

Alternative UV Meters: Hobby UV Card R>>G-Instrument UV-Index Meter

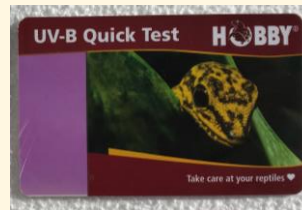
1) Zusammenfassung

- Die UV-Messgeräte wurden mit dem aktuellen Standard in der Reptilienhaltung (Solarmeter 6.5 UV-Index Messgerät) und einem Spektrometer für verschiedene Lampen mit unterschiedlichen Spektren und Intensitäten verglichen.



Summary

- The UV meters were compared to the current standard in reptile husbandry (Solarmeter 6.5 UV-Index meter) and a spectrometer for various lamps with different spectra and different intensities.



1a) R>>G Instrument UV-Index Messgerät

- Bei verschiedenen Lichtquellen zeigt das R>>G-Instrument Messgerät zwischen 74% und 178% meines Solarmeter 6.5 Messwerts an.

R>>G Instrument UV-Index Meter

- For different light source the R>>G-Instrument meter was reading between 74% and 178% of my Solarmeter 6.5 value.

	R>>G Instrument	Solarmeter 6.5
VivTech Mid Day Blaze (305-nm-LED)	87%	100%
LightStorm (275-nm-LED)	74%	100%
AiM Back to Nature Reptile T8 15W (non-terrestrial UVB)	75%	100%
sera reptil desert compact 20W 10% (sun-like fluorescent)	86%	100%
Very strong UV-MH (150W, unbranded)	85%	100%
Typical UV-MH (70W, unbranded)	115%	100%
Very old UV-MH (50W)	178%	100%

- Das kleinste Verhältnis haben Lampen mit nicht-terrestrischen UVB oder UVC. Das ist besonders deshalb ein Problem, weil ich weiß, dass mein Solarmeter 6.5 bereits nur 50% dessen anzeigt, was andere Solarmeter 6.5 (und das Spektrometer) anzeigen. Solche Lampen waren um 2007 mit ernststen Gesundheitsproblemen assoziiert. **Es ist gefährlich, dass das R>>G-Instrument Messgerät für diese Lampen den kleinsten Messwert anzeigt.**
- Das größte Verhältnis (fast doppelt so hoch) hat ein sehr alte UV-HQI-Lampe, die nur sehr wenig langwelliges UVB und viel UVA abstrahlt. **Es ist gefährlich, dass das R>>G-Instrument Messgerät noch einen Messwert anzeigt, der ok scheint, wenn die Lampe nicht mehr für die Vitamin-D3-Bildung geeignet ist.**
- Die einzelnen Solarmeter variieren in ihrer spektralen Empfindlichkeit. Es ist nicht klar, ob dieses R>>G-Instrument Messgerät repräsentativ ist oder ein Ausreißer. Es könnte sein, dass andere R>>G-Instrument Messgerät deutlich besser, aber auch schlechter sind.
- Trotz des deutlichen Preisvorteils überwiegen für mich bei diesem Messgerät die Unsicherheiten.** Ich gehe davon aus, dass Fertigungsschwankungen bei der Produktion der Solarmeter, die von einer großen Zahl von Haltern genutzt

- The smallest ratio was found for lamps with non-terrestrial UVB or UVC. This is especially a problem, because I know that my Solarmeter 6.5 is already reading only 50% of what other Solarmeter 6.5 meters (and the spectrometer) reads. Lamps like these have been associated with serious health issues around 2007. **It is dangerous that the R>>G-Instrument meter gives the lowest readings for these lamps!**
- The largest ratio (almost twice the Solarmeter reading) was found for a very old UV metal halide that emits only very long-wavelength UVB and a lot of UVA. **It is dangerous that the R>>G-Instrument meter still gives an okay-ish reading for a lamp no longer suitable for Vitamin-D3-Synthesis.**
- The individual Solarmeters differ in their spectral response. It is not clear if this individual meter is representative or an outlier. That means, other R>>G Instrument meters might perform considerably better but also considerably worse.
- Despite the clear price advantage, the uncertainties predominate for me with this meter.** I assume that manufacturing fluctuations in the production of the solarmeters, which are used by a large number of reptile keepers and where there is a good exchange of the measured values, will be noticed more quickly.

werden und wo guter Austausch zu den Messwerten existiert, rascher auffallen werden.

- Das R>>G-Instrument Messgerät hat eine schlechte Kosinus-Korrektur. Es wird daher den UV-Index nahe an einer großen Lampe (z.B. einer Leuchtstoffröhre) deutlich (fast einen Faktor 2) unterschätzen.

1b) UV-Karte

- Die Färbung der UV-Karte wird durch fünf Zahlen ausgedrückt:
0 – keine Farbänderung, auch nach >10 Sekunden
1 – schwache Farbänderung nach einigen Sekunden
2 – Farbänderung nach wenigen Sekunden
3 – starke Farbänderung
4 – sofortige sehr starke Farbänderung
- Die Farbänderung stimmt überhaupt nicht mit dem gemessenen UV-Index überein. Eine Farbänderung kann einem UV-Index von 41,6 bei einer UVB-LED oder einem UV-Index von 0,0 bei einer alten UV-HQI entsprechen.
- Die Lichtquellen mit der kurzwelligsten UVB oder UVC Strahlung aber ohne UVA (die LEDs) haben die schwächste Reaktion (siehe 6a), 6b).
- Die UV-HQI-Lampen zeigen die stärkste Reaktion, selbst dann wenn entweder der Abstand so groß war oder das Spektrum so stark gealtert, dass kaum UV mit dem Solarmeter gemessen wird (siehe 6e),0,0.
- **Die UV-Karte ist völlig unbrauchbar für ihren eigentlichen Zweck, herauszufinden, ob eine Lampe noch UV für die Vitamin-D3-Bildung abstrahlt. Besonders bei UV-HQI-Lampen (und dann wahrscheinlich auch für UV-Mischlichtlampen)**
- Anhand der verschiedenen Lampenspektren kann abgeleitet werden, dass die Karte hauptsächlich auf UVA reagiert.

- The R>>G-Instrument meter has a poor cosine correction. So, it will significantly (almost a factor of 2) under-estimate the UV-Index close to lamps of larger size, like fluorescent lamps.

UV Card

- The response of the UV card was quantified by five numbers:
0 – no colour change, even after >10 sec
1 – weak colour change after several seconds
2 – colour change after a few seconds
3 – strong colour change
4 – instantaneously very strong colour change
- The colour change is not at all correlated with the measured UV index. A colour change can correspond to UVI 41,6 from a UVB-LED or to UVI 0,0 from an old metal halide.
- The light sources with short wavelength UVB or UVC emission but no UVA (the LEDs) give the weakest response (see 6a), 6b).
- The two fluorescent lamps gave almost identical responses even though the spectrum was quite different (see 6c), 6d).
- The metal halide lamps result in a very strong response of the card, even when either the distance was so large or the spectrum aged so far, that hardly any UV could be detected with the Solarmeter (see 6e),0,0.
- **The UV card is completely useless for its intended purpose of checking if a lamp still emits UV for vitamin D3 synthesis, especially for metal halide lamps (and then likely also for mercury vapour lamps).**
- From the response to different lamp spectra, it can be deduced that the card mainly responds to UVA.

Strength of the colour change		Solarmeter 6.5 reading corresponding to card color				
		4	3	2	1	0
VivTech Mid Day Blaze (305-nm-LED)				41,6	16,6	8,9
LightStorm (275-nm-LED)					19,3	9,5
AiM Back to Nature Reptile T8 15W (non-terrestrial UVB)			4,3	2,9	1,5	
sera reptil desert compact 20W 10% (sun-like fluorescent)			3,0	2,0	1,0	
Very strong UV-MH (150W, unbranded)	<< 9,1					
Typical UV-MH (70W, unbranded)	1,0	0,7				
Very old UV-MH (50W)	0,2	0,1	0,0	0,0		

2) Inhaltsverzeichnis

1) Zusammenfassung	1
1a) R>>G Instrument UV-Index Messgerät.....	1
1b) UV-Karte	2
2) Inhaltsverzeichnis.....	3
3) Beschreibung der Messgeräte	3
4) Hintergrund zu UV-Radiometern	5
4a) Wie Radiometer funktionieren: Spektrale Empfindlichkeit	5
4b) Wie Radiometer funktionieren: Winkel-abhängigkeit / Sichtfeld / Kosinuskorrektur	6
4c) Schwierigkeiten bei der Messung: Abstand	7
4d) Andere Einflussgrößen	7
5) Methoden	8
5a) Messwerte in verschiedenen Abständen	8
5b) Kosinuskorrektur / Winkelabhängigkeit.....	8
5c) UV-Index aus Spektralmessung	9
5d) UV-Karte	9
6) Messdaten verschiedener Lampen	9
6a) VivTech Mid Day Blaze	9
6b) LightStorm UVB LED	10
6c) sera reptil desert compact 20W 10%	11
6d) AiM Back to Nature T8 15W Leuchtstoffröhre	12
6e) Sehr intensive UV-HQI 150W	13
6f) Durchschnittliche UV-HQI 70W	15
6g) Sehr alte UV-MH 50W	16
7) Winkelabhängigkeit	17
8) Solarmeter Vergleich.....	17
9) Literatur	18
10) Einschränkungen	18

Table of contents

... 1) Summary
... 1a) R>>G Instrument UV-Index meter
... 1b) UV card
... 2) Table of contents
... 3) Description of meters
... 4) Background info about radiometers
... 4a) How does a meter work: Spectral response
... 4b) How does a meter work: Angular response / field of view / cosine correction
... 4c) Difficulties during measurements: Distance
... 4d) Other factors
... 5) Methods
... 5a) Meter readings in various distances
... 5b) Cosine correction / Angular dependence
... 5c) Spectrometer based UV-Index
... 5d) UV Card
... 6) Measurement data
... 6a) VivTech Mid Day Blaze
... 6b) LightStorm UVB LED
... 6c) sera reptil desert compact 20W 10%
... 6d) AiM Back to Nature T8 15W fluorescent tube
... 6e) 150W UV-MH
... 0 Very Old UV-MH 50W
... 0 Standard UV-MH 70W
... 7) Angular dependence
... 8) Solarmeter comparison
... 10) Literature
... 10) Limitations

3) Beschreibung der Messgeräte

Das Solarmeter 6.5 wird häufig in der Reptilienhaltung und in herpetologischen Studien eingesetzt. Seine Abmessungen sind 10,6 x 6,2 x 2,2 cm.

Es hat sich bewährt, da der Solarmeter 6.5-Messwert gut mit der gebildeten Menge an Vitamin D3 korreliert (Lindgren2008), und Lampen mit kurzwelligem UV-Spektrum, die mit schweren Hautschäden assoziiert waren, damit gut identifiziert werden konnten (Gardiner2009, Baines2010). Zudem wurde dieses Messgerät bei der Entwicklung der Ferguson-Zonen verwendet (Ferguson2010, Baines2016). Es gibt eine große Gemeinschaft an Reptilienhaltern und Herpetologen, die dieses Messgerät nutzen, so dass eine Vergleichbarkeit der Messwert gegeben ist und die Hoffnung besteht, dass Veränderungen der Messgeräte, wie 2016, schnell auffallen.

Das R>>G-Instrument Messgerät ist aktuell auf verschiedenen Plattformen wie amazon, ebay oder direkt aus dem asiatischen Raum bei aliexpress erhältlich und deutlich billiger als das Solarmeter 6.5. Es hat eine Gummi-Hülle und ein chinesisches Kalibrationszertifikat. Ohne die Gummi-Hülle sind die Abmessungen 13,6 x 7,0 x 2,5 cm. Die Gummi-Hülle schützt das Messgerät, macht es aber auch noch größer. Viele Reptilienhalter finden das Solarmeter 6.5 bereits zu groß, um die UV-Strahlung am Sonnenplatz zu messen. Ein flacheres Messgerät wäre für diesen Zweck besser.

Description of Meters

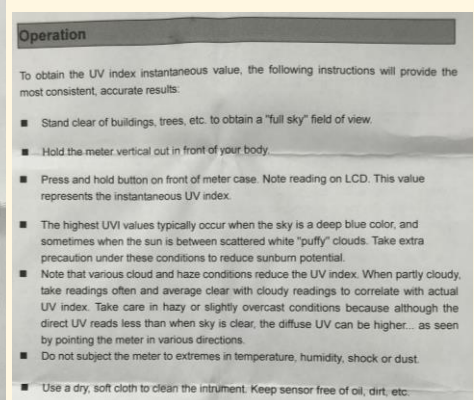
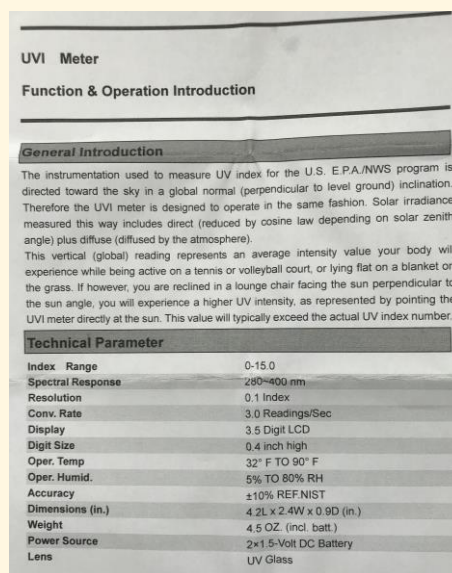
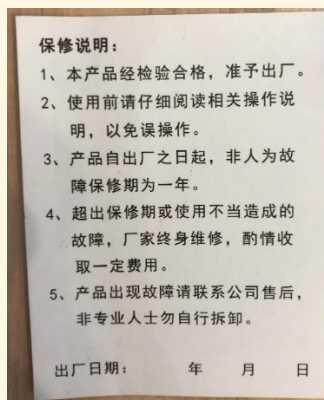
The Solarmeter 6.5 is widely used in reptile husbandry and herpetological scientific studies. Its dimensions are 10,6 x 6,2 x 2,2 cm.

It is established because the solar meter 6.5 reading correlates well with the amount of vitamin D3 produced (Lindgren2008), and lamps with a short-wavelength UV spectrum, which were associated with severe skin damage, could be identified (Gardiner2009, Baines2010). This meter was also used in the development of the Ferguson zones (Ferguson2010, Baines2016). There is a large community of reptile keepers and herpetologists who use this meter, so that the reading is comparable and there is hope that changes in the meter, as in 2016, will be noticed quickly.

The R>>G Instrument is currently available on various platforms like amazon, ebay or directly from the Asian region on aliexpress and considerably cheaper than the Solarmeter 6.5. It comes in a rubber case and a Chinese calibration certificate. Its dimensions without the rubber case are 13,6 x 7,0 x 2,5 cm. The rubber case protects the meter; however, it makes the meter even bigger. Many reptile keepers already consider the Solarmeter 6.5 too big to measure basking zone UV. A flatter meter is preferable for that purpose.

In contrast to the Solarmeter the button permanently switches the meter on, which some users will find helpful. Also, in contrast to the Solarmeter the reading does not flicker. The

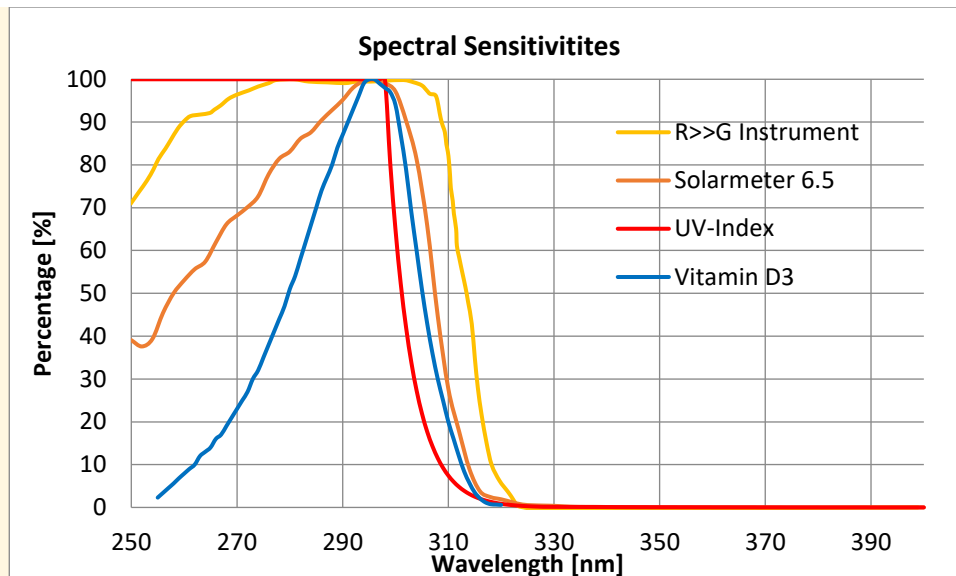
Im Gegensatz zum Solarmeter schaltet der Einschaltknopf das Messgerät dauerhaft an. Das werden viele Nutzer praktisch finden. Auch im Gegensatz zum Solarmeter flackert die UV-Anzeige nicht. Beim Solarmeter schwankt der angezeigte Wert meist um $\pm 0,1$ manchmal auch um bis zu $\pm 0,3$. Zusätzlich auffällig: Bei UV-HQI-Lampen und hohem UV-Index (>50) gibt es eine Fehlfunktion des R>>G-Instrument Messgeräts: Die Messwerte steigen immer weiter an, obwohl das Messgerät nicht bewegt wird.



Die Bedienungsanleitung enthält keine Information über die spektrale Empfindlichkeit, aber die Produktbeschreibung auf Amazon enthält ein Spektrum. Die Spektrale Empfindlichkeit des R>>G-Instrument Messgeräts zeigt große Ähnlichkeit mit der des GUVB-T21GH AlGaIn-UV-Photodiode von Genicom Co., Ltd. Die folgende Grafik vergleicht die spektralen Empfindlichkeiten des R>>G-Instrument Messgeräts, des Solarmeter 6.5, die Definition des UV-Index (Erythem-Wirkfunktion) und die Definition der Vitamin-D3-Wirkfunktion. Das Solarmeter 6.5 weicht weniger stark von der UV-Index-Funktion ab und passt besser zur Vitamin-D3-Funktion. Das R>>G-Instrument Messgerät weicht deutlich von beiden ab und ist stärker auf langwellige Strahlung empfindlich. Falls beide Messgeräte ihrer Spezifikation entsprechen, ist das Solarmeter 6.5 besser geeignet, die Risiken einer Lampe für UV-Verbrennungen (UV-Index) und ihren Nutzen für die Vitamin-D3-Bildung zu beurteilen.

Solarmeter reading usually goes up and down ± 0.1 or even up to ± 0.3 . One additional feature is peculiar: With UV-MH lamps and high UV index (>50) there is a maloperation: the reading of the R>>G-Instrument meter increases constantly even though the meter is not moved towards the lamp.

The manual does not provide a spectral sensitivity curve, but one of the product descriptions on amazon. The spectral sensitivity of the R>>G instrument meter is very similar to that of the GUVB-T21GH AlGaIn UV photodiode from Genicom Co., Ltd. The following graph compares the spectral sensitivities of the R>>G Instrument meter, the Solarmeter 6.5, the definition of the UV-Index (erythema action curve) and the definition of the Vitamin-D3 action spectrum. The Solarmeter 6.5 differs less from the erythema action spectrum and follows the Vitamin D3 action spectrum quite closely. The R>>G Instrument meter differs from both and is more sensitive towards longer wavelengths. If both meters really match their specifications, the Solarmeter 6.5 is superior in assessing a lamp's risk of UV damage (erythema) and its ability to provide Vitamin D3.

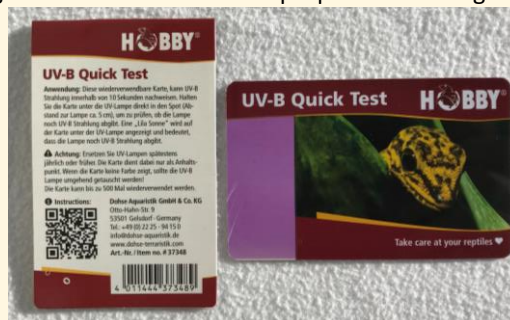


Als Hersteller der „RGM-UV“ Messgeräte, von denen es nicht nur ein UV-Index-Messgerät sondern auch UVC, UVB, UVA+UVB und UVA gibt, wird teilweise „Shanghai Run-Goal Automation Tech Co LTD“ angegeben.

UV-Testkarten sind von verschiedenen Marken erhältlich. Die getestete Karte ist von Hobby / Dohse Terraristik. Die Karte enthält einen kleinen Konversionsschirm, der seine Farbe von weiß zu pink ändern, wenn UV-Strahlung absorbiert wird.

"Shanghai Run-Goal Automation Tech Co LTD" is sometimes given as the manufacturer of the "RGM-UV" meters, of which there is not only a UV index meter but also UVC, UVB, UVA+UVB, and UVA.

UV test cards are available from various brands. The UV card on test is from Hobby / Dohse Terraristik. The card contains a small conversion screen that changes its colour from white to purple when UV light is absorbed.



4) Hintergrund zu UV-Radiometern

4a) Wie Radiometer funktionieren: Spektrale Empfindlichkeit

Licht, das auf ein UV-Messgerät fällt, muss zuerst den Filter passieren bevor es die Photodiode (den Sensor) erreicht. Dort erzeugt das Licht einen kleinen elektrischen Strom. Dieser wird verstärkt, gemessen, und in eine Zahl auf dem Digitaldisplay umgerechnet.

Alle Messgeräte haben unterschiedliche Spektrale Empfindlichkeiten. Ein UVB-Messgerät reagiert (idealerweise) auf UVB, ein UVA-Messgerät reagiert (idealerweise) auf UVA. Ein UV-Index-Messgerät sollte der Definition des UV-Index folgen, d.h. es sollte auf UVB und UVC reagieren, wobei UVC maximal zum Messwert beitragen sollte und die Empfindlichkeit zum Ende des UVB-Bereichs auf Null anfallen sollte. Die Spektrale Empfindlichkeit wird durch die spektrale Empfindlichkeit des Sensors, beim Solarmeter eine Siliciumcarbid(SiC)-Photodiode, und die spektrale Transmission des Filters bestimmt. Die Spektrale Transmission des Filters kann durch die Materialwahl, Einschlüsse von Dotierungsmaterial oder spezielle Funktionsbeschichtungen an der Oberfläche eingestellt werden. Für ein UV-Index-Messgerät

Background on UV Radiometers

How does a meter work: Spectral response

The light that falls onto a UV meter first must pass the filter cap and then reaches the photodiode (sensor) where it creates a small electrical current. This current is amplified, measured, and converted to a number in the digital display.

All meters have different spectral responses. A UVB-meter responds (ideally) to UVB, a UVA meter responds (ideally) to UVA. A UV-Index meter should follow the definition of the UV index, that is, it should respond to UVB and UVC, where all UVC should give the maximum response and the response towards UVB should fall off towards zero. The spectral response is determined by the spectral response of the sensor, a silicon carbide (SiC) photodiode in the case of the Solarmeter, and the spectral transmission of the filter cap. The spectral transmission of the filter cap can be tuned by chose of the material, inserting small amounts of dot materials or applying special layers on top of the filter. For a UV-Index meter, the filter cap needs to transmit UVC very well and needs to block UVA and visible light. The transition from full transmission in

ist es wichtig, dass der Filter UVC sehr gut durchlässt und UVA und sichtbares Licht blockiert. Der Übergang von voller Transmission im UVC zu Null Transmission im UVA sollte so perfekt wie möglich der UV-Index-Definition folgen. Verschiedene Lösungen bei verschiedenen Herstellern aber auch Fertigungstoleranzen innerhalb einer Charge führen zu unterschiedlichen spektralen Empfindlichkeiten.

Die beste Methode, um die spektrale Empfindlichkeit eines Messgeräts zu messen, ist es, verschiedene schmalbandige Lichtquellen bei verschiedenen Wellenlängen, z.B. 300-302nm, 302-304nm, etc., zu verwenden. Dazu benötigt man eine intensive Lichtquelle und einen guten Monochromator oder einen durchstimmbaren Laser.

Der elektrische Strom, der von der Photodiode erzeugt wird, wird mit einem konstanten Faktor multipliziert, um den Messwert in der gewünschten Einheit anzuzeigen. Dieser Faktor wird auch Kalibrationsfaktor genannt, weil er während der Kalibration des Messgeräts auf eine bestimmte Lichtquelle eingestellt wird. Für diese spezielle Kalibrationslichtquelle wird das Messgerät immer den korrekten Wert anzeigen. Aber bei anderen Lichtquellen mit anderen Spektren, wird das Messgerät zwangsläufig einen falschen Wert anzeigen, sofern die spektrale Empfindlichkeit des Messgeräts nicht exakt der UV-Index-Definition entspricht (was nahezu unmöglich ist).

Dieser Prozess kann mathematisch durch die Formel

$$\int d\lambda F \cdot S_{\lambda}(\lambda) \cdot A(\lambda)$$

beschrieben werden, mit:

$A(\lambda)$: spektrale Empfindlichkeit des Messgeräts (üblicherweise normiert auf Maximum=1)

$S_{\lambda}(\lambda)$: Spektrum der Lichtquelle

F : Kalibrationsfaktor

Wenn zwei Messgeräte bei einer bestimmten Lampe verglichen werden, erwartet man ein festes Verhältnis zwischen den beiden Messgeräten, unabhängig von der Intensität. Einigen Reptilienhaltern wird das von dem Solarmeter-Verhältnis bekannt sein, wo der Wert des Solarmeter 6.2 (UVB) durch den Wert des Solarmeter 6.5 (UV-Index) geteilt wird.

Leuchtstofflampen haben meist ein Verhältnis um 30, intensives Sonnenlicht ein Verhältnis um 40, Sonnenlicht am frühen Morgen oder Abend um 60.

4b) Wie Radiometer funktionieren: Winkelabhängigkeit / Sichtfeld / Kosinuskorrektur

Wenn Licht auf eine flache horizontale Oberfläche unter verschiedenen Winkel auftrifft, variiert die Intensität mit dem Kosinus:

$$I(\alpha) = I_0 \cos \alpha$$

Der Messwert eines Messgeräts wird meist nicht diesem Kosinus-Gesetz folgen: Denn der Sensor wird durch das Gehäuse des Messgeräts abgeschattet, wenn das Licht seitlich auftrifft. Und die Transmission durch den Filter ist Winkelabhängig. Gute Messgeräte haben eine Streuscheibe zur Kosinus-Korrektur, durch die die Übereinstimmung mit dem Kosinus-Gesetz sicher gestellt werden soll.

Das Kosinus-Gesetz ist dann wichtig, wenn große Lampen, zum Beispiel Leuchtstoffröhren, gemessen werden. Hier kommt Licht aus verschiedenen Winkeln zum Messgerät. Ein Messgerät mit kleinem Sichtbereich wird die Intensität der Lampe stark unterschätzen.

the UVC range to zero transmission in the UVA range should follow as perfectly as possible the UV-Index definition. Different choices by different manufacturers but also production tolerances within on batch of meters lead to different spectral responses.

The best way to test the spectral response of a meter is to take readings of very narrow band light sources at various wavelengths, e.g. 300-302nm, 302-304nm etc. This needs a strong light source and a good monochromator or a tunable laser.

The electrical current created by the photodiode is multiplied by a constant factor to give the correct reading with the desired unit. This factor is also called the calibration factor because it is set during the calibration of the meter to a certain light source. For this specific light source, the meter will give the correct reading. But for other light sources with different spectral shapes, the meter reading will be wrong, unless the meter response perfectly matches the UV-index definition (which is almost impossible).

This process can be described mathematically by the formula

$$\int d\lambda F \cdot S_{\lambda}(\lambda) \cdot A(\lambda)$$

with

$A(\lambda)$: the spectral response of the meter (usually normalized to peak=1)

$S_{\lambda}(\lambda)$: the spectrum of the light source

F : the calibration factor

When two meters are compared to a certain lamp, a fixed ratio between the two meter-readings is expected, independent of intensity. Some reptile keepers are familiar with this from the Solarmeter Ratio, where the reading of the Solarmeter 6.2 (UVB) is divided by the reading of the Solarmeter 6.5 (UV-Index). Fluorescent lamps are known to have a ratio around 30, intense sunlight has a ratio around 40, morning sunlight has a ratio around 60.

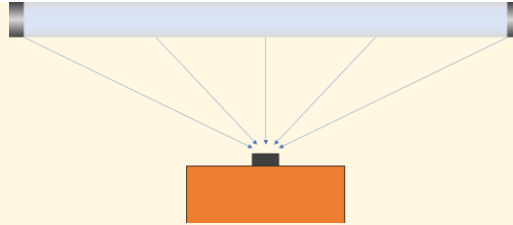
How does a meter work: Angular Response / Field of View / Cosine Correction

When light reaches a flat horizontal surface at different angles, the intensity on the surface follows a Cosine-law:

$$I(\alpha) = I_0 \cos \alpha$$

The meter response will usually not follow that Cosine-law for several reasons: The sensor is protected by the housing of the meter and partly shadowed when light impinges under an angle. The transmission of the filter cap is angle dependent. The response of the photodiode is angle dependent. Good meters have a cosine correction diffuser cap, that tries to match the angular response to the cosine law.

The cosine law matters when large lamps, for example fluorescent tubes, are tested. Here light from various angles reaches the meter. A meter with a limited field of view will under-estimate the intensity of the lamp.



Natürliches Sonnenlicht kommt zu einem großen Teil vom blauen Himmel und nicht direkt von der Sonne. Auch hier wird ein Messgerät mit einem begrenzten Sichtfeld zu kleine Messwerte anzeigen.

Natural sunlight comes to a large extend from the blue sky and not directly from the sun. Also here, a meter with a limited field of view will read too low.

4c) Schwierigkeiten bei der Messung: Abstand

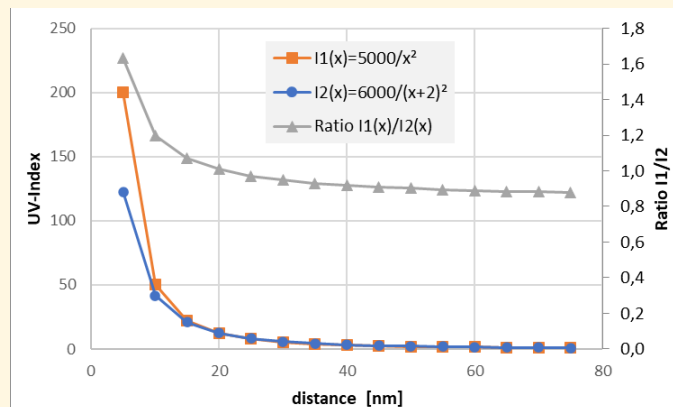
Die Intensität von Sonnenlicht ändert sich nicht, wenn das Messgerät einige Meter nach oben oder unten bewegt wird. Aber die Intensität von Lampen ändert sich drastisch, wenn das Messgerät nur wenige Millimeter auf die Lampe zu bewegt wird.

Das kann durch Messungen in verschiedenen Abständen sichtbar gemacht werden: In diesem Beispiel wird das idealisierte quadratische Abstandsgesetz angenommen. Das zweite Messgerät misst wegen der unterschiedlichen spektralen Empfindlichkeit oder Kalibration etwas mehr (5000 vs. 6000 -> 83%). Und der Sensor des zweiten Messgeräts ist 2 cm tiefer als der des ersten Messgeräts ["(x+2)"]. In diesem Fall ist das Verhältnis zwischen den beiden Messwerten nicht konstant. Ein solches Ergebnis ist ein deutlicher Hinweis auf entweder ein unterschiedliches Sichtfeld oder unterschiedliche Abstände.

Difficulties during measurements: Distance

The intensity of sunlight does not change when the meter is moved by some meters up or down. But the intensity of lamps changes drastically when the meter is moved towards the lamp by only a few millimeters.

This can be seen by taking readings at various distances: In this example an idealized square law is assumed for the intensity of the lamp. The second meter measures a slightly higher intensity (5000 vs. 6000 -> 83%) due to the different spectral response or calibration factor. And the sensor of the second meter is 2 cm lower than the sensor of the first meter ["(x+2)"]. In this case, the ratio of the two meters readings is not constant over x. This is a strong indication of either a different angular field of view or a different distance



Bei zunehmendem Abstand nähert sich das Verhältnis dem korrekten Wert von 83% (5000/6000) an. Es ist also sinnvoll, Messungen bei einem großen Abstand durchzuführen. Auch der Fehler durch ein unterschiedliches Sichtfeld wird kleiner, weil die Lampe bei größerem Abstand kleiner erscheint. Andererseits werden die Messwerte selbst bei einem größeren Abstand kleiner und damit auch ihr relativer Messfehler. Ich habe Messwerte in verschiedenen Abständen aufgenommen um alle Effekte zu berücksichtigen.

For increasing distance, the ratio approaches the correct value of 83% (5000/6000). So taking measurements at larger distances is better, because the relative distance error becomes smaller. Also, the error from a different angular response becomes smaller at a larger distance because the lamp then appears to be smaller. But on the other hand, the meter readings themselves become smaller and thus their relative error. I have taken readings at various distance to check for all effects.

4d) Andere Einflussgrößen

Wie dieser exzellente frei zugängliche englischsprachige Text (<http://metrology.aalto.fi/uvnet/source/partA.pdf>) herausarbeitet, gibt es zahlreiche andere Faktoren, die zu falschen Messwerten führen können: Temperatur, Nichtlinearität bezüglich Intensität, Alterung. Ich halte sie in unserem Kontext für weniger wichtig.

Other factors

As this excellent open access paper (<http://metrology.aalto.fi/uvnet/source/partA.pdf>) points out, there are also other factors that can lead to false readings: temperature, non-linear response towards intensity, aging. I regard these as less relevant in our context.

5) Methoden

5a) Messwerte in verschiedenen Abständen

Die Messwerte wurden in verschiedenen Abständen aufgenommen um eine größere Datenbasis zu erhalten und den Einfluss von statistischen und systematischen Messfehlern zu verringern. Um den Messwert in einem Abstand zu bestimmen wurden die Messgeräte auf einer Ebene unter der Lampe verschoben und der maximale Messwert notiert. Der Abstand dieser Ebene konnte im 5-cm-Raster eingestellt werden. Die Lampe wurde fest montiert.

Da die beiden Messgeräte eine unterschiedliche Höhe haben, wurde das Solarmeter 6.5 auf einem Holzblock mit 2,6 cm Höhe gestellt. Wie die Messreihe 6a) zeigt, ist dieser Abstand korrekt. Da das R>>G-Instrument Messgerät nicht frei steht, wurde es an einem Holzblock fixiert.



Methods

Meter readings in various distances

Readings were taken at various distances to get a larger data base and reduce the effect of statistical and systematic measurement errors. To get a reading at a certain distance, the meters were moved on a horizontal plane and the maximum reading recorded. The plane could be adjusted to various distances in a 5 cm grid. The lamp was mounted in a fixed position.

Because the two meters have a different height, the Solarmeter 6.5 was put on a wooden block of 2,6 cm height. Measurement series 6a) proved that this is the correct height. The R>>G-Instrument meter was fixed to a wooden block because it does not stand on its own.

5b) Kosinuskorrektur / Winkelabhängigkeit

Um die Kosinuskorrektur zu überprüfen wurden Messungen mit einem geneigten Messgerät durchgeführt. Eine ausgedruckte Schablone wurde an eine senkrechte Fläche geklebt um reproduzierbare Kippwinkel von 75°, 50°, 30°, 20°, und 10° bei gleichbleibender Sensorposition zu erhalten. Diese Methode hat sicherlich einige Unsicherheiten, jedoch fiel mir mit begrenzten Ressourcen nichts Besseres ein.

Cosine correction / Angular dependence

To determine how well the cosine correction works, measurements were taken with a tilted meter. A template was printed and attached to a vertical plane, to get reproducible tilt angles of 75°, 50°, 30°, 20°, and 10° with the sensor kept at the same level. This method will have some inaccuracies but was the best I came up with limited resources.



5c) UV-Index aus Spektralmessung

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.

Aus dem Spektrum kann der UV-Index berechnet werden. Das Signal-zu-Rausch-Verhältnis der Breitbandradiometer (Solarmeter) ist dem des Spektrometers weit überlegen. Auch ist der Messbereich der Breitbandradiometer deutlich besser. Das Spektrometer liefert die besten Ergebnisse für eine hohe aber nicht zu hohe Intensität. Daher wurde nur eine Messung in einem Abstand durchgeführt. Dennoch hat das Messrauschen unterhalb von 300 nm häufig einen deutlichen Einfluss auf den berechneten UV-Index. Das macht den Vergleich zwischen Breitbandradiometern und Spektrometer schwierig, besonders für die Lampen mit großer Wärmestrahlung (UV-HQIs). Bei der UVC-LED ist es hingegen klar, dass beide Radiometer viel zu geringe Werte anzeigen.

Spectrometer based UV-Index

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.

From the spectrum the UV-index can be calculated. The signal to noise ratio of the radiometers (Solarmeter) is far superior to the spectrometer. Also, the measurement range of the radiometers is better. The spectrometer gives best results for a high but not too high intensity. So only one reading in one distance is taken. But still there the noise in the wavelengths below 300 nm have a significant impact on the calculated UV index. This makes the correlation with the UV index measured with the radiometers difficult, especially for lamps with strong radiated heat, like the UV-MHs. For the UVC LED however, it is clear that the both radiometer readings are far too low.

5d) UV-Karte

Die UV-Karte wurde oben auf die UV-Radiometer gelegt um den gleichen Abstand zu erhalten. Die Reaktion der UV-Karte habe ich durch fünf Zahlen ausgedrückt:

- 0 – keine Farbänderung, auch nach >10 Sekunden
- 1 – schwache Farbänderung nach einigen Sekunden
- 2 – Farbänderung nach wenigen Sekunden
- 3 – starke Farbänderung
- 4 – sofortige sehr starke Farbänderung

UV Card

The UV card is placed on top of the UV radiometers so that the intensity in the same distance is detected. The response of the UV card was quantified by five numbers:

- 0 – no colour change, even after >10 sec
- 1 – weak colour change after several seconds
- 2 – colour change after a few seconds
- 3 – strong colour change
- 4 – instantaneously very strong colour change

6) Messdaten verschiedener Lampen

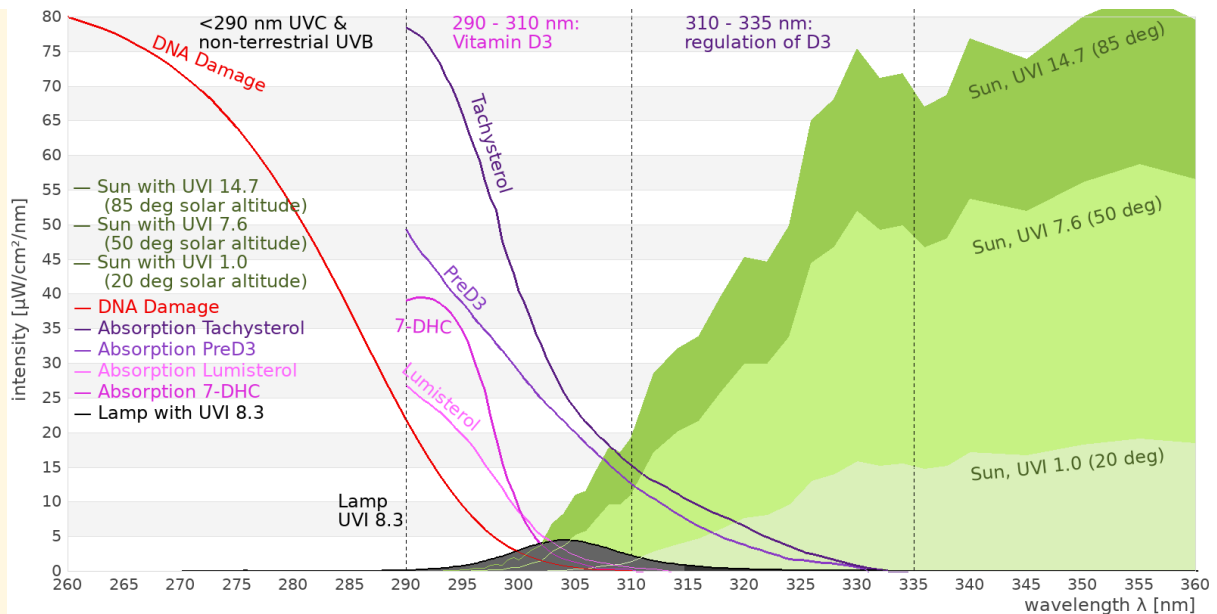
6a) VivTech Mid Day Blaze

Dieses Spektrum einer 305-nm-LED ist typisch für die aktuellen UVB-Lampen (der ersten Generation) für Reptilien wo eine LED mit Maximum bei 305 – 310 nm genutzt wird.

Measured Data of various lamps

Viv Tech Mid Day Blaze Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

This spectrum with 305-nm-LED is representative for the current (first generation) UVB LED lamps for reptiles where one LED with peak in the range 305-310 nm used.



Die LED-Lampe besteht aus drei UVB LEDs, die direkt nebeneinander sitzen. Sie wirkt damit effektiv wie eine Punktlichtquelle. Folglich erwartet man, dass das Verhältnis zwischen den beiden Messgeräten kaum mit dem Abstand variiert, da ein unterschiedliches Sichtfeld bei einer Punktlichtquelle keinen Einfluss hat. Das Verhältnis ist tatsächlich sehr konstant und zeigt auch, dass der Höhenunterschied zwischen den beiden Messgeräten korrekt gewählt wurde.

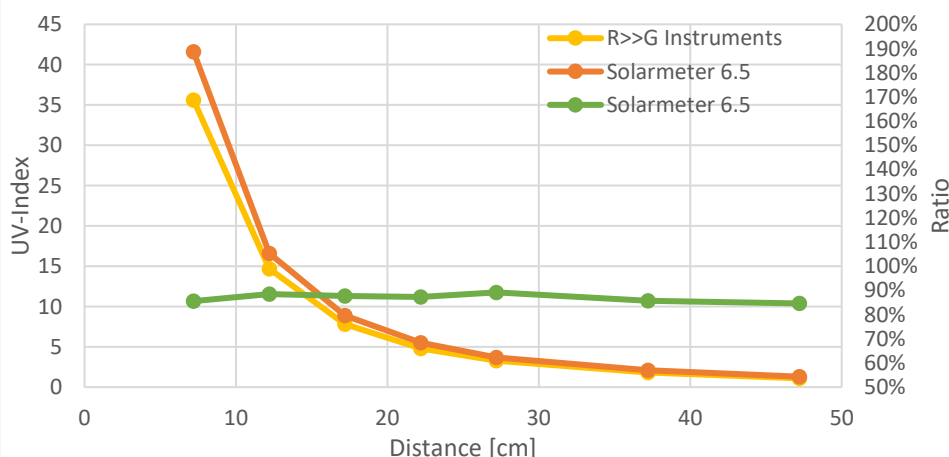
Die UV-Karte reagiert nur sehr schwach auf die UV-Strahlung im Bereich um 305 nm

This LED lamp consists of three UVB LEDs directly next to each other. So, it effectively acts like a point source. Consequently, the ratio between the two meters is expected not to vary with distance, because a different angle of view will not affect the reading. The ratio indeed is very constant showing also that the distance difference between the two meters was chosen correctly.

The UV card shows only a very weak response to the UV concentrated in the wavelength range around 305 nm.

Distance [cm]	7,2	12,2	17,2	22,2	27,2	37,2	47,2
Spectrometer			8,3				
Solarmeter 6.5	41,6	16,6	8,9	5,5	3,7	2,1	1,3
R>>G Instrument	35,6	14,7	7,8	4,8	3,3	1,8	1,1
Ratio	86%	89%	88%	87%	89%	86%	85%
UV Card	2	1	0	0	0	0	0

VivTech Mid Day Blaze (305-nm-LED)



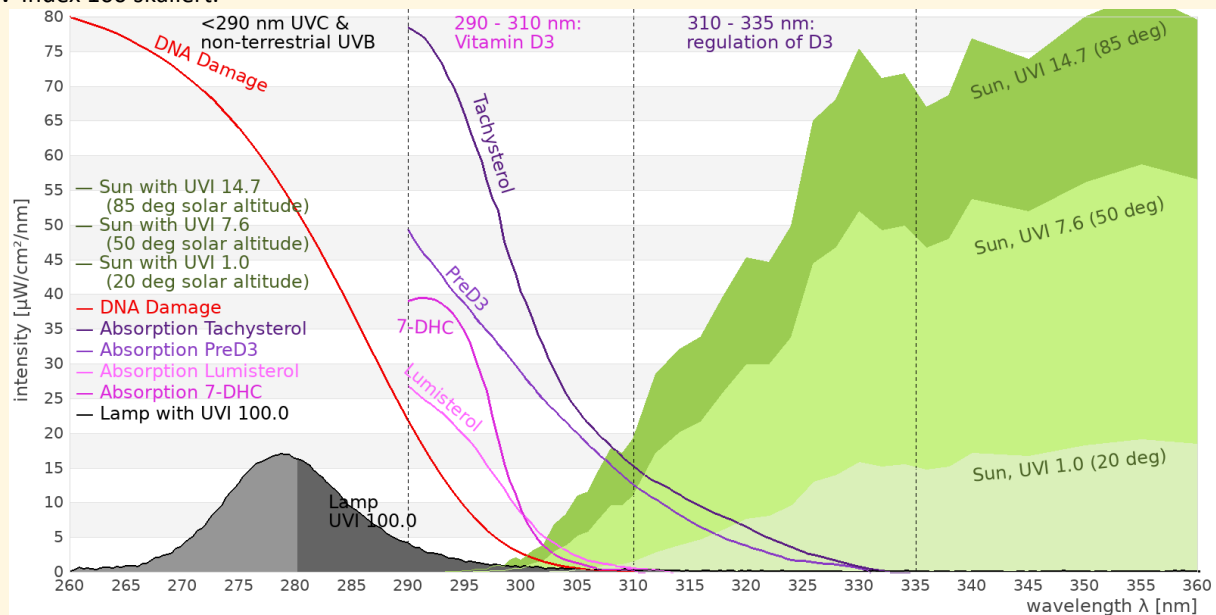
6b) LightStorm UVB LED

Diese Lampe (nicht mehr im Handel erhältlich) ist eigentlich eine UVC-LED mit einem Maximum bei 275 nm. Da UVC mit einem Faktor 1 in den UV-Index eingeht führt selbst eine winzige Intensität zu einem hohen UV-Index. Um das Spektrum

LightStorm UVB LED

This lamp (no longer on sale) is actually a UVC LED with peak emission at 275 nm. Because UVC contributes with factor 1 to the UV-index, even a tiny intensity causes a large UV-index. To make the spectrum better visible when comparing it to the solar spectrum, it is scaled to UV index 100.

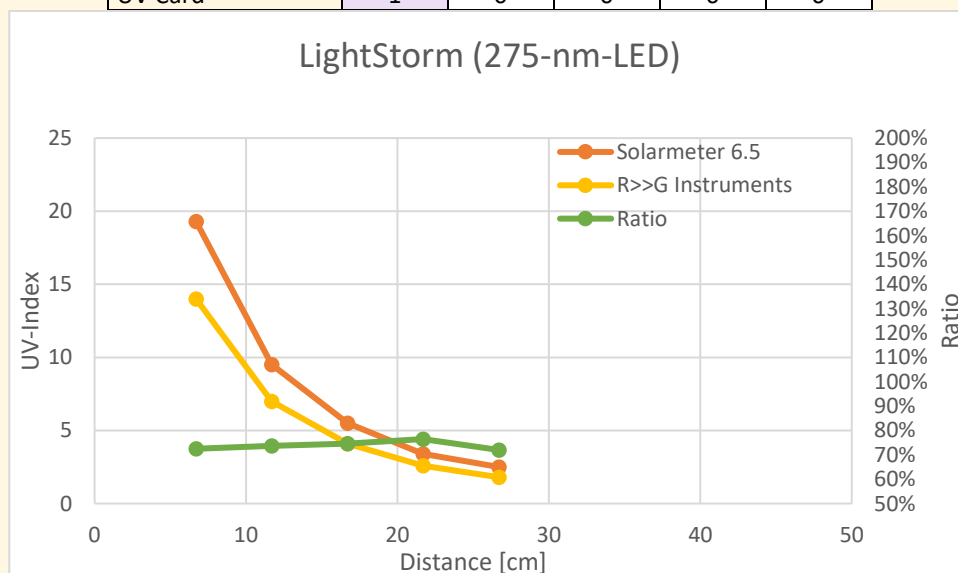
im Vergleich zum Sonnenlicht besser sichtbar zu machen wurde
es auf UV-Index 100 skaliert.



Diese Lampe enthält nur eine einzige UV LED. Genauso wie die Lampe vorher ist sie eine Punktlichtquelle. Also ist auch hier das Verhältnis sehr konstant. Im Gegensatz zur vorherigen Lampe reagiert die UV-Karte kaum auf die UV-Strahlung um 275 nm.

This lamp contains only a single UV LED. So as the lamp before it acts like a point source. So again, the ratio is very constant. In contrast to the previous lamp, the UV card hardly responds to the UV concentrated around 275 nm.

Distance [cm]	6,7	11,7	16,7	21,7	26,7
Spectrometer			9,8		
Solarmeter 6.5	19,3	9,5	5,5	3,4	2,5
R>>G Instrument	14,0	7,0	4,1	2,6	1,8
Ratio	73%	74%	75%	76%	72%
UV Card	1	0	0	0	0

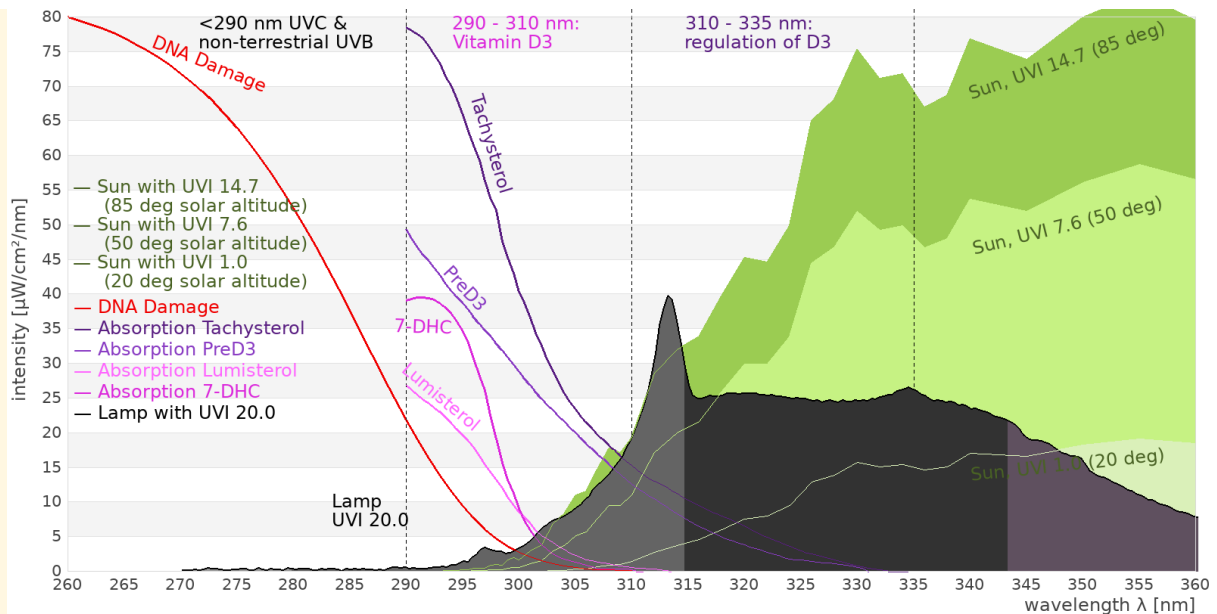


6c) sera reptil desert compact 20W 10%

Diese Spiralförmige Leuchtstofflampe bildet das Sonnenlicht recht gut nach. Um das Spektrum besser sichtbar zu machen wurde es um einen Faktor 4 auf UV-Index 20 skaliert.

sera reptil desert compact 20W 10%

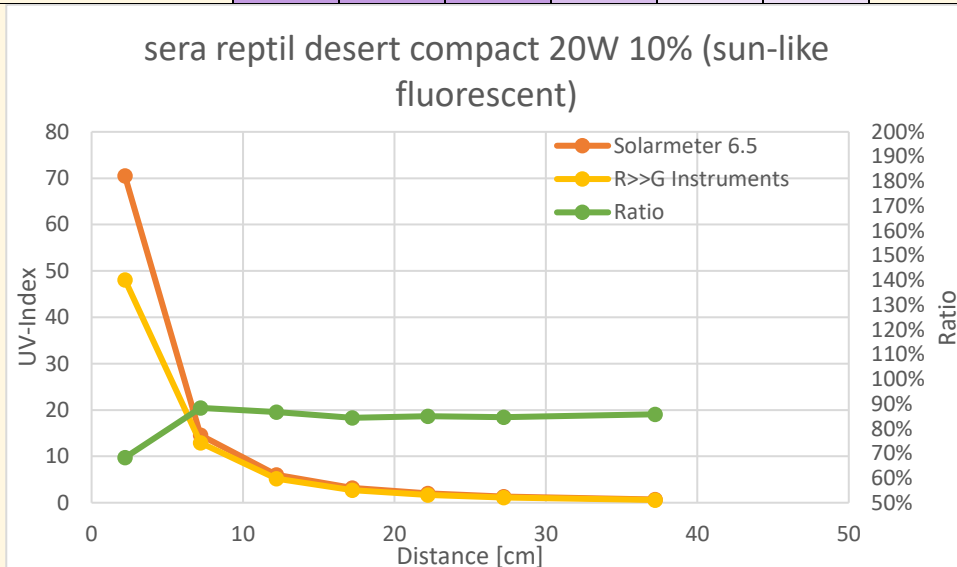
This coil fluorescent lamp closely resembles the solar spectrum. To make the spectral details more clearly visible, the spectrum in the graph is scaled by a factor of 4 to UV-index 20.



Bei diesem Lampenspektrum stimmen die beiden UV-Messgeräte gut überein und auch die Farbänderung der Karte entspricht sinnvollen UV-Indizes.

With this spectrum the two UV meters agree well and also the colour response of the UV card corresponds to reasonable UV indices.

Distance [cm]	2,2	7,2	12,2	17,2	22,2	27,2	37,2
Spectrometer			5,0				
Solarmeter 6.5	70,5	14,6	6,0	3,2	2,0	1,3	0,7
R>>G Instrument	48,1	12,9	5,2	2,7	1,7	1,1	0,6
Ratio	68%	88%	87%	84%	85%	85%	86%
UV Card	3	3	3	2	1	1	0,5



6d) AiM Back to Nature T8 15W Leuchtstoffröhre

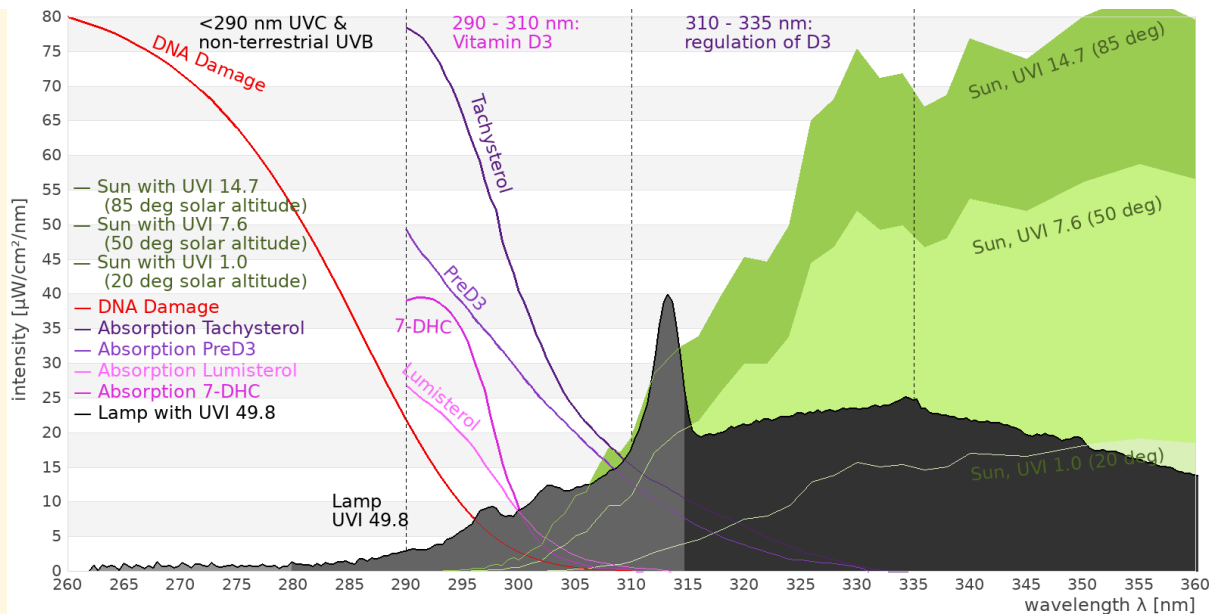
Dieser Leuchtstoff ist ein typischer kurzwelliger Leuchtstoff wie er in der Materialprüfung eingesetzt wird. Das Spektrum unterscheidet sich deutlich vom Sonnenlicht. Lampen mit diesem Spektrum waren um 2007 mit Fällen von starken Hautschäden assoziiert.

Die kurzwellige Strahlung unterhalb von 300 nm trägt stark zum berechneten UV-Index bei. Bereits eine geringe Intensität führt zu einem hohen UV-Index. Daher wurde das Spektrum um einen Faktor 10 skaliert um es besser mit dem Sonnenlicht vergleichen zu können.

AiM Back to Nature T8 15 W fluorescent tube

This fluorescent phosphor is a typical short-wavelength phosphor used for material testing. Its spectrum is very different from the solar spectrum. Lamps with this spectrum have been associated with serious skin injuries in various reptiles around 2007.

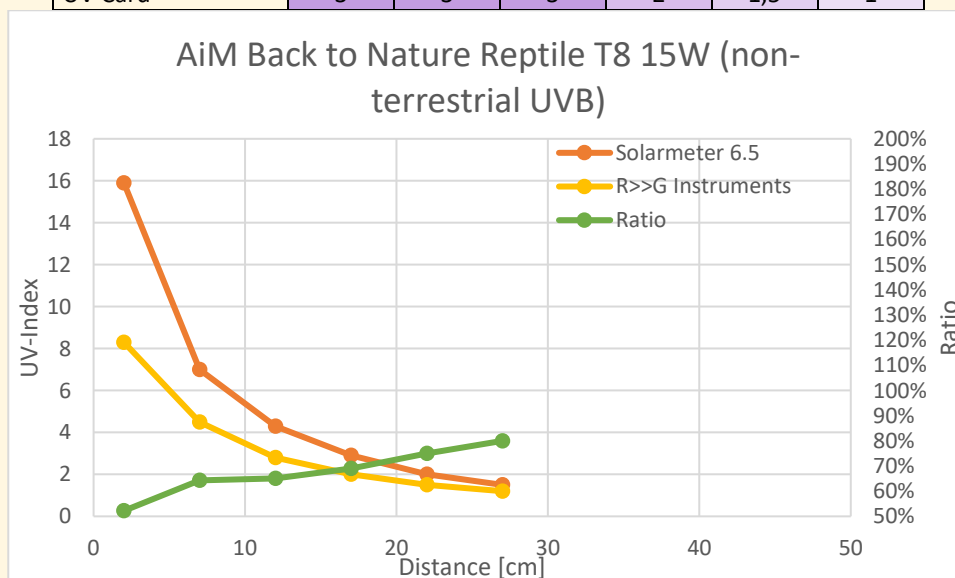
The short wavelength radiation below 300 nm contributes strongly to the UV-index. So even a small intensity leads to a high UV-index. Therefore, the spectrum has been scaled by a factor of 10 to make it better visible compared to the solar spectrum.



Diese Leuchtstoffröhre ist die größte Lampe im Test und zeigt deutlich das unterschiedliche Sichtfeld der beiden Messgeräte. Nahe an der Lampe zeigt das R>>G-Instrument Messgerät nur halb so viel an wie das Solarmeter, da die Strahlen von den Röhrendenden den Detektor nicht erreichen. Bei größeren Abständen zeigt das R>>G-Instrument Messgerät 80% des Solarmeter-Messwerts an.

This fluorescent tube is the largest lamp in the test and shows clearly the different angular field of view of the two meters. Close to the lamp the R>>G Instrument reads only half (52%) of the value compared to the Solarmeter, because the rays from the sides of the tube do not reach the detector. At a larger distance the R>>G Instrument reads 80% of the Solarmeter.

Distance [cm]	2	7	12	17	22	27
Spectrometer			4,8			
Solarmeter 6.5	15,9	7,0	4,3	2,9	2,0	1,5
R>>G Instrument	8,3	4,5	2,8	2,0	1,5	1,2
Ratio	52%	64%	65%	69%	75%	80%
UV Card	3	3	3	2	1,5	1

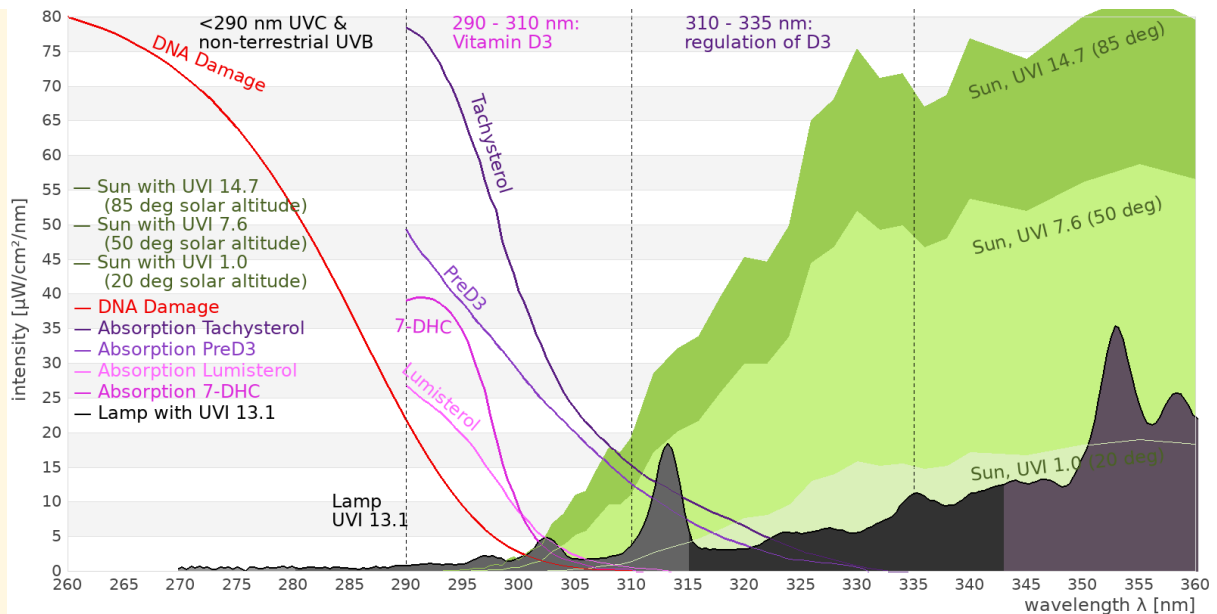


6e) Sehr intensive UV-HQI 150W

Diese UV-HQI-Lampe hat viel Intensität in den Quecksilberlinien und das Glas lässt auch die 297-nm-Quecksilberlinie noch gut durch. Das Spektrum hat mehr Intensität im kurzwelligen Bereich als typische UV-HQI-Lampen.

Very intense UV-MH 150W

This UV-MH lamp has a lot of intensity in the mercury lines and the glass also lets the 297 nm mercury line pass well. The spectrum has more intensity in the short-wave range than typical UV-HQI lamps.

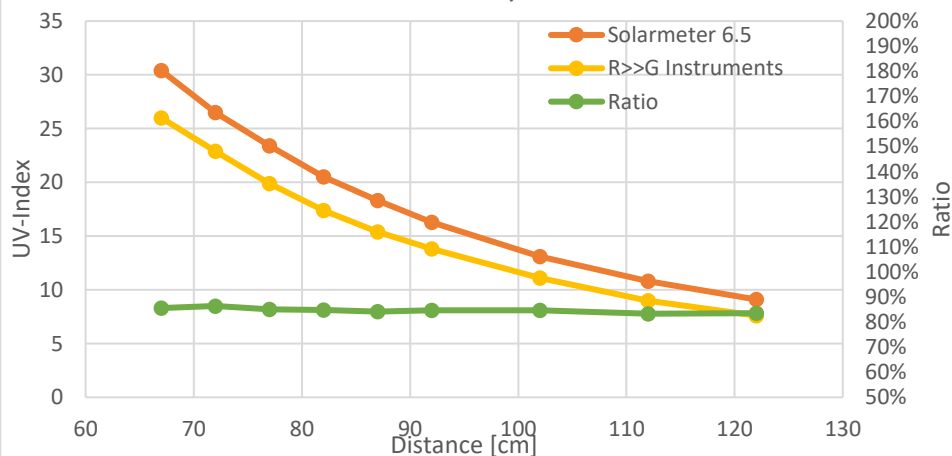


Diese Lampe ist sehr intensiv und braucht einen großen Abstand. Obwohl die Lampe selbst nicht klein ist, wirkt sie bei Abständen größer als 67cm so. Daher ist das Verhältnis zwischen beiden Messgeräten gleichbleibend.
Die UV-Karte reagiert sehr stark auf diese Lampe und färbt sich selbst dann, wenn sie weit entfernt von der Lampe im Raum liegt.

This lamp is very intense and requires a large distance. Even though the lamp itself is not small, it appears small at distances larger than 67cm. Therefore, the ratio between the two meters is independent of distance.
The UV card responds extremely strong to the UV and even turns pink when lying far away from the lamp in the room.

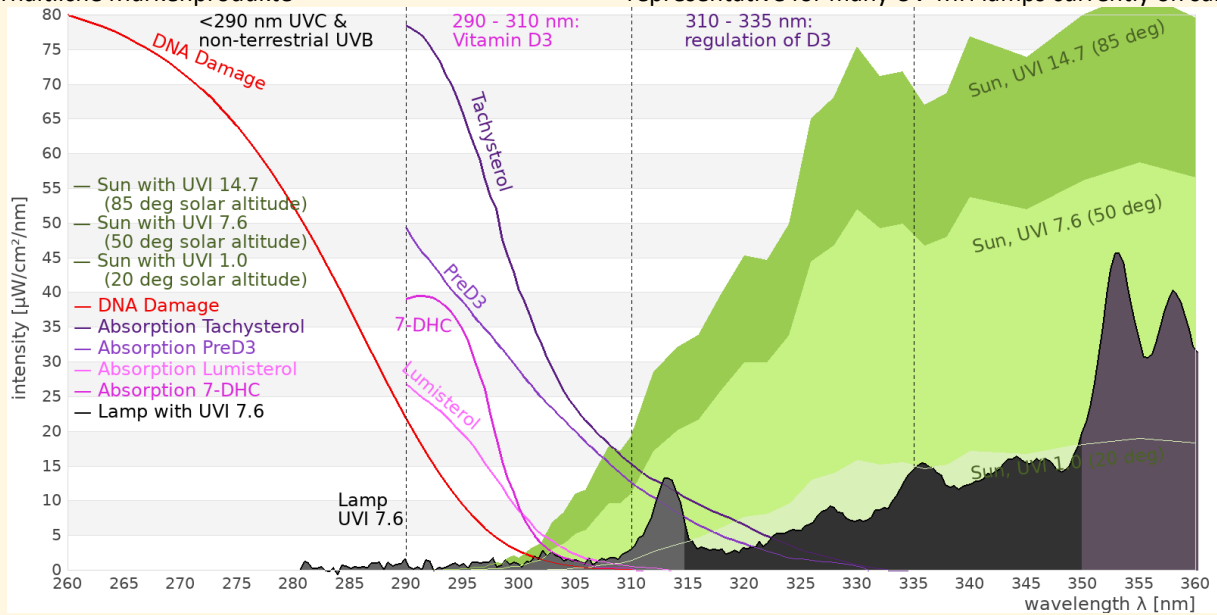
Distance [cm]	67	72	77	82	87	92	102	112	122
Spectrometer									13,1
Solarmeter 6.5	30,4	26,5	23,4	20,5	18,3	16,3	13,1	10,8	9,1
R>>G Instrument	26,0	22,9	19,9	17,4	15,4	13,8	11,1	9,0	7,6
Ratio	86%	86%	85%	85%	84%	85%	85%	83%	84%
UV Card							4	4	4

150W UV-MH (very strong short wavelength UVB)



6f) Durchschnittliche UV-HQI 70W

Das Spektrum dieser no-name UV-HQI ist typisch für viele aktuell erhältliche Markenprodukte



Wegen der kleinen Messwerte und der fokussierten Strahlung schwankt das errechnete Verhältnis stärker. In 12,2 cm Abstand konnte kein Messwert mit dem R>>G-Instrument Messgerät ermittelt werden, weil hier der anfängliche Messwert um die 60 konstant weiter anstieg, bis das Messgerät bei einem Wert von 150 wieder entfernt wurde.

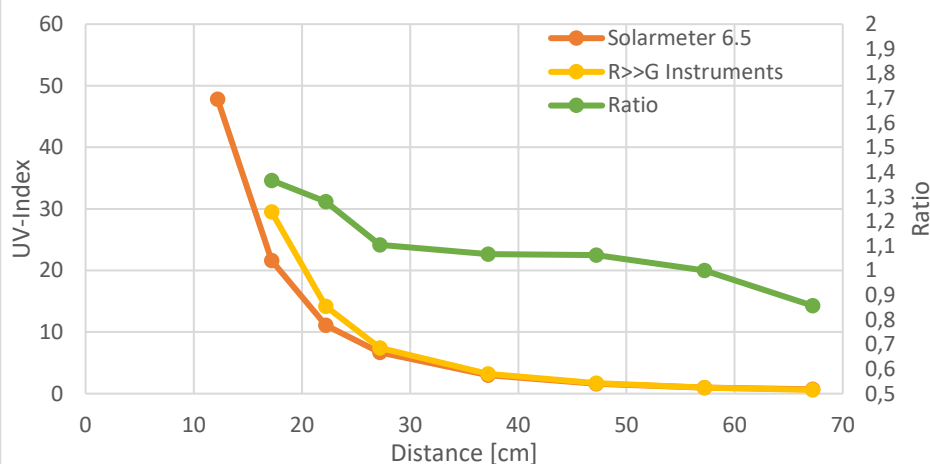
Auch hier ist auffällig, wie stark die UV-Karte auf die UV(A) Strahlung reagiert.

Because of the small readings and the focused radiation, the calculated ratio fluctuates more. No measurement could be taken with the R >> G instrument meter at a distance of 12.2 cm, because here the initial value of around 60 continued to increase constantly until the measuring device was removed again at a value of 150.

Again, here it is remarkable how strong the UV card responds to the UV(A) radiation.

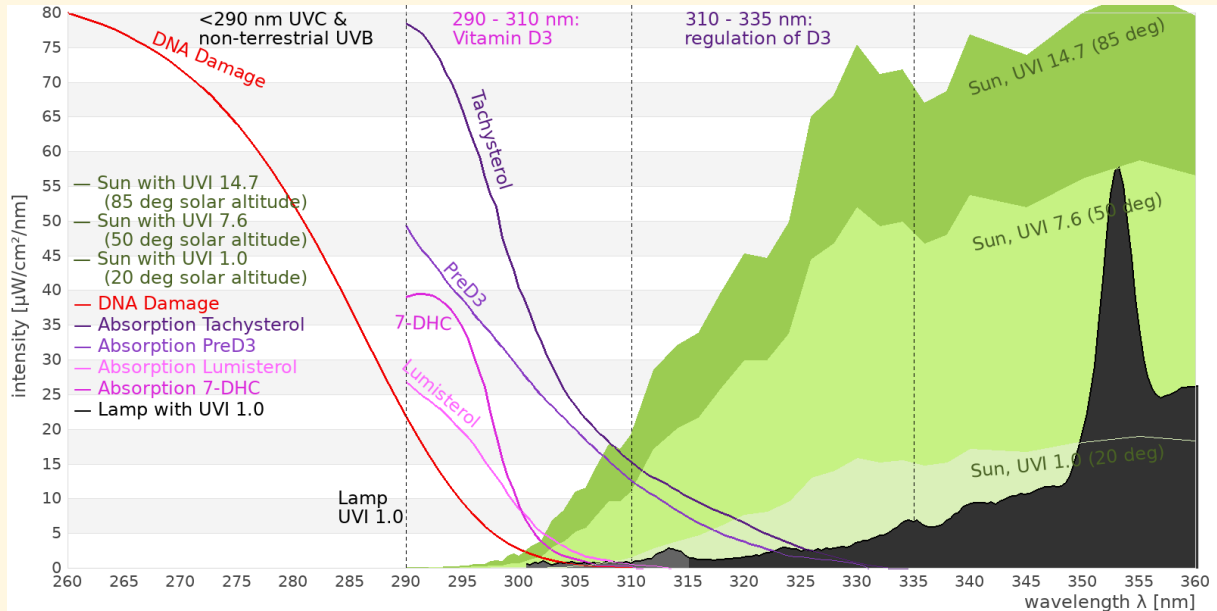
Distance [cm]	12,2	17,2	22,2	27,2	37,2	47,2	57,2	67,2
Solarmeter 6.5	47,8	21,6	11,1	6,7	3,0	1,6	1,0	0,7
R>>G Instrument	--	29,5	14,2	7,4	3,2	1,7	1,0	0,6
Ratio		137%	128%	110%	107%	106%	100%	86%
UV Card					4	4	4	3

Standard UV Metal halide 70W



6g) Sehr alte UV-MH 50W

Diese Lampe wurde für viele 1000 Stunden genutzt. Das Glas ist nicht mehr durchlässig für kurzwelliges UVB. Das UVB, das vom Spektrometer gemessen wird, kann nicht zuverlässig von Rauschen unterschieden werden (Streulicht und Elektronisches Dunkelrauschen). Die Software berechnet einen UV-Index, aber der Wert ist nicht aussagekräftig. Die Lampe emittiert weiterhin UVA und sichtbares Licht.



Die gemessenen UV-Indizes waren sehr klein, daher hat das berechnete Verhältnis einen großen Fehler. Beispiel: $0,6 / 1,1 = 55\%$, aber bereits ein Fehler von nur einer Dezimalstelle bei beiden Messwerten kann das Verhältnis ändern zu $0,7 / 1,0 = 70\%$.

Der Trend von einem geringen Verhältnis (85% für die spektral intensive 150W Lampe) über ein mittleres Verhältnis (~100% für die standard UV-HQI) setzt sich hier mit einem großen Verhältnis fort (~180% für diese spektral schwache Lampe). Das zeigt, dass das R>>G-Instrument Messgerät stärker auf langwellige UVB und kurzwellige UVA-Strahlung reagiert als das Solarmeter 6.5.

Es ist bemerkenswert, wie stark die Reaktion der UV-Karte noch ist, obwohl nahezu keine UVB-Strahlung vorhanden ist.

Very Old UV-MH 50W

This lamp has been used for several 1000 hours. The glass no longer transmits UVB. The UVB detected by the spectrometer can not be distinguished from noise (stray light and electronic dark). The software calculates a UV-index, but this value is not meaningful. The lamp still emits large amounts of UVA and visible light.

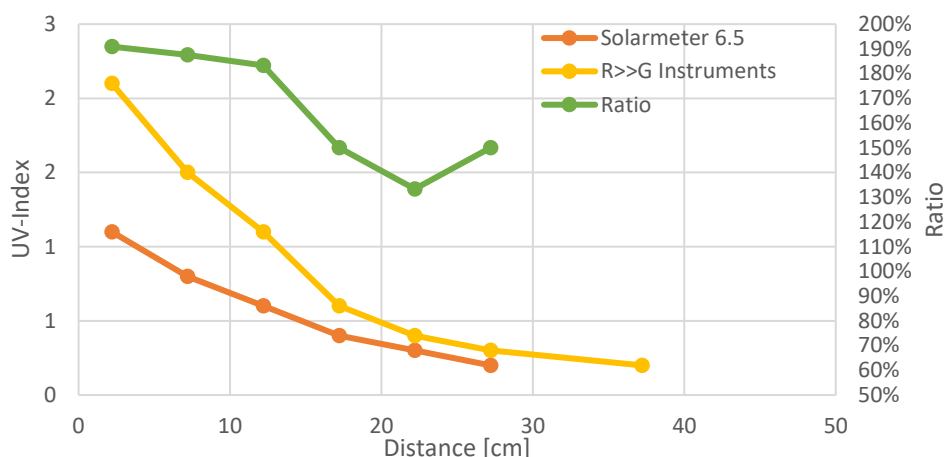
The UV indices measured are very low, therefore the ratio calculated from that has a large error. E.g. $0.6 / 1.1 = 55\%$ but an error of only one digit in both readings can change this value to $0.7 / 1.0 = 70\%$. Therefore, the ratio seems to fluctuate with distance.

The trend from a small ratio (85% for the spectrally strong 150W lamp) to the intermediate ratio (~100% for standard UV-MH) continues with a large ratio (~180% for this spectrally weak lamp). This shows, that the R>>G-Instrument meter responds more to long wavelength UVB and short wavelength UVA than the Solarmeter 6.5.

It is remarkable that the UV card gives a very strong response even though there is hardly any UVB present.

Distance [cm]	2,2	7,2	12,2	17,2	22,2	27,2	37,2	47,2	57,2	67,2
Spectrometer				n.a.						
Solarmeter 6.5	1,1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2				
R>>G Instrument	2,1	1,5	1,1	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0
Ratio	191%	188%	183%	150%	133%	150%				
UV Card				4	4	4	3	2	2	2

Very Old UV metal halide

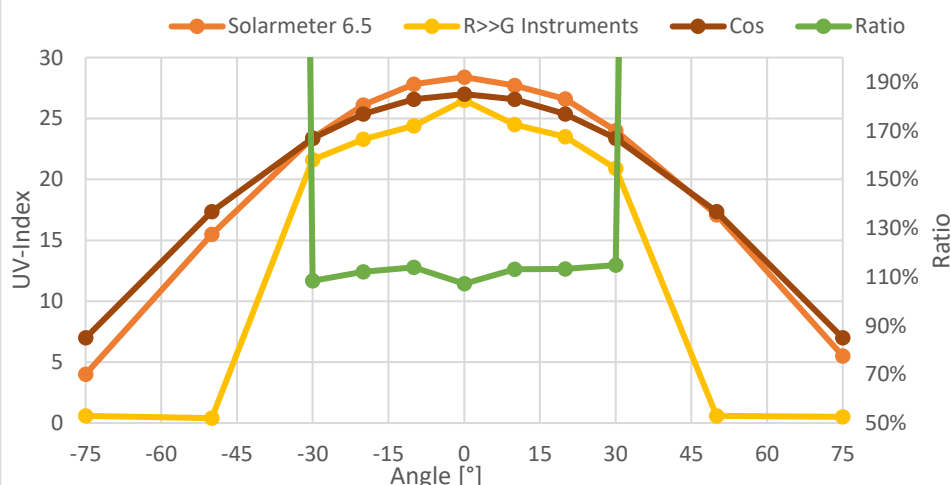


7) Winkelabhängigkeit

10) Angular Dependence

Abstand korrigiert	-75	-50	-30	-20	-10	0	10	20	30	50	75
Solarmeter 6.5	4,0	15,5	23,4	26,1	27,8	28,4	27,7	26,6	24,0	17,1	5,5
R>>G Instrument	0,6	0,4	21,6	23,3	24,4	26,5	24,5	23,5	20,9	0,6	0,5
Ratio	15%	3%	92%	89%	88%	93%	88%	88%	87%	4%	9%

VivTech Mid Day Blaze (305-nm-LED)



Innerhalb der Messgenauigkeit stimmt die Winkelabhängigkeit des Solarmeter 6.5 fast exakt mit der theoretischen Kosinus-Kurve überein. Das R>>G-Instrument Messgerät hingegen erkennt Strahlung unter Winkeln von mehr als 50° praktisch überhaupt nicht. Wie auch bei der Messung der Leuchtstoffröhre gesehen, wird das R>>G-Instrument Messgerät Strahlung einer ausgedehnten Lichtquelle wie einer Leuchtstoffröhre, nahe an einer Kompaktleuchtstofflampe oder natürliches Sonnenlicht (wo ein großer Teil des UV vom Himmel kommt) unterschätzen.

Within the measurement accuracy the angular dependence of the Solarmeter 6.5 follows almost exactly the theoretical cosine curve. The R>>G Instrument meter however does hardly recognize radiation coming from angles above 50°. As already seen in the measurement of the fluorescent tube, the R>>G Instrument will under-estimate radiation from an extended light source like fluorescent tubes, close to compact fluorescent lamps or natural sunlight (where a large portion of the UV is coming from the sky).

8) Solarmeter Vergleich

Ein Treffen von Reptilienhaltern im Jahr 2021 ermöglichte es, einen sehr begrenzten Vergleich einiger Solarmeter 6.5 UV-Index Messgeräte. Sechs Messgeräte wurden mit drei Lampen in einem festen Abstand verglichen.

Solarmeter comparison

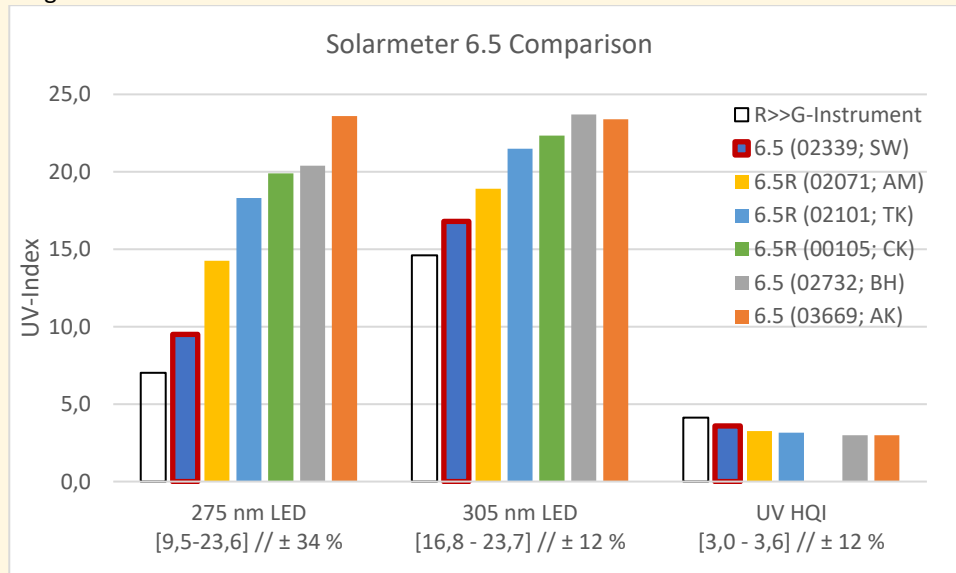
A gathering of reptile keepers in 2021 offered the chance to perform a very limited comparison of several Solarmeter 6.5 UV-Index meters. Six meters were tested with three lamps in one fixed distance.

Dieser Vergleich zeigt dass leider mein eigenes Messgerät (blauer Balken mit rotem Rahmen) ein Ausreißer ist, das die kleinsten Messwerte für Lampen mit kurzer Wellenlänge und die höchsten Messwerte für Lampen mit langer Wellenlänge zeigt. Seine spektrale Empfindlichkeit entspricht am wenigsten der UV-Index-Definition.

Die Messwerte des R>>G-Instrument Messgeräts in diesem Graph wurden aus dem Verhältnis meines Solarmeter 6.5 mit dem R>>G-Instrument-Messgerät extrapoliert. Das R>>G-Instrument ist in seiner spektralen Empfindlichkeit noch extremer als mein Messgerät.

This comparison shows that sadly my meter (blue bar with red border) is an outlier that gives lowest readings to short wavelength radiation and highest readings to long wavelength radiation. Its spectral response does match the UV-index definition least.

The reading of the R>>G Instrument meter shown in this graph are extrapolated from the ratio of my Solarmeter 6.5 and the R>>G Instrument meter. It is even more extreme in its spectral response than my meter.



Die 275 nm LED ist sicherlich eine extreme Anforderung an ein Messgerät, das für Sonnenlicht und sonnenähnliche Lampen entwickelt wurde. Die Abweichung der Messgeräte um $\pm 34\%$ um den Mittelwert bei dieser Lampe ist aus meiner Sicht zu verschmerzen. Die Abweichung um $\pm 12\%$ um den Mittelwert bei den anderen beiden – sonnenähnlicheren – Lampen halte ich für unsere Anwendungen und vergleichen zur Spezifikation von $\pm 10\%$ für ok.

Gerne würde ich den Test mit einer größeren Anzahl von Solarmetern und Lampen wiederholen.

The 275 nm LED is certainly an extreme challenge for a meter that was developed for sunlight and sun-like lamps. In my opinion, the deviation of the meters by $\pm 34\%$ from the mean value for this lamp is tolerable. I consider the deviation of $\pm 12\%$ from the mean value for the other two - more sun-like - lamps for our applications and compared to the specification of $\pm 10\%$ as ok.

I would like to repeat the test with a larger number of solar meters and lamps.

9) 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.
- Ferguson, G. W., Brinker, A. M., Gehrmann, W. H., Bucklin, S. E., Baines, F. M. & Mackin, S. J. (2010) 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, 29 317–334.
- Gardiner, D. W., Baines, F. M. & Pandher, K. (2009) Photodermatitis and Photokeratoconjunctivitis in a Ball Python (Python regius) and a Blue-Tongue Skink (Tiliqua spp.). Journal of zoo and wildlife medicine, 40 757–766.
- 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.

Literature

10) Einschränkungen

Die Messungen wurden von mir als Physikerin nach bestem Wissen durchgeführt und Quellen und Rahmenbedingungen angegeben. Ich glaube, dass die Messungen aussagekräftig und

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

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.

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.