

# Test-Report

Allgemeine Information	General information
Messwerte und Beurteilung	Measurement and Analysis

## LEDX Flood Light 100 W + UVA, 11/2020

### Zusammenfassung

Der LED-Strahler macht insgesamt einen sehr hochwertigen und robusten Eindruck. Er ist zur stromsparenden Allgemeinbeleuchtung mit geringem Wärmeeintrag für größere Terrarien in 50 cm bis 2 m Abstand geeignet.

Verbaut sind 4 x 39 „weiße“-LEDs sowie 2 x 3 UVA LEDs mit ca. 395 nm und 2 x 3 UVA LEDs mit ca. 370 nm Emissionsmaximum. Die LEDs befinden sich unter einem Linsenarray, welches das Licht auffächert. Das Licht ist für das menschliche Auge sehr angenehm, der Strahler blendet trotz seiner hohen Helligkeit wegen des Linsearrays kaum.

In 1,0 m und 1,6 m Abstand ist das Licht der unterschiedlichen LEDs gut gemischt und es ist kein Unterschied im Verhältnis VIS:UVA unter einem großen Winkelbereich messbar. Jedoch ist der UVA-Anteil insgesamt gering. Insbesondere die 370 nm LEDs sind sehr schwach und ihre Strahlung in größerem Abstand nicht mehr messbar. Der Farbort der Lampe weicht kaum vom Farbort einer LED-Lampe ohne UVA ab. Ich bin daher unschlüssig, wie groß der Zusatznutzen durch die UVA-LEDs tatsächlich ist und rege einen größeren Anteil an möglichst gleichmäßig im Strahler verteilten UVA-LEDs an.

Mich hat an diesem Strahler besonders interessiert, wie gut das Licht der UVA und „weißen“ LEDs vermischt und wie der vermutete Farbeindruck für Reptilien ist. Speziell habe ich Sorge vor farbigen Schatten, die entstehen, wenn Licht unterschiedlicher Farbe von verschiedenen Orten aus überlagert wird, und die von Menschen oft störend empfunden werden. Hier habe ich Sorge, dass Reptilien von Farbeffekten, die für den Menschen nicht sichtbar sind, irritiert sein könnten. Leider war die vorhandene Messtechnik dafür nicht ausreichend.

### Beschreibung der Lampe

Firma: LEDX GmbH, In den Weiden 2A/1/4, 2230 Gänserndorf Österreich, Lampe: LEDX-Flood light – 100W + UVA mit Mean Well Driver  
SMD-LED, Gesamtleistung 115 W, 3,95 kg, 278 x 191 x 230 mm, 5000 Kelvin, > 120 lm/W, Abstrahlwinkel 60°/90°, IP 66, CRI > 90

Die beiden Module sind zueinander drehbar um eine flexible Lichtverteilung zu ermöglichen. Das Linsenarray ist tauschbar um den Abstrahlwinkel zu ändern.

Die Bird-Light Serie mit UVA ist in einigen Zoos im Einsatz.

### Summary

The LED lamp gives a very high-quality and robust impression. It can be used as ambient light source with high power efficiency and low heat for a larger terrarium and 50 cm to 2 m distance.

There are 4 x 39 “white” LEDs, 2 x 3 UVA LEDs with approximately 395 nm and 2 x 3 UVA LEDs with approximately 370 nm emission peak. The LEDs are under a lens array to spread the light. The light is pleasing to the human eye and does not blind the eye due to the lens array.

In 1,0m and 1,6 m distance the light of the different LEDs is mixed well and there is no difference in the ratio VIS:UVA detectable for a large range of angles towards the lamp. However, the total amount of UVA is small. Especially the 370 nm LEDs are very weak and their radiation not detectable at a larger distance. The colour coordinate of the lamp deviates only little from the colour coordinate of a LED lamp without UVA. I am therefore undetermined about how large the benefit from the UVA-LEDs is and suggest more UVA LEDs that are distributed evenly across the lamp.

When testing this lamp, I was especially interested how well the light from the UVA and the “white” LEDs mix and how the light colour might be perceived by reptiles. I am particularly concerned about coloured shadows that arise when light of different colours from different locations is overlapping and that are disturbing to humans. I am concerned that reptiles might be disturbed by colour effects that are not visible to humans. Unfortunately, the measurement equipment available was not sufficient.

### Lamp Description

Company: LEDX GmbH, In den Weiden 2A/1/4, 2230 Gänserndorf Österreich, [www.ledx.at](http://www.ledx.at)  
Lamp: LEDX-Flood light – 100W + UVA with Mean Well Driver  
SMD-LED, total power 115 W, 3,95 kg, 278 x 191 x 230 mm, 5000 Kelvin, >120 lm/W, angle 60°/90°, IP 66, CRI > 90

The two modules can be rotated to make a flexible light distribution. The lens array can be exchanged to change the beam angle.

The Bird-Light series with UVA is in use in several zoos.



## Temperatur

Das Lampengehäuse wird bei mehrstündigem Betrieb nur gut Handwarm (45-50°C) und macht den Eindruck, die Abwärme der LEDs gut abzuführen.

In 30 cm Entfernung (100.000 lx) wird eine schwarze Schieferplatte durch die sichtbare Wärmestrahlung auf knapp 40°C aufgewärmt (Raumtemperatur 18,5°C).

## Temperature

The lamp's housing only becomes hand-warm (45-50°C) after several hours of operation. The heat management of the lamp seems to be good.

In 30 cm distance (100,000 lx) a black slate plate is warmed to almost 40°C by the visible heat radiation (background room temperature 18,5°C).

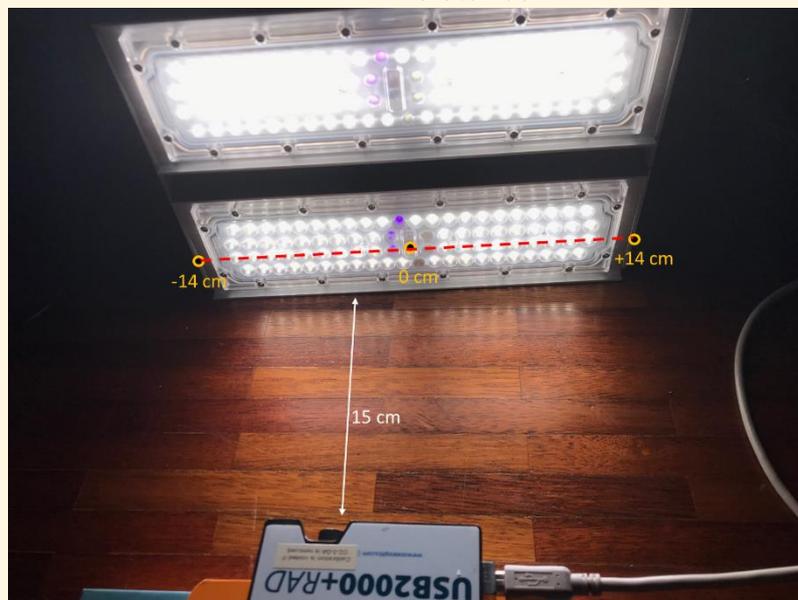
## Spektrale Messung

Die spektrale Bestrahlungsstärke wird mit einem „Ocean Optics USB 2000+“ Spektrometer mit Streuscheibe zur Kosinuskorrektur und Kalibration sowohl auf Wellenlänge als auch absolute Bestrahlungsstärke durchgeführt. Das Spektrometer misst im Bereich 250 nm bis 880 nm mit einer Auflösung von 0,38 nm.

## Spectral Measurement

Spectral measurements are taken with an “Ocean Optics USB 2000+” spectrometer with cosine corrector. It is calibrated for wavelength and absolute irradiance. The measurement range is 250 nm to 880 nm with a resolution of 0.38 nm.

## Messreihe entlang der LED in 15 cm Abstand



## Series of measurements along the LED at 15 cm distance

Der Abstand 15cm wurde gewählt, um die unterschiedlichen LEDs sichtbar zu machen. Der Strahler würde allein wegen der hohen Beleuchtungsstärke (160.000 lx) in diesem Abstand nicht eingesetzt werden.

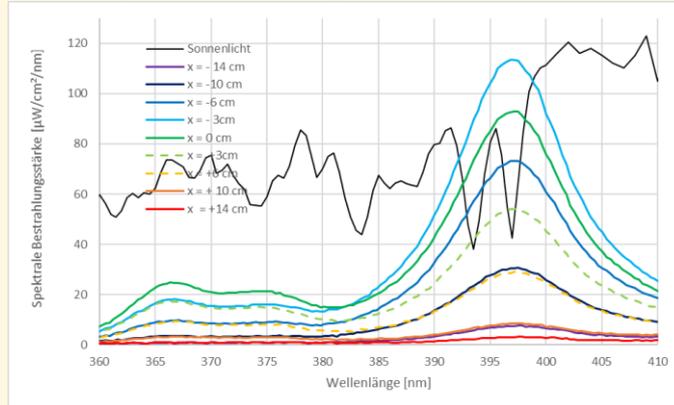
Das Verhältnis von sichtbarem Licht (420 nm – 800 nm) zu UVA-Strahlung (350 nm – 420 nm) variiert stark an verschiedenen Orten unterhalb des Strahlers, da nur sehr wenige UVA-LEDs verbaut sind. Am Rand des Strahlers ist nur sichtbares Licht aber keine UVA-Strahlung vorhanden.

The distance of 15 cm was chosen to show the effect of the individual LEDs. The lamp would not be used in that distance where the illumination value is 160,000 lx.

The ratio of visible light (420 nm – 800 nm) to UVA radiation (350 nm – 420 nm) varies significantly at different places below the lamp, because only a few UVA LEDs are present in the lamp. At the edge of the lamp there is only visible light and no UVA.

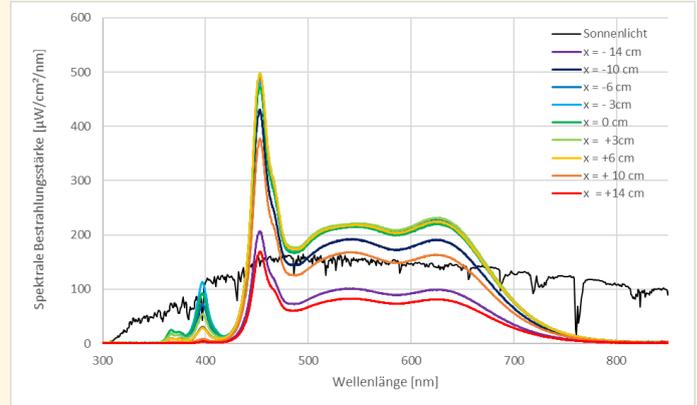
Bei „-3 cm“ ist das Maximum der Strahlung mit Peak bei ca. 397 nm. Hier sind die LEDs mit purpurner Farbe für das menschliche Auge sichtbar. Bei „0 cm“ ist das Maximum der Strahlung mit Peak bei ca. 370 nm. Hier sind die LEDs verbaut, die für das menschliche Auge keine sichtbare Strahlung abstrahlen, mit der UVA-Kamera aber gut zu sehen sind.

Die zwei Grafiken zeigen unterschiedliche Wellenlängenausschnitte der gleichen Messreihe.



At “- 3 cm” the maximum radiation at 397 nm was recorded. Here are the UVA LEDs that are visible to the human eye as purple colour. At “0 cm” the maximum of the radiation with peak at 370 nm was recorded. Here are UVA LEDs that do not emit human-visible radiation but can be seen with the UVA camera.

The two graphs show different wavelength ranges of the same set of data.

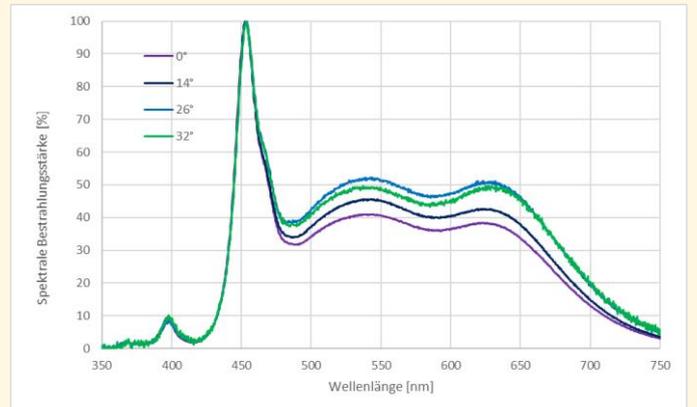
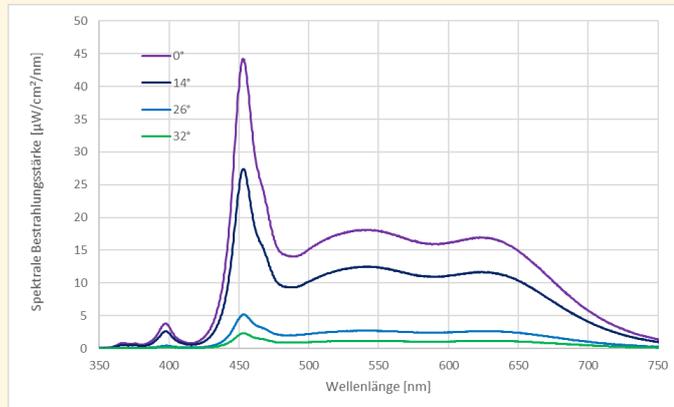


### Messreihe in 1 m Abstand zur Lampe

In 1,0 m Abstand sind die Spektren der VIS- und UVA-LEDs gut gemischt. Man sieht unter verschiedenen Winkeln zur Lampe eine abnehmende Intensität (linke Abbildung), skaliert auf das Maximum des Spektrums (rechte Abbildung) bei ca. 450 nm ist die UVA-Strahlung aber unter allen Winkeln gleich stark. Die Variation des sichtbaren Lichts, mit höherem Blauanteil direkt nach vorne (ein typischer Effekt durch den gelben Leuchtstoff) ist deutlich größer als die Variation UVA zu VIS. Die Strahlung der 370-nm-LEDs ist in diesem Abstand nicht mehr messbar.

### Series of measurements at 1 m distance

At 1,0 m distance to the lamp, the emissions from the UVA and the VIS LEDs are fully mixed. At increasing angle towards the lamp a decrease in the intensity can be seen (left figure). But scaled to the maximum emission at 450 nm, the amount of UVA is the same at all angles (right figure). The variation within the visible spectrum with a higher proportion of the blue light at 0° (typical for LEDs due to the yellow phosphor) is larger than the variation UVA:VIS. The emission from the 370 nm LEDs is not detectable at this distance.



### Für den Menschen sichtbares Spektrum

Nach Definition der internationalen Beleuchtungs-kommission CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*) wird für das Farbsehen des Menschen der Spektralbereich von 380 nm bis 780 nm herangezogen. Die Software „Ocean View“ des Spektrometers berechnet basierend darauf den Farbort, die Farbtemperatur und die Farbwiedergabewerte. Diese Werte gelten nur für das menschliche Farbsehen.

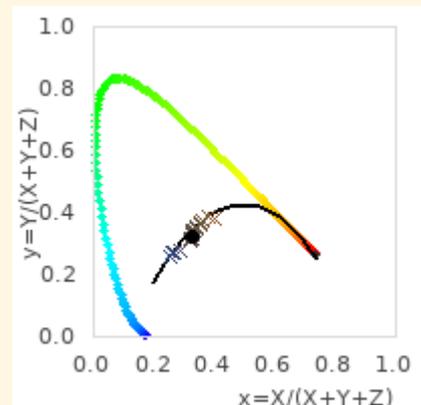
Im CIE-Farbdreieck sind die Farborte der Primärfarben als farbige Linie dargestellt, die Farborte verschiedener Phasen des Tageslichts als Kreuze, die Farborte von Schwarzkörperstrahler als schwarze Linie und der Farbort der Lampe als schwarzer Punkt.

### Spectrum visible to humans

The international illumination commission CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*) defines that the range 380 nm to 780 nm shall be used for colour calculations. The spectrometer software “Ocean View” calculates the colour coordinate, correlated colour temperature and colour rendering indices based on that. They are valid for human colour vision only.

The CIE colour triangle shows the colour coordinates of the primary colours as coloured line, the colour coordinates of different phases of daylight as crosses, the colour coordinates of black body radiators as black line and the colour coordinate of the lamp as black dot.

	1 m, 0 °	1 m, 14 °
(x,y)	(0.33;0.33)	(0.33;0.33)
<b>CCT [Kelvin]</b>	<b>6362 K</b>	<b>5897 K</b>
<b>CRI</b>	<b>94,9</b>	<b>96,2</b>
R1 (light grayish red)	93,4	96,1
R2 (dark grayish yellow)	96,1	98,0
R3 (strong yellow green)	96,0	96,2
R4 (moderate yellowish green)	96,6	97,3
R5 (light buish green)	93,9	95,4
R6 (light blue)	92,7	94,0
R7 (light violet)	96,6	96,4
R8 (light reddish purple)	93,9	96,0
R9 (strong red)	81,8	91,1
R10 (strong yellow)	95,3	97,9
R11 (strong green)	96,6	98,1
R12 (strong blue)	70,7	71,5
R13 (light yellowish pink, human complexion)	94,1	97,1
R14 (moderate olive green)	97,1	97,3
R15 (Japanese complexion)	89,9	93,4



Das Licht wirkt auf mich sehr angenehm.

### Für Reptilien sichtbares Spektrum

Während der Mensch für das Farbsehen drei Photorezeptoren (Blau, Grün, Rot/Orange) besitzt, sind es bei Reptilien je nach Art drei (UV, blau, grün) oder vier (UV, blau, grün, rot). Das Farbsehen von Reptilien unterscheidet sich daher grundlegend vom Farbsehen des Menschen. Insbesondere der UVA-Bereich ist wichtig, damit alle Photorezeptoren Licht sehen. Nur dann erscheint das Licht weiß(lich) und volles Farbsehen ist möglich. Der für Reptilien sichtbare Spektralbereich liegt ja nach Art zwischen 350 nm und 600 nm / 800 nm.

Die folgenden Grafiken zeigen das Spektrum im Bereich, der für Reptilien sichtbar ist, zusammen mit den Signalen, die vier Photorezeptoren erhalten würden. In Grün sind das Spektrum der Sonne und deren Signale auf die Photorezeptoren gezeichnet.

Basierend auf den UV-, Blau- und Grün-Rezeptor wird ein Farbraum berechnet analog zum CIE Farbraum des menschlichen Betrachters. Die farbigen Kreuze kennzeichnen Farborte von verschiedenen Tageslichtphasen. Der schwarze Punkt zeigt den Farbort der Lampe.

Diese Methode wurde von mir in Analogie zum CIE-Farbraum entwickelt, sie ist nicht wissenschaftlich validiert. Ich glaube, dass diese Adaption des Farbraums mathematisch sinnvoll ist. Farbräume werden auch in der wissenschaftlichen Forschung zum Farbsehen von Tieren gemacht (Kelber2003), ich habe jedoch noch keine Anwendung auf Lichtquellen in der wissenschaftlichen Literatur gesehen.

Ich möchte mit dieser Methode lediglich die *fundamentalen Unterschiede*, verursacht durch die unterschiedlichen Grundfarben UVA+B+G statt R+G+B, zwischen dem Farbsehen von Reptilien und des Menschen sichtbar machen. Sie ist als *grobe Abschätzung* gemeint, nicht als exakte Vorhersage des Farbeindrucks.

Die Empfindlichkeitskurven der vier Photorezeptoren sind Gaußförmig bei 560 nm, 497 nm, 440 nm und 380 nm.

The light is very pleasing to my eyes.

### Spectrum visible to reptiles

While humans have three photo receptors (blue, green, orange/red), reptiles have three (uva, blue, green) or four (uva, blue, green, red). The colour vision of reptiles therefore differs fundamentally from the colour vision of humans. Especially the UVA range is necessary so that all photo receptors see light. Only then the light looks white(ish) and full colour vision is possible. The spectral range visible to reptiles ranges from 350 nm to 600 nm / 800 nm.

The following graphs show the spectrum in the range visible to reptiles together with the signals that four photo receptors would receive. In green the spectrum and signal of sunlight is shown.

Based on the UV, blue and green photo receptors a colour space is calculated in analogy to the CIE colour space for the human observer. The coloured crosses indicate the colour coordinates of different phases of daylight. The black dot shows the colour coordinate of the lamp.

This method has been developed by me in analogy to the CIE colour space, it is not validated scientifically. I believe that this adaption of colour space makes sense mathematically and colour spaces are used in scientific research investigating the colour vision of animals (Kelber2003), however I have not seen the application to light sources in the scientific literature.

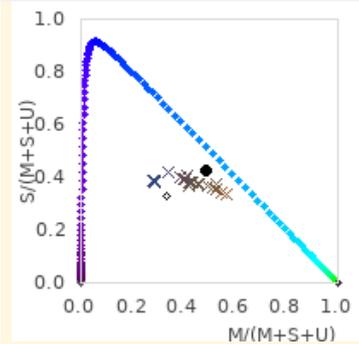
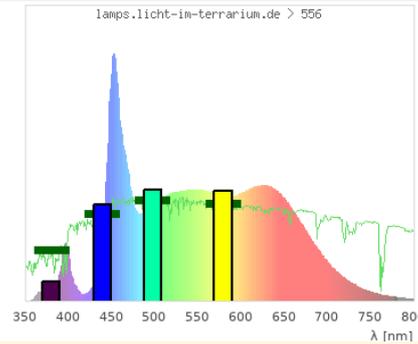
With this method I only want to visualize the *fundamental differences* between the colour vision of humans and reptiles, based on the different basic colours UVA+B+G instead of R+G+B. This is meant as a *rough estimate*, not as an exact prediction of the perceived colour.

The sensitivity curves of the four photo receptors are assumed to have gaussian shape with a peak at 560 nm, 497 nm, 440 nm und 380 nm. This is an estimate based on studies

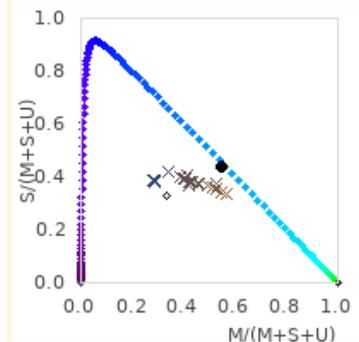
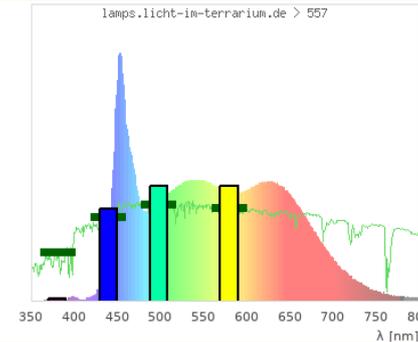
Diese Abschätzung basiert auf Studien zum Farbsehen von Reptilien. Selbstverständlich gibt es eine große Variation zwischen verschiedenen Arten, die in dieser groben Abschätzung nicht berücksichtigt werden.

on the colour vision of reptiles. Of course, there are large variations between individual species, that are not considered in this rough estimate.

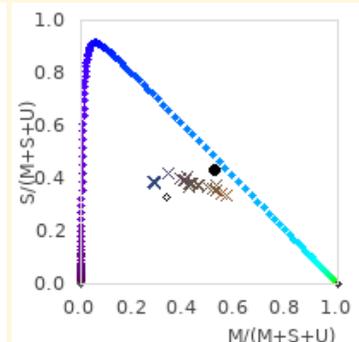
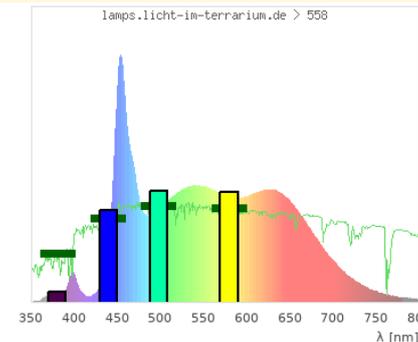
Position “-3 cm” @ 15 cm – maximum UVA



Position “+14 cm” @ 15 cm – minimum UVA



27° @ 160 cm



Die Lampe strahlt im Vergleich zum Sonnenlicht nur wenig UVA ab. In kurzem Abstand zentral unter der Lampe (und damit in der Nähe der UVA-LEDs) ist der UVA-Anteil maximal. Selbst dort ist er aber geringer als im Sonnenlicht und der Farbort der Lampe nicht im Bereich des natürlichen Tageslichts.

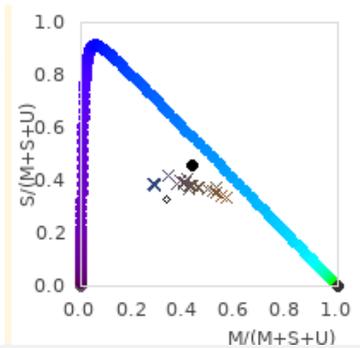
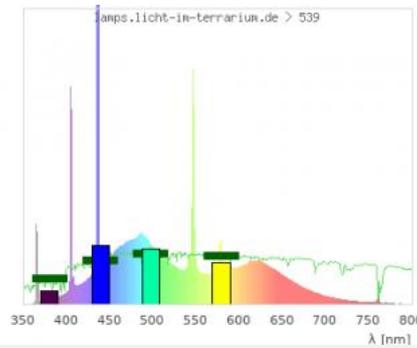
The lamp emits only a small amount of UVA compared to sunlight. AT a short distance to the center of the lamp, where the UVA LEDs are, the amount UVA has its maximum. Still there the amount of UVA is lower than in sunlight and the colour coordinate of the lamp is not in the region of colour coordinates of daylight.

Am Rand des beleuchteten Felds in kurzem Abstand ist der UVA-Anteil nahezu null und der Farbort der Lampe liegt auf dem Spektralfarbzug. Das Licht hat dort die gleiche Farbe wie monochromatisches Licht mit ca. 470 nm Wellenlänge.

At the edge of the lamp in short distance the amount of UVA is almost zero. The colour coordinate of the lamp lies on the line of primary colours. To a reptile light there has the same colour as monochromatic light with 470 nm wavelength.

Bei größerem Abstand mitteln sich die Strahlung aller LEDs gut. Hier ist der UVA-Anteil aber gering. Als weitere Referenz zeige ich hier noch das Spektrum und den Farbraum für eine normale „Büroleuchtstofflampe“ (Farbcode 840). Auch wenn in der Exotenhaltung teilweise speziell Leuchtstofflampen mit höherem UVA-Anteil eingesetzt werden, hat bereits diese Leuchtstofflampe einen höheren UVA-Anteil als die LEDX-Flood light.

At a larger distance the radiation of all LEDs mix well. The amount of UVA is low. As further reference I also show the spectrum and colour space for a usual “office fluorescent lamp” (colour code 840). Even though to some extent special fluorescent lamps with higher UVA output are used in exotic animal husbandry, this fluorescent lamp already has a higher proportion of UVA than the LEDX-Flood light.



## Blaulichtgefährdung

Licht mit einer Wellenlänge von etwa 410 nm bis 480 nm mit einem Maximum bei 440 nm kann beim Menschen eine Schädigung der Photorezeptoren in der Netzhaut verursachen (Photoretinitis, Blaulichtgefährdung). Die effektive Bestrahlungsstärke für Blaulichtgefährdung wird mit der Wirkfunktion nach DIRECTIVE 2006/25/EC berechnet. Beim Sonnenlicht beträgt das Verhältnis von effektiver Bestrahlungsstärke für Photoretinitis zu Beleuchtungsstärke ca.  $80 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  pro 1.000 lux. Bei Halogen-Glühlampen ca.  $25 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  pro 1.000 lux.

Eine vollständige Bewertung der Blaulichtgefährdung beinhaltet eine Messung der Strahldichte, die ich nicht durchführen kann.

Die effektive Bestrahlungsstärke für Blaulichtgefährdung bei dieser Lampe variiert mit dem Abstrahlwinkel, da die blaue Primär-LED stärker nach vorne abstrahlt und der gelbe Leuchtstoff stärker zur Seite.

- $83 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  pro 1000 lx (1m,  $0^\circ$ )
- $72 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  pro 1000 lx (1m,  $26^\circ$ )

## Blue Light Hazard

Light with wavelengths between 410 nm and 480 nm with a maximum at 400 nm can cause damage in the photo receptors in the retina of humans (photo retinitis, blue light hazard). The effective irradiance for blue light hazard is calculated with the action spectrum from DIRECTIVE 2006/25/EC. For sunlight, the ratio of the effective irradiance for photo retinitis to illuminance is approximately  $80 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  per 1,000 lux. Halogen lights have a ratio of approximately  $25 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  per 1,000 lux.

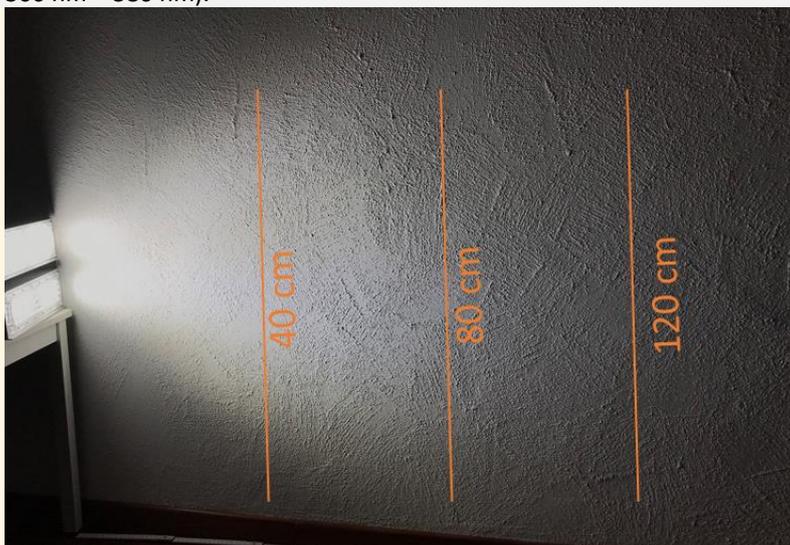
A full evaluation of the blue light hazard includes a measurement of the radiance, which I cannot perform.

The effective irradiance for blue light hazard for this lamp varies with the beam angle, because the blue primary LED emits more in the forward direction whereas the yellow phosphor scatters light more to the sides.

- $83 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  per 1000 lx (1m,  $0^\circ$ )
- $72 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  per 1000 lx (1m,  $26^\circ$ )

## Visuelle Lichtverteilung

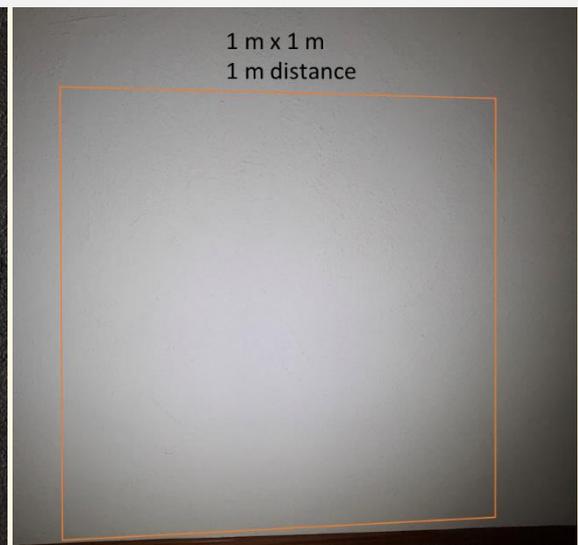
Die Verteilung der sichtbaren Strahlung wird mit einem Foto einer weißen, beleuchteten Fläche visualisiert. Falls Unterschiede im UVA-Spektrum zu erwarten sind wird das Foto auch mit einer UVA-Kamera aufgenommen (Sony NEX-6 mit entferntem UV/IR-Sperrfilter vor dem CCD Sensor; ZEISS Touit 1.8/32 Linse; heliopan UG1 Filter; Empfindlichkeit ca. 360 nm – 380 nm).



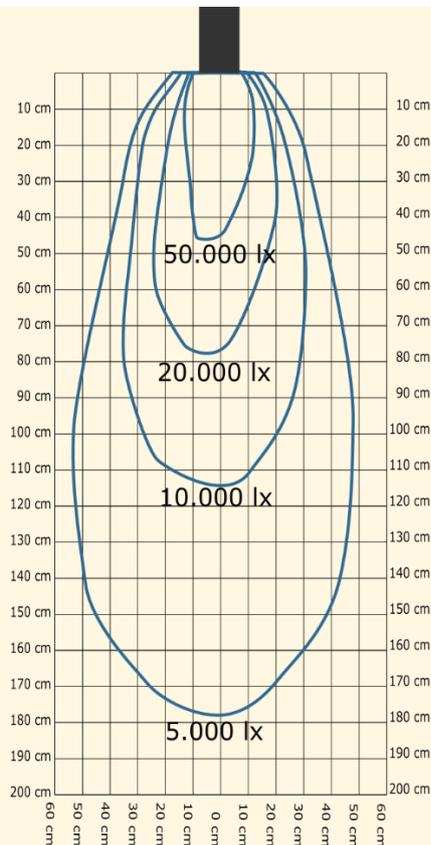
Auf der angestrahlten weißen Wand ist die sehr homogene Lichtverteilung sichtbar. Das rechte Bild zeigt die Lichtverteilung in 1m Abstand zwischen Strahler und Wand, der orange Rahmen ist 1m x 1m groß.

## Visible Light Distribution

The distribution of visible light is visualized by a photo of a white illuminated area. If difference between visible and UVA spectrum are expected, this photo is also taken with a UVA camera (Sony NEX-6 with removed UV/IR-cutoff filter in front of the CCD sensor; ZEISS Touit 1.8/32 lens; heliopan UG1 filter; sensitivity approximately ca. 360 nm – 380 nm).

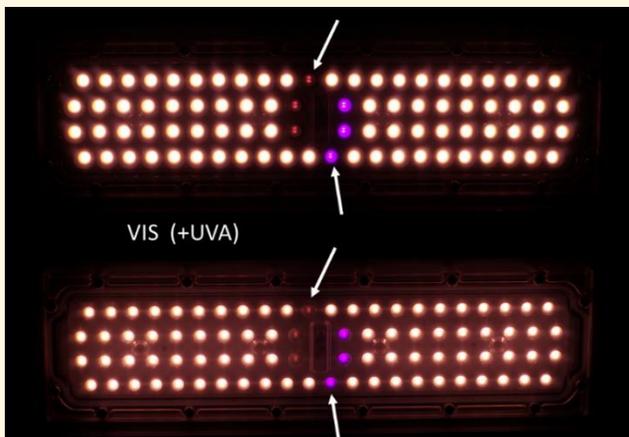


The illuminated white wall shows a very homogeneous light distribution. The right photo shows the light distribution in 1 m distance between lamp and wall, the orange frame is 1m x 1m.



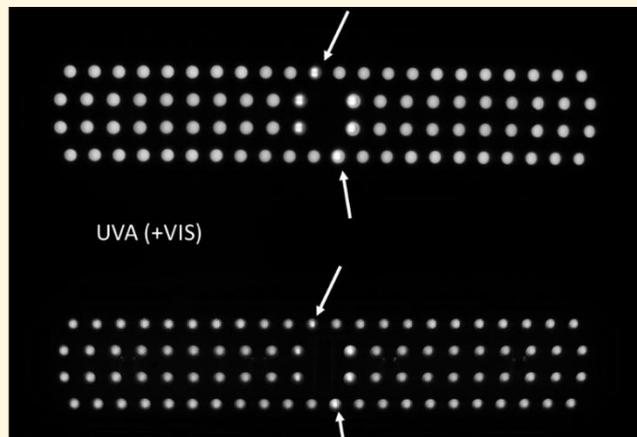
Die gemessene Beleuchtungsstärke zeigt, dass die Lampe gut für den Einsatz in 1 m bis 2 m Abstand zur Allgemeinbeleuchtung geeignet ist. In 30 cm Abstand erreicht die Lampe 100.000 lux – eine ähnliche Beleuchtungsstärke wie das Sonnenlicht mittags im Sommer. Hier kann auch die Wärmestrahlung auf der Haut gefühlt werden.

The illuminance measurement shows that the lamp is a good ambient light source for 1m to 2 m distance. At 30 cm distance the lamp illuminates the surface with 100,000 lux – a similar illumination value as sunlight at noon in the summer. Here also some heat radiation can be felt on the skin.



Beim direkten Blick in die Lampe sind die LEDs für sichtbares Licht sowie zwei verschiedene Typen von LEDs für UVA-Strahlung erkennbar. Verbaut sind 4 x 39 „weiße“-LEDs sowie 2 x 3 UVA LEDs mit ca. 395 nm und 2 x 3 UVA LEDs mit ca. 370 nm Emissionsmaximum. Die LEDs befinden sich unter einem Linsenarray, welches das Licht angenehm auffächert. Das Licht ist für das menschliche Auge sehr angenehm, der Strahler blendet trotz seiner hohen Helligkeit wegen des Linsenarrays kaum.

Leider ist die Unterdrückung der sichtbaren Strahlung bzw. die Durchlässigkeit des Kameraobjektivs im UVA-Bereich nicht ausreichend für diese Lampe. Auch mit UG1-Filter sind die weißen LEDs fast genauso hell wie die UVA-LEDs.



When looking directly into the lamp the LEDs for visible light as well as two types of LEDs for UVA are visible. There are 4 x 39 „white“-LEDs, 2 x 3 UVA LEDs with 395 nm and 2 x 3 UVA LEDs with 370 nm emission maximum. The LEDs are below a lens array that spreads the light. The light is very pleasing to my eyes, the lamp is not blinding because of the lens array.

Unfortunately the suppression of visible light or the transmission of the camera lens in the UVA is not sufficient for this lamp. With UG1-filter the white LEDs are almost as bright as the UVA LEDs.

## (Nicht erfolgreicher) Versuch, die UVA-Schattenbildung darzustellen

Meine größte Sorge bei LED-Strahlern mit verschiedenen unterschiedlich farbigen LEDs ist die Bildung von farbigen Schatten. Das ist von RGB-Strahlern bekannt und dort mit dem menschlichen Auge sichtbar und wird von vielen Menschen als sehr störend empfunden. Bei Strahlern die getrennte UVA-LEDs und VIS-LEDs kombinieren könnte es aus Reptiliensicht zu UV-farbenen Schatten kommen.

Das Licht einer für den Menschen weißen LED setzt sich aus dem blauen Licht der blauen Primär-LED und dem gelben Licht des gelben Leuchtstoffs zusammen. Blau und Gelb sind Komplementärfarben und ergeben zusammen weißes Licht. Aus Reptiliensicht haben die „weiße“ LED und die UVA LED Komplementärfarben. Zusammen ergeben die beiden LEDs für Reptilien weißes Licht.

In der folgenden Bildszene befindet sich der Strahler in 1,20 m Abstand zu einer Wand und beleuchtet einen LEGO-Baum, der 20 cm Abstand zur Wand hat. Im Terrarium könnte ein ähnlicher Schattenwurf von Pflanzen erzeugt werden, die sich zwischen Lampe und Boden befinden.

Der Schatten wurde einmal mit der Kamera ohne Filter („VIS“) und einmal mit der Kamera mit UVA-Filter („UVA“) aufgenommen. Die Bilder wurden mit gleicher Blende (f7,1) und ISO (400) aber unterschiedlicher Belichtungszeit aufgenommen (VIS 1/800s, UVA 3/5s) und das Graustufenbild anschließend noch so korrigiert, dass maximale und minimale Helligkeit übereinstimmen. Anschließend wurde das VIS-Bild gelb eingefärbt und das UVA-Bild blau, um die aus Reptiliensicht bestehenden Komplementärfarben für das menschliche Auge sichtbar zu machen.



Die Überlagerung der beiden Bilder ergibt dann Grautöne, wenn die UVA-LEDs und VIS-LEDs ihre Schatten an den gleichen Positionen erzeugen. Anderfalls sind die Schatten blau und gelb gefärbt (oder UVA-farbig und die Komplementärfarbe zu UVA)

## (Non successful) trial to visualize UVA-coloured shadows

My biggest concern about LED Lamps with differently coloured individual LEDs is the formation of coloured shadows. This is an effect known from RGB LEDs and there visible to the human eye and disturbing to many humans. Lamps that combine UVA LEDs and VIS LEDs could cause UVA-coloured shadows visible to reptiles.

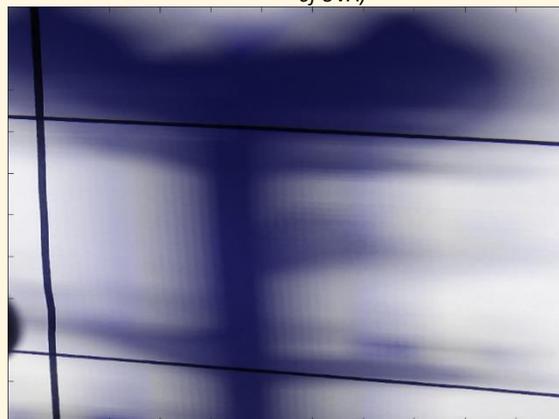
The light of a LED that is white for humans consists of the blue light from the blue primary LED and the yellow light from the yellow phosphor. Blue and yellow are complementary colours and give white when added. From a reptile's perspective, the "white" LED and the UVA LED have complementary colours. Together they give white light.

In the following scene the lamp is in 1,20 m distance to a white wall and illuminates a LEGO tree with 20 cm distance to the wall. In a terrarium a similar shadow could be cast by plants that are between the lamp and the floor.

The shadow was photographed with the camera without a filter ("VIS") and with the UVA-filter ("UVA"). The two photos were taken with the same aperture stop (f7,1) and ISO (400) but different speeds (VIS 1/800s, UVA 3/5 s) and the grayscale image corrected for the same maximum and minimum intensity.

After that, the VIS photo was coloured yellow and the UVA photo was coloured blue in order to show the complementary colours from a reptile's perspective.

The superposition of the two photos yields gray colours when the UVA-LEDs and the VIS-LEDs cast their shadows at the same positions. Otherwise the shadows will be coloured blue and yellow (or UVA and the complementary colour of UVA)



Es sind in sehr geringem Umfang farbige Schatten zu sehen. Ausgekräftigt ist das jedoch nicht, da die Fotos vom Strahler bereits gezeigt haben, dass die Fotokamera mit UG1-Filter mehr sichtbares Licht als UVA-Strahlung detektiert.

Meine Sorge vor UVA-Schatten konnte mit dem vorhandenen Messgeräten leider weder bestätigt noch ausgeräumt werden.

Coloured shadows can be seen to some extent.

However, this is not very meaningful because the photos of the lamp have already shown, that the camera with UG1-filter sees more visible light than UVA.

Unfortunately, my concerns over coloured shadows could not be addressed with the measurement equipment available.

## Einschränkungen

Die Messungen wurden von mir als Physikerin nach bestem Wissen durchgeführt und Quellen und Rahmenbedingungen angegeben. Ich glaube, dass die Messungen aussagekräftig und zuverlässig sind. Trotzdem entsprechen die Messgeräte und Methoden nicht denen zertifizierter Testlabore.

Messungen an einer geringen Anzahl von Lampen lassen keine generellen Aussagen zu. Von Lampe zu Lampe gibt es Schwankungen aufgrund des Alters der Lampe, Betriebsbedingungen wie Spannung oder Temperatur sowie Produktionsschwankungen von Charge zu Charge und innerhalb einer Charge.

Ich rege eine Überprüfung meiner Ergebnisse durch zertifizierte Testlabore und Diskussion mit Experten an.

## Zitierte Literatur

- Baines, F. M. & Brames, H. 2010. Preventive Reptile Medicine and Reptile Lighting. Paper read at 1st International Conference on Reptile and Amphibian Medicine, March 4–7, at München.
- Baines, F. M. (2016) How much UV-B does my reptile need? The UV-Tool, a guide to the selection of UV lighting for reptiles and amphibians in captivity. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 4.
- DIN 5031-10: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik: Photobiologisch wirksame Strahlung, Größen, Kurzzeichen und Wirkungsspektren. Mar 2000. Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIRECTIVE 2006/25/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC).
- Dobbinson, S., Niven, P., Buller, D., Allen, M., Gies, P. & Warne, C. (2016) Comparing Handheld Meters and Electronic Dosimeters for Measuring Ultraviolet Levels under Shade and in the Sun. *Photochemistry and Photobiology*, 92 208–214.
- Ferguson, G. W., Brinker, A. M., Gehrmann, W. H., Bucklin, S. E., Baines, F. M. & Mackin, S. J. (2009) Voluntary exposure of some western-hemisphere snake and lizard species to ultraviolet-B radiation in the field: how much ultraviolet-B should a lizard or snake receive in captivity? *Zoo Biology*, 28.
- Kelber, A., Vorobyev, M. & Osorio, D. (2003) Animal colour vision - behavioural tests and physiological concepts. *Biological Reviews*, 78 81–118.
- Lindgren, J., Gehrmann, W. H., Ferguson, G. W. & Pinder, J. E. (2008) Measuring Effective Vitamin D3-Producing Ultraviolet B Radiation Using Solartech's Solarmeter® 6.4 Handheld, UVB Radiometer. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society*, 43 57–62.
- MacLaughlin, J., Anderson, R. & Holick, M. F. (1982) Spectral character of sunlight modulates photosynthesis of previtamin D3 and its photoisomers in human skin. *Science*, 216 1001–1003.
- Setlow, R. B. (1974) The wavelengths in sunlight effective in producing skin cancer: a theoretical analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 71 3363–3366.
- Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm). (1997) *Health Physics*, 73 539–554.

## Limitations

The measurements have been performed to my best knowledge as a physicist and all sources and parameters have been given. I believe that the measurements are meaningful and reliable. Nevertheless, the measurement devices and methods do not correspond to that of professional and certified test laboratories.

Test of a limited number of lamps do not allow general statements. There are variations from lamp to lamp because of age, operating conditions like voltage or temperature, and production fluctuations from lot to lot but also within one lot. I encourage verification of my results by a certified test laboratory and discussion with experts.

## Literature Cited