

# Test-Report 08/2022

## Hobby UV Vital LED

### 1) Zusammenfassung

- Die Hobby UV Vital LED ist eine kleine E27 Reflektorlampe mit sichtbarer, UVA und UVB LEDs.
- Das UVB-Spektrum ist sehr besorgniserregend. Ich rate, die Lampe nicht zu verwenden.
- Die Strahlung ist auf den Wellenlängenbereich kleiner 300 nm konzentriert, die im natürlichen Sonnenlicht kaum vorkommt und starke Haut- und DNA-Schäden verursachen kann. Das Spektrum erinnert an Leuchtstofflampen, die um das Jahr 2007 mit vielen Verbrennungen bei Reptilien – insbesondere der Augen – assoziiert waren.
- Der für die Regulierung der Vitamin-D3-Bildung wichtige Wellenlängenbereich 310 nm bis 335 nm fehlt bei dieser Lampe fast vollständig. Sowohl die Theorie als auch Experimente mit ähnlichen Spektren legen hier ein sehr großes Risiko einer Vitamin-D3-Überdosierung nahe.

- Nach mündlicher Information plant Hobby als Reaktion auf diesen Test für das Produkt UV Vital LED einen Verkaufsstopp auszurufen.

1) Zusammenfassung .....	1	... Summary
2) Beschreibung der Lampe.....	1	... Lamp Description
3) Visuelle Lichtverteilung .....	2	... Visual Light Distribution
4) Temperatur .....	3	... Temperature
5) Elektrischer Verbrauch.....	3	... Power Consumption
6) Spektrale Messung.....	4	... Spectral Measurement
6a) Beurteilung des Gesamtspektrums .....	4	..... Review of the spectrum
6b) Für den Menschen sichtbares Spektrum.....	5	..... Spectrum visible to humans
6c) Für Reptilien sichtbares Spektrum .....	6	..... Spectrum visible to reptiles
6d) UV-Spektrum (Vitamin D3).....	6	..... UV Spectrum (vitamin D3)
6e) Blaulichtgefährdung.....	11	..... Blue Light Hazard
7) Intensitätsmessungen .....	12	... Intensity Measurements
7a) Maximale Bestrahlungsstärke in verschiedenen Abständen ...	13	..... Maximum irradiance in different distances
7b) Solarmeter-Verhältnis .....	13	..... Solarmeter Ratio
7c) Iso-Bestrahlungsstärke-Karte .....	14	..... Iso Irradiance Chart
8) Einschränkungen .....	14	... Limitations
9) Zitierte Literatur .....	15	... Literature cited

### Summary

- The Hobby UV Vital LED is a small E27 reflector lamp with visible, UVA and UVB LEDs.
- The UVB spectrum is of great concern. I advise not to use the lamp.
- The radiation is concentrated in the wavelength range below 300 nm, which is hardly present in natural sunlight and can cause severe skin and DNA damage. The spectrum reminds me of fluorescent lamps, which were associated with burns in reptiles, particularly their eyes, around 2007.
- The wavelength range 310 nm to 335 nm, which is important for the regulation of vitamin D3 synthesis, is almost completely absent in this lamp. Both theory and experiments with similar spectra suggest a very high risk of vitamin D3 overdose.

- According to verbal information, Hobby is planning to stop selling the UV Vital LED product as a reaction to this test.

### 2) Beschreibung der Lampe

Eine „Hobby UV Vital LED“ wurde von Thomas Michaelis (ambo-petshop.com) zur Verfügung gestellt. Die Lampe ist eine E27 Reflektor LED-Lampe mit 5 Einzel-LEDs (1 x sichtbar, 2 x UVA, 2 x UVB) und hat laut Hersteller 3 Watt, 30° Abstrahlwinkel, 7.977 Kelvin, Ra 73,5. Die Helligkeit (Lumen) ist nur auf der [Hobby-Webseite](#) mit 33,70 lm angegeben. Die Lebensdauer ist mit 8.000 Stunden angegeben (was deutlich weniger ist als die 40.000 Stunden, mit denen andere UVB-LED-Lampen beworben werden). Die Lampe wird intern (auch in der Messdatenbank) unter der Bezeichnung SW30 ([Link](#)) geführt.

### Lamp Description

One “Hobby UV Vital LED” was supplied by Thomas Michaelis (ambo-petshop.com). The lamp is E27 reflector LED lamp with five individual LEDs (1 x visible, 2 x UVA, 2 x UVB), specified as 3 watts, CRI 73.5, CCT 7,977 Kelvin and 30° angle. The brightness is only specified on the [Hobby-Webseite](#) with 33.70 lm. The live span is specified as 8,000 h (which is significantly shorter than the 40,000 h advertised for other UVB-LED-lamps). The lamp was given reference number SW30 and is also listed in the database ([link](#)).

33,70 lm bei 3 W Stromverbrauch entsprechen 11,23 lm/W, was gering, aber realistisch ist, da nur einer der 5 LEDs Licht im sichtbaren Bereich abstrahlt und nur 85% der Gesamt-Strahlungsleistung im sichtbaren Bereich liegt.

33.70 lm at 3 W power consumption corresponds to 11.23 lm/W, which is low but realistic since only one of the 5 LEDs emits light in the visible range and only 85% of the total radiant power is in the visible range.



**UV-B LED Leuchtmittel**

- 3 Watt LED mit UV-emittierendem Licht
- kompakte Größe, für kleinere Terrarien geeignet
- beugt Stoffwechselerkrankungen wie Rachitis vor
- geringe Wärmeabstrahlung dank besonders stromsparender LED-Technik
- 3 in 1: Hohe Licht-Abgabe, UV-A & UV-B aus einem Leuchtmittel
- für alle Standard E27 Fassungen geeignet
- kein Vorschaltgerät erforderlich
- ausgewogenes Verhältnis: UV-B Leistung : Stromverbrauch
- geprüfte Qualität, hohe Lebenserwartung von mehr als 8.000 Betriebsstunden, kWh/1.000 h: 3

**UV-B LED Illuminant**

- 3 Watt LED with UV-emitting light
- compact size, particularly suited for smaller terraria
- prevents metabolic disorders such as rickets
- extremely energy-efficient LED technology for low heat emission
- 3-in-1: High light, UV-A and UV-B emission in one illuminant
- suitable for all standard E27 sockets
- no ballast required
- balanced ratio: UV-B output : Power consumption
- tested quality and long service life of over 8,000 operating hours, kWh/1.000 h: 3

**UV Vital LED**

UV-B LED Leuchtmittel · UV-B LED Illuminant  
Lampadina LED agli UV-B · Ampoule LED UVB

	UV/A:	UV/B:	UV/I:	UV/C:
0 cm	21	54	11,5	0
5 cm	18	52	10,8	0
10 cm	14	33	6,1	0
15 cm	9	19	3,6	0
20 cm	6	10	1,8	0
25 cm	4	3	0,4	0
30 cm	2	0	0,1	0

Ausnahme von der EEK Kennzeichnungspflicht gemäß Anhang IV, 3 c) VO 2019/2015 (UV-Lampe für die Reptilienhaltung, nicht für andere Anwendungen geeignet. Exemption from EEK Subject to labelling according to Annex IV, 3 c) VO 2019/2015 (UV lamp for reptile husbandry, not suitable for other applications). Esenzione da EEK Con riserva di etichettatura secondo l'allegato IV, 3 c) VO 2019/2015 (lampada UV per l'allevamento di rettili, non adatta ad altre applicazioni). Exemption de l'EEK Sous réserve d'un étiquetage conforme à l'annexe IV, 3 c) VO 2019/2015 (lampe UV pour l'élevage de reptiles, ne convient pas pour d'autres applications).

RoHS 2011/65/EU CE E

Die Lampen haben dasselbe Gehäuse wie die September 2021 von mir getesteten Lampen der Marke „VivTech“, jedoch klar erkennbar andere LEDs.

The lamps have the same housing as the "VivTech" brand lamps I tested in September 2021, but clearly different LEDs.



### 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

### 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

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 sichtbare Licht ist sehr gleichmäßig verteilt. Die Lampe wirkt insgesamt sehr dunkel und das Licht unangenehm und blaustichig.

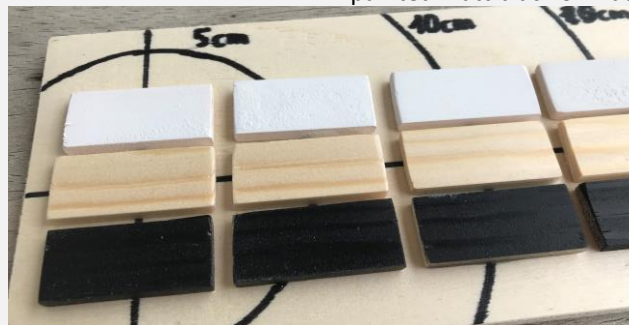
## 4) Temperatur

The temperature of the lamp is measured with a non-contact infrared thermometer (Etekcity Lasergrip 1080) gemessen. Dieses IR-Thermometer misst mit 8-14  $\mu\text{m}$  Wellenlänge und hat einen voreingestellten Emissionskoeffizienten von 0,95. 0,95 ist der korrekte Wert für eine Vielzahl von Oberflächen (Lehm, Holz, Asphalt, Keramik). Je stärker der reale Emissionskoeffizient abweicht, desto größer ist der Fehler in der angezeigten Temperatur. Im Extremfall bei Aluminium (Emissionskoeffizient 0,3) entspricht eine gemessene Temperatur von 100°C einer realen Temperatur von 255°C. Auch für Glas (Emissionskoeffizient 0.85) wird die Temperatur unterschätzt (z.B. 100°C statt 110°C).

Bei 28°C Umgebungstemperatur heizte sich das Lampengehäuse auf 47°C auf.

Die Wärmestrahlung der Lampe setzt sich meist aus sichtbarer Strahlung und Infrarotstrahlung zusammen. Sie führt zu einer unterschiedlichen Temperaturerhöhung je nach wie gut die einzelnen Wellenlängen von einem Objekt absorbiert werden. So werden weiße Gegenstände von sichtbarer Wärmestrahlung schlechter erwärmt als schwarze Gegenstände.

Die Wärmestrahlung wird durch Temperaturmessung (Etekcity Lasergrip 1080) an Holzklötzchen (4,5 cm x 2 cm x 0,5 cm) quantifiziert. Die Holzklötzchen sind unbehandelt bzw. matt schwarz oder matt weiß lackiert.



Wegen der geringen Leistung wurde keine Wärmestrahlung gemessen.

## 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.

Das Messgerät misst nur 1,8 W statt der angegebenen 3,0 W, jedoch ist die Messgenauigkeit bei so geringen Leistungen auch

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 visible light distribution is very homogenous. The impression of the light is quite dim, and the light has an unpleasant blueish cast.

## 4)Temperature

The temperature of the lamp is measured with a non-contact infrared thermometer (Etekcity Lasergrip 1080).

This IR thermometer measures at 8-14  $\mu\text{m}$  wavelength and has a pre-set emissivity of 0.95. 0.95 is the correct value for a large range of surfaces (clay, wood, asphalt, ceramic). The larger the difference in emissivity, the larger is the error in the temperature reading. An extreme case is aluminum (emissivity 0.3), where a measured temperature of 100°C corresponds to a real temperature of 255°C. Also, for glass (emissivity 0.85) the temperature is underestimated (e.g., 100°C instead of 110°C).

With 28°C surrounding temperature, the lamp housing heated up to 47°C.

The radiated heat from a lamp is usually a combination of visible and infrared radiation. Depending on how well the different wavelengths are absorbed by an object, the same radiation leads to a different increase in temperature. White objects are warmed up less by visible heat rays than black objects.

The thermal radiation is quantified by measuring the temperature (Etekcity Lasergrip 1080) of wooden blocks (4.5 cm x 2 cm x 0.5 cm). The wooden blocks are untreated or painted matt black or matt white.

Thermal radiation was not measured, due to low power.

## 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 meter only measures 1.8 W instead of the specified 3.0 W, but the measuring accuracy is also limited with such low

begrenzt. Im Rahmen der Messgenauigkeit stimmen die Daten mit den Herstellerangaben überein.

power. As far as measurement accuracy is concerned, the data agree with the manufacturer's specifications.

Spannung / voltage [V]	234
Leistung / power [W]	0,01
Strom / current [A]	1,8
Leistungsfaktor / Power factor	82

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

### 6a) Beurteilung des Gesamtspektrums

Das Spektrum wird relative zum ASTM Referenzsonnenspektrum gezeigt. Das ermöglicht den Vergleich des Lampenspektrums mit dem Spektrum von natürlichem Sonnenlicht. Sonnenlicht hat ein völlig kontinuierliches Spektrum ab ca. 295 nm.

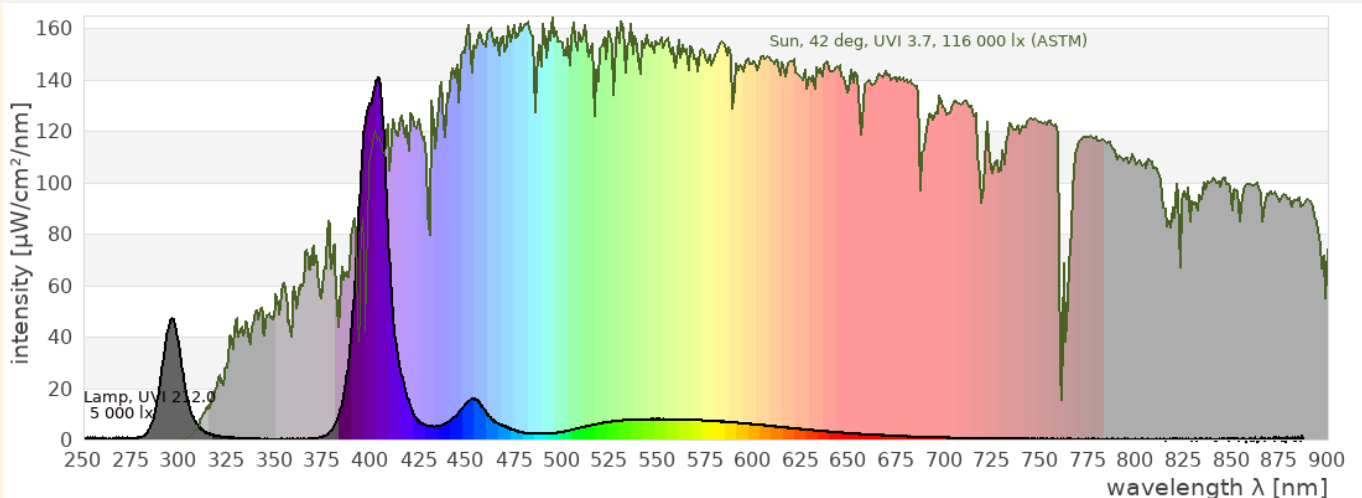
## Spectral Measurement

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.

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). 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.

### Review of the spectrum

The spectrum is shown relative to the ASTM solar reference spectrum. This enables comparison of the spectral power distribution of the lamp with that of natural sunlight. Natural sunlight has a completely continuous spectrum from a threshold around 295 nm.



	Lamp	ASTM Reference Sun
UVB (280 – 315 nm)	13,1%	0,1 %
UVA 1 (315 – 350 nm)	0,5%	1,3 %
UVA 2 (350 – 380 nm)	0,4%	1,9 %
VIS (380 – 780 nm)	85%	53 %
Full (250 – 880 nm)	100%	100 %
	10 cm	
UV Index	78,4	UVI 3,7
Lux	1850	116 000 lx

Das Spektrum im Bereich 420 – 800 nm ist typisch für eine weiße LED. Das Maximum bei 450 nm entsteht durch die blaue Primär-LED, der breite Hügel zwischen 500 und 700 nm entsteht durch den gelben Leuchtstoff.

The spectrum in the 420 – 800 nm range is typical for a white LED. The peak at 450 nm is caused by the blue primary LED, the broad peak between 500 and 700 nm is caused by the yellow phosphor.

Das Maximum bei 400 nm entsteht durch die beiden UVA-LEDs. Die Intensität dieser LED ist viel zu stark im Vergleich zur Intensität im sichtbaren Bereich.

The peak at 400 nm is caused by the two UVA LEDs. The intensity of this LED is way too strong compared to the intensity in the visible range.

Das Maximum bei 300 nm entsteht durch die beiden UVB-LEDs.

The peak at 300 nm is caused by the two UVB LEDs.

Das Maximum bei 800 nm aus der Produktgrafik konnte ich in meiner Messung nicht reproduzieren. Aus dem Aufbau der Lampe erkenne ich auch keine Quelle für Strahlung bei 800 nm. Möglicherweise handelt es sich um Messrauschen, das bei der Erstellung der Grafik fehlinterpretiert wurde.

I could not reproduce the peak at 800 nm from the product graphic in my measurement. From the structure of the lamp, I also do not see any source of radiation at 800 nm. It may be measurement noise that was misinterpreted when the graphic was created.

## 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.

Der Balkengraph zeigt, welche Lichtmenge von den drei Zapfen im menschlichen Auge wahrgenommen wird. Zum Vergleich ist auch hier das Sonnenspektrum und dessen Wirkung auf die Zapfen gezeigt.

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.

Der Farbort des Lichts ist nicht nahe genug am Planckschen Kurvenzug um die Voraussetzungen für die Berechnung des Farbwiedergabeindex (CRI / Ra) und der korrigierten Farbtemperatur (CCT) durch die Spektrometersoftware zu erfüllen. Dies wird durch den Eintrag:  $DC < 5.4E-3 = \text{FALSE}$  angezeigt. Trotzdem bietet die Software eine Schätzung auf der Grundlage der bereitgestellten Daten.

Das Licht wirkt auf mich unangenehm bläulich. Das entspricht auch der berechneten Farbwiedergabe und Farbtemperatur.

## 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 bar chart indicates the amount of light seen by the three cones in the human eye. For comparison also here the solar spectrum and its action on the three cones is shown.

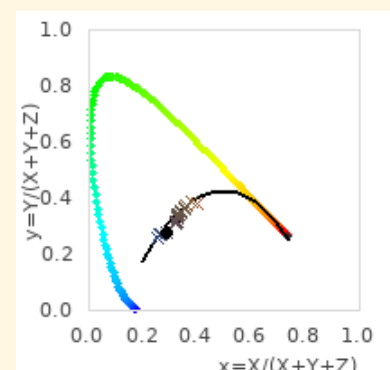
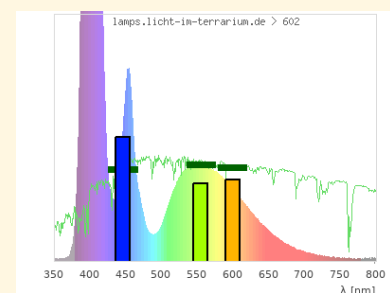
The spectrometer software “Ocean View” calculates the colour coordinate, correlated colour temperature and colour rendering indices based on that. They are valid for human colour vision only.

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.

The colour of the light is not quite close enough to the Planckian locus to be within the range required for accurate calculation of the Colour Rendering Index (CRI) and Corrected Colour Temperature (CCT) by the spectrometer software. This is indicated by the entry:  $DC < 5.4E-3 = \text{FALSE}$ . Even so, the software provides an estimate based upon the data provided.

The light gives a unpleasant blueish impression to me. This matches the calculated CRI and CCT.

(x,y)	(0,29 ; 0,28)
CCT [Kelvin]	9944K
CRI	75,5
R1 (light grayish red)	80,8
R2 (dark grayish yellow)	71,3
R3 (strong yellow green)	62,0
R4 (moderate yellowish green)	75,9
R5 (light bluish green)	82,4
R6 (light blue)	73,6
R7 (light violet)	76,8
R8 (light reddish purple)	80,9
R9 (strong red)	13,8
R10 (strong yellow)	29,0
R11 (strong green)	84,8
R12 (strong blue)	61,6
R13 (light yellowish pink, human complexion)	68,8
R14 (moderate olive green)	76,1
R15 (Japanese complexion)	73,4
$DC < 5.4E-3$	false

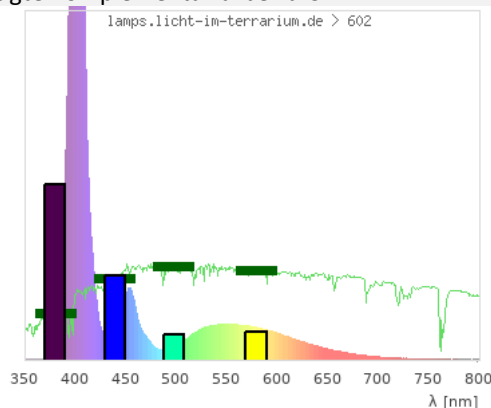


## 6c) Für Reptilien sichtbares Spektrum

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 je 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 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. Nur sehr wenige Lampen bilden den sichtbaren Spektralbereich für Reptilien sonnenähnlich nach. Das sind manche Metallhalogeniddampflampen ohne UVB und sehr wenige Vollspektrum-Leuchtstofflampen. Die meisten UVB-Metallhalogeniddampflampen haben einen zu hohen UVA-Anteil, die meisten Leuchtstoffröhren einen zu geringen UVA-Anteil. Sie haben aus Reptiliensicht einen Farbstich (UVA oder Komplementärfarbe zu UVA). LEDs ohne UVA haben aus Reptiliensicht die gesättigte Komplementärfarbe zu UVA.



Aus Reptiliensicht ist die Intensität im blauen Bereich und UVA viel zu stark. Insbesondere die UVA-LEDs sind viel zu intensiv. Die LED wird aus Reptiliensicht eine starke UVA-Färbung haben.

## 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 7DH umzuwandeln. Gleichzeitig hat die UV-Strahlung aber auch zellschädigende

## Spectrum visible to reptiles

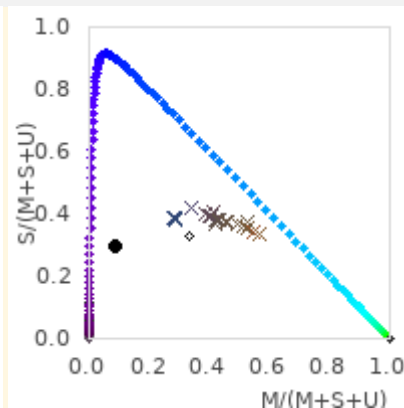
While humans have three photo receptors (blue, green, orange/red), reptiles have three (uva, blue, green) or four (uva, blue, green, red). The colour vision of reptiles therefore differs fundamentally from the colour vision of humans. Especially the UVA range is necessary so that all photo receptors 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 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.

Only very few lamps the visible spectral range for reptiles in a sun-like manner. These are some metal halide lamps without UVB and very few full spectrum fluorescent lamps. Most UVB metal halide vapor lamps emit too much UVA, most fluorescent tubes not enough UVA. From a reptile's perspective, they have a color cast (UVA or complementary color to UVA). From the reptile point of view, LEDs without UVA have the saturated complementary color to UVA.



From a reptile's perspective, the intensity in the blue range and UVA is far too strong. The UVA LEDs in particular are far too intense. The LED will have strong UVA staining from a reptile perspective.

## 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.

Wirkung. Die Zellschädigende Wirkung nimmt mit kürzerer Wellenlänge zu.

Bei der Abwägung zwischen positiven und negativen Eigenschaften der UV-Strahlung erscheint es mir am sinnvollsten auf eine große Ähnlichkeit zum Sonnenspektrum zu achten. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass die Evolution die Mechanismen zum Schutz vor UV-Strahlung als auch die Nutzen aus der UV-Strahlung für dieses Spektrum perfekt optimiert hat. 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:

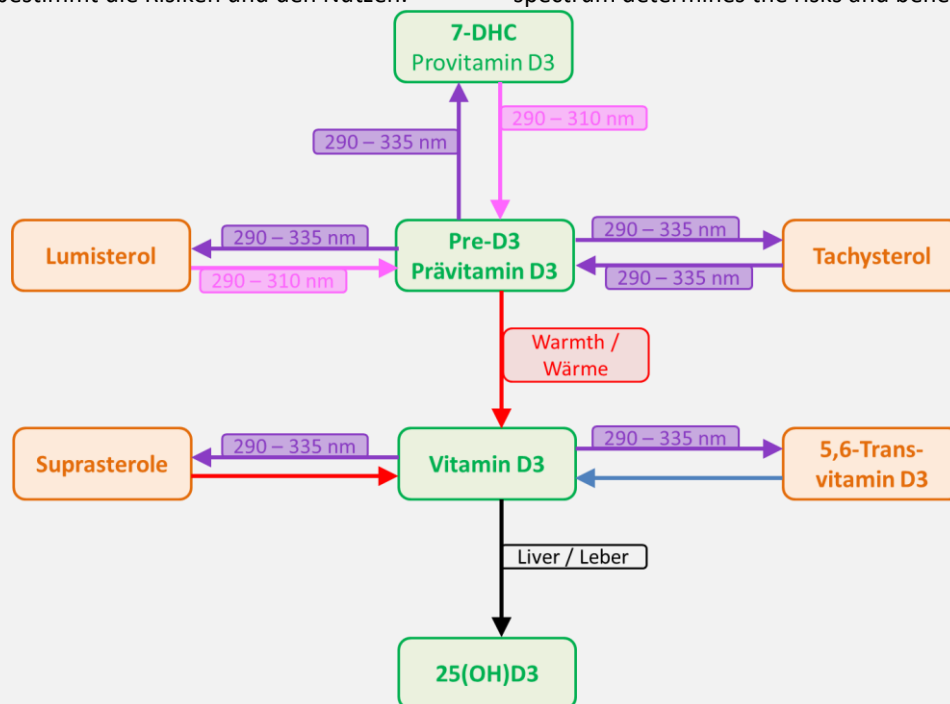
- — Sonnenspektrum bei 20° Sonnenstand (UV-Index 1,0)
- — Sonnenspektrum bei 50° Sonnenstand (UV-Index 7,6)
- — Sonnenspektrum bei 85° Sonnenstand (UV-Index 14,7)
- — Wirkspektrum für die DNA-Schädigung (Setlow1974, DIN 5031-10), die Wirkspektren für andere schädigende Auswirkungen von UV-Strahlung, wie Photo-Kerato-Konjunktivitis sind ähnlich.
- — Wirkspektrum für die Vitamin-D3-Bildung (MacLaughlin1982, DIN 5031-10)

Das Ausmaß, in dem das UV-Spektrum der Lampe unter jedes Wirkspektrum fällt, bestimmt die Risiken und den Nutzen.

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. This is based on the assumption that evolution will have optimized the protection strategies against UV and the benefits from UV perfectly for 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)
- — Solar spectrum for 50° solar altitude (UV index 7.6)
- — Solar spectrum for 85° solar altitude (UV index 14.7)
- — Action spectrum for DNA damage (Setlow1974, DIN 5031-10), the action spectra for other damaging effects of UV radiation, such as photo-kerato-conjunctivitis, are similar to this one.
- — Action spectrum for Vitamin D3 production (MacLaughlin1982, DIN 5031-10)

The extent to which each UV spectrum falls under each action spectrum determines the risks and benefits.



Das einfache Bild der Vitamin D3 Bildung in der Haut ist folgendermaßen: UVB wird benötigt, um 7-DHC in der Haut in Prävitamin D3 umzuwandeln. Dann wandelt Wärme das Prävitamin D3 in Vitamin D3 um. Das Vitamin-D3-bindenden Protein (DBP) bindet an die Vitamin D3 Moleküle und trägt sie in den Blutkreislauf.

Aber das ist eine starke Vereinfachung. Wie in einem wegweisenden Artikel von MacLaughlin et al. (1982) gezeigt wurde, ist die Bildung von Vitamin D3 ein komplexer Prozess: Vier Photoprodukte bilden ein Gleichgewicht, deren Menge von der Form des UV-Spektrums abhängen, das die Haut erreicht.

The simple picture of Vitamin D3 production in the skin is as follows: UVB is needed to convert the 7-DHC in the skin into pre-D3. Then warmth converts pre-D3 into vitamin D3. Vitamin D3-binding protein (DBP) attaches to the vitamin D3 molecule and the pair are carried into the bloodstream.

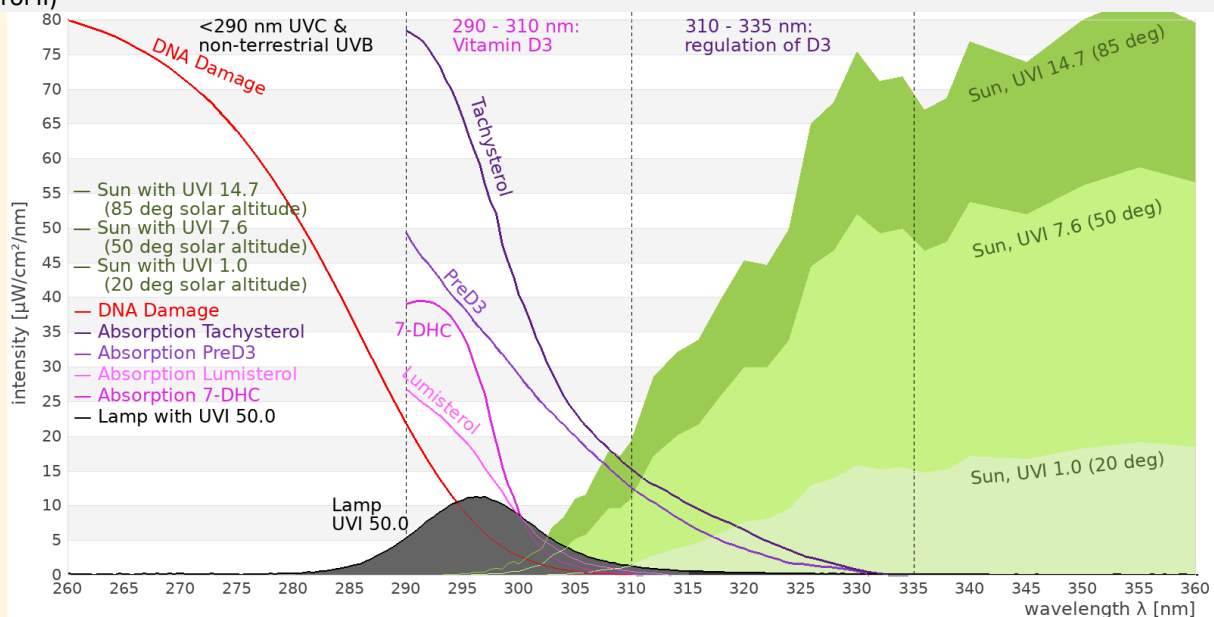
But this is a great simplification. As shown in a key paper by MacLaughlin et al. (1982), Vitamin D3 synthesis is a complex process: Four photoproducts form an equilibrium, the amounts of each depending on the nature of the UV spectrum reaching the skin. Only wavelengths below 320nm – and

Nur Wellenlängen unter 320 nm – und ganz besonders die unter 310 nm – wandeln 7-DHC-Moleküle in Prävitamin D3 um. Prävitamin D3 kann dann aber auch wieder in 7-DHC oder in Lumisterol oder Tachysterol umgewandelt werden, indem es UV im Bereich unter 335 nm absorbiert. Die längeren Wellenlängen (310 – 335 nm) begrenzen die Menge an Prävitamin D3 und damit Vitamin D3, die in der Haut gebildet werden kann. Diese Wellenlängen wirken im System als „Bremsen“ oder „Puffer“. Und Sonnenlicht, wofür dieser Prozess evolutionär optimiert wurde, hat im Bereich 310 – 335 nm eine vielfach höhere Intensität als im Bereich 290 – 310 nm.

Es gibt darüber hinaus sogar eine Ausfallsicherung, um überschüssiges Vitamin D3 zu entfernen, wenn sich so viel in der Haut ansammelt, dass DBP es nicht mehr entfernen kann. Webb et al. (1989) fanden heraus, dass Wellenlängen bis zu 330 nm das in der Haut verbleibende Vitamin D3 abbauen und in inerte Moleküle umwandelt (5,6-Trans-Vitamin-D3, Suprasterol I und Suprasterol II)

especially those below 310nm – transform molecules of 7-DHC into preD3. But then pre-D3 can also be converted back to 7-DHC or to Lumisterol or Tachysterol by absorbing UV in the range below 335 nm. All four of these molecules are constantly converted one into another and back again. The longer wavelengths (310 – 335 nm) limit the amount of pre-D3 and thus Vitamin D3 that can be produced in the skin. These wavelengths act as a “brake” or “buffer” in the system. And sunlight has many times more intensity in the range 310 – 335 nm than in the range 290 – 310 nm.

There is even a “back-up” process to remove any excess vitamin D3 if too much of this starts to accumulate for the DBP to take it away. Webb et al. (1989) found that wavelengths up to 330nm would degrade vitamin D3 remaining in skin, breaking it down into inert metabolites (5,6-transvitamin D3, suprasterol I, and suprasterol II).



Die Grafik zeigt:

- Die Lampe strahlt gefährliches nicht-terrestrisches UVB ab.
- Der Hauptteil der Strahlung ist unterhalb von 300 nm. Das Risiko von DNA-Schädigung ist daher deutlich größer als bei natürlichem Sonnenlicht.
- Es ist Strahlung im Wellenlängenbereich vorhanden, durch den Vitamin D3 in der Haut gebildet wird (290 – 315 nm).
- Es ist keine(!) Strahlung im Wellenlängenbereich vorhanden, durch den die Vitamin D3 Bildung reguliert wird (310 – 335 nm). Diese Lampe wird bei gleichem UV-Index eine stärkere Vitamin-D3-Bildung anregen als natürliches Sonnenlicht. Es besteht das Risiko einer Vitamin-D3-Überdosierung.

Das UV-Spektrum dieser Lampe ist extrem besorgniserregend aus zwei Gründen:

- (1) Die Lampe wird voraussichtlich zu einer Überdosierung von Vitamin D3 führen, da die Wellenlängen zur Regulierung der Vitamin-D3-Bildung (310 – 335 nm) fehlen.
- (2) Die Lampe wird voraussichtlich zu Haut- und DNA-Schäden führen, da ein großer Anteil nicht-terrestrischer UVB-Strahlung (<290 nm) vorhanden ist.

Zu (1): Ich erwarte, dass diese LED einen größeren Anteil von 7DHC in Prävitamin-D3 umwandeln wird als das Sonnenlicht.

The graph shows:

- The lamp does emit hazardous UVB in the non-terrestrial UVB wavelengths.
- The main part of its output is below 300nm. The risk of DNA damage is therefore much greater than for natural sunlight.
- There is UVB in the wavelengths which enable vitamin D3 synthesis in skin (290 – 315 nm).
- There is no(!) UV in the wavelengths which regulate the vitamin D3 synthesis in skin (310 – 335 nm). This lamp will enable stronger Vitamin D3 synthesis than natural sunlight at the same UV-index. There is a risk of Vitamin-D3 overdose.

The UV spectrum of this lamp is of extreme concern for two reasons:

- (1) The lamp is expected to lead to an overdose of vitamin D3 due to the lack of wavelengths to regulate vitamin D3 formation (310-335 nm).
- (2) The lamp is expected to cause skin and DNA damage due to the presence of a large proportion of non-terrestrial UVB radiation (<290 nm).

Add (1): I expect that this LED will convert a larger amount of 7DHC to previtamin D3 than sunlight. This expectation is not



Diese Erwartung stützt sich nicht nur auf die oben 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, Oonincx 2010).

2017 bestrahlten Cusack et al. Bartagamen sowohl mit einer Leuchtstofflampe mit UV-Index 0,92, als auch mit einem Prototypen einer ZooMed UVB LED mit UV-Index 0,24 bestrahlt. Im Vergleich zum empfohlenen UV-Index für Bartagamen (3-7) war der UV-Index also extrem gering. Die Leuchtstofflampe erhöhte erwartungsgemäß den Vitamin-D3-Blutspiegel kaum. Bei der UVB-LED stiegen die Blutwerte über die 11 Monate Studiendauer kontinuierlich auf hohe Werte an. 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 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) 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, Kalajian2017, Veronikis2020). Ich habe allerdings noch keine vertiefte Analyse der Abwägung der verschiedenen Effekte gesehen. Die Tatsache,

only based on the theory described above 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 % lumisterol, 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, Oonincx 2010).

In 2017, Cusack et al. irradiated bearded with either a fluorescent lamp with a UV index of 0.92 or with a prototype of a ZooMed UVB LED with a UV index of 0.24. So compared to the recommended UV index for bearded dragons (3-7), the UV index was extremely low. As expected, the fluorescent lamp hardly increased the vitamin D3 blood levels. With the UVB-LED, the blood levels rose continuously to high values over the 11-month study period. Although the lamp even combined LEDs with a maximum wavelength of 300, 310, 320 and 350 nm, so most likely it has a less concentrated UV spectrum (unfortunately, the spectrum is not specified in the article).

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 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) will not only lower the costs and power consumption of a UV lamp, but also reduce the risks for adverse effects (Barnkob2016, Morita2016, Kalajian2017, 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

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).

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. Selbst bei der Anwendung als Therapielampe muss zunächst in größeren Tierstudien untersucht werden, ob die langfristige Anwendung dieses Spektrums sicher ist und welcher UV-Index und welche Bestrahlungsstärke in diesem Spezialfall empfehlenswert sind (siehe dazu auch Baines2021).

Zu (2):

Um 2007 häuften sich Fälle von Bindehautentzündung und Verbrennungen der Hornhaut des Auges bei Reptilien (Baines2010). Alle Fälle traten auf, kurz nachdem eine neue UV-Kompaktleuchtstofflampe oder UV-Leuchtstoffröhre angebracht wurde. Messungen mit dem Solarmeter 6.2 (UVB) zeigten normale bis niedrige UVB-Werte. Alle betroffenen Lampen hatten ein Spektrum das einen deutlichen Anteil nicht-terrestrischer UVB-Strahlung mit Wellenlängen kleiner 290 nm enthielt. Ein großer Teil der Strahlung hatte eine sehr kurze Wellenlänge kleiner als 300 nm. Im Gegensatz dazu hat das Sonnenlicht nahezu keine Strahlung mit Wellenlänge kleiner 300 nm und auch gute Leuchtstofflampen, bei denen nie solche Verbrennungen beobachtet wurden, sind dem Sonnenspektrum sehr ähnlich.

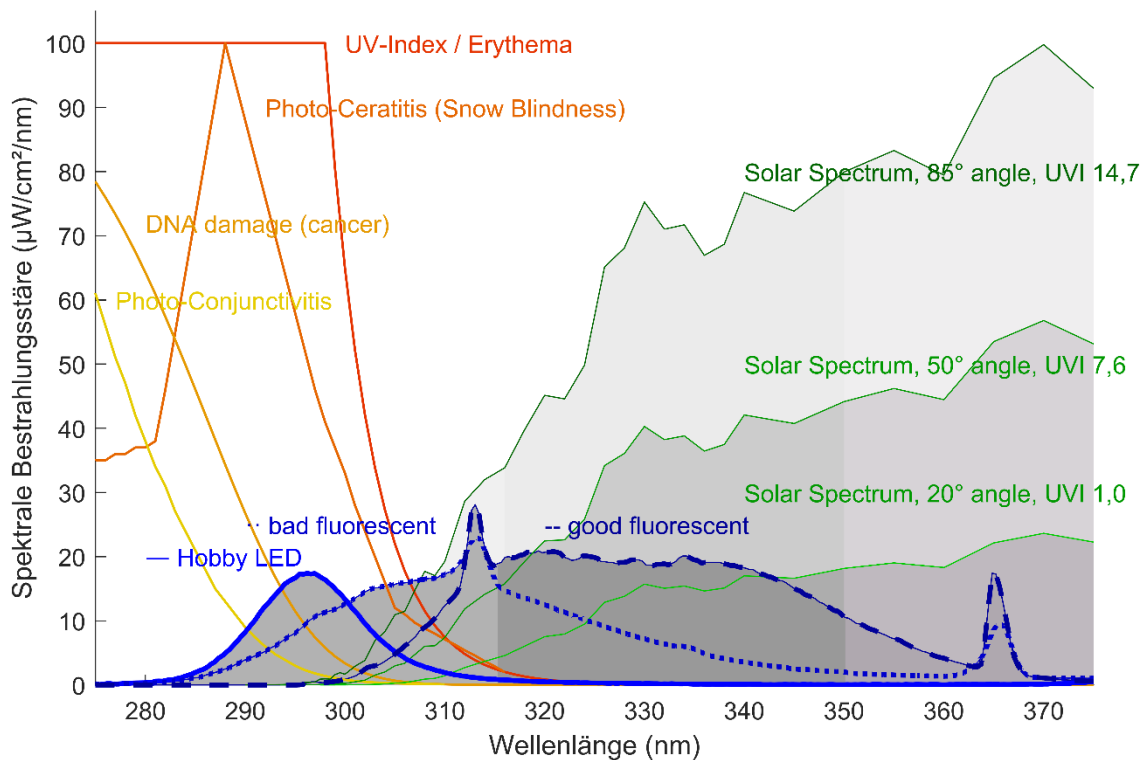
produces more vitamin D3 than a LED with peak wavelength 305 nm shows clearly, that total dose is not a good predictor for biological effects. Some negative effects of UV (DNA damage, erythema, photoconjunctivitis, ...) have a very high sensitivity towards short wavelength UVB and UVC (DIN 5031-10). 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).

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. Even when used as a therapy lamp, larger animal studies must first be carried out to determine whether the long-term use of this spectrum is safe and which UV index and which irradiance are recommended in this special case (see also Baines2021).

Add (2):

Around 2007, cases of conjunctivitis and burns of the cornea of the eye in reptiles were increasing (Baines2010). All cases occurred shortly after a new UV compact fluorescent lamp or UV fluorescent tube was installed. Measurements with the Solarmeter 6.2 (UVB) showed normal to low UVB values. All affected lamps had a spectrum that contained a significant proportion of non-terrestrial UVB radiation with wavelengths of less than 290 nm. A large part of the radiation had a very short wavelength of less than 300 nm. In contrast, sunlight has almost no radiation with a wavelength of less than 300 nm, and even good fluorescent lamps, where such burns have never been observed, are very similar to the solar spectrum.



Die spektralen Wirkfunktionen für Sonnenbrand (UV-Erythem, UV-Index), Photokeratitis (Schneebblindheit), DNA-Schädigung und Photoconjunctivitis (UV-bedingte Bindehautentzündung des Auges) sind bekannt. Je kürzer die Wellenlänge ist, desto stärker ist die schädigende Wirkung der UV-Strahlung.

Die Beobachtung, welche Lampen um 2007 zu UV-Verbrennungen bei Reptilien führten, das gemessene Spektrum dieser Lampen und die bekannten spektralen Wirkfunktionen passen perfekt zusammen.

Die hier vorliegende Hobby UV Vital LED hat ein ähnliches UV-Spektrum wie die damals betroffenen UV-Leuchtstofflampen. Die Intensität bei der Hobby UV Vital LED ist sogar noch stärker auf die kurzen, nicht-terrestrischen Wellenlängen konzentriert. Ich sehe bei dieser Lampe ein sehr hohes Risiko, dass ähnliche Augenverbrennungen verursacht werden, wie um 2007 bei verschiedenen Leuchtstofflampen, insbesondere dann, wenn die Lampe in den kurzen Abständen eingesetzt wird, die die Tabelle auf der Verpackung vorschlägt.

Als „Glück im Unglück“ wäre es denkbar, dass die enorm intensive UVA-Strahlung, die für Reptilien sichtbar ist, dazu führt, dass die Tiere der Lampe ausweichen.

Als Fazit rate ich aufgrund des Spektrums dazu, die Lampe nicht bei Reptilien einzusetzen.

## 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. Bei mittlerem Sonnenlicht beträgt das Verhältnis von effektiver Bestrahlungsstärke für Photoretinitis zu Beleuchtungsstärke ca. 80 µW/cm² pro 1.000 lux, steigt aber im Schatten durch das

The action spectra of sunburn (UV erythema, UV index), photokeratitis (snow blindness), DNA damage and photoconjunctivitis (UV-induced conjunctivitis of the eye) are known. The shorter the wavelength, the stronger the damaging effect of UV radiation.

The observation of which lamps led to UV burns in reptiles around 2007, the measured spectrum of these lamps and the known spectral active functions fit together perfectly.

The Hobby UV Vital LED presented here has a UV spectrum similar to the UV fluorescent lamps that were affected at the time. The intensity of the Hobby UV Vital LED is even more concentrated in the short, non-terrestrial wavelengths. I see this lamp as having a very high risk of causing eye burns similar to those caused by various fluorescent lamps around 2007, particularly when the lamp is used at the close intervals suggested by the table on the packaging.

As a "luck in misfortune" it could be the case that the enormously intense UVA radiation that is visible to reptiles causes the animals to keep a distance to the lamp.

In conclusion, I advise not using the lamp for reptiles due to the spectrum.

## 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 average sunlight, the ratio of the effective irradiance for photo retinitis to illuminance is approximately 80 µW/cm² per 1,000 lux, but can rise to 130 µW/cm² per 1,000 lux in the shade due to the

blaue Himmelslicht auf  $130 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  pro 1.000 lx an. Bei Halogen-Glühlampen ist der Wert ca.  $25 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  pro 1.000 lux. Werte bis  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  pro 1.000 lux halte ich im Terraristik-Kontext für unproblematisch. Für eine vollständige Beurteilung der Blaulichtgefährdung muss auch die Leuchtdichte der einbezogen werden, was mir messtechnisch nicht möglich ist.

Das Verhältnis beträgt  $197 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  pro 1.000 lux. Ursache ist die extrem intensive UVA LED. Ich halte diese Lampe auch aus dieser Sicht für besorgniserregend.

## 7) Intensitätsmessungen

Intensitätsmessungen werden mit Breitbandmessgeräten durchgeführt. Gegenüber dem Spektrometer sind sie einfacher in der Anwendung und haben ein robustes Signal-zu-Rausch-Verhältnis und sind einfach in der Anwendung. Sie eignen sich daher gut, die räumliche Verteilung der UV-Strahlung und die Alterung der Lampen zu messen.

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.

Zum Vergleich: direkte Messungen des Sonnenlichts nur fünf Minuten nach Sonnenaufgang erreichen 3.000 – 5.000 Lux. Bei klarem Wetter werden mittags oft Werte von 120.000 bis 150.000 Lux beobachtet.

- Die UV-Bestrahlungsstärke wird mit Solarmeter UV-Radiometern gemessen. Diese Messgeräte haben sich in den letzten Jahren aufgrund des Preis-Leistungs-Verhältnisses durchgesetzt und werden von zahlreichen Terrarianern aber auch in der Wissenschaft und Feldforschung eingesetzt (Ferguson2009, Dobbinson2016, Lindgreen2008). UV-Index-Werte im Jahres- und Tagesverlauf sind häufig aus dem Wetterbericht bekannt.
- 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.

blue light from the sky. Halogen lights have a ratio of approximately  $25 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  per 1,000 lux. I consider ratios up to  $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  in the context of reptile husbandry as non-problematic. For a full evaluation of the blue light hazards also the luminance must be taken into account, which is not possible with my measurement equipment.

The ratio is  $197 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  per 1,000 lux. The cause is the extremely intensive UVA LED. I also consider this lamp to be worrying from this point of view.

## Intensity measurements

Intensity measurements are performed using broadband meters. Compared to the spectrometer, these are easier to use and 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.

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.

For comparison, direct solar readings only five minutes after sunrise reach 3,000 – 5,000 lux. In clear weather, mid-day direct solar readings of 120,000 to 150,000 lux are often seen.

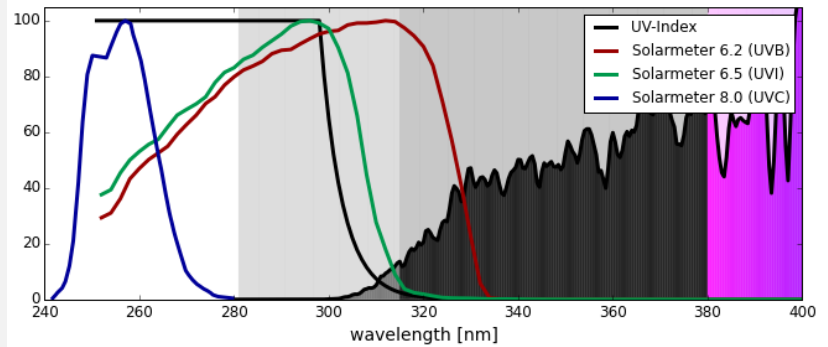
The irradiance of UV light is measured with Solarmeter UV broadband meters. These broadband meters have become widely accepted within reptile keepers and scientific research due to their cost-performance ratio (Ferguson2009, Dobbinson2016, Lindgreen2008). UV-Index values of natural sunlight are often known from weather forecasts.

- 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.

## 7a) Maximale Bestrahlungsstärke in verschiedenen Abständen



## Maximum irradiance in different distances



Age [h]	5											
Distance [cm]	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	
Luxmeter [lx]	2.007	988	581	385	271	164	108	77	59	45	37	
Solarmeter 6.2 UVB [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	440	212	123	82	58	33	21	15	11	9	7	
Solarmeter 6.5 UVI	60,2	29,7	17,2	11,5	8,1	4,6	3	2,1	1,5	1,2	0,9	
Solarmeter 8.0 UVC [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	0											

Der gemessene UV-Index ist enorm hoch. Ignoriert man, dass die Lampe aufgrund des Spektrums ungeeignet ist, wäre sie erst ab einem Abstand von 35 cm in der Terraristik nutzbar.

Insbesondere ist die Lampe deutlich intensiver als auf der Verpackung angegeben. Dort wird in 10 cm Abstand ein UV-Index von 6,1 angegeben. Das Solarmeter zeigt einen 10 mal höheren UV-Index (60,2).

Das Solarmeter 8.0 bestätigt die Messung des Spektrometers: Auch direkt am Glas ist kein UVC messbar.

The measured UV index is extremely high. If one ignores that the lamp is unsuitable due to the spectrum, it could only be used in terrariums from a distance of 35 cm onwards. In particular, the lamp is significantly more intense than stated on the packaging. A UV index of 6.1 is specified there at a distance of 10 cm. The solar meter shows a UV index that is 10 times higher (60.2).

The Solarmeter 8.0 confirms the spectrometer measurement: Even directly at the glass no UVC could be detected.

## 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.

Aufgrund der Fertigungstoleranzen variieren die Solarmeter-Verhältnisse, die aus unterschieden Messgeräten berechnet werden. Ich weiß, dass mein Solarmeter 6.5 vergleichsweise kleine Messwerte für Lampen mit nur kurzwelliger UVB Strahlung (UVB-LEDs) liefert.

## 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  $<15$ .

Due to production tolerances the Solarmeter ratios calculated from different meters vary. I know that my Solarmeter 6.5 gives comparably low readings for lamps with only short wavelength UVB emission (UVB LEDs).

Das Solarmeter-Verhältnis ist 7, was extrem klein ist. Das stimmt mit der Spektrometer-Messung überein, die sehr kurzwellige UVB-Strahlung zeigt.

### 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.

Die räumliche Verteilung des UV-Index wurde nicht gemessen. Ich gehe davon aus, dass diese Lampe – wie alle anderen UVB-LED-Lampen – einen Sonnenplatz erzeugt, der groß im Vergleich zur Größe der Lampe ist.

## 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. Ich bin dankbar für Feedback.

The Solarmeter ratio is 27, which is very low. This agrees with the spectrometer measurement, where short wavelength UVB is seen.

### 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.



The spatial distribution of the UV index was not measured. I assume that the lamps – like all other UVB LED lamps – provides a basking zone that is large compared to the size of the lamp.

## 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. I am open to feedback.

## 9) Zitierte Literatur

## Literature Cited

- Baines, F. M. (2010). Photo-Kerato-Conjunctivitis in Reptiles. 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.
- Baines, F. M. (2021). Vitamin D3 Synthesis: A self-limiting process in natural sunlight.
- 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.
- 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., 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.