

# "LED-Licht für die Allgemeinbeleuchtung - Wunderlampe oder Trojanisches Pferd?"

Vortrag von Alexander Wunsch, Heidelberg

Im Bereich des Kunstlichts geht der Trend hin zur Monokultur - Industrie und Politik setzen alles auf eine Karte: die LED. Dieses Leuchtmittel wird als die Lösung aller Beleuchtungsprobleme gehandelt und schont langfristig angeblich Geldbeutel und Umwelt. Allerdings gibt es auch kritische Stimmen, denn die lichttechnischen Eigenschaften der LED weichen in einigen Aspekten stark von natürlichem Licht ab. Ist diese Technologie wirklich schon so weit entwickelt, dass man sie bedenkenlos einsetzen kann, oder gibt es auch Kritikpunkte oder gar gesundheitliche Risiken? Der Vortrag gibt eine allgemein verständliche Übersicht zum Stand der Forschung und vermittelt auf anschauliche Weise das Basiswissen, um die biologische Verträglichkeit unterschiedlicher Lichtquellen bewerten zu können.

## Zusammenfassung der besprochenen Themen:

1. Die Glühlampe (Allgebrauchsglühlampe, AGL) ist die einzige Kunstlichtquelle mit einer natürlichen Spektralverteilung (Spektrum liegt auf der Schwarzkörperkurve).
2. Der Mensch ist in seinen Lichtreaktionen optimal an Lichtquellen mit natürlicher Spektralverteilung angepasst. Glühlampen weisen wie alle thermischen Lichtquellen (Sonne, Feuer, Kerze) eine hervorragende Farbwiedergabe auf.
3. Halogenlampen sind auch Glühlampen. Halogenglühlampen (HGL) haben eine etwas weißere Lichtfarbe und eine doppelt so hohe Lichtausbeute im Vergleich mit einer AGL.
4. Halogenglühlampen sind ein energieeffizienter Ersatz für die Allgebrauchsglühlampen.
5. AGL sind nur für den Betrieb an Netzstrom vorgesehen. HGL gibt es als Hochvolt-HGL für den direkten Betrieb am Netz (230 Volt Wechselstrom) sowie als Niedervolt-HGL für den Betrieb an 12 Volt.
6. Niedervolt-HGL sollten an einem **geerdeten** Gleichstrom-Schaltnetzteil betrieben werden, damit die elektromagnetischen Wechselfelder eliminiert werden (siehe Tabelle 1). Wird ein Wechselstrom-Transformator verwendet, erzeugt die Niedervolt-HGL 20 mal mehr elektromagnetische Wechselfelder (Störstrahlung, „Elektrosmog“) als eine Hochvolt-HGL mit gleicher Wattage. Schaltnetzteile sind herkömmlichen Netzteilen unbedingt vorzuziehen!
7. Hochvolt-Lampen sollten nicht gedimmt werden, da sich hierdurch die elektromagnetische Störstrahlung verstärkt. Niedervolt-HGL können mit dimmbaren Gleichstrom-Schaltnetzteilen betrieben werden, die keine elektromagnetische Störstrahlung erzeugen.
8. Alle Arten von Glühlampen sind derzeit noch erhältlich und dürfen gekauft und betrieben werden. Allerdings darf die Allgebrauchsglühlampe nicht mehr hergestellt werden, nur doch der Abverkauf von Lagerware ist zulässig. Bezugsquellen können z.B. über eBay leicht gefunden werden.
9. Spezial-Glühlampen für besondere Einsatzzwecke dürfen weiterhin hergestellt und vertrieben werden. Viele Glühlampen sind als stoßgeschützte Ausführungen daher weiter im Handel, allerdings ist der Preis deutlich höher.
10. Leuchtstofflampen und Leuchtdioden (LED) sind Kaltlichtquellen und weisen ein Spektrum auf, das in wesentlichen Punkten von der natürlichen Spektralverteilung ab-weicht. Daraus folgt, dass die menschlichen Lichtreaktionen gestört ablaufen können.

11. Kaltlichtquellen erzeugen praktisch immer einen erhöhten Blauanteil, auch wenn es sich um eine so genannte Warmton-Ausführung handelt. Dieser erhöhte Blauanteil erzeugt im Gewebe (Haut und Netzhaut) vermehrt aggressive Sauerstoff-Radikale.
12. Kaltlichtquellen fehlt der wichtige Nahinfrarotbereich, der bereits in vielen wissenschaftlichen Studien zur Geweberegeneration und zur Verbesserung der Wundheilung eingesetzt wurde.
13. LED sollen gemäß einer Empfehlung der Französischen Gesundheitsbehörde ANSES aus dem Jahr 2010/2011 nicht in Privathaushalten eingesetzt werden und insbesondere dort nicht zur Anwendung kommen, wo sich Kinder aufhalten. Hauptgrund für diese Empfehlung ist die höhere Durchlässigkeit der Augenlinse von Kindern für die kurzwellige (blaue) Strahlung, die auf die gesamte Lebenszeit bezogen z.B. das Erkrankungsrisiko für die altersbedingte Makuladegeneration (AMD) erhöhen könnte.
14. Kaltlichtquellen haben praktisch immer eine deutlich schlechtere Farbwiedergabe als thermische Lichtquellen (AGL, HGL, Feuer, Tageslicht).
15. Der Farbwiedergabeindex sollte so hoch wie möglich sein, nicht nur, um Pigmentfarben, sondern auch die Hautfarbe der Menschen im besten Licht darzustellen. Glühlampen, Sonnenlicht und Kerzen haben einen Farbwiedergabeindex >99. Für Kaltlichtquellen sollte ein Farbwiedergabeindex von mindestens 95 erreicht werden.
16. LED-Lichtquellen sind besonders problematisch, was den Aspekt des Lichtflimmerns anbetrifft. Lichtflimmern kann in EEG-Untersuchungen bis ca. 200 Hz im Gehirn nachgewiesen werden. Bei schnellen Augen- oder Objektbewegungen kann Lichtflimmern bis zu einer Frequenz von ca. 2000 Hz zu so genannten Perlschnur-Effekten oder stroboskopischen Effekten führen.
17. Da Lichtflimmern in der Peripherie der Netzhaut am stärksten wahrgenommen wird, kann es im Sinne unbewusster Vermeidung dazu führen, dass eine Verlagerung des Wahrnehmungsfokus in das zentrale Sehfeld stattfindet. Dies ist mit einer vermehrten Belastung des gelben Flecks, also der Stelle des schärfsten Sehens, verbunden. Da LED-Licht praktisch immer auch erhöhte Blauanteile aufweist, führt dies nicht nur zu veränderten Bewegungsmustern für Augenmuskeln und Halsmuskulatur, sondern auch zu einer weiteren Stressbelastung der zentralen Netzhaut durch Sauerstoffradikale.
18. Es gibt LED-Lichtquellen, die überhaupt nicht flimmern, andere hingegen flimmern extrem stark. Da das Lichtflimmern derzeit noch nicht im Fokus der Betrachtungen steht und von den Normen keine Berücksichtigung findet, werden meist keine Angaben in den technischen Datenblättern der verschiedenen Leuchtmittel gemacht. Man ist daher auf eigene Messungen angewiesen, wenn man sicher ausschließen will, dass die verwendete Lichtquelle flimmert.

#### **Die Prioritätenliste für gesundes Licht unter Berücksichtigung der genannten Aspekte:**

1. Gleichstrombetriebene Niedervolt-Halogenlampen (= optimal)
2. Hochvolt-Halogenlampen (höhere Effizienz als AGL)
3. Allgebrauchs-Glühlampen (evtl. stoßfest)
4. Flimmerfreie LED mit Farbwiedergabe > 95 (= Mindestanforderung)

**Tabelle: Elektromagnetische Eigenschaften verschiedener Glühlampen-Typen**

Elektromagnetische Eigenschaften verschiedener Glühlampen - Typen						
Typ	AC	DC	EMF/AC	EMF/DC	LM/AC	LM/DC
AGL	ja	nein	+	keine Angabe	+	keine Angabe
HVHL	ja	nein	+	keine Angabe	+	keine Angabe
NVHL	ja	ja	+++	0	+	0

AGL=Allgebrauchs-Glühlampe, HVHL=Hochvolt-Halogenlampe, NVHL=Niedervolt-Halogenlampe  
 AC=Wechselstrom, DC=Gleichstrom, EMF=elektromagnetisches Wechselfeld, LM=Lichtmodulation  
 CC-Lizenz. Diese Grafik darf vervielfältigt, verbreitet und öffentlich zugänglich gemacht werden unter folgenden Bedingungen: Namensnennung (Urheber: Alexander Wunsch), keine kommerzielle Nutzung, keine Bearbeitung.

Die elektromagnetischen Eigenschaften verschiedener Glühlampen-Arten unterscheiden sich je nach Betriebsbedingungen erheblich. In dieser Tabelle werden die Auswirkungen von Wechselstrombetrieb auf elektromagnetische Abstrahlung und Lichtmodulation dargestellt.

In Spalte 1 steht der Glühlampen-Typ, differenziert nach Allgebrauchs-Glühlampe (AGL), Hochvolt-Halogenlampe (HVHL) und Niedervolt-Halogenlampe (NVHL). Die zweite Spalte gibt an, ob die verschiedenen Typen mit Wechselstrom betrieben werden können, in der dritten Spalte ist zu erkennen, ob ein Betrieb mit Gleichstrom mit derzeit verfügbarer Technologie, z.B. einem geerdeten, handelsüblichen Schaltnetzteil mit hohem Wirkungsgrad, möglich ist. Die vierte Spalte gibt an, wie viel elektromagnetische Wechselfelder beim Betrieb unter Wechselstrom-Bedingungen entstehen, in der fünften Spalte zeigt sich, dass nur bei Gleichstrom-Betrieb keine Wechselfelder entwickelt werden, für die Hochvolt-Wechselstrom-Lampen ist daher keine Angabe gemacht. Die sechste Spalte gibt die Stärke der Lichtmodulation an, die im Wechselstrom-Betrieb entsteht, während aus der siebten Spalte ablesbar ist, dass im Gleichstrom-Betrieb einer Niedervolt-Halogenlampe auch keine Lichtmodulationen entstehen. Für die Hochvolt-Wechselstrom-Lampen wird wiederum keine Angabe gemacht, da ein Gleichstrombetrieb mit 230 Volt in der Praxis nicht vorkommt und mit handelsüblichen Möglichkeiten nicht realisiert werden kann.

Niedervolt-Halogenlampen sind dafür prädestiniert, mit einem hocheffizienten Reflektor kombiniert zu werden. In der MR-16-Bauform gibt es zudem die Möglichkeit, mit ausgeklügelter Wärmerückgewinnung zu arbeiten (z.B. IRC-Technologie), indem ein Teil der Nahinfrarot-Spektralenergie zurückgeführt wird.

**Fazit:**

Aus der Zusammenstellung ergibt sich, dass aus der Verwendung von Gleichstrom das biologisch neutralste Glühlampenlicht resultiert, vor allem in Hinblick auf Vermeidung elektromagnetischer Störstrahlung („Elektrosmog“) und konsequente Eliminierung von Lichtmodulationen.