UV-Licht im Geigenbau – zur Publikation im STRAD Magazin 2021

von Andreas Hampel und Andreas Hudelmayer

UV-Licht wird im Geigenbau vielfältig angewendet: Um Holz zu bräunen, um Öllacke zu trocknen sowie zur Begutachtung von Lackoberflächen mit der sogenannten Fluoreszenzanalyse. Für die ersten beiden Anwendungsbereiche kann man auch die UV-haltige Strahlung der Sonne benutzen, wenn sie denn ausreichend stark scheint, für die Fluoreszenzanalyse hingegen wird künstliches UV-Licht benötigt. Für uns Geigenbauer in Nordeuropa (die Autoren arbeiten in London und Hamburg) ist jedoch auch die Holzbräunung und die Lackierung mit Öllacken ohne künstliches UV-Licht nicht vorstellbar. Künstliches UV-Licht kann heute mit vielen verschiedenen UV-Lampen erzeugt werden, diese unterscheiden sich stark in ihrem Lichtspektrum, in ihrer Intensität und sie haben unterschiedliche Nebeneffekte (Hitze, Lebensdauer, Energieverbrauch und Umwelteffekte) – in diesem Artikel wollen wir herausarbeiten, wie sich die Lichtquellen unterscheiden und welches Licht sich für welche Anwendungen im Geigenbau am besten eignet.

LICHTSPEKTRUM

Die einzelnen UV-Lichtquellen strahlen unterschiedliches Licht ab, zum Vergleich kann man die spektralen Verteilungskurven studieren: Diese Kurven zeigen die relative Strahlungsintensität in den verschiedenen Wellenbereichen[1].
Für das menschliche Auge sichtbar ist Licht mit einer Wellenlänge von 380 - 750nm Wellenlänge (violettblau bis rot); Licht mit einer Wellenlänge zwischen 315 und 380nm wird als UVA bezeichnet, den Bereich von 280 – 315nm bezeichnet man als UVB und den Bereich von 100 – 280nm bezeichnet man als UVC-Licht.

Für Diagramm1 haben wir die spektralen Verteilungskurven von verschiedenen UV-Lichtquellen gesammelt und übereinander gelegt:

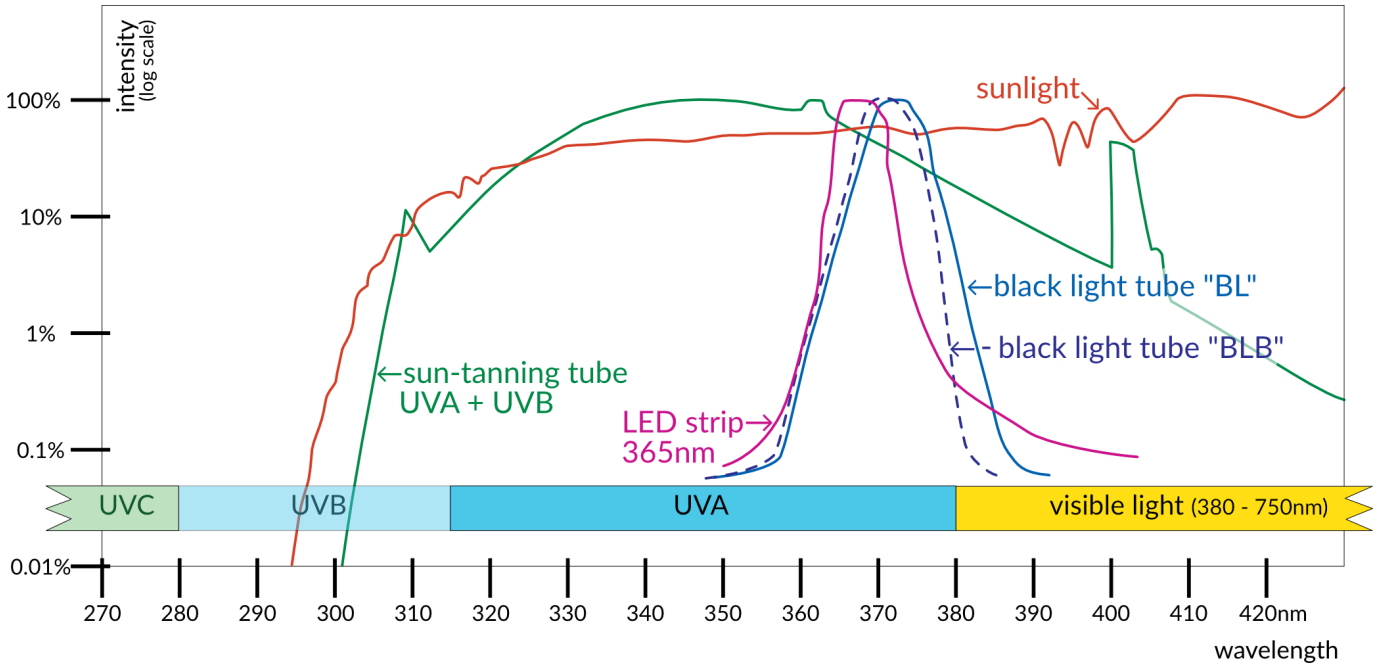


Diagramm 1: Relative Strahlungsverteilung von verschiedenen UV-Lichtquellen

Beachte: Die einzelnen Kurven zeigen die **relative** Strahlungsverteilung der einzelnen Lichtquellen. Die Strahlungs-**Intensität** der einzelnen Lichtquellen wird in diesem Diagramm nicht miteinander verglichen.

1 Bei zuverlässigen Herstellern sind die spektralen Verteilungskurven ihrer Lampen veröffentlicht bzw. auf Nachfrage erhältlich.

Sonnenlicht hat starke Anteile im UVA und UVB-Sektor, das UVC und alle kurzwelligen Strahlen unterhalb von 295nm werden durch die Ozonschicht und die Atmosphäre herausgefiltert. Das Strahlungsmaximum von Sonnenlicht liegt außerhalb des Diagrammbereichs bei etwa 500nm (blau-grünes Licht)[2].

Die bekanntesten künstlichen UV-Lampen sind die „**Blacklight**“ Neonröhren („black light tubes“) in den USA werden sie mit „BL“ bezeichnet. Diese Röhren haben einen engen Strahlungsgipfel bei etwa 375nm und strahlen auch ein wenig sichtbares blaues Licht aus[3].

Als Effektbeleuchtung in Theatern und Diskotheken sowie für Geldscheinprüfgeräte gibt es spezielle Schwarzlichtröhren, die kein sichtbares Licht ausstrahlen (Bezeichnung „**BLB**“), sie sollen durch die Fluoreszenz[4] spezielle Lichteffekte bewirken. Diese Neonröhren sind im Lichtspektrum und im technischen Aufbau ähnlich den normalen Schwarzlichtröhren, man erkennt sie an der dunklen Beschichtung innen im Glasrohr, die den sichtbaren Anteil des Lichtspektrums (oberhalb von 380nm) absorbiert.[5]

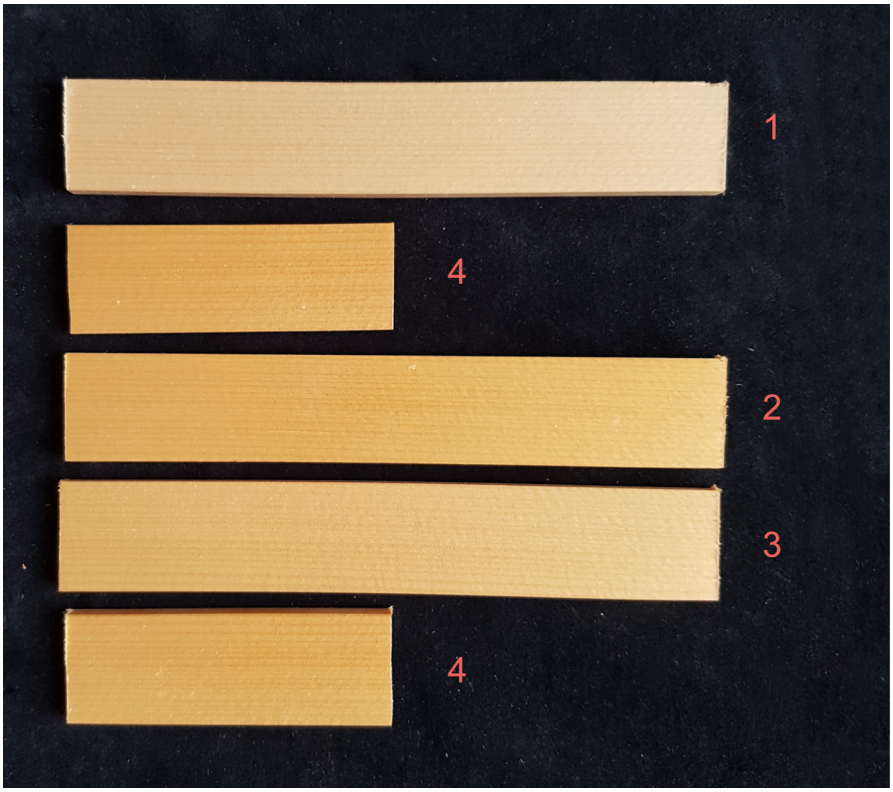
Für **Solarien** werden wiederum noch andere UV-Röhren gebaut, die mit einer komplexen Mischung von Leuchtgasen arbeiten. Sie sollen das Spektrum des Sonnenlichts nachbilden und haben einen breiten Peak bei ca. 350nm, typischerweise emittieren sie 1,5 – 2% UVB- Lichtanteil, >90% UVA Anteil sowie auch etwas sichtbares Licht.[6]

Als neueste UV-Lichtquelle gibt es seit einigen Jahren **UV-LED**s, die inzwischen in Serienproduk-tion gefertigt werden und vom Preis her erschwinglich geworden sind. Wir haben einige von ihnen getestet und haben sehr gute Erfahrungen mit den LED-Streifen der Firma Waveform-lighting gemacht. Das Spektrum der 365nm- LED-Streifen[7] von diesem Hersteller ist hier abgebildet.

STRAHLUNGSSTÄRKE – Vergleich beim Holzbräunen

Um die Intensität der Lichtquellen vergleichen zu können, haben Andreas und ich eine Testreihe zum ersten Anwendungsfeld gemacht – der Holzbräunung.

Dafür haben wir frisch gehobeltes Fichtenholz 6 Tage lang mit verschiedenen UV-Lichtquellen bestrahlt.



Resultat des Bräunungstests nach sechs Tagen:

1) Streifen #1 hat praktisch keine UV-Bestrahlung erfahren, er stand nur 6 Tage im Hamburger Tageslicht am Werkstattfenster.
   → praktisch keine Bräunung.

2 Dieses Spektrum ist vom Mittagslicht an der deutschen Küste, am Sonnenhöchststand Ende Juni.
3 Hier: Blacklight Spektrum der Philips TL-D 18W oder 36W, Lichtfarbe 08 oder „BL“ in den USA
4 Zum Effekt der Fluoreszenz siehe auch https://www.youtube.com/watch?v=mf0KTp5xhyw
5 Die Spektren der BLB Röhren unterscheiden sich je nach Hersteller, sie liegen zwischen 360 und 375nm.
6 Hier sehen wir das Spektrum der Solariumsröhre Philips TL/12 20W, Lichtfarbe 12, ø 38mm.
7 365nm realUV LED-strips von waveformlighting.com

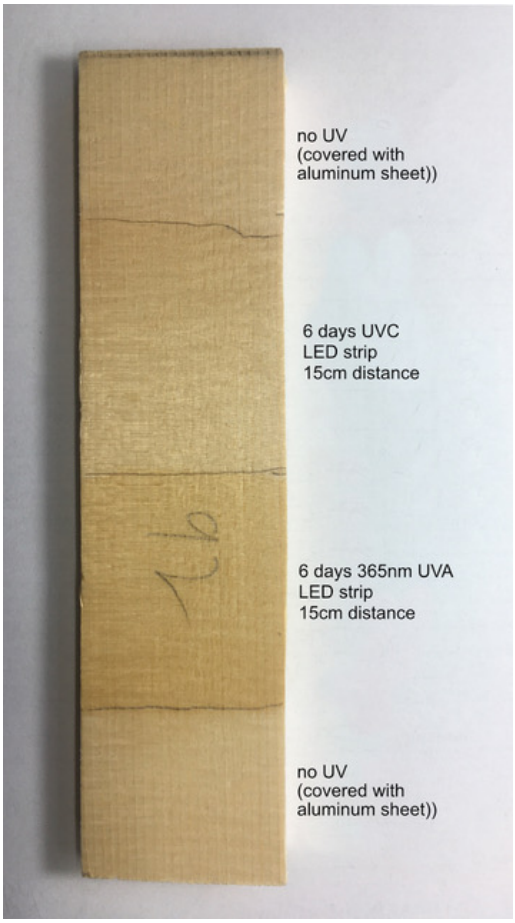
2) Streifen #2 ist für sechs Tage in 15cm Abstand mit einer frischen UV-Solariums-Röhre bestrahlt worden. → gute Bräunung, good ground for varnishing

3) Streifen #3 ist für sechs Tage in 15cm Abstand mit den o.g. 365nm UV- LED-Streifen bestrahlt worden. → etwas schwächere Bräunung.

4) die beiden Streifen #4 wurden für sechs Tage mit den 365nm LED-Streifen bestrahlt, diesmal jedoch mit 10cm Abstand zwischen Holz und UV-LED-Streifen.
→ Die Bräunung von diesen Streifen #4 entspricht in etwa dem Streifen #2 also: gute Bräunung, good ground for varnishing.

Für eine Bestrahlung des Instruments mit UV-Neonröhren stellt ein Abstand von 15cm ein angemessenes Maß dar, da die Röhren sehr viel Strahlungswärme abgeben (Temperatur an der Röhre 45°C bis 65°C)[8]. Eine zu große Nähe zu den heißen Röhren kann Auswirkungen auf die Wölbungen, die Halslage und die Leimungen haben, und wir wollen natürlich Trockenrisse vermeiden.

Die UV-LED-Streifen werden wesentlich weniger heiß (max. 30°C)[9], sodass wir diese näher an unser Instrument stellen können, ohne Hitzeschäden befürchten zu müssen. Daher kann man bei dem Einsatz von UV-LED-Streifen den Abstand gefahrlos auf 10cm verringern[10].



Abschließend wollten wir auch **UV-C** Lichtquellen ausprobieren, da UVC in Geigenbauer-Meetings gelegentlich als Top-Geheimtipp gehandelt wurde.

Aber Vorsicht: UVC schädigt die Netzhaut der Augen, eine Schutzbrille ist zwingend zu verwenden!

Abb. 3 zeigt unseren Bräunungsversuch mit UVC-Licht:

Der oberste und unterste Streifen hat keine UV-Bestrahlung erhalten, er war mit Aluminiumfolie abgedeckt.

Der zweite Streifen ist für sechs Tage mit einem 265nm- UVC-LED-Streifen[11] bestrahlt worden, wiederum mit 15cm Abstand.

→ wir konnten nur eine geringe Bräunung feststellen.

Der dritte Streifen ist für sechs Tage mit dem o.g. 365nm-UVA-LED-Streifen bestrahlt worden, wiederum in 15cm Abstand.

→ ordentliche Vorbräunung des Holzes entsprechend Streifen 3 in Abb. 2

8 In unseren beiden Werkstätten haben wir schon die Drosselspulen/Ballast aus den Lampenfassungen ausgebaut und außerhalb des UV-Schrankes montiert, da diese Drosselspulen für einen Teil der Wärmeentwicklung verantwortlich sind. Trotzdem erhitzen sich die UV- Röhren im UV-Schrank nach ein paar Stunden Betriebs auf ca. 45°C (in der Mitte der Röhre) bis 65°C (an den Enden).

9 Es wurde die Temperatur der 365nm-UV-Leds – montiert auf Alu-Vierkantrohr (s.u.) nach 1 Betriebstag gemessen.

10 Da die Strahlungsintensität mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt, haben wir bei 10cm Abstand etwa doppelt so viel Strahlung pro Fläche wie bei 15cm Abstand von der Strahlungsquelle.

11 „Sterilisation Lamp UVC Led strip 265nm“, ohne Veröffentlichung der spektralen Verteilungskurve.

Zusammengefasst konnten wir bei unseren Bräunungsversuchen feststellen, dass die Bräunungswirkung mit der frischen UV-Solariumsröhre am stärksten war, ein ähnliches Ergebnis konnte mit dem o.g. 365nm UV-LED-strip erreicht werden, nachdem der Abstand des Holzstreifens auf 10cm verringert war.

LACKTROCKNUNG

Bei der Trocknung von fetten Öllacken ist es wesentlich schwieriger, eine wissenschaftliche Aussage zum Erfolg der unterschiedlichen Bestrahlungen zu geben, da weitere Faktoren wie Untergrund, Schichtdicke, das Mischungsverhältnis von Harz zu Öl sowie die Anwesenheit von Pigmenten und Sikkativen die Trocknung ebenfalls beeinflussen. Hier haben viele Geigenbauer ihre persönlichen Lösungen gefunden und wir können an dieser Stelle nur unsere eigenen langjährigen subjektiven Erfahrungen mit den verschiedenen UV-Quellen mitteilen:

Innerhalb der Neonröhrenfamilie haben die UVA/B Solariumsröhren die beste Trocknungswirkung für Öllacke gezeigt, die Schwarzlichtröhren („BL“ und „BLB“) erzielen zumindest bei unseren Öllacken keine ordentliche Trockung.

Bei den LED-Streifen haben wir viele unterschiedliche Produkte von verschiedenen Herstellern ausprobiert: Andreas und ich waren schließlich begeistert von den 365nm-UV-Led-Streifen von waveformlighting, die den Lack gut trocknen und wenig Hitze abgeben.

Die UV-Strahlung um 365nm ist diejenige, die alle möglichen Polymerisationsprozesse beschleunigt – auch in der Industrie und beim Zahnarzt werden 365nm- Strahler eingesetzt, um Kunststoffe und Kleber auszuhärten.

Bei der Lacktrocknung hat uns nun vor allem der Vergleich zwischen den 365nm LED-Streifen und den Solariumsröhren interessiert:

Im direkten Vergleich scheint Andreas´ Öllack in London mit den UV-Solariumsröhren etwas besser und tiefer zu trocknen als mit den 365nm-LED-Streifen, ich konnte jedoch mit meinem Lack und den LED-Streifen die gleichen Trocknungszeiten erreichen wie vorher mit den UV-Solariumsröhren. Unser Kollege Felix Krafft in Berlin, der seit kurzem ebenfalls die o.g. 365nm LED-Streifen verwendet, stellte bei seinem Lack mit dem LED-System eine leicht verlängerte Lacktrocknungszeit fest, jedoch überwiegen für ihn die Vorteile des LEDs bei weitem.

Der Vorteil der LED-strips liegt ganz klar in der geringeren Hitzeentwicklung und im geringeren Energieverbrauch: Die LED-strips können wesentlich näher an das Instrument herangestellt werden, ohne dass wir Verwerfungen, Bläschen oder Mikrorisse befürchten müssen. Der Energieverbrauch sinkt um etwa 80%, mein UV-Schrank heizt sich im Laufe einer Nacht nur noch bis 22°C auf, sodass man ihn auch gerne über ein Wochenende alleinelassen mag.

„RHYTHMISCHE“ ANWENDUNG VON UV-LICHT

Einen weiterer ‚Geheimtipp', von dem uns erzählt wurde, ist die rhythmische UV-Lack-Trocknung: bei jeweils drei Stunden UV-Licht an und drei Stunden aus. Die Theorie dahinter ist, dass eine begonnene Polymerisation des Lackes auch im Dunkeln weiterläuft.

Diese Methode hatte noch keiner von uns angewandt, daher haben wir sie nun auf die Probe gestellt, sowohl für die Lackhärtung als auch für die Holzbräunung.

In unseren jeweiligen Tests in Hamburg und London haben wir festgestellt, dass kontinuierliches UV unseren Öllack schneller härtet als eine rhythmische Bestrahlung (3 Stunden an/aus).

Nach einem Tag des Trocknens waren die Proben, die ‚rhythmisch' bestrahlt wurden, durchweg weicher als die durchgehend bestrahlten Lackproben.

Andreas Hampel stellte jedoch bei seinem sikkativierten Öllack fest, dass nach vier Lackschichten und einem abschließenden UV-Wochenende die Trocknungsunterschiede nicht mehr offensichtlich waren.

Andreas Hudelmayer mit einem sikkativfreien Lack hingegen fand auch nach einem abschließenden UV-Wochenende noch deutliche Unterschiede in der Weichheit.

In Bezug auf die **Holzbräunung** hatten wir jedoch übereinstimmende Ergebnisse: Nach einer Woche UV-Bestrahlung[12] konnten wir auf unseren Teststreifen keinen wirklichen Unterschied zwischen der kontinuierlichen und der rhythmischen Bestrahlung sehen, sie waren gleich stark gebräunt.

Eine rhythmische UV-Bestrahlung reduziert nicht nur den Energieverbrauch um ca. 50 %, sondern ermöglicht dem Instrument auch, einen Teil der Feuchtigkeit zurückzugewinnen, die es während der UV-Bestrahlung verliert. Im Endeffekt ist eine solche rhythmische Bestrahlung eine Art ‚humidity cycling', das sich unserer Meinung nach positiv auf ein neugebautes Instrument auswirkt.

Für die Lacktrocknung lohnt sich daher auch eine Prüfung, mit welcher Bestrahlungs-methode der jeweils verwendete Lack am besten aushärtet und ob man eine etwaige Verlängerung der Trocknungszeit in Kauf nimmt, um stattdessen das Instrument länger im ‚humidty cycling'-Prozess zu lassen.

Teststreifen nach einer Woche UV-Bestrahlung
- links kontinuierliche, rechts ‚rhythmische' UV-Bestrahlung

UV-LICHT ZUR FLUORESZENZANALYSE

Das dritte Anwendungsgebiet von UV-Licht im Geigenbau ist die Fluoreszenzanalyse: Viele Materialien wandeln bei Bestrahlung mit bestimmtem Licht dieses in anderes Licht mit größerer Wellenlänge um, also z.B. strahlen sie sichtbares Licht ab, wenn sie mit UV bestrahlt werden[13]. Diesen Effekt nennt man Fluoreszenz, er kann benutzt werden zur Echtheitsprüfung von Geldscheinen, Briefmarken und Mineralien und eben auch zur Analyse von Lackoberflächen. Wir wollen hier nur kurz auf die verschiedenen Lichtquellen eingehen:

Während in den 1970er- Jahren Analyselampen mit einem Strahlungsgipfel bei etwa 360nm eingesetzt wurden[14], verwenden Jan Röhrmann / Brigitte Brandmair UV-Strahler mit einer Strahlung im Bereich von 315 bis 400nm und einem Strahlungsgipfel bei

12 1 Woche Bestrahlung mit UV-365nm LED Streifen, 10cm Entfernung

13 Eine gute Einführung gibt es unter https://www.youtube.com/watch?v=mf0KTp5xhyw

14 Das Museum für Musikinstrumente der Universität Leipzig berichtet, dass seit den 1970er Jahren „Narva-UV-Strahler HQV125" verwendet wurden, die UV-Licht mit Wellenlängen um 360 nm abstrahlen.

366nm[15]. Einige Geigenbauer verwenden zur Lackanalyse Briefmarken-Prüflampen mit kleinen Schwarzlicht-UV-Röhren („BLB“, Strahlungsgipfel bei 370nm), oder UV-LED-Taschenlampen mit 395nm-LEDs (Peak bei 395nm).

Es scheint, dass der Fluoreszenzeffekt bei allen Arten von UV-Licht auftritt: Solange man nur vergleichen will, ob alle Teile eines Instruments zusammengehörig sind, oder an welchen Stellen Retuschen den Originallack überdecken, kann man viele Arten von UV-Licht verwenden.

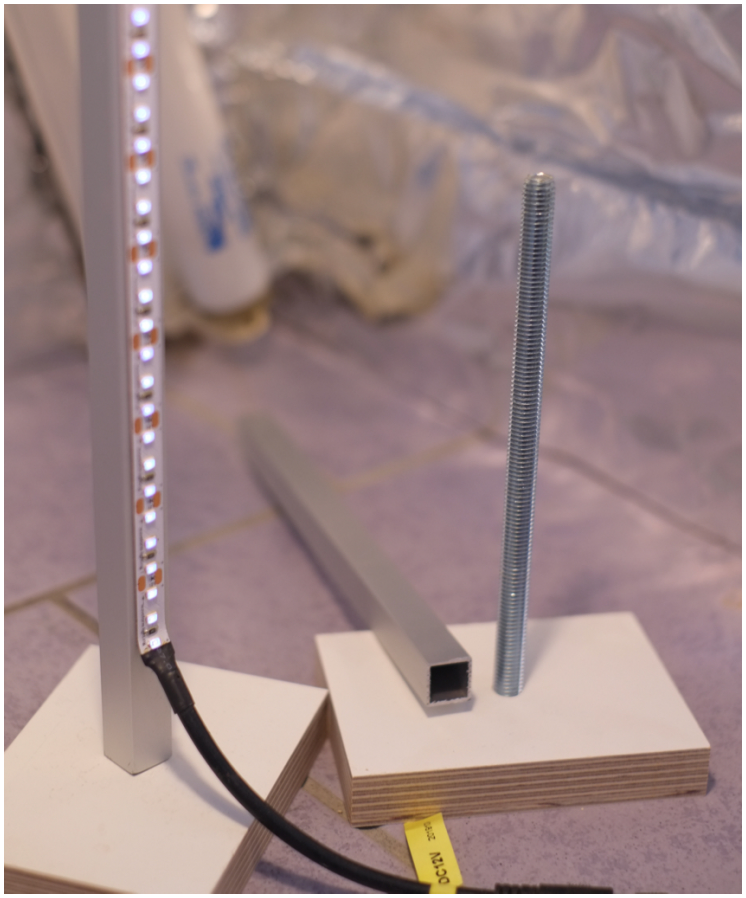
Nur wenn man Aufnahmen von unterschiedlicher Herkunft vergleichen oder austauschen will, dann ist es unerlässlich, sich mit den verschiedenen beteiligten Forschern oder Fotografen auf eine definierte UV-Strahlungsquelle zu einigen, denn die abgestrahlten, sichtbaren Fluoreszenzfarben unterscheiden sich, je nachdem welche UV-Lichtfarbe zur Anregung verwendet wurde.

Weitere Aspekte: LEBENSDAUER

Ein wichtiger Aspekt, den man bei UV-Neonröhren beachten muss, ist ihre relativ geringe Lebensdauer. Die meisten Neonröhren haben eine Lebensdauer von ca. 800 Stunden. Danach strahlen sie zwar immer noch Licht aus, die Strahlungsleistung ist aber auf unter 70% gefallen[16] und eine Bräunung / Lacktrocknung muss mit entsprechend mehr Zeitaufwand durchgeführt werden[17].

Die Lebensdauer von LED-Streifen hingegen wird auf ca. 15.000 Stunden geschätzt[18], bei guter Kühlung erwartet man sogar eine längere Lebensdauer. Ich habe meine LED-strips auf 15x15mm Alu-Vierkantrohre geklebt, die eine gute Ableitung der Wärme ermöglichen.

Diese Vierkantrohre stehen auf kleinen Holzsockeln, die ich je nach Instrumentengröße verschieben kann.



UMWELTASPEKTE

Jenseits der bereits besprochenen Energieeinsparung muss man bei Röhren beachten, dass sie giftiges, gasförmiges Quecksilber enthalten. Eine gebrauchte Röhre muss also

15 J. Röhrmann verwendet für seine beeindruckenden Fluorseszenzfotografien „Hönle T400“ - Strahler

16 Als „Lebensdauer“ wird in der Industrie die Zeit bezeichnet, die vergeht, bis die Strahlungsleistung auf unter 70% fällt. Nach dieser Zeit würde der Solariumsbetreiber die Röhren wechseln...

17 Dies ist häufig die Ursache dafür, wenn bekannte Lacke nicht mehr trocknen wollen – die Röhren sind oft einfach zu alt geworden. Es lohnt sich, das Datum der Röhrenwechsels mit Edding auf dem Glas zu vermerken – 800 Stunden Betriebsdauer sind schnell erreicht!

18 Siehe Spezifikation von waveformlighting: ca. 4% Strahlungsreduktion nach 2000 Betriebsstd. unter Stressbedingungen (doppelte Spannung). Hochgerechnet würde 30% Leistungsabfall erst nach ca. 15.000 Std. erreicht werden, bei normaler Betriebsspannung und guter Kühlung ist eine längere Betriebsdauer zu erwarten.

fachgerecht entsorgt werden, bei einem Bruch der Röhre muss der Raum schnell verlassen werden und ausgiebig gelüftet werden.

Die ökologischte Variante der Lacktrocknung betreibt jedoch unser Kollege Alkis Rappas in Houston, Texas: Am Golf von Mexiko scheint die Sonne so stark, dass Alkis seine frisch lackierten Geigen nach einem kurzen primären Aufenthalt im UV-Schrank nach draußen in die Sonne hängt und dort durchtrocknen lässt. Alkis schwört, dass keine künstliche UV-Lichtquelle eine so gute trocknende Wirkung hat wie die reine, klare Sonne. Dies ist zugegebenermaßen eine Variante, von der Andreas und ich im regenverhangenen Nordeuropa nur träumen können...

Die Autoren sind selbständige Geigenbauer in Hamburg (Andreas Hampel)
und London (Andreas Hudelmayer)