

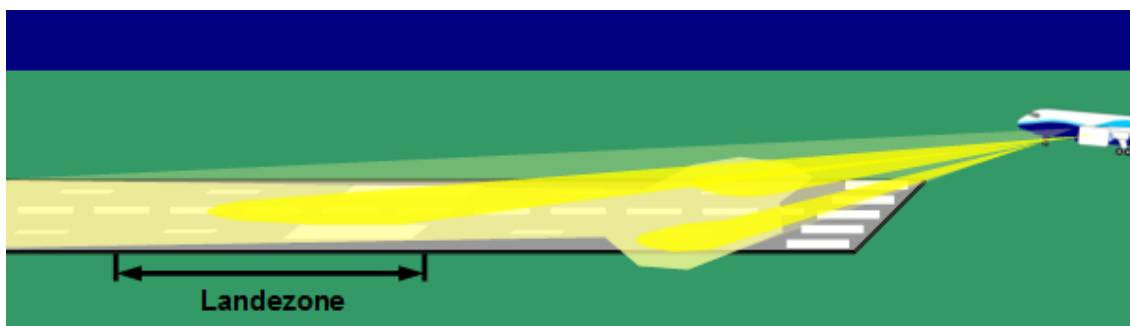
## **Optimierte Lichtverteilung für ein LED-basiertes Landescheinwerfersystem einer Boeing 787 – Erhöhung der Flugsicherheit im Landeanflug durch verbesserte Umweltwahrnehmung**

Die Arbeit befasst sich mit der Definition einer optimierten Lichtverteilung für die Landebeleuchtung eines Flugzeuges. Dazu wurden visuelle Wahrnehmungsaspekte des Piloten, Randbedingungen durch das Flugzeug und Forderungen aus Normen, diskutiert sowie deren Relevanz für die Definition einer optimierten Lichtverteilung eingeschätzt. Die erarbeiteten Relevanzen sind dann bei der Auswertung in die Anforderungen für die bevorzugte Lichtverteilung mit eingeflossen. Um die Realisierbarkeit der bevorzugten Lichtverteilung zu überprüfen wurden einfache LED-basierte, optische Ansätze, welche eine Fläche definiert beleuchten sollen, evaluiert.

Diese Arbeit zeigt, dass die Lichtverteilung der Landebeleuchtung eines Flugzeuges im Vergleich zum Stand Technik mit einfachen optischen Ansätzen verbessert werden kann.

Durch das Einbeziehen von Pilotenmeinungen konnten im Vorfeld Fehler der aktuellen Landescheinwerfertechnologien bei der Konstruktion der theoretischen, optimierten Lichtverteilung vermieden werden. Auch die Berücksichtigung der visuellen Wahrnehmungsaspekte des Piloten und der Randbedingungen des Flugzeuges verbessert die Lichtverteilung im Vergleich zum Stand der Technik. Die optimierte Lichtverteilung erfüllt die Forderung einer seitlichen Höhenreferenzbeleuchtung im Landeanflug, einer Beleuchtung der Landezone im gesamten Landevorgang und einer ausreichenden Beleuchtung der Landebahn beim Aufsetzen und Ausrollen. Außerdem werden die Anforderungen der Luftfahrtnormen erfüllt, so dass seitens der Kunden diesbezüglich keine Einwände möglich sind.

Es konnte also eine optimierte Lichtverteilung definiert werden, welche besser an die Gegebenheiten einer Landung bei Nacht angepasst ist, als die Lichtverteilung bereits existierender Technologien. Aus diesem Grund wurde eine Patentanmeldung in die Wege geleitet, welche die gewonnenen Erkenntnisse über die optimierte Lichtverteilung schützen soll.



**Abbildung 1: Schematische Darstellung der optimierten Lichtverteilung im Landeanflug**

In verschiedenen Ansätzen wurden außerdem Möglichkeiten gefunden, die bevorzugte Lichtverteilung, durch eine LED-basierte Landebeleuchtung zu realisieren. Die Kombination einer LED mit einem Parabelreflektor führte zu einer realen Lichtverteilung, welche die Anforderungen der bevorzugten Lichtverteilung überwiegend erfüllt. Eine Schwierigkeit bei diesem Ansatz ist die Positionierung und Kühlung der LED vor der Parabel bei minimaler Abschattung. Eine Lösung für die Wärmeabfuhr hat die Heinrich-Beck-Institut GmbH gefunden. In ihrer Patentanmeldung vom 23.07.2009 schlägt sie eine Montage der LED auf einem schmalen Kühlstab vor, wodurch die Abschattung minimal und die LED ausreichend gekühlt werden soll.

Kombiniert man die LED mit einer Plankonvexlinse ergibt sich eine Lichtverteilung (vgl. Abbildung 3), welche noch näher an der optimierten Lichtverteilung liegt. Insgesamt ist die reale Lichtverteilung der Plankonvexlinsen homogener, als beim Einsatz von Parabelreflektoren. Eine Verschiebung der realisierten Lichtverteilungen zur optimierten Lichtverteilung (vgl. Versatz Simulationsergebnisse zur gelben Kontur in Abbildung 2) ist für beide Ansätze unvermeidbar, kann aber über die Ausrichtung der LED Module in einer anderen Landeanflugsituation als dem Ausrollen verringert werden. Es entsteht außerdem keine Abschattung durch die Positionierung und Halterung der LED. Plankonvexlinsen sind daher besser für eine LED-basierte Landebeleuchtung geeignet.

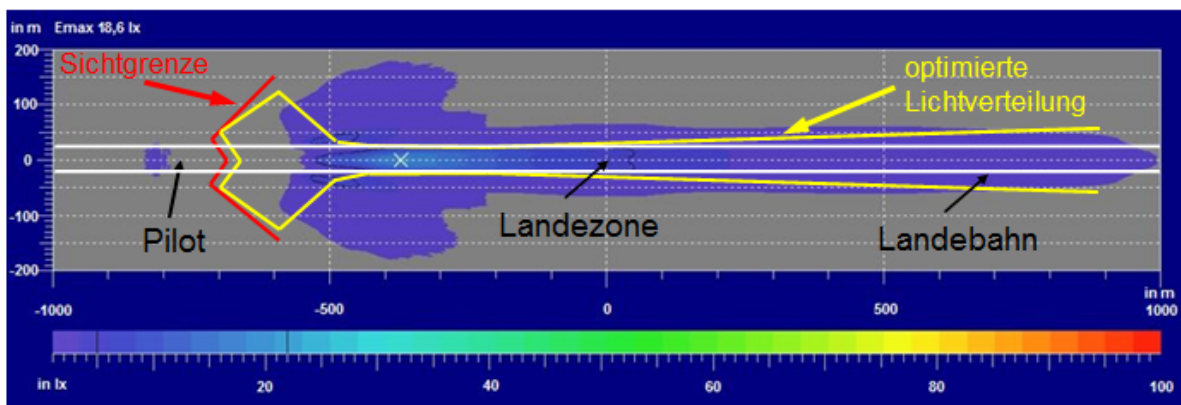
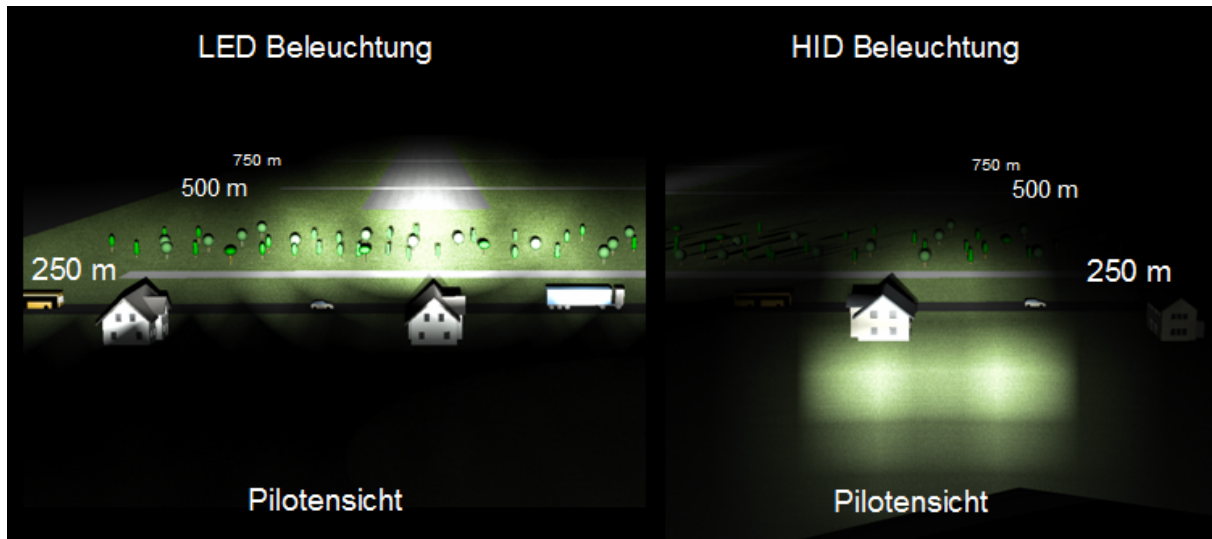


Abbildung 2: Vergleich der optimierten und simulierten Lichtverteilung in Helios

Der Vergleich (vgl. Abbildung 2) der LED Lösung mit der HID Landebeleuchtung zeigt, dass die LED Lichtverteilung dem Piloten eine weitere Sicht auf der Landebahn ermöglicht sowie eine breitere, seitliche Lichtverteilung erzeugt. Besonders bei Notlandungen auf z.B. unbeleuchteten Flughäfen ist das von Vorteil, was demnach die Flugsicherheit erhöht.



**Abbildung 3: Vergleich der LED Lichtverteilung mit dem Stand der Technik in DIALux**

Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass die Landebeleuchtung für ein Flugzeug mit LEDs, die mit Plankonvexlinsen oder Parabelreflektoren kollimiert werden, realisierbar ist. Zudem bietet die LED-Landebeleuchtung den Vorteil einer sehr flexiblen Gestaltung der Ausrichtung sowie der Homogenität der bevorzugten Lichtverteilung.