

Allgemeine Information	General information
Messwerte und Beurteilung	Measurement and Analysis

Test-Report

Hobby UV Power Star 70W (03/2021)

Zusammenfassung

Die Lampe strahlt sehr fokussierte und intensive UV-Strahlung ab und ist daher für große Terrarien geeignet. Sie könnte Ferguson-Zone III in knapp 1m Abstand auf einem Durchmesser von 15 cm erzeugen. In bis zu 2m Abstand kann Ferguson Zone I auf etwa 50 cm Durchmesser erreicht werden. Dabei muss wegen der intensiven UV-Strahlung sichergestellt sein, dass die Tiere und der Pfleger nicht näher an die Lampe gelangen können.

Das Spektrum ist – wie für die meisten UV-Metallhalogeniddampflampen typisch – gut zur Vitamin-D3-Bildung geeignet.

Alterungsverhalten der Lampe wurde nicht getestet.

Summary

This lamp emits very focused and intense UV radiation and may be used in large terrariums. It may create Ferguson zone III in 1 m distance at a diameter of 15 cm. In up to 2 m distance Ferguson zone I with approximately 50 cm diameter can be created. Because of the intense UV radiation it must be ensured that neither animal nor keeper can get closer to the lamp.

The spectrum is typical for uv metal halide lamps and suitable for vitamin D3 synthesis.

Long term aging has not been studied.

1) Beschreibung der Lampe

Die UV-Halogenidmetaldampflampe hat einen PAR30-Reflektor und E27-Fassung. Der Hersteller gibt folgende Parameter an:

- „Optimaler Abstand 65 cm“, „UV-B Optimum: 150 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ “
- 45 cm / 36,2 cm \varnothing / 566 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ / 117000 lx / 38°C
- 60 cm / 46 cm \varnothing / 320 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ / 64500 lx / 33°C
- 75 cm / 55,7 cm \varnothing / 204 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ / 40200 lx / 31 °C
- 90 cm / 65,5 cm \varnothing / 138 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ / 30000 lx / 29 °C
- PAR30, 16° Abstrahlwinkel
- 5684 K, Ra = 70,09, 2694 lm

Die Angabe der Photometrischen Daten auf 4 Stellen genau ist überraschend, da sowohl Messgenauigkeit als auch Fertigungsschwankungen deutlich größer sein dürften.

1) Lamp Description

The UV metal halide lamp has a PAR30 reflector and E27 screw fitting. The manufacturer gives the following parameters:

- “optimal distance 65 cm”, “UV-B optimum: 150 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ”
- 45 cm / 36,2 cm \varnothing / 566 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ / 117000 lx / 38°C
- 60 cm / 46 cm \varnothing / 320 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ / 64500 lx / 33°C
- 75 cm / 55,7 cm \varnothing / 204 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ / 40200 lx / 31 °C
- 90 cm / 65,5 cm \varnothing / 138 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ / 30000 lx / 29 °C
- PAR30, 16° angle
- 5684 K, Ra = 70,09, 2694 lm

The photometrical data with 4 digits is surprising, because measurement accuracy as well as fluctuations within one batch should be significantly larger.



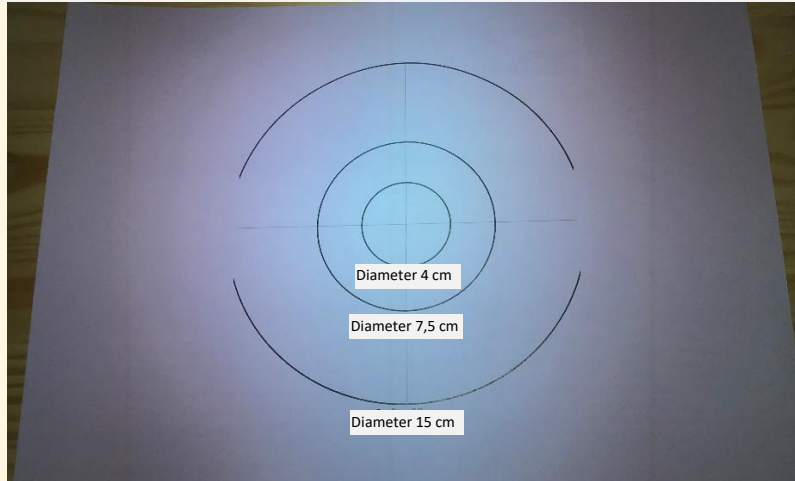
2) Visuelle Lichtverteilung

Die Verteilung der sichtbaren Strahlung wird mit einem Foto einer weißen, beleuchteten Fläche visualisiert. Falls Unterschiede im UVA-Spektrum zu erwarten sind wird das Foto auch mit einer UVA-Kamera aufgenommen (Sony NEX-6 mit entferntem UV/IR-Sperrfilter vor dem CCD Sensor; ZEISS

2) Visible Light Distribution

The distribution of visible light is visualized by a photo of a white illuminated area. If difference between visible and UVA spectrum are expected, this photo is also taken with a UVA camera (Sony NEX-6 with removed UV/IR-cutoff filter in front of the CCD sensor; ZEISS Touit 1.8/32 lens; heliopan UG1 filter; sensitivity approximately ca. 360 nm – 380 nm).

Touit 1.8/32 Linse; heliopan UG1 Filter; Empfindlichkeit ca. 360 nm – 380 nm).



Die Intensität ist homogen ohne „Brennpunkte“, jedoch mit deutlichem Farbverlauf.
Die Packungsangabe von 50 cm Durchmesser in 65 cm Abstand wird nicht annähernd erreicht. Der tatsächliche Durchmesser des Lichtkegels ist etwa 20-25 cm.

The intensity is homogeneous without focal spots, but with a significant colour variation.
The packaging specification of a diameter of 50 cm at a distance of 65 cm is nowhere near achieved. The actual diameter of the light cone is around 20-25 cm.

3) Temperatur

Bei 20°C Umgebungstemperatur werden in 65 cm Abstand 43°C auf einer schwarzen Schieferplatte mit einem Infrarot-Thermometer gemessen.
Da in dieser Entfernung die UV-Strahlung zu intensiv ist, ist die Wärmestrahlung dieser Lampe praktisch kaum nutzbar.

3) Temperature

At 20 °C background temperature, 43°C were measured on a black slate in 65 cm distance with a infrared thermometer.
Because the high UV intensity does not permit using the lamp in that distance, the heat radiation from this lamp will hardly be usable.

4) Elektrischer Verbrauch

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

4) Power

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

Leistung / power [W]	74.3
Spannung / voltage [V]	232
Strom / current [A]	0.32
Leistungsfaktor / Power factor	100

Die Lampe wurde mit einem elektronischen Vorschaltgerät „CLE-MU-70W-8B“ betrieben

The lamp was operated with an electronic ballast „CLE-MU-70W-8B“.

5) 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.

5) Spectral Measurement

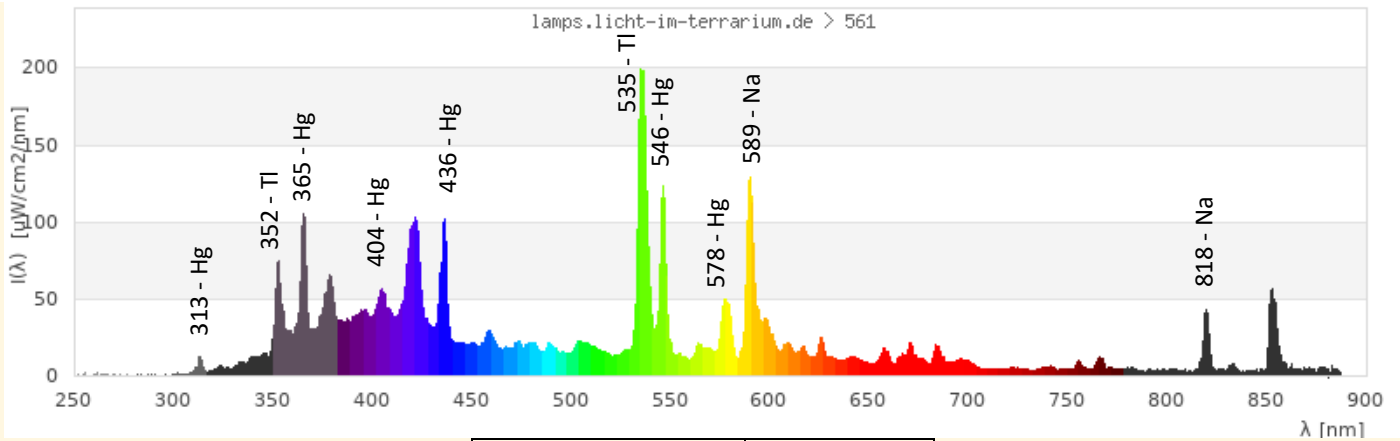
Spectral measurements are taken with an “Ocean Optics USB 2000+” spectrometer with cosine corrector. It is calibrated for wavelength and absolute irradiance. The measurement range is 250 nm to 880 nm with a resolution of 0.38 nm.

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.

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.

Das Spektrum wurde nach 10 Stunden Einbrennzeit im zentralen Bereich unter der Lampe gemessen.

The spectrum was recorded after 10 hours of burning in in the central area underneath the lamp.



UVB (280 – 315 nm)	55 μW/cm ²
UVA1 (315 – 350 nm)	1070 μW/cm ²
UVA2 (350 – 380 nm)	1420 μW/cm ²
VIS (380 – 780 nm)	9500 μW/cm ²
UV-Index	6,8
Lux	25.000 lx

5a) Beurteilung des Gesamtspektrums

Das Gesamtspektrum ist typisch für UV-Metallhalogeniddampflampen. Die UV-Strahlung ist ausgewogen. Die Lampe erzeugt viel helles Licht mit akzeptablen Farbeigenschaften.

5b) 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.

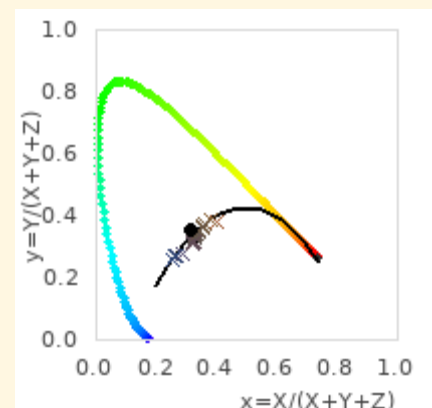
5a) Review of the spectrum

The spectrum is typical for UV metal halide lamps. The UV spectrum is balanced. The lamp emits bright visible light with acceptable colour properties.

5b) 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)	0.31;0.35
CCT [Kelvin]	6300
CRI	67
R1 (light grayish red)	67
R2 (dark grayish yellow)	71
R3 (strong yellow green)	63
R4 (moderate yellowish green)	66
R5 (light bluish green)	65
R6 (light blue)	68
R7 (light violet)	88
R8 (light reddish purple)	51
R9 (strong red)	-84
R10 (strong yellow)	25
R11 (strong green)	66
R12 (strong blue)	47
R13 (light yellowish pink, human complexion)	66
R14 (moderate olive green)	77
R15 (Japanese complexion)	47



Das Licht wirkt auf mich kalt-weiß und leicht unangenehm. Die Verpackungsangaben zur Farbtemperatur und Farbwiedergabe werden im Rahmen der Fertigungsschwankungen etwa getroffen. Die hier ermittelte Farbtemperatur ist höher als die Packungsangabe, was auch am Farbverlauf liegen kann. Das Spektrum wurde im bläulichen Bereich zentral unter der Lampe gemessen, während die Packungsangaben vermutlich auf einer Messung mit Ulbricht-Kugel beruht, bei der alle Abstrahlwinkel berücksichtigt werden.

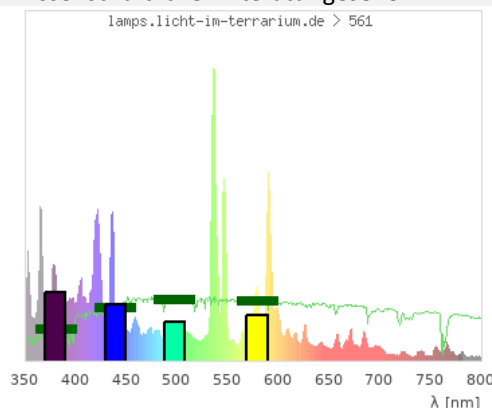
5c) Für Reptilien sichtbares Spektrum

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 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.



Durch den hohen Anteil an blauer und UVA Strahlung wird die Lampe für Reptilien eine höhere Farbtemperatur als das Sonnenlicht haben. Ich vermute, dass die Farbe für Reptilien weißlich aber mit deutlichem Farbstich sein wird.

5d) 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.

The light appears cold-white and a bit uncomfortable. The colour temperature and colour rendering index on the box are met within production variations. The colour temperature measured here is higher than the value on the box. This might also be caused by the colour variation. The spectrum was recorded in the blueish area central underneath the lamp. On the other hand the value on the box likely originates from a measurement using an integrated sphere. This includes all angles.

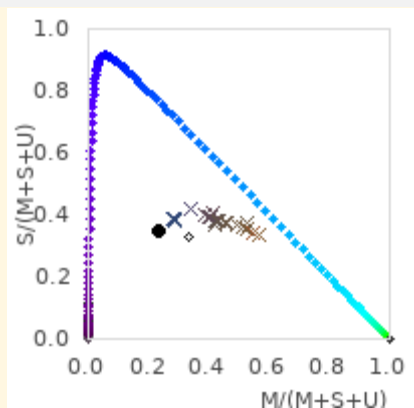
5c) Spectrum visible to reptiles

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.



The high amount of blue and uva radiation will appear as a higher CCT than sunlight to reptiles. I assume that the colour of this lamp is whitish with a significant colour tint to reptiles.

5d) 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

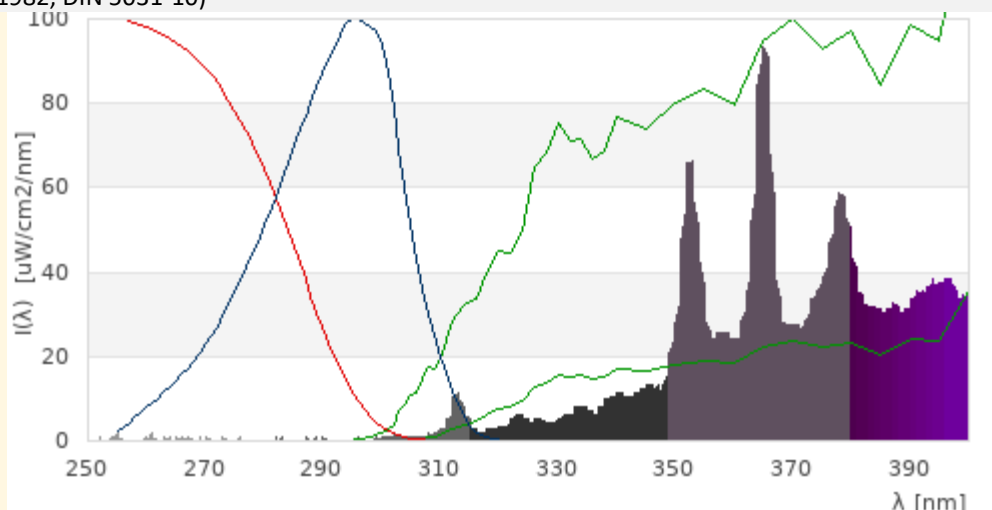
Gleichzeitig hat die UV-Strahlung aber auch zellschädigende Wirkung. Die Zellschädigende Wirkung nimmt mit kürzerer Wellenlänge zu.

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 skaliert auf UV-Index 6,0 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)



Das Spektrum ist gut zur Vitamin-D3-Bildung geeignet. Es gibt keine gefährliche Strahlung unterhalb von 300 nm, der UVA-Bereich zwischen 315-350 nm ist ausreichend gefüllt.

5e) 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

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 scaled to UV index 6.0 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)

The spectrum is suitable for vitamin D3 production. There is no hazardous radiation below 300 nm. The UVA range 315-350 nm is filled sufficiently.

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

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 99 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ pro 1.000 lux – gemessen im bläulichen Bereich zentral unter der Lampe.

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 99 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ per 1000 lux – measured in the blueish area central underneath the lamp.

6) Intensitätsmessungen

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

Die UV-Bestrahlungsstärke wird mit Solarmeter UV Radiometern gemessen. Diese Messgeräte haben sich in den letzten Jahren aufgrund des Preis-Leistungs-Verhältnisses durchgesetzt und werden von zahlreichen Terrarianern aber auch in der Wissenschaft und Feldforschung eingesetzt (Ferguson2009, Dobbins2016, Lindgreen2008).

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

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

Intensitätsmessungen wurden nach 10 Stunden Einbrennzeit durchgeführt.

Distance [cm]	10	65	100	150
Solarmeter 6.2 UVB [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]		430	183	80
Solarmeter 6.5 UVI		13,4	5,7	2,5
Solarmeter 8.0 UVC [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]	0	0	0	0
Luxmeter [lx]		88.100	35.500	15.500

Die UV-Strahlung ist deutlich intensiver als auf der Verpackung angegeben. Im empfohlenen Abstand von 65 cm ist die UV-Strahlung gefährlich hoch. Der Mindestabstand sollte 100 cm betragen.

6) Intensity measurements

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

The irradiance of UV light is measured with Solarmeter UV broadband meters. These broadband meters have become widely accepted within reptile keepers and scientific research due to their cost-performance ratio (Ferguson2009, Dobbins2016, Lindgreen2008).

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

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

All intensity measurements were performed after 10 hours of burning in.

The uv is significantly more intense than stated on the box. At the recommended distance of 65 cm the UV index is dangerously high. The distance should be at least 100 cm.

6a) Solarmeter-Verhältnis

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

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

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

Das Solarmeter-Verhältnis von 32 ist typisch für UV-Metallhalogeniddampflampen und konsistent mit dem sicheren UV-Spektrum.

6b) Iso-Bestrahlungsstärke-Karte

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

- Ferguson-Zone 1 (Schattenmethode): UV-Index < 0.7 auf einer Fläche deutlich größer als das Tier für dämmerungsaktive Tierarten oder Tiere die zurückgezogen im Schatten leben.
- Ferguson Zone 2 (Schattenmethode): UV-Index $0,7 - 1,0$ auf einer Fläche deutlich größer als das Tier für Tierarten, die gelegentlich sonnen.
- Ferguson Zone 3 (Sonnenmethode): UV-Index $2,9 - 7,4$ auf einer Fläche, die der Körpergröße des Tieres entspricht, zusammen mit hellem Licht und Wärmestrahlung für Tierarten, die zurückgezogen zur Thermoregulation sonnen.
- Ferguson Zone 4 (Sonnenmethode): UV-Index $4,5 - 8,0$ auf einer Fläche, die der Körpergröße des Tieres entspricht, zusammen mit hellem Licht und Wärmestrahlung für Tierarten, die auch zur Mittagszeit in der vollen Sonne zur Thermoregulation sonnen.

6a) Solarmeter Ratio

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

This phosphor was reliably identified by the ratio of the measured values of Solarmeter 6.2 and Solarmeter 6.5.

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

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

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

The Solarmeter ratio of 32 is typical for many UV metal halide lamps and is consistent with the save UV spectrum.

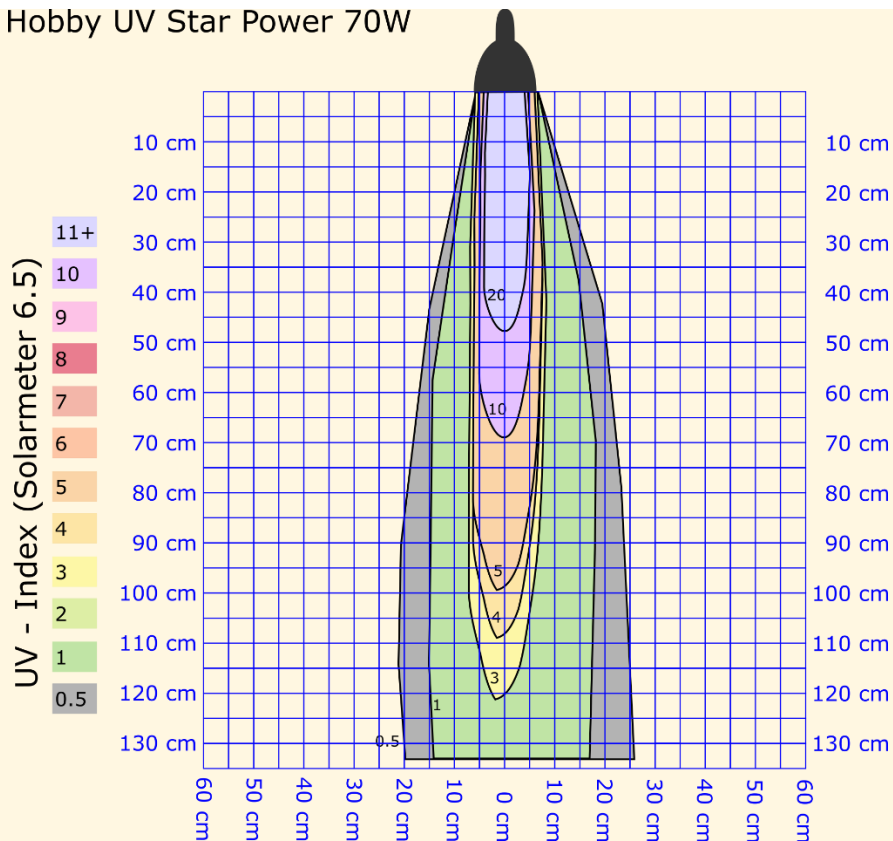
6b) Iso-Irradiance Charts

The irradiance is measured with the Solarmeter 6.5 in a vertical plane underneath the lamp and lines of equal irradiance are determined. These iso-irradiance-chart show how the lamp can be used for animals of different size.

According to the concept of the Ferguson zones, there are four main variants for UVB illumination (Baines2016):

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

Hobby UV Star Power 70W



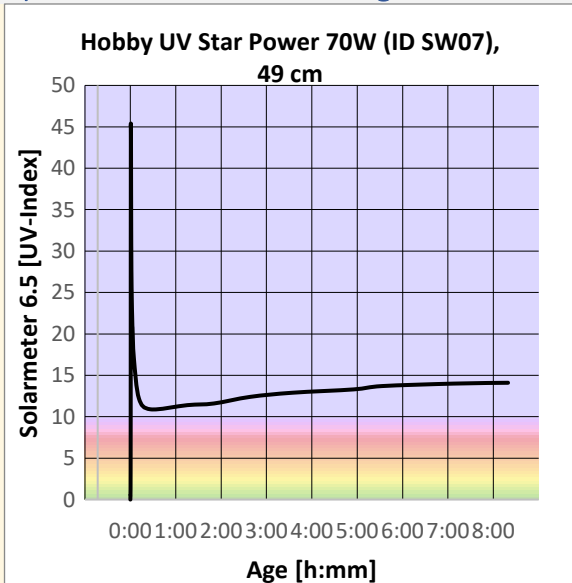
10 h burn in, 03/2021, ID SW07, © Sarina Wunderlich, www.licht-im-terrarium.de

In 150 cm Abstand hat die Kreisfläche, auf der ein UV-Index zwischen 1,5 und 2,5 erreicht wird, 20 cm Durchmesser. Die Lampe erscheint mir sinnvoll, um Ferguson-Zone I oder II in 1,5 m bis 2 m Abstand auf einer Fläche von bis zu 50 cm Durchmesser zu erreichen. Ferguson Zone III wird in etwa 1 m Abstand auf einem Durchmesser von weniger als 20 cm erreicht. Im Gegensatz dazu gibt die Verpackung einen Durchmesser von etwa 70 cm bei 1 m Abstand an.

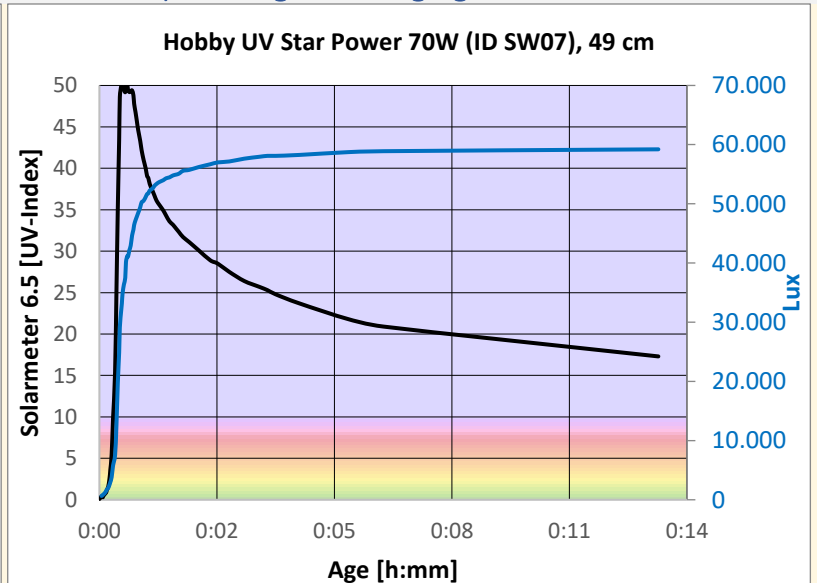
In 150 cm distance the circle with the UV index between 1.5 and 2.5 is 20 cm in diameter. The lamp appears useful to create Ferguson zone I or II in 1.5 to 2.0 m distance on an area of up to 50 cm diameter. Ferguson zone III can be created in roughly 1 m distance on an area of less than 20 cm diameter. In contrast, the box specifies a diameter of roughly 70 cm at 1 m distance.

6c) Einbrennen und Alterung

6c) Burning in and Aging



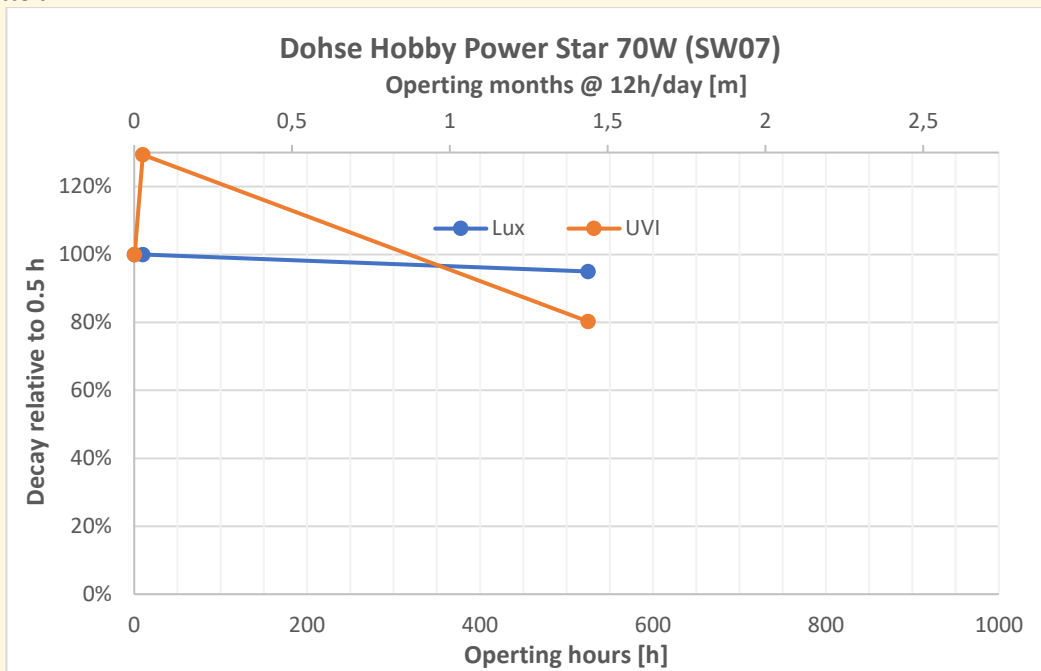
Das Einbrennverhalten der Lampe ist typisch für Metallhalogeniddampflampen. Direkt nach dem Anschalten der Lampe ist wenig sichtbare Strahlung aber sehr viel UV-Strahlung vorhanden, da hauptsächlich die Quecksilberemission vorliegt. Innerhalb der ersten Betriebsstunden steigt die UV-Intensität an.



The burning in is typical for metal halide lamps. Directly after switching the lamp on, there is little visible light and a lot of UV radiation due to the mercury emission. Within the first hours of operation the UV intensity increases.

Das Alterungsverhalten über ein Jahr Betriebsdauer wurde noch nicht ermittelt.

Aging over one year of operation has not been measured yet.



7) 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.

7) 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.

8) 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).
- 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.

8) Literature Cited

- 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 3 μ m). (1997) *Health Physics*, 73 539–554.