

## LED-Beleuchtung für Aquarien – Alternative für T5 und Co. ?

*LED-Lampen finden in der Beleuchtungstechnik eine immer größer werdende Verbreitung. Das gilt auch für die Beleuchtung von Aquarien. Doch sind diese Lampen wirklich uneingeschränkt zu empfehlen oder haben sie neben den Vorteilen auch Nachteile? Diese Fragen sollen in diesem Beitrag einmal durchleuchtet werden.*

### Die Beleuchtung von Aquarien – damals und heute

Ein Aquarium ohne künstliche Beleuchtung zu betreiben – wie in den Urzeiten der Aquaristik - ist heute undenkbar. Die gute alte Glühlampe wurde später dazu verwendet, Aquarien ins rechte Licht zu rücken und, was heute meist in Vergessenheit geraten ist, auch zu beheizen.

Danach nahm die Entwicklung der Lampentechnik einen dynamischen Aufschwung. Das kam auch der Beleuchtung von Aquarien zugute. Es gab und gibt immer noch vielfältige Möglichkeiten, ein Aquarium zu beleuchten. Hauptsächlich wurden und werden Leuchtstofflampen verwendet, die ursprünglich einen Durchmesser von 38 mm hatten. Später wurden Lampen mit 26, 16, 13, 9 und 7 mm Durchmesser hergestellt. Daneben waren Halogen-Metaldampflampen, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen, Halogenlampen, Energiesparlampen, Natriumdampflampen, Mischlicht-Lampen und Induktionslampen im Einsatz. Zudem gibt es eine unüberschaubare Vielfalt von Bauformen, Fassungen, Sockeln, Lichtstärken und Lichtfarben.

Seit einigen Jahren ist es einer neuen Beleuchtungsart gelungen, die Aquarien und „Köpfe“ der Aquarianer für sich zu gewinnen – die LED-Beleuchtung.

### Was sind LED-Lampen?

LED-Lampen sind optoelektronische Bauelemente, bei denen durch Elektrolumineszenz Halbleiter zum Leuchten gebracht werden. Das ist auch der Unterschied zu herkömmlichen Beleuchtungssystemen, bei denen Licht mittels einen glühenden Drahtes (Glüh- und Halogenlampen) oder eines speziellen Gases (Entladungslampen) erzeugt wird.

Das Prinzip der Elektrolumineszenz ist schon lange bekannt. Bis vor wenigen Jahren kamen LEDs vorrangig für kleine Signallampen zum Einsatz. Durch kontinuierliche Verbesserungen wurde die Leistung der LEDs in wenigen Jahren immer mehr gesteigert, so dass sie heute bereits Beleuchtungsaufgaben wahrnehmen können, für die bislang Glüh- oder Entladungslampen zum Einsatz kamen.

Auf technische Details der Elektrolumineszenz soll hier nicht eingegangen werden. Wer sich dafür interessiert, dem ist das Studium entsprechender Fachliteratur zu empfehlen.

Gegenüber herkömmlichen Lichtquellen weist die LED-Technik folgende Besonderheiten auf:

- LED-Lampen erzeugen gerichtetes Licht. Das ist der auffälligste Unterschied und (wie wir noch sehen werden) auch ein großer Vorteil der LED-Beleuchtung für Aquarien.
- es kann nahezu jede Lichtfarbe realisiert werden
- es sind zusätzliche technische Einrichtungen zur Wärmeableitung und Konstantstromversorgung erforderlich
- es wird keine Wärme in Richtung des abgegebenen Lichtes abgestrahlt
- die Lebensdauer ist höher
- die Lichtausbeute liegt im Bereich effizienter Entladungslampen
- dimmen ist problemlos möglich

### LED-Technik erobert die Aquaristik

Noch vor wenigen Jahren war die LED-Technik bei der Beleuchtung von Aquarien kaum bekannt und wenig verbreitet. Und das aus guten guten Grund. Die Lichtausbeute war mager, die Lichtfarbe unbefriedigend und die Preise waren astronomisch.

Das hat sich nun mittlerweile geändert. LED-Beleuchtung gehört heute zur Standardbeleuchtung bei Aquarien. Die ursprünglichen Nachteile wurden kontinuierlich abgebaut und in einigen Punkten übertrifft die LED-Technik bereits herkömmliche Systeme. Zum Einsatz kommen dabei LED-Strahler, LED-Leisten und LED-Paneele.

Während einige Anbieter von LED-Aquarienbeleuchtungen bereits frühzeitig auf die neue Technik gesetzt haben, verschliefen andere die Entwicklung. Diese waren es auch, die anfangs die Technik schlechtredeten um ihre konventionellen Lampen weiter an den Mann zu bringen. Ein solches Verhalten ist nicht neu. Bei der Weiterentwicklung der Leuchtstofflampen von der T26(T8)-Technik zur

T16(T5)-Technik hatte auch einige Anbieter die neue Technik verschlafen und noch gegen die T16(T5)-Lampen geunkelt, als diese sich längst am Markt etabliert hatten.

Nichtsdestotrotz haben natürlich auch die bisherigen Beleuchtungssysteme, wie Leuchtstofflampen (insbesondere wenn sie mit EVGs ausgestattet sind) und Halogen-Metaldampflampen ihre Daseinsberechtigung (und auch einige Vorteile).

### **Wie effizient sind LED-Lampen?**

Die Frage nach der Effizienz der LED-Beleuchtung beschäftigt nicht nur die Aquarianer seit der Einführung dieser Technik. So wird doch an dieser Fragestellung allgemein die Sinnhaftigkeit der Umstellung auf LED-Technik festgemacht.

Die Effizienz ist ein Maß dafür, wieviel Licht aus der aufgenommenen elektrischen Leistung erzeugt wird. Die Einheit dafür ist Lumen/Watt.

Um es vorweg zu nehmen: hier sind nur allgemeine Aussagen möglich. Zu unterschiedlich sind die Bauformen, die Technologien der Herstellung, die Schaltungen, Kühlverfahren usw. Aktuell angebotene LED-Lampen haben eine Lichtausbeute zwischen 40 und 110 Lumen/Watt (s. Übersicht). Die oberen Werte liegen damit in der Größenordnung herkömmlicher Leuchtstoff- und Halogen-Metaldampflampen, die vielfach bei der Aquarienbeleuchtung eingesetzt werden.

Die Entwicklung der LED-Technik geht in Riesenschritten voran. Es wurden mittlerweile Hochleistungs-LEDs (High-Power-LEDs) mit bis zu 150 Lumen/Watt hergestellt. Diese Technik hat jedoch bisher noch keinen Einzug in handelsübliche Beleuchtungsanlagen gefunden. Es gibt einige Aquarianer, die mit High-Power-LEDs Aquarienbeleuchtungen zusammengestellt haben und damit gute Erfolge erzielen.

Die Effizienzangaben dienen aber nur dazu, die Umwandlung des elektrischen Stromes in Lichtstrom darzustellen. Das ist noch kein Maß dafür, wieviel Licht letztendlich am Aquarienboden und bei den Aquarienpflanzen ankommt. Das hängt von der Qualität und den Einstellungen der Betriebsgeräte, des Abstrahlverhaltens der Optiken und den Umgebungsbedingungen ab.

### **Wieviel Strom kann man sparen?**

„Ich spare 80% Energie“ schrieb eine LED-Firma an Laternenmasten, nachdem sie diese auf LED-Technik umgerüstet hat. Das soll den Betrachtern suggerieren, dass mit dieser Technik 80% weniger Strom verbraucht wird. Nun, LED-Lampen sparen (genau wie herkömmliche Entladungslampen) tatsächlich 80% Energie, wenn man sie mit Glühlampen vergleicht und die gleiche Beleuchtungsstärke zugrunde legt. Glühlampen werden jedoch seit nahezu 50 Jahren nicht mehr bei der Straßenbeleuchtung eingesetzt. Ein solcher Vergleich ist daher unseriös.

Ähnlich ist die Situation bei der Aquarienbeleuchtung. Auch hier gibt es einige wenige unseriöse Anbieter, die solch hohe Einsparpotentiale nennen ohne auf die Vergleichsbasis hinzuweisen. Auch wird der Vergleich manchmal auf Systeme bezogen, bei denen die Lichtstärke des LED-Systems viel geringer ist als das konventionelle System. Die damit ermittelten Einsparpotentiale wären dann auch zu erzielen gewesen, wenn herkömmliche Lampen mit einer kleineren Leistungsaufnahme zum Einsatz gekommen wären.

Bei heute handelsüblichen LED-Aquarienbeleuchtungen sind die Einsparungen insbesondere auf das Abstrahlverhalten der LEDs zurückzuführen. Das Licht wird nur in eine Richtung abgegeben. Das heißt, es gibt keine Eigenabschattung und keine Reflexionsverluste an Reflektoren mehr. Damit ist ein ca. 20 bis 30% höherer nutzbarer Lichtstrom bei gleicher Lampenleistung zu erzielen. Oder andersherum: um die gleiche Beleuchtungsstärke im Aquarium zu erzielen wie bei den herkömmlichen Lampen kann eine um 20 – 30% geringere Lampenleistung bei LED zum Einsatz kommen. Das ist das Sparpotenzial bei gegenwärtigen handelsüblichen LED-Aquarienbeleuchtungen. Weitere Einsparungen sind zu erzielen, wenn LED-Optiken zum Einsatz kommen, die das Licht noch stärker bündeln, d.h. gezielt nur die Bereiche ausleuchten, an denen eine größere Beleuchtungsstärke gewünscht ist. Wenn zukünftig High-Power-LEDs mit bis zu 150 Lumen/Watt und mehr auch bei handelsüblichen LED-Aquarienbeleuchtungen zum Einsatz kommen, werden natürlich noch größere Stromeinsparungen zu erzielen sein.

### **Beleuchtungsfaktor und LED-Beleuchtung**

Wie groß die Beleuchtungsintensität im Aquarium sein soll ist ein viel diskutiertes Thema unter Aquarianern. Eine noch heute gute Basis dafür ist die einst von *Nieuwenhuizen* in die Aquaristik eingeführte Berechnung des Beleuchtungsfaktors. Werte zwischen 0,5 und 1,0 Watt/Liter haben sich bei Pflanzenaquarien gut bewährt. Starklichtaquarien weisen noch höhere Werte auf.

Die Angabe eines Beleuchtungsfaktors ist durchaus auch bei Aquarien mit LED-Beleuchtung sinnvoll. Hier kann infolge des bereits erwähnten besseren Abstrahlverhaltens der LED ein etwas kleinerer Wert zugrunde gelegt werden.

Der Beleuchtungsfaktor stellt nur einen sehr groben Orientierungswert dar. Sowohl bei herkömmlicher Beleuchtungstechnik als auch bei der LED-Beleuchtung ist die Ausleuchtung des Aquariums von vielen anderen Faktoren abhängig. Dazu gehören die Größe und Höhe des Aquariums, die Aquarieneinrichtung, die Bepflanzung, die Art des Reflektors oder der Linse, der Lampen- und Leuchtentyp und dessen Anordnung, der Hersteller sowie die Lichtfarbe. Bei der LED-Beleuchtung ist zudem der tatsächlich von der LED-Leuchte abgegebene Lichtstrom deutlich geringer als der in den Datenblättern der LEDs genannte Wert.

Aber wird denn überhaupt soviel Licht benötigt? Erfahrene Aquarianer wissen es schon lange: wenn ein gutes Wuchsklima vorhanden ist, kommen die Pflanzen mit erstaunlich wenig Licht aus. Ich habe einmal ein 500-Liter-Aquarium gesehen, das nur mit einer 58-Watt-Leuchtstofflampe bestückt war, also nur 0,12 Watt pro Liter. Dennoch zeigte sich ein prächtiger Pflanzenwuchs. Auch landläufig als lichthungrig eingestufte Arten wuchsen dort vorzüglich.

Bei der LED-Beleuchtung gibt es die einzigartige Möglichkeit, durch Bündelung des Lichtes mittels Linsen eine hohe Beleuchtungsstärke auf einer kleinen Fläche zu erzeugen. Dadurch entstehen eng begrenzte Starklichtzonen, unter denen lichthungrige Pflanzen gut gedeihen, wenn man sie dort hin pflanzt. In den übrigen Beckenbereichen ist die Beleuchtungsstärke geringer, dort kann man weniger lichthungrige Arten pflegen.

Ein nach diesen Prinzipien funktionierendes Aquarium hatte ich bereits vor einigen Jahren mit kompakten Metallhalogendampf-Reflektorlampen gestaltet (siehe DATZ 5/2011). Nun habe ich dieses Aquarium auf LED-Strahler umgerüstet. Das 480-Liter-Aquarium wird mit 5 LED-Strahlern zu je 9 Watt und Linsen mit 25° Abstrahlwinkel beleuchtet. Damit ergibt sich ein Beleuchtungsfaktor von 0,09 Watt/Liter. Direkt unter den Strahlern wachsen lichtbedürftige Pflanzen sehr gut, in den Schattenzonen daneben die weniger lichtbedürftigen Arten (siehe Foto).

### **LED-Licht und Pflanzenwachstum**

Wie gut Aquarienpflanzen unter LED-Beleuchtung wachsen war lange Zeit ein heiß diskutiertes Thema. Je nachdem, ob diese Frage durch Befürworter oder Gegner der LED-Beleuchtung beantwortet wurde, welche Technik zum Einsatz kam und welche Beleuchtungssituation bewertet wurde fielen die Antworten darauf positiv oder negativ aus.

Heute hat sich in Aquarianerkreisen die Erkenntnis durchgesetzt, dass Wasserpflanzen unter LED-Licht gut wachsen. Man muss den Pflanzen nach einer Umstellung von herkömmlichen Licht auf LED-Licht nur genügend Zeit lassen, sich an das neue Licht zu gewöhnen. Das kann manchmal schnell gehen, manchmal aber auch einige Wochen oder Monate dauern. Viele Pflanzen treiben nach der Lichtumstellung neue Blätter aus. Die Form und Farbe der Blätter verändern sich dabei mehr oder weniger.

Inwieweit das Pflanzenwachstum grundsätzlich durch das Lichtspektrum der Aquarienlampen beeinflusst wird ist ein in Aquarianerkreisen seit vielen Jahren konträr diskutiertes Thema. Meine Erfahrungen dazu sind diese. Ich bin seit über 50 Jahren Aquarianer und habe in dieser Zeit alle gängigen Lampentypen eingesetzt, anfangs Glühlampen, später alle Entwicklungsstufen von Leuchtstofflampen sowie Halogen-Metaldampflampen. Auch habe ich immer die verschiedenen Tageslicht-, Neutralweiss- und Warmtonfarben ausprobiert und auch miteinander kombiniert. Seit einem Jahr nun beleuchten auch LED-Lampen mein Aquarium. Das Fazit nach 50 Jahren lautet: einen signifikanten Unterschied im Pflanzenwachstum bei unterschiedlichen Lampenarten und Lichtspektren konnte ich niemals feststellen. Meine Empfehlung ist, sich für die Lichtfarbe zu entscheiden, die einem optisch zusagt und dann keine größeren Veränderungen mehr vorzunehmen, weil sich die Pflanzen bei der Lichtfarbe am besten entwickeln, bei der sie von klein an gewachsen sind. Diese Aussage gilt für Süßwasseraquarien, für Meerwasseraquarien kann ich keine Aussage treffen.

Auch gewöhnt sich das Auge mit der Zeit an ein bestimmtes Licht und man findet es zunehmend normal. Wenn einem das Licht einer neuen Lampe anfangs nicht zusagt, so kann sich das nach einer gewissen Zeit ändern. Das sollten die Kritiker bedenken, die die Lichtfarbe neuer Lampen zunächst manchmal kategorisch ablehnen.

### **Heiz- und Kühlprobleme bei LEDs**

Jeder weiß, dass die Sonne sowohl Licht- als auch Wärmestrahlung auf die Erde schickt, wodurch Leben überhaupt erst möglich ist. Eine Kombination von Licht- und Wärmestrahlung wird auch durch

Glühlampen abgegeben. Jeder kann das spüren, wenn er die Hand unter eine eingeschaltene Glühlampe hält. Hält man die Hand z.B. unter eine Leuchtstofflampe, wird man auch Wärme spüren, jedoch deutlich weniger. Diese Wärmestrahlung der Lampen trägt auch zur Beheizung des Aquariengewässers bei.

Unter einer LED dagegen wird man keine Wärme spüren. Das heißt nicht, dass LEDs keine Wärme erzeugen. Sie erzeugen eine ähnlich große Wärmemenge wie herkömmliche Entladungslampen, nur wird die Wärme nicht in die Richtung des Lichtstromes abgegeben, sondern über die Platine abgeleitet. Das heißt, LEDs heizen das Aquariengewässer nicht auf. Bei der Umstellung von herkömmlicher Aquarienbeleuchtung auf LED-Beleuchtung muss der Heizstab die fehlende Strahlungsheizung ersetzen. Diese Aussage gilt für Aquarien, für die eine Beheizung erforderlich ist. Zumindest im Winterhalbjahr dürfte das aber bei den meisten Aquarien der Fall sein. An tropischen Sommertagen dagegen kann die fehlende Wärmestrahlung der LED-Lampen sogar von Vorteil sein, weil damit eine zu starke Erwärmung des Wassers vermieden wird und eventuell sogar auf sonst nötige Wasserkühlgeräte verzichtet werden kann.

Die über die Platine abgegebene Wärme der LEDs muss natürlich auch abgeleitet werden. Dazu dienen Kühlkörper oder Kühlbleche. Deren Dimensionierung und Gestaltung ist von außerordentlicher Bedeutung, da bei nicht ausreichender Kühlung die Lichtausbeute und die Lebensdauer der LEDs stark beeinträchtigt wird.

### **Wärmerückgewinnung**

Die Wärme, die von den Kühlkörpern der LED-Beleuchtung aufgenommen wird, kann auch zurückgewonnen und zur Beheizung des Aquariums verwendet werden. Dazu werden Kühlkörper mit einem Hohlprofil eingesetzt, durch das mittels eines Pumpenkreislaufes Aquariengewässer gepumpt wird. Dieses wird dadurch erwärmt und entlastet die Aquarienheizung. Die dazu erforderliche Pumpe verursacht allerdings einen zusätzlichen Stromverbrauch. Doch auch dieser kann mit zur Beheizung beitragen, sofern diese Pumpe unter Wasser angebracht wird. Das Pumpengehäuse gibt dann die Pumpenwärme an das Wasser ab. Solche Wärmerückgewinnungssysteme gibt es serienmäßig zu kaufen. Ein handwerklich begabter Aquarianer kann sich das auch selbst zusammenbasteln.

Zum Thema Wärmerückgewinnung bei der LED-Beleuchtung schwirrt mir schon lange eine weitere Idee im Kopf herum, die ich jedoch noch nicht testen konnte. Der Grundgedanke ist, ein Kühlblech für eine LED-Beleuchtung so zu konstruieren, dass es eine Innenwölbung erhält, die in Richtung des Aquariums zeigt. Der Kühlkörper könnte dann, ebenso wie die Reflektoren bei Leuchtstofflampen oder Halogen-Metaldampflampen, Wärme in Richtung Aquarium abstrahlen und so mit zur Beheizung beitragen. Ob das funktioniert und wieviel Wärme damit zurückgewonnen werden kann könnte durch einen Versuch festgestellt werden. Vielleicht ist das eine Anregung für Bastler, so etwas einmal zu testen.

### **Werbeversprechen kritisch betrachten**

Hersteller und Anbieter von LED-Beleuchtungen versuchen alles, den Aquarianern ihre preisintensiven Lampen und Leuchten zu verkaufen. Leider geht es dabei nicht immer seriös zu.

So findet man in Werbeanzeigen und im Internet immer wieder Angebote, bei denen nur der Preis, nicht aber die Leistungsaufnahme und die Lumenzahl der Lampen angegeben wird. Damit kauft man die Katze im Sack. Ein seriöser Anbieter wird immer zumindest die Wattzahl angeben.

Einige Anbieter geben für ihre Lampen und Leuchten den Lichtstrom der LED-Chips an. Dieser meist hohe Wert wird dann bei den Endprodukten nicht erreicht. Durch die Art der Bestromung, Kühlung, Lichtfarbe und dem Konstruktionsaufbau erzeugt die fertige Lampe oder Leuchte immer einen deutlich geringeren Lichtstrom als die LED-Chips.

Manche Anbieter von LED-Beleuchtungen führen Vergleiche durch, um die Vorteile ihrer Produkte herauszustellen. Dabei wird manches miteinander verglichen, was eigentlich nicht vergleichbar ist. Ich habe einmal einen Bericht gelesen, bei dem ein Händler eine Leuchte mit einer speziellen, wenig effizienten Leuchtstofflampe mit einer Lichtausbeute von 55 Lumen/Watt mit einer LED-Beleuchtung von 90 Lumen/Watt miteinander verglichen hat. Klar, dass die LED-Beleuchtung als Sieger hervorging und für den Kauf empfohlen wurde. Hätte man den Vergleich aber mit einer effizienten handelsüblichen Leuchtstofflampe mit einer Lichtausbeute von 100 Lumen/Watt durchgeführt, wäre der Vorteil der LED-Beleuchtung nicht darstellbar gewesen. Doch eine Leuchte mit einer Leuchtstofflampe wollte der Händler ja nicht verkaufen.

## Lohnt sich der Umstieg?

LED-Beleuchtung ist deutlich preisintensiver als herkömmliche Lichtsysteme. Hier jedoch konkrete Zahlen zu nennen verbietet sich durch die Vielfalt der angebotenen Anlagen. Zu groß ist die Preisspanne, die unterschiedliche Qualität und Ausstattung der Beleuchtungssysteme.

Allgemein kann man sagen, dass eine kurze Amortisation der LED-Beleuchtung dann nicht zu erreichen ist, wenn das Aquarium nach der Umrüstung mit einer ähnlich großen Beleuchtungsstärke ausgeleuchtet wird wie zuvor. Nimmt man eine deutliche Reduzierung der Beleuchtungsstärke in Kauf, ist durch den dann geringeren Stromverbrauch eine Amortisation eher zu erzielen.

Für die Wirtschaftlichkeit ist auch eine Betrachtung der Gesamtbilanz des Systems Aquarium von Bedeutung, d.h. der Einfluss der LED-Technik auf andere Stromverbraucher im Aquarium. Durch die fehlende Wärmestrahlung der LED-Lampen ist bei den meisten Aquarien eine höhere Heizleistung erforderlich, wodurch sich der Gesamtstromverbrauch des Aquariums erhöht. Die Amortisationszeit verlängert sich damit.

Eine vorhandene Beleuchtung, die schon relativ effizient ist und vielleicht auch schon mit elektronischen Vorschaltgeräten (EVG) ausgestattet ist und die das Aquarium zufriedenstellend ausleuchtet, auf LED-Technik umzustellen ist eigentlich nicht anzuraten. Bei einer Neuanschaffung oder beim Ersatz einer defekten Altanlage auf LED-Technik umzusteigen ist dagegen schon zu empfehlen. Dabei sollten Markenprodukte zum Einsatz kommen.

Einige Händler versprechen eine Lebensdauer der LED-Lampen von bis zu 50000 Stunden. Das sind fast sechs Jahre Brennzeit rund um die Uhr. Keine der heute angebotenen Lampen konnte jemals so lange leuchten. Sollte die Lebensdauer tatsächlich so lang sein, könnte das für die Hersteller ein Fiasco bedeuten. Nach einer gewissen Marktsättigung würde deren Umsatz zurückgehen. Doch das wird nicht eintreten. Die LED-Technik entwickelt sich rasant weiter. Es werden immer bessere und effizientere Produkte angeboten und die will der Kunde auch haben. Das hat zur Folge, dass viele der LED-Lampen, die heute mit einer Lebensdauer von 50000 Stunden beworben werden tatsächlich nicht länger im Einsatz sein werden wie herkömmliche Lampen, also vielleicht 10000 bis 15000 Stunden. Aber nicht, weil sie dann defekt sind, sondern weil es dann am Markt besseres gibt, das dann natürlich auch wieder seinen Preis hat. Jeder Aquarianer sollte für sich entscheiden, ob er so einen Weg mitgehen will oder doch lieber wartet, bis am Markt noch ausgereifere Produkte angeboten werden. Auch herkömmliche Beleuchtungssysteme, insbesondere die Leuchtstofflampentechnik, wird stetig weiterentwickelt. Damit wird deren Effizienz und Lebensdauer weiter steigen. U.a. wird das dadurch erreicht, dass Vorschaltgeräte gleich mit in die Röhre integriert werden. Diese Beleuchtungsart wird deshalb auch in Zukunft eine interessante Alternative zur LED-Technik bleiben.



Ausschnitt aus einem 480-Liter-Aquarium, das mit 5 LED-Strahlern zu je 9 Watt und 25°-Linsen beleuchtet wird. Unter den Strahlern wachsen lichtbedürftige Pflanzen wie *Proserpinaca palustris*, *Hygrophila difformis*, *Cabomba aquatica* und *Limnophila aquatica* (nicht im Bild). Der Beleuchtungsfaktor beträgt nur 0,09 Watt/Liter. Das Pflanzenwachstum ist dennoch ausgezeichnet.