

# Test-Report 10/2022

## ETFE Folie für Gewächshäuser ETFE Film for Greenhouses

### 1) Zusammenfassung

- Die getestete ETFE-Folie ist sehr gut UV- und Lichtdurchlässig. Bei 300 nm beträgt die Transmission noch mehr als 80%.
- Je nach Anforderung (Widerstand gegen Krallen, Stabilität gegenüber aufliegendem Gewicht, Thermische Isolierung) kann die geeignet sein für selbst gebaute Gewächshäuser und Frühbeete, Außen-Terrarien oder auch als Deckelfolie eines Terrariums zur Abtrennung der UV-Lampen.

|                               |   |                            |
|-------------------------------|---|----------------------------|
| 1) Zusammenfassung .....      | 1 | ... Summary                |
| 2) Beschreibung .....         | 1 | ... Description            |
| 3) Temperatur .....           | 2 | ... Temperature            |
| 4) Intensitätsmessungen ..... | 3 | ... Intensity Measurements |
| 5) Spektrale Messung .....    | 4 | ... Spectral Measurement   |
| 6) Einschränkungen .....      | 5 | ... Limitations            |
| 7) Zitierte Literatur .....   | 5 | ... Literature cited       |

### Summary

- The tested ETFE film has very good UV and light transmission. At 300 nm the transmission is still more than 80%.
- Depending on the requirements (resistance to claws, stability to weight, thermal insulation), the can be suitable for self-built greenhouses and cold frames, outdoor terrariums or as a cover film for a terrarium to separate the UV lamps.

### 2) Beschreibung

Eine Stück einer ETFE-Folie wurden von Dr. Henry Brames, Reptilientierarzt, für einen Test zur Verfügung gestellt. ETFE-Folie wird aus Ethylen-Tetrafluorethylen-Harz hergestellt. Sie ist sehr leicht, elastisch, widerstandsfähig, glasklar und kann je nach Dotierung des Harzes mit unterschiedlicher UV- und Lichtdurchlässigkeit produziert werden.

ETFE-Folien werden zur Überdachung von Schwimmbädern und Gewächshäusern eingesetzt, z.B. im Gondwana-Land im Zoo Leipzig. Dabei wird die Folie entweder einlagig oder mehrlagig, z.T. auch als luftgefüllte Kissen eingesetzt. Außerdem wird die Folie als Beschichtungsmaterial in der chemischen Industrie und elektrisches Isoliermaterial verwendet.

Das Stück Folie, das für den Test verwendet wurde, ist etwa DIN A3 groß und zeigt bereits deutlich Gebrauchsspuren, insbesondere Verformungen, da die Folie mutmaßlich in einen Rahmen eingespannt war. Die Folie ist sehr klar und stabil. Laut Henry Brames ist diese Folie unter <https://lucama.de/products/etfe-membrane> erhältlich.

### Description

One piece of ETFE film was supplied by the reptile vet Dr. Henry Brames for a test.

ETFE film is made from ethylene tetrafluoroethylene resin. It is very light, elastic, resistant, crystal clear and can be produced with different UV and light permeability depending on the doping of the resin.

ETFE films are used to cover swimming pools and greenhouses, e.g. in Gondwana-Land at Leipzig Zoo. The film is either single-layered or multi-layered, sometimes also used as an air-filled cushion. In addition, the film is used as a coating material in the chemical industry and as an electrical insulating material.

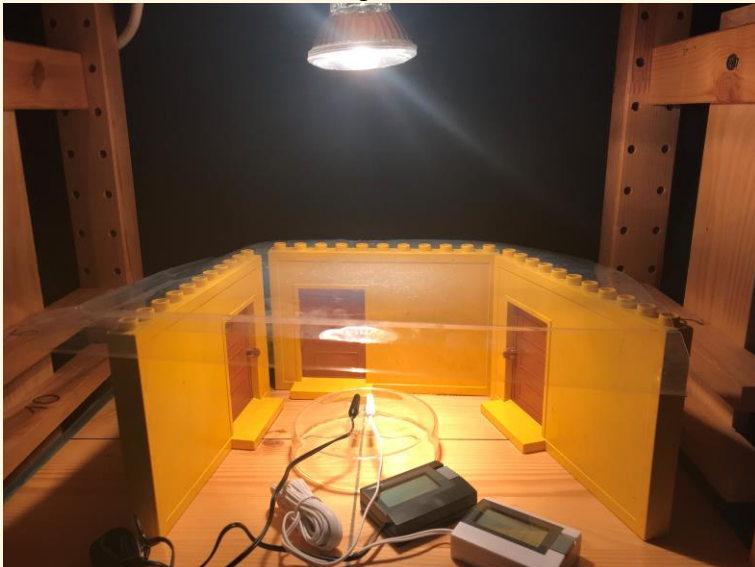
The piece of foil used for the test is about DIN A3 in size and already shows clear signs of wear, in particular deformations, since the foil was presumably clamped in a frame. The film is very clear and stable.

According to Henry Brames, this film is available at <https://lucama.de/products/etfe-membrane>.



### 3) Temperatur

Die Temperatur unter einer 50W Halogenlampe wurde mit Digitalthermometern mit weißem und schwarzem Fühler einmal mit und einmal ohne Folie gemessen.



Die Folie ist gut durchlässig für Wärmestrahlung einer Halogenlampe.

### 3)Temperature

The temperature under a 50W halogen lamp was measured with digital thermometers with white and black probes, once with and once without the ETFE film.

|                                   | Ohne Folie<br>No film | Mit Folie<br>With film |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Weißer Fühler /<br>White Probe    | 35,1 °C               | 33,9 °C                |
| Schwarzer Fühler /<br>Black Probe | 40,1 °C               | 38,6 °C                |

The ETFE film lets heat rays from a tungsten halogen lamp transmit very well.

## 4) Intensitätsmessungen

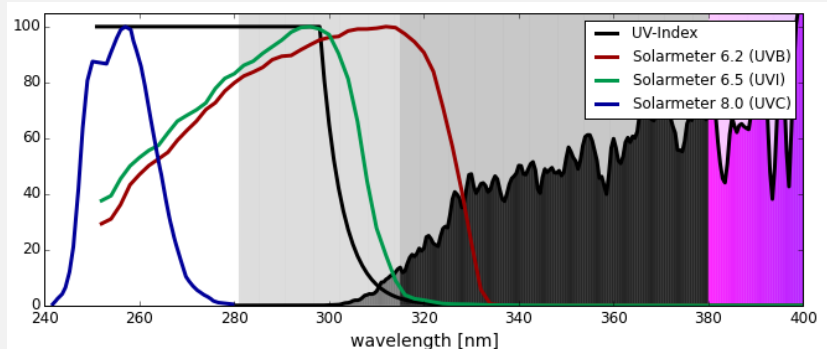
Intensitätsmessungen werden mit Breitbandmessgeräten durchgeführt. Gegenüber dem Spektrometer sind sie einfacher in der Anwendung und haben ein robustes Signal-zu-Rausch-Verhältnis und sind einfach in der Anwendung. Sie eignen sich daher gut, die räumliche Verteilung der UV-Strahlung und die Alterung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



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.
- Kompaktleuchtstofflampe sera reptil desert 10% 20W, die ein sehr sonnenähnliches Spektrum hat.

## 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.

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.
- Compact fluorescent lamp sera reptil desert 10% 20W, which has a spectrum very similar to that of the sun.

- Halogen Lampe, die vor allem gelblich/rötliches Licht und Infrarot abstrahlt

- Tungsten Halogen lamp which emits mainly yellow/red light and infrared.

| Lamp   | Light Storm<br>275 nm LED |       | Hobby Vital LED<br>297 nm LED |       |       | sera reptil desert 10%<br>fluorescent |       |       | halogen |
|--|---------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|---------|
| Distance [cm]                                    | 10                        | 15    | 10                            | 15    | 20    | 10                                    | 15    | 20    | 20      |
| Luxmeter [lx] no glass                           | 2.306                     | 1.472 | 5.497                         | 1.812 | 968   | 3.779                                 | 1.716 | 1.030 | 1.499   |
| Solarmeter 6.2 UVB [ $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ ] | 78                        | 46    | 1074                          | 374   | 188   | 269                                   | 119   | 66    |         |
| Solarmeter 6.5 UVI                               | 10,6                      | 6,0   | 148,0                         | 53,8  | 26,9  | 10,7                                  | 4,8   | 2,8   |         |
| Luxmeter [lx] with glass                         | 2.171                     | 1.384 | 5.150                         | 1.710 | 911   | 3.589                                 | 1.630 | 974   | 1.410   |
| Solarmeter 6.2 UVB [ $\mu\text{w}/\text{cm}^2$ ] | 58                        | 35    | 856                           | 297   | 152   | 222                                   | 100   | 56    |         |
| Solarmeter 6.5 UVI                               | 8,0                       | 4,3   | 118,1                         | 42,9  | 21,0  | 8,7                                   | 3,7   | 2,2   |         |
| Transmissionsverlust Lux                         | -5,9%                     | -6,0% | -6,3%                         | -5,6% | -5,9% | -5,0%                                 | -5,0% | -5,4% | -5,9%   |
| Transmissionsverlust SM 6.2 UVB                  | -26%                      | -24%  | -20%                          | -21%  | -19%  | -17%                                  | -16%  | -15%  |         |
| Transmissionsverlust SM 6.5 UVI                  | -25%                      | -28%  | -20%                          | -20%  | -22%  | -19%                                  | -23%  | -21%  |         |

Die Abschwächung durch die Folie im sichtbaren Bereich ist ca. 5%. Im UVB-Bereich wird die Strahlung je nach Wellenlänge 15% bis 30% abgeschwächt. Insbesondere bei dem sonnenähnlichen Spektrum der Leuchtstofflampe ist die Abschwächung nur 15 – 20% und damit geringer als Gaze, die häufig als Abtrennung zwischen Terrarium und UV-Lampe verwendet wird.

The attenuation by the film in the visible range is approx. 5%. In the UVB range, the radiation is weakened by 15% to 30% depending on the wavelength. Especially with the spectrum of the fluorescent lamp, which is similar to the sun, the attenuation is only 15 - 20% and thus lower than mesh, which is often used as a separation between the terrarium and the UV lamp.

## 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.

Professionelle Photometrische Messungen beinhalten die Verwendung einer Ulbrichtkugel. Das ist hier nicht der Fall und kann die Ergebnisse verfälschen. Ohne Ulbrichtkugel ist auch keine Bestimmung des gesamten Lichtstroms (Lumen) möglich. Die spektrale Messung wird je nach Lampe in einem individuellen geringen Abstand durchgeführt. So kann das Signal-zu-Rausch-Verhältnis durch eine hohe Intensität optimiert werden. Das Spektrum in verschiedenen Abständen hat die gleiche Form, lediglich die Gesamtintensität ändert sich.

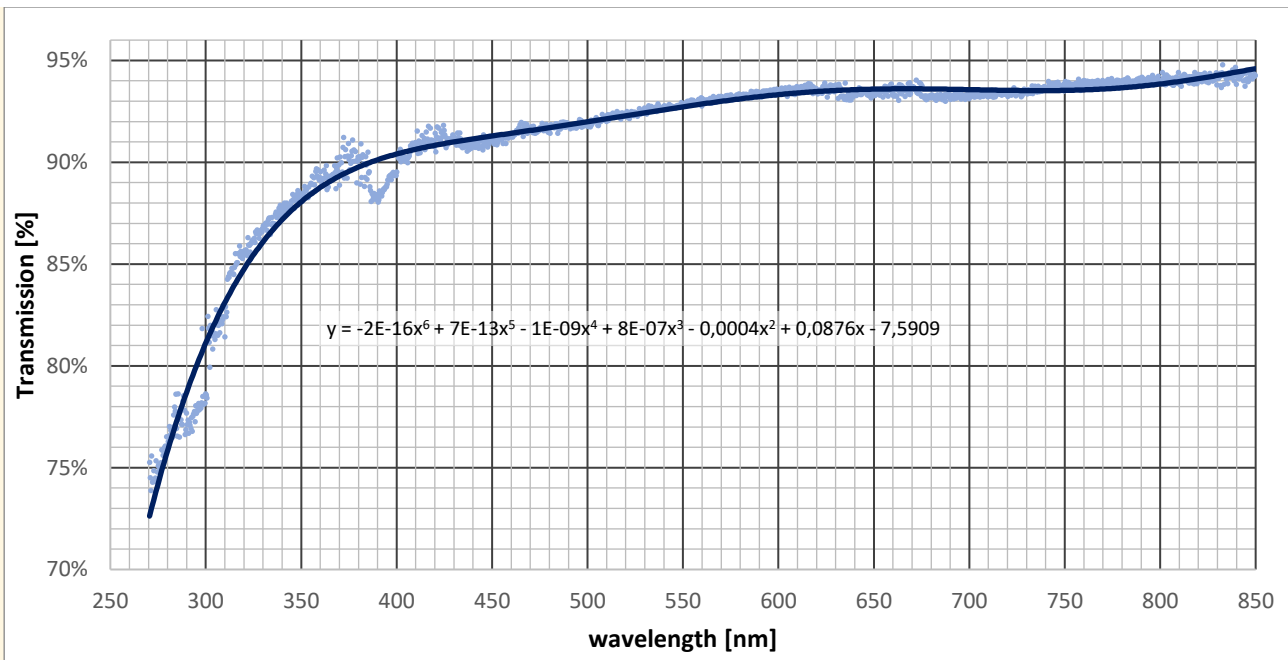
Die Transmission wurde mit vier verschiedenen Lampen durchgeführt, um das komplette Spektrum abzudecken. Der Wellenlängenbereich um 370 nm und um 285 nm wird von keiner Lampe gut genug abgedeckt, um die Transmission zu bestimmen. Daher fehlen für diese Wellenlängen die Messwerte, bzw. sie schwanken stark.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

## Spectral Measurement

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

Professional photometric tests include the usage of an integrating sphere (Ulbricht sphere). This is not the case here and can adulterate the results. Without an integrating sphere it is not possible to determine the total luminous flux (lumen). The spectral measurements are taken in an individual distance for each lamp to improve the signal to noise ratio. The shape of the spectrum does not depend on the distance, only the absolute intensity changes.

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.



Die Transmission bei 300 nm beträgt noch knapp über 80%. Folie lässt viel der Vitamin D3 wirksamen Strahlung transmittieren.

The transmission at 300 nm is still just over 80%. The film transmits much of the vitamin D3 effective radiation.

## 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.

## 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.

## 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).
- 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.

## Literature Cited

- Holick, M. F. (2016) Biological Effects of Sunlight, Ultraviolet Radiation, Visible Light, Infrared Radiation and Vitamin D for Health. *Anticancer Research*, 36 1345–1356.
- Kelber, A., Vorobyev, M. & Osorio, D. (2003) Animal colour vision - behavioural tests and physiological concepts. *Biological Reviews*, 78 81–118.
- Lindgren, J., Gehrman, W. H., Ferguson, G. W. & Pinder, J. E. (2008) Measuring Effective Vitamin D3-Producing Ultraviolet B Radiation Using Solartech's Solarmeter® 6.4 Handheld, UVB Radiometer. *Bulletin of the Chicago Herpetological Society*, 43 57–62.
- MacLaughlin, J., Anderson, R. & Holick, M. F. (1982) Spectral character of sunlight modulates photosynthesis of previtamin D3 and its photoisomers in human skin. *Science*, 216 1001–1003.
- Setlow, R. B. (1974) The wavelengths in sunlight effective in producing skin cancer: a theoretical analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 71 3363–3366.
- Guidelines on Limits of Exposure to Broad-Band Incoherent Optical Radiation (0.38 to 3µm). (1997) *Health Physics*, 73 539–554.