

Test-Report 12/2023

ZooMed Repti Basking Spot Lamp 40W

1) Zusammenfassung

- Es handelt sich um eine gewöhnliche R63-Reflektorglühlampe, die sich gut als Infrarot- und Wärmequelle im Terrarium eignet.

1) Zusammenfassung	1
2) Testanlass.....	1
3) Beschreibung der Lampe.....	1
4) Visuelle Lichtverteilung und Flicker	2
5) Temperatur	3
6) Elektrischer Verbrauch.....	4
7) Spektrale Messung.....	5
7a) Beurteilung des Gesamtspektrums	5
7b) Für den Menschen sichtbares Spektrum.....	6
7c) Für Reptilien sichtbares Spektrum	7
7d) Blaulichtgefährdung	8
8) Intensitätsmessungen	8
8a) Maximale Bestrahlungsstärke in verschiedenen Abständen	9
8b) Iso-Bestrahlungsstärke-Karte IRA.....	10
9) Einschränkungen.....	10
10) Zitierte Literatur	11

Summary

- This is an ordinary R63 reflector incandescent lamp that is well suited as infrared and heat source in a terrarium.

... Summary
... Reason for Test
... Lamp Description
... Visual Light Distribution
... Temperature
... Power Consumption
... Spectral Measurement
..... Review of the spectrum
..... Spectrum visible to humans
..... Spectrum visible to reptiles
..... Blue Light Hazard
... Intensity Measurements
..... Maximum irradiance in different distances
..... Iso Irradiance Chart IRA
... Limitations
... Literature cited

2) Testanlass

Ich habe diese Lampe hauptsächlich getestet, um eine Referenz für Glühlampen zu erhalten.

Reason for Test

I mainly tested this lamp to get a reference for incandescent lamps.

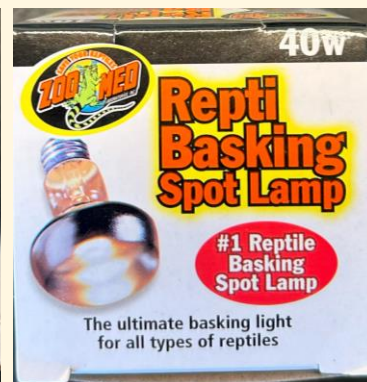
3) Beschreibung der Lampe

Die Lampe ist eine Reflektorglühlampe und hat laut Hersteller 40 W. Die Lampe wird intern (auch in der Messdatenbank) unter der Bezeichnung SW83 ([Link](#)) geführt. Am Hals der Lampe ist in rötlicher Schrift „ZOO MED 40W 230V K1 ITEM-SL 40E MADE IN FRANCE“ aufgedruckt. Die Lampe hat 6,3 cm Durchmesser und eine Gesamthöhe von 10,5 cm („R63“-Form).

Lamp Description

The lamp is incandescent reflector lamp specified as 40 W The lamp was given the reference number SW83 ([link](#)). At the neck of the lamp there is printed “ZOO MED 40W 230V K1 ITEM-SL 40E MADE IN FRANCE“. The lamp has 6,3 cm diameter and 10,5 cm total height (“R63” shape).





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 den Flicker-Index (soll < 0,1), Modulationstiefe und Frequenz 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.

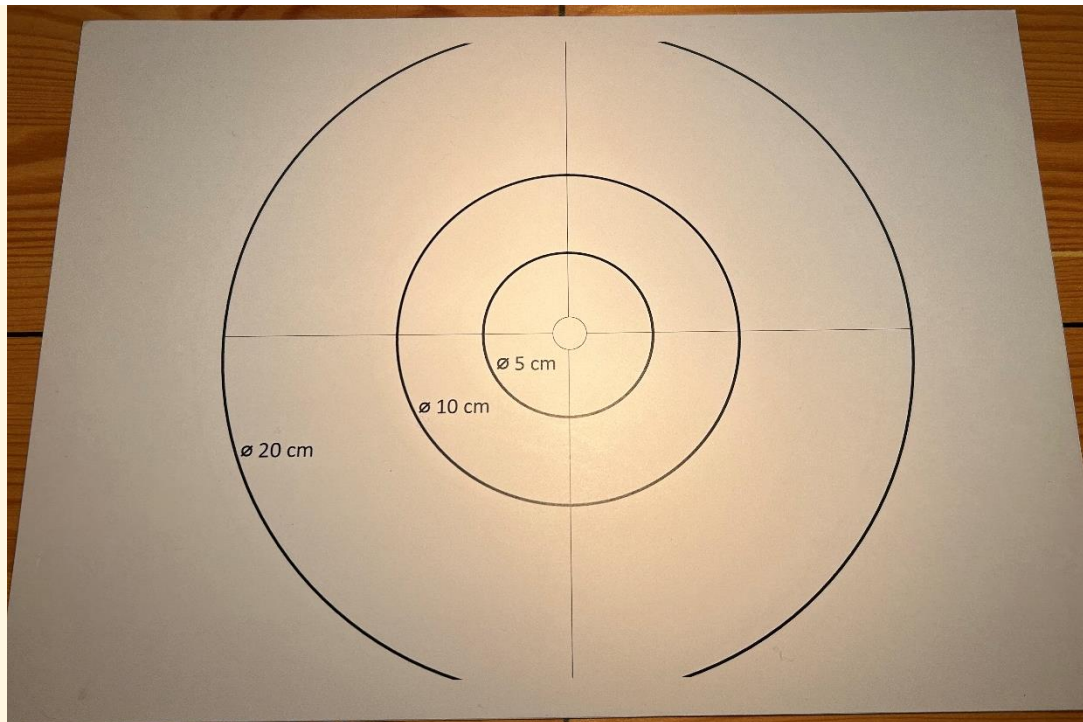
Reptilien und Amphibien scheinen nach verschiedenen Studien eine geringere oder ähnlich große Flimmerfusionsfrequenz wie der Mensch zu haben. Ich gehe daher davon aus, dass für Reptilien die Beurteilung des OppléLightmaster gültig ist. Vögel haben jedoch eine sehr viel höhere Flimmerfusionsfrequenz.

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 calculated flicker index (should be < 0.1), modulation depth and frequency. 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.

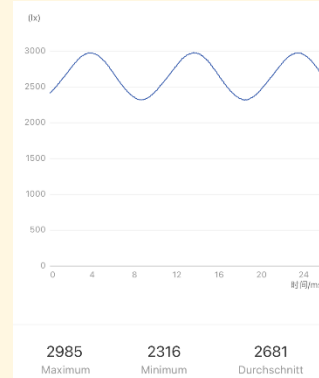
According to various studies, reptiles and amphibians appear to have a lower or similar fibrillation fusion frequency to humans. I therefore assume that the opinion of the OppléLightmaster is valid for reptiles. However, birds have a much higher flicker fusion frequency.



Das sichtbare Licht ist sehr gleichmäßig verteilt. Die 50 Hz Netzspannungsfrequenz ist in der Intensität deutlich sichtbar.

The visible light distribution is very homogenous. The 50 Hz voltage frequency is clearly visible in the light intensity.

Flicker index	0.0381
Modulation depth	12.44 %
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.

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.

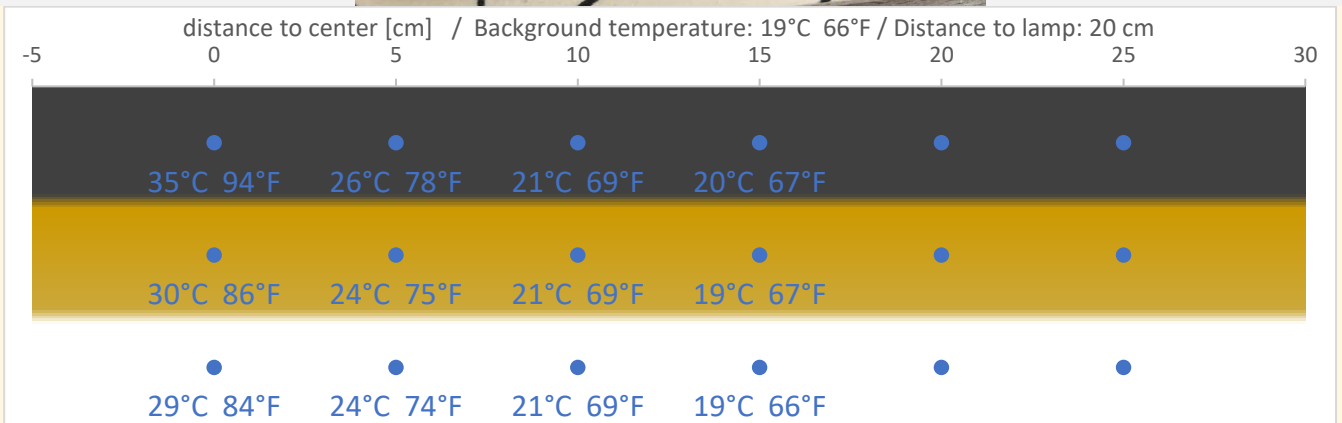
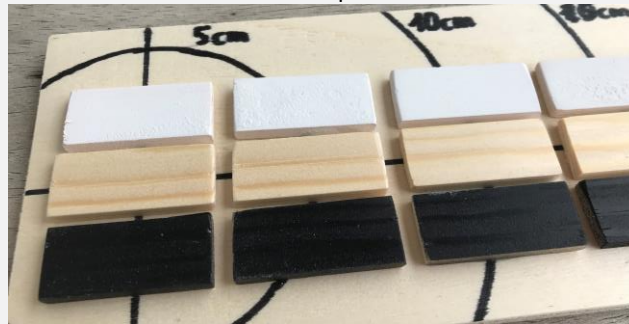


Die Wärmestrahlung der Lampe setzt sich meist aus sichtbarer Strahlung und Infrarotstrahlung zusammen. Sie führt zu einer unterschiedlichen Temperaturerhöhung je nach wie gut die einzelnen Wellenlängen von einem Objekt absorbiert werden. So werden weiße Gegenstände von sichtbarer Wärmestrahlung schlechter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

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.



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.

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.

Spannung / voltage [V]	226
Leistung / power [W]	0,15
Strom / current [A]	36,1
Leistungsfaktor / Power factor	100

Die Leistungsaufnahme ist etwas geringer gemessen als angegeben.

The measured power consumption is a little lower than specified.

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 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.

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.

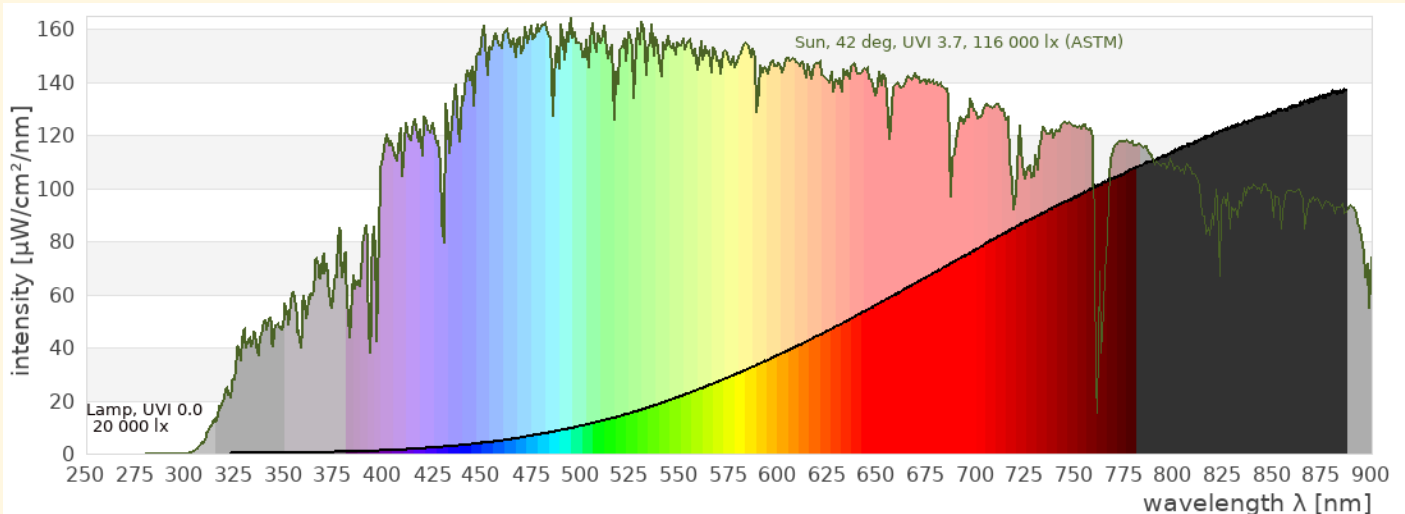
Professional photometric tests include the usage of an integrating sphere (Ulbricht sphere). This is not the case here and can adulterate the results. Without an integrating sphere it is not possible to determine the total luminous flux (lumen). The spectral measurements are taken in an individual distance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

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 %	0.1 %
UVB USA (280 – 320 nm)	0.0 %	0.2 %
UVA EU (315 – 380 nm)	0.1 %	4.7 %
UVA USA (320 – 380 nm)	0.1 %	4.6 %
UVA D3 regul. (315 – 335 nm)	0.0 %	0.9 %
UVA rept. vis. (350 – 380 nm)	0.1 %	2.8 %
VIS (380 – 780 nm)	56.3 %	80,2%
Full (250 – 880 nm)	100 %	100,0%
	10 cm	
UV Index	0	UVI 3.7
Lux	5 110	116 000 lx

Das Spektrum ist typisch für eine Glühlampe. Es wird kein nennenswertes UV abgestrahlt und die Intensität ist stärker im Infrarotbereich konzentriert.

The spectrum is typical of an incandescent lamp. No significant UV is emitted and the intensity is more concentrated in the infrared range.

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 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 mit sehr warmer Farbtemperatur. Das entspricht auch der berechneten Farbwiedergabe und Farbtemperatur.

(x,y)	(0,5 ; 0,42)
CCT [Kelvin]	2223K
CRI	99,0
R1 (light grayish red)	98,6
R2 (dark grayish yellow)	99,0
R3 (strong yellow green)	99,5
R4 (moderate yellowish green)	99,1
R5 (light bluish green)	99,1
R6 (light blue)	99,3
R7 (light violet)	99,2
R8 (light reddish purple)	98,1
R9 (strong red)	96,5
R10 (strong yellow)	98,1
R11 (strong green)	98,7

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.

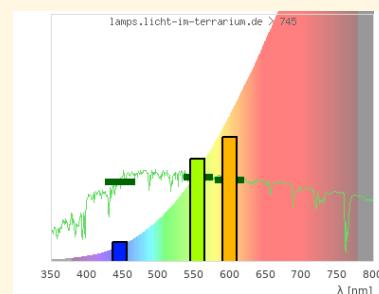
The bar chart indicates the amount of light seen by the three cones in the human eye. For comparison also here the solar spectrum and its action on the three cones is shown.

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.

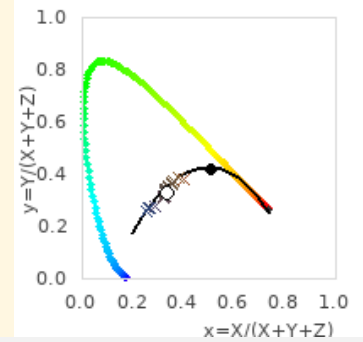
The CIE colour triangle shows the colour coordinates of the primary colours as coloured line, the colour coordinates of different phases of daylight as crosses, the colour coordinates of black body radiators as black line and the colour coordinate of the lamp as black dot.

The 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 and very warm-orange impression to me. This matches the calculated CRI and CCT.



■ R12 (strong blue)	98,3
■ R13 (light yellowish pink, human complexion)	98,5
■ R14 (moderate olive green)	99,6
■ R15 (Japanese complexion)	98,4
DC<5.4E-3	true

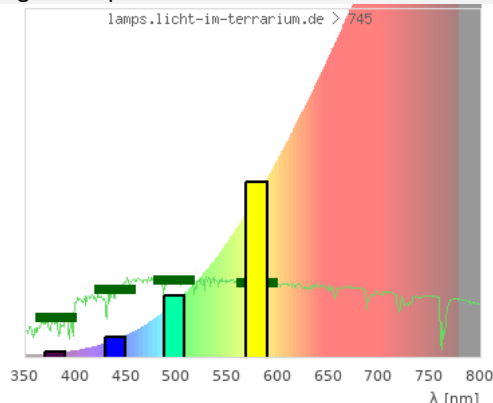


7c) Für Reptilien sichtbares Spektrum

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 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.



Spectrum visible to reptiles

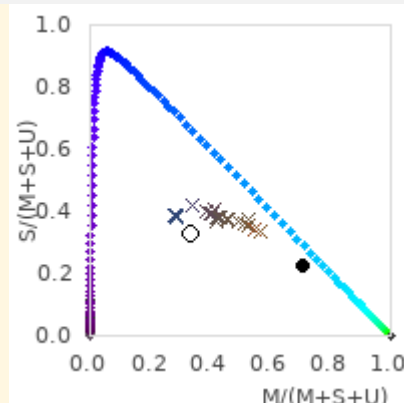
While humans have three photo receptors (blue, green, orange/red), reptiles have three (uva, blue, green) or four (uva, blue, green, red). The colour vision of reptiles therefore differs fundamentally from the colour vision of humans. Especially the UVA range is necessary so that all photo receptors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



Aus Reptiliensicht fehlt UVA, jedoch ähnelt das Spektrum dem Sonnenlicht beim Sonnenaufgang/untergang.

From a reptile's perspective the spectrum lacks UVA, however the spectrum is similar the solar spectrum close to sunrise/sunset.

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. $15 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ pro 1.000 lux.

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 $15 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ per 1,000 lux.

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 sich einfach in der Anwendung. Sie eignen sich daher gut, die räumliche Verteilung der 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, Dobbins2016, 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.

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, Dobbins2016, 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). Von 74 Solarmeter UV-Index-Messgeräten hatten 3 Messgeräte einen umgebauten oder beschädigten Sensor, ein Messgerät einen AlGaIn-Sensor und ein Messgerät auffällig geringe Messwerte. Die übrigen 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). Of 74 Solarmeter UV index measuring devices, 3 measuring devices had a modified or damaged sensor, one measuring device had an AlGaIn sensor and one measuring device had noticeably low readings. The remaining 69 measuring devices 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 measuring devices, 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 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 gemessenen Wert im Infrarot umrechnen auf das gesamte Sonnenspektrum. Diese Umrechnung führt natürlich zu völlig bedeutungslosen Zahlen für künstliche Lichtquellen.

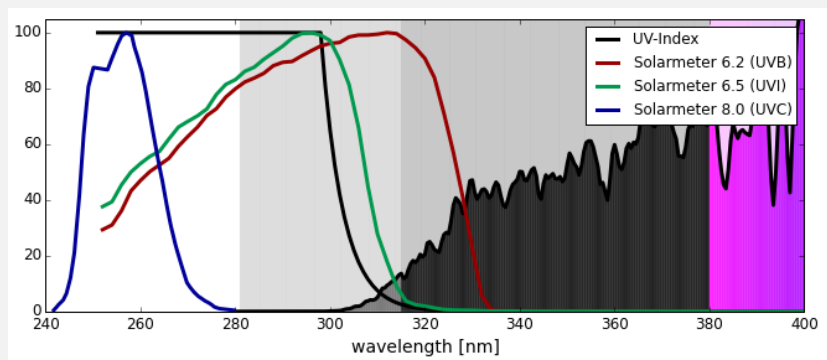
Infrared radiation, together with visible radiation, leads to an increase in temperature. Infrared A radiation also has an effect on a cellular level (e.g. wound healing) and has a special “heat penetration” effect, so that deep layers of tissue are heated. There are meters for this too. However, interpreting 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 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.
- 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).
- 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								
Distance [cm]	5	10	15	20	25	30	40	50	
Luxmeter [lx]	16.540	7.235	4.008	2.526	1.638	1.188	694	577	

ISM400 (400 - 1000 nm)	2.160	798	460	270	183	128	75	50
LS122 (1000 - 1700 nm)	2.212	1.038	638	373	246	172	104	67
LS122 / ISM400	1,02	1,30	1,39	1,38	1,34	1,34	1,39	1,34
Lux / ISM400	7,7	9,1	8,7	9,4	9,0	9,3	9,3	11,5

8b) Iso-Bestrahlungsstärke-Karte IRA

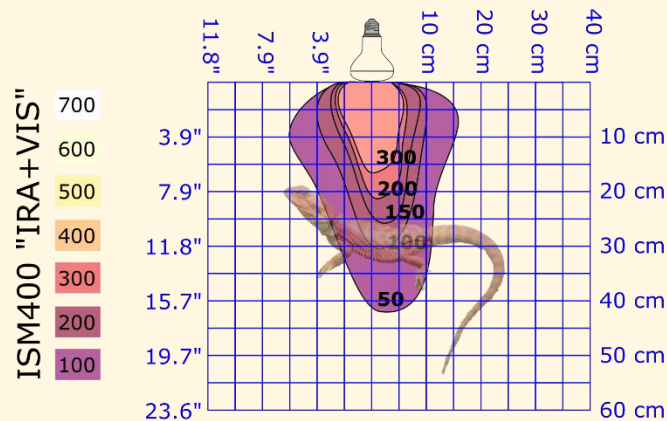
Die Bestrahlungsstärke wird in einer senkrechten Ebene unter der Lampe mit dem ISM400 gemessen und Linien gleicher Bestrahlungsstärke ermittelt. Diese Iso-Bestrahlungsstärke-Karten zeigen an, für Tiere welcher Körpergröße die Lampe geeignet ist.

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.



ZooMed Repti Basking Spot Lamp 40W



12/2023, ID SW83, © Sarina Wunderlich, www.licht-im-terrarium.de
Bearded Dragon / Bartagame: 25 cm SVL / KRL

Die räumliche Verteilung ist homogen, die Intensität und Größe der bestrahlten Fläche – wie von einer 40W Spotlampe zu erwarten – aber gering. Die gemessenen Werte sind etwas geringer als in Tabelle Abschnitt Maximale Bestrahlungsstärke in verschiedenen Abständen8a), mutmaßlich weil die Lampe unter einem leicht anderen Winkel als gemessen maximal abstrahlt.

The spatial distribution is homogeneous, however the intensity and the area covered is small (as expected from a 40W spot lamp). The measured values are slightly smaller than in section Maximale Bestrahlungsstärke in verschiedenen Abständen8a), presumably because the maximum intensity is emitted by the lamp in a different angle than the measurement plane.

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.

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.

Ich rege eine Überprüfung meiner Ergebnisse durch zertifizierte Testlabore und Diskussion mit Experten an. Ich bin dankbar für Feedback.

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

10) 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.
- 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).
- Dobbison, 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.