

LED- und Xenon-ACL-Blitzer in der Praxis



Folgender Text beruht im wesentlichen auf eigenen praktischen Erfahrungen und ist nicht irgendwo abgeschrieben worden, wie so manche Dr. Ötker-Arbeit ;-)

Die gezogenen Schlussfolgerungen sind bisher kaum diskutiert worden und können auch falsch sein!

Helligkeit:

Entscheidend für das Registrieren von Lichtimpulsen durch unser Auge ist der Helligkeits-Kontrast. Genauer, hoher Helligkeits-Kontrast bedeutet hohe Helligkeits-Änderung in möglichst kurzer Zeit.

Daher ist die Xenon-Blitzröhre vom Prinzip her ideal:

Die in einem Kondensator gespeicherte Energie entlädt sich nach Zündung über das ionisierte Xenon-Gas schlagartig in wenigen Millisekunden (ms) in Form eines Plasma-Blitzes, der mit maximaler Helligkeit beginnt und dann irgendwann abreißt bzw. erlischt/verlöscht.

Mehr "Kontrast" als mit dem Xenon-Stroboskop-Blitz geht nach obiger Definition nicht.

Das neckische Nachblitzen von ACLs (Anti-Collision-Light) mit kleinerer Energie bringt von der optischen Wahrnehmung her fast nichts, es sieht aber schick aus.

Technisch ergibt sich das Nachblitzen mit viel kleinerer Leistung/Helligkeit automatisch dadurch, dass der Blitz-Ladekondensator schlicht noch nicht wieder voll aufgeladen ist. Also total simpel, einfach noch schnell zwei oder drei Zündpulse nachlegen und fertig ist der schicke, bekannte ACL-Lichteffekt.

Rechnerisch liegt die kontinuierliche Leistung des Xenon-Blitzes eines typischen ACLs im guten zweistelligen kW-Bereich. Die optische Ausbeute ist dabei auch relativ gut.

Daher reicht schon eine einzige Millisekunde (1/1000s) Brenndauer aus, einen extrem grell und hell wahrnehmbaren Blitz zu erzeugen.

Der Kontrast = Helligkeitsanstieg pro Zeit ... phänomenal!

Mit einem LED-System bekommt man diese Licht-Leistung (Arbeit pro Zeit!) auch in absehbarer Zukunft nicht mal ansatzweise erreicht. Eine LED ist zudem immer etwas träge, was den Lichtstart angeht, es ist ein relativ träger Halbleiter mit nachgeschalteter Leuchtschicht.

Wie bekommt man denn mit der LED überhaupt einen möglichst hohen "Kontrast" hin?

Irgendwie logisch: Man kann mit kleinem Sicherheitsabstand den maximal zulässigen Strom auf den LED-Chip geben, die Halbleiter-Struktur der LED wird dabei gerade noch nicht dauerhaft angegriffen oder gar zerstört. Mehr Strom (Spannung schon gar nicht, Kennlinie!) geht also nicht.

Naturgetreuer LED-Blitz?

Wenn man den obigen, maximal möglichen Strom-Impuls genau so kurz wie die Brenndauer des Xenon-Blitzes (wenige bis 15ms) mit der Ansteuerung vorgibt/programmiert, dann erscheint der LED-"Blitz" allenfalls als müdes Kerzenlicht oder getunttes Glühwürmchen (siehe "optische Hingucker").

Wie schon angedeutet, startet die LED-Lichtemission nicht mal ansatzweise so fix wie ein schlagartig zündendes Xenonplasma.

Die Entladung per sprunghaft ansteigenden Stromstoß ist bei der konventionellen Blitzröhre sogar als deutliches "Klack" zu hören.

Es bleibt also nur übrig, die "Brenndauer" des LED-Lichtes zu verlängern?

Und tatsächlich, dieser Trick funktioniert: Durch deutliche Verlängerung der Leucht/LED-Brenndauer wird für das menschliche Empfinden die effektive Helligkeit der LED-Lichtquelle drastisch erhöht.

Leider entfernt man sich mit der fortschreitenden Verlängerung der Blitzdauer/Brenndauer immer mehr von dem "originalen" Erscheinungsbild (Blitzmuster) eines typischen Xenon-ACLs.

Also funktioniert mit LEDs

ENTWEDER

originalgetreues Blitzen in relativ geringer Helligkeit

ODER

ein recht langatmiges Leuchtmuster mit brauchbarer Helligkeitsempfindung.

Für Modellbauanwendungen werden daher eher originalgetreue Blitzmuster programmiert, für echte ACL-Anwendungen mit LEDs dagegen „langweilige“ Ein/Aus-Muster (man beobachte mal Windkraftanlagen).

Im zweiten Fall ist Kreativität und ein wenig Ausprobieren angesagt, absolut Xenon-naturgetreu nachzueifern ist also mit LEDs nicht sinnvoll/wirkungsvoll.

Ein „LED-Dauerleuchten“ ist ebenso wenig sinnhaft, da gibt es gar keinen Kontrast! Man stelle sich einfach vor, etwas Dauer-Leuchtendes kommt aus der Ferne auf einen zu → das wird nur ganz langsam heller, irgendwann dann schon unangenehm schnell ;-)))

Viel schneller leer werden würde dabei allerdings der Akku. Nur im Dunkeln funktioniert das mit dem Dauerleuchten richtig gut, und zwar schon bei Lichtemissionen, die am Tage kaum zu erkennen sind. Nebenbei müssen Leuchtdioden bei hoher Licht-Ausgangsleistung und Dauerleuchten gekühlt werden, denn die meiste eingebrachte Leistung geht immer noch als Erwärmung verloren.

Es ist folgendes im Hinterkopf zu behalten:

Um einen doppelt so hohen optischen Lichteindruck zu erhalten, ist etwa die zehnfache Lichtemission (je nach Aufbau und Betrachtung 4-10fach) nötig.

Ander herum bedeutet das, dass selbst bei erheblich kleinerer Lichtleistung der Helligkeitsunterschied erstaunlich klein ausfällt.

Nur durch diesen günstigen Umstand sind überhaupt LEDs sinnvoll in ACL-Blitzer-Anwendungen einzusetzen.

Daher ist es auch kein deutlicher Unterschied, ob nun drei oder vier LED-Chips in Reihe geschaltet sind, siehe Beispiele weiter unten.

Lichtausbeute, Lumen:

Desto mehr, desto heller kann eine spezielle LED strahlen, über den Wirkungsgrad (Lumen pro Watt) sagt das allerdings noch gar nichts aus.

Lichtfarbe?

Naturbedingt ist das Xenon-Licht grell-weiß, die Lichtfarbe liegt bei etwa 5000k.

Jede weiße LED ist im inneren übrigens eine „blau“, der Chip ist nur mit einem entsprechenden (gelblich erscheinenden) Leuchtstoff überzogen!

Weiß, Rot oder gar grün?

Das menschliche Auge ist nicht für jede Farbe gleich empfindlich. Ideal wäre dafür unsere Wahrnehmung die Farbe/Wellenlänge grün.

Aber grün als ACL-Blitzer-Warnfarbe? Wenn es hilft gerne, die verfügbaren Lumen-leistungsstarken LEDs sind auch in Grün verfügbar.

- Die Lichtintensität einer weißen LED ist nicht mal ansatzweise gleichmäßig über die einzelnen Farbspektren verteilt. Und gerade die maximalen Intensitäten liegen weit von unserem empfindlichsten Empfinden (grün) entfernt (im tief-blauen). Daher muss eine insgesamt z.B. 1000 Lumen strahlende weiße LED nicht unbedingt auffälliger als eine grüne mit 400 Lumen empfunden werden. Ob das auch wirklich so ist, siehe im Folgenden.

In Rot sind die verfügbaren Lumen-Leistungen der verwendeten und vergleichbaren LEDs noch erheblich kleiner als bei Grün, was jetzt mal ausnahmsweise das Preis-zu-Helligkeits(Lumen)-Verhältnis angeht (wenn es um die Wirksamkeit geht, muss der Preis egal sein!).

Die weißen LEDs in den oberen Lumen-Leistungsklassen sind dagegen relativ preiswert zu beziehen, was wahrscheinlich aus deren weiten Verbreitung als energiesparende Leuchtmittel resultiert.

Die weißen LEDs haben aber eine spektrale Verteilung, die gar nicht gut mit der Empfindlichkeit unseres Auges harmonisiert, siehe Grafik im Anhang!

Für unsere ACL-Anwendung sind gut geeignete 250-1000 Lumen starke, winzige Chip-LEDs in 5000-6500k mit verläSSLicher und langfristiger Bezugsquelle (kein Ebay-Zeugs) zu beziehen.

Es haben sich jetzt folgende LED-Varianten zur ACL-Verwendung als gut geeignet herausgestellt:

Folgende Chips sind die auserwählten Versuchskandidaten:

In Weiß:

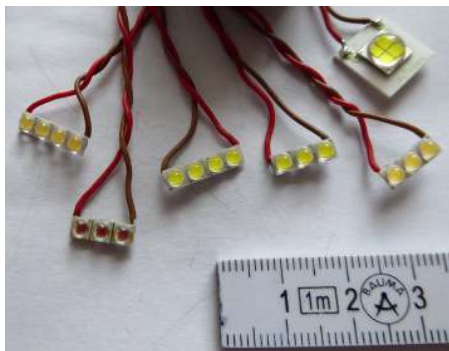
- 1x Chip mit 10x10mm mit ca. 1100 Lumen bei 6200k -> 15€
- 3-4x Chip mit insgesamt ca. 3,5x14mm mit zusammen ca. ebenso 1100/1400 Lumen (5000k) bei halber Fläche -> 2,00€ (Gesamtpreis incl. Steuer, Preiskracher!)

In Rot-Orange-635nm:

- 4-5x Chip mit insgesamt ca. 3,5x14mm mit zusammen ca. 300/370 Lumen -> 10,00€

In grün-520nm:

- 3-4x Chip mit insgesamt ca. 3,5x14mm mit zusammen ca. 420/560 Lumen -> 8,00€



Die Einzelchipvariante ist in Streifenanordnung extrem klein, muss daher aufwändig von Hand oder per Reflow-Verfahren verlötet werden.

Ob ein weißer-Streifen mit Vorwiderstand besser 3 oder 4 LED-Chips enthalten soll, hängt sehr von dem Bereich der Betriebsspannung ab, in dem der Blitzer optimal zu betreiben ist.

Bei vier weißen LEDs ist die Helligkeit mit einfachem Vorwiderstand sehr spannungsabhängig: Bei 11V bekommen wir nur ein müdes Glimmen, bei 14,7V sind wir schon nahe einer Zerstörung durch Überlastung. Hier muss im Moment etwas mit Kompromissen gearbeitet werden, bei 3 Chips in Reihe funktioniert die Methode mit dem Vorwiderstand nach ohmschem Gesetz schon ausreichend gut.

Mit angepasster und ausgeklügelter Schaltungstechnik, die in unseren Modellbauprodukten (4,8-6V) eingesetzt ist, wird dieser Effekt elektronisch kompensiert – das scheint für die aktuelle ACL-Blitzer im Moment noch übertrieben, die Nachfrage ist einfach viel zu gering.

Welche LED-Version vorzuziehen ist, kann je nach Einbausituation entschieden werden.

Bei den Preisen von ca. 50ct pro Chip-LED sollte man überlegen, gleich eine Rundum-Variante aufzubauen. Der „Pickel“ würde dann aufs Höhenleitwerk geschraubt und in fast ALLE Richtungen strahlen können. Das mit dem „aufs Höhenleitwerk schrauben“ wird allerdings aus mehreren Gründen doch eher ein „in die Nase stecken“ werden.

Nochmal zur Lichtfarbe – nun einmal **ROT** genauer betrachtet:

Die Lichtfarbe (**tief**)rot (650nm) benötigt etwa doppelt so viele Lumen wie **rot-orange** (635nm) für gleiches Helligkeitsempfinden.

Überlegung: Entscheidend ist doch, mit welcher Empfindlichkeit das Licht von unserem Auge wahrgenommen wird und nicht mit welcher physikalischen Strahlungsleistung es im Auge ankommt! Die physikalische Strahlungsleistung sollte sogar möglichst klein sein, um eine gefährliche Erwärmung der Netzhaut auszuschließen (Extrembeispiel: Laserpointer). Also ist „optisch maximal effektiv“ anzustreben!

Die weißen LEDs haben alle eine recht ungleichmäßige spektrale Verteilung. Da sind also auch viele Spektral-Anteile dabei, die zwar zu zusätzlichen Lumen im Datenblatt führen, aber zur optischen Wahrnehmung kaum etwas beitragen. Siehe im Anhang „relative spektrale Empfindlichkeit des Auges“!

Die schmalbandig **rot-orange** strahlenden LEDs schaffen gerade mal 1/4 der Lumen-Leistung vergleichbarer weißer LEDs, sind aber dennoch in der Praxis vielleicht besser zu erkennen?

Daher ein paar praktische Feldversuche:

1.) *Wird als ACL eine 635er-rot-orange LED mit „nur“ 100 Lumen vielleicht auffälliger empfunden als eine weiß blitzende LED mit ca. 400 Lumen?*

2.) *Die Farbe Grün wird von unserem Auge 4 mal intensiver wahrgenommen, hat aber nur die halbe Lumenzahl der weißen LED. Somit müsste die grüne immer noch doppelt so hell empfunden werden. Ist das auch so?*

Antwort: 2 x NEIN! Sie werden nicht mal GLEICH-hell empfunden. Vor allem der 2.te Fall ist ernüchternd, wenn die Theorie gar nicht mit der Praxis überein stimmt.

Vielleicht ist eine mehrfarbige Variante sinnvoll ist, um einen stahlblauen Himmel bei gleißendem Sonnenlicht genauso wie der Flug unter einer Wolkendecke oder am trüben Hang abzudecken.

Dazu befindet sich ganz aktuell eine spezielle 3er Variante gerade im praktischen Test:

- 3 x Weiß parallel mit 3x rot
- 3 x Weiß parallel mit 3x grün
- 2x 3 x Weiß (3 x Weiß parallel zu 3 x Weiß)



Die Ansteuerung der drei LED-Kombinationen erfolgt mit drei getrennten Ansteuerkanälen womit Blitzkombinationen nacheinander oder auch gleichzeitig erfolgen können.

Da das Blitzmuster rein per Software generiert wird, ist bei speziellem Bedarf auch ein langsames Auf- und Abdimmen per PWM-Modulation möglich.

Nebenbei die Farbe **Blau**:

Diese Farbe wirkt besonders am Boden im Dunkeln sehr auffällig. Angeblich wurde blau (zu Kriegszeiten) für Einsatzfahrzeuge ausgewählt, da diese Farbe aus größerer Höhe am wenigsten auffällt.

Wirkungsgrad, Lumen pro Watt:

Eine Glühlampe gibt praktisch nur Wärme ab und leuchtet als kleiner Nebeneffekt noch etwas.

Der Wirkungsgrad einer LED ist auch heute noch grausig schlecht, die meiste Energie wird ebenso in Wärme und nicht in Licht umgewandelt. Die LED erfüllt ihren Zweck aber schon erheblich energiesparender (kälter) als ein glühender Faden. Also, auch die LED erwärmt sich, hat aber schon einen erheblich besseren Wirkungsgrad als eine Glühfadenlampe.

Anmerkung, der Wirkungsgrad (Watt zu Lumen) ist bei einer Xenon-Blitzröhre zwar nur etwa halb so groß wie bei der LED, aber die Röhre hat gigantisch viel mehr Watt's!

Wärme-Entwicklung:

Die LEDs im Blitzbetrieb benötigen bei entsprechend kleiner Einschaltdauer keine gesonderte Kühlung, da die Wärmekapazität des Gehäuses ausreicht die pulsartig eingeleitete Wärme über die Zeit (in der sie nicht leuchtet) abzuführen.

Alle Versuchskandidaten waren zum direkten Vergleich einmal parallel an einen einzigen Schaltausgang angeschlossen: Gewitterstimmung im Labor!

Hält man die Hand über die zusammen gerückten Leuchtmittel, dann fühlt man die Strahlung bei jedem Blitzen sehr deutlich! Das Netzteil zeigt Strom-Spitzen von gut 5A an. Ob bei dem Wärmeempfinden auch IR-Strahlung beteiligt ist!? Davon wird in den Datenblättern nichts angegeben, es ist aber davon auszugehen.

Störungen im Funk ???

Beim Xenon-Stroboskop sind der Hochspannungs-Zündpuls (einige kV) und das vom Ladekondensator (ca. 250V) gespeiste Plasma bzw. dessen Stromstoß (Stromänderung pro Zeit → Induktion, auch der Stromabfall beim Erlöschen) wunderbare Störquellen, mit schön breitem HF-Spektrum wie aus dem Lehrbuch.

Hinzu kommt nebenbei noch die getackelte Ladeschaltung für den Blitz-Kondensator, die fortwährend arbeitet (so ist die Stromaufnahme eines typischen ACL-Beacons von Blitz zu Blitz sehr gleichmäßig).

Abschirmung und LC-Filterung sind die entscheidenden Gegenmaßnahmen, wenn es im Funk beim Blitzen kurz anfängt zu rauschen, obwohl die Rauschsperrschleife schon (viel zu) weit hochgedreht ist.

Ein LED-Blitzer stört auch?

Im Wesentlichen wird (wie beim Plasma) der LED-Strom, genauer, der rechteckige Stromanstieg und Abfall ein hochfrequentes Störspektrum bilden, das ist reine Physik. Die LED-Stromänderung pro Zeit ist allerdings im Gegensatz zum Xenon-Blitz relativ gering.

Im Unterschied zum Xenon-Blitzer wird der LED-Strom aber nicht aus einem Ladekondensator abgegriffen, sondern meist direkt aus der Versorgungsspannung.

Wenn die Versorgungsspannung schlecht gepuffert oder zu hochohmig gespeist ist, dann schwankt diese nun naturgemäß sprunghaft im Takt der LED-Ansteuerung.

Und genau diese Spannungssprünge „landen“ dann auch im Funkgerät als unsaubere Versorgungsspannung.

Einen großen Kondensator in die Versorgungsleitung des LED-Blitzers zu legen, und zwar noch in Kombination mit einer zusätzlichen Drosselspule, sollte wirksame Abhilfe schaffen.

Wobei die Drosselspule meist nicht nötig ist, die Zuleitung alleine ist schon ein kleines L/RC-Glied.

Grundsätzliches

Grundsätzlich zu empfehlen ist der Anschluss des Blitzmoduls und der LED über ein hochwertiges, nicht zu dünnes geschirmtes Kabel (Koaxialkabel aus der Nachrichtentechnik), da es nach außen hin Feld-frei ist. RG-58 ist bei kurzen Entfernungen natürlich völlig übertrieben und viel zu starr bzw. unhandlich.

Ob eine extra Entstörung wirklich nötig ist, hängt auch von der Schaltungstechnik des LED-Ansteuer-Elektronik ab. Wenn man das LED Licht z.B. langsam auf und abdimmt (linear, nicht per PWM!), wird es keine anhaltenden impulsartigen Störungen geben.

Aber, wie schon mehrfach erwähnt: Am besten sieht unser Auge steile Helligkeits-Änderungen, daher sind extra provozierte langsame Änderungen für ein Erkennen bei gegebener LED-Maximalleistung sehr ungünstig.

Ein Schalter ist ggf. sinnvoll, damit nach der Landung niemand von dem LED-Geflacker genervt werden kann.

Eine gezielte, automatische Aktivierung über bereits bestehende Antikollisions-Einrichtungen sollte gut überlegt werden:

Gerade ein Motorflugzeug mit absoluter Mindestausrüstung wird eben NICHT den Blitz aktivieren können.

Und genau für solche Flugobjekte ist das ACL am nötigsten !!!

Es gibt dazu nur eine Empfehlung: Während des Fluges das ACL dauerhaft einschalten ... und fertig.

Der Stromverbrauch ist genau berechenbar, dieser ist direkt abhängig vom programmierten Blitzmuster und liegt bei 1A-LED-Strom und 15 % Einschaltdauer bei gemittelten ... oh welche Überraschung ... 150mA ;-) Aber klar, bei 10 Stunden Betrieb wird der Versorgungsakku zusätzlich um 1,5Ah seiner Kapazität beraubt, was bei knapper Dimensionierung und fortschreitender Alterung der Akkus den „Saft“ am Ende des Fluges knapp werden lassen kann.

Da es so schön an dieser Stelle herrlich passt, „Immer eine ausreichende Akkukapazität, LBM“:

http://www.schrandt-electronic.de/Dokumente/LBM-Dokumentation_XLR_05-2.pdf

Das ACL ist in JEDEM FALL gesondert abzusichern, mit einem Wert, der etwa dem doppelten, gemittelten Betriebsstrom entspricht.

Merke: Eine superflinke 5x20mm Feinsicherung löst bei 1,5 fachen Nennstrom erst nach ca. 10 Sekunden aus.

Die LEDs dürfen ohne zusätzlichen Kühlkörper NICHT im dauerhaft (je nach Leistung und Wärmekapazität des Gehäuses) mit dem Maximalstrom beaufschlagt werden!

Der Erfahrung nach sind bis zu 250ms Leuchtdauer am Stück möglich, eine ED (Einschaltdauer) von bis zu 20% lässt die LED noch nicht unzulässig erwärmen.

Erstes Fazit:

Leider hat sich in der Praxis gezeigt, dass ein an einem wolkenlosen, sonnigen Spätnachmittag, das LED-ACL bei der Landung (auf einen Beobachter zu) erst aus 1000m Entfernung zu erkennen ist. Würde man jetzt die Lichtleistung verzehnfachen, dann wären es vielleicht 2000m. Mit einem Stroboskop sind es wohl 3000m.

Eigene Erkenntnis: Ein Flugzeug wird bei großer Umgebungshelligkeit auf jeden Fall nicht nur deshalb eher erkannt, weil es einen Blitzler (egal welchen) besitzt! In erster Linie ist es die Silhouette. Ein ACL als wirksamen Sicherheitszuwachs (wie Flarm) zu werten ist somit fraglich. Vor dem Anlassen hat das Einschalten des ACLs dagegen unbestritten die Aufgabe, in unmittelbarer Nähe aufhaltende Personen auf den bevorstehenden Anlassvorgang des Triebwerks hinzuweisen. Dabei ist es von der Wahrnehmung her egal ob es ein LED-Blitz oder ein (zehnmal hellerer) Xenon-Blitz ist → sieht man auf jeden Fall!

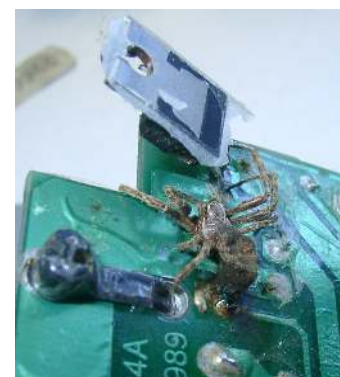
Wo definitiv eine Wirkung durch deutliche Erkennbarkeit vorliegt: Bei einem trüben Tag am Hang, dicht unter einer Wolkendecke oder bei der Landung in der Dämmerung wird der LED-Blitzler dagegen deutlich aus über 2km Entfernungen erkannt, aber beim Einbau in die Nase auch nur von vorne, aus einem Winkel von gut 120Grad. Unbestritten, auf jeden Fall besser als nichts!

Vor- und Nachteile - LED-Blitzanordnung ↔ Xenon-Blitzröhre

Xenon-Stroboskop/Blitzröhre:

- Sehr hohe emittierte Lichtleistung, extrem steile Lichtflanke,
- kontinuierliche, mäßige Stromaufnahme, dadurch erfolgt eine gleichmäßige Belastung der Versorgungsspannung,
- HF-Störungen sind möglich durch die getaktete Kondensator-Ladeschaltung, insbesondere werden Störungen durch die Plasmaentladung hervorgerufen,
- hohe Betriebsspannung, 250-600V für Brennspannung, einige kV für die Zündung, entsprechende Schutzmaßnahmen sind nötig.

Die Spinne auf dem Foto wollte das nicht glauben und zerstörte sich und den Transistor im Seitenleitwerks-Strobe einer Beechcraft !!!



- ca. 50 Lumen/Watt (haben aber sehr viele Watt!!!).

LED-Blitzer:

- Absolut geräuschloser Betrieb,
- geringe, ungefährliche Betriebsspannung,
- kleineres Störpotential,
- erheblich geringere Lichtausbeute,
- sehr viel kleinere Bauform,
- impulsartige Stromaufnahme (nicht kontinuierlich) bei moderatem/vertretbarem Schaltungsaufwand, der Strom kann sich je nach Leuchtmittel während der LED-Leuchtphasen im A-Bereich bewegen,
- im Mittel geringere Stromaufnahme,
- über 100 Lumen/Watt (haben aber sehr wenig Watt!!!).

Die Frage, die sich nun jeder selber stellen kann bleibt:

LED oder Xenon-Blitzer



Diese unbearbeiteten Fotos tragen zur ACL-Überlegung nichts bei, sind aber echte optische Hingucker :-)



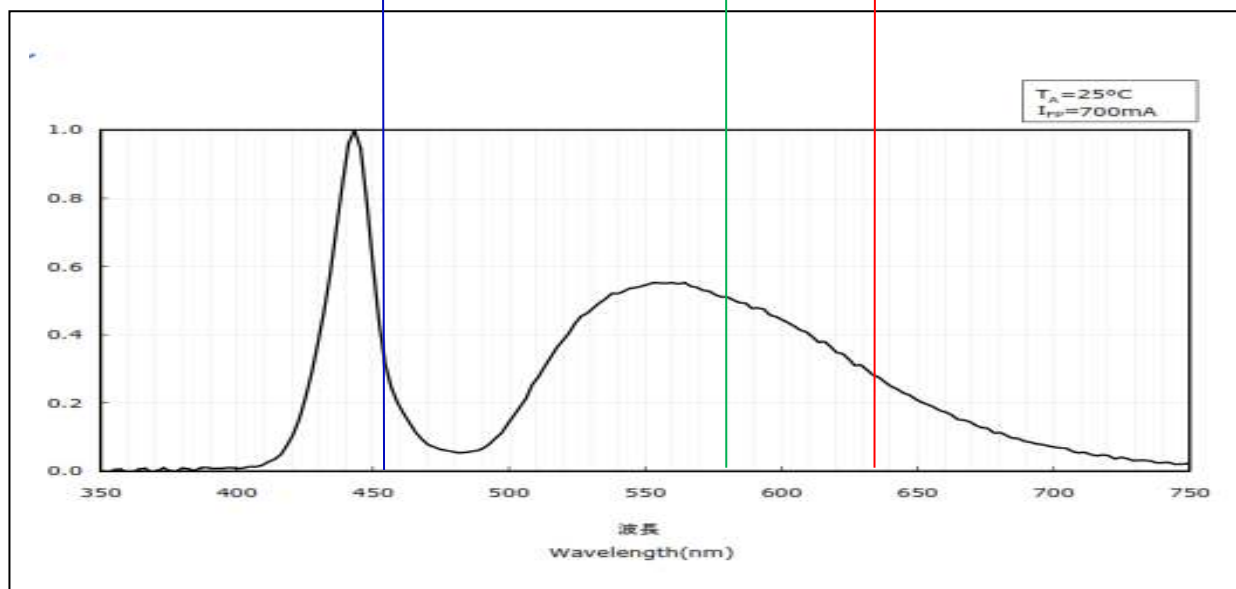
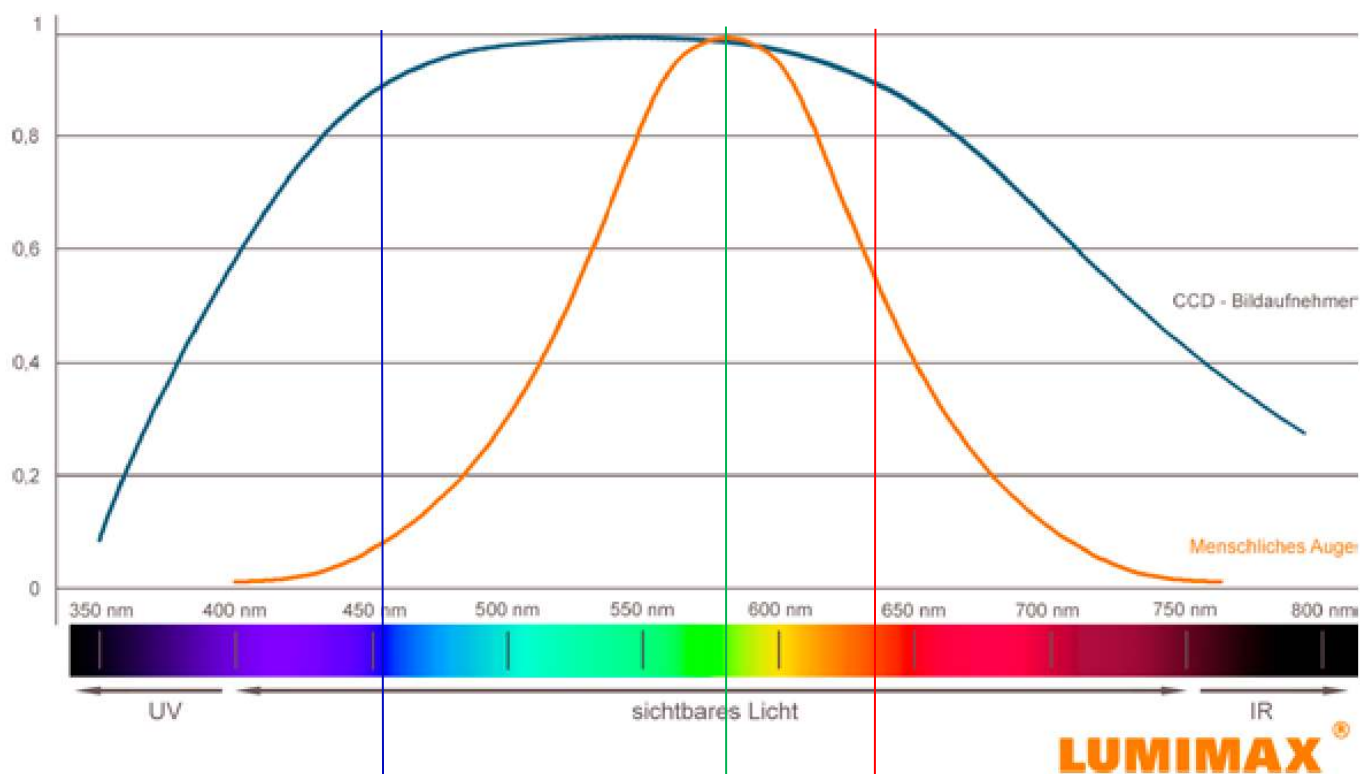
Anhang, die relative spektrale Empfindlichkeit des Auges:

Oberes Bild: Die relative spektrale Empfindlichkeit des Auges:

Quelle: https://www.iimag.de/fileadmin/user_upload/lumimax/de/wissenswertes/21_Spektrale%20Empfindlichkeit.pdf

Unteres Bild: Spektrale Verteilung der weißen LED

Quelle: <https://www.leds.de/>



Praktische Blitzversuche aus 1,5km Entfernung in tiefer Dämmerung:

- 2x3 Weiß sieht man nur etwas heller als 1x3 Weiß
- 1x3 Weiß und 1x3 Grün ... eher dunkler als 1x3 Weiß ???
- Grün+Rot sieht man aus 2km noch nicht als gelb sondern tatsächlich noch einzeln !!!
- blau deutlich und auffällig aber immer dunkler, am Tage sowieso
- grün immer noch nicht so deutlich wie Weiß ...