

Neue Lichtquellen und deren spezifische Anforderungen an die Reflektormaterialien

*Dr. Roman Fuchs, FME GmbH – Fuchs Materials & Engineering,
Rhytech, CH – 8212 Neuhausen am Rhenfall, www.fme-gmbh.ch, fme-gmbh@bluewin.ch*

Roman Fuchs, dipl. Physiker, ist Gesellschafter der FME GmbH und berät Firmen in materialtechnologischen Fragen mit Schwerpunkt Licht- und Solartechnik. Roman Fuchs war langjährig in der Forschung und Entwicklung eines Aluminium Konzerns leitend tätig, welches Spezialoberflächen für die Licht- und Solartechnik herstellt.

1. Historische Übersicht über Lampenreflektoren

Die Entwicklung neuer Lichtquellen in der Geschichte der Beleuchtungstechnik führte in der Regel auch zu einer Veränderung der Reflektoreigenschaften und somit der Reflektorgeometrie und der verwendeten Materialien. Während bei der Glühbirne und Energiesparlampe hauptsächlich Reflektoren aus Papier, Textilien oder Kunststofffolien zum Einsatz kommen, werden bei der Fluoreszenzleuchte für den Bildschirmarbeitsplatzbereich im wesentlichen anodisierte oder PVD- beschichtete Aluminiumspiegelbleche zu Rastern geformt um die Anforderungen der DIN 5035 bzw. der EN 12464-1 (Arbeitsstätten in Innenräumen) zu erfüllen.

Für den professionellen Einsatz der LED Technik im Arbeitsplatzbereich werden wiederum neue Anforderungen an das Reflektormaterial gestellt. Die Entblendung und Lenkung des punktförmig ausgestrahlten Lichtes stellen hohe Anforderungen an die Präzision und Langzeitstabilität der Reflektoren.

2. Funktionen des Reflektors:

Der Reflektor als verbindendes Element zwischen der Lichtquelle und der jeweiligen Sehaufgabe muss je nach Anwendung und Einsatzgebiet folgende Funktionen aufweisen:

- Lichtlenkung, Lichtverteilung, Entblendung
- Filterung des Lichtspektrums (UV-/ IR- Absorption)
- Wärmemanagement (Kühlen, Heizen)
- Ästhetische Anforderungen (Design)
- Elektrische/ elektromagnetische Abschirmung
- Schutz der Lichtquelle vor mechanischen Einwirkungen
- Nachhaltigkeit: Energieeffizienz, Energieeinsparung, Lebensdauer

3. Lichtquellen und Reflektormaterialien

Unter den Reflektormaterialien sind fast alle festen Stoffklassen wie Metalle, Gläser, (transparente) Kunststoffe, Papier, Textilien, vertreten. Dazu gesellen sich noch einige

PVD¹ - Beschichtungssysteme, welche in der Regel noch reflexionserhöhende bzw. wellenlängensensitive Eigenschaften aufweisen.

In der nachfolgenden Tabelle sind als Beispiele einige typisch in der Lichttechnik verwendeten Reflektormaterialien aufgeführt. Neben den optischen Werten spielen für die LED Lichtquellen auch die Wärmeleitfähigkeit und die Wärmekapazität eine wesentliche Rolle. Das Wärmemanagement der empfindlichen elektronischen Lichtquellen ist wohl die grösste materialtechnische Herausforderung in der bisherigen Entwicklung.

Reflektormaterial	Gesamt-reflexion (DIN 5036-3)	Lichtlenkung	Wärmeleitfähigkeit W/mK	Wärmekapazität kJ/(kg·K)	el. magn. Abschirmung	Brandverhalten ²⁾
Aluminium (roh, anodisiert)	80 - 90	diffus - gerichtet	236	0.9	ja	A1
Aluminium (RE) reflexionsverstärkt	95 - 98	spiegelnd bis matt	236	0.9	ja	A1
Edelstahl	50 - 60	matt - gerichtet	15 - 80	0.46	ja	A1
Stahl weiss lackiert	80 - 90	diffus	15 - 80	0.46	ja	A1
Silber (poliert)	95	gerichtet	429	0.23	ja	A1
Silberglasspiegel	95	gerichtet	0,19	1,47	nein	A1
Glas ¹⁾	92	transparent. – opaque-diffus	0,19	1,47	nein	A1
Plexiglas ¹⁾	86		0.2	1.25	nein	B2
Polycarbonat (PC) ¹⁾	80 - 90		0.14	1.2	nein	B1
Papier (weiss)	80 - 85	diffus	0.18	1.2	nein	B3
Textilien ¹⁾	50 - 80	diffus	0.04	1.7	nein	B2 – B3

¹⁾ transparente Materialien = Transmissionskoeffizient
²⁾ Baustoffklassen DIN 4102 - 1

Tab. 1: Eigenschaften von Reflektormaterialien

4. Der „ideale“ LED Reflektor

Die LED Beleuchtungsquellen mit ihren hohen punktförmigen Leuchtdichten stellen wegen der Miniaturisierung und der Wärmeempfindlichkeit dieser elektronischen Bauteile hohe technische Anforderungen, von denen der Reflektor möglichst viele erfüllen sollte und könnte. Im Folgenden wird ein Konzept einer Reflektorkomponente beschrieben, welches viele dieser Funktionen in sich vereint:

Die LED- Leuchte besteht aus einer hochreinen, spiegelnden Aluminiumgrundplatte, in welcher die Licht lenkenden Minirefektoren als „Downlights“ ausgeformt sind, welche die Lichtlenkung und Entblendung übernehmen. Die Oberfläche der Aluminiumgrundplatte ist im „Downlightbereich“ reflexionsverstärkt beschichtet, was zu einem hohen Leuchtenwirkungsgrad führt. Die Leistungs- LED`s mit über 3 Watt / LED sind direkt auf dem Reflektor montiert, um den Wärmeübergangswiderstand möglichst gering zu halten. Die gut Wärme leitende Aluminiumgrundplatte mit den ausgeformten Minidownlights ist mit einer rückseitigen Aluminiumplatte sandwichartig verbunden, was zu einer stabilen, steifen

¹ PVD = physical vapor deposition

und flächigen Leuchte mit geringer Bautiefe führt. Die Verbindung der beiden Platten erfolgt über ein Wärme leitendes Kernmaterial ebenfalls wärmeschlüssig. Die Oberflächen der ca. 65cm x 65 cm grossen LED- Leuchte sind Wärme emittierend beschichtet, so dass ein wesentlicher Teil der LED Wärme in die Umgebung abgestrahlt werden kann. Neue Druck- und Beschichtungstechniken ermöglichen, die elektrischen Zuleitungen direkt auf die Reflektorkomponenten aufzubringen, was zu Einsparungen beim Verdrahtungsaufwand führt.

In **Tab 2** sind die Reflektorfunktionen nochmals aufgeführt. In **Bild 2** ist eine Skizze der LED- Flachleuchte dargestellt. **Bild 1** zeigt einen Prototypen.

Reflektor- Funktion	Bemerkung
hoher Reflexionsgrad (vorderseitig)	ideal $R > 95\%$
UV- / (IR) absorbierend	
exakte Lichtlenkung / exakte Entblendung	erfüllt EN 12464-1
hohe Emission, hohe Wärmeabstrahlfläche (rückseitig)	ideal $> 80\%$ d. schw. Körpers
geringer Wärme- Übergangswiderstand LED Chip / Reflektor durch direkte lotschlüssige Montage	dünne Isolationsschicht zwischen
hohe Wärmeleitfähigkeit	$> 200 \text{ W/mK}$
Selbst tragend / mechanisch stabil / geringe Einbauhöhe	ideal Höhe $< 15\text{mm}$
integrierte Verdrahtung	z.B. rückseitig
Nachhaltigkeit / gute Recycelbarkeit	
Langzeitbeständigkeit	abhängig ob in- oder outdoor

Tab. 2: Der ideale LED Reflektor

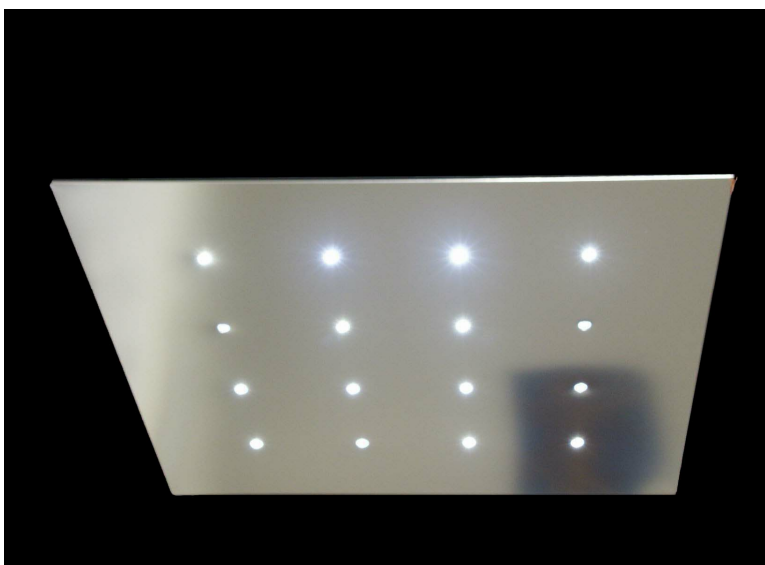


Bild 1: „Idealer“ LED Reflektor

Der aus reflexionsverstärktem Aluminium gefertigte Reflektor-Prototyp zeigt im Nahfeldbereich je nach Blickwinkel die Entblendung der als Minireflectoren ausgeprägten Downlights.

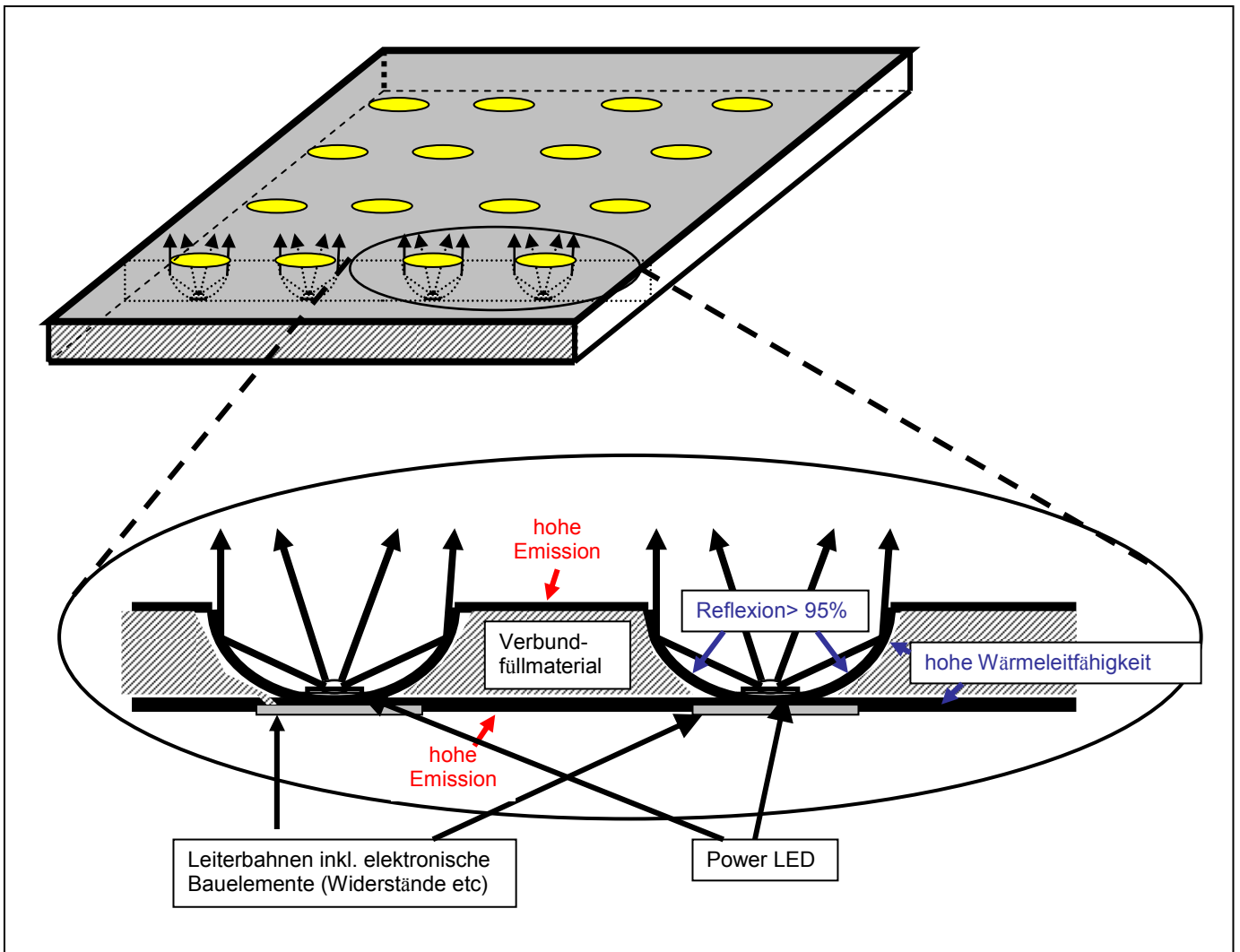


Bild 2: Der „ideale“ LED Reflektor

5. Neue Lichtquellen (OLED) ohne Reflektor?

Diesen organischen LED Lichtquellen wird eine grosse Zukunft auch in der technischen Beleuchtung vorausgesagt. In vielen populärwissenschaftlichen Publikationen wie auch in der Fachpresse werden die OLED's als 100% diffuse Lichtquellen ohne Schattenwurf gehandelt, welche einen Reflektor überflüssig machen.

Betrachtet man die heutigen Produkte am Markt mit ihren geringen Leuchtdichten, mag diese Einschätzung sicher richtig sein. Falls die Effizienzsteigerung der Lichtausbeute aber ähnlich wie bei der LED Entwicklung voranschreitet, könnten Wärmeableitung und Lichtlenkung/ Entblendung auch bei diesen diffusen „Flächenstrahlern“ ein Thema werden.

Behalten wir die Entwicklung im Auge!