测量

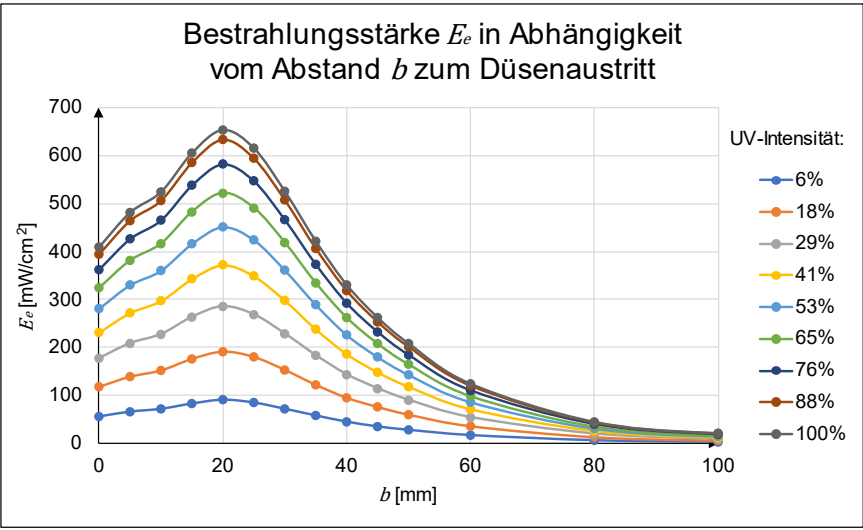
测量结果

在图 4 中，辐照度 E_e 是紫外线强度与喷嘴出口不同距离 b 的函数关系。可以清楚地看到，当紫外线强度较低时，曲线在开始时相对陡峭地上升，随着紫外线强度的增加，曲线趋于平缓或饱和。在紫外线强度较高时，LED 的电功率会直接转化为功率损耗或热量输出，温度测量结果也证实了这一点。



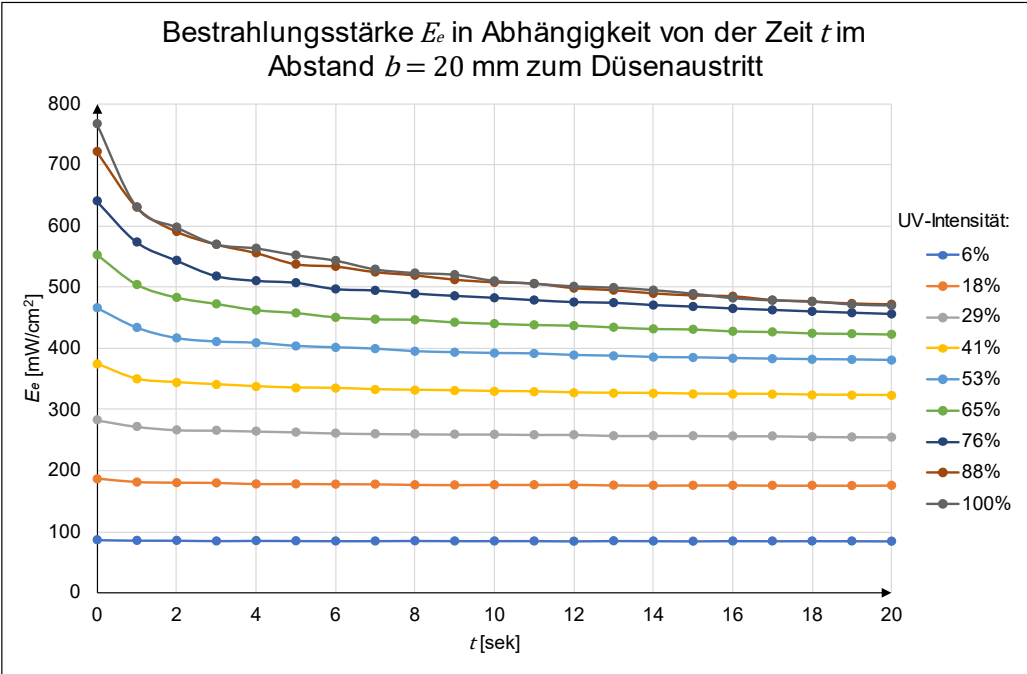
说明 4:紫外线照射下的最佳辐射率

图 5 还显示了不同紫外线强度下喷嘴距离 b 的辐照度。由于 LED 的布置，最大值出现在喷嘴后 $b=20$ 毫米的距离处（见图 4 顶部曲线）。



說明 5: 輻照度取決於距噴嘴出口的距離 b

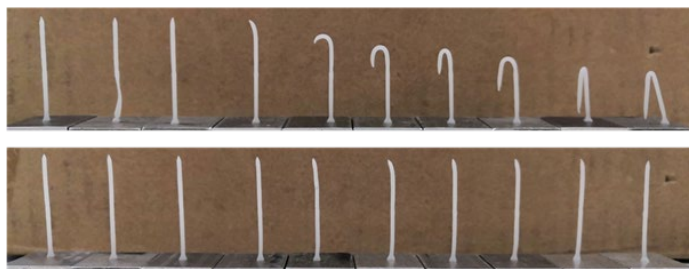
在测量测试过程中发现，高紫外线强度下的辐照度在 LED 打开后的最初几秒钟内急剧下降（几 100 mW/cm²）。其原因是发光二极管迅速发热，导致功率损耗。为了更详细地研究这种影响，我们还进行了其他测量，测量辐照度与时间的函数关系。为此，在不同紫外线强度下开启 LED，每次 20 秒。测量距离 $b=20$ 毫米。



说明 5:时代背景下的最佳照明设计

从打印结果中也可以清楚地看到 LED 的发热情况。在图 7 中，以相同的设置打印了十根条形图。在上图中，这些条形图是一个接一个打印出来的。最后一条的照射强度已不足以充

分固化。在下图中，每根棒材之间有 60 秒的间歇时间，以便 LED 能够充分冷却。



说明 6:Oben : 在两个刻度之间没有任何停顿；下部：60 秒停顿

結果

在 Gigahertz-Optik 辐照度计的帮助下，可以精确测量 LED 配置的辐照度，并显示 LED 在高紫外线强度下的功率损耗与时间的函数关系。下一步是进一步改进 LED 的冷却。