

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 03/2024

ZooCute Mini Halogen

1) Zusammenfassung

- Die ZooCute MiniHalogen ähnelt der ReptileSystems Eco Halogen: Beides sind kleine Halogenbirnchen mit G9 Sockel, die in einem hochwertigen Aluminiumreflektor betrieben werden. So können nur die kleinen Birnchen ausgetauscht werden und Kosten und Müll reduziert werden.
- Anders als die ReptileSystems Eco Halogen, hat die ZooCute MiniHalogen kein Frontglas. Es gibt jedoch eine Variante mit Schutzgitter, so dass keine Tiere das Halogenbirnchen erreichen können.
- Das fehlende Frontglas hat zwei Nachteile: (1) Die Strahlung ist weniger homogen verteilt und stärker gebündelt. (2) Die Lampe strahlt kürzere Wellenlängen ab als andere Glüh- und Halogenleuchtampen.
- Die emittierte UV-Strahlung der ZooCute MiniHalogen hat ein Solarmeter-Verhältnis von 11 (siehe 8a). Das zeigt klar, dass das Spektrum wenig sonnenähnlich ist mit mehr kurzweiliger Strahlung und weniger langweiliger UVB/A-Strahlung.
- Es fällt mir schwer, einzuschätzen, ob die UV-Strahlung gefährlich ist. In einem normalen Anwendungsabstand (> 25 cm Abstand bei 50W) ist mit dem Solarmeter keine UV-Strahlung mehr nachweisbar. Jedoch birgt das kurzwellige Spektrum grundsätzlich die Gefahr von Zellschäden, die sich auch bei geringer Intensität über einen langen Zeitraum akkumulieren können. Solche Schäden wurden bei Halogenlampen mit hoher Wolfram-Temperatur und ggfs. Infrarotfilter in der Medizin bereits beobachtet (Bloom1996, Klein2009, DeFlora1992, D'Agostini1999, MacKinlay1989).
- Um bezüglich der UV-Strahlung absolut sicher zu sein aber auch wegen der räumlichen Verteilung der Strahlung halte ich ein strukturiertes Frontglas für sinnvoll.
- Bloom, E., Cleaver, J., Sayre, R., Maibach, H., & Polansky, J. (1996). Halogen lamp phototoxicity. *Dermatology*, 193(3), 207–211.
- Klein, R. S., Sayre, R. M., Dowdy, J. C., & Werth, V. P. (2009). The risk of ultraviolet radiation exposure from indoor lamps in lupus erythematosus. *Autoimmunity Reviews*, 8(4), 320–324.
- De Flora, S., & D'Agostini, F. (1992). Halogen lamp carcinogenicity. *Nature*, 356(569).
- D'Agostini, F., Caimo, A., De Filippi, S., & De Flora, S. (1999). Induction and prevention of micronuclei and chromosomal aberrations in cultured human lymphocytes exposed to the light of halogen tungsten lamps. *Mutagenesis*, 14(4), 433–436.
- MacKinlay, A. F., Whillock, J., & Meulemans, C. C. E. (1989). Ultraviolet radiation and blue-light emissions from spotlights incorporating tungsten halogen lamps. National Radiological Protection Board.

Summary

- The ZooCute MiniHalogen is similar to the ReptileSystems Eco Halogen: Both are small halogen bulbs with a G9 base that are operated in a high-quality aluminum reflector. This means that only the small bulbs can be replaced, reducing costs and waste.
- Unlike the ReptileSystems Eco Halogen, the ZooCute MiniHalogen does not have a front glass. However, there is a variant with a protective grille so that no animals can reach the halogen bulb.
- The lack of front glass has two disadvantages: (1) The radiation is less homogeneously distributed and more concentrated. (2) The lamp emits shorter wavelengths than other incandescent and halogen bulbs.
- The UV radiation emitted by the ZooCute MiniHalogen has a solar meter ratio of 11 (see 8a). This clearly shows that the spectrum is not very similar to sunlight with more short-wave radiation and less long-wave UVB/A radiation.
- I find it difficult to assess whether UV radiation is dangerous. At a normal application distance (> 25 cm distance at 50W) the UV radiation can no longer be detected with the solar meter. However, the short-wave spectrum fundamentally carries the risk of cell damage, which can accumulate over a long period of time even at low intensity. Such damage has already been observed in halogen lamps with high tungsten temperatures and possibly infrared filters in medicine (Bloom1996, Klein2009, DeFlora1992, D'Agostini1999, MacKinlay1989).
- In order to be absolutely safe with regard to UV radiation but also because of the spatial distribution of the radiation, I think a structured front glass makes sense.

1) Zusammenfassung	1	... Summary
2) Testanlass.....	2	... Reason for Test
3) Beschreibung der Lampe.....	2	... Lamp Description
4) Visuelle Lichtverteilung und Flicker	3	... Visual Light Distribution
5) Temperatur	4	... Temperature
6) Elektrischer Verbrauch	6	... Power Consumption
7) Spektrale Messung.....	6	... Spectral Measurement
7a) Beurteilung des Gesamtspektrums	6 Review of the spectrum
7b) Für den Menschen sichtbares Spektrum.....	7 Spectrum visible to humans
7c) Für Reptilien sichtbares Spektrum	8 Spectrum visible to reptiles
7d) Blaulichtgefährdung	9 Blue Light Hazard
7e) UV-Spektrum	9 UV spectrum
8) Intensitätsmessungen	11	... Intensity Measurements
8a) Maximale Bestrahlungsstärke in verschiedenen Abständen ...	13 Maximum irradiance in different distances
8b) Solarmeter-Verhältnis	14 Solarmeter Ratio
8c) Infrarot-Verhältnisse	14 Infrared Ratios
8d) Iso-Bestrahlungsstärke-Karte IRA.....	15 Iso Irradiance Chart
9) Einschränkungen	16	... Limitations
10) Zitierte Literatur	16	... Literature cited

2) Testanlass

Ich wurde von einem Reptilienhalter auf die Lampe aufmerksam gemacht, die an die Eco Halogen von Reptile Systems erinnern, die seit kurzem erhältlich sind und im Januar 2024 von Thomas Griffiths getestet wurde ([link](#)). Von <https://www.ms-reptilien.de> wurden zwei Lampen kostenfrei für den Test zur Verfügung gestellt. Der Test selbst fand unbezahlt aus eigenem Interesse statt.

Reason for Test

My attention was drawn to the lamp by another reptile keeper, which reminded me of the Eco Halogen from Reptile Systems, which has recently been available and was tested by Thomas Griffiths in January 2024 ([link](#)). Two lamps were provided free of charge for the test by <https://www.ms-reptilien.de>. The test itself took place unpaid for our own interest.

3) Beschreibung der Lampe

Auf <https://www.ms-reptilien.de/search?sSearch=zooacute> ist der Strahler als 50W und 25W Variante sowohl mit als auch ohne Schutzgitter als Set mit 4 Leuchtmitteln erhältlich. Die Leuchtmittel und der Reflektor gibt es auch einzeln zum Nachkaufen. Für den Strahler mit Schutzgitter sind die Abmessungen 90x98mm angegeben, für die Strahler ohne Schutzgitter 100x92mm. Die Lampen und Halogenbirnchen werden mit „UVA+UVB“ bezeichnet, weitere Angaben gibt es jedoch nicht. Die Lampe ohne das Leuchtmittel soll aus recyceltem Material sein und da nur das Birnchen mit G9-Sockel getauscht werden muss, fällt auch im Betrieb weniger Müll an.

Die Lampen waren in neutralen Kartons verpackt. Bei der Variante mit Schutzgitter wird der E27-zu-G9-Adapter in den Reflektor geschraubt, da sonst kein Tausch des Birnchens möglich ist. Bei der Variante ohne Gitter ist die G9-Fassung direkt zugänglich. Die Birnchen sind in eine Schaumstoffhülle verpackt die sowohl als Transportschutz aber auch als Griff beim Tausch der Leuchtmittel dient.

Die Lampen haben bei mir die internen IDs [SW87](#) – [SW93](#) erhalten, die erste – intensiver getestete Lampe ist in der Lampendatenbank enthalten.

Lamp Description

At <https://www.ms-reptilien.de/search?sSearch=zooacute> the spotlight is available as a 50W and 25W version both with and without a protective mesh as a set with 4 replacement bulbs. The bulbs and reflector are also available to purchase separately. The dimensions given for the spotlight with a protective mesh are 90x98mm, and for the spotlights without a protective mesh they are 100x92mm. The lamps and halogen bulbs are labeled “UVA+UVB”, but there is no further information. The lamp without the bulb should be made from recycled material and since only the bulb with a G9 base needs to be replaced, less waste is generated during operation.

The lamps were packed in neutral boxes. In the variant with a protective mesh, the E27 to G9 adapter is screwed into the reflector, otherwise the bulb cannot be replaced. In the version without mesh, the G9 socket is directly accessible. The bulbs are packed in a foam cover that serves both as transport protection and as a handle when replacing the bulbs.

The lamps have received the internal IDs [SW87](#) – [SW93](#), the first lamp that was tested more intensively is included in the lamp database.



4) Visuelle Lichtverteilung und Flicker

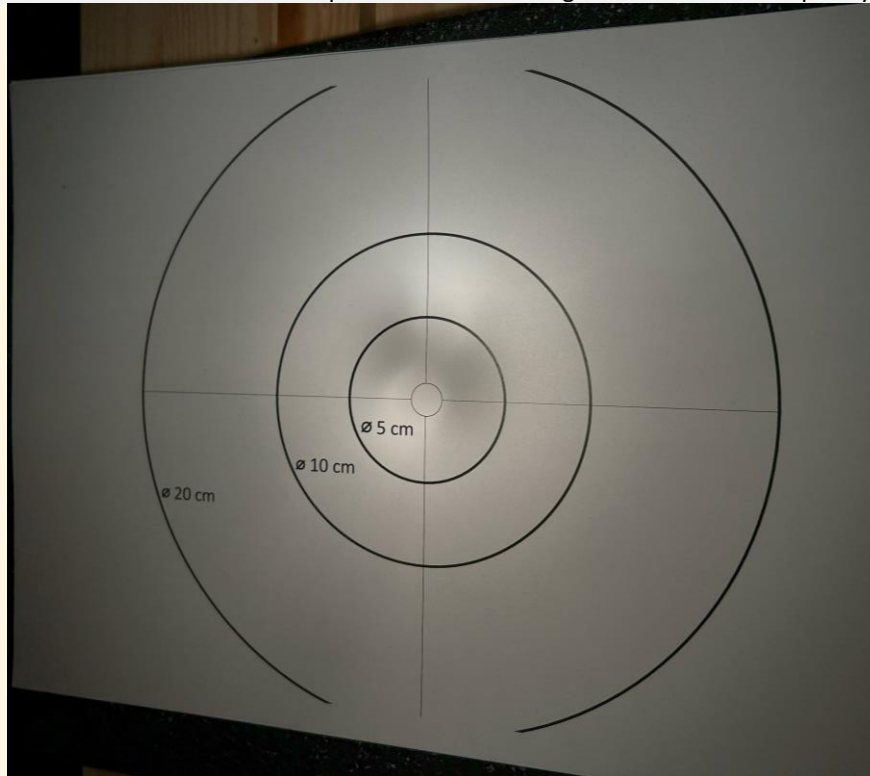
Die Verteilung der sichtbaren Strahlung wird mit einem Foto einer weißen, beleuchteten Fläche visualisiert. Falls Unterschiede im UVA-Spektrum zu erwarten sind wird das Foto auch mit einer UVA-Kamera aufgenommen (Sony NEX-6 mit entferntem UV/IR-Sperrfilter vor dem CCD Sensor; ZEISS Touit 1.8/32 Linse; heliopan UG1 Filter; Empfindlichkeit ca. 360 nm – 380 nm). Zur Beurteilung des Flickerns der Lampen wird ein Opplé Lightmaster G3 genutzt, das Frequenz, Modulationstiefe und Flickerindex berechnet. Aufgrund der 50 Hz Netzspannung haben alle Lampen eine Intensitätsvariation mit 100 Hz Frequenz. Durch eine geeignete elektronische Schaltung kann die Amplitude dieser Variation minimiert werden. Lampen mit elektronischen Vorschaltgeräten können zusätzlich mit höherer Frequenz flimmern. Bei >90Hz schlägt die IEEF als Grenzwert für den Menschen $M \leq f \cdot 0.08\%/Hz$ (biologisch unbedenklich) bzw. $M \leq f \cdot 0.033\%/Hz$ (nicht wahrnehmbar) vor. Reptilien und Amphibien scheinen nach verschiedenen Studien eine geringere oder ähnlich große Flimmerfusionsfrequenz wie

Visible Light Distribution and Flicker

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). For flicker evaluation an Opplé Lightmaster G3 is used, which calculates frequency, modulation depth and flicker index. Because of the 50 Hz line voltage frequency all lamps will have intensity fluctuations with 100 Hz frequency. Electronics can be used to minimize the amplitude of this fluctuation. Lamps with electronic ballasts can have an additional intensity fluctuation at higher frequencies. At >90Hz, the IEEE suggests $M \leq f \cdot 0.08\%/Hz$ (biologically harmless) or $M \leq f \cdot 0.033\%/Hz$ (imperceptible) as the limit value for humans. According to various studies, reptiles and amphibians appear to have a lower or similar fibrillation fusion frequency to

der Mensch zu haben. Ich gehe daher davon aus, dass für Reptilien die Beurteilung des OpplLightmaster gültig ist. Vögel haben jedoch eine sehr viel höhere Flimmerfusionsfrequenz.

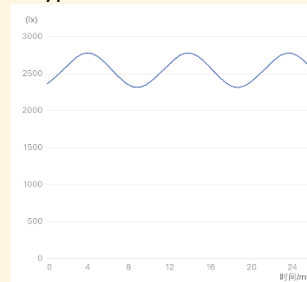
humans. I therefore assume that the opinion of the OpplLightmaster is valid for reptiles. However, birds have a much higher flicker fusion frequency.



Das sichtbare Licht ist – typisch für Lampen ohne strukturiertes Frontglas - sehr ungleichmäßig verteilt. Das Flackern ist typisch für alle Glühlampen.

The visible light distribution is very inhomogenous, as it is typical for lamps without a structured front glass. The flicker is typical for all incandescent lamps.

CCT	3510K
CRI	96
Flicker Index	2.9 %
Modulation depth	9 %
Frequency	100 Hz



5) Temperatur

Die Temperatur der Lampe wird mit einem Infrarot-Thermometer (Etekcity Lasergrip 1080) gemessen. Dieses IR-Thermometer misst mit 8-14 µm 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).

Zusätzlich wird die Temperaturverteilung ggfs. mit einer FLIR ONE Gen3 Wärmebildkamera aufgezeichnet. Dieses misst ebenfalls im Wellenlängenbereich 8-14 µm mit Emissionskoeffizient 0,95 bis zu 120°C mit einer Auflösung von 60 x 80 Pixel.

Die Wärmestrahlung der Lampe setzt sich meist aus sichtbarer Strahlung und Infrarotstrahlung zusammen. Sie führt zu einer

5) Temperature

The temperature of the lamp is measured with a non-contact infrared thermometer (Etekcity Lasergrip 1080). This IR thermometer measures at 8-14 µm 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).

In addition, the temperature distribution is recorded with a FLIR ONE Gen3 thermal imaging camera if necessary. This also measures in the wavelength range 8-14 µm with an emission coefficient of 0.95 up to 120°C with a resolution of 60 x 80 pixels.

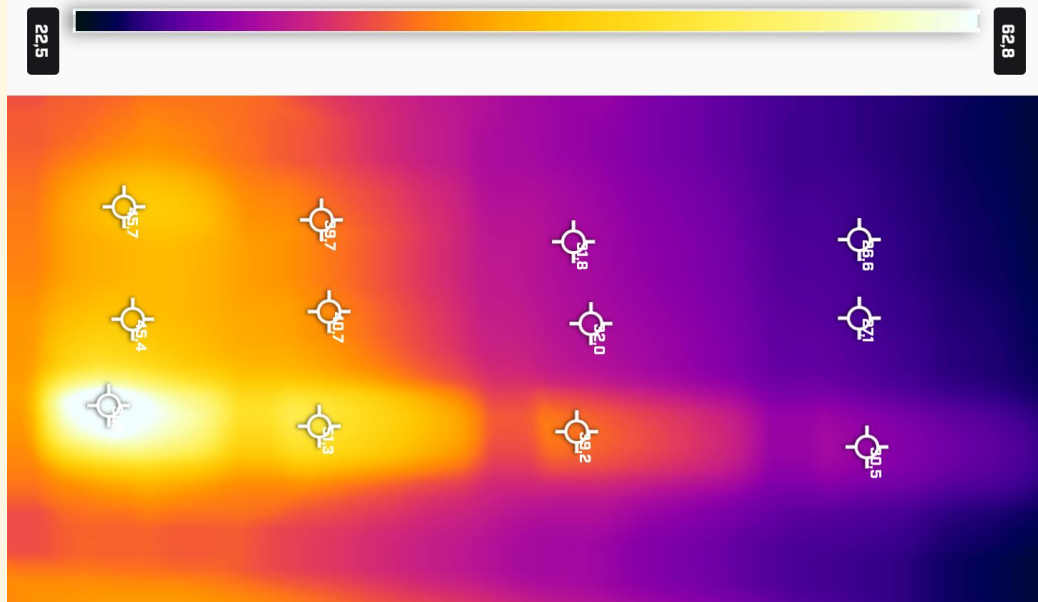
The radiated heat from a lamp is usually a combination of visible and infrared radiation. Depending on how well the

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.

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.

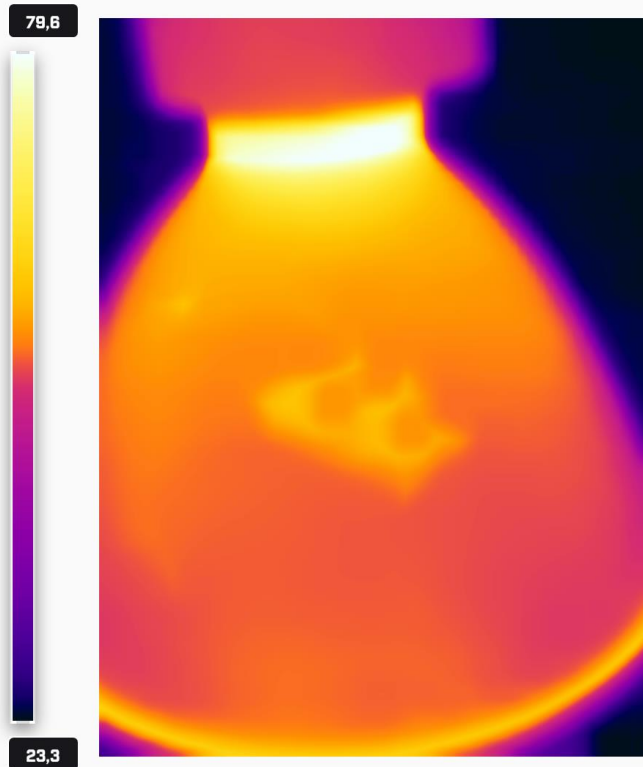
The thermal radiation is quantified by measuring the temperature (Etekcity Lasergrip 1080) of wooden blocks (4.5 cm x 2 cm x 0.5 cm). The wooden blocks are untreated or painted matt black or matt white.



Umgebung / Surrounding	18,5 °C 65 °F		20 cm Abstand / Distance					
	0 cm		5 cm		10 cm		15 cm	
schwarz / black	68,0 °C	154 °F	51,3 °C	124 °F	39,2 °C	103 °F	30,5 °C	87 °F
Holz / wood	45,4 °C	114 °F	40,7 °C	105 °F	32,0 °C	90 °F	27,1 °C	81 °F
weiß / white	45,7 °C	114 °F	40,6 °C	105 °F	31,8 °C	89 °F	26,6 °C	80 °F

Der Reflektor wurde außen bis ca. 80°C warm, an manchen Stellen war im Wärmebild eine Struktur auf der Oberfläche sichtbar, die mit bloßem Auge nicht erkennbar war.

The outside of the reflector became warm to around 80°C; in some places a structure was visible on the surface in the thermal image that was not visible to the naked eye.



6) 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.

Spannung / voltage [V]	228
Leistung / power [W]	0,2
Strom / current [A]	46,1
Leistungsfaktor / Power factor	100

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.

7) 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.

7a) Beurteilung des Gesamtspektrums

Das Spektrum wird relativ zum ASTM-Referenzsonnenspektrum gezeigt. Das ermöglicht den Vergleich des Lampenspektrums mit

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

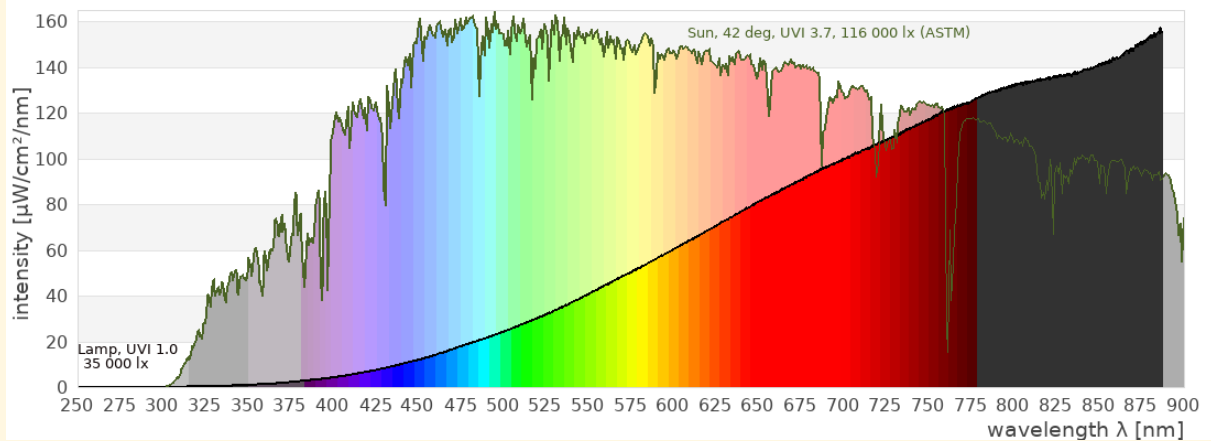
The spectrum is shown relative to the ASTM solar reference spectrum. This enables comparison of the spectral power

dem Spektrum von natürlichem Sonnenlicht. Sonnenlicht hat ein völlig kontinuierliches Spektrum ab ca. 295 nm.

Die Grenzen der Wellenlängenbereiche sind je nach Fachbereich und Land unterschiedlich. DIN 5030 Teil 7 legt die Grenzen 280 – 315 nm (UVB) und 315 – 380 nm (UVA) fest. ISO 21348 definiert abweichend UVA als 315 – 400 nm. In den USA ist 320 nm als Grenze zwischen UVB und UVA gebräuchlicher. Ich werte zusätzlich die zur Regulation der Vitamin-D3-Bildung relevante UVA-Strahlung im Bereich 315 – 335 nm (ähnlich zu UVA2 = 320 – 340 nm) und das für Reptilien sichtbare UVA (je nach Art) etwa im Bereich 350 – 380 nm (ähnlich zu UVA1 = 340 – 400 nm) aus.

distribution of the lamp with that of natural sunlight. Natural sunlight has a completely continuous spectrum from a threshold around 295 nm.

The limits of the wavelength ranges differ depending on the discipline and country. DIN 5030 Part 7 defines the limits 280 - 315 nm (UVB) and 315 - 380 nm (UVA). ISO 21348 defines UVA differently as 315 – 400 nm. In the USA 320 nm is more common as the boundary between UVB and UVA. I also evaluate the UVA radiation relevant to the regulation of vitamin D3 synthesis in the range 315 - 335 nm (similar to UVA2 = 320 - 340 nm) and the UVA visible to reptiles (depending on the species) in the range 350 - 380 nm (similar to UVA1 = 340 – 400 nm).



	Lamp	ASTM Reference Sun
UVB EU (280 – 315 nm)	0 %	0.1 %
UVB USA (280 – 320 nm)	0 %	0.2 %
UVA EU (315 – 380 nm)	0.2 %	4.7 %
UVA USA (320 – 380 nm)	0.2 %	4.6 %
UVA D3 regul. (315 – 335 nm)	0 %	0.9 %
UVA rept. vis. (350 – 380 nm)	0.1 %	2.8 %
VIS (380 – 780 nm)	62.1 %	80,2%
Full (250 – 880 nm)	100 %	100,0%
UV Index	2.1	UVI 3,7
Lux	106 000	116 000 lx

Das Spektrum ist typisch für eine Halogenglühlampe In 10 cm Abstand beträgt der aus dem Spektrum berechnete UV-Index 2.1, der wahrscheinlich aufgrund des Messrauschens etwas zu hoch ist.

The spectrum is typical for a tungsten halogen lamp At a distance of 10 cm, the UV index calculated from the spectrum is 2.1 but likely a bit too high due to measurement noise

7b) 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

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 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 coordiantes of the primary colours as coloured line, the colour coordinates of

Tageslichts als Kreuze, die Farborte von Schwarzkörperstrahler als schwarze Linie und der Farbort der Lampe als schwarzer Punkt.

Die korrekte Berechnung der Farbeigenschaften einer Lampe sollte mit einem kalibrierten Spektrometer und einer Ulbricht-Kugel erfolgen. Die Ulbricht-Kugel mischt das Licht verschiedener Abstrahlrichtungen der Lampe und verhindert Verfälschungen des Spektrums durch Reflexionen an der Umgebung. Eine solche Messung kann ich nicht durchführen, daher ist die Farbberechnung hier fehlerbehaftet.

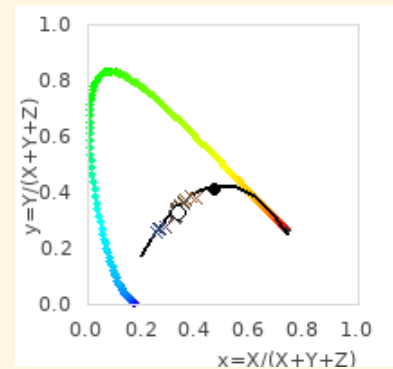
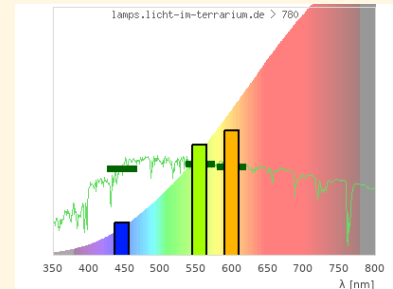
Das Licht wirkt auf mich angenehm gelblich. Das entspricht auch der berechneten Farbwiedergabe und Farbtemperatur.

(x,y)	(0,46 ; 0,41)
CCT [Kelvin]	2649K
CRI	99,6
R1 (light grayish red)	99,5
R2 (dark grayish yellow)	99,7
R3 (strong yellow green)	99,9
R4 (moderate yellowish green)	99,8
R5 (light buish green)	99,9
R6 (light blue)	99,7
R7 (light violet)	99,4
R8 (light reddish purple)	99,2
R9 (strong red)	99,0
R10 (strong yellow)	99,7
R11 (strong green)	99,7
R12 (strong blue)	99,6
R13 (light yellowish pink, human complexion)	99,4
R14 (moderate olive green)	99,9
R15 (Japanese complexion)	99,4
DC<5.4E-3	true

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 calculation of the color properties of a lamp should be done with a calibrated spectrometer and an integrating sphere. The integrating sphere mixes the light emitted by the lamp under different directions and prevents the spectrum from being distorted by reflections from the surroundings. I can not carry out such a measurement, so the color calculation here is faulty.

The light gives a pleasant yellowish impression to me. This matches the calculated CRI and CCT.



7c) 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 7b). 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

Spectrum visible to reptiles

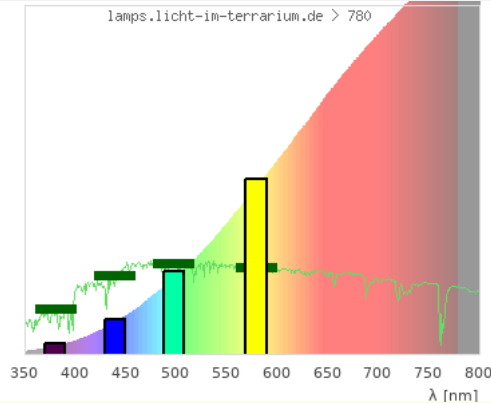
While humans have three photo receptors (blue, green, orange/red), reptiles have three (uva, blue, green) or four (uva, blue, green, red). The colour vision of reptiles therefore differs fundamentally from the colour vision of humans. Especially the UVA range is necessary so that all photo receptors 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 7b). 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),

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 wirkt das Spektrum halbwegs ausbalanciert aber mit starkem Rotanteil, so dass das Licht einen gelblich/rötlichen Eindruck erwecken dürfte.

7d) 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. $80 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ pro 1.000 lux, steigt aber im Schatten durch das 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.

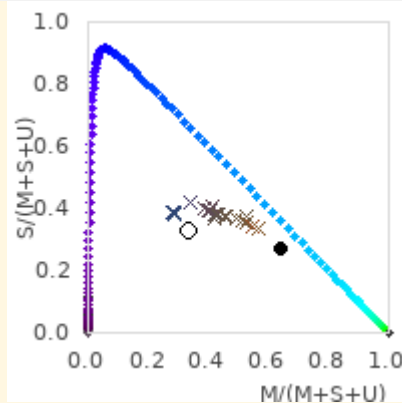
Der spektral berechnete Wert liegt bei ca. $24 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ pro 1.000 lux.

7e) UV-Spektrum

Das UV-Spektrum einer Glühlampe zu messen ist anspruchsvoll, weil die intensive Infrarotstrahlung der Lampe das Spektrometer aufheizt und zu Streu- und Falschlicht führt, was durch die Kalibrationskorrektur des Spektrometers fälschlich verstärkt wird. Die folgenden Spektren in 15 cm Abstand mit möglichst hoher Integrationszeit sind mit und ohne Kalibrationskorrektur und mit und ohne UG11-ähnlichem Filter (der sichtbares Licht und einen Teil des nahen Infrarots blockiert) aufgenommen. Die erste Grafik ist mit linearer y-Achse, die zweite Grafik mit logarithmischer y-Achse. Ich schließe aus den Grafiken, dass vermutlich Strahlung ab ca. 280 nm abgestrahlt wird.

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 spectrum seems to be roughly balanced but with a strong red proportion, likely resulting in yellowish/reddish light.

Blue Light Hazard

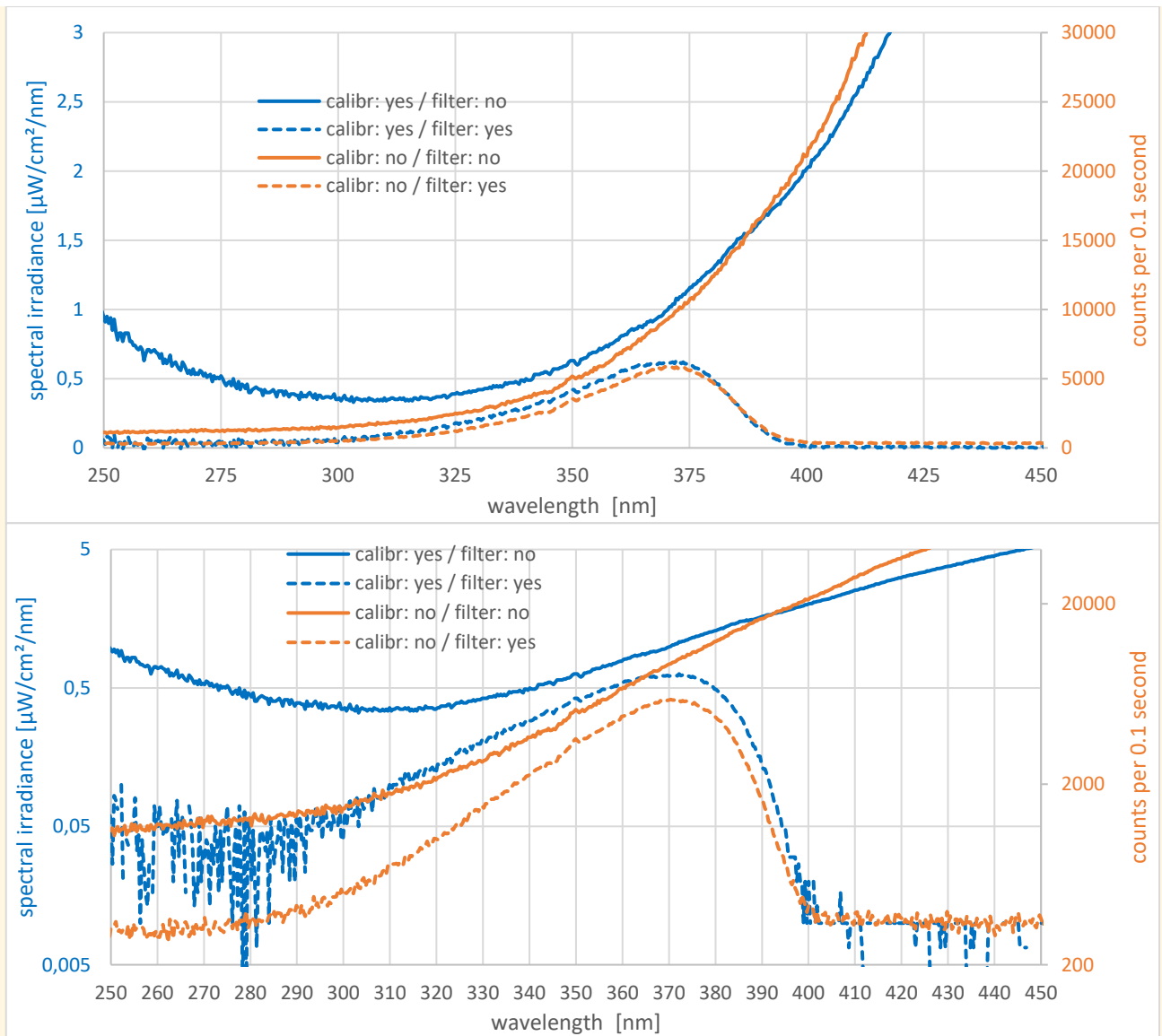
Light with wavelengths between 410 nm and 480 nm with a maximum at 400 nm can cause damage in the photo receptors in the retina of humans (photo retinitis, blue light hazard). The effective irradiance for blue light hazard is calculated with the action spectrum from DIRECTIVE 2006/25/EC. For average sunlight, the ratio of the effective irradiance for photo retinitis to illuminance is approximately $80 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ per 1,000 lux, but can rise to $130 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ per 1,000 lux in the shade due to the 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 spectrally calculated value is around $24 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ per 1,000 lux.

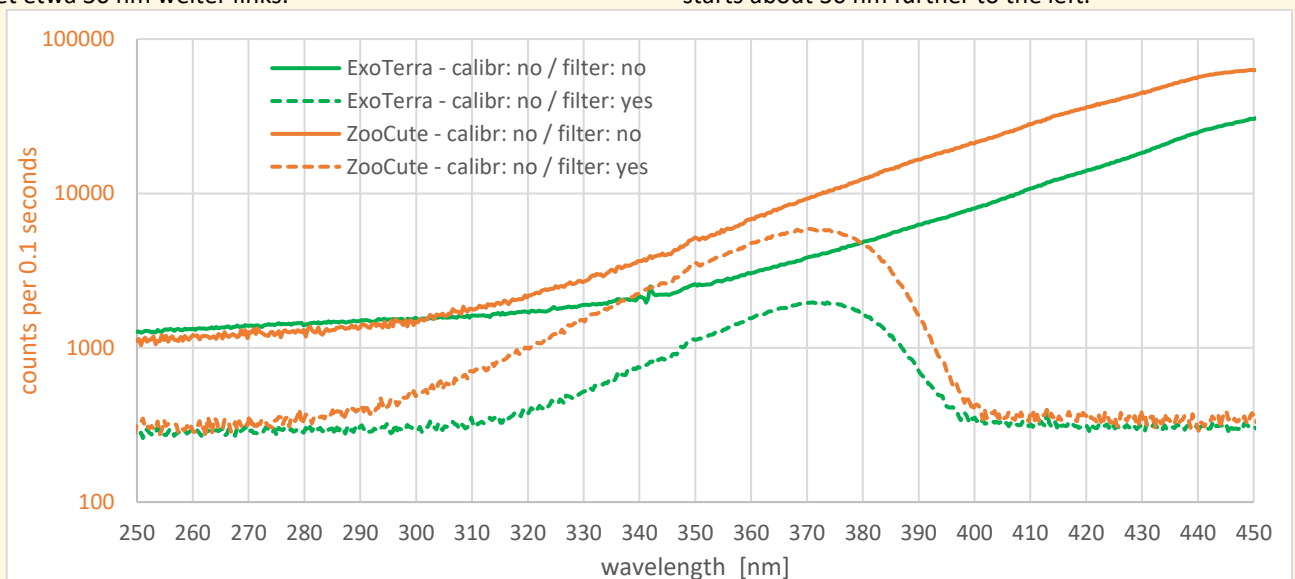
UV Spectrum

Measuring the UV spectrum of an incandescent light bulb is challenging because the intense infrared radiation from the lamp heats up the spectrometer and leads to straylight, which is falsely amplified by the spectrometer's calibration correction. The following spectra at 5 cm distance with the highest possible integration time are recorded with and without calibration correction and with and without a UG11-like filter (which blocks visible light and part of the near infrared). The first graphic has a linear y-axis, the second graphic has a logarithmic y-axis. I conclude from the graphics that most likely the emission starts around 280 nm.



Im direkten Vergleich mit der ZooMed Repti Basking Spot Lamp 40W, getestet im Dezember 2023 ([link](#)) sieht man den Unterschied im Spektrum deutlich. Das Spektrum der ZooCute startet etwa 30 nm weiter links.

In a direct comparison with the ZooMed Repti Basking Spot Lamp 40W, tested in December 2023 ([link](#)), you can clearly see the difference in the spectrum. The spectrum of the ZooCute starts about 30 nm further to the left.

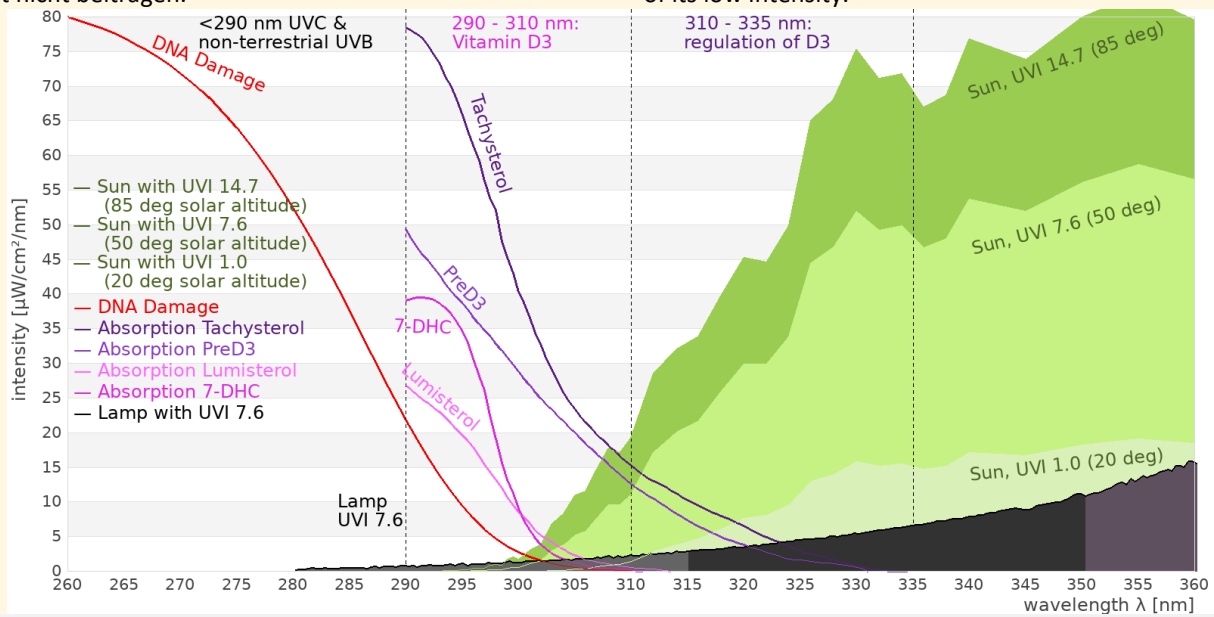


Die spektrale Messung deckt sich mit der Solarmeter-Messung, siehe dazu 8a).

The spectral measurement matches the Solarmeter readings, see 8a).

Zur Vitamin-D3-Bildung wird die Lampe aufgrund ihrer geringen Intensität nicht beitragen.

The lamp will not contribute to Vitamin D3 synthesis because of its low intensity.



8) 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.

Um die Sensoren der unterschiedlichen Messgeräte in derselben definierten Position zur Lampe zu halten, dienen 3D-gedruckte Halterungen für die Messgeräte, die an einer Holzleiste angelegt werden.

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.

In order to keep the sensors of the different meters in the same defined position relative to the lamp, 3D-printed holders are used for the meters, which are aligned to a wooden ridge.



Beleuchtungsstärke

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.

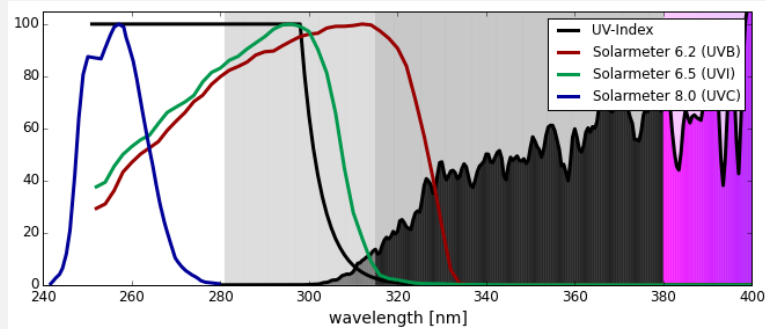
Illuminance

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.

UV-Bestrahlungsstärke

UV Irradiance



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.

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.

Im März 2023 fand auf der Tagung der British Herpetological Society (BHS) und Advancing Herpetological Husbandry (AHH) ein großer Solarmeter-Vergleich statt (Griffiths & Wunderlich 2023). Die 69 Messgeräte hatten eine Standardabweichung von 12% (310-nm-LED), 16% (Mischlichtlampen), 16% (HQI) und 19% (Leuchtstofflampe). Von 13 Solarmeter UVB-Messgeräten war die Standardabweichung 20%, 18%, 11%, 11%. Meine eigenen Messgeräte messen nahe am Mittelwert.

In March 2023, a major Solarmeter comparison took place at the meeting of the British Herpetological Society (BHS) and Advancing Herpetological Husbandry (AHH) (Griffiths & Wunderlich 2023). The 69 meters had a standard deviation of 12% (310 nm LED), 16% (self-ballasted mercury vapour lamp), 16% (metal halide) and 19% (fluorescent lamp). From 13 Solarmeter UVB meters, the standard deviation was 20%, 18%, 11%, 11%. My own meters read close to the mean.

		LED 310 nm	MLR	HQI	Fluorescent
Solarmeter UV-Index	n	69	69	69	69
	my meter	15,1	10,8	5,5	6,4
	std	12%	16%	16%	19%
	mean	16,5	13,1	5,1	7,9
	min	9,5	6,9	4,3	2,0
	max	21,5	20,0	10,4	10,3
Solarmeter $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ UVB	n	13	13	13	13
	my meter	275	183	215	121
	std	20%	18%	11%	11%
	mean	245	170	201	117
	min	165	119	164	98
	max	334	244	240	152

Infrarotstrahlung

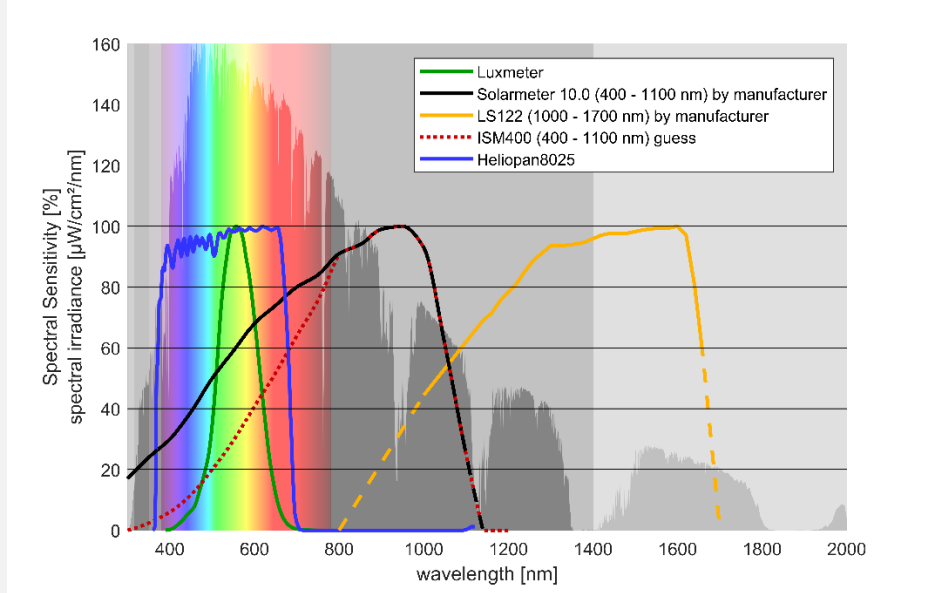
Infrarotstrahlung führt zusammen mit sichtbarer Strahlung zu einer Temperaturerhöhung. Infrarot-A-Strahlung hat darüber hinaus aber eine Wirkung auf zellulärer Ebene (z.B. Wundheilung) und hat eine besondere Tiefenwirkung, so dass tiefe Gewebsschichten erwärmt werden. Auch hierfür gibt es Messgeräte. Die Interpretation der Messwerte ist jedoch deutlich schwieriger als bei den Messgeräten für Lux, UVI oder UVB: Die Messgeräte sind „Solar Power Messgeräte“, die für das Sonnenlicht einen Wert von etwa 1000 W/m² anzeigen, also den

Infrared Radiation

Infrared radiation, together with visible radiation, leads to an increase in temperature. Infrared A radiation also has an effect on a cellular level (e.g. wound healing) and has a special “heat penetration” effect, so that deep layers of tissue are heated. There are meters for this too. However, interpreting the measured values is much more difficult than with meters for Lux, UVI or UVB: The meters are “solar power meters” that show a value of around 1000 W/m² for sunlight, i.e. convert the measured value in the infrared to the estimated

gemessenen Wert im Infrarot umrechnen auf das gesamte Sonnenspektrum. Diese Umrechnung führt natürlich zu völlig bedeutungslosen Zahlen für künstliche Lichtquellen.

radiation in the entire solar spectrum. Of course, this conversion leads to completely meaningless numbers for artificial light sources.



- **RS PRO Solar Power Meter ISM400:** Misst im Bereich 400 – 1100 nm mit einer maximalen Empfindlichkeit bei ca. 950 nm. Zufällig(!) stimmt der angezeigte Wert bei Glühlampen ungefähr mit dem tatsächlichen IRA-Wert (700 – 1400 nm) überein. Manchmal nutze ich aus den ISM400 Messwert nach einem Filter, der nur sichtbare, aber keine Infrarotstrahlung, transmittiert (heliopan digital UV/IR Sperrfilter).
- **Linshang LS122 Solar Power Meter:** Misst im Bereich 1000 nm - 1700 nm mit einer maximalen Empfindlichkeit bei ca. 1400 nm.

- **RS PRO Solar Power Meter ISM400:** Measures in the range 400 - 1100 nm with a maximum sensitivity at approx. 950 nm. Coincidentally (!) the displayed value for incandescent lamps approximately corresponds to the actual IRA value (700 - 1400 nm). Sometimes I use the ISM400 reading after a filter that only transmits visible radiation but no infrared radiation (heliopan ES 52).
- **Linshang LS122 Solar Power Meter:** Measures in the range 1000 nm - 1700 nm with a maximum sensitivity at approximately 1400 nm.

8a) Maximale Bestrahlungsstärke in verschiedenen Abständen

Maximum irradiance in different distances

Age [h]	0,5	SW87				
Distance [cm]	5	10	15	20	25	
Luxmeter [lx]	147.500	89.000	30.400	8.341	3.070	
ISM400 [W/m²]			1.800	460	162	
ISM400 + IR-cut-Filter			100,0	36,0	15,0	
LS122 [W/m²]	10.721	6.160	2.030	525	188	
Solarmeter 6.2 UVB [µw/cm²]	37	25	7	1		
Solarmeter 6.5 UVI	3	1,9	0,5	0,1		

ExoTerra	
0,5	5
>40.000	16.540
	2.160
	111
	2.212
0	0
0	0

Age [h]	0,5	SW88				
Distance [cm]	5	10	15	20	25	
Luxmeter [lx]	118.200	78.300	30.800	8.120	2.888	
Solarmeter 6.2 UVB [µw/cm²]	31	20	7	1	0	
Solarmeter 6.5 UVI	2,4	1,6	0,6	0,1	0	
LS122 [W/m²]	9.670	6.370	2.315	585	193	

SW89					
5	10	15	20	25	
146.200	94.500	32.200	7.500	2.960	
47	30	10	1	0	
3,7	2,5	0,9	0,1	0	
11.000	6.500	2.087	462	181	

Die Solarmeter-Messwerte decken sich mit den Spektralen Messwerte aus 7e). Während bei der ExoTerra Glühlampe auch in 0,5 cm Abstand mit > 40.000 lux und in Abstand 5cm mit ISM400-Messwert 2160 die Solarmeter 6.5 und Solarmeter 6.2 die Werte „0“ anzeigen, ist bei dieser Lampe auch bei geringerer sichtbar und IR-Intensität (15 cm) noch ein deutlicher Messwert

The Solarmeter readings correspond to the spectral readings from 7e). While with the ExoTerra light bulb the Solarmeter 6.5 and Solarmeter 6.2 reads “0” even at a distance of 0.5 cm with > 40,000 lux and at a distance of 5 cm with ISM400 measurement value 2160, this lamp still shows readings on the Solarmeter 6.2 (7 W/cm²) and Solarmeter 6.5 (UVI 0.5) at

am Solarmeter 6.2 (7 W/cm²) und Solarmeter 6.5 (UVI 0,5). Das Spektrum dieser Lampe ohne Frontglas ist kurzwelliger.

8b) 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 µW/cm²) durch den Messwert des Solarmeter 6.5 (z.B. UVI 6) geteilt wird. Natürliches Sonnenlicht hat ein Solarmeter-Verhältnis von ca. 50-60. Leuchtstofflampen mit einem Solarmeter-Verhältnis 25-30 sind häufig und bisher nicht negativ aufgefallen. Auffällige Leuchtstofflampen zeichneten sich durch ein Solarmeter-Verhältnis < 15 aus. Auch UV-HQI-Strahler haben typischerweise Werte um 30. UV-Quecksilberdampflampen haben teilweise niedrige Werte, ohne negativ aufgefallen zu sein.

Aufgrund der Fertigungstoleranzen variieren die Solarmeter-Verhältnisse. Bei meinem Messgeräte-Paar erhalte ich für verschiedene Lampen folgende Werte:

Lamp	Solarmeter Ratio
275-nm-LED	7.6
279-nm-LED	7.3
307-nm-LED	11.5
310-nm-LED	17
T5 Arcadia	29
T5 MegaRay Zone3	35
T5 MegaRay Zone2	42
Sunlight	50-60

Das Solarmeter-Verhältnis von ca. 11 deckt sich mit der Spektralen Messung. Die Balance zwischen kurzwelliger und langwelliger Strahlung im Bereich 280 – 320 nm ist nicht sonnenähnlich.

8c) Infrarot-Verhältnisse

Das Verhältnis Lux : ISM400 zeigt an, wie die Strahlung im Bereich 400-800 nm relativ zur Strahlung im Bereich 800 – 1100 nm verteilt ist. Je größer die Zahl, desto stärker ist die Strahlung im sichtbaren Bereich konzentriert.

Das Verhältnis LS122 : ISM400 zeigt an, wie die Strahlung im Bereich 1000 – 1700 nm relativ zur Strahlung im Bereich 400 – 1100 nm verteilt ist. Je größer die Zahl, desto mehr Strahlung ist im langwelligeren Infrarotbereich.

Referenzwerte für typische Lampen mit sehr unterschiedlichen Infrarotspektren sind: (*Achtung – Referenzwerte nicht final*)

even lower visible and IR intensities lamp (15 cm). The spectrum of this lamp without front glass is at shorter wavelengths. Also the solarmete

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 µW/cm²) by the reading of the Solarmeter 6.5 (e.g. UVI 6).

Natural sunlight has a Solarmeter ratio of 50 to 60. Fluorescent lamps with a Solarmeter ratio of 25-30 are common and have not been associated with negative effects so far. Conspicuous fluorescent lamps were characterized by a Solarmeter ratio < 15. UV-metal-halide lamps also typically have values around 30. UV mercury vapor lamps sometimes have low values without being noticed negatively.

Due to production tolerances the Solarmeter ratios calculated from different meters vary. For my pair of meters I receive the following ratios for various lamps:

The Solarmeter Ratio of approximately 11 matches the spectral measurement. The balance between short-wavelength and longer-wavelength radiation in the range 280 – 320 nm is not like sunlight.

Infrared-Ratios

The Lux : ISM400 ratio shows how the radiation is distributed in the 400-800 nm range relative to the 800 - 1100 nm range. The larger the number, the more concentrated the radiation is in the visible range.

The ratio LS122 : ISM400 shows how the radiation is distributed in the 1000 - 1700 nm range relative to the 400 - 1100 nm range. The larger the number, the more radiation there is in the longer wavelength infrared range.

Reference values for typical lamps with very different infrared spectra are: (*Caveat: Reference values not final*)

	LUX : ISM400	ISM400+VIS : ISM400 * 100	LS122 : ISM400
Sonnenlicht / Sunlight	90-100		0.35-0.60
LED	300-600	70-80	0.10
Glühlampe / incandescent	8-20	5-9	1.0-1.6
Carbon Emitter	0.01	0.01	20-60
	18	7.5	1.1

Die Verhältnisse entsprechen einer üblichen Halogen Glühlampe. The ratios are as expected from a halogen incandescent lamp.

8d) Iso-Bestrahlungsstärke-Karte IRA

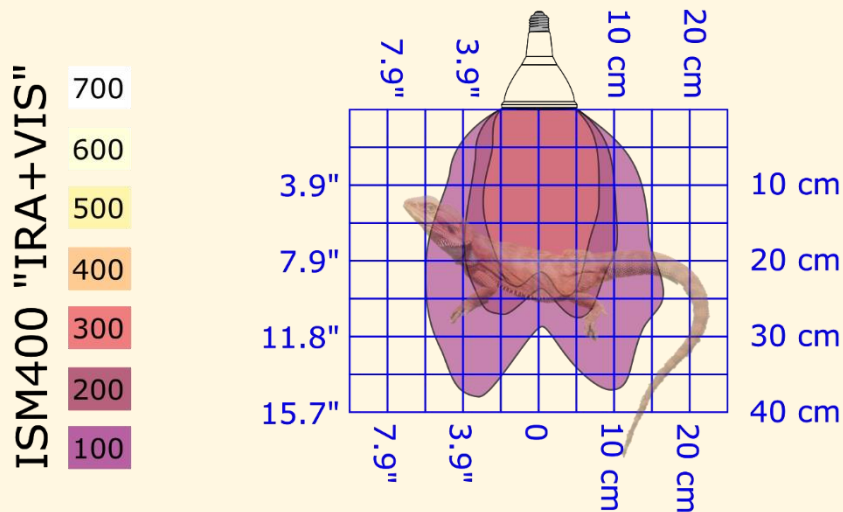
Die Bestrahlungsstärke wird in einer senkrechten Ebene unter der Lampe mit dem ISM400 gemessen und Linien gleicher Bestrahlungsstärke ermittelt. Diese Iso-Bestrahlungsstärke-Karten zeigen an, für Tiere welcher Körpergröße die Lampe geeignet ist.



Iso-Irradiance Charts IRA

The irradiance is measured with the ISM400 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.

ZooCute Mini Halogen 50W, no mesh



10 h burn in, 03/2024, ID SW87,
© Sarina Wunderlich, www.licht-im-terrarium.de
Bearded Dragon / Bartagame: 25 cm SVL / KRL

Die Karte passt zu den Bestrahlungsstärkemessungen mit ISM400 = 162 in 25 cm Abstand. Die zwei Kegel höherer Intensität, die auch im Foto der Intensitätsverteilung sichtbar waren, zeigen sich auch hier.

The map matches the irradiance measurements with ISM400 = 162 at 25 cm distance. The two cones of higher intensity, which were also visible in the photo of the intensity distribution, are also visible here.

9) 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.

10) Zitierte Literatur

- 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.
- 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).
- 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.
- Griffiths, T., Wunderlich, S. 2023 Radiometer Test data review <https://bit.ly/42b2Jdr>
- Holick, M. F. (2016) Biological Effects of Sunlight, Ultraviolet Radiation, Visible Light, Infrared Radiation and Vitamin D for Health. *Anticancer Research*, 36 1345–1356.
- 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.
- Setlow, R. B. (1974) The wavelengths in sunlight effective in producing skin cancer: a theoretical analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 71 3363–3366.
- Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm). (1997) *Health Physics*, 73 539–554.

Limitations

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

Test of a limited number of lamps do not allow general statements. There are variations from lamp to lamp because of age, operating conditions like voltage or temperature, and production fluctuations from lot to lot but also within one lot.

I encourage verification of my results by a certified test laboratory and discussion with experts. I am open to feedback.

Literature Cited