

Wie gesund sind Glühlampen?

Steffen Franke

Dieser Beitrag soll mit Fakten und klaren Aussagen Licht in das Dunkel der aktuellen Diskussion um die befürchteten gesundheitsschädigenden Wirkungen moderner Kompaktleuchtstofflampen bringen. Die eindeutig richtigen aber auch die eindeutig falschen Aussagen sollen benannt werden und es sollen die Themen aufgezeigt werden, bei denen tatsächlich Diskussionsbedarf besteht.

Das geplante Verbot von Glühlampen in den Staaten der Europäischen Union hat die Kritiker der Leuchtstofflampen auf den Plan gerufen, die sich gleichzeitig als Retter der Glühlampen und der Gesundheit der Bevölkerung inszenieren. Lauter und öfter als zuvor hört man von den möglichen gesundheitsschädigenden Wirkungen moderner Kompaktleuchtstofflampen und von den guten alten Werten traditioneller Glühlampen. Dabei wird in verschiedenen Medien die Sachlage falsch wiedergeben und rich-

Dr. Steffen Franke, Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Greifswald

1 Spektren Planck'scher Strahler für verschiedene Temperaturen (links) und Integration im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 500 nm (rechts). Die Blau-Emission fällt zu niedrigeren Temperaturen hin drastisch ab.

tige Feststellungen werden in einem Kontext präsentiert, der ihren Inhalt verzerrt und zu irrigen Schlussfolgerungen führt. Beispiele für Beiträge mit irreführenden oder falschen Aussagen sind der Artikel in der Zeitschrift Öko-Test »Energiesparlampen. Keine Leuchten« vom Oktober 2008 [1] sowie die Sendung »Report München« der ARD im Januar 2009 [2]. Vor allem die Frage nach dem Blauanteil des Lichts von Kompaktleuchtstofflampen erregt die Gemüter und wird sehr unterschiedlich beantwortet.

1 Wie natürlich ist künstliches Licht?

Im Beitrag von Alexander Wunsch [3] wird die Schlussfolgerung nahegelegt, dass es sich bei dem Licht der Glühlampe um natürliches Licht handelt. Argumentation: Die natürlichen Lichtquellen Sonne und Feuer haben annähernd das Spektrum eines Planck'schen Strahlers. Da das Glühlampenlicht nahezu das Spektrum eines Planck'schen Strahlers aufweist, handelt es sich um natürliches Licht. Das ist natürlich falsch! Die Glühlampe hat zwar das Spektrum eines Planck'schen Strahlers. Seine Farbtemperatur liegt aber bei circa 2700 K, während die Farbtemperatur der Sonne bei etwa 5500 K liegt und die des Feuers bei circa 1500 K.

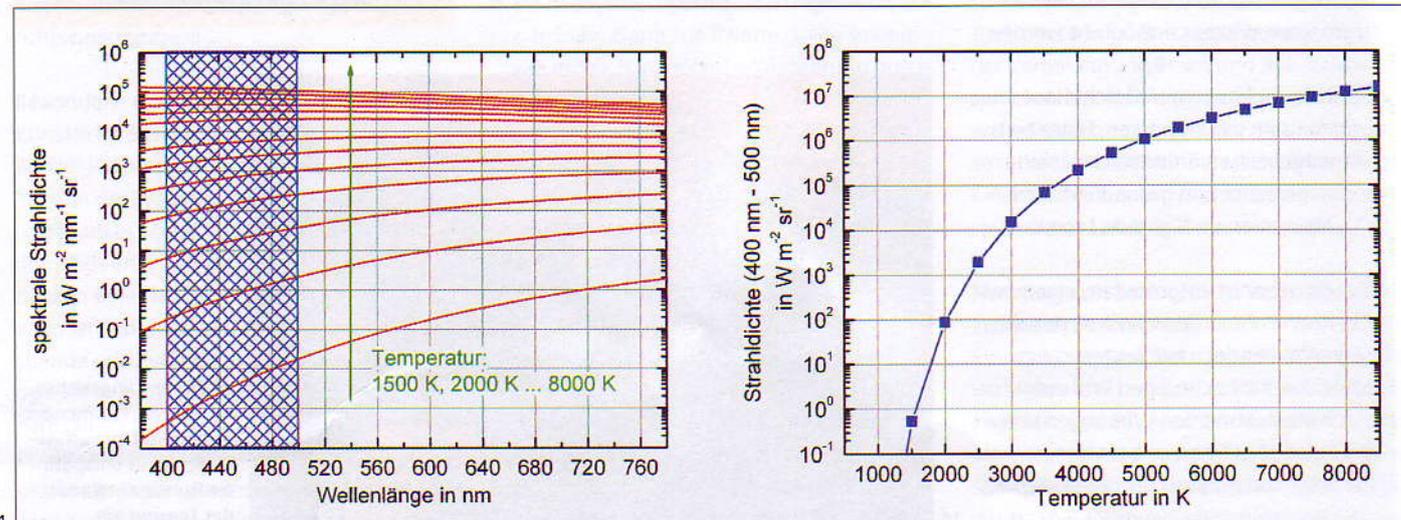
Die Glühlampe ist eine künstliche Lichtquelle und emittiert ein künstliches Licht. Wo bitte brannte in den letzten tausenden Jahren eine Glühlampe? Es wird auch niemand behaupten, das menschliche Auge hätte sich evolutionsgeschichtlich an die Glühlampe

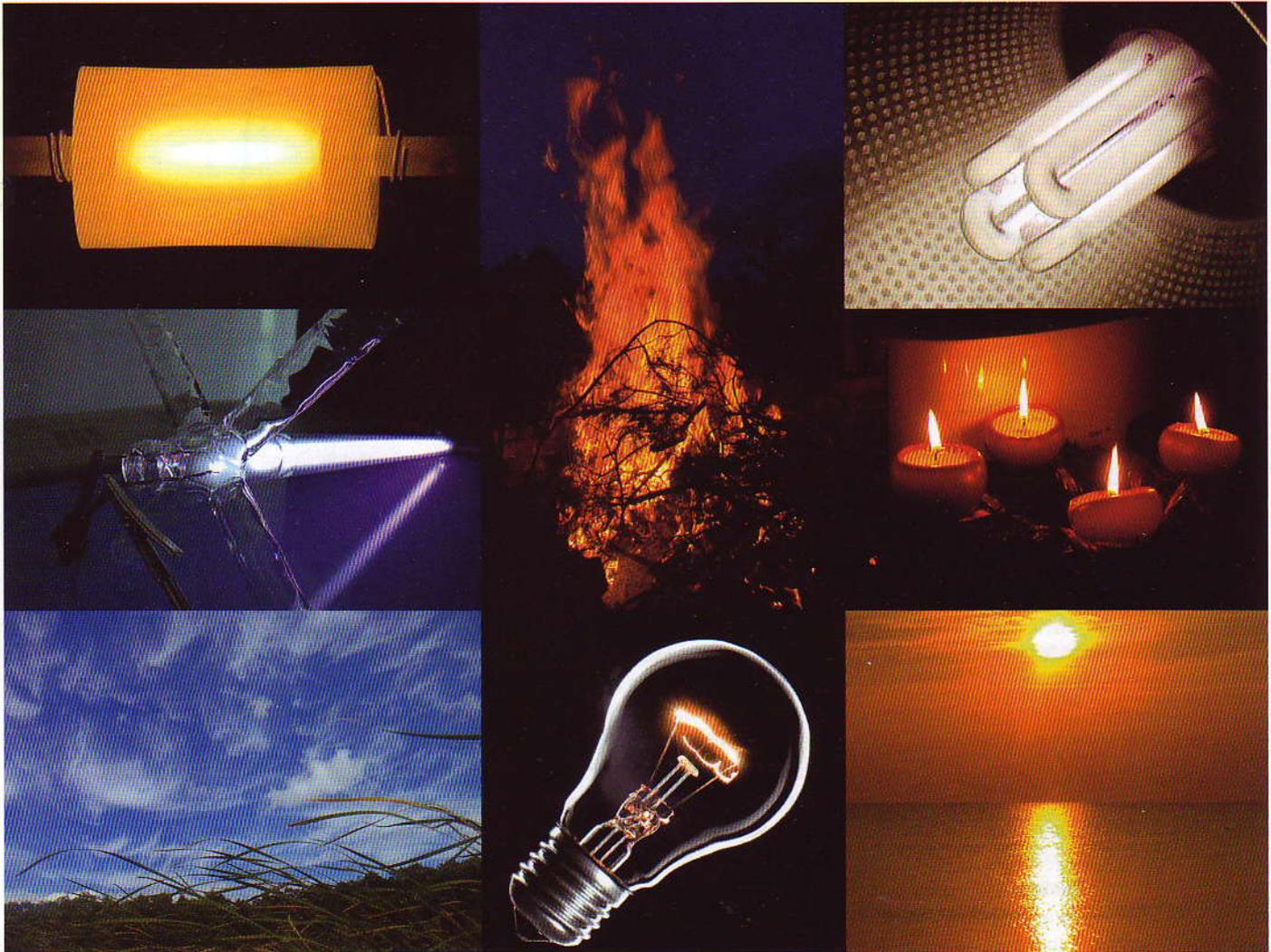
angepasst. Wenn sich das Auge an natürliche Lichtquellen angepasst hat, dann an die Sonne oder an das Feuer.

Ein Planck'scher Strahler gibt bei 2700 K übrigens 10 000-mal mehr Energie im blauen Spektralbereich (zwischen 400 und 500 nm) des sichtbaren Lichts ab als ein Planck'scher Strahler bei 1500 K und nur knapp 1000-mal weniger Energie in diesem Spektralbereich als ein Planck'scher Strahler bei 5500 K. Das heißt, wenn man die Spektren bezüglich ihres Blauanteils unterscheiden will, dann lässt sich das Glühlampenlicht ebenso wenig mit dem Licht der Sonne wie mit dem Licht der Kerze vergleichen. Das lässt sich durch Anwendung der Planck'schen Strahlungsformel leicht nachrechnen (siehe Abbildung 1).

Darüber hinaus haben die Industrialisierung und die Verfügbarkeit von künstlichen Lichtquellen, wie z. B. der Glühlampe, erst zu einer Reihe von Zivilisationskrankheiten, wie z. B. der Rachitis, geführt. Selbst wenn man sich der oben genannten Definition von natürlichem Licht anschließen wollte, wäre damit noch lange nicht der Beweis erbracht, dass Licht mit der spektralen Verteilung eines Planck'schen Strahlers gesund ist.

Fazit: Eine Glühlampe ist nicht gesünder als eine Kompaktleuchtstofflampe, nur weil sie das Spektrum eines Planck'schen Strahlers hat.





2 Wie gesund ist künstliches Licht?

Licht ist natürlich eine Voraussetzung für das Leben auf der Erde. Aber natürliches Licht ist nicht in jedem Fall gesund und künstliches Licht ist nicht grundsätzlich ungesund. Man kann sich mit natürlichem Licht ebenso Haut und Augen verbrennen wie mit künstlichem Licht und biologische Rhythmen können mit modernem, künstlichem Licht ebenso aufrecht erhalten werden wie mit natürlichem Licht. In beiden Fällen kommt es auf die richtige Dosierung an. In den meisten Fällen ist sogar zu sagen, dass Licht überwiegend eine unterstützende Funktion hat. Licht ist ein Faktor von vielen, der Einfluss auf das gesundheitliche Allgemeinbefinden nimmt. Schlechtes Licht kann Kreislauferkrankungen unterstützen, aber gutes Licht allein kann eine Kreislauferkrankung nicht verhindern. Falsch angewendetes Licht kann biologische Rhythmen stören, aber selbst richtig angewendetes Licht kann Menschen nicht zwingen, in ihrem Lebenswandel einem gesunden Rhythmus zu folgen. Es ist eine Schwäche unserer Zivilisation, dass wir uns dem natürlichen Rhythmus von Tag und Nacht, dem Rhythmus von Arbeitstag und Feiertag, aber auch dem Rhythmus der Jahreszeiten

widersetzen. Das ist uns unter anderem durch die Einführung von künstlichen Lichtquellen erst ermöglicht worden, aber weder Glühlampe noch Leuchtstofflampe tragen die Verantwortung dafür.

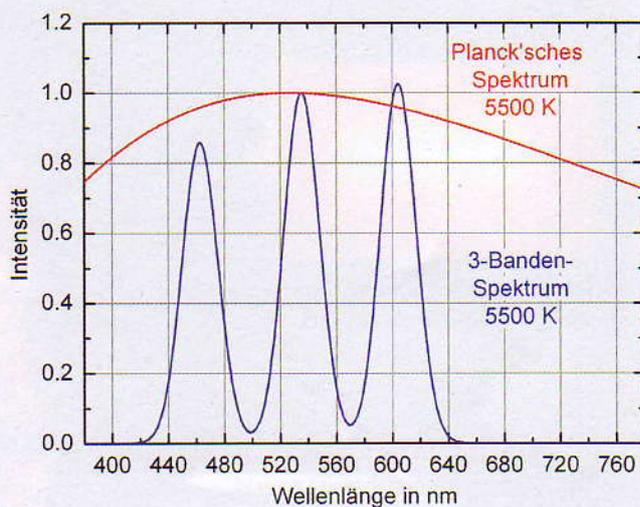
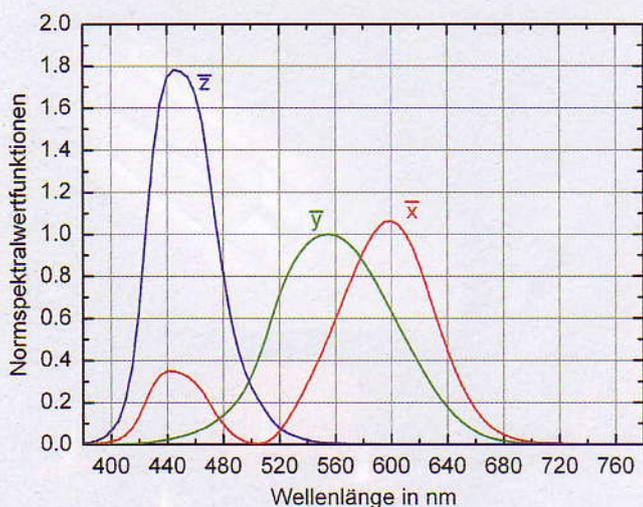
Darüber hinaus gibt es je nach geografischer Region physiologische und kulturelle Unterschiede. Winterdepression ist eine Erscheinung, die in skandinavischen Ländern häufiger anzutreffen ist als in Südeuropa. Ursache ist nicht künstliches Licht, sondern die jahreszeitliche Schwankung im natürlichen Lichteinfall. Zu den kulturellen Unterschieden gehört, dass Kompaktleuchtstofflampen mit einer höheren Farbtemperatur in südeuropäischen und asiatischen Ländern eine höhere Akzeptanz erfahren als in Mittel und Nordeuropa. Kühles Licht scheint in wärmeren Regionen ebenso Wohlbefinden auszulösen wie warmes Licht in kälteren Regionen unserer Erde. Wer also mehr erfahren möchte über die Wirkung von Lampen mit tagelichtweißer Lichtfarbe, sollte bei seinen Untersuchungen auch die entsprechenden Regionen einbeziehen. Er wird möglicherweise feststellen, dass Lebensweise und soziales Umfeld für das Wohlbefinden wich-

2 Licht ist lebensnotwendig. Aber natürliches Licht wie auch künstliches Licht bergen ein gesundheitsschädliches Potenzial. Es kommt auf die richtige Dosierung an.

tiger sind als die Farbtemperatur der Haushaltslampen.

Fazit: Licht ist lebenswichtig. Aber natürliches Licht wie auch künstliches Licht bergen ein gesundheitsschädliches Potenzial. Es kommt auf die richtige Dosierung an.

Dennoch ist die Sonne der Glühlampe überlegen. Das natürliche Licht kann nicht in jedem Fall durch künstliches Licht ersetzt werden. Die Leuchtstofflampe ersetzt keinen Spaziergang unter freiem Himmel und die Glühlampe ist kein Freibrief für Stubenhocker. Trotzdem ist es wichtig und richtig, nach dem bestmöglichen Spektrum zu fragen und danach, welchen Kriterien dieses Spektrum genügen muss.



3 Normspektralwertfunktionen geben im Wesentlichen die Wirkung der farbmpfindlichen Rezeptoren im menschlichen Auge für die Farbwahrnehmung wieder (links). Mit drei 30 nm breiten Banden, im richtigen Verhältnis an der richtigen Stelle im Spektrum platziert, können die meisten Farben sehr gut wiedergegeben werden – nicht ganz so gut wie mit einem Planck'schen Spektrum derselben Farbtemperatur (rechts).

3 Was ist das beste Spektrum?

Für die meisten Lampen in der Allgemeinbeleuchtung wird eine sehr gute, d. h. möglichst naturgetreue, Wiedergabe von Körperfarben gefordert. Durch visuelle Tests ist erwiesen, dass für eine sehr gute Wiedergabe von Farben kein Planck'sches Spektrum vorliegen muss. Untersuchungen Anfang des letzten Jahrhunderts führten 1931 zur Festlegung des farbmetrischen Normalbeobachters (DIN 5033, CIE 15:2004) und zu der bis heute gültigen Definition der Farbwiedergabe. Grundlage der Farbmetrik [4] sind die Normspektralwertfunktionen, die im Wesentlichen die Wirkung der farbmpfindlichen Rezeptoren im menschlichen Auge für die Farbwahrnehmung wiedergeben. Die meisten in unserer Umwelt vorkommenden Farben reflektieren nun das Licht recht kontinuierlich über weite Spektralbereiche. Daher genügt es, Licht in ausgewählten Spektralbereichen bereitzustellen, um die meisten Farben gut unterscheiden und naturgetreu wiedergeben zu können.

Fazit: Das menschliche Auge braucht kein Planck'sches Spektrum, um Farben gut zu erkennen.

Diese Eigenschaft des menschlichen Auges bietet für die Entwicklung von künstlichen Lichtquellen einen enormen Vorteil. Sie

erlaubt nämlich die Frage: Wie muss ein Spektrum aussehen, bei dem möglichst wenig Energie aufgewendet wird und trotzdem die Farben sehr gut wiedergegeben werden? Ein Beispiel dafür ist in Abbildung 3 gegeben. Drei spektrale Banden mit jeweils 30 nm Breite im richtigen Verhältnis zueinander und an der richtigen Stelle im Spektrum platziert, können die meisten Farben sehr gut wiedergeben (Farbwiedergabeindex $R_a=80$). Das ist zwar nicht ganz so gut wie mit einem Planck'schen Strahler derselben Farbtemperatur (Farbwiedergabeindex $R_a=98$), aber für eine sehr gute Farbwahrnehmung ausreichend. Darüber hinaus muss bei gleicher Helligkeit für das 3-Banden-Spektrum nur etwa die Hälfte der Energie eines Planck'schen Strahlers aufgebracht werden, weil die Energie nur in bestimmte schmale Wellenlängenbereiche investiert wird [5].

Bei der Entwicklung von Lampen muss neben den Betrachtungen zur visuellen Wirkung von Licht natürlich auch seine nicht-visuelle, physiologische Wirkung berücksichtigt werden. Was diesbezüglich an gesicherten Erkenntnissen vorhanden ist, wird in die Normung und Entwicklung von Lampen eingehen, siehe zum Beispiel DIN EN 62471: 2007 bzw. IEC 62471:2006. Selbstverständlich sollte das Spektrum keine gesundheitschädigenden Nebenwirkungen haben. Da UV-Licht für den Sehvorgang nicht notwendig ist, aber bei zu hoher Dosierung das Auge schädigen kann, wird es in Lampen für die Allgemeinbeleuchtung beispielsweise durch UV-absorbierende Glaskolben unterdrückt. Das muss nicht immer ein Vorteil sein, denn das natürliche Licht der Sonne enthält UV-Anteile, die für den menschlichen Organismus wichtig sind. Zum Beispiel ist für die Vitamin-D-Produktion in der Haut der Spektralbereich um 300 nm von Bedeutung.

4 Wie viel Blau ist gesund?

Eine der Hauptkritiken an den Leuchtstofflampen besteht darin, dass sie mehr blaue Anteile im Licht enthalten sollen als Glühlampen. Das ist falsch! Richtig ist, dass im Gegensatz zur Glühlampe die Farbtemperatur und der Blauanteil im Spektrum von Leuchtstofflampen sehr variabel eingestellt werden kann, da das abgestrahlte Licht durch die verwendete Mischung der Leuchtstoffe bestimmt wird. Doch wie schon Klaus Stolzenberg in seinem Artikel [6] ausgeführt hat, emittiert eine Leuchtstofflampe mit einer warmweißen Lichtfarbe (Farbtemperatur von 2700 K) nicht mehr blaues Licht als eine Glühlampe. Solche Kompaktleuchtstofflampen werden am weitesten häufigsten im Handel angeboten und für die Beleuchtung von Wohnräumen verwendet. Diese Tatsache kann nicht genug betont werden.

Fazit: Leuchtstofflampen mit einer warmweißen Lichtfarbe senden nicht mehr blaues Licht aus als Glühlampen!

Falsch ist auch, wenn behauptet wird: Blaues Licht sei grundsätzlich schädlich und zu vermeiden. Richtig ist: Blaues Licht ist notwendig für das Farbsehen sowie für physiologische Vorgänge im menschlichen Körper. Die Frage nach dem Schädigungspotenzial ist lediglich eine Frage der Dosis und nur in Grenzfällen ist zwischen der positiven und der negativen Wirkung des Lichts ein Kompromiss zu suchen. Diese beiden Aspekte sind so missverständlich in der Öffentlichkeit diskutiert worden, dass sie an dieser Stelle ausführlicher dargestellt werden.

Fazit: Blaues Licht ist notwendig für das Farbsehen sowie für physiologische Vorgänge im menschlichen Körper.

4.1 Wie viel Blau enthält ein Spektrum?

Gelegentlich wird der Eindruck erweckt, Quecksilber sei die Wurzel allen Übels und insbesondere die im Spektrum von Leuchtstofflampen hervortretenden Spektrallinien des Quecksilbers seien besonders schädlich. Das ist nicht richtig. Egal, ob ein Spektrum aus einer einzigen, 1 nm schmalen Linie besteht, die einen Intensitätswert von 100 aufweist, oder ob das Spektrum aus einem 100 nm breiten Kontinuum besteht, das einen Intensitätswert von 1 besitzt – in beiden Fällen steckt genau dieselbe Energie im Spektrum.

Hinzu kommt, dass die Absorption von blauem Licht spektral selektiv stattfindet. Deshalb ist es auch mathematisch korrekt, physikalisch sinnvoll und medizinisch gerechtfertigt, spektrale Bereiche eines Spektrums mit einer spektralen Wirkungsfunktion zu wichten und zu integrieren. Der Rezeptor im Auge registriert nur den spektral integrierten Energieeintrag nicht die einzelne Wellenlänge. Schließlich wird man nur Spektren von Lampen mit gleicher Helligkeit vergleichen. Durch eine gewichtete Integration über das Spektrum können Wirkungs-faktoren ermittelt werden, die als ein vergleichbares Maß für verschiedene Lichtquellen nutzbar sind. In Formeln ausgedrückt, ergibt sich das relative Wirkungspotenzial oder der Wirkungs-faktor a_w als

$$a_w = \frac{\int S_\lambda W(\lambda) d\lambda}{\int S_\lambda V(\lambda) d\lambda}$$

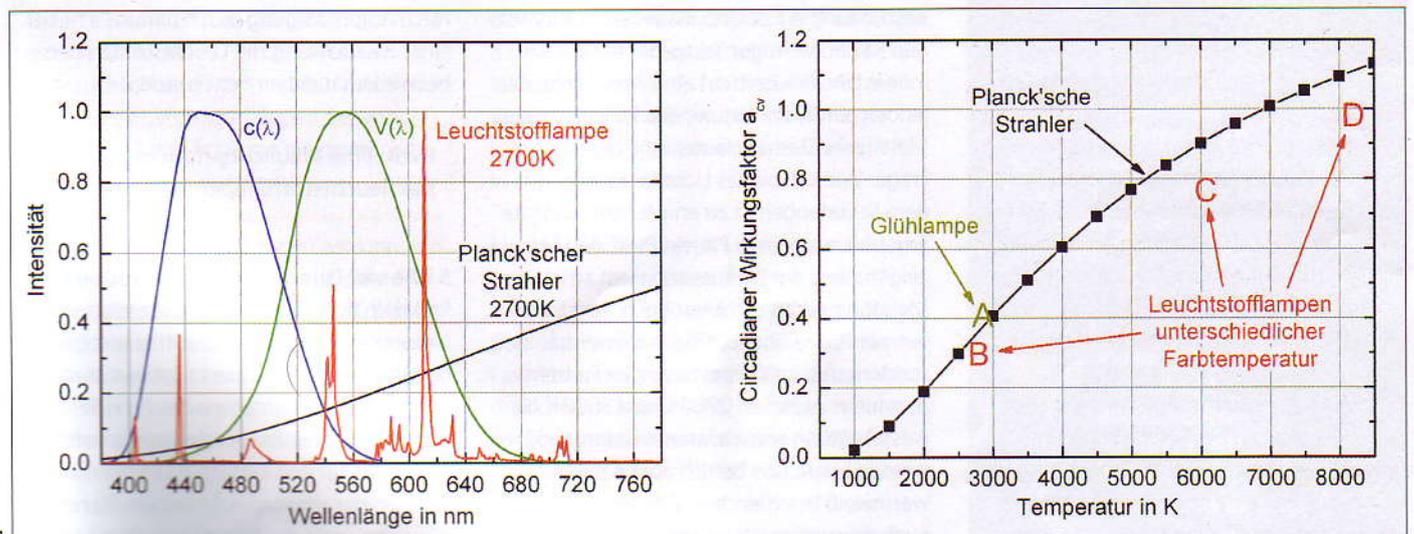
mit der spektralen Wirkungsfunktion $W(\lambda)$, der Augenempfindlichkeit $V(\lambda)$ und dem Spektrum S_λ . Spektrale Wirkungsfunktionen liegen vor als UV-Wirkungsfunktion, Blaulichtgefahr-Wirkungsfunktion, Verbrennungs-gefahr-Wirkungsfunktion (DIN EN 62471: 2007, IEC 62471:2006) oder circadiane Wirkungsfunktion [7–9]. Die ersten drei Wirkungs-funktionen dienen im Wesentlichen zur Abschätzung von Schäden durch UV-Licht und Blau-Licht. Die circadiane Wirkungsfunktion beschreibt die Empfindlichkeit des Rezeptors im Auge, der mit unserer inneren biologischen Uhr verbunden ist.

Abbildung 4 zeigt den spektralen Verlauf der circadianen Wirkungsfunktion und der Augenempfindlichkeit. Mit diesen Daten lässt sich für verschiedene Spektren der circadiane Wirkungs-faktor a_{cv} berechnen. In gleicher Weise ließe sich mit der Blaulicht-gefahr-Wirkungsfunktion ein entsprechen-der Wirkungs-faktor für die photochemische Netzhautschädigung berechnen. Die Bei-spiele in Abbildung 4 zeigen noch einmal: **Spektren von Leuchtstofflampen enthal-ten nicht mehr blaues Licht als Spektren von Planck'schen Strahlern.** Aber mit Leuchtstofflampen – und das zeichnet sie gegenüber Glühlampen aus – können proble-mlos Farbtemperaturen in einem weiten Bereich zwischen 2000 und 20000 K einge-stellt werden. Darüber hinaus wandeln sie elektrische Leistung 5-mal effizienter in Licht um als Glühlampen. Es ist übrigens bereits

heute technisch möglich, durch Einsatz von Leuchtstofflampen mit verschiedenen Far-ben oder Farbtemperaturen nahezu stufen-los einen tageslichtähnlichen Verlauf der Beleuchtung einzustellen und damit unter-schiedliche circadiane Wirkungspotenziale zu erreichen. Damit können in Räumen ver-schiedene Tageslichtphasen realisiert werden.

Gegenwärtig wird erforscht, wo besonders hohe oder besonders niedrige Blauanteile im Spektrum für die Innenraumbeleuchtung sinnvoll sind. Wie wirken sich zum Beispiel hohe Beleuchtungsstärken oder Spektren mit höheren Blauanteilen auf das Einschlaf-verhalten in der häuslichen Umgebung aus? Kann der Heilungsprozess von Intensiv-patienten unterstützt werden, indem eine dynamische künstliche Beleuchtung ihren circadianen Rhythmus unterstützt? Welche Beleuchtungssituation sollte in Altenheimen realisiert werden, um älteren Menschen, die auf blaues Licht anders reagieren als jüngere

4 Vergleich des spektralen Verlaufs der circadianen Wirkungsfunktion und der Augenempfindlichkeit sowie des Spektrums eines Planck'schen Strahlers und einer Leuchtstofflampe mit 2700 K Farbtemperatur (links). Der circadiane Wirkungs-faktor von Planck'schen Strahlern nimmt mit der Temperatur zu. Leuchtstofflam-pen haben keinen höheren circadianen Wirkungs-faktor als Planck'sche Strahler (rechts).



Menschen, z.B. bei Einschlafproblemen zu helfen? Was gilt für bettlägerige alte Menschen?

Für all diese Themenbereiche stellt sich die Frage nach einer angemessenen Dosis blauen Lichts.

4.2 Wie viel Blau ist sinnvoll?

Das relative biologische Wirkungspotenzial beschreibt die unterschiedliche Wirkung von Spektren bei derselben Helligkeit. Die wirksame Dosis ergibt sich erst, wenn außerdem die Beleuchtungsstärke und die Beleuchtungsdauer angegeben werden. Aus diesen Gründen ist weder die abgestrahlte Leistung eines Planck'schen Strahlers die entscheidende Größe, wie in Abbildung 1 diskutiert, noch ist die Angabe eines circadianen Wirkungsfaktors ausreichend, wie in Abbildung 4 diskutiert. Darauf hat auch Dieter Lang in einem Leserbrief an das Licht-Journal bereits hingewiesen [10].

Die wirksame Dosis ist das Produkt aus der wirksamen Bestrahlungsstärke E_w und der Expositionsdauer t . Die wirksame Bestrahlungsstärke ergibt sich wiederum aus der Integration über das Spektrum und eine spektrale Wirkungsfunktion. Damit lässt sich die Dosis etwas vereinfacht ausdrücken als:

$$E_w \cdot t = \int E_\lambda W(\lambda) d\lambda \cdot t$$

mit der spektralen Wirkungsfunktion $W(\lambda)$ und der spektralen Bestrahlungsstärke E_λ . Die Dosis lässt sich auch mit dem Wirkungsfaktor a_w ausdrücken:

$$E_w \cdot t = a_w \frac{E_v}{K_m} \cdot t$$

mit der Beleuchtungsstärke E_v und dem maximalen photometrischen Strahlungsäquivalent K_m . Um die wirksame Dosis von zwei Beleuchtungsszenarien zu vergleichen, ist es also zunächst ausreichend, die wirksamen Bestrahlungsstärken zu vergleichen.

Dazu ein Beispiel: Niemand wird annehmen, der Aufenthalt an der frischen Luft ohne übermäßige direkte Sonnenexposition sei ungesund. Der eine oder andere könnte aber erstaunt sein, zu erfahren, dass selbst

an sonnigen Wintertagen ohne Schnee und ohne direkte Sonneneinstrahlung Beleuchtungsstärken von 2000 lx problemlos erreicht werden und zwar bei Farbtemperaturen zwischen 6000 und 8000 K. Für Büroarbeitsstätten sind 500 bis 1000 lx vorgeschrieben. Dabei werden viele Büros von Leuchtstofflampen mit einer Farbtemperatur von 4200 K beleuchtet, die etwa 40 % weniger circadian wirksamen Blauanteil im Spektrum enthalten als das Tageslicht. Das bedeutet: **Solange wir uns an unserem Büroarbeitsplatz bei optimaler Beleuchtung aufhalten, erreicht uns nicht einmal halb soviel blaues Licht wie bei unserem Spaziergang zur Kantine über den Firmenhof.** Die Beleuchtungsniveaus in vielen Wohnungen liegen aber weit unter 500 lx. Dieses einfache Beispiel sollte schon genügen, die Unbedenklichkeit von Leuchtstofflampen bzgl. ihres Blauanteils im Spektrum zu belegen. Insbesondere ist mit Sicherheit keine Schädigung der Netzhaut zu erwarten, der die Blaulichtgefahr-Wirkungsfunktion zugrunde liegt.

Weitere Zahlenbeispiele können dem Beitrag von Dieter Lang [10] entnommen werden. Dort wird auch auf den Begriff der Leuchtdichte eingegangen, der bei der Beurteilung der Blaulicht-Wirkung eine wichtige Rolle spielt.

Die circadiane Wirkung ist übrigens ein Beispiel dafür, dass es nicht nur auf die Dosis sondern z. B. auch auf den Zeitpunkt der Bestrahlung ankommt. Blaues Licht am Morgen ist ein wichtiger Taktgeber für unsere innere Uhr. Blaues Licht am Abend behindert jedoch die Ausschüttung des Schlafhormons Melatonin. Deshalb lautet eine berechtigte Frage: Wie viel blaues Licht ist abends vor dem Schlafengehen zu empfehlen? Jüngste Ergebnisse aus dem Projekt PLACAR [11] zeigen, dass der Einfluss von Licht auf den Melatoninzyklus nicht nur bei hohen Farbtemperaturen über 5000 K nachweisbar ist, sondern dass selbst bei niedrigen Farbtemperaturen zwischen 2700 K und 3000 K die Ausschüttung von Melatonin unterdrückt werden kann. Das betrifft aber sowohl die warmweiß leuchtenden Glühlampen als auch die warmweiß leuchtenden Kompakt-

leuchtstofflampen. Deshalb nützt es nichts, die Spiegel-Wandleuchten von Leuchtstoff auf Glühlampen umzustellen. Es kommt nämlich nicht nur auf die Farbtemperatur sondern auch auf die Helligkeit der Beleuchtung am Abend an. Wer auf Nummer sicher gehen will, sollte sich die Zähne bei Kerzenlicht putzen. Damit hätte man gleichzeitig den Blauanteil und die Helligkeit des Lichts verringert. Für die Zukunft sind auch für den Hausgebrauch Beleuchtungslösungen vorstellbar, die morgens und tagsüber hohe Beleuchtungsstärken mit hohen Farbtemperaturen (hohen Blauanteil) verbinden und abends mit der Helligkeit auch die Farbtemperatur (den Blauanteil) reduzieren.

Am Ende soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass blaues Licht an sich nicht schädlich ist. Blaues Licht ist notwendig für das Farbsehen. Eine Lichtquelle, die kein blaues Licht emittiert, macht es unmöglich, blaue Farben auf einem Gemälde zu erkennen und ein Auge, das keinen dritten blauempfindlichen Rezeptor hat, könnte viele Farben mit variierendem Blauanteil nicht unterscheiden. Außerdem ist blaues Licht notwendig, um unsere innere Uhr zu takten. **Wir brauchen morgens und tagsüber Licht mit einem hohen Blauanteil.** Also: Raus an die frische Luft! Selbst bei einer sehr hohen Beleuchtungsstärke von 10000 lx bei 8000 K Farbtemperatur unter freiem Himmel muss sich niemand vor dem natürlichen Tageslicht fürchten. Das bedeutet aber umgekehrt, dass die Grenzwerte für eine Netzhautschädigung durch blaues Licht bei einer Beleuchtung mit Leuchtstofflampen bei weitem nicht erreicht werden.

Fazit: Eine Blaulichtgefahr durch Kompaktleuchtstofflampen besteht nicht.

5 Wie viel Quecksilber ist vertretbar?

Praktisch ausnahmslos alle Gasentladungslampen, also auch Leuchtstofflampen, enthalten Quecksilber. Quecksilber weist nämlich unter allen Elementen des Periodensystems einige herausragende Eigenschaften auf, die es für den Einsatz in Leuchtstofflampen nahezu alternativlos machen. Richtig ist allerdings, dass der Einsatz von Quecksilber

wegen seiner gesundheitsgefährdenden Eigenschaften so weit wie irgend möglich reduziert werden sollte. Dazu wurden und werden große Anstrengungen unternommen. In den vergangenen Jahren wurde die Quecksilbermenge in Leuchtstofflampen um etwa 80 % reduziert. Darüber hinaus reduziert allein der Einsatz von energieeffizienten Leuchtstofflampen die Umweltverschmutzung durch Quecksilber erheblich. Die Ursache ist darin zu finden, dass Kohle auch Spuren von Quecksilber enthält, welches bei der Verbrennung in Kohlekraftwerken freigesetzt wird. Wollte man alle Leuchtstofflampen durch Glühlampen ersetzen, so würden in Deutschland jährlich nicht nur 60% mehr Energie für Beleuchtung aufgewendet werden müssen (circa 72 000 GWh) [12]. Es

würden auch 26 Mio. t mehr Treibhausgase in Form von CO₂ durch den Schornstein geblasen und mehr als 2000 t Quecksilber (29 µg/kWh) freigesetzt werden [13].

Fazit: Auf den Einsatz von Leuchtstofflampen zugunsten von Glühlampen zu verzichten, würde unsere Umwelt unnötig belasten. Deshalb sind Leuchtstofflampen im Sinne des Umweltschutzes eine gerechtfertigte Alternative zur Glühlampe.

Übrigens: Jeder, der noch Amalgamplomben in seinen Zähnen mit sich herumträgt, ist im dauerhaften Besitz von mehreren 100 mg Quecksilber pro Plombe in Form eines Amalgams. Das bedeutet nicht, dass der Einsatz

Glossar

Gasentladungslampe: Gasentladungslampen werden unterschieden in Hochdrucklampen und Niederdrucklampen. Leuchtstofflampen sind Niederdrucklampen, während es sich bei den Metaldampflampen um Hochdrucklampen handelt. Gasentladungslampen arbeiten mit elektrisch leitfähigen Gasen, auch Plasmen genannt.

Leuchtstofflampe: In Leuchtstofflampen sendet das Lampenplasma UV-Licht aus, das durch den Leuchtstoff in sichtbares Licht umgewandelt wird. Das Spektrum setzt sich im sichtbaren Spektralbereich aus den Leuchtstoffbanden und Quecksilberlinien zusammen. Leuchtstofflampen gibt es in verschiedenen Formen. Im Haushalt gebräuchlich sind Kompaktleuchtstofflampen, auch Energiesparlampen genannt. Bei ihnen ist im Sockel ein elektronisches Vorschaltgerät integriert.

Glühlampe: Bei Glühlampen wird ein dünner Wolfram-Draht durch einen elektrischen Stromfluss auf etwa 2700 °C erhitzt. Das glühende Metall sendet Licht als kontinuierliches Spektrum aus. Der Lampenkolben ist mit einem Schutzgas gefüllt. Glühlampen werden in Allgebrauchsglühlampen und Halogenleuchtstofflampen unterschieden.

Halogenleuchtstofflampe: Im Unterschied zu den Allgebrauchsglühlampen, wird bei Halogenleuchtstofflampen dem Schutzgas zusätzlich ein Halogen (Iod oder Brom) hinzugefügt. Dadurch wird ein Stoffkreislauf in Gang gesetzt, der ein schnelles Verdampfen des Wolfram-Drahtes verhindert und höhere Temperaturen des Wolfram-Drahtes ermöglicht. Höhere Lichtausbeute und längere Lebensdauer sind die Folge.

Farbtemperatur: Die Farbtemperatur ist ein Maß für den Blauanteil eines Spektrums. Die Angabe der Farbtemperatur allein ist aber noch nicht ausreichend, um die Wirkung blauen Lichts zu beschreiben, da es verschiedene spektrale Wirkungsfunktionen gibt, z. B. für die Sehfunktion, für die circadiane Wirkung oder für Blaulichtschäden. Die Farbtemperatur wird in Kelvin angegeben.

Lichtfarbe: Der Begriff Lichtfarbe wird verwendet, um weißes Licht mit unterschiedlichen Blauanteilen zu bezeichnen und umschreibt anschaulich, was bei der Farbtemperatur durch eine Zahl ausgedrückt wird. Man unterscheidet zum Beispiel zwischen warmweiß (circa 2700 K), neutralweiß (circa 4200 K) und tageslichtweiß (circa 5500 K).

LICHT



Dietrich Gall
Grundlagen der Lichttechnik
 Kompendium
 2., überarbeitete Auflage
 217 S., zahlr. Abb., kart., 19,80
 ISBN 978-3-7905-0956-4

Mit diesem Buch schließt Prof. Dr. Dietrich Gall, TU Ilmenau, eine Lücke in der lichttechnischen Literatur. Das lichttechnische Grundwissen war bisher verteilt auf zahlreiche Normenblätter und zum Teil wenig aufeinander abgestimmt. Eine Gesamtdarstellung in Form eines Kompendiums, die die Ableitung der lichttechnischen Gesetze angibt, ist deshalb für anspruchsvolle Arbeiten sowie für die Ausbildung des „lichttechnischen Nachwuchses“ von großer Bedeutung.

Mit Hilfe dieses Kompendiums können neue, ungewohnte Berechnungen selbstständig durchgeführt werden. Einige Formeln werden mit den dazugehörigen Ableitungen vorgestellt, damit ihre Gültigkeit besser eingeschätzt werden kann. Großer Wert wurde auf die Konsistenz der Bezeichnungen und die Verwendung der nach DIN-Vorschriften empfohlenen Symbole gelegt.

Beispielhafte Aufgaben mit Lösungen dienen zur Überprüfung des Gelernten. Für Studenten an Universitäten und Fachhochschulen ist das Kompendium als Grundlagenlehrbuch besonders geeignet.

 **Richard Pflaum Verlag**
 Lazarettstr. 4
 80636 München
 Tel. 089/12607-0,
 Fax 089/12607-333
 www.lichtnet.de/shop

von Quecksilber keine Risiken in sich birgt. Es bedeutet deshalb auch nicht, dass die Suche nach Alternativen unnötig ist. Aber es zeigt, dass kein Grund zur Panik besteht, wenn pro Kompaktleuchtstofflampe maximal 5 mg Quecksilber verarbeitet sind.

Zweifel dürfen allerdings angemeldet werden, ob das Rücknahmesystem für Leuchtstofflampen auch von den Verbrauchern angenommen wird. Das Netz der Rücknahmestellen ist viel zu grob und der Aufwand, eine einzelne Kompaktleuchtstofflampe ordnungsgemäß zu entsorgen, oft viel zu hoch. Ein Rücknahmesystem wie für Batterien, die in jedem Supermarkt abgegeben werden können, oder sogar ein Lampenpfand wären sicher die tragfähigere Lösung.

Völlig deplaziert sind jedoch Bemerkungen wie: Die Energieeinsparung und der damit verbundene reduzierte CO₂-Ausstoß durch den Austausch von Glühlampen durch Kompaktleuchtstofflampen wäre umweltsinnlos, weil die Emissionsrechte für Deutschland dieselben blieben und damit letztlich genauso viel CO₂ in die Umwelt geblasen und genauso viel Energie verbraucht wird wie zuvor. Das wäre, als würde man die Menschen auffordern, ihren Müll liegen zu lassen, wo es ihnen passt, denn wenn sie es nicht tun, werden es andere tun. Oder als würde man sagen: Pustet mit euren Autos soviel CO₂ in die Atmosphäre, wie ihr wollt, denn wenn ihr es nicht tut, werden es andere tun. Mit dieser Logik ist keine verantwortungsvolle Umweltpolitik zu betreiben.

6 Schlusswort

Der Ökodesign-Regelungsausschuss der Europäischen Union hat lediglich vorgeschlagen, Allgebrauchsglühlampen wegen ihrer schlechten Energiebilanz zu verbieten. Halogenglühlampen werden weiter im Handel erhältlich sein. Die Kritik, es gäbe bald keine Glühlampen mehr, ist also falsch und nur aufgeregtes Gerede. Schließlich weist die Halogenglühlampe ein nahezu identisches Spektrum auf wie die Allgebrauchsglühlampe, gleichzeitig aber eine höhere Lichtausbeute und eine längere Lebensdauer. Das ist volkswirtschaftlich und umweltsinnvoll.

Halogenglühlampen vollständig durch Kompaktleuchtstofflampen zu ersetzen, ist weder sinnvoll noch möglich, weil die Kompaktleuchtstofflampen derzeit nicht alle Anwendungsbereiche und Gebrauchseigenschaften der Halogenglühlampen abdecken können oder weil Lösungen für bestimmte Einsatzgebiete deutlich teurer wären. Es gibt aber keinen Grund, Kompaktleuchtstofflampen grundsätzlich eine gesundheitsschädigende Wirkung zu unterstellen. Gesünder sind Glühlampen jedenfalls auch nicht.

7 Danksagung

An diesem Beitrag haben folgende Mitarbeiter des INP Greifswald mitgewirkt: Dr. M. Kettlitz, Dr. R. Kozakov, Dr. R. Methling, Dr. H. Schneidenbach, Dr. H. Schöpp und Dr. D. Uhrlandt.

8 Literatur

[1] Mai, A.: TEST Energiesparlampen. Keine Leuchten. ÖKO-TEST 10 (2008), 154–169
 [2] Lingenfeller, M.: Teuer, sinnlos, gefährlich. Forscher warnen vor EU-Glühbirnenverbot. Bayerischer Rundfunk, Report München, 05.01.2009, <http://www.br-online.de/das-erste/report-muenchen/report-gluehbirne-klimaschutz-ID1230898145031.xml>
 [3] Wunsch, A.: Glühlampenlicht und Gesundheit. LICHT 59 (2007) 11/12, 2–10
 [4] Wyszecki, G.; Stiles, W. S.: Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae. 2. Aufl. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1982
 [5] Kozakov, R.; Franke, St.; Schöpp, H.: Approach to an effective biological spectrum of a light source. LEUKOS 40 (2008) 4, 255–263
 [6] Stolzenberg, K.: Die Glühlampe aus gesundheitlichen Gründen bewahren, oder ist Tageslicht wirklich am besten für die Gesundheit? LICHT 60 (2008) 4, 376–381
 [7] Brainard, G. C.; Hanifin, J. P.; Greeson, J. M.; Byrne, B.; Glickman, G.; Gerner, E.; Rollag, M. D.: Action spectrum for melatonin regulation in humans: Evidence for a novel circadian photoreceptor. J Neurosci 21 (2001) 16, 6405–6412

[8] Thapan, K.; Arendt, J.; Skene, D. J.: An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. J Physiol-London 535 (2001) 1, 261–267
 [9] Gall, D.; Lapuente, V.: Aspects involving illumination in the selection of an effective lamp spectrum. LICHT 54 (2002) 7–8, 860–871
 [10] Lang, D.: Blaulicht ist nicht gleich Blaulicht. Leserbrief. LICHT 60 (2008) 7/8, 700–702
 [11] Schöpp, H.: Verbundprojekt: Plasma-Lampen für circadiane Rhythmen (PLA-CAR). http://www.techportal.de/de/402/4/newsletter_public_article_detail_public_view/124/. Plasma News, Newsletter des VDI Technologiezentrum, September. 2006
 [12] Scholtz, A. S.; Kotschenreuther, R.: Haushaltslampen. Sicherheit und Austauschbarkeit, Marktzugang und CO₂-Reduktion. DIN Mitteilungen (2008) 2, 10
 [13] Haverlag, M.: Mercury-free discharges for lighting. J. Phys. D: Appl. Phys. 40 (2007) 13

Kurzportrait INP

Das Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. ist ein Forschungsinstitut der Leibniz-Gemeinschaft und beschäftigt sich mit der anwendungsorientierten Grundlagenforschung an technischen Plasmen. Seit vielen Jahren forscht das INP zu physikalischen Aspekten von Plasmalampen, sowohl an Hochdrucklampen als auch an Niederdrucklampen. Ein Schwerpunkt liegt in der Forschung zur biologischen Wirkung von Plasmen im Allgemeinen und der Lichtemission im Speziellen.