

DE: Allgemeine Information, identisch in allen Testreports	EN: General information, identical for all test reports
DE: Messwerte und Beurteilung dieser Lampe	EN: Measurement and analysis of specific lamp

# Test-Report 09/2021

## VivTech Sur Sun 3W LED UVA/UVB E27

### 1) Zusammenfassung

- E27 LED-Lampen bringen Vorteile für die Reptilienhaltung, da sie ohne externes Vorschaltgerät einfach in der Anwendung sind. Sie enthalten kein Quecksilber und stellen daher keine Gesundheitsgefahr dar, wenn eine Lampe beschädigt wird.
- **Die Sur Sun LED-Lampen geben kein UVC (<280 nm) und kein nicht-terrestrisches UVB (<290 nm) ab. Von diesem Gesichtspunkt aus können die Lampen als sicher betrachtet werden.**
- Allerdings unterscheidet sich das gesamte UV-Spektrum im Vitamin-D3-aktiven Bereich deutlich vom Sonnenlicht (auch wenn es für Reptilien UVB-LEDs eines der sonnenähnlichsten Spektren ist). Die Intensität der LEDs konzentriert sich auf den kurzwelligen UVB-Bereich < 310 nm wohingegen das Sonnenlicht die meiste Intensität bei Wellenlängen > 310 nm hat und stark ansteigt bis 350 nm. Die Wellenlängen zwischen 310 nm und 335 nm, die wichtig sind um die Umwandlung in Prävitamin D3 zu begrenzen und die Umwandlung in Lumisterol zu fördern, sind bei der LED unterrepräsentiert. Ich gehe daher davon aus, dass diese Lampe deutlich mehr Vitamin D3 bilden wird, als man anhand des UV-Index erwarten würde. **Wenn diese Lampe verwendet wird, rate ich dazu den UV-Index im unteren Bereich der Ferguson-Zonen zu wählen.** Ich würde es lieber sehen, wenn zuerst mehr wissenschaftliche Studien über den langfristigen Effekt dieses unnatürlichen UV-Spektrums vorhanden wären. Details siehe Abschnitt 6d)
- Der UV-Index dieser 3W Lampen ist beeindruckend hoch, speziell bei der Mid-Day Blaze. Die UV-Index Verteilung kann mit manchen 50W oder 70W UV-HQI-Lampen problemlos mithalten. Allerdings strahlt die Lampe nicht nur kein längerwelliges UVB für die Vitamin D3 Synthese ab, sondern auch keine Wärmestrahlung und kaum sichtbares Licht. **Das kann gefährlich sein, da Reptilien so zu lange und bei zu geringerem Abstand zur Lampe sonnen könnten.**
- Da die Lampe keine Wärme oder signifikant Licht abstrahlt muss sie mit einer Infrarot- und Lichtquelle kombiniert werden.
- Die meisten Spezifikationen von der Verpackung konnten reproduziert werden. Die UVB Bestrahlungsstärke in  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  war etwas höher. Bei der Jungle Cover wurden 6W anstatt 3 W gemessen.
- Bei anderen LED-Lampen kann es vorkommen, dass einzelne LEDs plötzlich versagen während andere LEDs weiter leuchten. Ich habe Sorge, dass bei dieser Lampe die UVB LEDs plötzlich ausfallen könnten, während die Lampe weiterhin sichtbares Licht abstrahlt. In diesem Fall würde der UVB-Verlust vermutlich unbemerkt bleiben.

### 1) Summary

- E27 LED lamps can add benefit to the reptile husbandry because they are easy to use without external ballast. They are mercury-free, so the lamps bear no health risk when they are damaged.
- **The Sur Sun LED lamps emit no UVC (<280 nm) and no non-terrestrial UVB (<290 nm). From this point of view the LED can be considered safe.**
- However, the total spectrum in the vitamin-d3-active range (290 nm – 335 nm) differs strongly from sunlight (although it is among the most solar-like UV spectrum found in commercial reptile UVB LED lamps tested so far). The LED's intensity is concentrated in the short-wavelength region below 310 nm whereas sunlight has the most intensity above 310 nm with strong increase towards 350 nm. The wavelengths between 310 nm and 335 nm that are important to limit the conversion to previtamin D3 and increase the conversion to lumisterol are underrepresented in the LED. I therefore assume that this UV lamp will produce significantly more vitamin D3 than one might expect based on the UV index. **If this lamp is used, I advise to keep the UV index at the lower range of the Ferguson zones.** I would prefer to see more scientific studies on the long-term effects of this un-natural UV spectrum before advising to use the lamps in reptile husbandry. Details: See section 6d)
- The UV index from this 3W lamps is remarkably strong, especially for the Mid-Day Blaze. The UV index distribution of the 3 W lamp can easily compete with some 50W or 70W metal halide lamps. However, the lamp emits not only no longer wavelength UV to regulate vitamin D3 synthesis, but also very little visible light and no detectable heat rays. **This can be dangerous as reptiles might come closer to the lamp and bask longer than appropriate for the UV index.**
- Because the lamp does not emit heat or significant light, it needs to be paired with an infrared and visible light source.
- Most of the specifications on the box could be reproduced by my measurements. The UV intensities (spread chart) were slightly higher for  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  UVB. The Jungle Cover lamp in my measurement had 6 W instead of 3 W electrical power consumption.
- In other LED products it sometimes happens that some individual LEDs fail suddenly while the others are still operative. I have the concern that in this product the UVB LEDs might fail but the lamp still emits visible light. In that case, there is the risk that the loss of UVB will not be noticed.
- The aging test is still ongoing. At the moment one lamp is losing its UVB very quickly whereas another lamp is quite stable.

- Der Test zur Alterung ist noch nicht abgeschlossen. Aktuell verliert eine Lampe ihr UVB sehr schnell, die andere Lampe ist recht stabil.

1) Zusammenfassung .....	1	... 1) Summary
2) Beschreibung der Lampe.....	2	... 2) Lamp Description
3) Visuelle Lichtverteilung .....	4	... 3) Visual Light Distribution
4) Temperatur .....	5	... 0 Temperature
5) Elektrischer Verbrauch .....	5	... 5) Power Consumption
6) Spektrale Messung.....	5	... 6) Spectral Measurement
6a) Beurteilung des Gesamtspektrums .....	6	..... 6a) Review of the spectrum
6b) Für den Menschen sichtbares Spektrum.....	7	..... 6b) Spectrum visible to humans
6c) Für Reptilien sichtbares Spektrum .....	7	..... 6c) Spectrum visible to reptiles
6d) UV-Spektrum (Vitamin D3).....	8	..... 6d) UV Spectrum (vitamin D3)
6e) Blaulichtgefährdung .....	13	..... 6e) Blue Light Hazard
7) Intensitätsmessungen .....	13	... 7) Intensity Measurements
7a) Maximale Bestrahlungsstärke in verschiedenen Abständen ...	14	..... 7a) Maximum irradiance in different distances
7b) Solarmeter-Verhältnis .....	15	..... 7b) Solarmeter Ratio
7c) Iso-Bestrahlungsstärke-Karte .....	16	..... 7c) Iso Irradiance Chart
7d) Einbrennen und Alterung.....	17	..... 7d) Burn in and Aging
8) Einschränkungen .....	19	... 8) Limitations
9) Zitierte Literatur .....	19	... 9) Literature cited

## 2) Beschreibung der Lampe

VivTech ist ein kleines Familienunternehmen aus Illinois, USA, mit Fokus auf Reptilienbeleuchtung.

Die SurSun UV LED E27 Reflektorlampen, die 5 individuellen LEDs vereinen. Die Lampen sind seit Juni 2021 erhältlich und in drei Stärken verfügbar:

- „First Call“ für dämmerungsaktive Schlangen, Geckos und Amphibien: 1 x UVB, 2 x UVA, und zwei 6500 K LEDs
- „Jungle Cover“ für Wald- und Schattenbewohner: 1 x UVB, 2 x UVA, 2 x 6500 K
- „Mid-Day Blaze“ für äquatoriale Mittags-Sonner: 3 x UVB, 1 x UVA, 1 x 6500 K.

Je eine Lampe wurde von VivTech zur Verfügung gestellt. Ich bedanke mich bei VivTech, dass ich die Lampen testen durfte.

Die Lampen und der Kühlkörper machen einen guten und robusten Eindruck, und sind sehr klein (D = 5cm, H = 6,5 cm) und leicht (60 g). Ein Frontglas schützt die LEDs, trägt aber möglicherweise zur Alterung bei (Wärmestau und Solarisation des Glases). Die Beschriftung auf der Fassung besagt, dass die Lampen mit Wechselspannung zwischen 85V und 265 V betrieben werden können.

Auf der Webseite <https://vivtechproducts.com> und der Verpackung sind ISO-Bestrahlungsstärke-Grafiken abgebildet, die eine Anwendung in ca. 12“ (30 cm) Abstand (abhängig von Ferguson-Zone etc.) empfehlen.

## 2) Lamp Description

VivTech is a small family run company based in Illinois, USA, focusing on reptile lighting.

The SurSun UV LED E27 reflector lamps that unite 5 individual LEDs. The product was launched in June 2021 and the lamps come in three strengths:

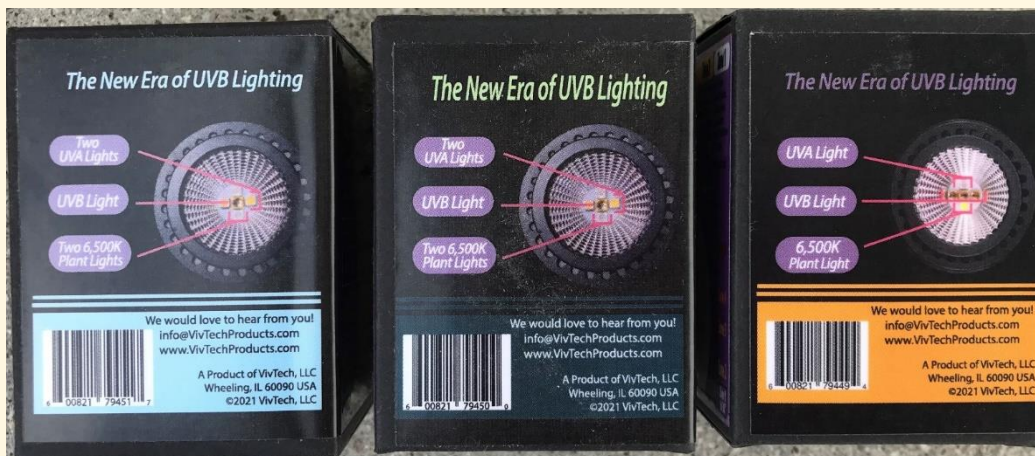
- “First Call” for crepuscular snakes, geckos and amphibians: 1 x UVB, 2 x UVA, 2 x 6500 K.
- “Jungle Cover” for forest and shaded sunlight dwellers: 1 x UVB, 2 x UVA, 2 x 6500 K.
- “Mid-Day Blaze” for mid-day, equatorial baskers: 3 x UVB, 1 x UVA, 1 x 6500 K.

One lamp each was provided by VivTech for the test. I thank VivTech for allowing me to test their lamps.

The lamps and heat sink give a good and robust first impression. The lamps are small (D = 5 cm, h = 6.5 cm) and lightweight (60g). A front glass protects the lamp but might add to decay over lifetime (due to heat build-up and solarization of the glass). The text on the socket states that the can be used with AC voltage between 85 V and 265 V.

The website <https://vivtechproducts.com> and the box provide iso-irradiance charts of the lamps, recommending their usage in roughly 12” (30 cm) distance (depending on Ferguson zone etc).







### 3) 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).

Das für Menschen sichtbare Licht ist sehr homogen.

Die First Call und Jungle Cover Lampen haben jeweils zwei 6500-K-LEDs und zwei UVA-LEDs. Sobald ein Gegenstand im Lichtkegel ist, können die unterschiedlichen Lichtquellen getrennt werden: Es gibt mehrere Schatten. Das Foto im sichtbaren Bereich zeigt zwei Schatten von den beiden 6500-K-LEDs.

Das UVA/VIS Photo zeigt vier Schatten, die quadratisch angeordnet sind. Es handelt sich um ein Falschfarbenbild, da UVA für Menschen nicht sichtbar ist. Die lila und gelbe Farbe entsprechend UVA und „Menschen-Weiß“. Für Reptilien sind UVA und „Menschen-Weiß“ Komplementärfarben, so wie für Menschen Gelb und Lila Komplementärfarben sind.

Bei größeren Abständen und mehreren Lichtquellen werden diese Schatten vermutlich nicht dominieren.

### 3) 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).

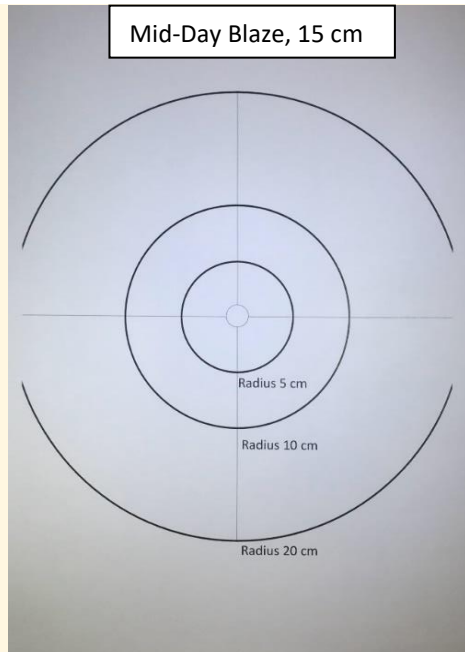
The light distribution visible to humans is very homogenous.

The First Call and Jungle Cover each have two 6500 K LEDs and two UVA LEDs. Once there are objects in the light path, the lights from the separate light sources can be distinguished: There are multiple shadows. The visible light photo shows two shadows from the two 6500 K LEDs.

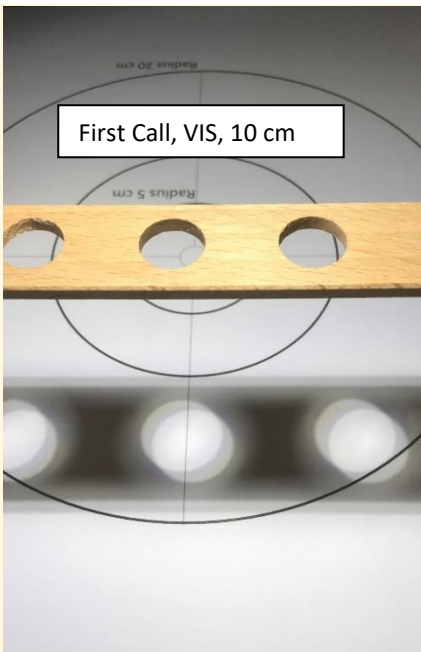
The UVA/VIS photo shows four shadows that are arranged in a quadratic shape. This is a false-colour image, as UVA is not visible to humans. The purple colour and the yellowish colour correspond to UVA and “human-white” light respectively. For reptiles UVA and “human white” are complementary colours in the same way as yellow and purple are complementary colours to humans.

At a larger distance with more light sources these shadows will likely not be dominant.

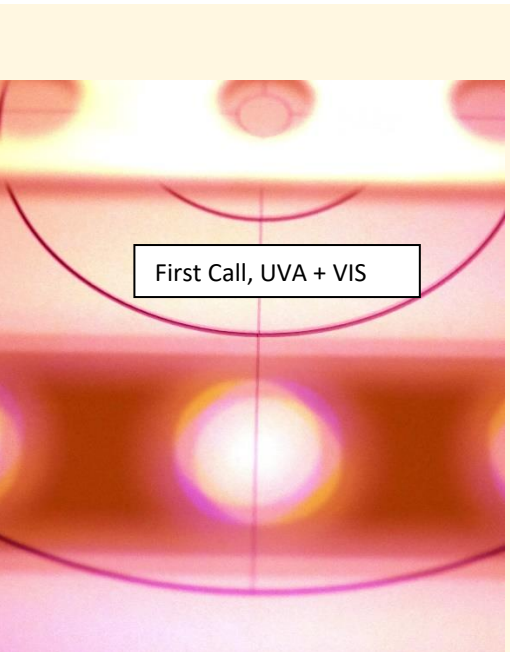




Mid-Day Blaze, 15 cm



First Call, VIS, 10 cm



First Call, UVA + VIS

### 4) Temperatur

The temperature of the lamp is measured with a non-contact infrared thermometer (Etekcity Lasergrip 1080) gemessen. Die Oberflächentemperatur der Lampen war nach mindestens einer Stunde Betrieb um die 40°C bei 22°C Umgebungstemperatur.

### 0 Temperature

The temperature of the lamp is measured with a non-contact infrared thermometer (Etekcity Lasergrip 1080). Surface temperature of all three lamp after at least 1 hour of operation was around 40°C (104°F) at 22°C (72°F) surrounding air temperature.

### 5) Elektrischer Verbrauch

Der elektrische Verbrauch wird mit einem „Brennenstuhl Primera-Line Energiemessgerät PM 231 E“ gemessen. Die Spannung ist durch die Netzspannung vorgegeben. Leistung und Strom sind durch die Lampe bestimmt. Der Leistungsfaktor ist definiert als „reale absorbierte Leistung“ / „Scheinbare Leistung im Stromnetz“. Wegen der Belastung des Stromnetzes werden Industriekunden oft höhere Kosten berechnet, wenn der Leistungsfaktor klein ist. Für Privatkunden hat der Leistungsfaktor nur sehr geringe Bedeutung. Die Lampen wurden mit einem Bronson++ VT 300 Spannungswandler betrieben, um die 230 V Netzspannung in Deutschland in die in USA genutzten 110 V umzuwandeln. Ein Reisesteckeradapter wurde verwendet, um die deutsche E27-Fassung mit Steckertyp F in die NEMA-5 Steckdose des Spannungswandlers zu stecken.

### 5) Power Consumption

Electrical parameters are measured with a “Brennenstuhl Primera Line PM 231 E Power Meter”. The voltage is determined by the line voltage. Power and current are given by the lamp. The power factor = real absorbed power / apparent power flowing in the circuit. Because of the strain on the electric network, industrial customers are often charged a higher cost when the power factor is low. For private customers, the power factor is of little importance. The lamps were operated with a Bronson++ VT 300 voltage transformer to transform the 230 V line voltage in Germany to 110 V as used in the USA. A traveler’s plug adapter was used to plug the German E27 socket with plug type F into the NEMA-5 socket of the voltage transformer.

	First Call	Jungle Cover	Mid-Day Blaze	
Spannung / voltage [V]	118	116	117	236
Leistung / power [W]	1,7	6,0	2,0	2,1
Strom / current [A]	0,02	0,08	0,02	0,01
Leistungsfaktor / Power factor	73	65	86	91

Die Messgenauigkeit bei so geringen Leistungen ist gering. Die gemessenen 6,0 W der Jungle Cover ist aber deutlich höher als die angegebenen 3,0 W.

The measurement accuracy of the power meter is low at the low wattages. But the 6.0 W for the jungle cover is significantly higher than the 3.0 W stated on the box.

### 6) 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

### 6) 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.

Spektrometer misst im Bereich 250 nm bis 880 nm mit einer Auflösung von 0,38 nm.

Die spektrale Messung wird je nach Lampe in einem individuellen geringen Abstand durchgeführt. So kann das Signal-zu-Rausch-Verhältnis durch eine hohe Intensität optimiert werden. Das Spektrum in verschiedenen Abständen hat die gleiche Form, lediglich die Gesamtintensität ändert sich. Professionelle Photometrische Messungen beinhalten die Verwendung einer Ulbrichtkugel. Das ist hier nicht der Fall und kann die Ergebnisse verfälschen. Ohne Ulbrichtkugel ist auch keine Bestimmung des gesamten Lichtstroms (Lumen) möglich.

### 6a) Beurteilung des Gesamtspektrums

Die drei unterschiedlichen LEDs (6500K, UVA 400 nm, UVB 305 nm) sind im Spektrum klar erkennbar. Die Stärke der drei Peaks im UVB, UVA und blauen Spektralbereich variiert etwas, je nach dem wo unter den Einzel-LEDs das Spektrum gemessen wird. Um sie besser vergleichen zu können, wurden die drei Spektren auf den gleichen Lux-Wert skaliert.

Die Mid-Day Blaze mit 3 UVB LEDs hat einen sehr großen Anteil ihrer Leistung im UVB (19%).

The spectral measurements are taken in an individual distance for each lamp to improve the signal to noise ratio. The shape of the spectrum does not depend on the distance, only the absolute intensity changes.

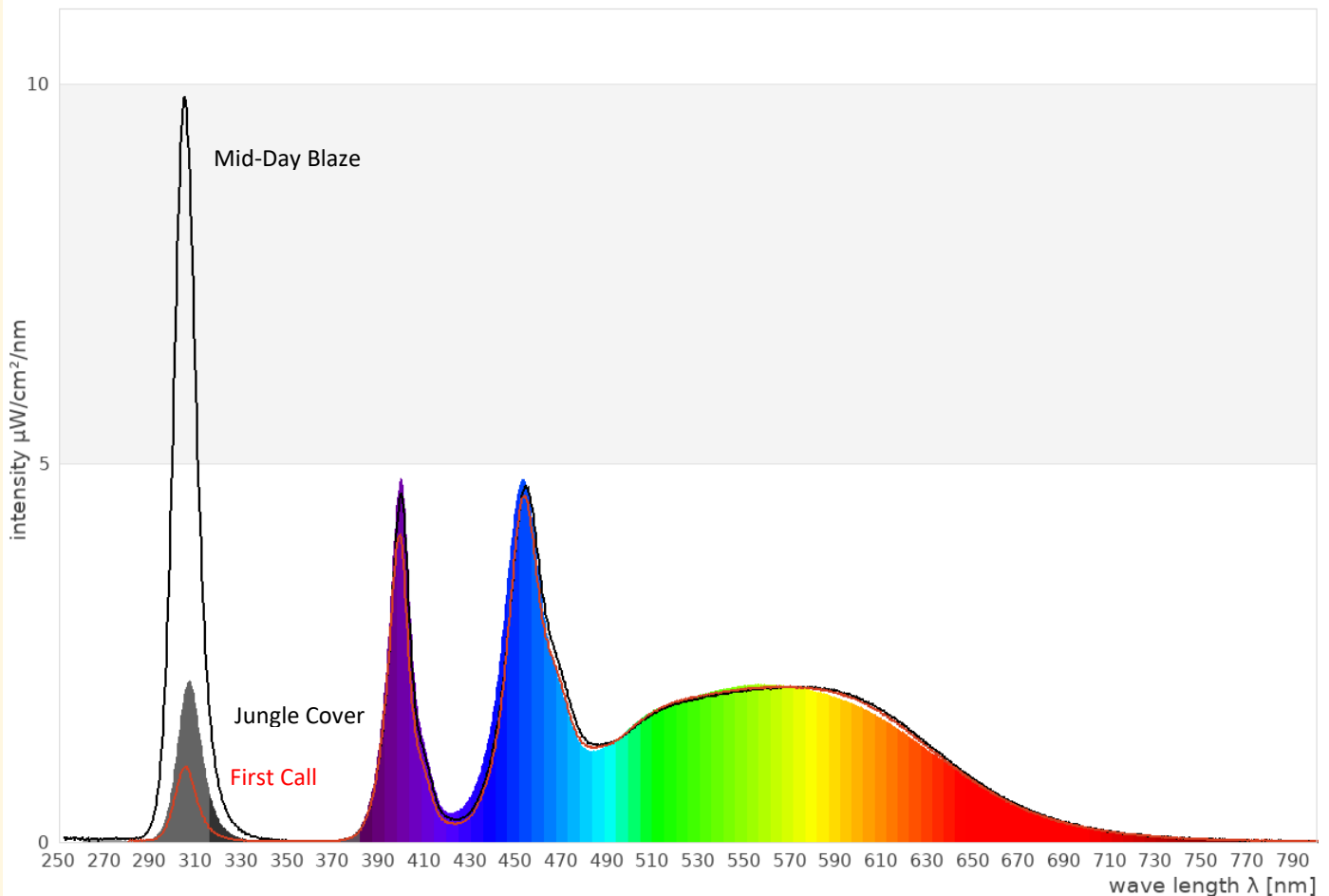
Professional photometric tests include the usage of an integrating sphere (Ulbricht sphere). This is not the case here and can adulterate the results. Without an integrating sphere it is not possible to determine the total luminous flux (lumen).

### 6a) Review of the spectrum

The three individual LED types (6500K, UVA 400 nm, UVB 305 nm) are clearly seen in the spectrum. The peak intensities in the blue, UVA and UVB from the three individual LEDs varies slightly when the spectrometer is moved under the lamp relative to the LEDs' positions.

For better comparison all three spectra were scaled to the same lux.

The Mid-Day Blaze with 3 UVB LEDs has an enormous amount of its power in the UVB (19 %).



	First Call	Jungle Cover	Mid-Day Blaze
UVB (280 – 315 nm)	12.1 μW/cm <sup>2</sup> = 2.4 %	26.3 μW/cm <sup>2</sup> = 4.8 %	121 μW/cm <sup>2</sup> = 19 %
UVA1 (315 – 350 nm)	1.4 μW/cm <sup>2</sup> = 0.3 %	3.9 μW/cm <sup>2</sup> = 0.7 %	10.9 μW/cm <sup>2</sup> = 2 %
UVA2 (350 – 380 nm)	0.6 μW/cm <sup>2</sup> = 0.1 %	0.8 μW/cm <sup>2</sup> = 0.2 %	33.9 μW/cm <sup>2</sup> = 0.1 %
VIS (380 – 780 nm)	488 μW/cm <sup>2</sup> = 97 %	514 μW/cm <sup>2</sup> = 94 %	505 μW/cm <sup>2</sup> = 79 %
FULL (280 – 890 nm)	505 μW/cm <sup>2</sup> = 100 %	546 μW/cm <sup>2</sup> = 100 %	639 μW/cm <sup>2</sup> = 100 %
UV-Index	1.6	3.1	16.4
Lux	1420 lx	1420 lx	1420 lx

## 6b) Für den Menschen sichtbares Spektrum

Nach Definition der internationalen Beleuchtungskommission 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.

Die gleiche 6500 K LED ist in allen drei Lampen verbaut, so dass nur eine Analyse des sichtbaren Spektrums gezeigt ist. Das Licht ist typisch für 6500 K LEDs zur Wohnraumbeleuchtung mit guter Farbqualität aber einer etwas geringem Rotanteil.

(x,y)	(0.31 ; 0.32)
<b>CCT [Kelvin]</b>	<b>6550 K</b>
<b>CRI</b>	<b>86</b>
R1 (light grayish red)	86
R2 (dark grayish yellow)	93
R3 (strong yellow green)	94
R4 (moderate yellowish green)	84
R5 (light buish green)	85
R6 (light blue)	88
R7 (light violet)	88
R8 (light reddish purple)	72
R9 (strong red)	20
R10 (strong yellow)	81
R11 (strong green)	83
R12 (strong blue)	63
R13 (light yellowish pink, human complexion)	88
R14 (moderate olive green)	97
R15 (Japanese complexion)	82

## 6c) Für Reptilien sichtbares Spektrum

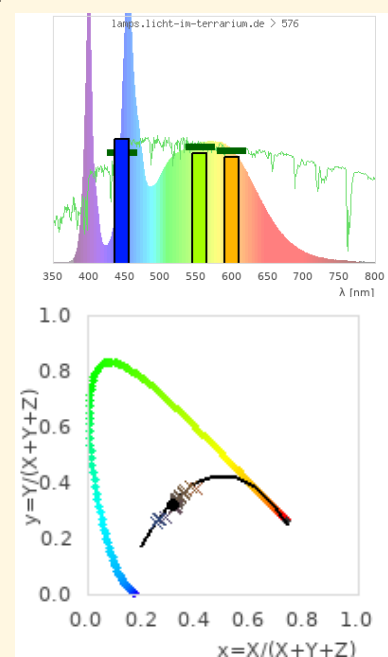
Während der Mensch für das Farbsehen drei Photorezeptoren (Blau, Grün, Rot/Orange) besitzt, sind es bei Reptilien je nach Art drei (UV, blau, grün) oder vier (UV, blau, grün, rot). Das Farbsehen von Reptilien unterscheidet sich daher grundlegend vom Farbsehen des Menschen. Insbesondere der UVA-Bereich 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. Die Empfindlichkeitskurven der vier Photorezeptoren sind Gaußförmig bei 560 nm, 497 nm, 440 nm und 380 nm. Diese Abschätzung basiert auf Studien zum Farbsehen von Reptilien. 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 (siehe 6b). Die farbigen Kreuze

## 6b) Spectrum visible to humans

The international illumination comission 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 coordiantes 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.

The same visible light 6500 K LED is used in all three lamp products, so that only one analysis of the visible light is shown. The light is typical for household 65000 K LEDs with good colorimetric properties but a slight underrepresentation of the red part of the spectrum.



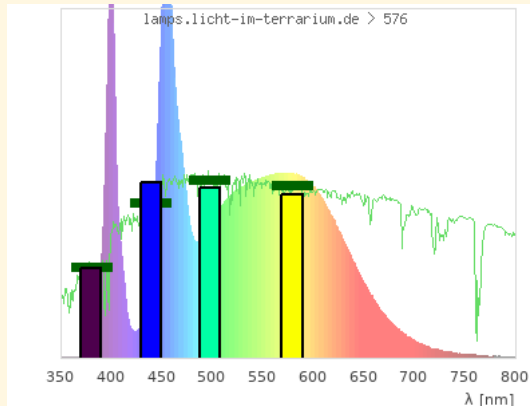
## 6c) Spectrum visible to reptiles

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. The photo receptors sensitivity spectra are of gaussian shape at the peak wavelengths 560 nm, 497 nm, 440 nm, and 380 nm. This is an estimate based on studies on reptile colour vision. In green the spectrum and signal of sunlight is shown.

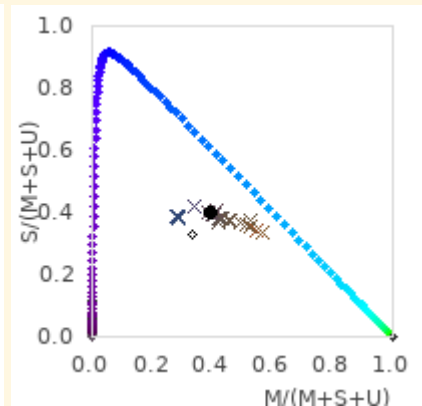
Based on the UV, blue and green photo receptors a colour space is calculated in analogy to the CIE colour space for the human observer (see 6b). The coloured crosses indicate the

kennzeichnen Farborte von verschiedenen Tageslichtphasen. Der schwarze Punkt zeigt den Farbort der Lampe. Ich glaube, dass diese Adaption des Farbortes mathematisch sinnvoll ist und 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. Aus Reptiliensicht ist die Intensität der 6500 K LED und der UVA-LED gut ausbalanciert. Die UVA-Emission könnte bei etwas geringeren Wellenlängen sein, um den Bereich, den Reptilien sehen, besser abzudecken. Wie in 3) beschrieben führt die unterschiedliche Position der UVA- und 6500-K-LEDs unter bestimmten Umständen zu farbigen Schatten.



colour coordinates of different phases of daylight. The black dot shows the colour coordinate of the lamp. I believe that this adaption of colour space makes sense mathematically and colour spaces are used in scientific research regarding colour vision of animals (Kelber2003), however I have not seen the application to light sources in the scientific literature.

From a reptile's perspective there is a good balance between the "human-white" 6500 K LED and the amount of UVA. The UVA emission could be at slightly lower wavelengths to cover the visual spectrum of reptiles better. As described in 3) the separate position of the UVA and 6500 K LED will lead to coloured shadows in certain circumstances.



### 6d) UV-Spektrum (Vitamin D3)

Das Spektrum im UV-Bereich hat in der Terraristik eine besondere Bedeutung, da Lampen zur Vitamin-D3-Versorgung der Tiere eingesetzt werden. UV-Strahlung im Bereich 250 nm bis 320 nm ist in der Lage Vitamin D3 aus 7DHC umzuwandeln. Gleichzeitig hat die UV-Strahlung aber auch zellschädigende Wirkung. Die Zellschädigende Wirkung nimmt mit kürzerer Wellenlänge zu.

Die Vitamin D3 Bildung in der Haut ist eine komplexe chemische Gleichgewichtsreaktion, bei der mehrere Substanzen (7-DHC, Prävitamin D3, Tachysterol, Lumiserol, Vitamin D3, Suprasterole, Trans-Vitamin-D3) ineinander umgewandelt werden. Das Gleichgewicht zwischen diesen Substanzen hängt vom UV-Spektrum zwischen 250 nm und 350 nm, wobei kürzere Wellenlängen tendenziell mehr Vitamin D3 bilden und die längeren Wellenlängen die Vitamin D3-Bildung bremsen und eine Überdosierung begrenzen. So werden bei Sonnenlicht nur 20% des 7DHC in Vitamin D3 umgewandelt, während es bei einer Leuchtstofflampe mit schmalbandigem Spektrum bei 295 nm 60% sind (MacLaughlin1982).

Bei der Abwägung zwischen positiven und negativen Eigenschaften der UV-Strahlung erscheint es mir am sinnvollsten auf eine große Ähnlichkeit zum Sonnenspektrum zu achten. Das Sonnenspektrum beginnt bei etwa 300 nm und steigt fast linear bis 400 nm an. Strahlung mit einer Wellenlänge kleiner als 300 nm sollte daher im Lampenspektrum nur zu einem sehr geringen Teil, unter 290 nm gar nicht vorhanden sein. Eine ansteigende Intensität von 300 nm bis mind. 335 nm ist zur Regulierung der Vitamin D3 Produktion sehr empfehlenswert.

Die folgende Grafik zeigt das Spektrum der Lampe im Vergleich zu anderen Spektren:

- Sonnenspektrum bei 20° Sonnenstand (UV-Index 1,0)

### 6d) UV Spectrum (Vitamin D3)

The spectrum in the UV range is of special importance in reptile husbandry because lamps are used as vitamin d3 supply. UV radiation in the range 250 nm to 320 nm is able to convert 7DHC to Vitamin D3. At the same time, UV radiation is damaging to cells. This cell-damaging effect increases with shorter wavelength.

Vitamin D3 production in the skin is a complex chemical equilibrium reaction where several substances (7-DHC, previtamin D3, vitamin D3, Tychasterol, Lumisterol, Suprasterols, Trans-Vitamin-D3) are converted into each other. The equilibrium between these substances depends on the spectrum between 250 nm and 350 nm. Shorter wavelengths tend to produce more vitamin D3 and longer wavelengths tend to limit the vitamin D3 production and thus prevent overdosing. Sunlight only converts 20% of the 7-DHC into vitamin D3 while a fluorescent lamp with a narrow band emission at 295 nm converts 75% (MacLaughlin1982).

When balancing positive and negative effects of UV radiation, to me it seems most sensible to look out for a spectrum that best resembles the solar spectrum. The solar UV spectrum starts at around 300 nm and increases almost linearly towards 400 nm. Radiation with a wavelength below 300 nm should therefore be almost absent in a lamp's spectrum and radiation below 290 nm wavelength must never be present. An increase in the intensity from 300 nm to at least 335 nm is strongly recommended to regulate the production of vitamin D3.

The following graph shows the lamp's spectrum in comparison to other spectrums:

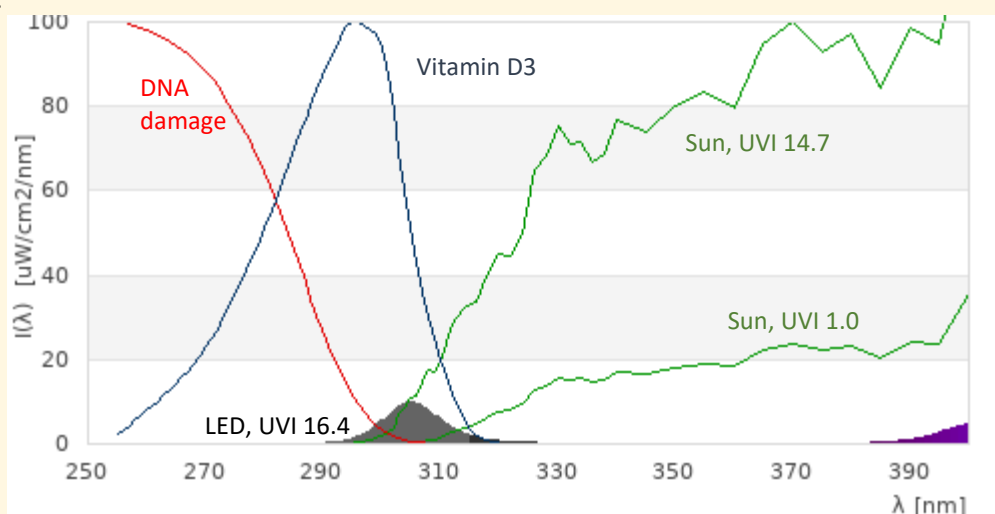
- Solar spectrum for 20° solar altitude (UV index 1.0)



- Sonnenspektrum bei 85° Sonnenstand (UV-Index 14,7)
- Wirkspektrum für die DNA-Schädigung (Setlow1974, DIN 5031-10)
- Wirkspektrum für die Vitamin-D3-Bildung (MacLaughlin1982, DIN 5031-10)

Die Abbildung des Spektrums eine sehr geringe Menge an UVB im Vergleich zum Sonnenlicht ist. Das ist deshalb bemerkenswert, weil der UV-Index der Lampe 16,4 ist, und die UV-Indizes der beiden Sonnenspektren nur 1,0 und 14,7. Das Spektrum der LED hat einen großen Überlapp mit dem Wirkspektrum für Erythembildung (=UV-Index). Bereits eine kleine Menge UV verursacht daher einen hohen UV-Index.

Das Spektrum ist leicht zu kleineren Wellenlängen verschoben gegenüber dem Sonnenspektrum mit UV-Index 14,7. Es ist ein etwas höherer Überlapp mit dem Wirkspektrum für DNA-Schädigung. Das Spektrum könnte sonnenähnlicher sein, wenn eine LED mit einer etwas größeren Maximalwellenlänge verwendet würde.



Meine Hauptsorge bei diesem UVB-Spektrum sind die Auswirkungen auf die Vitamin-D3-Bildung:

Die Haut von Wirbeltieren enthält das Sterol 7-Dehydrocholesterol (7DHC). Das wird in Prävitamin-D3 umgewandelt nachdem es ein UV-Photon absorbiert. In einer warmen Umgebung wandelt sich Prävitamin-D3 langsam in Vitamin D3 um, was dann an ein Transport-Protein gebunden über das Blut im Körper verteilt wird. Allerdings kann Prävitamin-D3 auch ein weiteres UV-Photon absorbieren und zurück in 7DHC, oder in Tachysterol oder Lumisterol umgewandelt werden. Alle drei Moleküle (7DHC, Tachysterol, Lumisterol) können dann wiederum ein UV photon absorbieren und erneut zu Prävitamin-D3 umgewandelt werden. In der Haut findet also ständig ein Umwandlung zwischen den vier Molekülen statt.

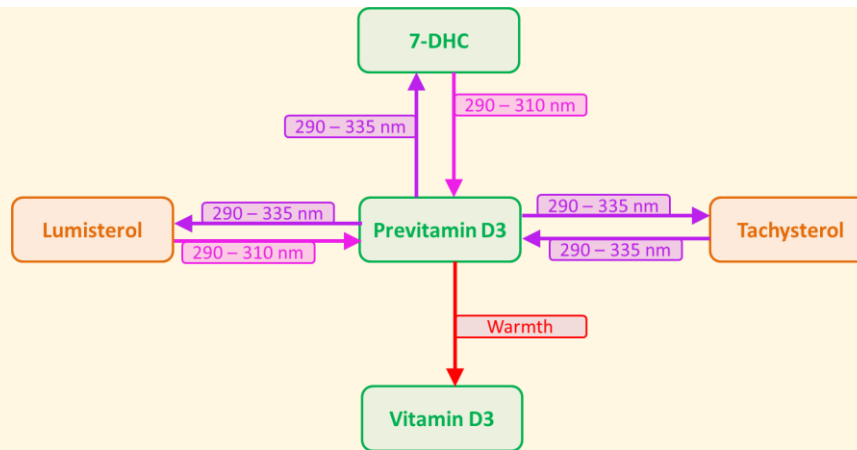
- Solar spectrum for 85° solar altitude (UV index 14.7)
- Action spectrum for DNA damage (Setlow1974, DIN 5031-10)
- Action spectrum for Vitamin D3 production (MacLaughlin1982, DIN 5031-10)

The spectral graph shows how small the amount of UV radiation is. This is remarkable, as the lamp's UV index is 16.4 compared to UV-index 1.0 and 14.7 of the two solar spectra. The LEDs UV spectrum has a very high overlap with the action spectrum for Vitamin D3 production and the action spectrum for erythema (=UV index). So only a small amount of UV is needed to generate a large impact.

The spectrum is shifted slightly towards shorter wavelengths than the solar spectrum for UVI 14.7. There is slightly higher overlap with the action spectrum for DNA damage than for strong sunlight. The spectrum could be more like sunlight if a UVB led with a slightly longer peak wavelength was used.

My main concern with this spectrum is about the consequences for Vitamin D3 production:

Vertebrate skin contains the sterol 7-Dehydrocholesterol (7DHC). This converts to previtamin D3 after absorption of an UV photon. In a warm environment previtamin D3 slowly converts into Vitamin D3 which then binds to a transport protein and goes to the blood stream. However, previtamin D3 can also absorb another UV photon and convert back to 7DHC or to tachysterol or to lumisterol. All three substances (7DHC, tachysterol, lumisterol) can then absorb another UV photon and again convert back to previtamin D3. So, in the skin there is a constant conversion between the four molecules.

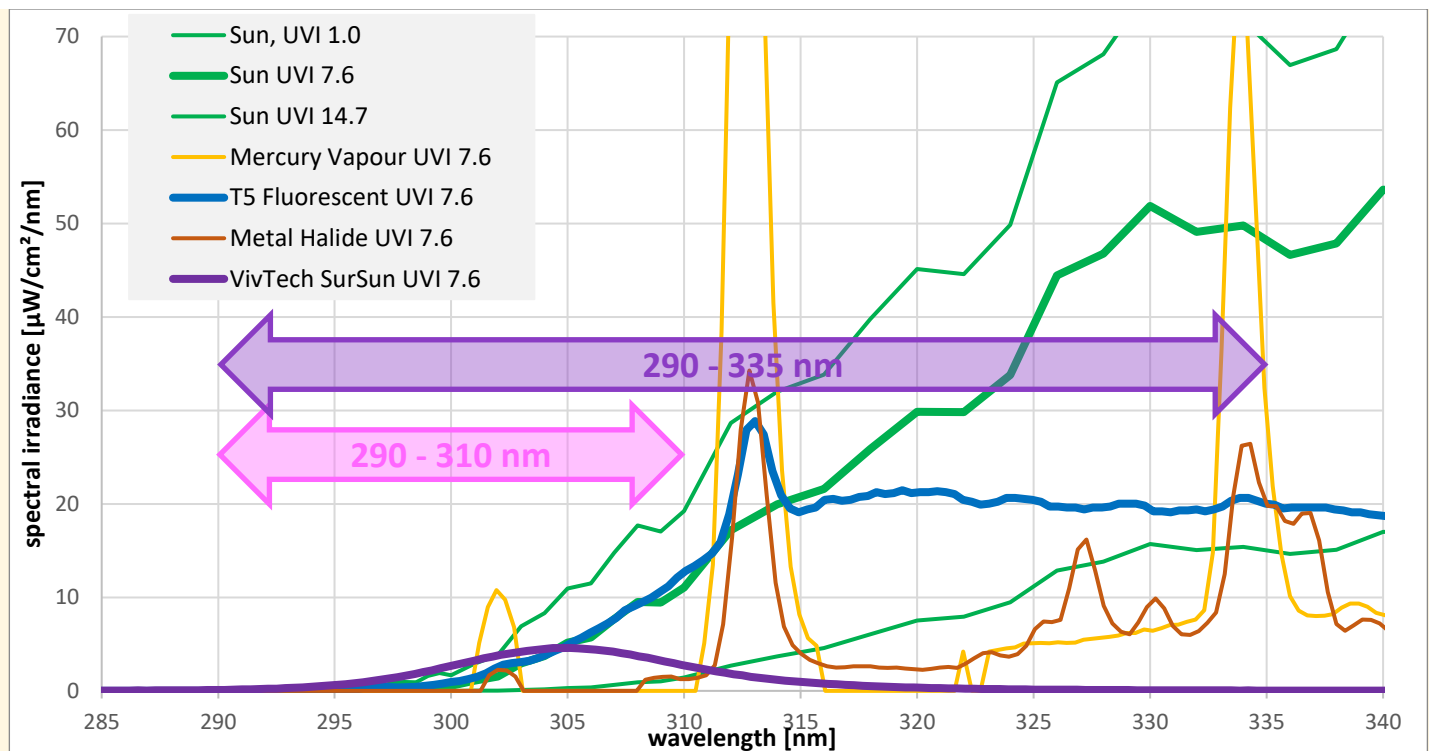


In einer kalten Umgebung, wo die Umwandlung von Prävitamin-D3 in Vitamin-D3 verhindert wird, bildet sich ein Gleichgewicht. Ein fester Prozentsatz der ursprünglichen 7DHC-Moleküle ist gerade in der Form Tachysterol, Lumisterol und Prävitamin-D3. Allerdings hängt es vom UV-Spektrum ab, wie groß der jeweilige Prozentsatz ist. Das liegt daran, dass ein UV-Photon mit 335 nm Wellenlänge Prävitamin-D3 in Lumsterol umwandeln kann, aber nicht Lumisterol zurück in Prävitamin-D3. Für die Umwandlung von Lumisterol in Prävitamin-D3 ist ein UV-Photon mit einer Wellenlänge kleiner als 310 nm notwendig.

Wenn also mehr UV-Photonen bei 335 nm Wellenlänge vorhanden sind als bei 310 nm Wellenlänge, wird ein größerer Anteil des 7DHC in Lumsterol umgewandelt. Nur ein kleiner Anteil endet als Prävitamin-D3 und etwas 7DHC bleibt wegen der Rückumwandlung von Prävitamin-D3 erhalten. Diese LED strahlt 294,4 nm – 322,5 nm (95% der Energie) mit einem Maximum bei 305,1 nm ab. Die UV-Photonen zwischen 322 nm und 335 nm, die im Sonnenlicht die Bildung von Lumsterol verursachen und die Bildung von Tachysterol und Prävitamin-D3 begrenzen, fehlen. Andere in der Terraristik genutzte UV-Lampen (Leuchtstofflampen, HQI-Strahler, Mischlichtstrahler) haben keine derartige Konzentration des Spektrums im kurzwelligen Bereich ohne zusätzliche Strahlung im Bereich 320 – 335 nm. Die Quecksilberemissionslinien bei 313 nm und 334 nm bei Mischlichtlampen und UV-HQI-Lampen tragen Intensität bei den längeren Wellenlängen bei. Leuchtstofflampen sind bemerkenswert nah am Sonnenspektrum im Wellenlängenbereich 290 – 315 nm, der Anteil 315 – 335 nm bleibt um etwa 50% hinter dem Sonnenlicht zurück.

In a cold environment where the conversion from previtamin D3 to vitamin D3 is prohibited, an equilibrium forms with a fixed percentage of the original 7DHC molecules currently in the form of tachysterol, lumisterol and previtamin D3. However, it depends on the UV spectrum how large each percentage is. This is because a UV photon with 335 nm wavelength can convert previtamin D3 to lumisterol but not lumisterol back to previtamin D3. The back-conversion from lumisterol to previtamin D3 requires a photon with wavelength smaller than 310 nm.

So, when there are more UV photons at 335 nm wavelength than at 310 nm wavelength, a larger percentage of the 7DHC is converted to lumisterol. Only a small amount ends up as previtamin D3 and a some 7DHC stays as it is because of the back conversion from previtamin D3. This LED emits 294.4 nm – 322.5 nm (95% of energy) with peak at 305.1 nm. So here the UV photons between 322 nm and 335 nm, that in sunlight cause the production of lumisterol and limit the production of tachysterol and previtamin D3, are missing. Other UV lamps used in reptile husbandry (fluorescent lamps, metal halide lamps, mercury vapour lamps) do not show this concentration of the spectrum in the short wavelength region with no intensity in the range 320 – 335 nm. The mercury lines at 313 nm and 334 nm in mercury vapour lamps and metal halides add intensity at the longer wavelengths. Fluorescent lamps are remarkably close to sunlight in the range 290 nm – 315 nm, the intensity in the range 315 – 335 nm is roughly 50% lower than in sunlight.



Ich erwarte daher, dass diese LED einen größeren Anteil von 7DHC in Prävitamin-D3 umwandeln wird als das Sonnenlicht. Diese Erwartung stützt sich nicht nur auf die gerade erklärte Theorie, sondern auch auf Experimente:

1982 haben McLaughlin und Holick die Menge der Moleküle in Glas-Ampullen gemessen. Nach Bestrahlung mit einer Sonnensimulationslampe fanden sie 50 % Lumisterol, 8 % Tachysterol und 20 % Prävitamin-D3. Nach Bestrahlung mit einer schmalbandigen (290-302nm) Lichtquelle fanden sie 5 % Lumisterol, 20 % Tachysterol und 75 % Prävitamin-D3. Ein deutlicher Unterschied.

Lindgren zeigte 2008 dass die Menge von Vitamin-D3, die in Glasampullen nach Bestrahlung durch Leuchtstofflampen und Mischlichtlampen für Reptilien gebildet wurde, gut mit dem Solarmeter 6.5 (UV-Index) vorhergesagt werden kann. Lampen mit einem geringen Verhältnis von Solarmeter-6.5- zu Solarmeter-6.2-Messwert, also Lampen die einen geringeren Anteil ihrer Strahlung im Bereich 310 – 335 nm haben, aber etwas mehr Vitamin D3 bilden. Leuchtstofflampen mit einem geringen Solarmeter-Verhältnis haben auch zu unerwartet hohen Vitamin-D3-Blutwerten bei Reptilien geführt (Bernard 1996, Ooninx 2010).

2017 fanden Cusack et al. eine Steigerung der Vitamin-D3-Blutwerte bei Bartagamen, die mit einem Prototypen einer ZooMed UVB LED beleuchtet wurden, die hoch war im Vergleich zum geringen UV-Index (0-0,6), obwohl die Lampe sogar LEDs mit Maximalwellenlänge 300, 310, 320 und 350 nm kombinierte, also sehr wahrscheinlich ein weniger konzentriertes UV-Spektrum hat (leider ist im Artikel kein Spektrum angegeben).

In der Humanmedizin gibt es wenige Studien zur Vitamin-D3-Bildung bei UVB-LEDs. Sie sind in einer Phase vor klinischen Studien und werden auf Hautproben oder in Tiermodellen durchgeführt. Das Ziel dabei ist es, Menschen, die kein Vitamin-D3 über die Nahrung aufnehmen können, eine möglichst hohe Vitamin-D3-Menge durch eine kurze Bestrahlung zu ermöglichen. Daher werden UV-Indizes um 200 und ein

I therefore expect that this LED will convert a larger amount of 7DHC to previtamin D3 than sunlight. This expectation is not only based on the theory just described but also on experiments:

In 1982 McLaughlin and Holick measured the amount of photo products in glass ampoules. After exposure to a sunlight simulator lamp, they found 50 % lumisterol, 8 % tachysterol, and 20 % previtamin D3. After exposure to a narrow band (290-302 nm) light source they measured 5 % lumsterol, 20 % tachysterol, and 75 % previtamin D3. A drastic difference.

Lindgren has shown in 2008 that the amount of vitamin D3 converted in glass ampoules after exposure with reptile fluorescent lamps and mercury vapour lamps is well predicted by the Solarmeter 6.5 (UV index). But lamps with a low Solarmeter 6.5 to Solarmeter 6.2 ratio, that means these lamps have a lower amount of UV in the range 310 – 335 nm, convert slightly more vitamin D3. Fluorescent lamps with a low Solarmeter ratio have also led to unexpectedly high vitamin d3 blood levels in reptiles (Bernard 1996, Ooninx 2010).

In 2017 Cusack et al. found an increase in the vitamin D3 blood levels of bearded dragons exposed to a ZooMed prototype UV led lamp that was high compared to the very low UV-index (0-0.6), even though this lamp combined individual LEDs with 300, 310, 320, and 355 nm, so most likely had a less concentrated UV spectrum (but no spectrum is shown in the paper).

In human medicine there are few studies on UVB LEDs for vitamin D3 production. This are still in a phase before clinical trial and performed on skin samples or in animal models. The aim here is to ensure a high vitamin d3 dose from a very short exposure time in humans that are unable to absorb oral vitamin d3. UV indices around 200 and the most effective spectrum are used. In 2017 Aldoukhi, Holick et al. found that

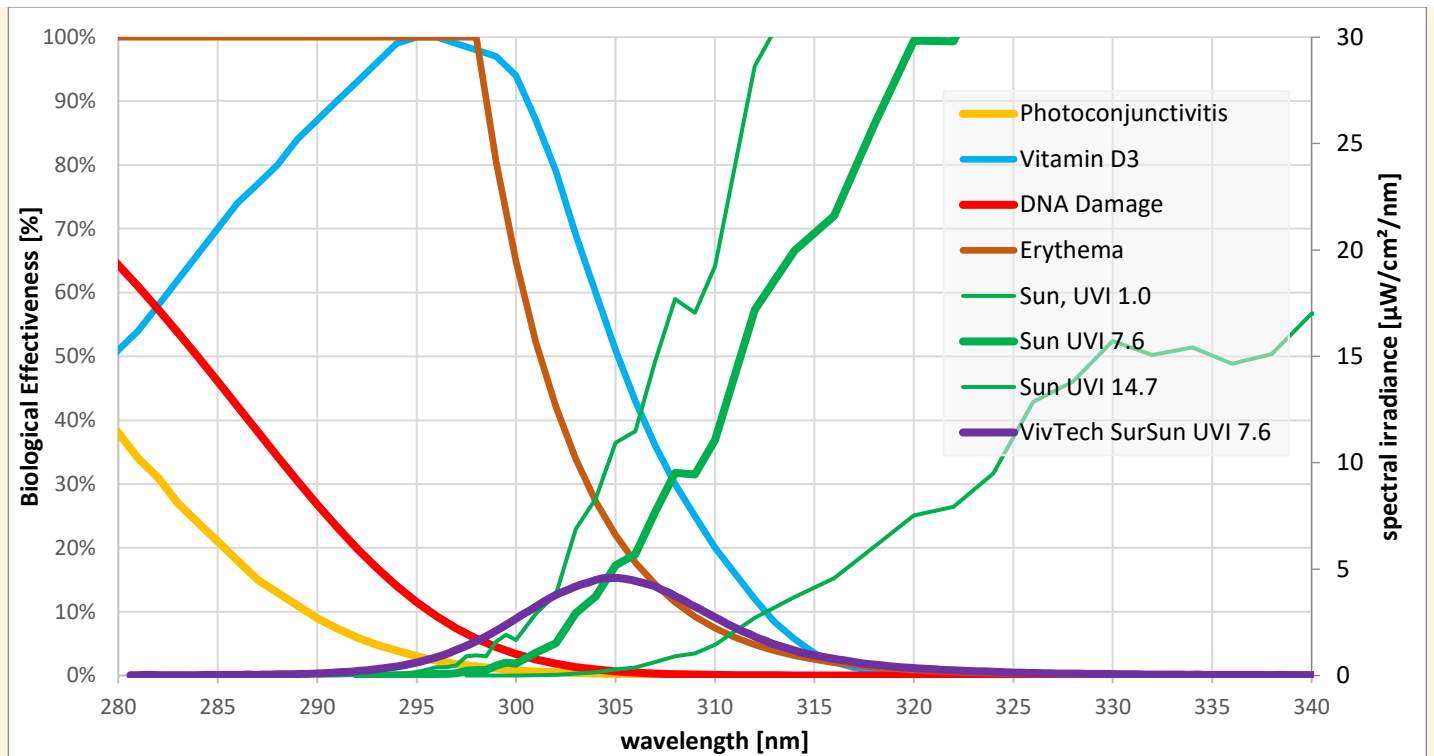


möglichst wirkungsvolles Spektrum genutzt. 2017 fanden Aldoukhi, Holick et al., dass dieselbe UV-Dosis (Solarmeter-6.5-Messwert mal Bestrahlungszeit) einer 297-nm-LED in menschlichen Hautproben die 2,4-fache Menge an Vitamin D3 bildet wie natürliches Sonnenlicht (wobei ich allerdings Schwierigkeiten habe ihrer Auswertung zu folgen). 2016 stellten Barnkob et al. einen starken Effekt der Maximalwellenlänge von LEDs mit derselben Gesamtdosis (nicht UV-Index) auf die Vitamin-D3-Bildung in Schweinehautproben fest: 296 nm war am effektivsten und 318 nm bildete kein Vitamin D3 mehr. Ein ähnliches Ergebnis in Mäusen erhielten 2016 Morita et al. 2020 nutzten Wei et al. LEDs um Osteoporose bei Legehennen vorzubeugen. In der wissenschaftlichen Literatur wird die Hoffnung ausgedrückt, dass die Nutzung nur der effektivsten Wellenlängen (~297 nm Maximalwellenlänge, **nicht** wie bei der VivTech Sur Sun LED!) für die Vitamin-D3-Bildung nicht nur die Kosten und den Stromverbrauch einer UV-Lampe reduzieren werden, sondern auch das Risiko von Nebenwirkungen (Barnkob2016, Morita2016, Aldoukhi2017, Veronikis2020). Ich habe allerdings noch keine vertiefte Analyse der Abwägung der verschiedenen Effekte gesehen. Die Tatsache, dass dieselbe Gesamtdosis einer LED mit Maximum 296 nm mehr Vitamin D3 bildet als eine LED mit Maximum 305 nm zeigt doch klar, dass die Gesamtdosis die biologische Wirkung nicht gut vorhersagt. Einige negative Auswirkungen von UV (DNA-Schädigung, Erythem = Sonnenbrand, Photo-Konjunktivitis = Bindehautentzündung) haben eine Empfindlichkeit auf die kürzeren UVB-Wellenlängen und UVC (DIN 5031-10). Ich denke daher, dass es die Abwägung zwischen positiven und negativen Folgen eines bestimmten Spektrums nicht einfach ist. Zudem gibt es auch positive Effekte verschiedener Wellenlängen über die Vitamin-D3-Bildung hinaus (Holick 2016). Auf die VivTech Sur Sun LED trifft das nicht zu, da hier eine Maximalwellenlänge von 305 nm verwendet wird. Es ist keine deutlich höhere Schädigung als bei extremem Sonnenlicht (UVI 14,7) zu erwarten. Im Vergleich zu moderat intensivem Sonnenlicht (UVI 7,6) gibt es deutlich mehr kurzwellige Strahlung bei der LED.

the same dose of UV (Solarmeter 6.5 reading times exposure duration) from a 297nm-LED converted the 2.4-fold amount of vitamin D3 than sunlight in human skin samples (although I have some problems following their evaluation). In 2016 Barnkob et al. found a strong effect of the peak wavelength of LEDs with the same total dose (not UV-index) in pig skin samples, where 296 nm was most effective and peak wavelengths above 318 nm did not produce vitamin D3. A similar result was obtained in mice by Morita et al in 2016. In 2020 Wei et al. used LEDs to prevent osteoporosis in caged laying hens.

There is hope in the scientific literature, that using only the most effective UV wavelengths for vitamin d3 production (~297 nm peak, **not** like the VivTech Sur Sun LED!) will not only lower the costs and power consumption of a UV lamp, but also reduce the risks for adverse effects (Barnkob2016, Morita2016, Aldoukhi2017, Veronikis2020). However, I have not seen any in-depth analysis of the balance of different effects. The fact that the same total dose from a LED with peak wavelength 296 nm produces more vitamin D3 than a LED with peak wavelength 305 nm shows clearly, that total dose is not a good predictor for biological effects. Some negative effects of UV (DNA damage, erythema, photoconjunctivitis, ...) have a very high sensitivity towards short wavelength UVB and UVC (DIN 5031-10). So I think it will not be easy to assess the balance the positive and negative effects of a given spectrum. There are also positive effects of individual wavelengths above vitamin D3 production (Holick 2016).

This does not apply to the VivTech Sur Sun LED, because here a peak wavelength of 305 nm is used. No significant larger damaging impact is expected compared to extreme sunlight (UVI 14.7). Compared to moderately intense sunlight (UVI 7.6 there is significantly more short-wavelength UVB from the LED.



Ich denke, wenn man ein Reptil als Haustier hält, gelten andere Standards als in der Nutztierhaltung oder bei medizinischen Behandlungen, wo negative Nebenwirkungen zu einem gewissen Grad akzeptabel sind. Ich bin sehr überzeugt von dem Konzept, im Terrarium natürliche Bedingungen nachzubilden. Diese LED-Lampe bildet das Sonnenlicht im Vitamin-D3-relevanten Bereich nicht natürlich nach. Ich fühle mich daher nicht wohl damit, diese LED zu nutzen, solange keine Studien über die langfristigen Effekte auf die Gesundheit vorliegen. Diese Lampe sollte vielleicht eher als Therapie-Lampe gesehen werden, als eine Nachbildung des Sonnenlichts, wofür die Ferguson-Zonen entwickelt wurden.

I think when keeping a reptile as a pet, different standards apply than in livestock management or medical treatment, where negative side-effects are to some extent acceptable. I strongly agree with the concept of “recreating natural conditions” in the terrarium. This LED lamp does not recreate the solar spectrum in the vitamin-d3-relevant wavelength region. I therefore do not feel comfortable to use it until studies of the long-term health effects are available.

Perhaps this lamp should be considered more as a phototherapy lamp than a replication of sunlight, for which the Ferguson zones have been developed.

### 6e) 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 µW/cm² pro 1.000 lux. Bei Halogen-Glühlampen ca. 25 µW/cm² pro 1.000 lux.

Für die drei Lampen wurden Werte zwischen 80-90 µW/cm² pro 1000 lx gemessen. Das ist typisch für 6500 K LEDs.

### 6e) 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 µW/cm² per 1,000 lux. Halogen lights have a ratio of approximately 25 µW/cm² per 1,000 lux.

For the three lamps values around 80-90 µW/cm² per 1000 lx were measured. This is typical for 6500 K LEDs.

### 7) Intensitätsmessungen

Die Beleuchtungsstärke wird mit einem „Voltcraft MS-200LED“ Luxmeter gemessen. Dieses Gerät misst die sichtbare Bestrahlungsstärke gewichtet mit der Empfindlichkeit des menschlichen Auges. Das Messgerät misst bis 400.000 Lux und damit bis zu der etwa vierfachen Beleuchtungsstärke des natürlichen Sonnenlichts.

Die UV-Bestrahlungsstärke wird mit Solarmeter UV-Radiometern gemessen. Diese Messgeräte haben sich in den letzten Jahren aufgrund des Preis-Leistungs-Verhältnisses

### 7) Intensity measurements

The illuminance is measured with a “Voltcraft MS-200LED” lux meter. This meter measures the visible irradiance weighted with the sensitivity of the human eye. The meter measures up to 400,000 lux, that is approximately four times the illuminance of sunlight.

The irradiance of UV light is measured with Solarmeter UV broadband meters. These broadband meters have become widely accepted within reptile keepers and scientific research

durchgesetzt und werden von zahlreichen Terrarianern aber auch in der Wissenschaft und Feldforschung eingesetzt (Ferguson2009, Dobbinson2016, Lindgreen2008).

- Solarmeter 6.5: UV-Index  
Das Gerät misst die erythemgewichtete UV-Bestrahlungsstärke, d.h. Wellenlängen unterhalb von etwa 315 nm wobei kürzere Wellenlängen stärker gewichtet werden als längere Wellenlängen. Diese Eigenschaft ist wichtig, um sowohl die Eignung der Lampe für Vitamin-D-Synthese als auch ihr Gefährdungspotential einschätzen zu können.
- Solarmeter 6.2: UVB  
Das Gerät misst die UVB-Bestrahlungsstärke bis ca. 330 nm.
- Solarmeter 8.0: UVC  
Das Gerät misst die UVC-Strahlung. Um fehlerhafte Messwerte aufgrund zu hoher UVA-Strahlung auszuschließen, wird der Messwert zusätzlich mit einem Schott UG11-Filter kontrolliert.

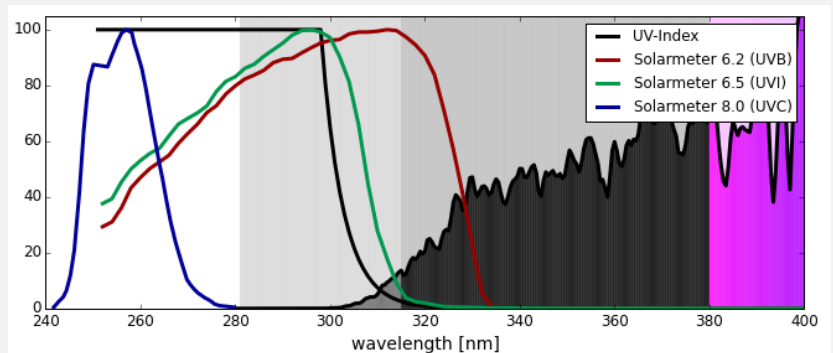
Die Messgeräte haben ein robustes Signal-zu-Rausch-Verhältnis und sich einfach in der Anwendung. Sie eignen sich daher gut, die räumliche Verteilung der UV-Strahlung und die Alterung der Lampen zu messen.



due to their cost-performance ratio (Ferguson2009, Dobbinson2016, Lindgreen2008).

- Solarmeter 6.5: UV-Index  
It measures the UV irradiance weighted with the action function for UV induces erythema. Mainly light below 315 nm is detected, and shorter wavelengths are more strongly counted than longer wavelengths. This feature is important to assess the ability of the lamp to enable production of vitamin d3 but also the risk of uv damage.
- Solarmeter 6.2: UVB  
It measures UVB intensity up to 330 nm.
- Solarmeter 8.0: UVC  
It measures UVC. To rule out faulty measurements due to UVA leakage, the measured value is checked again with a Schott UG11-filter.

These intensity meters have a robust signal to noise ratio and are easy to use. They are therefore suitable to measure the spatial distribution of the light and monitor the aging process.



### 7a) Maximale Bestrahlungsstärke in verschiedenen Abständen

### 7a) Maximum irradiance in different distances

Mid Day Blaze 10 h

Operating Voltage	110V	110V	110V	110V	110V	110V	220V	110V	110V	110V	110V
Distance [cm]	5	10	15	20	25	30	30	40	50	60	70
Distance [inch]	2.0	3.9	5.9	7.9	9.8	11.8	11.8	15.7	19.7	23.6	27.6
Luxmeter [lx]	9.857	3.041	1.470	857	558	396	445	232	155	110	83
Solarmeter 6.2 UVB [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	1900	579	285	165	106	75	82	43	27	19	13
Solarmeter 6.5 UVI	128	39,7	18,9	11,1	7,2	5,1	5,6	3	1,9	1,3	1
Solarmeter 8.0 UVC [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Jungle Cover 10 h, 110 V

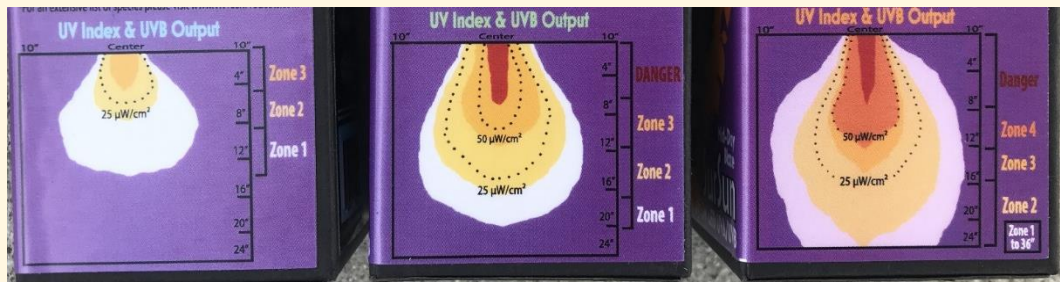
Distance [cm]	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70
Distance [inch]	2.0	3.9	5.9	7.9	9.8	11.8	15.7	19.7	23.6	27.6
Luxmeter [lx]	28.451	8.000	4.344	2.540	1.669	1.191	695	462	333	250
Solarmeter 6.2 UVB [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	1244	379	189	110	73	52	29	18	14	9
Solarmeter 6.5 UVI	70	20,8	10,8	6,4	4,2	3	1,6	1	0,7	0,5
Solarmeter 8.0 UVC [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

First Call, 15 h, 110 V

Distance [cm]	5	10	15	20	25	30	40	50
Distance [inch]	2.0	3.9	5.9	7.9	9.8	11.8	15.7	19.7



Luxmeter [lx]	16.200	5.180	2.496	1.450	968	690	417	283
Solarmeter 6.2 UVB [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	328	102	49	28	18	13	7	5
Solarmeter 6.5 UVI	21,2	6,7	3,1	1,8	1,2	0,9	0,5	0,3
Solarmeter 8.0 UVC [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



Meine Solarmeter 6.2 Messwerte waren etwa einen Faktor 1,5 höher als die  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ -Angaben auf der Verpackung. Das kann gut durch ein unterschiedliches UVB-Messgerät mit einer anderen spektralen Empfindlichkeit oder ein unterschiedliches Alter der Lampen erklärt werden.

Meine UV-Index-Messwerte stimmen grob mit den Empfehlungen zu Ferguson-Zone überein. Beispiel: 20 cm – 30 cm Abstand werden für Ferguson-Zone 4 bei der Mid-Day Blaze Lampe empfohlen. In diesem Abstand ist der UV-Index 4,7 – 10,1 (100h) und nur leicht höher als die Ferguson-Zone-4 Empfehlung (4,5 – 9,5). Wegen meiner Bedenken bezüglich des Spektrums empfehle ich aber den Abstand etwas größer zu wählen als durch die Ferguson-Zonen vorgeschlagen.

Bei 230V ist die Intensität und der Stromverbrauch (siehe Abschnitt 5) 5-10% höher.

## 7b) Solarmeter-Verhältnis

Um 2007 gab es international mehrere Fälle von Augen- und Hautschäden bei Reptilien, die unter Leuchtstofflampen mit einem Leuchtstoff vom Typ UVB313 gehalten wurden (Baines2010). Dieser Leuchtstoff strahlt ca. von 285 bis 350 nm mit einem Maximum bei 313 nm ab, also deutlich kurzwelliger als das Sonnenlicht. Dieser Leuchtstofftyp konnte sehr zuverlässig durch das Verhältnis der Messwerte des Solarmeter 6.2 und des Solarmeter 6.5 ermittelt werden.

Der Vergleich der spektralen Empfindlichkeitskurven des Solarmeter 6.5 und Solarmeter 6.2 mit den spektralen Absorptionskurven der chemischen Substanzen, die an der Gleichgewichtsreaktion der Vitamin-D3-Bildung in der Haut beteiligt sind, legt nahe, dass das Solarmeter-Verhältnis anzeigt, ob diese Gleichgewichtsreaktion unter der Lampe naturnah abläuft.

Das Solarmeter-Verhältnis wird berechnet in dem der Messwert des Solarmeter 6.2 (z.B.  $300 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) durch den Messwert des Solarmeter 6.5 (z.B. UVI 6) geteilt wird. Natürliches Sonnenlicht hat ein Solarmeter-Verhältnis von ca. 50-60. Künstliche UV-Quellen mit einem Solarmeter-Verhältnis  $>20$  sind häufig und bisher nicht negativ aufgefallen. Auffällige Leuchtstofflampen zeichneten sich durch ein Solarmeter-Verhältnis  $< 15$  aus.

Das Solarmeter-Verhältnis von 15 ist sehr klein im Vergleich zum Sonnenlicht, was zum gemessenen Spektrum mit einer Lücke im Bereich 310 nm – 335 nm passt. Einige sehr intensive UV Mischlichtlampen, wie die Osram Ultravitalux 300W, haben

My Solarmeter 6.2 measurements are roughly a factor 1.5 higher than the  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  UVB values on the box. This could well be explained by a different type of UVB meter with a different spectral sensitivity or by aging of the lamps.

My UV index measurements roughly agree with the Ferguson zone recommendations. For example, 8" – 12" distance (20 cm – 30 cm) are recommended for Ferguson Zone 4 for the Mid-Day Blaze bulb. In this distance the UV-Index is 4.7-10.1 (100h) and only slightly higher than Ferguson zone 4 recommendation (4.5-9.5). However, because of the concerns about the spectrum I would recommend keeping the distance a bit larger than based on the Ferguson zones.

With 230 V the output and the power consumption (see section 5) is 5-10% higher.

## 7b) Solarmeter Ratio

Around 2007 several cases of eye and skin damage in reptiles kept under fluorescent lamps with a phosphor of type UVB313 (Baines2010). This phosphor emits light between 285 nm and 350 nm with a peak at 313 nm. The UV spectrum is shifted towards shorter wavelengths compared to natural sunlight. This phosphor was reliably identified by the ratio of the measured values of Solarmeter 6.2 and Solarmeter 6.5.

Comparing the spectral sensitivities of Solarmeter 6.2 and Solarmeter 6.5 with the spectral absorption curves of the chemical substances that take part in the chemical equilibrium reaction of vitamin d3 synthesis in the skin suggests that the Solarmeter ratio could indicate whether this equilibrium reaction runs sub natural.

The Solarmeter ratio is calculated by dividing the reading of the Solarmeter 6.2 (e.g.  $300 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) by the reading of the Solarmeter 6.5 (e.g. UVI 6).

Natural sunlight has a Solarmeter ratio of 50 to 60. Artificial UV sources with a Solarmeter ratio  $> 20$  are common and up to now have not shown negative effects. Fluorescent lamps that have been associated with eye and skin damage had Solarmeter ratios  $< 15$ .

The Solarmeter ratio of 15 is very low compared to sunlight, reflecting the missing radiation in the range 310 nm – 335 nm. Some strong self-ballasted mercury vapour lamps, like the

ein ähnlich kleines Solarmeter-Verhältnis aus vergleichbaren Gründen.

### 7c) Iso-Bestrahlungsstärke-Karte

Die Bestrahlungsstärke wird in einer senkrechten Ebene unter der Lampe mit dem Solarmeter 6.5 gemessen und Linien gleicher Bestrahlungsstärke ermittelt. Diese Iso-Bestrahlungsstärke-Karten zeigen an, für Tiere welcher Körpergröße die Lampe geeignet ist. Nach dem Konzept der Ferguson-Zonen gibt es hauptsächlich vier Varianten bei der UV-Bestrahlung (Baines2016):

- Ferguson-Zone 1 (Schattenmethode): UV-Index < 0,7 auf einer Fläche deutlich größer als das Tier für dämmerungsaktive Tierarten oder Tiere die zurückgezogen im Schatten leben.
- Ferguson Zone 2 (Schattenmethode): UV-Index 0,7 – 1,0 auf einer Fläche deutlich größer als das Tier für Tierarten, die gelegentlich sonnen.
- Ferguson Zone 3 (Sonnenmethode): UV-Index 2,9 – 7,4 auf einer Fläche, die der Körpergröße des Tieres entspricht, zusammen mit hellem Licht und Wärmestrahlung für Tierarten, die zurückgezogen zur Thermoregulation sonnen.
- Ferguson Zone 4 (Sonnenmethode): UV-Index 4,5 – 8,0 auf einer Fläche, die der Körpergröße des Tieres entspricht, zusammen mit hellem Licht und Wärmestrahlung für Tierarten, die auch zur Mittagszeit in der vollen Sonne zur Thermoregulation sonnen.

Osram Ultravitalux 300W, have a similar low Solarmeter ratio for the same reason.

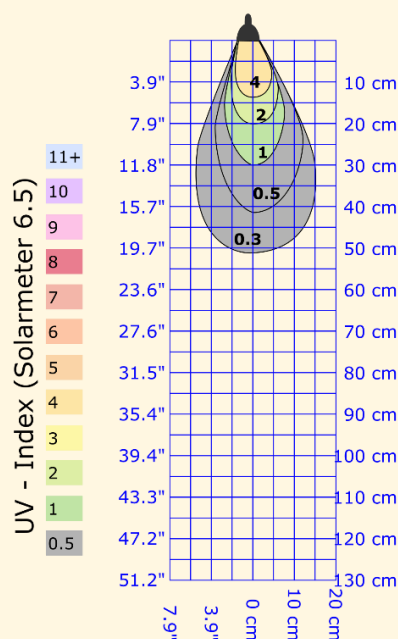
### 7c) Iso-Irradiance Charts

The irradiance is measured with the Solarmeter 6.5 in a vertical plane underneath the lamp and lines of equal irradiance are determined. These iso-irradiance-chart show how the lamp can be used for animals of different size. According to the concept of the Ferguson zones, there are four main variants for UVB illumination (Baines2016):

- Ferguson zone 1 (shade method): UV index < 0.7 on an area considerably larger than the animal for crepuscular animals or shade lovers.
- Ferguson zone 2 (shade method): UV index 0.7 – 1.0 on an area considerably larger than the animal for partial sun/ occasional baskers.
- Ferguson zone 3 (sunbeam method): UV index 2.9 – 7.4 on an area matching the size of the animal together with bright light and thermal radiation for open or partial sun baskers.
- Ferguson zone 4 (sunbeam method): UV index 4.5 – 8.0 on an area matching the size of the animal together with bright light and thermal radiation for mid-day sun baskers.

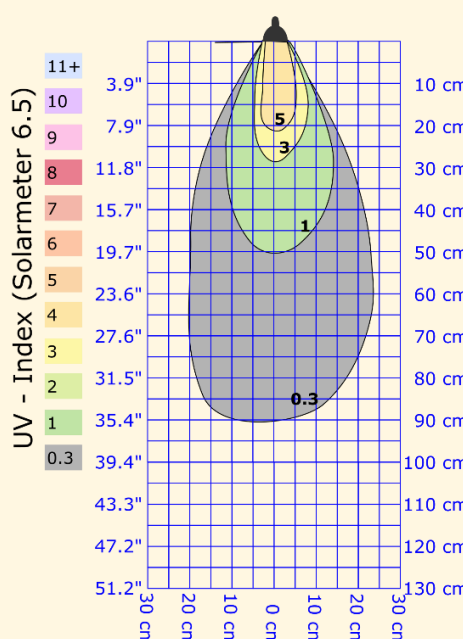


VivTech Sur Sun First Call 3 W



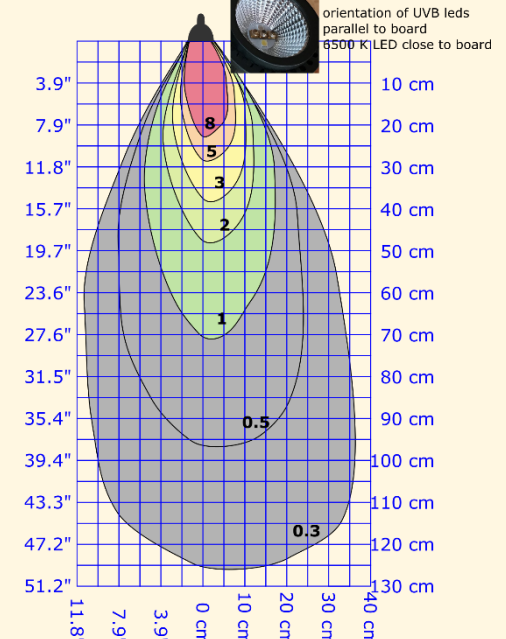
15 h burn in, 09/2021, ID SW11,  
© Sarina Wunderlich, www.licht-im-terrarium.de

VivTech Sur Sun Jungle Cover 3W

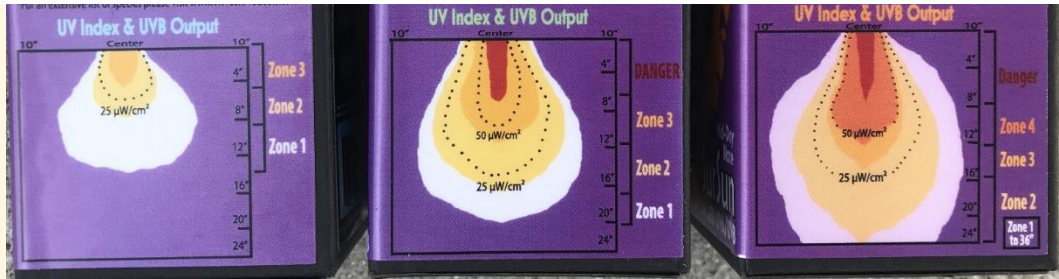


10 h burn in, 09/2021, ID SW10,  
© Sarina Wunderlich, www.licht-im-terrarium.de

VivTech Sur Sun Mid Day Blaze 3 W



100 h burn in, 09/2021, ID SW09,  
© Sarina Wunderlich, www.licht-im-terrarium.de



Der UV-Index dieser 3-W-Lampen ist beeindruckend stark, insbesondere bei der Mid-Day Blaze. Die UV-Index-Verteilung dieser 3-W-Lampe kann leicht mit einigen 50W oder 70W UV-HQI-Lampen mithalten. Natürlich ist auch hier die Energieerhaltung erfüllt: Im Gegensatz zur LED strahlt eine HQI eine große Menge UVA, sichtbares Licht und Infrarotstrahlung ab und nur < 0,5 % ihrer Leistung als UVB, wohingegen die Mid-Day-Blaze 19% ihrer Leistung als UVB abstrahlt.

The UV index from this 3W lamps is remarkably strong, especially for the Mid Day Blaze. The UV index distribution of this 3 W lamp can easily compete with some 50W or 70W metal halide lamps. Of course energy conservation is fulfilled in this lamp as well: In contrast to the LED a metal halide lamp emits large amounts of UVA, visible light and infrared and only < 0.5 % of its power as UVB, whereas the Mid Day Blaze emits 19 % of its power as UVB.

### 7d) Einbrennen und Alterung

Das Einbrennverhalten in den ersten Betriebsstunden werden mit einem fixierten Messgerät unter der Lampe gemessen.

Messwerte für die Alterung über einen längeren Zeitraum werden genauso wie die anderen Bestrahlungsstärke-Messungen in 7a) als maximaler Messwert in einer Ebene unter der Lampe aufgenommen.

In den ersten Betriebsstunden zeigten die Lampen sehr unterschiedliches Verhalten. Eine der Lampen (Mid-Day Blaze) verlor 13% ihres UV-Index in der ersten Stunde aber war dann stabil. Die 13% Verlust waren reversibel: Nach einer Abkühlphase startete die Lampe wieder mit nur 2% Verlust im Vergleich zum Startwert, verringerte ihre Leistung dann aber schnell wieder. Dieser Abfall ist vermutlich durch das Aufwärmen der Lampe verursacht und wurde auch bei anderen UVB-LEDs beobachtet.

Die anderen beiden Lampen zeigten einen gleichmäßigeren Verlust ihrer UV-Abstrahlung, der nicht oder nur teilweise reversibel war.

Ergebnis: Die Lampen sollten vor der Messung mindestens eine Stunde angeschaltet sein.

### 7d) Burning in and Aging



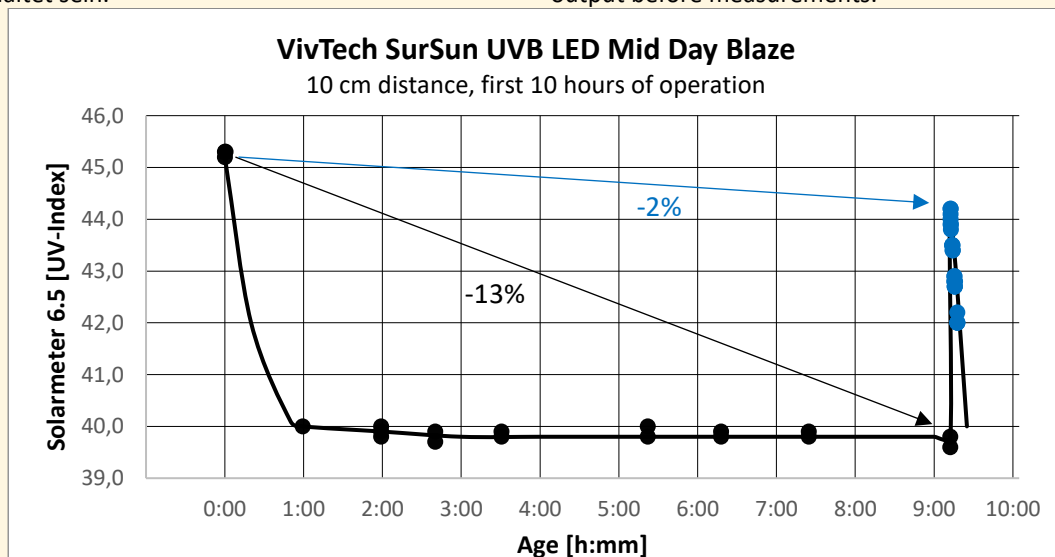
Burning in within the first hours of operation is measured with a fixed position of the Solarmeter relative to the lamp.

Measurements for longer term aging are taken as the other irradiance measurements in 7a) as the maximum in a fixed plane under the lamp

The lamps showed very different aging in the first hours of operation. One of the lamps (Mid-Day Blaze) showed 13% decrease of the UV index within the first hour but then stable output. The 13% decrease in the first hour was reversible: After a cool down phase the lamp started again at only 2% loss compared to its initial value, but again decreased quickly in its output. This decrease is likely explained by the warming up of the lamp and I have seen this effect in other UVB LEDs.

The other two lamps showed a more constant decrease of the output that was not or only partly reversible.

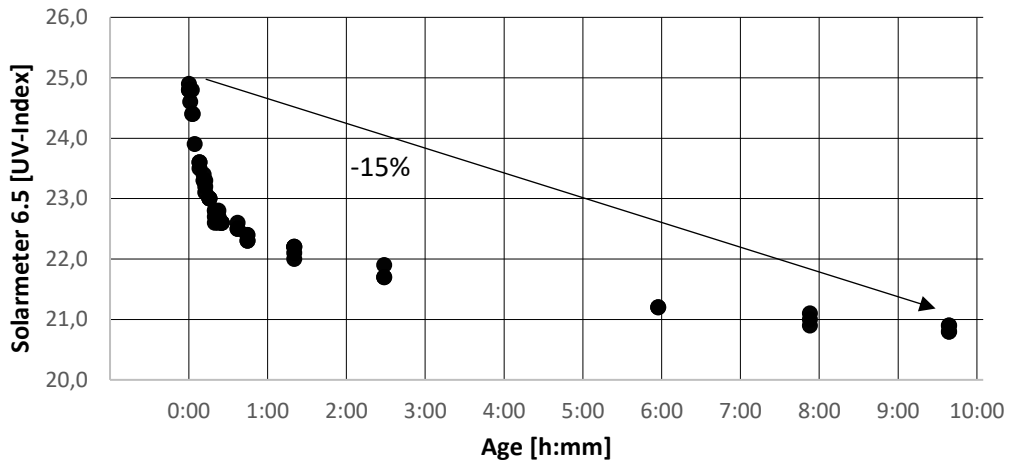
Result: The lamps should run at least an hour to stabilize their output before measurements.





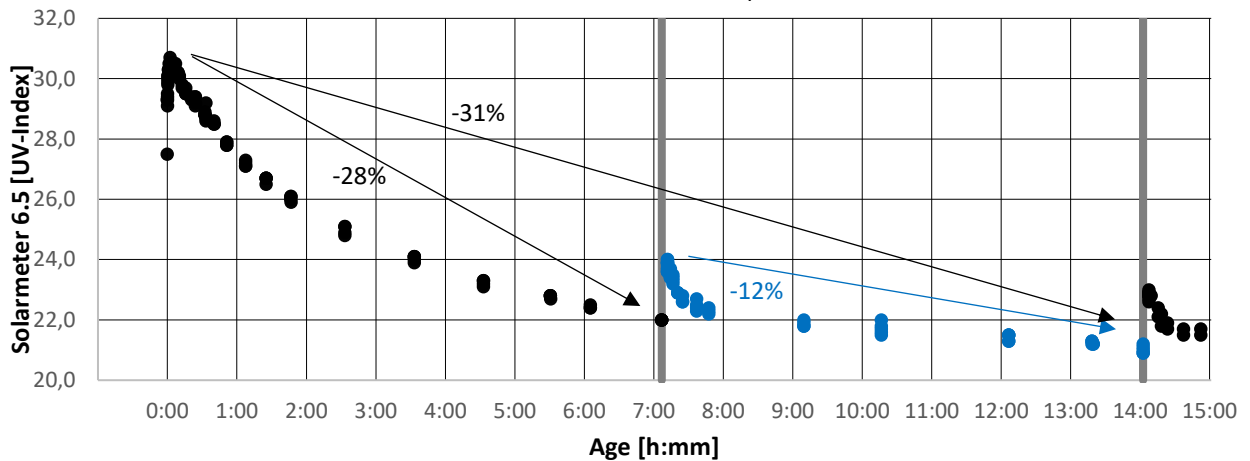
### VivTech SurSun UVB LED Jungle Cover

10 cm distance, first 10 hours of operation



### VivTech SurSun UVB LED First Call

5 cm distance, first 10 hours of operation



Über die nächsten wenige Hundert Betriebsstunden verlor eine der getesteten Lampen deutlich an Leistung, der Test ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht abgeschlossen und dieser Testreport in den kommenden Wochen aktualisiert.

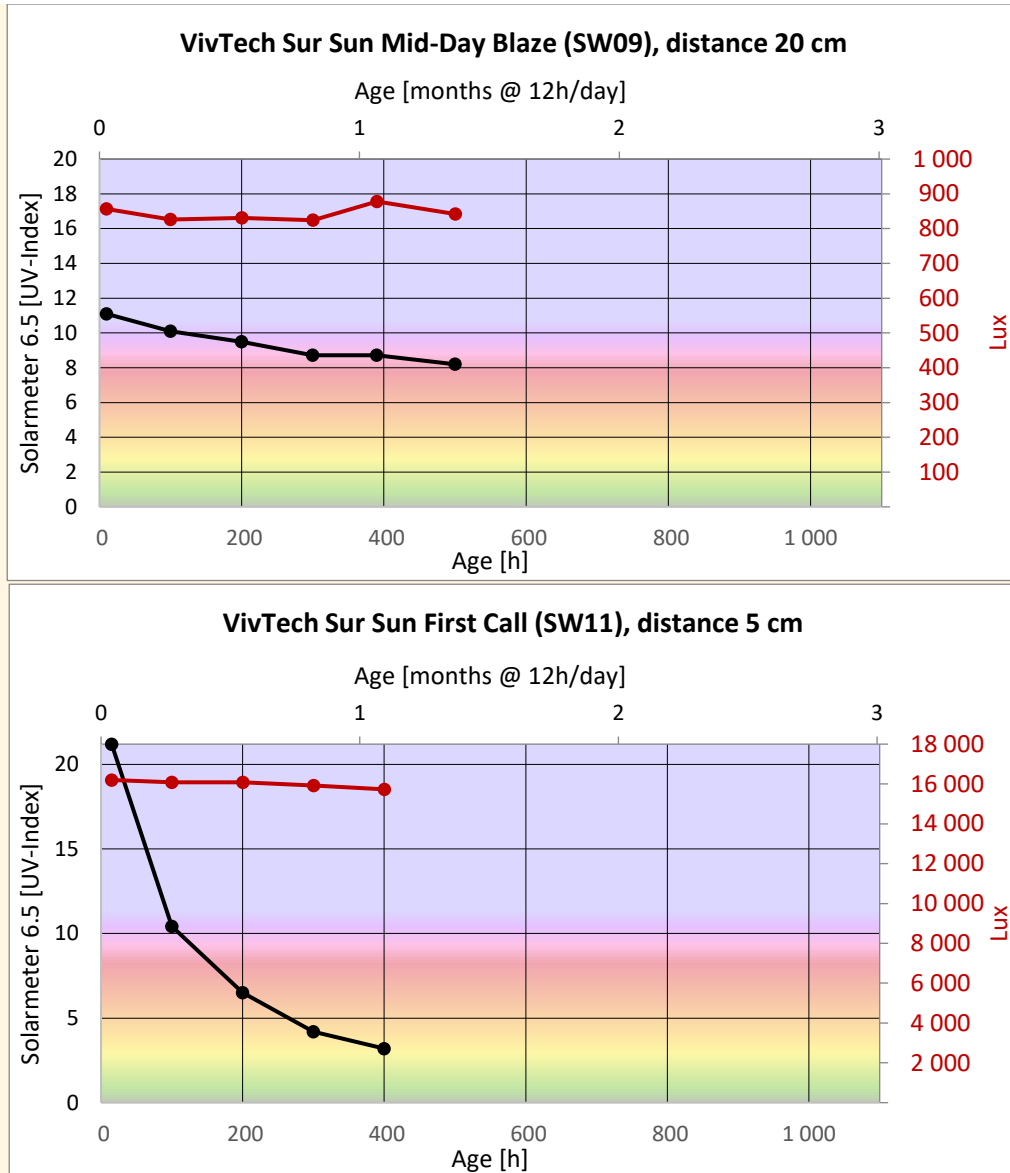
Alle Messungen wurden an 110 V Spannung nach mindestens einer Stunde Aufwärmzeit durchgeführt. Betrieb an 230 V zeigte kein anderes Ergebnis. Die Lampen wurden an 110 V betrieben, mit Ausnahme der Mid-Day Blaze (10-200h) und der First Call (15-100h), die kurzzeitig auch an 230V betrieben wurden.

Messungen bei VivTech selbst haben deutlich stabilere UV-Werte gezeigt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Betrieb am Spannungswandler oder eine spezielle Charge die Alterung mit verursacht haben.

During the first few hundred hours of operation one of the tested lamps lost power significantly. At this moment the test is still ongoing, and the report will be updated in the next weeks.

All measurements were done with 110 V operating voltage after at least one hour of warm-up. Operation with 230 V showed no different result. The lamps were operated at 110V with two short exceptions where the Mid-Day Blaze (10-200h) and the First Call (15-100h) were operated at 220 V.

Measurements by VivTech have shown much more stable UV readings. It can't be ruled out that the operation with a voltage transformer or this special batch might have added to the aging of the lamps.



## 8) 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.

## 9) 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.

## 8) 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.

## 9) Literature Cited

- Barnkob, L. L., Argyraki, A., Petersen, P. M. & Jakobsen, J. (2016) Investigation of the effect of UV-LED exposure conditions on the production of vitamin D in pig skin. *Food Chemistry*, 212 386–391.
- Bernard, J. B., Oftedal, O. T. & Ullrey, D. E. 1996. Idiosyncrasies of Vitamin D Metabolism in the Green Iguana (*Iguana iguana*). Paper read at Comparative Nutrition Society Symposium.
- Cusack, L., Rivera, S., Lock, B., Benboe, D., Brothers, D. & Divers, S. (2017) Effects of a light-emitting diode on the production of cholecalciferol and associated blood parameters in the bearded dragon (*pogona vitticeps*). *Journal of zoo and wildlife medicine*, 48 1120–1126.
- DIN 5031-10: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik: Photobiologisch wirksame Strahlung, Größen, Kurzzeichen und Wirkungsspektren. Mar 2000. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN 5031-10: Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 10: Photobiologically effective radiation, quantities, symbols and action spectra)
- 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).
- Dobbins, 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., Gehrman, 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.
- Holick, M. F. (2016) Biological Effects of Sunlight, Ultraviolet Radiation, Visible Light, Infrared Radiation and Vitamin D for Health. *Anticancer Research*, 36 1345–1356.
- Kalajian, T. A., Aldoukhi, A., Veronikis, T.J., Persons, K. & Holick, M. F. (2017) Ultraviolet B Light Emitting Diodes (LEDs) Are More Efficient and Effective in Producing Vitamin D3 in Human Skin Compared to Natural Sunlight. *Scientific Reports*, 7 11489.
- Kelber, A., Vorobyev, M. & Osorio, D. (2003) Animal colour vision - behavioural tests and physiological concepts. *Biological Reviews*, 78 81–118.
- Lindgren, J., Gehrman, 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.
- Morita, D., Nishida, Y., Higuchi, Y., Seki, T., Ikuta, K., Asano, H. & Ishiguro, N. (2016) Short-range ultraviolet irradiation with LED device effectively increases serum levels of 25(OH)D. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 164 256–263.
- Oonincx, D. G. A. B., Stevens, Y., van den Borne, J. J. G. C., van Leeuwen, J. P. T. M. & Hendriks, W. H. (2010) Effects of vitamin D3 supplementation and UVb exposure on the growth and plasma concentration of vitamin D3 metabolites in juvenile bearded dragons (*Pogona vitticeps*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 156 122–128.
- 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.
- Veronikis, A. J., Cevik, M. B., Allen, R. H., Shirvan, A., Sun, A., Persons, K. S. & Holick, M. F. (2020) Evaluation of a Ultraviolet B Light Emitting Diode (LED) for Producing Vitamin D3 in Human Skin. *Anticancer Research*, 719–722.
- Wei, Y., Zheng, W., Li, B., Tong, Q., Shi, H. & Li, X. (2020) Effects of B-Wave Ultraviolet Supplementation Using Light-Emitting Diodes on Caged Laying Hens during the Later Phase of the Laying Cycle. *Animals*, 10.
- Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm). (1997) *Health Physics*, 73 539–554.