

Lichtmessung

Sarina Wunderlich

2007



Inhaltsverzeichnis

1	Zutaten	4
1.1	Messgeräte	4
1.1.1	Lux-Sensor	4
1.1.2	UVA-Sensor	4
1.1.3	UVB-Sensor	5
1.1.4	UVC-Sensor	6
1.1.5	CASSY	6
1.1.6	Infrarot-Thermometer	7
1.1.7	Energiekostenmessgerät	7
1.2	Lampen	8
1.2.1	Glühlampe	8
1.2.2	Halogelampe	8
1.2.3	Osram Ultra-Vitalux	8
1.2.4	Quecksilberdampf Lampe	8
1.2.5	Halogenmetaldampf Lampe	9
1.2.6	Lucky Reptile Bright Sun UV	9
1.2.7	Leuchtstoffröhren	10
1.3	Transmissionsmessung	10
2	Versuchsdurchführung	11
2.1	Beleuchtungs- und Bestrahlungsstärke	11
2.1.1	Sonnenlicht	11
2.1.2	Lampen	11
2.1.3	Abstand	11
2.1.4	Temperatur	12
3	Ergebnisse	13
3.1	Fehlerabschätzung	13
3.1.1	UV Bestrahlungsstärke	13
3.1.2	Beleuchtungsstärke	13
3.1.3	Transmittivität	13
3.1.4	Temperatur	14
3.2	Sonnenlicht	14
3.3	Lampen	14
3.3.1	Glühbirne	14
3.3.2	Halogenbirne	15
3.3.3	Osram Ultra-Vitalux	15

3.3.4	Quecksilberdampfhochdrucklampe	15
3.3.5	Halogenmetaldampflampe	16
3.3.6	Lucky Reptile Bright Sun UV	21
3.3.7	Leuchtstoffröhre	22
3.4	Transmissionsmessung	22
3.4.1	Metall-Gaze	22
3.4.2	Gitter	23
3.4.3	Fensterscheibe	23
3.4.4	Schutzglas Lival Halogenmetaldampfstrahler	23
3.4.5	Schutzglas Halogenmetaldampfstrahler2	23

1 Zutaten

1.1 Messgeräte

Zur Verfügung standen hauptsächlich Messgeräte die an der Universität Erlangen im Praktikum für Physikstudenten eingesetzt werden.

1.1.1 Lux-Sensor

Der Lux-Sensor der Firma Leybold Didactic GmbH (Artikelnummer 666243) hat einen Messbereich von 0 klx bis 200 klx wobei die Lichtempfindliche Fläche einen Durchmesser von 10,5 mm hat und etwa 5,5 mm tief in den Sensor eingebaut ist. Die spektrale Empfindlichkeit der Si-Photoelements wird durch einen $V(\lambda)$ -Filter angepasst. Ein Spektrum ist in der Gebrauchsanweisung nicht abgedruckt. Der Sensor darf laut Angaben in der Gebrauchsanweisung keinen Temperaturen über 65 °C ausgesetzt werden, so dass darauf bei Messungen im geringen Abstand zu Lampen Rücksicht genommen werden muss.

Der Sensor wird über die Lux-Box an den Steckplatz A oder D eines Cassy-Interfaces (siehe Kapitel 1.1.5) angeschlossen, an dem die Absolutwerte bis 100 klx gemessen werden. Nach

Kalibrierung mit dem auf dem Lux-Sensor aufgedruckten Faktor (0,74) können Beleuchtungsstärken bis 74 klx abgelesen werden. Bei Anschluss an ein Hand-Luxmeter (Leybold Artikelnummer 666223) sind Messungen bis 199 klx bzw. 148 klx möglich, jedoch stand ein solches Gerät nicht zur Verfügung.

Durch die Verwendung von Graufiltern (verwendet wurde ein Filter mit Transmittivität 0,10) konnte der Messbereich aber auf 740 klx erweitert werden.

1.1.2 UVA-Sensor

Verwendet wurde der UVA-Sensor von Leybold Didactic GmbH mit der Artikelnummer 666244. Der Messbereich liegt zwischen 320 nm und 400 nm, deckt also den gesamten

UVA-Bereich ab, ragt jedoch weit in den sichtbaren Bereich hinein. Abbildung 1.1 zeigt das in der Gebrauchsanweisung abgebildete Spektrum. Der Sensor wird über die Lux-

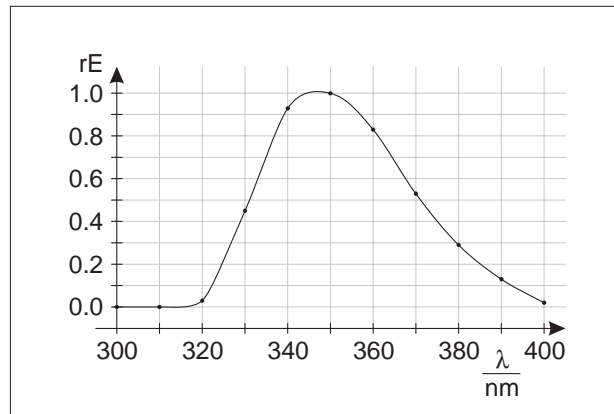


Abbildung 1.1: Spektrum des verwendeten UVA-Sensors

Box an den Steckplatz A oder D eines Cassy-Interfaces (siehe Kapitel 1.1.5) angeschlossen, an dem die Bestrahlungsstärke nach Kalibrierung mit dem auf dem UVA-Sensor aufgedruckten Faktor (0,94) abgelesen werden kann.

1.1.3 UVB-Sensor

Verwendet wurde der UVB-Sensor von Leybold Didactic GmbH mit der Artikelnummer 666245. Der Messbereich liegt zwischen 280 nm und 330 nm, deckt also den gesamten UVB-Bereich ab, ragt jedoch weit in den UVA-Bereich hinein. Abbildung 1.2 zeigt das in der Gebrauchsanweisung abgebildete Spektrum. Zur besseren Einschätzung wie stark

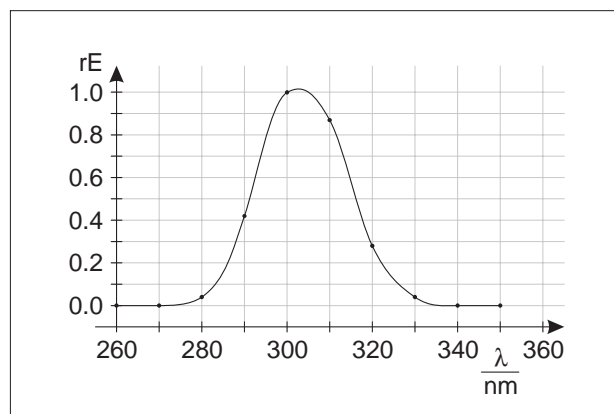


Abbildung 1.2: Spektrum des verwendeten UVB-Sensors

die Rückschlüsse des so gemessenen UVB-Wertes auf die Eignung der Lampe passende Strahlung zur VitaminD3-Synthese bereit zu stellen, ist in Abbildung 1.3 das Empfind-

lichkeitsspektrum des UVB-Sensors (schwarz) und das Absorptionsspektrum für die Umwandlung von von ProvitaminD3 (7-Dehydrocholesterol) in PrävitaminD3 (rot) gezeichnet. Die Maxima beider Kurven liegen sehr nahe bei einander. Jedoch ist die Empfindlichkeit des UVB-Sensors für das langwellige UVB, das nur einen geringen Beitrag zur VitaminD3-Synthese hat, ebenfalls sehr hoch, und größer Null für kurzwelliges UVA das zur VitaminD3-Synthese keinen Beitrag leistet. Der Sensor wird über die Lux-Box an den

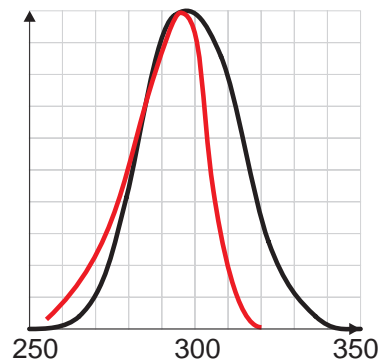


Abbildung 1.3: Vergleich der relativen Empfindlichkeit des UVB-Sensors mit dem Absorptionsspektrum der VitaminD3-Synthese

Steckplatz A oder D eines Cassy-Interfaces (siehe Kapitel 1.1.5) angeschlossen, an dem die Bestrahlungsstärke nach Kalibrierung mit dem auf dem UVB-Sensor aufgedruckten Faktor (2,05) abgelesen werden kann.

1.1.4 UVC-Sensor

Verwendet wurde der UVB-Sensor von Leybold Didactic GmbH mit der Artikelnummer 666246. Der Messbereich liegt zwischen 220 nm und 280 nm und deckt damit, mit Ausnahme des sehr kurzwellige UVC Bereichs (200 nm und 220 nm) den gesamten UVC-Bereich ab, nahezu ohne andere Wellenlängenbereich mit zu berücksichtigen. Abbildung 1.4 zeigt das in der Gebrauchsanweisung abgebildete Spektrum. Der Sensor wird über die Lux-Box an den Steckplatz A oder D eines Cassy-Interfaces (siehe Kapitel 1.1.5) angeschlossen, an dem die Bestrahlungsstärke nach Kalibrierung mit dem auf dem UVC-Sensor aufgedruckten Faktor (1,00) abgelesen werden kann.

1.1.5 CASSY

Das CASSY (**C**omputer **A**ssisted **S**cience **S**ystem) dient zur Erfassung der Messwerte und kann diese über USB-Schnittstelle an den Computer weiterleiten bzw. über die CASSY-Software vom PC aus gesteuert werden. Dieser Umfang wurde für meine Messungen nicht verwendet.

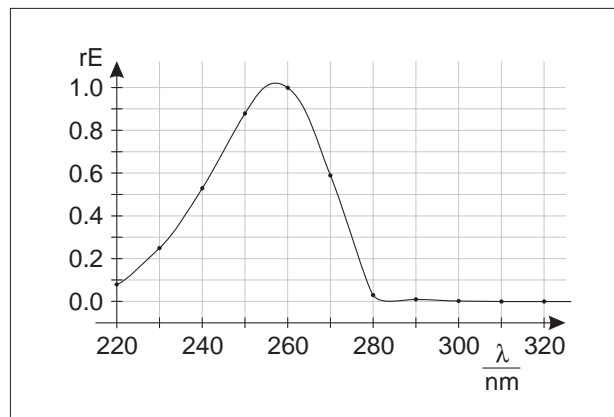


Abbildung 1.4: Spektrum des verwendeten UVC-Sensors

Eingesetzt wurde das CASSY-Display (Leybold Didactic GmbH, Artikelnummer 524020) zur Anzeige der Bestrahlungsstärken. An das CASSY Display kann über eine serielle Schnittstelle das Sensor-CASSY (Leybold Didactic GmbH, Artikelnummer 524010) angeschlossen werden, in das entsprechende Kabel zur Strom- oder Spannungsmessung gesteckt werden können oder über einen seriellen Anschluss eine der 11 Messboxen. Für diese Messungen würde nur die Lux-Box (Leybold Didactic GmbH, Artikelnummer 524051) verwendet. Die Lux-Box ermöglicht die Absolutmessung von Beleuchtungsstärken bis 100 klx oder Bestrahlungsstärken bis 1000 W/m^2 . Daraus ergibt sich durch Multiplikation mit dem entsprechenden Kalibrierungsfaktor die maximal messbare Beleuchtungsstärke zu 74 klx bzw. die Bestrahlungsstärken UVA: 940 W/m^2 , UVB: 2050 W/m^2 , UVC: 1000 W/m^2

1.1.6 Infrarot-Thermometer

Zur Temperaturmessung wurde das Infrarot-Thermometer IR-1600A der Firma Voltcraft verwendet. Der Emissionsgrad wurde nach Angaben der Bedienungsanleitung für Papier (0,74 bis 0,94) und schwarzen Stoff (0,98) auf 0,95 eingestellt.

1.1.7 Energiekostenmessgerät

Es handelt sich hierbei um ein elektronisches Energiekostenmessgerät der Firma Düwi, das Spannung, Strom und Leistung eines Geräts messen kann. Bei einem Leistungsfaktor (Verhältnis von Wirkleistung zu Scheinleistung) von mindestens 0,8 misst das Gerät die Leistung im Bereich von 0 W bis 999,99 kW mit einer Genauigkeit von $\pm 5 \%$.

1.2 Lampen

Aufgrund geringen Budgets wurden fast nur Lampen die sich bei mir zum Zeitpunkt der Messungen in Gebrauch waren oder mir zu diesem Zweck von befreundeten Reptilienhaltern ausgeliehen wurden, untersucht. Langzeitmessungen konnten nicht durchgeführt werden. Die einzelnen Lampen werden in den folgenden Abschnitten vorgestellt.

Mein herzlicher Dank für geliehene Lampen geht an: Sepp Meier, Harald Fressle, Andreas Krieger und Michael Zimmermann!

1.2.1 Glühlampe

Bei der Glühbirne handelt es sich um eine 60 W Glühbirne mit 60° Abstrahlwinkel der Firma Osram.

1.2.2 Halogelampe

Die Halogenlampe mit E27 Schraubsockel und typischer Reflektorglühbirnenform der Firma Osram hat eine Leistung von 60 W und einen Abstrahlwinkel von 60°.

1.2.3 Osram Ultra-Vitalux

Die Lampe wurde von mir im Jahr 2002 als „neu“ in einem Onlineshop gekauft. Insbesondere die Verpackung machte damals absolut keinen neuwertigen Eindruck, die Lampe konnte ich nicht beurteilen. Sie befindet sich seitdem in den Übergangszeit (Oktober/November sowie März/April) täglich für 20 Minuten im Einsatz. In einem Winter musste wegen Erkrankung der Schildkröte das Terrarium fast über die gesamten Wintermonate beleuchtet werden. Überschlagen kann von einer bisherigen Nutzungsdauer von 200 h bis 300 h ausgegangen werden. Osram gibt für die Lampe eine mittlere Lebensdauer von 1000 h an.

1.2.4 Quecksilberdampfampe

An Quecksilberdampfampfen standen zur Verfügung:

- Osram HQL-R 80W Quecksilberdampf Lampe der Lichtfarbe de-luxe unbekanntes (aber sicherlich hohes) Alter
- OSRAM HQL 125W MBF-U, Alter etwa ?
- Tropical Super DeLuxe 125W, Alter unbekannt

Da nur ein Strahler ohne Reflektor für 80 W zur Verfügung stand, wurden auch die 125 W-Lampen nur mit 80 W betrieben. In wie weit das zu Verfälschungen des Spektrums führt ist mir nicht bekannt.

1.2.5 Halogenmetaldampf Lampe

Der Halogenmetaldampfstrahler der Firma LIVAL wurde von mir 2006 gebraucht bei ebay gekauft. Der Strahler enthielt keine weitere Beschreibung, aber es müsste sich um den Typ „Power T“ handeln. Der Strahler ist mit einem Schutzglas unbekanntes Material ausgestattet.

Als Leuchtmittel wurde 2006 ein 70 W Keramikbrenner mit 4200 K der Firma Philips eingesetzt. Der Strahler leuchtet in der oben beschriebenen Übergangszeit 8 Stunden täglich, so dass das Alter des Leuchtmittels 1500 h bis 2000 h ausgegangen werden kann. Die Mittlere Lebensdauer von Keramik-Leuchtmitteln am konventionellen Vorschaltgerät liegt bei etwa 12 000 h.

Außerdem wurde mir ein Einbaustrahler für zweiseitig gesockelte Leuchtmittel zur Verfügung gestellt, für den zwei neue 70 W Osram NDL (4200 K) Quarzleuchtmittel sowie ein BLV HIT 70 W dw (5200 K) Leuchtmittel zur Verfügung standen.

Zusätzlich konnte ich einen Philips Master Colour CDM-R 70 W 942 (4200 K) PAR 30L 10° Reflektorstrahler ausleihen.

1.2.6 Lucky Reptile Bright Sun UV

Ich konnte zwei neue Lucky Reptile Bright Sun UV ausleihen (mehr dazu auf meiner Homepage). Zur Verfügung standen der 70W Spot Strahler und der 70W Jungle Strahler mit Original Lucky Reptile EVG.

1.2.7 Leuchtstoffröhren

Es wurde eine Osram 58 W/21 white Leuchtstoffröhre vermessen, die als Raumbeleuchtung dient. Das Alter ist unbekannt. Die Lichtfarbe 21 entspricht nach den Daten des Osram Katalogs einer Dreibandleuchtstofflampe mit 4000 K (neue Bezeichnung 840).

1.3 Transmissionsmessung

Gemessen wurde die Transmission durch normales Fensterglas, das Schutzglas des Lival-Halogenmetaldampfstrahlers und des zweiten Halogenmetaldampfstrahlers sowie die Transmission durch ein Metallgaze und ein Metallgitter (Maße und Form siehe Abbildung 1.5)

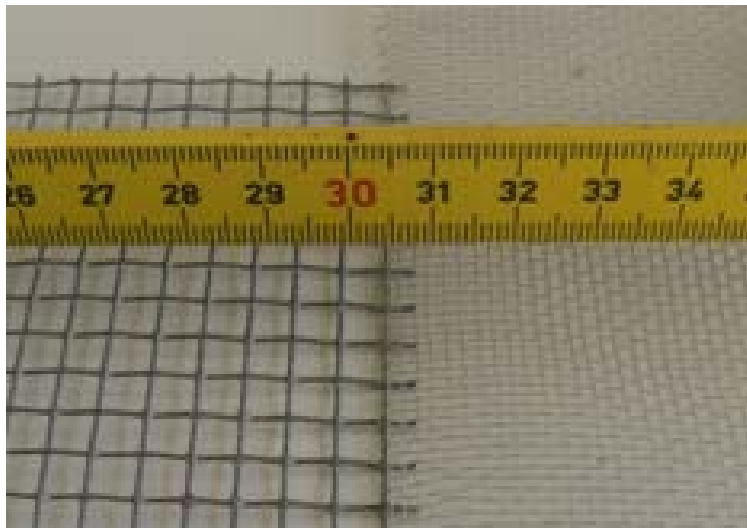


Abbildung 1.5: verwendete Metallgaze und Gitter

2 Versuchsdurchführung

2.1 Beleuchtungs- und Bestrahlungsstärke

2.1.1 Sonnenlicht

Da bei Lampen zur Terrarienbeleuchtung insbesondere der Vergleich zum Sonnenlicht relevant ist, wurden mit den Messgeräten Messungen des Sonnenlichts vorgenommen. Dies dient dazu, die unter den Lampen gemessenen Bestrahlungs- und Beleuchtungsstärken in Relation mit dem Sonnenlicht zu setzen. Absolutwerte die mit anderen Messgeräten ermittelt wurden, sind hier für nur wenig geeignet da sich die Messgeräte unterschiedlicher Hersteller in ihrer spektralen Empfindlichkeit oft sehr stark unterscheiden. Alle Messungen wurden in Erlangen (Geographische Länge: $11^{\circ}0'14''$, Geographische Breite: $49^{\circ}35'23''$) durchgeführt. Die Sensoren der Messgeräte wurden senkrecht zur Sonne orientiert.

2.1.2 Lampen

Die Lampen wurden in einem abgedunkelten Raum aufgehängt. Die vier Sensoren wurden in einem Halbkreis von etwa 2 cm Radius um einen Metallstab mit Fuß befestigt um eine leichtere Handhabung zu gewährleisten, somit musste am CASSY nur der jeweilige Sensor eingesteckt werden, und die Beleuchtungs- / Bestrahlungsstärke abgelesen werden. Die vier Sensoren befinden sich dadurch aber nicht exakt an der selben Stelle unter der Lampe, die gesamte Anordnung wurde nach Augenmaß zentriert unter die Lampe gestellt.

2.1.3 Abstand

Der Abstand wurde jeweils von der Unterseite der Lampe (beim hqi-Strahler Unterseite der Schutzscheibe) bis zur Oberseite des Sensors gemessen.

2.1.4 Temperatur

Es wurde die Temperatur eines dunklen Steins der mittig unter dem Strahler positioniert wurde mit dem Infrarotthermometer vor und nach Einschalten der Lampe gemessen, sobald sich nach zehn bis fünfzehn Minuten eine halbwegs stabile Temperatur eingestellt hatte.

Aufgrund der hohen Wärmekapazität des Strahlers stieg diese Temperatur aber weit über eine Stunde lang kontinuierlich an, so dass ich der kürzeren Messzeit wegen auf schwarze Pappe umgestiegen bin, die bereits nach wenigen Minuten eine hohe und stabile Temperatur aufweist.

3 Ergebnisse

3.1 Fehlerabschätzung

3.1.1 UV Bestrahlungsstärke

Die Werte der Bestrahlungsstärke werden vom Gerät in W/m^2 angezeigt. In den Tabellen habe ich sie in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ umgerechnet, da dieser Wert im Internet bei der Beurteilung von UV-Lampen häufiger eingesetzt wird, um so den Vergleich erleichtert. Die kleinste angezeigte Größe beträgt $0,1 \text{ W}/\text{m}^2$, was $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ entspricht. Geht man von einem Fehler von einer angezeigten Stelle aus, so ist mit einem Fehler von mindestens $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ zu rechnen.

Im Datenblatt des Handluxmeters gibt Leybold einen Fehler von 5 % an. Dieser Fehler ist für geringe Bestrahlungsstärken von weniger als $2 \text{ W}/\text{m}^2 = 200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ geringer als obige Fehlerannahme, so dass dieser Fehler bei den UV-Messungen vernachlässigt wurde.

3.1.2 Beleuchtungsstärke

Bei den Beleuchtungsstärken überwiegt der Fehler von 5 % der Beleuchtungsstärke.

3.1.3 Transmittivität

Aus der Fehlerfortpflanzungsformel erhält man den Fehler für die Transmissions $T = \frac{I_1}{I_2}$ zu $\Delta T = T \sqrt{\frac{\Delta I_1^2}{I_1^2} + \frac{\Delta I_2^2}{I_2^2}}$

Bei der Transmissionsmessung des sichtbaren Lichts gilt $\frac{\Delta I_1}{I_1} = \frac{\Delta I_2}{I_2} = 5 \%$, und damit $\frac{\Delta T}{T} = 7 \%$.

Bei der Transmissionsmessung des sichtbaren Lichts gilt $\Delta I_1 = \Delta I_2 = 10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ und damit $\Delta T = \frac{\Delta I_2}{I_2} \sqrt{1 + T^2}$. Für geringe Ausgangsintensitäten von $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ bis $600 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ liegt der Fehler mindestens bei $\Delta T = 0,02$ bis $0,1$.

Die Transmittivität wurde daher nur auf 0,05 bzw. 5 % genau angegeben.

3.1.4 Temperatur

Das Infrarotthermometer ermittelt die Temperatur aus der abgestrahlten Leistung in einem kleinen Wellenlängenbereich im Infraroten und der Emissionsfähigkeit des Materials. Da keine Angaben für schwarze Pappe gefunden wurde, ist davon auszugehen, dass 0,95 nicht der optimale Wert ist. Um den Fehler der dabei entsteht abzuschätzen wurde die Temperatur mit drei verschiedenen Werten für die Emissionsgrade 0,90, 0,95 und 1,0 gemessen. Die Temperaturen lagen bei 59,5 °C, 62,4 °C und 64,0 °C.

In der Bedienungsanleitung ist außerdem eine Genauigkeit von $\pm 1,5\%$ bzw. $\pm 2\text{ °C}$ angegeben.

Man kann daher davon ausgehen, dass die Temperatur nicht genauer als mit 5 °C Toleranz bestimmt werden kann.

3.2 Sonnenlicht

Die gemessenen UVB-Werte für das Sonnenlicht sind in guter Übereinstimmung mit Literaturwerten, der UVA-Wert scheint allerdings um einen Faktor von etwa 10 zu gering zu sein, das UVC-Messgerät scheint auch oberhalb der Grenze 280nm auf Strahlung zu reagieren.

Uhrzeit, Wetter	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
		UVA	UVB	UVC
30.04.07, 18:00, sonnig	74 bis >74	320	140	0
21.05.07, 15:30, sonnig	>74	630	430	10
21.05.07, 15:30, sonnig durch Fenster	74	290	40	0
06.10.07, 12:30, sonnig	129	540	340	10

3.3 Lampen

3.3.1 Glühbirne

Beleuchtungs- und Bestrahlungsstärke bei Beleuchtung mit Glühbirnenlicht

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$			Temperatur in °C vorher/nachher
		UVA	UVB	UVC	
20 cm	22	10	0	0	26,0/39,9 (Stein)

3.3.2 Halogenbirne

Bei gleicher Leistungsaufnahme erreicht die Halogenlampe gegenüber der Glühlampe eine höhere Beleuchtungs- und UVA-Bestrahlungsstärke, sowie eine deutlich höhere Temperatur. UVB-Strahlung konnte im Gegensatz zu einigen hartnäckigen Gerüchten nicht nachgewiesen werden, und ist bei einem grauen Strahler mit 3200K Temperatur auch physikalisch nicht in nutzbarer Menge möglich.

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$			Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ vorher/nachher
		UVA	UVB	UVC	
40 cm					23/46 (Pappe)
20 cm	35	20	0	0	24,2/45,0 (Stein)
20 cm					22,5/64 (Stein)

3.3.3 Osram Ultra-Vitalux

Die Werte sind überraschend gering, und lassen vermuten, dass die Lampe tatsächlich älter ist als angegeben, oder außergewöhnlich schnell gealtert ist. Auf veröffentlichte Messwerte zeigen eine deutlich langsamere Alterung dieser Lampen. Der Kolben der Lampe erwärmte sich während der kurzen Betriebszeit von nur einigen Minuten auf 250 $^{\circ}\text{C}$

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
		UVA	UVB	UVC
25 cm	13,8	40	20	0
45 cm	1,75	10	0	0

3.3.4 Quecksilberdampfhochdrucklampe

Bei der schon recht alten de-luxe Quecksilberdampfhochdrucklampe konnte im Vergleich zu den anderen Lampen ein hoher UVA-Anteil gemessen werden.

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
		UVA	UVB	UVC
2,5 cm	>74	770	40	20
15 cm	11,9	200	<10	<10
25 cm	5,2	95	<10	<10

Die Leistungsaufnahme der Lampe betrug 104 W bei einem Power Factor von 0,62, was

unter der Verlässlichkeitsgrenze des Messgeräts liegt, und daher nicht als wahrer Wert angenommen werden kann.

Bei der neueren MBF-U HQL war auch eine sehr intensive UVB-Strahlung messbar. Die Birne erreicht während der etwa 15 Minuten Betriebszeit eine Kolbentemperatur von 130 °C

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
		UVA	UVB	UVC
2 cm	40,2	660	200	20
15 cm	6,7	100	20	<10

Die Werte unterschieden sich kaum zur Tropical Super DeLuxe

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
		UVA	UVB	UVC
2 cm	>74	850	180	20
15 cm	8,66	122	20	<10

3.3.5 Halogenmetaldampflampe

UVB-Strahlung wird auch ohne Schutzscheibe nicht in nennenswerter Menge abgestrahlt, und es ist zu vermuten, dass es sich hierbei eigentlich um UVA-Strahlung bzw. sehr langwellige UVB-Strahlung handelt. Auf die sichtbare Strahlung hat die Schutzscheibe praktisch keinen Einfluss. Die Bestrahlungsstärke der UVA-Strahlung konnte durch Entfernen geringfügig gesteigert werden. Bei der als UVB-Strahlung gemessenen Strahlung lassen die gemessenen Werte eine Verdopplung der Bestrahlungsstärke vermuten, jedoch sind die Werte so gering dass dieser Wert stark von Messungenauigkeit überlagert ist. Ein Entfernen der Schutzscheibe, die vor herumfliegenden Glassplittern bei einem - immerhin unter bis zu 80 bar stehenden - Brenner schützen soll, steht in keinem Verhältnis zum Nutzen!

Lival Power T 70W NDL-Keramikkbrenner

Beim Lival-Strahler wurde das Leuchtmittel im Reflektor mehrfach nachjustiert. Der ebay-Verkäufer hat die Abstandshalter abgesägt, das Leuchtmittel saß zu tief im Reflektor. Die Änderungen der Lichtstärke sind hier dokumentiert.

Die gemessene Leistungsaufnahme des Strahlers (mit KVG) war nach einigen Minuten Startdauer 91 W bis 94 W, bei einem Leistungsfaktor von 0,98 bis 0,99.

Abstand	Schutzscheibe	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$			Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ vorher/nachher
			UVA	UVB	UVC	
21 cm	mit	47	70	0	0	
21 cm	ohne	45	60	0	0	
16 cm	ohne					24/33
5 cm	ohne	>74	210	40	0	24,2/45,0
2 cm	mit	>74	240	20	0	24,2/45,0
2 cm	ohne	>74	280	40	0	24,2/45,0

Nach erster Justage des Leuchtmittels konnte die Lichtstärke der Lampe mehr als verdoppelt werden!

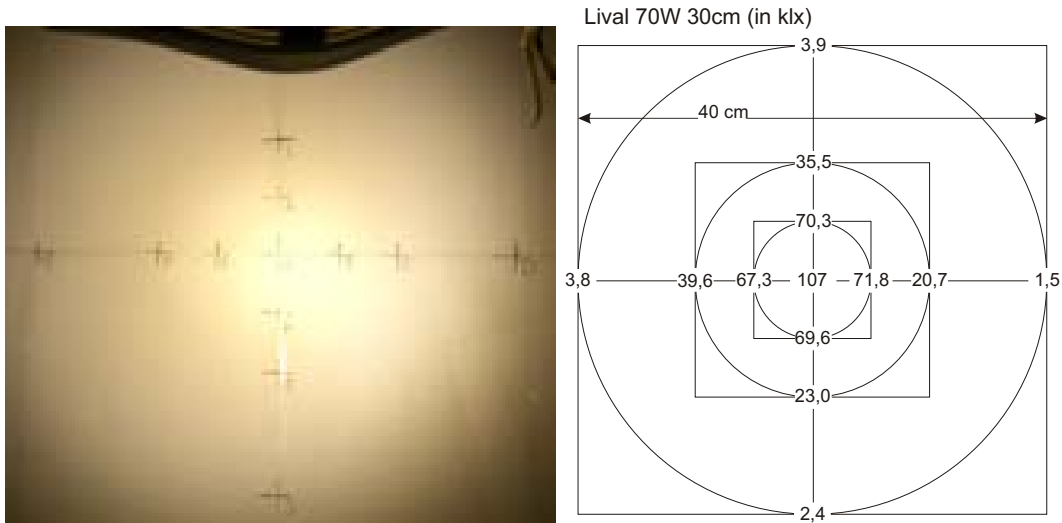
Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ UVA	Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ vorher/nachher	
50 cm	41,5	90		
35 cm			23,5/31,8 (Stein)	
20 cm			23,5/42 (Stein)	
20 cm			23,5/48 (schwarze Pappe)	

Nach einer weiteren Verlängerung des Abstandes waren eine weitere Verdopplung der Bestrahlungsstärke messbar

Abstand	Schutzscheibe	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$			Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ vorher/nachher
			UVA	UVB	UVC	
51 cm	mit	63,2	110	20		
50 cm		>75	180			
30 cm	mit	108	338	40	<0	22/50 (schwarze Pappe)
28 cm	mit	146,6	100	20		
20 cm						22,5/48 (Stein)
20 cm						22,5/62 (schwarze Pappe)
16 cm	mit	259,4	320	40		

Das Verhältnis von UVA zu Lumen beträgt $15 \mu\text{W}/\text{lm}$

Die räumliche Verteilung der Lichtverteilung ist homogen.



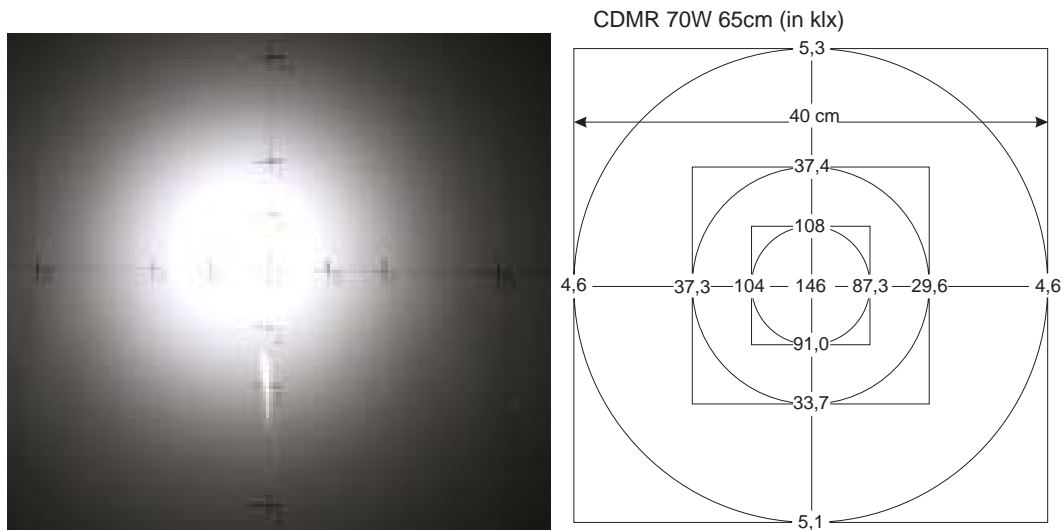
CDM-R NDL-Keramikstrahler

Beim CDMR Strahler wurden folgende Werte gemessen

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$			Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ vorher/nachher
		UVA	UVB	UVC	
65 cm	146	780	120	10	22/58 (schwarze Pappe)
57 cm	179	890	140	10	22/67 (schwarze Pappe)
35 cm	357	1860	260	20	
21 cm	629	3170	480	40	

Das Verhältnis von UVA zu Lumen beträgt $50 \mu\text{W}/\text{lm}$

Die Lichtverteilung ist homogen, mit deutlicher Spotbildung



Einbau-Flächenstrahler mit D-Quarzbrenner

Abstand	Schutzscheibe	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
			UVA	UVB	UVC
59 cm	mit	4,1	20	<10	<10
59 cm	ohne	4,3	20	20	<10
36 cm	mit	9,5	30	<10	<10
36 cm	ohne	10,3	35	20	<10
23 cm	mit	20,6	65	20	<10
23 cm	ohne	22,1	65	20	<10
9 cm	mit	82,9	250	60	<10
9 cm	ohne	84,4	320	60	<10

Das Verhältnis von UVA zu Lumen beträgt $30 \mu\text{W}/\text{lm}$ (mit) bzw. $35 \mu\text{W}/\text{lm}$ (ohne Schutzscheibe).

Einbau-Flächenstrahler mit NDL-Quarzbrenner(1)

Die Leistungsaufnahme des Strahlers (inklusive Philips EVG) betrug 78 W.

Für den ersten NDL-Quarzbrenner wurden gemessen

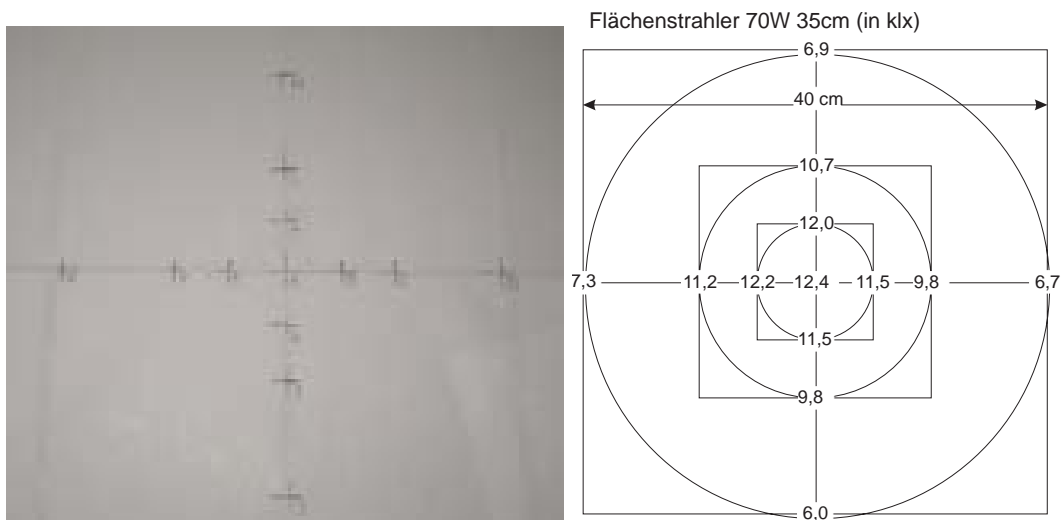
Abstand	Schutzscheibe	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
			UVA	UVB	UVC
59 cm	mit	5,7	30	<10	<10
59 cm	ohne	6,3	30	<10	<10
36 cm	mit	14,1	50	20	<10
36 cm	ohne	15,1	60	20	<10
23 cm	mit	31,2	120	20	<10
23 cm	ohne	33,1	140	20	<10
9 cm	mit	139,1	470	80	10
9 cm	ohne	139,1	540	100	20

Das Verhältnis von UVA zu Lumen beträgt $35 \mu\text{W}/\text{lm}$ bis $40 \mu\text{W}/\text{lm}$ (mit/ohne Schutzscheibe)

Einbau-Flächenstrahler mit ND-L-Quarzbrenner(2)

Abstand	Schutzscheibe	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
			UVA	UVB	UVC
35 cm	ohne	12,4	70	<10	<10
35 cm	mit	11,5	60	<10	<10

Die Verteilung der Beleuchtungsstärke ist sehr homogen.



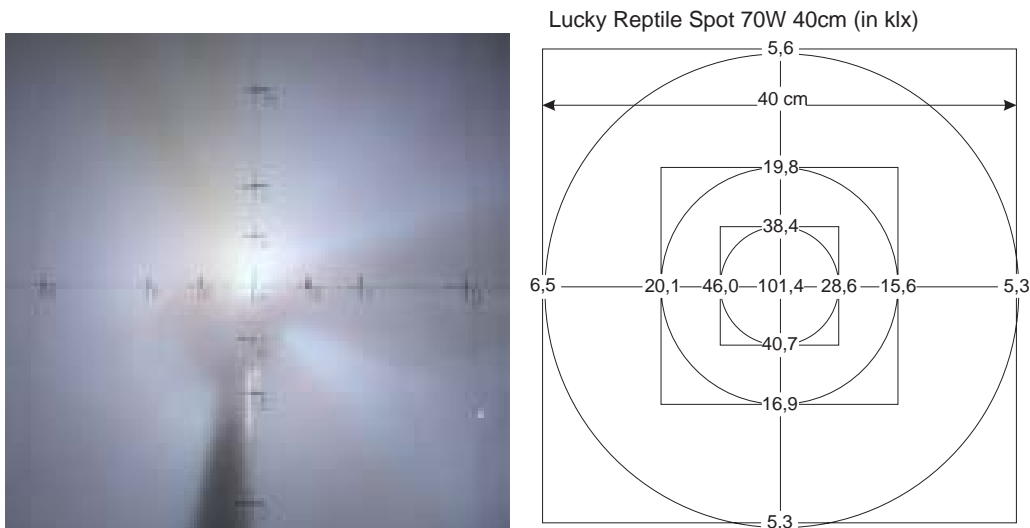
3.3.6 Lucky Reptile Bright Sun UV

Für den Spotstrahler konnten folgende Werte gemessen werden

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$			Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ vorher/nachher
		UVA	UVB	UVC	
103 cm	10,7	270	60	10	
55 cm	48	1180	120	10	
42 cm	91	1900	470	20	
40 cm	104	2230	490	30	num22/58 (schwarze Pappe)

Das Verhältnis von UVA zu VIS beträgt $210 \mu\text{W}/\text{lm}$.

Die Lichtverteilung ist – mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgrund einer ungleichmäßig aufgetragenen Reflexionsschicht – sehr inhomogen

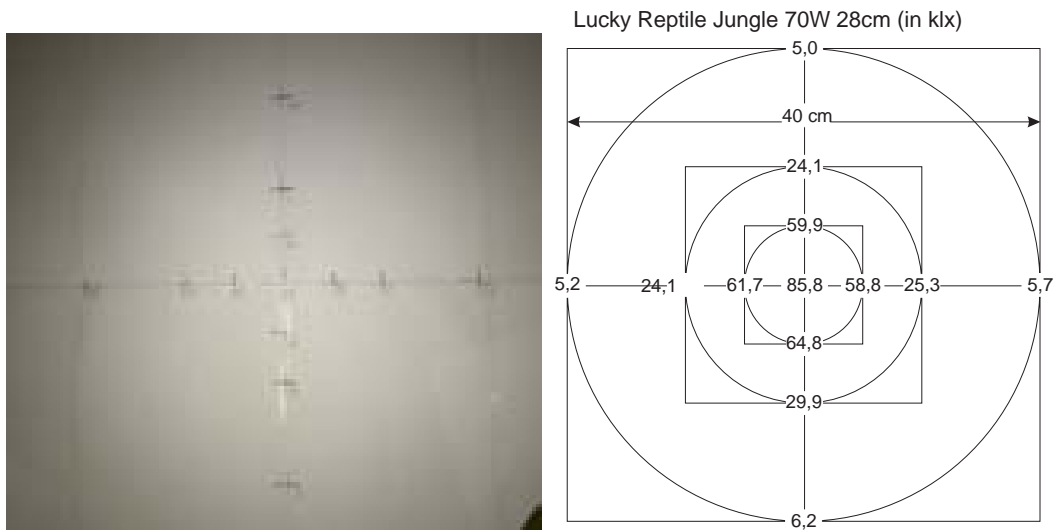


Für den Strahler des Typ Jungle wurden gemessen

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$			Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ vorher/nachher
		UVA	UVB	UVC	
40 cm	41,9	630	284	10	
28 cm	85,8	1250	629	20	
15 cm	281	3850	1766	70	

Das Verhältnis von UVA zu VIS beträgt $140 \mu\text{W}/\text{lm}$.

Die Lichtverteilung ist sehr homogen



3.3.7 Leuchtstoffröhre

Beleuchtungs- und Bestrahlungsstärke bei Beleuchtung mit Osram 840

Abstand	Bel.stärke in klx	Bestrahlungsstärke in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
		UVA	UVB	UVC
2 cm	10,8	30	20	0

3.4 Transmissionsmessung

3.4.1 Metall-Gaze

Licht	Verhältnis Transmission		
	Bel.stärke	UVA	UVB
Sonne	80 %	80 %	70 %
Sonne	75 %		
Sonne	75 %		
Sonne		75 %	75 %
Ultravitalux	80 %		

3.4.2 Gitter

Licht	Verhältnis Transmission			
	Bel.stärke	UVA	UVB	UVC
Sonne	100 %	100 %	75 %	
Sonne		80 %	80 %	
Ultravitalux	80 %			
Bright Sun	$\frac{39}{50} = 75 \%$	$\frac{16,7}{21,2} = 75 \%$	$\frac{4,4}{5,6} = 75 \%$	$\frac{0,9}{1,2} = 75 \%$

3.4.3 Fensterscheibe

Fensterglas filtert UVB-Strahlung fast vollständig, und UVA-Strahlung zu einem sehr hohen Anteil.

Licht	Verhältnis Transmission		
	Bel.stärke	UVA	UVB
Sonne		45 %	10 %

3.4.4 Schutzglas Lival Halogenmetaldampfstrahler

Licht	Verhältnis Transmission		
	Bel.stärke	UVA	UVB
hqi	100 %	85 %	50 %
Sonne		80 %	40 %
Sonne	95 %	80 %	40 %
Ultravitalux	90 %		

3.4.5 Schutzglas Halogenmetaldampfstrahler2

Erste Messung des Schutzglases

Licht	Verhältnis Transmission		
	Bel.stärke	UVA	UVB
CDMR	85 %	75 %	80 %

Nach Reinigen des Schutzglases

Licht	Verhältnis Transmission		
	Bel.stärke	UVA	UVB
CDMR	90 %	85 %	85 %