Grundlagenwissen Terrarienbeleuchtung

ein Schlüssel zur erfolgreichen Haltung

von Ingo Kober & Uwe Geissel

Die Sonne ist bekanntlich der Quell allen Lebens auf unserer Erde. Ihre Strahlung allein sorgt für lebensfreundliche Temperaturen und ausreichend Licht, um auf Photosynthese basierende Lebensgemeinschaften zu ermöglichen.

Was im Großen so offensichtlich ist, hat ebensolche Bedeutung auch im Kleinen: Natürliche Lebensräume sind entscheidend von der Intensität der Sonneneinstrahlung geprägt, und ihre Bewohner haben sich an diese Verhältnisse angepasst.

Anders als viele Warmblüter sind wechselwarme Tiere nur sehr begrenzt in der Lage, sich an Lebensbedingungen anzupassen, die erheblich von denen ihrer natürlichen Habitate abweichen. Gliederfüßer, Amphibien und Reptilien müssen ihre Körpertemperatur im Gegensatz zu den meisten Vögeln und Säugern aktiv regeln, um sie auf die gerade optimalen Werte zu bringen. Das heißt, sie müssen zum geeigneten Zeitpunkt sonnenerwärmte Bereiche oder aber Schattenstellen aufsuchen. Dazu haben diese Tiergruppen spezifische und in der Regel wenig flexible, angeborene Verhaltensweisen entwickelt, deren naturnaher Ablauf ihnen im Terrarium unbedingt ermöglicht werden muss.

Da die Sonne sowohl Licht- als auch Wärmequelle ist, wird das so genannte thermoregulative Verhalten zumindest bei tagaktiven Tieren meist direkt oder indirekt durch Lichtreize ausgelöst und/oder gesteuert. Das heißt, für viele Terrarientiere reicht es nicht, wenn ein Aufwärmplatz in ihrem künstlichen Lebensraum artgerecht warm oder heiß ist, er muss auch hell sein. Nur dann wird er erkannt und aktiv aufgesucht. In der Natur gibt es fühlbare Strahlungswärme tagsüber praktisch nur bei Sonnenschein. Nachts strahlen tags erwärmte Flächen allerdings noch eine ganze Zeit lang Wärme ab, was sich nachtaktive Tiere zum Aufwärmen vielfältig zu Nutze machen.

Ein Wüstenterrarium für Echsen der Sonora-Wüste im Reptilium Landau. Hier ist die Beleuchtung von entscheidender Bedeutung. Foto: T. Wilms

Neben seiner Bedeutung bei der Regulation der Körpertemperatur übt Licht aber auch vielfältige weitere Einflüsse auf die Lebensprozesse unserer Terrarientiere aus. Tageslängen und ihre jahreszeitliche Variation steuern oder beeinflussen jahreszeitliche Rhythmen wie Fortpflanzungsbereitschaft, Winterruhe oder Wachstumszyklen ebenso wie tägliche Schlaf/Wach-Zeiten und Aktivitätsniveaus. Auch die Fähigkeit zum Erkennen und Fangen von Beute sowie zum Erkennen von Artgenossen und dem Kommunizieren mit ihnen, z. B. über körpereigene Farbsignale, hängt für optisch orientierte Tierarten stark von der Helligkeit und Farbe des Umgebungslichtes ab.

Aber wie sieht die spektrale Zusammensetzung natürlichen Sonnenlichtes denn eigentlich aus? Welche Parameter, die wir im Terrarium simulieren müssen, gibt die Sonne vor?

Was ist Licht überhaupt?

Passende und ausreichende Beleuchtung sind die Grundlage für das Wohlbefinden von Terrarienpfleglingen und Voraussetzung für ein zufriedenstellendes Pflanzenwachstum.
Foto: I. Kober

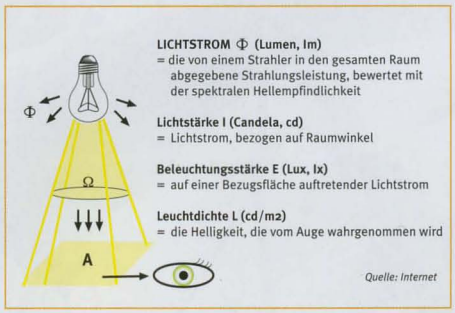
Physikalische Grundlagen (dennoch lesenswert ...)

Fast jeder hat die Begriffe schon einmal gehört – Lumen, Lux, Candela und wie sie alle heißen ... Physiker haben eine ganze Reihe von Parametern definiert, die verschiedene Aspekte von Licht beschreiben. Eine ungefähre Vorstellung von einigen dieser physikalischen Größen zu haben, ist bei der Beurteilung von Lichtquellen für terraristische Zwecke äußerst hilfreich. Darum sollen im Folgenden zumindest die wichtigsten Größen kurz erklärt und ihre Bedeutung veranschaulicht werden, ohne dass wir dabei mathematische Herleitungen oder komplizierte Formeln bemühen werden.

Ein immer wieder in Terrarianerkreisen diskutierter, nichtsdestoweniger oft missverstandener Begriff ist der des Lichtstroms, der in der Einheit **Lumen** [lm] gemessen wird. Der Lichtstrom bezeichnet die Gesamtmenge an Licht, die eine Lichtquelle verlässt. Rückschlüsse auf die Helligkeit eines Leuchtmittels oder die Ausleuchtung eines damit versehenen Terrariums lassen sich aus dessen Lumenwerten jedoch nur sehr begrenzt ziehen. Lumenangaben sind vor allem interessant, wenn man verschiedene Beleuchtungsarten auf ihr Verhältnis von Lichtausbeute zu Stromverbrauch hin vergleicht. Später dazu mehr.

Informationen über die Lichtmenge, die von einer Lichtquelle in eine bestimmte Richtung abgegeben wird, gibt die Lichtstärkeeinheit **Candela** [cd], die als Lumen pro Raumwinkel definiert ist. Candela-Werte sind von Interesse, wenn z. B. ermittelt werden soll, wie effektiv Reflektoren sind oder wie große Anteile des Lichtes einer Leuchtquelle in eine definierte Richtung abgegeben werden. Candela-Werte sind für den Terrarianer jedoch nicht sinnvoll messbar und werden deshalb hier nicht weiter behandelt.

Das Licht, das tatsächlich auf eine beleuchtete Fläche auftrifft, die so genannte Beleuchtungsstärke, kann dagegen bereits mit relativ preiswerten Geräten gemessen werden. Die Maßeinheit für die Beleuchtungsstärke ist dabei **Lux** (lx). Ein Lux beschreibt die Helligkeit, die die Lichtmenge von einem Lumen über einen Quadratmeter verteilt erzeugt. Physikalisch ist es nicht ganz korrekt, die Beleuchtungsstärke mit der umgangssprachlichen Helligkeit gleichzusetzen. Die Helligkeit, so wie wir sie wahrnehmen, ist ja nicht die auf eine Fläche auftreffende Lichtmenge selbst, sondern jener Bruchteil dieser Lichtmenge, der von dieser Fläche reflektiert wird. Eine dunkle Fläche erscheint daher für unser Auge bei gleicher Beleuchtungsstärke schwächer ausgeleuchtet als eine helle Fläche, da von der dunklen Fläche bei gleicher einstrahlender Lichtmenge mehr Licht geschluckt und weniger reflektiert wird als von der hellen Fläche. Der physikalische Begriff, der diese reflektierte Lichtmenge beschreibt, wird **Leuchtdichte** [Einheit: cd/m^2] genannt. Die Leuchtdichte beschreibt also den Helligkeitseindruck, den das Auge hat. Da die Leuchtdichte jedoch nur schwer messbar ist und letztlich wenig über die an einem Ort einstrahlende Lichtmenge aussagt, ist die Beschreibung der Ausleuchtung von Terrarien über die Ermittlung von Lux-Werten aussagekräftiger. Im Gegensatz zur Leuchtdichte geben ja die Luxwerte direkt die Lichtmenge an, der sich ein Terrarienbewohner aussetzt. Das unterschiedliche Reflexionsverhalten verschiedener Einrichtungsmaterialien im Terrarium kann jedoch bedingen, dass zwei gleich stark beleuchtete Terrarien für das menschliche – und tierische! – Auge sehr unterschiedlich hell ausgeleuchtet wirken können. Für sonnenliebende Tiere sind daher nicht nur helle Lichtquellen und hohe Luxwerte an den Sonnenplätzen wichtig, sondern auch helle Flächen im Terrarium, die für eine höhere Leuchtdichte, also einen helleren Gesamteindruck des Beckens sorgen.



Die physikalischen Größen im Zusammenhang mit Licht und Beleuchtung

Helligkeit

Wie gerade erläutert, ist die Beleuchtungsstärke in Lux die sinnvollste Messgröße für Helligkeit in der Terraristik.

Menschen können Helligkeit leider nicht objektiv beurteilen. Dieselbe Nachttischlampe, die nachts geradezu blendend hell erscheint, wird bei Sonnenschein am nächsten Morgen kaum überhaupt als Lichtquelle erkannt. Unsere Augen passen sich immer an die jeweilige vorherrschende Umgebungshelligkeit an und neigen außerdem in Zusammenarbeit mit unserem Gehirn dazu, Kontraste zwischen verschieden hellen Bereichen zu verstärken. Ein spärlich beleuchtetes Terrarium in einem noch dunkleren Raum erscheint dem Pfleger daher beispielsweise oft bereits hell ausgeleuchtet, obwohl die tatsächlich vorhandenen Lichtmengen sehr gering sind. Wegen dieser Subjektivität unserer Helligkeitswahrnehmung ist es uns ohne Messgeräte nicht möglich, die Helligkeit im Terrarium sinnvoll zu beurteilen.

Die Helligkeit wird mit Luxmetern gemessen. Solch ein Gerät sollte zur Lichtplanung im Terrarium unbedingt vorhanden sein. Einen Schnelltest kann jeder machen, der über eine Automatikka-

Unterschiedliche Lichtfarben im Tagesverlauf an einem Flussabschnitt des Pantanal (von o. li. nach u. re.):
kurz vor Sonnenaufgang, die Sonne bringt Farbe in das Morgengrauen;
früher Morgen kurz nach Sonnenaufgang;
Mittagszeit: weißeres Licht, harte Kontraste;
Abendrot kurz nach Sonnenuntergang *Fotos: H. Werning*

Mit solch einem Luxmeter kann die Helligkeit im Terrarium ermittelt werden. *Foto: U. Geissel*

Beleuchtungsstärke E [lx]	
100.000	Sonniger Sommertag
20.000	Trüber Sommertag
3.000	Trüber Wintertag
500	Büroarbeitsplatz
0,25	Vollmondnacht

Kerze	1.500 K
Glühlampe/Halogenlampe	2.700–3.000 K
Mondlicht	4.120 K
Internationale Norm – mittleres Sonnenlicht	5.500 K
Sonne früh morgens	2.500 K
Sonne am Mittag	5.600 K
Sonne und wolkenloser Himmel	5.500–5.800 K
Bedeckter Himmel	6.500–7.500 K
Nebel, starker Dunst	7.500–8.500 K
Blauer Himmel ohne direkte Sonneneinstrahlung, Morgengrauen	10.000–30.000 K

Lichtfarben verschiedener Leuchtmittel und Lichtarten

mera verfügt. Sollte der Fotoapparat bei Verwendung eines Normalobjektives den Blitz zuschalten, wenn ein tagaktives Terrarientier am Sonnenplatz fotografiert wird, dann ist es garantiert viel zu dunkel. Im Freien wird selbst bei bewölktem Himmel kein Blitz zugeschaltet.

Lichttemperatur

Mit der Helligkeit allein ist aber das Licht noch nicht beschrieben. Ein wichtiges Charakteristikum ist auch seine Wellenlänge. Die Sonne sendet uns elektromagnetische Wellen über einen breiten Wellenlängenbereich. Nur einen kleinen Ausschnitt von ca. 380-480 nm nimmt das menschliche Auge als Licht wahr, wobei unsere Farbwahrnehmung bei 380 nm mit Blau beginnt und sich mit zunehmender Wellenlänge durch die Farbfolge des Regenbogens bis zum tiefen Rot bei 780 nm erstreckt.

Auch die Farbe des Sonnenlichts kann sehr unterschiedlich auf uns wirken. So ändert das natürliche Licht im Tagesverlauf ständig seine Farbe. Früh morgens in der Dämmerung vor Sonnenaufgang gibt es keine Rottöne. Deshalb spricht man auch von Morgengrauen. Hier wird nicht auf das Grauen vor dem Aufstehen angespielt, sondern auf die Tatsache, dass zu dieser Zeit aufgrund der hohen Lichttemperatur alles grau erscheint. Mit dem Sonnenaufgang kommt richtig Farbe ins Spiel. Die Sonne begrüßt die Welt mit warmen Farbtönen. Zum Mittag wird das Licht weißer, und zum Abend hin wiederholt sich der Ablauf in umgekehrter Reihenfolge. Diese unterschiedlichen Farben werden mit der Licht- oder Farbtemperatur beschrieben. Je höher die Farbtemperatur, umso blauer der subjektive Lichteindruck und umso größer der Anteil kurzwelligen Lichtes, je niedriger, umso roter und umso höher der Anteil langwelligen Lichtes.

Unsere Sonne hat eine Oberflächentemperatur von etwa 5.500 °C. Das sind etwa 5.800 K nach der Temperaturskala von Kelvin. Mit dem Wert Kelvin wird gleichzeitig die Lichttemperatur beschrieben. Die Wendel einer Glühlampe hat etwa eine Temperatur von 2.800 K. Folglich beträgt die Lichttemperatur der Glühlampe ebenfalls 2.800 K. Halogenlampen haben eine etwas höhere Lichttemperatur, da ihre Glühwendel heißer ist. Sie kommen auf etwa 3.000 K. Noch höhere Farbtemperaturen kann man mit Leuchtmitteln, die ihr Licht durch Erhitzung einer Glühwendel erzeugen, nicht erhalten, da kein Glühdrahtmaterial die entsprechenden Temperaturwerte lange genug aushält. Sonne, Glüh- und Halogenlampen sind Temperaturstrahler, die Licht aufgrund ihrer Temperatur abgeben. Die Lichttemperatur kann nicht oder nur mit Helligkeitsverlusten verändert werden.

Leuchtstofflampen und andere Entladungslampen erzeugen ihr Licht auf andere Weise. Mit diesen Lampen ist es deshalb möglich, sehr verschiedene Lichttemperaturen zu produzieren und auch deutlich höhere Farbtemperaturen zu erzielen als mit Temperaturstrahlern.

Farbwiedergabe

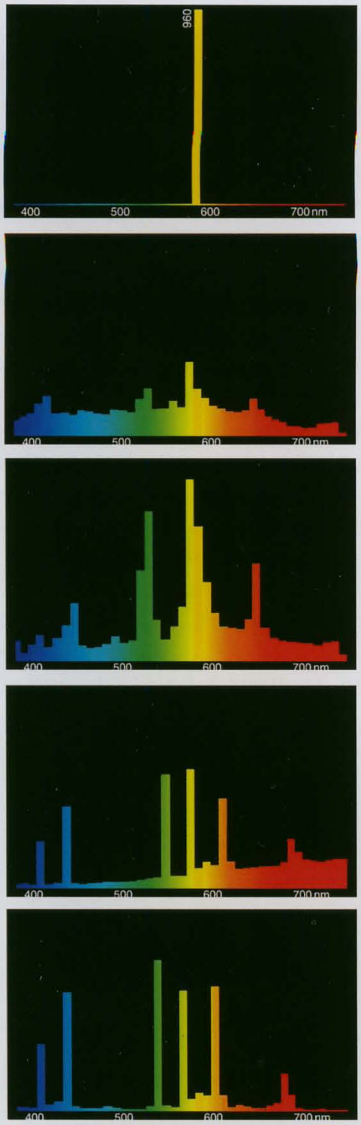
Während Temperaturstrahler ein sehr gleichmäßiges Spektrum mit allen Farben des Regenbogens erzeugen, haben Entladungslampen hier ein Problem. Sie besitzen ein so genanntes Linienspektrum. Bei diesen Lampen besteht das Licht nur aus der Mischung weniger reiner Farben. Diese sind so ausgesucht, dass das daraus gemischte Licht auf uns Menschen weiß wirkt. Da aber andere Lebewesen, und dazu gehören auch unsere Terrarienpfleglinge, Farben anders wahrnehmen, wissen wir nicht, welche Farbe die uns weiß erscheinende künstliche Sonne in der kleinen Terrarienwelt hat.

Es gibt auch einen Wert, der die Qualität des Lichtspektrums in Hinsicht auf natürliche Farbwiedergabe beleuchteter Objekte beschreibt: Dies ist der **Ra-Index**, kurz Ra-Wert. Je näher der Ra-Wert eines Leuchtmittels bei 100 % liegt, umso natürlicher erscheint die Farbwiedergabe durch dieses Leuchtmittel dem menschlichen Auge. Leider ist auch der Ra-Wert nur auf das menschliche Sehen abgestimmt. Viele Reptilien sehen jedoch noch bis in den für uns Menschen unsichtbaren UV-A-Bereich und haben auch innerhalb der uns sichtbaren Wellenlängen andere Empfindlichkeitsverteilungen als unser Auge. Daher kann der Ra-Wert bei der Auswahl eines geeigneten Terrarien-Leuchtmittels nur begrenzt als Anhaltspunkt dienen. Da ein hoher RA-Wert

Vier gleiche Halogen-Metalldampflampen mit vier Brennern unterschiedlicher Lichttemperatur im direkten Vergleich zum Sonnenlicht. Von links nach rechts: 10.000 K, 5.200 K, 4.200 K, 3.000 K.
Man sieht, dass alle Strahler problemlos von der Sonne überstrahlt werden, obwohl die Styroporplatte nur 10 cm von den Strahlern entfernt ist.
Foto: U. Geissel

Beleuchtet man Gegenstände mit verschiedenen Leuchtmitteln, so erscheinen Farben jedes Mal anders. Bei HQI-D werden grüne und blaue Farben verstärkt, während die Gelb- und Rottöne deutlich blasser erscheinen, vergleicht man es mit Beleuchtung durch Sonnenlicht.
HQI-942 lässt alle Farben wärmer erscheinen. Halogenlicht ist ebenfalls sehr warm. Das Grün erscheint hier schon mit leichtem Braunstich. Fast ohne Gelb und mit einem viel zu starken Grünanteil präsentiert sich der beleuchtete Gegenstand unter HQL-Lampen, während bei Natriumdampflampen alles in Gelb und Braun erscheint.
Aufgenommen wurden diese Bilder mit einer Canon Ixus. Der Farbabgleich war bei allen Bildern auf Sonnenlicht eingestellt. Diese Bilder sollen nur die generellen Unterschiede aufzeigen, da einerseits die Kamera eine eigene Aufnahmecharakteristik besitzt und andererseits Tiere eine von Menschen abweichende Farbwahrnehmung besitzen. *Fotos: U. Geissel*

Spektren verschiedener Leuchtmittel im Vergleich, von o. nach u.: Natriumdampf-Niederdrucklampe, HCI-CDM-942, HCI-CDM-830, Mischlichtlampe, Quecksilberdampflampe



meist jedoch auch mit einer hohen spektralen Ähnlichkeit des Kunstlichtes mit Sonnenlicht einhergeht, kann er dennoch auch für terraristische Anwendungen zumindest als Entscheidungshilfe herangezogen werden.

Reflektoren

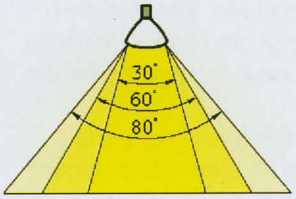
Jedes Leuchtmittel verteilt sein Licht großflächig und auch in Richtungen, wo wir es nicht benötigen. Deshalb setzt man Reflektoren ein, um das Licht gezielt dorthin zu leiten, wo es gebraucht wird. Reflektoren sind meist metallisch glänzend. Vielen Terrarianern ist nicht bewusst, dass eine rein weiße Farbe genauso gut reflektiert wie poliertes, reinstes Aluminium. Auch Spiegel reflektieren nicht besser. Allerdings reflektiert die Farbe nicht direkt, sondern diffus und somit ungerichtet. Je größer das eingesetzte Leuchtmittel im Verhältnis zur Reflektorgröße ist, umso größere Anteile des reflektierten Lichtes treffen von hinten auf das Leuchtmittel, anstatt den Reflektor in der gewünschten Richtung zu verlassen. Diese Eigenabschattung ist in der Praxis vor allem bei den 26-mm-Leuchtstoffröhren (T8) mit Aufsteckreflektoren sowie bei Energiesparlampen relevant und kann die Lichtausbeute am Wirkort erheblich reduzieren.

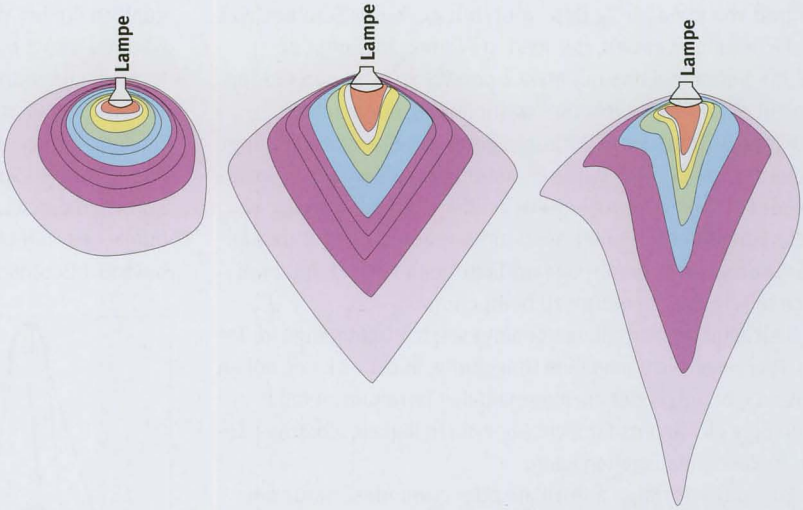
Ausstrahlungswinkel

Je nach Form des Reflektors wird das Licht nach Reflexion stärker oder weniger stark gebündelt. Den Winkel, in dem das Licht abgegeben wird, nennt man Ausstrahlungswinkel. Je kleiner dieser Ausstrahlungswinkel, desto stärker wird das Licht gebündelt. Je stärker das Licht gebündelt wird, desto kleiner und desto heller wird die beleuchtete Fläche.

Je nach Ausstrahlungswinkel kann man mit der gleichen Lichtmenge entweder eine große Fläche wenig oder eine kleine Fläche hell erleuchten.

Lässt man Strahler an einer Wand entlang leuchten, dann sieht man deutlich den Unterschied zwischen einem Flächen- und einem Spotstrahler. Es zeigt sich auch deutlich, dass ein Spotstrahler nur einen Teil seines Lichts bündelt und den Rest wie ein Flächenstrahler verteilt. Fotos: U. Geissel





Strahler, die ihr Licht eng bündeln (Abstrahlungswinkel 30°) und nur einen kleinen Punkt beleuchten, werden Spot-Strahler oder auch Punktstrahler genannt. Weit streuende Strahler (z. B. 80° Abstrahlungswinkel) bezeichnet man als Flutlichtstrahler oder Flood-Strahler.

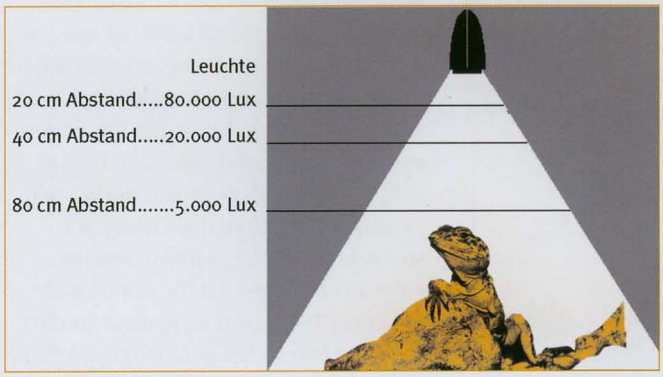
Lichtausbreitung

Bei punktförmiger Beleuchtung nimmt die Helligkeit quadratisch mit der Entfernung ab. Anschaulich gesagt: Ein Leguan wird 16 Mal so hell bestrahlt, wenn der Halter den Sonnenplatz des Tiers von 80 cm Entfernung zur Terrarienlampe auf 20 cm an die Lichtquelle annähert. Oder die Agame, die sich bisher mit 10 cm Abstand unter einer Lampe sonnen konnte, bekommt nur noch ein Viertel der Strahlungsleistung ab, wenn ihr Halter die Lampe 10 cm höher hängt (siehe aber Abschnitt „Blendung").

Besonders irritierend ist in diesem Zusammenhang, dass beim Menschen Auge und Gehirn in enger Zusammenarbeit Kontraste erheblich verstärken und dass unser Sehvermögen keine sinnvolle Abschätzung absoluter Helligkeitswerte erlaubt, wie oben erwähnt. Ein schwach beleuchtetes Terrarium in einem noch weniger ausgeleuchteten Innenraum kann uns bereits ähnlich hell erscheinen wie der darin nachgebildete natürliche Lebensraum im Freiland, obwohl die tatsächlich messbaren Lichtintensitäten noch um einen dreistelligen Faktor darunter liegen!

Auch die oben angeführte, objektiv drastische Intensitätsabnahme beim Verdoppeln des Abstandes zwischen Sonnenplatz und Lichtquelle kann das menschliche Auge ohne den direkten, gleichzeitigen Vergleich absolut nicht wahrnehmen.

Bei punktförmigen Lichtquellen nimmt die Helligkeit quadratisch mit der Entfernung ab. Bei doppeltem Abstand erreicht also nur noch ein Viertel und bei vierfachem Abstand ein Sechzehntel der ursprünglichen Beleuchtungsstärke das beleuchtete Objekt.



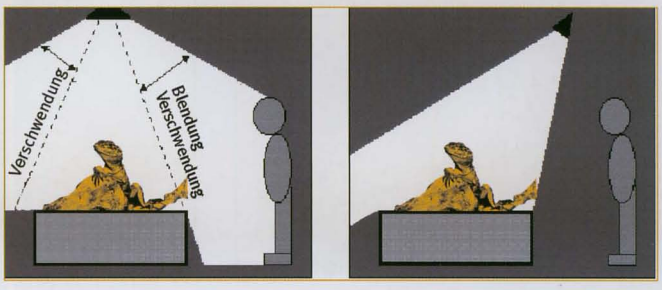
Bei nicht punktförmigen Lichtquellen gibt es Abweichungen vom quadratischen Entfernungsfgesetz: Die Helligkeitsabnahme bei Leuchtstoffröhren ist bis etwa zu dem Abstand, der der Länge der Röhre entspricht, linear. Das heißt, bei Verdoppelung des Abstandes zum Tier nimmt die Helligkeit nur um die Hälfte ab. Das gilt aber nur, wenn der Abstand nicht größer ist als die Länge der Leuchtstofflampe.

Grundlagen der Beleuchtungstechnik

Die Lichtfülle im Terrarium erreicht bei der Haltung tagaktiver Tiere nur im Ausnahmefall ähnliche Werte wie im natürlichen Lebensraum der Pfleglinge. Trotzdem verursacht die Terrarienbeleuchtung einen nicht unerheblichen Anteil der Unterhaltskosten. Allein deshalb ist es immens wichtig, darauf zu achten, dass wenigstens die zur Verfügung stehende Lichtfülle möglichst komplett im Terrarium genutzt wird und nicht erhebliche Anteile vor allem das Zimmer und den Betrachter beleuchten. Viele Terrarianer versuchen, ihr Terrarium möglichst gleichmäßig auszuleuchten. Wird jedoch das Licht gleichmäßig über das gesamte Terrarium verteilt, kann es aus verständlichen Gründen keine große Helligkeit geben. Das Prinzip kennt jeder von der Taschenlampe: Entweder man bündelt das Licht auf einen kleinen Punkt oder verteilt es auf einer weiten Fläche. Bei der letzteren Einstellung kann man jedoch nicht sehr weit schauen. Genauso verhält es sich mit der Helligkeit im Terrarium.

Es ist unmöglich, ein ganzes Terrarium sonnenhell auszuleuchten. HQI- oder Leuchtstofflampen haben einen Wir-

Die Abbildung links zeigt eine ungünstige Installation, da nur 1/3 des Lichts tatsächlich das Terrarieninnere erreicht und zudem der Betrachter geblendet wird. Im Beispiel rechts wird das Licht weitgehend vollständig auf das Terrarium konzentriert, der Betrachter wird nicht geblendet (nach P. Neuwirth, Wien).



kungsgrad von etwa 40 %. Das heißt, nur 40 % des Stromes werden in Licht umgewandelt, der Rest in Wärme. Im Sommer strahlt die Sonne bei uns mit etwa 1.000 W/m². Um nun ein Terrarium mit einer Fläche von 1m² sonnenhell zu beleuchten, müsste man aufgrund des Wirkungsgrads eine Lampenleistung von etwa 2.500–3.000 W darüber installieren. Alleine die Abwärme dieser Lampen würde die Tiere in kürzester Zeit garen.

Deshalb gibt es bei einer bestimmten, durch Budget und andere Gründe vorgegebenen Gesamtlichtmenge prinzipiell zwei Möglichkeiten, das Terrarium zu beleuchten:

1) Gleichmäßige Verteilung der eingesetzten Lichtmenge im Terrarium. Hierbei erreicht man eine Umgebung, in der es keine hellen Lichtinseln gibt und in der die innerhalb des Terrariums relativ gleichmäßige Lichtintensität nicht über die Helligkeit schattiger Zonen im Freiland hinausgehen kann.

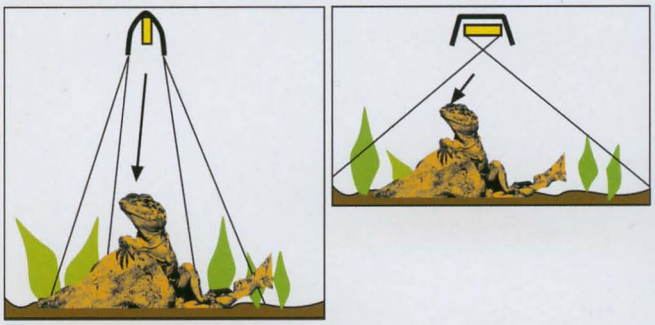
2) Eine punktförmige natürliche oder zumindest naturnahe Helligkeit, wobei gegebenenfalls Schattenbereiche durch weitere Lampen mit eher diffuser Lichtabgabe aufgehellt werden können.

Beleuchtungsarten

Bei einer im Wesentlichen punktförmigen Beleuchtung gibt es sehr starke Schlagschatten, und vor allem die oberen Bereiche des Terrariums bleiben dunkel. Dem kann man einerseits dadurch abhelfen, dass man den Lichtkasten und/oder die oberen Terrarienbereiche weiß streicht, oder dass man zusätzliche Leuchtmittel installiert, die für eine gewisse Grundhelligkeit außerhalb des „Sonnenflecks" sorgen. Hier eignen sich vor allem Leuchtstoffröhren und Energiesparlampen, wohingegen die beste Lösung für die punktförmige Lichtquelle meist ein HQI-, HQL- oder Halogenspot ist. Je nach Terrarientyp sowie je nach gewünschter Strahlungswärme und absoluter Helligkeit kann die individuelle Lösung hier sehr unterschiedlich ausfallen.

Eine gleichmäßige Ausleuchtung ausschließlich durch Leuchtstofflampen ist nur in seltenen Fällen ausreichend und ergibt eigentlich nur bei Waldbodenbewohnern wirklich Sinn. Wie oben erwähnt, erzeugt man dadurch im Vergleich zum besonnten Freiland letztlich nur geringe Helligkeiten, was zumindest Sonne liebenden Tieren nicht ausreicht.

Eine Kombination aus Flutlichtstrahler (Flood-Strahler) und Punktstrahler (Spotlampe) bringt einen ähnlichen Effekt wie das Aufhellen durch Leuchtstofflampen. Durch die punktförmige Lichtquelle des Flutlichtstrahlers werden die Schatten etwas härter als bei Leuchtstofflampen, was durchaus erwünscht sein kann.

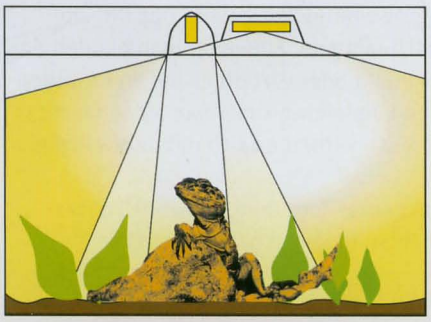


Um die gleiche Helligkeit zu erreichen, muss ein Flächenstrahler viel dichter über dem Tier angeordnet sein als ein Punktstrahler. Durch das schräg auf das Auge treffende Licht des Flächenstrahlers können Tiere geblendet werden. Besser ist hier ein weiter entfernter Punktstrahler.

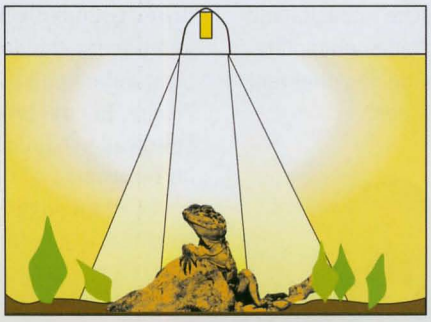
Vergleich: sonniger und bewölkter Himmel

Beim Vergleich von schönem und schlechtem Wetter sieht man, dass die Redewendung „wo viel Licht, da viel Schatten" zutrifft. Auf den oberen Bildern auf S. 13 ist es schön sonnig. Man erkennt es zum einen an den wärmeren Farben und an den harten Kontrasten zwischen Sonne und Schatten. Die unteren Bilder, die bei bewölktem Himmel aufgenommen wurden, sind dagegen recht gleichmäßig beleuchtet. Sonnenschein bedeutet also warme Farben, hoher Kontrast und große Helligkeit. Versucht man nun, das Terrarium möglichst gleichmäßig zu beleuchten – und dies womöglich noch mit Leuchtstoffröhren mit hoher Lichttemperatur –, dann herrscht darin der visuelle Eindruck von schlechtem Wetter, da, wie weiter oben beschrieben, bei gleichmäßiger Beleuchtung nur eine geringe Helligkeit erreicht werden kann.

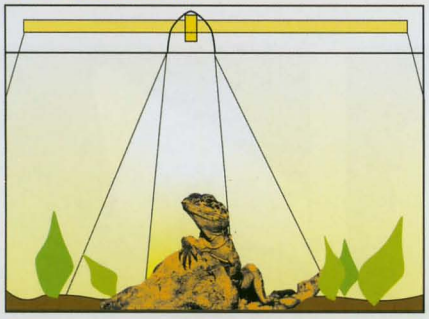
HQI-TS + HQI-T



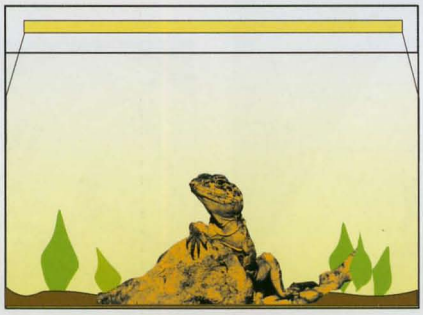
HQI-T



HQI-T + Leuchtstofflampe



Leuchtstofflampe



Blendung

Bei der Wahl der Lampe für die Beleuchtung des Sonnenplatzes sollte darauf geachtet werden, dass der Strahler möglichst weit weg vom Tier ist. Jeder weiß, dass man hauptsächlich bei tief stehender Sonne geblendet wird. Mittags, wenn die Sonne hoch am Himmel steht, ist es zwar sehr hell, direkt von der Sonne wird man aber nicht geblendet. Den Tieren geht es prinzipiell genauso. Der Winkel zwischen Tierrücken und Lichtquelle sollte daher im Normalfall möglichst nahe an 90° liegen. Ist die Lampe dicht über dem Tier angebracht, dann strahlt das Licht bereits bei geringfügiger Verla-

Sonnenschein:
sehr große Helligkeit, über 100.000 lx
hoher Kontrast wegen punktförmiger Beleuchtung
warme, leuchtende Farben
⇒ niedrige Lichttemperatur
im Schatten:
kühle Farben ⇒ hohe Lichttemperatur

Bedeckter Himmel:
geringe Helligkeit, ca. 20.000 lx
diffuses Licht
kühle Farben ⇒ hohe Lichttemperatur

Derselbe Habitat, dieselbe Eidechse, aber unterschiedliche Lichtverhältnisse. *Fotos: U. Geissel*

gerung des Tieres aus dem Zentrum des Sonnenflecks in deutlich spitzerem Winkel ein und kann das Tier blenden, was je nach Lichtquelle unter Umständen durchaus auch zu Augenschäden führen kann. Bei Strahlern, die das Licht stärker bündeln und deshalb weiter vom Tier entfernt montiert werden können, ist deshalb die Gefahr des Blendens geringer. In der Praxis müssen allerdings oft Kompromisse gefunden werden, da naturnahe Lichtintensitäten und Wärmeabstrahlungen oft nur bei recht tief hängenden Leuchtmitteln erreicht werden. Ein Reflektor, in den das Leuchtmittel möglichst tief versenkt ist, bietet hier einen guten Blendschutz.

Wärme im Terrarium

Wärme ist zwar zumindest unserem Erfahrungsschatz nach kein Licht, da aber nahezu alle Wärme auf der Erdoberfläche von der Sonne kommt und Wärmestrahlung physikalisch nichts anderes ist als Licht mit einer größeren Wellenlänge als sie unsere Sehempfindlichkeit abdeckt, muss sie in diesem Zusammenhang auch erwähnt werden.

Es gibt mehrere Arten von Wärme. Zum einen die Kapazitive Wärme. Das ist die Wärme, die in einem Körper oder Gegenstand vorhanden ist oder erzeugt wird. Eine Wärmflasche gibt sie genauso ab wie ein warmer Stein.

Strahlungswärme kennen wir prinzipiell in zwei verschiedenen Qualitäten. Die Strahlungswärme der Sonne, von Lampen oder den bekannten, rot schimmernden Infrarotstrahlern besteht hauptsächlich aus kurzwelliger IR-A-Strahlung. Kachelöfen und Infrarot-Dunkelstrahler, wie z. B. Elsteinstrahler, erzeugen die langwellige IR-C-Strahlung. Diese kann im Terraristikbereich z. B. bei Grubenottern zu Irritationen führen, da die Wärmesensoren, die diese Tiere zur Beuteortung einsetzen, im gleichen Wellenlängebereich arbeiten.

Aufgrund dieser Unterschiede der Wärme muss genau überlegt werden, welche Wärme die Tiere benötigen. So ist es sicherlich nicht sinnvoll, das Terrarium sonnenhungriger Tiere ausschließlich mit Heizkabeln oder -matten zu erwärmen, da in ihrem natürlichen Lebensraum alle Wärme zunächst einmal von der Sonne ausgeht. Da andererseits die Untergründe von Sonnenplätzen im Terrarium wohl nie dieselbe Wärmekapazität haben wie etwa von der Sonne erwärmte große Felsen, also viel rascher auskühlen, wenn die Bestrahlung endet, finden solche Hilfsmittel immerhin ihre Anwendung in der zusätzlichen Erwärmung mit hohen Lichtintensitäten bestrahlter Sonnenplätze.

Heiße Stellen im Dunkeln oder Dämmrigen sind in den Terrarien sonnenhungriger Tiere dagegen wenig angebracht und stellen unter Umständen sogar eine Gefahr dar. Viele Reptilien neigen nämlich dazu, vor allem auf zu spärlich beleuchteten Aufwärmplätzen so lange zu verharren, bis sie erhebliche Brandverletzungen davontragen. Bei vorwiegend von der Beleuchtung stammender Strahlungswärme und angepasster Helligkeit sind solche „Unfälle" dagegen eine seltene Erscheinung.

Andererseits ergibt es auch keinen Sinn, bei Waldbodenbewohnern mit Wärmestrahlern zu heizen, da sie in ihrem Biotop kaum direkter Bestrahlung durch Sonnenlicht ausgesetzt sind. Ihr Biotop hat seine Temperatur aufgrund des Luftaustausches mit den von der Sonnenstrahlung erwärmten Wipfelregionen der Bäume. Ein kleiner Spot, der einen Sonnenstrahl simuliert, reicht hier im Terrarium völlig. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Grundwärme sind in diesen Becken auch in Rückwände o. Ä. großflächig integrierte Heizmatten oder -kabel sinnvoll einzusetzen.

Selbst die effektivsten Lampen geben etwa 60 % der eingesetzten Energie als Wärme ab. Dies bedeutet, dass alles, was wir zum Beleuchten einsetzen, besser heizt als leuchtet. Vor diesem

Hintergrund und aufgrund der Tatsache, dass es fast immer zu dunkel im Terrarium ist, ist es sinnvoll, Wärme bei der Haltung tagaktiver Tiere vor allem über die Beleuchtung ins Terrarium zu bringen und weitere Hilfsmittel zur Wärmeerzeugung auf die oben erwähnten unterstützenden Funktionen zu beschränken. Oft kann die gesamte benötigte Wärme tatsächlich sinnvoll allein über die Beleuchtung zur Verfügung gestellt werden.

In nachtwarmen Terrarien kann nachts mit Heizkabeln und -matten oder auch mit beheizbaren Steinen zugeheizt werden. Heizen mit IR-Dunkelstrahlern (Elstein) oder Schwarzlichtglühlampen erzeugt völlig unnatürliche nächtliche Wärmestrahlung und kann die relative Luftfeuchtigkeit unnatürlich stark absenken. Und Achtung: Die meisten Wüstenbewohner benötigen zwar tagsüber große Wärme, nachts kühlt es aber in ihrem Lebensraum sehr stark ab. Hier muss man sich genaustens über die Nachttemperaturen in der Heimat der Tiere erkundigen.

Energie sparen

Wie schon erwähnt, gehört die Beleuchtung zu den kostenintensivsten Aspekten der Terraristik. Deshalb ist es wichtig, zielgerichtet zu beleuchten und das Licht nicht wie mit der Gießkanne über das Terrarium zu verteilen.

Da selbst bei den Leuchtmitteln mit dem besten Wirkungsgrad noch jede Menge Wärme entsteht, ist es nur selten sinnvoll, zur Grundbeleuchtung auf Leuchtmittel wie Glüh- oder Halogenlampen zurückzugreifen. Es sollten dazu nur Leuchten mit hohem Wirkungsgrad engesetzt werden, wie Leuchtstofflampen, Kompakt- und Energiesparlampen sowie Halogen-Metalldampflampen. Halogenspots können dabei jedoch zur Bereitstellung stärkerer Wärmestrahlung im Bereich des Lichtkegels von Halogen-Metalldampflampen oder Quecksilberdampflampen durchaus ergänzend sinnvoll zum Einsatz kommen.

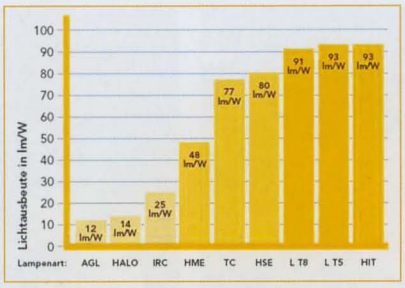
Energiesparlampen mit geeignetem Reflektor können erstaunlich viel Licht in ein Terrarium bringen. *Foto: I. Kober*

Lichtausbeute

Die Lichtausbeute sagt aus, welche Lichtmenge pro Watt Stromaufnahme eine Lampe abgibt. Je größer dieser Wert ist, desto mehr Licht gibt es bei gleichem Stromverbrauch.

Hier kommen, wie weiter oben bereits erwähnt, die Lumen ins Spiel. Die Einheit für die Lichtausbeute ist [lm/W].

Der theoretische Maximalwert für sichtbares Licht beträgt 199 lm/W. Modernste Beleuchtungstechnik schafft davon etwa die Hälfte. Das bedeutet, dass diese Lampen immer noch die Hälfte des eingesetzten Stroms als Wärme abgeben.



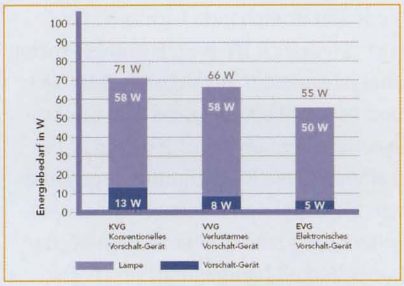
Quelle: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung Gutes Lichtklima

System-Lichtausbeute von typischen Lampenarten (Quelle: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung)

AGL: Allgebrauchsglühlampe 60 W
HALO: Halogenglühlampe 60 W, 230 V
IRC: Infra-Red-Coated-Halogenglühlampe, 50 W, 12 V
HME: Quecksilberdampf-Hochdrucklampe, elliptisch, 80 W, matt
TC: Kompakt-Leuchtstofflampe 55 W, EVG
HSE: Natrium-Hochdrucklampe, elliptisch, 70 W, matt
L T8: stabförmige Dreibanden-Leuchtstofflampe 58 W, T8, EVG
L T5: stabförmige Dreibanden-Leuchtstofflampe 49 W, T5, EVG
HIT: Halogen-Metalldampflampe Röhrenform, 70 W

Leuchtmittel	effektive* Lichtausbeute
Halogen-Metalldampflampen mit Keramikbrenner HCI/CDM	sehr gut ›75 lm/W (KVG) ›80 lm/W (EVG)
Halogen-Metalldampflampen mit Quarzglasbrenner HQI/MHN	gut ›60m/W (KVG) ›70m/W (EVG)
T5-Vollspektrumlampen	sehr gut 70 lm/W
T8-Vollspektrumlampen	gut ca. 60 lm/W
T5-3-Banden-Leuchtstofflampen	sehr gut bis 100 lm/W
T8-3-Banden-Leuchtstofflampen	gut 80 lm/W
Standard-Leuchtstofflampen 2-Banden-Leuchtstofflampen	gut 70 lm/W
Vollspektrum-Kompaktleuchtstofflampen Vollspektrum-Energiesparlampen	mittel 45 lm/W
Standard-Kompaktleuchtstofflampen Standard-Energiesparlampen	gut 65 lm/W
Hochdruck-Natriumdampflampen	sehr gut bis 100 lm/W
Niederdruck-Natriumdampflampen	sehr gut bis 150 lm/W
Quecksilberdampfhochdrucklampen HQL, HPL-N	mittel 50 lm/W
Standard-Mischlichtlampen	schlecht ‹20 lm/W
UV-Mischlichtlampen (Osram Ultra-Vitalux , Radium Sanolux, Powersun UV, Active UV Heat, TerraSUN UV-Plus)	schlecht ‹20 lm/W
Halogenlampen	schlecht 15–28 lm/W
Glühlampen	sehr schlecht 11–17 lm/W

*Die Drosselverluste sind berücksichtigt. So sind die Werte von Lampen mit und ohne Vorschaltgerät direkt vergleichbar.



Quelle: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung Gutes Lichtklima

Eine 58-W-Leuchtstoffröhre benötigt mit einem konventionellen Vorschaltgerät fast 30 % mehr Strom als mit einem elektronischen Vorschaltgerät. Dieser Effekt ist deshalb so gravierend, da durch die höhere Frequenz des EVGs der Strombedarf der Röhre auf 50 W sinkt.

Lichtschwächung

Durch Scheiben, Gaze und Schmutz zwischen Lichtquelle und Tier können erhebliche Lichtverlute auftreten. Es lohnt sich daher, unter Zuhilfenahme eines Luxmeters oder zumindest der Belichtungsmessung einer Kamera die Lichtschwächung durch verschiedene Terrarienabdeckungsmaterialien abzuschätzen, um sich für die Variante mit dem geringsten Lichtverlust entscheiden zu können.

Außerdem sollten die Schutzscheibe der Lampe sowie die Deckscheibe des Terrariums in regelmäßigen Abständen gereinigt werden (sofern Leuchten darüber angebracht sind).

Gazeabdeckungen können viel Licht schlucken. Eingesetzte „Glasfenster" schaffen hier Abhilfe. Foto: I. Kober

Physiologische Bedeutung des Lichts

Der Erkenntnisfortschritt bezüglich der Bedeutung von Sonnenlicht für das Wohlergehen unserer Terrarientiere ist in den letzten Jahrzehnten ständig gewachsen. Dennoch bleiben immer noch viele Fragen offen, und ein komplettes Verständnis aller lichtgesteuerten oder lichtbeeinflussten Vorgänge liegt ebenso fern wie eine Universallösung für die Simulation natürlicher Lichtverhältnisse im Terrarium. Da die Bedürfnisse der Tiere also nicht vollständig bekannt sind, muss das oberste Ziel jedes Terrarianers sein, im künstlichen Lebensraum die lebensraumspezifischen natürlichen Lichtparameter so ähnlich wie möglich zu imitieren.

Dabei ist der Begriff „ähnlich" unbedingt objektiv zu verstehen. Eine subjektive Ähnlichkeit, nämlich eine annähernde oder vollständige Ununterscheidbarkeit der Lichtverhältnisse zwischen Natur und Terrarium für das menschliche Auge, reicht keineswegs aus. Das liegt vor allem an den erwähnten Unzulänglichkeiten unseres aus Auge und Gehirn bestehenden optischen Systems, das keine objektive Wiedergabe der Umgebung erlaubt, sondern uns einen in hohem Maße subjektiven, an unsere artspezifischen Bedürfnisse angepassten optischen Eindruck der Umwelt vermittelt. Unser Auge nimmt lediglich den Wellenlängenbereich von ca. 380–780 nm aus dem kontinuierlichen elektromagnetischen Wellenspektrum als Licht wahr und weist durchaus keine konstante Empfindlichkeit für alle Bereiche dieses engen Spektrums auf. Diesbezüglich bestehen z. T. erhebliche Unterschiede zwischen unseren Augen auf der einen und den Augen unserer Terrarienpfleglinge auf der anderen Seite, die ihre Umwelt daher optisch durchaus anders wahrnehmen, als wir das tun, und schon daher entsprechend andere Ansprüche an die Lichtverhältnisse in ihrer Umwelt stellen.

Reptilien, Amphibien und Wirbellose können teilweise z. B. auch Wellenlängen aus dem so genannten UV-A-Bereich zwischen 320 und 380 nm als Lichteindrücke verarbeiten und nutzen diese Fähigkeit auch zur Orientierung und Kommunikation. So stechen beispielsweise die Kehlfahnen mancher Anolismännchen im UV-A-Bereich vor dem Hintergrund ihres Habitats besonders hervor und werden daher von den Artgenossen auch auf größere Entfernungen erkannt, wohingegen sie für das für UV-A-blinde menschliche Auge in der gleichen Situation durchaus unauffällig erscheinen.

Vitamin D_3

Eine Vorstufe dieses Vitamins, das 7-Dehydrocholesterol, muss in den obersten Hautschichten durch Einwirkung von UV-B-Strahlen in einem photochemischen Prozess verändert werden. Dabei entsteht zunächst Provitamin D_3, das noch in der Haut enzymatisch zu Vitamin D_3 umgewandelt wird, bevor nach dem Transport dieser Vorstufe zur Leber dort die Synthese zum aktiven Vitamin D beendet wird.
Haben Reptilien keine Möglichkeit, sich UV-B-Bestrahlung auszusetzen, können sie auch kein körpereigenes Vitamin D produzieren und sind auf Gedeih und Verderb auf in der Nahrung angebotenes Vitamin D angewiesen. Darum ist in der Terraristik auch die Gabe entsprechender Vitaminpräparate (verabreicht wird in der Regel die Vorstufe D_3) häufig so wichtig.
Selbst bei sorgfältiger UV-B-Bestrahlung in Terrarien ist nämlich nicht von vornherein sichergestellt, dass die körpereigene Bildung von Vitamin D auch ausreichend angeregt werden kann. Zum einen kann nur ein kleiner Ausschnitt der als UV-B bezeichneten Lichtfarbe auch tatsächlich die photochemische Reaktion in der Haut effektiv initiieren, nämlich ausschließlich Licht im Wellenlängenbereich von 295–310 nm. Zum anderen ist die nötige Strahlungsleistung relativ hoch. In der Tropensonne können bis über 250 µW UV-B/cm^2 gemessen werden, und wahrscheinlich werden für eine effiziente D_3-Synthese tagaktiver Reptilien mindestens Bestrahlungsleistungen von etwa 20 % dieses Wertes benötigt.

Verschieden gefärbte Öltröpfchen vor den Sehzellen von Reptilien verändern außerdem die Empfindlichkeit für bestimmte Wellenlängen innerhalb des sichtbaren Spektrums. Wieder andere Parameter gelten für die Komplexaugen vieler Gliederfüßler. Nicht zuletzt verfügen Amphibien und Reptilien auch noch über ein zusätzliches lichtempfindliches Organ in der Scheitelregion, das so genannte Parietalauge, das unserer Epiphyse ent-

spricht und wie diese vielfältigen Einfluss auf die Steuerung physiologischer Prozesse nimmt.

Sehen ist also nicht gleich Sehen. Unser Sinneseindruck kann erheblich von dem unserer Terrarienpfleglinge abweichen, und natürlich muss sich deren künstliche Lebensraumbeleuchtung an ihren und nicht an unseren Ansprüchen orientieren.

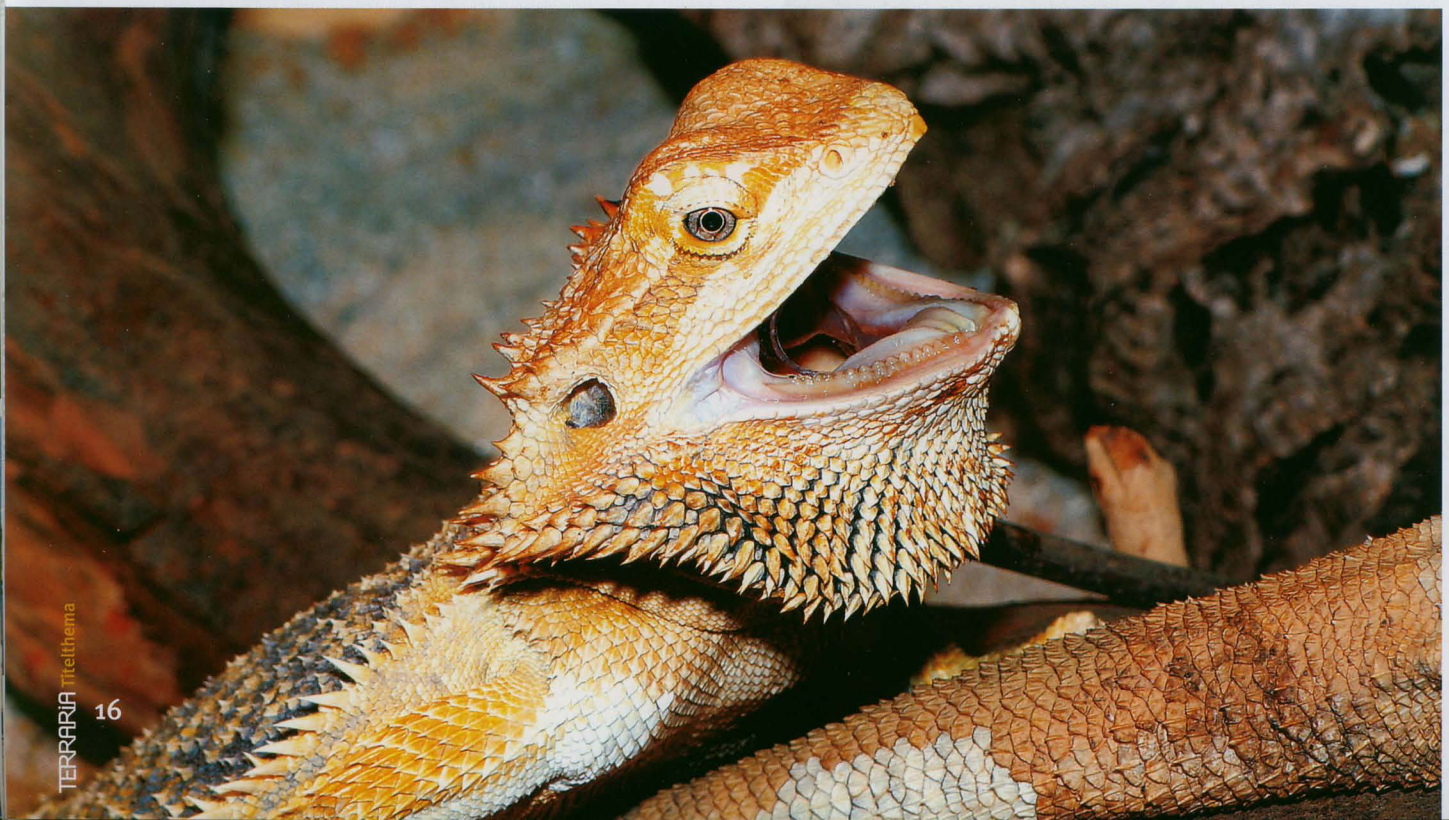
Besondere Bedeutung hat Licht außerhalb des für uns sichtbaren Wellenlängenbereiches noch in einem weiteren Umfeld: Das für das Knochenwachstum, die Kalziumaufnahme aus der Nahrung und vielfältige weitere Prozesse unentbehrliche Vitamin D kann von Wirbeltieren nicht ohne die Unterstützung durch die Sonne vollständig eigenständig synthetisiert werden.

Für diese Vitamin-D_3-Synthese wird ein bestimmter Teil der UV-B-Strahlung benötigt.

Dabei ist es für terraristische Anwendungen wichtig zu wissen, dass normales Fenster- oder Floatglas im UV-B-Bereich nicht durchlässig ist und nahezu 100 % der UVB-Strahlungsleistung absorbiert. Eine UV-B-Quelle darf also nicht durch Glas vom Tier getrennt werden. Bei alternativer Anbringung über Gaze gehen leider ebenfalls 15–35 % der Strahlungsenergie verloren. Daher ist es sinnvoll, auch diese Leuchtmittel über weniger stark absorbierenden, transparenten Materialien zu positionieren. Die kratzfesteste, aber teuerste Möglichkeit, solche Materialien einzusetzen, ist die Verwendung von Quarzglas. Aber es gibt auch preiswertere Alternativen. Beim leider kratzempfindlichen Plexiglas gibt es beispielsweise verschiedene Ausführungen mit unterschiedlicher spektraler Durchlässigkeit, und im Gewächhaus-Zubehörbereich existieren inzwischen besonders vielfältige transparente Materialien mit hoher UV-B-Durchlässigkeit. Details erfragt man am besten beim jeweiligen Hersteller.

Aber nicht nur die Anbringung einer UV-B-Lichtquelle erfordert sorgfältige Planung, auch die Anschaffung ist nicht trivial. Die Angaben auf Leuchtmitteln, die laut Hersteller UV-B abgeben, sind leider in der Regel äußerst spärlich und erlauben nahezu keine Rückschlüsse auf die tatsächlich das Tier erreichende wirksame UV-B-Strahlung. Übliche Angaben sind lediglich UV-B-Emission in Prozent der Gesamtlichtleistung. Dabei ist stets der gesamte UV-B-Bereich von 280–320 nm gemeint, und es wird keine Angabe zum tatsächlich für die D_3-Synthese relevanten Frequenzbereich gemacht. So können im Extremfall auch Lampen diese Bezeichnung tragen, die unterhalb von 315 nm gar kein Licht mehr emittieren und deshalb für die D_3-Synthese völlig wirkungslos sind. Daher ist man bezüglich der Einschätzung der Brauchbarkeit handelsüblicher UV-B-Leuchtmittel auf Erfahrungswerte, unabhängige Publikationen und theoretische Vorüberlegungen angewiesen.

Letztere erlauben durchaus eine realistische Grobabschätzung. Ein Beispiel: Eine 23-W-Energiesparlampe mit 8 % UV-B-Anteil hat typischerweise einen Wirkungsgrad von ca. 30 %, d. h. 30 % der verbrauchten 23 W, also rund 7 W, werden von dieser Lampe in Form von Lichtstrahlung abgegeben. 8 % davon, also knapp 0,6 W = 600 mW, werden als UV-B emittiert. Gestehen wir so einer Lampe eine Oberfläche von 200 cm^2 zu, so bedeutet das auf der Oberfläche des Leuchtmittels eine UV-B-Strahlungsleistung von 3 mW = 3.000 $\mu W/cm^2$.

Wohlgemerkt: Direkt auf der Oberfläche des Leuchtmittels! Diese Leistung kommt aber nun nicht automatisch dem sich unter einer solchen Lampe sonnenden Tier zugute. Wegen der ungerichteten Abstrahlung erreicht nur der Lichtanteil eines Bruchteils eines Quadratzentimeters der Lampenoberfläche auch einen Quadratzentimeter Hautoberfläche des sich sonnenden Reptils. Dabei nimmt die Dosisleistung in der Umgebung der Strahlenquelle quadratisch mit zunehmenden Abstand ab. In unserem Fall heißt das: Verdoppelt sich der Abstand des Sonnenplatzes zur Lichtquelle, so wird nur noch ein Viertel der ursprünglichen Beleuchtungsleistung erreicht. Mit der genannten Beispiellichtquelle ist es daher kaum möglich, signifikante UV-B-Intensitäten an in üblichen Abständen darunter liegenden Sonnenplätzen zu erzielen.

Eine Bartagame sonnt sich unter einem Halogen-Metalldampfstrahler.
Foto: I. Kober