

DE: Allgemeine Information, identisch in allen Testreports	EN: General information, identical for all test reports
DE: Messwerte und Beurteilung dieser Lampe	EN: Measurement and analysis of specific lamp

Test-Report 08/2022

REBIE TerraClear-Glas®

1) Zusammenfassung

- Das REBIE TerraClear-Glas ist in hohem Maß transparent für UV-Strahlung. Strahlung mit 300 nm wird noch zu ca. 70% transmittiert, Strahlung mit 310 nm noch zu ca. 80%.
- Da gute Reptilienlampen nahezu keine UV-Strahlung mit einer Wellenlänge kleiner als 300 nm haben sollten, ist diese Transmission für die Terraristik ausreichend.
- Aluminium-Gaze, die sonst zur Abtrennung von UV-Lampen verwendet wird, hat typischerweise eine Transmission von 70% oder weniger bei besonders dichten Maschen. Damit ist das UV-Glas der Gaze überlegen.
- Nachteil des Glases im Vergleich zur Aluminium-Gaze ist jedoch, dass das Glas das Spektrum leicht verändert und damit auch das Gleichgewicht der Vitamin-D3-Bildung. Bei gleichem UV-Index wird eine Lampe mit Glas weniger Vitamin-D3 bilden. Ich halte diesen Einfluss für gering genug, um ihn zu akzeptieren.
- Bei Borosilikatglas als Frontglas von UV-Lampen ist bekannt, dass das Glas durch UV-Strahlung stark altert und nach einer gewissen Zeit seine UV-Durchlässigkeit verliert. Von der Alterung sind die kürzeren Wellenlängen stärker betroffen als die längeren Wellenlängen. Im Rahmen dieses Tests wurde die Alterung des Glases nicht untersucht. Sollte das Glas eingesetzt werden, empfehle ich die Alterung des Glases mit einem Solarmeter 6.5, noch besser zusätzlich anhand des Solarmeter-Verhältnisses zu überwachen.

1) Zusammenfassung	1
2) Beschreibung	1
3) Intensitätsmessungen	2
3a) Solarmeter-Verhältnis	4
4) Spektrale Messung	4
4a) UV-Spektrum (Vitamin D3)	6
5) Tests anderer Personen	8
6) Einschränkungen	9
7) Zitierte Literatur	9

Summary

- REBIE TerraClear glass is highly transparent to UV radiation. Approx. 70% of radiation at 300 nm is still transmitted, and approx. 80% of radiation at 310 nm.
- Since good reptile lamps should have almost no UV radiation with a wavelength of less than 300 nm, this transmission is sufficient for terraristics.
- Aluminum mesh screens, which are otherwise used to separate UV lamps, typically have a transmission of 70% or less with particularly dense meshes. This makes UV glass superior to mesh.
- However, the disadvantage of glass compared to aluminum mesh is that the glass slightly changes the spectrum and thus the balance of vitamin D3 formation. With the same UV index, a lamp with glass will form less vitamin D3. I consider this influence small enough to accept.
- In the case of borosilicate glass used as the front glass of UV lamps, it is known that the glass ages significantly as a result of UV radiation and loses its UV transparency after a certain period of time. The shorter wavelengths are more affected by aging than the longer wavelengths. The aging of the glass was not examined as part of this test. If the glass is used, I recommend monitoring the aging of the glass with a solar meter 6.5, even better additionally with the solar meter ratio.

... Summary
... Description
... Intensity Measurements
..... Solarmeter Ratio
... Spectral Measurement
..... UV Spectrum (vitamin D3)
... Tests by other people
... Limitations
... Literature cited

2) Beschreibung

Eine 20 cm x 40 cm großes Stück des „TerraClear-Glas“ wurde von Thomas Michaelis (ambo-petshop.com) zur Verfügung gestellt.

Unter aquaterranews.de befindet sich ein Werbe-Flyer mit Informationen zu dem Glas.

Description

A 20cm x 40cm piece of the "TerraClear glass" was provided by Thomas Michaelis (ambo-petshop.com).

There is an advertising flyer with information about the glass at aquaterranews.de.



3) Intensitätsmessungen

Intensitätsmessungen werden mit Breitbandmessgeräten durchgeführt. Gegenüber dem Spektrometer sind sie einfacher in der Anwendung und haben ein robustes Signal-zu-Rausch-Verhältnis und sind einfach in der Anwendung. Sie eignen sich daher gut, die räumliche Verteilung der UV-Strahlung und die Alterung der Lampen zu messen.

Die Beleuchtungsstärke wird mit einem „Voltcraft MS-200LED“ Luxmeter gemessen. Dieses Gerät misst die sichtbare Bestrahlungsstärke gewichtet mit der Empfindlichkeit des menschlichen Auges. Das Messgerät misst bis 400.000 Lux. Zum Vergleich: direkte Messungen des Sonnenlichts nur fünf Minuten nach Sonnenaufgang erreichen 3.000 – 5.000 Lux. Bei klarem Wetter werden mittags oft Werte von 120.000 bis 150.000 Lux beobachtet.

- Die UV-Bestrahlungsstärke wird mit Solarmeter UV-Radiometern gemessen. Diese Messgeräte haben sich in den letzten Jahren aufgrund des Preis-Leistungs-Verhältnisses durchgesetzt und werden von zahlreichen Terrarianern aber auch in der Wissenschaft und Feldforschung eingesetzt (Ferguson2009, Dobbinson2016, Lindgreen2008). UV-Index-Werte im Jahres- und Tagesverlauf sind häufig aus dem Wetterbericht bekannt.
- Solarmeter 6.5: UV-Index
Das Gerät misst die erythemgewichtete UV-Bestrahlungsstärke, d.h. Wellenlängen unterhalb von etwa 315 nm wobei kürzere Wellenlängen stärker gewichtet werden als längere Wellenlängen. Diese Eigenschaft ist wichtig, um sowohl die Eignung der Lampe für Vitamin-D-Synthese als auch ihr Gefährdungspotential einschätzen zu können.

- Solarmeter 6.2: UVB

Das Gerät misst die UVB-Bestrahlungsstärke bis ca. 330 nm.

Solarmeter 8.0: UVC

Das Gerät misst die UVC-Strahlung. Um fehlerhafte Messwerte aufgrund zu hoher UVA-Strahlung auszuschließen, wird der Messwert zusätzlich mit einem Schott UG11-Filter kontrolliert.

Intensity measurements

Intensity measurements are performed using broadband meters. Compared to the spectrometer, these are easier to use and have a robust signal to noise ratio and are easy to use. They are therefore suitable to measure the spatial distribution of the light and monitor the aging process.

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

For comparison, direct solar readings only five minutes after sunrise reach 3,000 – 5,000 lux. In clear weather, mid-day direct solar readings of 120,000 to 150,000 lux are often seen.

The irradiance of UV light is measured with Solarmeter UV broadband meters. These broadband meters have become widely accepted within reptile keepers and scientific research due to their cost-performance ratio (Ferguson2009, Dobbinson2016, Lindgreen2008). UV-Index values of natural sunlight are often known from weather forecasts.

- Solarmeter 6.5: UV-Index

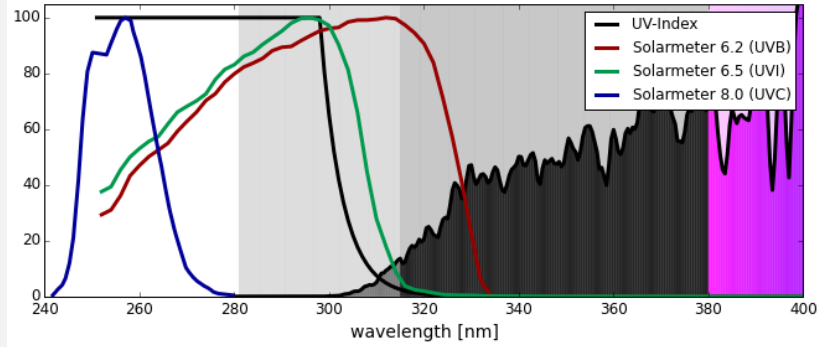
It measures the UV irradiance weighted with the action function for UV induces erythema. Mainly light below 315 nm is detected, and shorter wavelengths are more strongly counted than longer wavelengths. This feature is important to assess the ability of the lamp to enable production of vitamin d3 but also the risk of uv damage.

- Solarmeter 6.2: UVB

It measures UVB intensity up to 330 nm.

- Solarmeter 8.0: UVC

It measures UVC. To rule out faulty measurements due to UVA leakage, the measured value is checked again with a Schott UG11-filter.



Die Transmission wurde mit vier verschiedenen Lichtquellen gemessen, um den Effekt des Lampenspektrums zu berücksichtigen.

- Lightstorm UVB LED, das UVB-Spektrum wird durch eine LED mit Maximum bei 275 nm erzeugt.
- Hobby Vital LED, das UVB-Spektrum wird durch eine LED mit Maximum bei 297 nm erzeugt.
- VivTech Jungle Cover, das UVB-Spektrum wird durch eine LED mit Maximum bei 307 nm erzeugt.
- Kompaktleuchtstofflampe sera reptil desert 10% 20W, die ein sehr sonnenähnliches Spektrum hat.

Die zusätzliche Messung mit Sonnenlicht hat größere Fehler, da die Intensität des Sonnenlichts am Tag der Messung durch leichte Bewölkung stark geschwankt hat.

Transmission was measured with four different light sources to account for the effect of the lamp spectrum.

- Lightstorm UVB LED, the UVB spectrum is generated by an LED with a maximum at 275 nm.
- Hobby Vital LED, the UVB spectrum is generated by an LED with a maximum at 297 nm.
- VivTech Jungle Cover, the UVB spectrum is generated by an LED with a maximum at 307 nm.
- Compact fluorescent lamp sera reptil desert 10% 20W, which has a spectrum very similar to that of the sun.

The additional measurement with sunlight has larger errors, since the intensity of the sunlight fluctuated greatly on the day of the measurement due to light clouds.

Lamp	Light Storm 275 nm LED			Hobby Vital LED 297 nm LED			VivTech Jungle Cover 307 nm LED		
	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Distance [cm]	10	15	20	10	15	20	10	15	20
Luxmeter [lx] no glass	2.600	1.501	1.041	2.007	988	581	9.526	4.518	2.629
Solarmeter 6.2 UVB [$\mu\text{w}/\text{cm}^2$]	95	50	33	440	212	123	209	100	62
Solarmeter 6.5 UVI	11,5	6,7	4,3	60,2	29,7	17,2	18,1	8,8	5,3
Luxmeter [lx] with glass	2.496	1.442	950	1.953	942	563	8.909	4.344	2.490
Solarmeter 6.2 UVB [$\mu\text{w}/\text{cm}^2$]	20	11	7	256	122	70	167	77	45
Solarmeter 6.5 UVI	2,7	1,5	1,0	34,4	17,0	9,8	13,5	6,2	3,6
Transmissionsverlust Lux	-4,0%	-3,9%	-8,7%	-2,7%	-4,7%	-3,1%	-6,5%	-3,9%	-5,3%
Transmissionsverlust SM 6.2 UVB	-79%	-78%	-79%	-42%	-42%	-43%	-20%	-23%	-27%
Transmissionsverlust SM 6.5 UVI	-77%	-78%	-77%	-43%	-43%	-43%	-25%	-30%	-32%

Lamp	sera reptil desert 10% fluorescent			sun
	10	15	20	
Distance [cm]	10	15	20	
Luxmeter [lx] no glass	2.618	1.350	836	133.000
Solarmeter 6.2 UVB [$\mu\text{w}/\text{cm}^2$]	194	94	56	257
Solarmeter 6.5 UVI	7,6	3,6	2,2	5,3
Luxmeter [lx] with glass	2.529	1.281	787	125.000
Solarmeter 6.2 UVB [$\mu\text{w}/\text{cm}^2$]	156	75	44	210
Solarmeter 6.5 UVI	5,5	2,7	1,6	4,1
Transmissionsverlust Lux	-3,4%	-5,1%	-5,9%	-6,0%
Transmissionsverlust SM 6.2 UVB	-20%	-20%	-21%	-18%
Transmissionsverlust SM 6.5 UVI	-28%	-25%	-27%	-23%

Die Transmission hängt wie erwartet stark vom Spektrum ab. Während bei dem sehr kurzwelligen Spektrum der 275-nm-LED knapp 80% der UV-Strahlung absorbiert wird, ist es beim langwelligen und sonnenähnlichen Spektrum der Leuchtstofflampe nur 20% (Solarmeter 6.2) bzw. 25%-30% (Solarmeter 6.5).

As expected, the transmission depends strongly on the spectrum. While almost 80% of the UV radiation is absorbed in the very short-wavelength spectrum of the 275 nm LED, it is only 20% (solar meter 6.2) or 25%-30% (solar meter 6.5) in the long-wavelength and sun-like spectrum of the fluorescent lamp.

Im sichtbaren Bereich hat das Glas – wie mit bloßem Auge sichtbar – eine hohe Transmission. Nur etwa 5% der Strahlung werden durch das nicht extra gereinigte Glas absorbiert. Die unterschiedliche Transmission bei unterschiedlichen UV-Wellenlängen sieht man auch speziell bei der Leuchtstofflampe an den unterschiedlichen Absorptionszahlen für das Solarmeter 6.2 und das Solarmeter 6.5. Die längeren Wellenlängen, die vom Solarmeter 6.2 gemessen werden, werden weniger stark abgeschwächt (20%) als die kürzeren Wellenlängen, die das Solarmeter 6.5 misst (25%-30%).

3a) 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.

Aufgrund der Fertigungstoleranzen variieren die Solarmeter-Verhältnisse, die aus unterschieden Messgeräten berechnet werden. Ich weiß, dass mein Solarmeter 6.5 vergleichsweise kleine Messwerte für Lampen mit nur kurzwelliger UVB Strahlung (UVB-LEDs) liefert.

Das Glas erhöht das Solarmeter-Verhältnis, da es die kürzeren Wellenlängen stärker abschwächt. Bei der Leuchtstofflampe vergrößert sich das Solarmeter-Verhältnis von ca. 25 auf ca. 28. Damit einher geht auch eine Veränderung des Vitamin-D3-Gleichgewichts.

4) 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.

In the visible range, the glass has a high transmission – as visible to the eye. Only about 5% of the radiation is absorbed by the glass that has not been specially cleaned.

The different transmission at different UV wavelengths can also be seen, especially with the fluorescent lamp, in the different absorption numbers for the Solarmeter 6.2 and the Solarmeter 6.5. The longer wavelengths measured by the Solarmeter 6.2 are attenuated less (20%) than the shorter wavelengths measured by the Solarmeter 6.5 (25%-30%).

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).

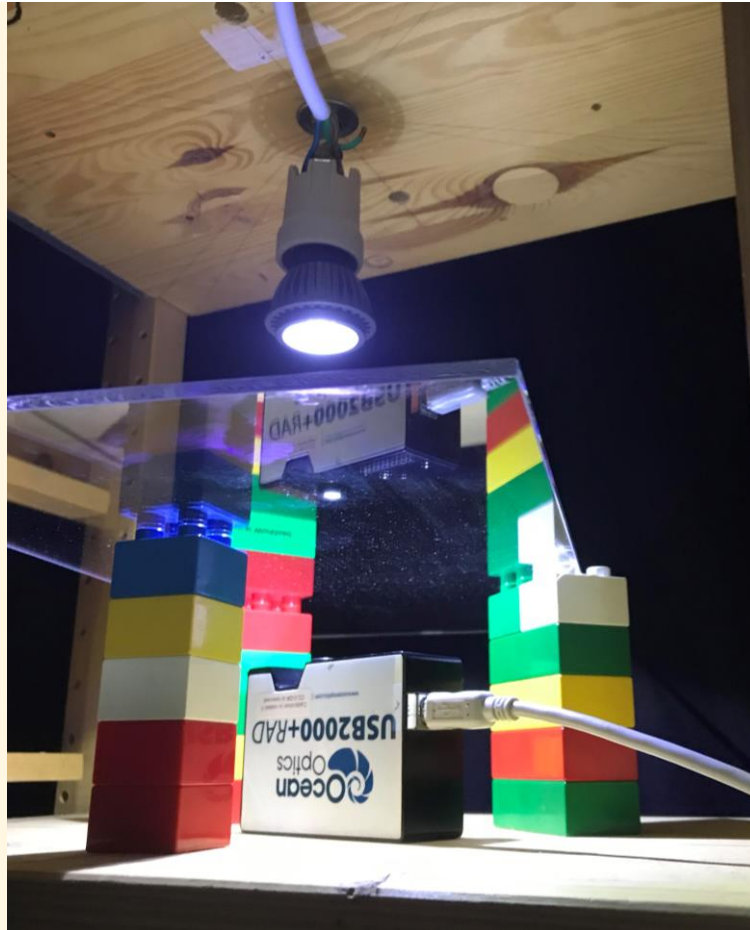
Natural sunlight has a Solarmeter ratio of 50 to 60. Artificial UV sources with a Solarmeter ratio > 20 are common and up to now have not shown negative effects. Fluorescent lamps that have been associated with eye and skin damage had Solarmeter ratios < 15 .

Due to production tolerances the Solarmeter ratios calculated from different meters vary. I know that my Solarmeter 6.5 gives comparably low readings for lamps with only short wavelength UVB emission (UVB LEDs).

The glass increases the solar meter ratio because it attenuates the shorter wavelengths more. With the fluorescent lamp, the solar meter ratio increases from approx. 25 to approx. 28. This is accompanied by a change in the vitamin D3 balance.

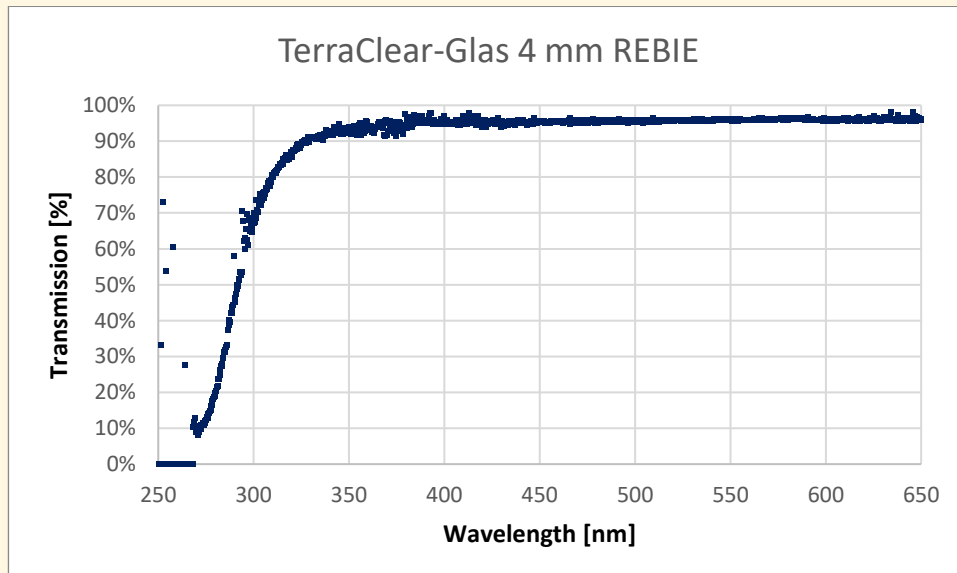
Spectral Measurement

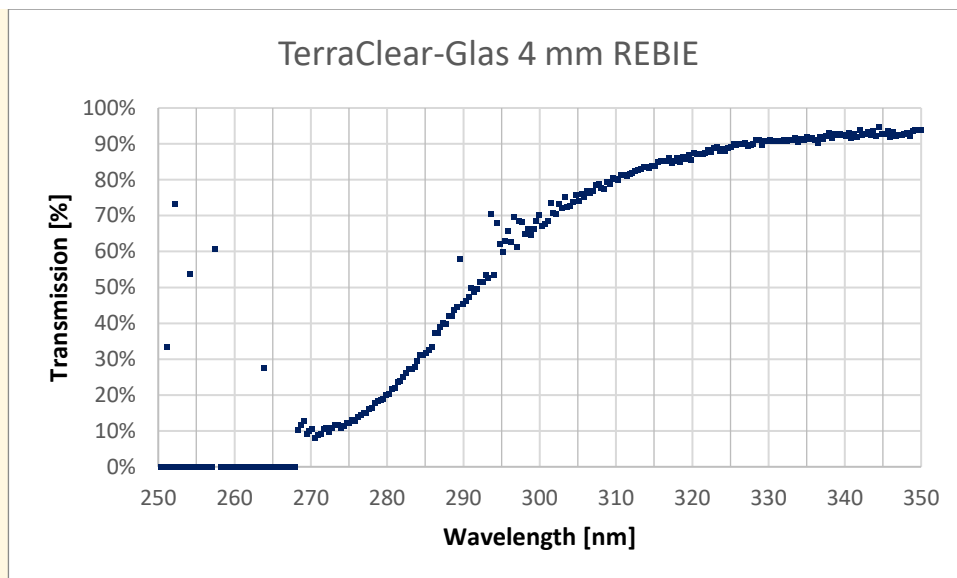
Spectral measurements are taken with an “Ocean Optics USB 2000+” spectrometer with cosine corrector. It is calibrated for wavelength and absolute irradiance. The measurement range is 250 nm to 880 nm with a resolution of 0.38 nm.



Die Transmission wurde mit vier verschiedenen Lampen durchgeführt, um das komplette Spektrum abzudecken. Der Wellenlängenbereich um 370 nm und um 285 nm wird von keiner Lampe gut genug abgedeckt, um die Transmission zu bestimmen. Daher fehlen für diese Wellenlängen die Messwerte, bzw. sie schwanken stark. Auch unterhalb von 270 nm war keine Messung möglich.

The transmission was measured out with four different lamps in order to cover the complete spectrum. The wavelength range around 370 nm and around 285 nm is not covered by any lamp well enough to determine the transmission. Therefore, the measured values for these wavelengths are missing or they fluctuate. No measurement was possible below 270 nm either.





4a) 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.

Bei der Abwägung zwischen positiven und negativen Eigenschaften der UV-Strahlung erscheint es mir am sinnvollsten auf eine große Ähnlichkeit zum Sonnenspektrum zu achten. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass die Evolution die Mechanismen zum Schutz vor UV-Strahlung als auch den Nutzen aus der UV-Strahlung für dieses Spektrum perfekt optimiert hat. 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 50° Sonnenstand (UV-Index 7,6)
- — Sonnenspektrum bei 85° Sonnenstand (UV-Index 14,7)
- — Wirkspektrum für die DNA-Schädigung (Setlow1974, DIN 5031-10), die Wirkspektren für andere schädigende Auswirkungen von UV-Strahlung, wie Photo-Kerato-Konjunktivitis sind ähnlich.
- — Wirkspektrum für die Vitamin-D3-Bildung (MacLaughlin1982, DIN 5031-10)

Das Ausmaß, in dem das UV-Spektrum der Lampe unter jedes Wirkspektrum fällt, bestimmt die Risiken und den Nutzen.

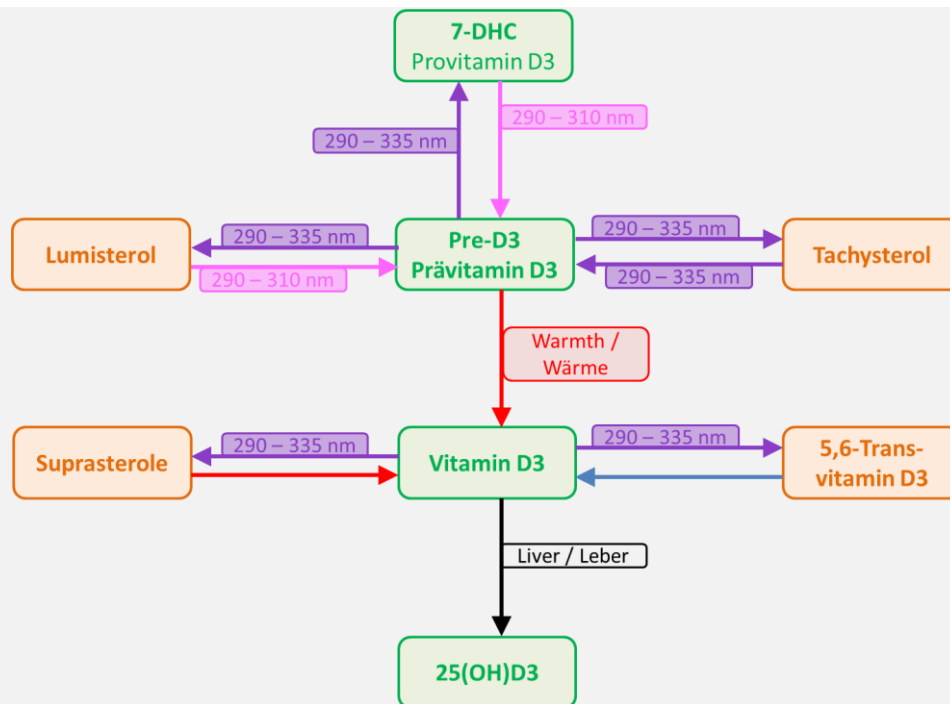
UV Spectrum (Vitamin D3)

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.

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. This is based on the assumption that evolution will have optimized the protection strategies against UV and the benefits from UV perfectly for 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 50° solar altitude (UV index 7.6)
- — Solar spectrum for 85° solar altitude (UV index 14.7)
- — Action spectrum for DNA damage (Setlow1974, DIN 5031-10), the action spectra for other damaging effects of UV radiation, such as photo-kerato-conjunctivitis, are similar to this one.
- — Action spectrum for Vitamin D3 production (MacLaughlin1982, DIN 5031-10)

The extent to which each UV spectrum falls under each action spectrum determines the risks and benefits.



Das einfache Bild der Vitamin D3 Bildung in der Haut ist folgendermaßen: UVB wird benötigt, um 7-DHC in der Haut in Prävitamin D3 umzuwandeln. Dann wandelt Wärme das Prävitamin D3 in Vitamin D3 um. Das Vitamin-D3-bindenden Protein (DBP) bindet an die Vitamin D3 Moleküle und trägt sie in den Blutkreislauf.

Aber das ist eine starke Vereinfachung. Wie in einem wegweisenden Artikel von MacLaughlin et al. (1982) gezeigt wurde, ist die Bildung von Vitamin D3 ein komplexer Prozess: Vier Photoprodukte bilden ein Gleichgewicht, deren Menge von der Form des UV-Spektrums abhängen, das die Haut erreicht. Nur Wellenlängen unter 320 nm – und ganz besonders die unter 310 nm – wandeln 7-DHC-Moleküle in Prävitamin D3 um. Prävitamin D3 kann dann aber auch wieder in 7-DHC oder in Lumisterol oder Tachysterol umgewandelt werden, indem es UV im Bereich unter 335 nm absorbiert. Die längeren Wellenlängen (310 – 335 nm) begrenzen die Menge an Prävitamin D3 und damit Vitamin D3, die in der Haut gebildet werden kann. Diese Wellenlängen wirken im System als „Bremse“ oder „Puffer“. Und Sonnenlicht, wofür dieser Prozess evolutionär optimiert wurde, hat im Bereich 310 – 335 nm eine vielfach höhere Intensität als im Bereich 290 – 310 nm.

Es gibt darüber hinaus sogar eine Ausfallsicherung, um überschüssiges Vitamin D3 zu entfernen, wenn sich so viel in der Haut ansammelt, dass DBP es nicht mehr entfernen kann. Webb et al. (1989) fanden heraus, dass Wellenlängen bis zu 330 nm das in der Haut verbleibende Vitamin D3 abbauen und in inerte Moleküle umwandelt (5,6-Trans-Vitamin-D3, Suprasterol I und Suprasterol II)

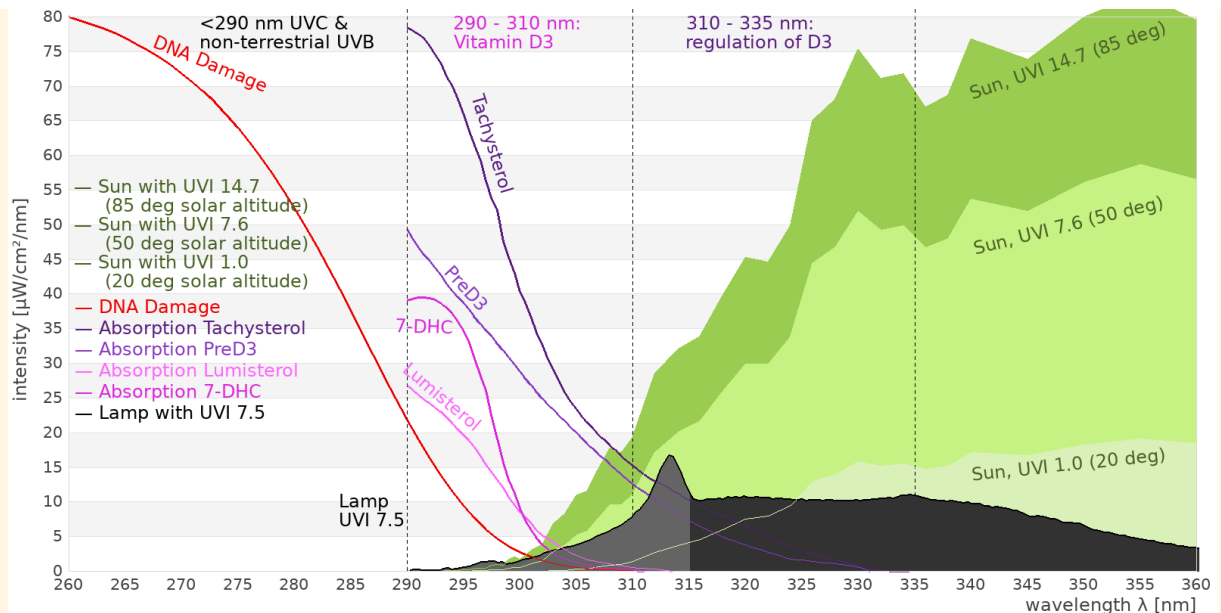
Das Glas verändert das UV-Spektrum leicht. Das kann Auswirkungen auf die Vitamin-D3-Bildung haben. Da das Glas die kürzeren Wellenlängen stärker abschwächt, wird bei gleichem UV-Index etwas weniger Vitamin-D3 gebildet.

The simple picture of Vitamin D3 production in the skin is as follows: UVB is needed to convert the 7-DHC in the skin into pre-D3. Then warmth converts pre-D3 into vitamin D3. Vitamin D3-binding protein (DBP) attaches to the vitamin D3 molecule and the pair are carried into the bloodstream.

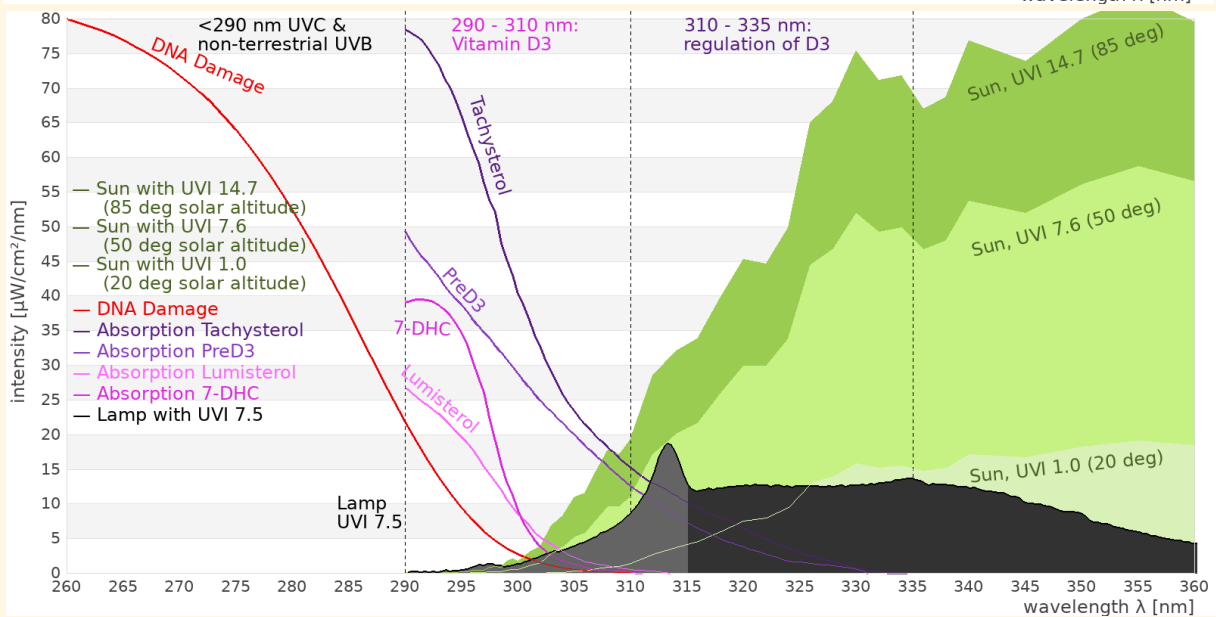
But this is a great simplification. As shown in a key paper by MacLaughlin et al. (1982), Vitamin D3 synthesis is a complex process: Four photoproducts form an equilibrium, the amounts of each depending on the nature of the UV spectrum reaching the skin. Only wavelengths below 320nm – and especially those below 310nm – transform molecules of 7-DHC into preD3. But then pre-D3 can also be converted back to 7-DHC or to Lumisterol or Tachysterol by absorbing UV in the range below 335 nm. All four of these molecules are constantly converted one into another and back again. The longer wavelengths (310 – 335 nm) limit the amount of pre-D3 and thus Vitamin D3 that can be produced in the skin. These wavelengths act as a “brake” or “buffer” in the system. And sunlight has many times more intensity in the range 310 – 335 nm than in the range 290 – 310 nm.

There is even a “back-up” process to remove any excess vitamin D3 if too much of this starts to accumulate for the DBP to take it away. Webb et al. (1989) found that wavelengths up to 330nm would degrade vitamin D3 remaining in skin, breaking it down into inert metabolites (5,6-transvitamin D3, suprasterol I, and suprasterol II).

The glass changes the UV spectrum slightly. This can have an impact on vitamin D3 formation. Since the glass weakens the shorter wavelengths more, a little less vitamin D3 is formed with the same UV index.



No glass:



With glass:

Diese Bilder zeigen das Spektrum der Kompaktleuchtstofflampe oben ohne, unten mit Glas skaliert auf denselben UV-Index (7,5). Im unteren Bild ist die Quecksilberlinie bei 313 nm etwas stärker, weil weniger Intensität bei den kürzeren Wellenlängen vorhanden ist – nur so ist der gleiche UV-Index trotz verändertem Spektrum möglich. Im oberen Bild – ohne Glas – ist die Quecksilberlinie bei 297 nm stärker. Der tatsächliche Einfluss auf die Vitamin-D3-Bildung ist vermutlich gering.

These images show the spectrum of the compact fluorescent lamp top without, bottom with glass scaled to the same UV index (7.5). In the bottom image, the mercury line at 313 nm is somewhat stronger because there is less intensity at the shorter wavelengths - this is the only way to achieve the same UV index despite the changed spectrum. In the top image - without glass - the mercury line is stronger at 297 nm. The actual influence on vitamin D3 formation is probably small.

5) Tests anderer Personen

Ein weiterer ausführlicher Test wird von Michael Kulig auf seiner Webseite Froschmichl.de vorgestellt. Dort sind Messungen von Michael Kulig mit einem UV-Light-Meter YK35 (290-390nm) und einer Dragon Leuchtstoffröhre dargestellt: $1,341/1,492 = 10\%$ Reduktion. Außerdem zitiert die Seite eine Spektralmessungen an der Uni Bielefeld von Thomas Schäffer. Eine weitere Messung von Jürgen Eckert mit einem Solarmeter 6.2 und einer Arcadia 6% Leuchtstoffröhre ergab $215/256 = 16\%$ Abschwächung. Diese Messungen sind in Einklang mit meinen Ergebnissen. Die Webseite zitiert auch einige Preise und gibt einen kurzen Überblick über die Entwicklungshistorie des Glases.

Tests of other people

Another detailed test is presented by Michael Kulig on his website Froschmichl.de. Measurements by Michael Kulig with a UV light meter YK35 (290-390nm) and a Dragon fluorescent tube are shown there: $1.341/1.492 = 10\%$ reduction. The site also cites a spectral measurement at Bielefeld university by Thomas Schäffer. Another measurement by Jürgen Eckert with a Solarmeter 6.2 and an Arcadia 6% fluorescent tube resulted in $215/256 = 16\%$ attenuation. These measurements are consistent with my findings. The website also states some prices and gives a short history of the development of the glass.

6) Einschränkungen

Die Messungen wurden von mir als Physikerin nach bestem Wissen durchgeführt und Quellen und Rahmenbedingungen angegeben. Ich glaube, dass die Messungen aussagekräftig und zuverlässig sind. Trotzdem entsprechen die Messgeräte und Methoden nicht denen zertifizierter Testlabore.

Messungen an einer geringen Anzahl von Lampen lassen keine generellen Aussagen zu. Von Lampe zu Lampe gibt es Schwankungen aufgrund des Alters der Lampe, Betriebsbedingungen wie Spannung oder Temperatur sowie Produktionsschwankungen von Charge zu Charge und innerhalb einer Charge.

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

7) Zitierte Literatur

- Baines, F. M. 2010. Photo-Kerato-Conjunctivitis in Reptiles. Paper read at 1st International Conference on Reptile and Amphibian Medicine, March 4–7, at München.
- Baines, F. M. (2016) How much UV-B does my reptile need? The UV-Tool, a guide to the selection of UV lighting for reptiles and amphibians in captivity. *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 4.
- DIN 5031-10: Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik: Photobiologisch wirksame Strahlung, Größen, Kurzzeichen und Wirkungsspektren. Mar 2000. Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIRECTIVE 2006/25/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2006 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to risks arising from physical agents (artificial optical radiation) (19th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC).
- Dobbins, S., Niven, P., Buller, D., Allen, M., Gies, P. & Warne, C. (2016) Comparing Handheld Meters and Electronic Dosimeters for Measuring Ultraviolet Levels under Shade and in the Sun. *Photochemistry and Photobiology*, 92 208–214.
- Ferguson, G. W., Brinker, A. M., 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.
- Holick, M. F. (2016) Biological Effects of Sunlight, Ultraviolet Radiation, Visible Light, Infrared Radiation and Vitamin D for Health. *Anticancer Research*, 36 1345–1356.
- Kelber, A., Vorobyev, M. & Osorio, D. (2003) Animal colour vision - behavioural tests and physiological concepts. *Biological Reviews*, 78 81–118.
- Lindgren, J., 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.

Limitations

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

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

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

Literature Cited