

Allgemeine Information	General information
Messwerte und Beurteilung	Measurement and Analysis

Test-Report

True Light ESL 23W (05/2021)

Zusammenfassung

In der Reptilienhaltung werden TrueLight Leuchtstofflampen genutzt um Reptilien ein möglichst unverfälschtes Farbsehen zu ermöglichen. Deren Farbsehen erstreckt sich bis in den UVA-Bereich. Sonnenlicht hat – je nach Tageszeit – etwa 4,5% UVA. Die Lampe verspricht 3,0 % UVA.

Ich kann bei dieser Lampe keine wesentlichen Unterschiede zu anderen handelsüblichen Dreibandleuchtstofflampen feststellen. Die Lampe ist für das Farbsehen von Reptilien voraussichtlich nicht vorteilhafter als andere handelsübliche Leuchtstofflampen.

Summary

In reptile husbandry TrueLight fluorescent lamps are used with the intention to offer full colour vision to reptiles. Their colour vision extends into the UVA-range. Sunlight has approximately 4,5 % UVA (depending on time of day). This lamp promises 3,0 % UVA.

I cannot detect any relevant differences between this lamp and other off-the-shelf fluorescent lamps based on rare-earth phosphors. This lamp most likely offers no benefits to the colour vision of reptiles than other off-the-shelf fluorescent lamps.

1) Beschreibung der Lampe

Die TrueLight ESL 23W ist eine Energiesparlampe (Kompaktleuchtstofflampe mit integriertem Vorschaltgerät) mit E27 Fassung. Auf der Verpackung sind nur wenige Daten angegeben. Im Datenblatt und Werbetext der Webseite finden sich weitere Angaben. Die Lampen werden damit beworben, das „gesamte Spektrum des natürlichen Tageslichts annähernd identisch“ wiederzugeben. Eine Grafik zeigt die Überlegenheit des Lampenspektrums gegenüber Standard-Leuchtstofflampen (dieses Spektrum zeigt ein Dreibandenspektrum, nicht das Zweibandenspektrum der „Standard“-Leuchtstofflampen)

1) Lamp Description

The True Light ESL 23W is a standard energy saving lamp (compact fluorescent lamp with integrated ballast) with E27-socket. The box only shows limited data. The datasheet and advertising text on the website offer more information. The advertisement states, that the “spectrum is almost identical with the one of midday daylight”. Graphs show the superiority of the lamp’s spectrum compared to standard fluorescent lamps (the spectrum shows the typical rare-earth phosphor spectrum, not the halophosphate spectrum also known as “standard” spectrum).



2) Elektrischer Verbrauch

Der elektrische Verbrauch wird mit einem „Brennenstuhl Primera-Line Energiemessgerät PM 231 E“ gemessen.

2) Power

Electrical parameters are measured with a “Brennenstuhl Primera Line PM 231 E Power Meter”.

Leistung / power [W]	25.2
Spannung / voltage [V]	234
Strom / current [A]	0.17
Leistungsfaktor / Power factor	63

3) 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.

Die spektrale Messung wird je nach Lampe in einem individuellen geringen Abstand durchgeführt. So kann das Signal-zu-Rausch-Verhältnis durch eine hohe Intensität optimiert werden. Das Spektrum in verschiedenen Abständen hat die gleiche Form, lediglich die Gesamtintensität ändert sich.

Professionelle Photometrische Messungen beinhalten die Verwendung einer Ulbrichtkugel. Das ist hier nicht der Fall und kann die Ergebnisse verfälschen.

Spektrum in 10 cm Abstand, senkrecht unter der Lampe, ohne Reflektor.

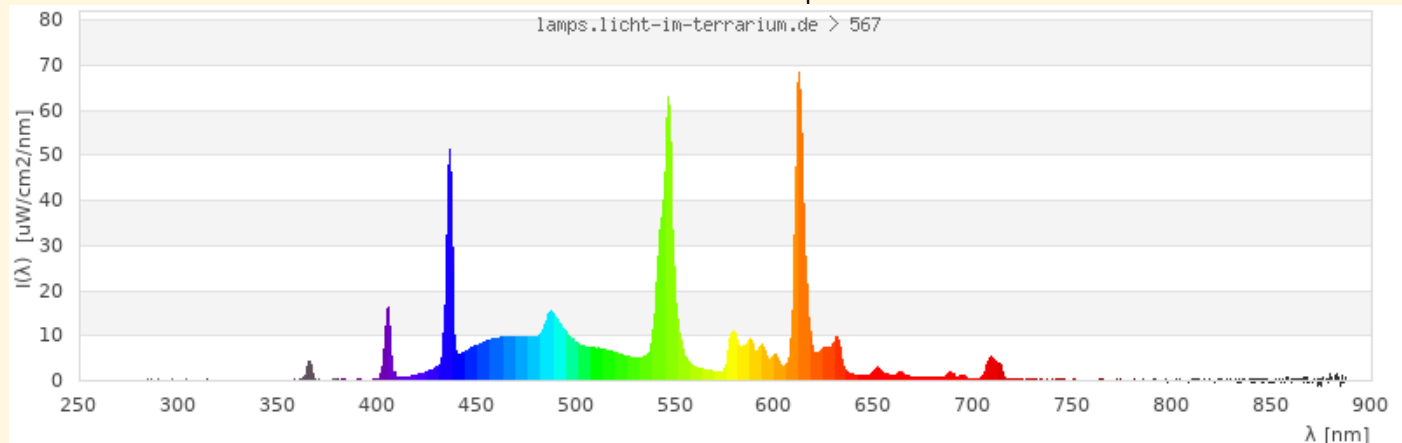
3) Spectral Measurement

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.

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

Professional photometric tests include the usage of an integrating sphere (Ulbricht sphere). This is not the case here and can adulterate the results.

The spectrum was recorded in 10 cm distance vertical under the lamp without a reflector.



UVB (280 – 315 nm)	<5 μW/cm ²	< 0.2 %
UVA1 (315 – 350 nm)	<5 μW/cm ²	< 0.2 %
UVA2 (350 – 380 nm)	19 μW/cm ²	0.8 %
VIS (380 – 780 nm)	2 460 μW/cm ²	98.8 %
FULL (280 – 890 nm)	2 490 μW/cm ²	100 %
Lux	8 090 lx	

3a) Beurteilung des Gesamtspektrums

Das Gesamtspektrum ist typisch für handelsübliche Dreibandenelektrofluoreszenzlampe. Die vom Hersteller angegebenen 3 % UVA konnten nicht reproduziert werden.

3b) Für den Menschen sichtbares Spektrum

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

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

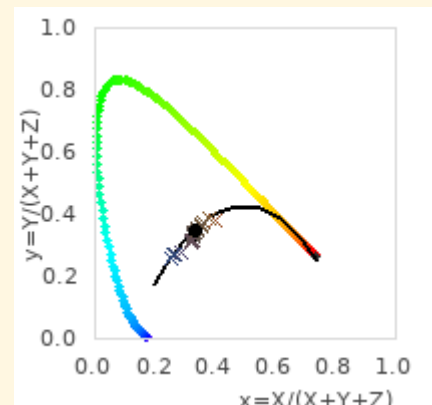
3a) Review of the spectrum

The spectrum is typical for standard off-the-shelf fluorescent lamps using a rare-earth phosphor. The 3 % UVA promised by the box could not be reproduced.

3b) Spectrum visible to humans

The international illumination commission CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*) defines that the range 380 nm to 780 nm shall be used for colour calculations. The spectrometer software “Ocean View” calculates the colour coordinate, correlated colour temperature and colour rendering indices based on that. They are valid for human colour vision only. The CIE colour triangle shows the colour coordinates of the primary colours as coloured line, the colour coordinates of different phases of daylight as crosses, the colour coordinates of black body radiators as black line and the colour coordinate of the lamp as black dot.

(x,y)	(0.33 ; 0.35)
CCT [Kelvin]	5550 K
CRI	89
R1 (light grayish red)	94
R2 (dark grayish yellow)	95
R3 (strong yellow green)	71
R4 (moderate yellowish green)	88
R5 (light buish green)	92
R6 (light blue)	93
R7 (light violet)	92
R8 (light reddish purple)	84
R9 (strong red)	57
R10 (strong yellow)	78
R11 (strong green)	98
R12 (strong blue)	93
R13 (light yellowish pink, human complexion)	91
R14 (moderate olive green)	80
R15 (Japanese complexion)	96



Der angegebene CRI von 96 konnte nicht reproduziert werden.

3c) 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 5b). 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.

The CRI 96 could not be reproduced.

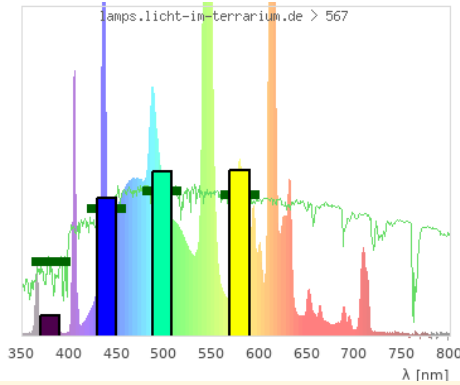
3c) Spectrum visible to reptiles

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 5b). 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.



Aus Reptiliensicht ist die Lampe im Spektrum keine Verbesserung gegenüber handelsüblichen Leuchtstofflampen. Es ist kein zusätzlicher UVA-Leuchtstoff erkennbar, der die Lücke im Spektrum zwischen 350 nm und 420 nm auffüllt.

3d) UV-Spektrum (Vitamin D3)

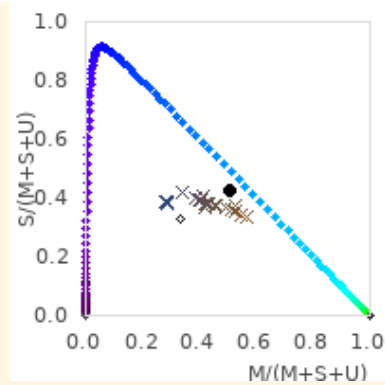
Das Spektrum im UV-Bereich hat in der Terraristik eine besondere Bedeutung, da Lampen zur Vitamin-D3-Versorgung der Tiere eingesetzt werden. UV-Strahlung im Bereich 250 nm bis 320 nm ist in der Lage Vitamin D3 aus 7DH umzuwandeln. Gleichzeitig hat die UV-Strahlung aber auch zellschädigende Wirkung. Die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

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

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

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

- Sonnenspektrum bei 20° Sonnenstand (UV-Index 1,0)
- Sonnenspektrum bei 85° Sonnenstand (UV-Index 14,7)
- Wirkspektrum für die DNA-Schädigung (Setlow1974, DIN 5031-10)
- Wirkspektrum für die Vitamin-D3-Bildung (MacLaughlin1982, DIN 5031-10)



From a reptile's perspective this lamp's spectrum is no improvement compared to off-the-shelf fluorescent lamps. No additional UVA phosphor could be identified that fills the gap in the spectrum in the range 350 nm – 420 nm.

3d) UV Spectrum (Vitamin D3)

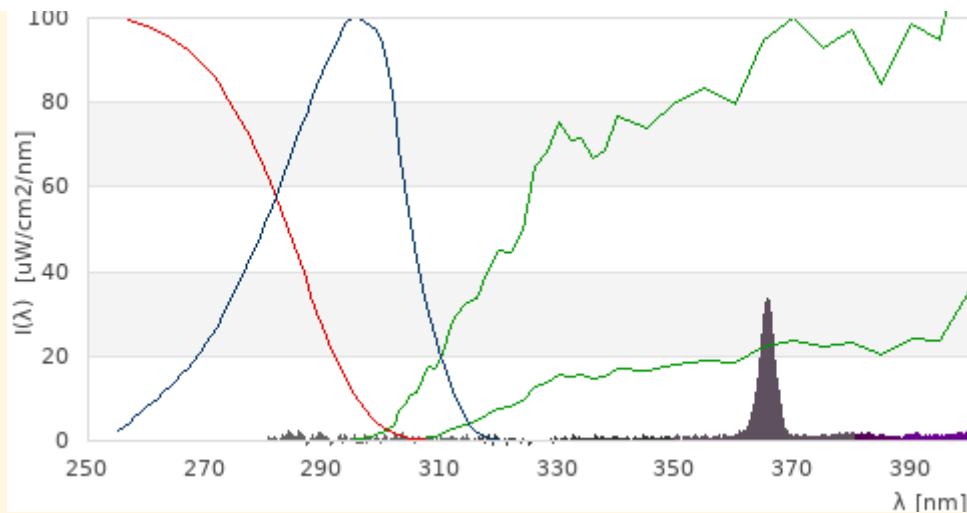
The spectrum in the UV range is of special importance in reptile husbandry because lamps are used as vitamin d3 supply. UV radiation in the range 250 nm to 320 nm is able to convert 7DHC to Vitamin D3. At the same time, UV radiation is damaging to cells. This cell-damaging effect increases with shorter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

Vitamin D3 production in the skin is a complex chemical equilibrium reaction where several substances (7-DHC, previtamin D3, vitamin D3, Tachysterol, Lumisterol, Suprasterols, Trans-Vitamin-D3) are converted into each other. The equilibrium between these substances depends on the spectrum between 250 nm and 350 nm. Shorter wavelengths tend to produce more vitamin D3 and longer wavelengths tend to limit the vitamin D3 production and thus prevent overdosing. Sunlight only converts 20% of the 7-DHC into vitamin D3 while a fluorescent lamp with a narrow band emission at 295 nm converts 60% (MacLaughlin1982).

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

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

- Solar spectrum for 20° solar altitude (UV index 1.0)
- Solar spectrum for 85° solar altitude (UV index 14.7)
- Action spectrum for DNA damage (Setlow1974, DIN 5031-10)
- Action spectrum for Vitamin D3 production (MacLaughlin1982, DIN 5031-10)



Im Vitamin-D3-wirksamen Wellenlängenbereich kann keine über das Messrauschen hinausgehende Strahlung gemessen werden.

In the Vitamin-D3-active wavelength range no radiation above the noise level could be detected.

3e) Blaulichtgefährdung

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

Die effektive Bestrahlungsstärke für Blaulichtgefährdung beträgt $71 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ pro 1.000 lux.

5e) Blue Light Hazard

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

The effective irradiance for blue light hazard is $71 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ per 1000 lux.

4) 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.

4) 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.

5) Zitierte Literatur

- Baines, F. M. & Brames, H. 2010. Preventive Reptile Medicine and Reptile Lighting. Paper read at 1st International Conference on Reptile and Amphibian Medicine, March 4–7, at München.
- Baines, F. M. (2016) How much UV-B does my reptile need? The UV-Tool, a guide to the selection of UV lighting for reptiles and amphibians in captivity. Journal of Zoo and Aquarium Research, 4.
- DIN 5031-10: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik: Photobiologisch wirksame Strahlung, Größen, Kurzzeichen und Wirkungsspektren. Mar 2000. Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIRECTIVE 2006/25/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC).

5) Literature Cited

- Dobbinson, S., Niven, P., Buller, D., Allen, M., Gies, P. & Warne, C. (2016) Comparing Handheld Meters and Electronic Dosimeters for Measuring Ultraviolet Levels under Shade and in the Sun. *Photochemistry and Photobiology*, 92 208–214.
- Ferguson, G. W., Brinker, A. M., Gehrmann, W. H., Bucklin, S. E., Baines, F. M. & Mackin, S. J. (2009) Voluntary exposure of some western-hemisphere snake and lizard species to ultraviolet-B radiation in the field: how much ultraviolet-B should a lizard or snake receive in captivity? *Zoo Biology*, 28.
- Kelber, A., Vorobyev, M. & Osorio, D. (2003) Animal colour vision - behavioural tests and physiological concepts. *Biological Reviews*, 78 81–118.
- Lindgren, J., Gehrmann, W. H., Ferguson, G. W. & Pinder, J. E. (2008) Measuring Effective Vitamin D3-Producing Ultraviolet B Radiation Using Solartech's Solarmeter® 6.4 Handheld, UVB Radiometer. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society*, 43 57–62.
- MacLaughlin, J., Anderson, R. & Holick, M. F. (1982) Spectral character of sunlight modulates photosynthesis of previtamin D3 and its photoisomers in human skin. *Science*, 216 1001–1003.
- Setlow, R. B. (1974) The wavelengths in sunlight effective in producing skin cancer: a theoretical analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 71 3363–3366.
- Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm). (1997) *Health Physics*, 73 539–554.