



# Blaues Licht – Gefahr für die Netzhaut?

## Die Rolle von blauem Licht in der Pathogenese der Makuladegeneration

**Überzeugende theoretische und experimentelle Belege zeigen auf, dass Blaulichtexposition die Netzhaut schädigen und bei der AMD-Pathogenese möglicherweise eine Rolle spielen kann. Die klinischen Nachweise zur Stützung dieser Annahme reichen indes noch nicht aus. In der Zukunft sollten sorgfältig geplante klinische Studien durchgeführt werden, um die Auswirkungen der Blaulicht-Filterung, insbesondere Schmalbandfilter, in Bezug auf die Entwicklung und/oder Progression der AMD zu bewerten. (Zitat aus [1]).**

Als ich 2007 in London bei der ersten PLDC (Professional Lighting Design Convention) von Prof. Dr. Richard Funk, Dresden, erstmals über die Gefahren des Lichtes, insbesondere den „Blue Light Hazard“, hörte, dachte ich nicht, dass man zehn Jahre danach ein Buch darüber schreiben können wird. So zahlreich sind die Studien und Versuche, warnende Ergebnisse und Gegen Darstellungen, öffentliche Auseinandersetzungen. Prof. John Marshall, London, bringt die Ansicht vieler Wissenschaftler auf den Punkt, wenn er über „Phototoxizität“ spricht: „Die wissenschaftlichen Grundlagen sind meiner Ansicht nach unstrittig: Kurzwellige sichtbare Strahlung ist schädlicher als langwellige sichtbare Strahlung“ [2].

Dabei ist Blau doch die Lieblingsfarbe unseres Planeten! Wo immer man größere statistische Untersuchungen anstellte, welche

Farben am meisten bevorzugt werden, lag Blau an der Spitze: Bei Eva Heller, Heinrich Frieling und vielen anderen.

### Die beiden Seiten des Blau

Freilich haben die gegenständlichen Farbercheinungen in unserer Umwelt – Blumen, Wände, Möbel, Steine – als ein „rückstrahlendes“ Licht eine um Potenzen niedrigere Leuchtdichte, das heißt, es gelangen einfach viel weniger Photonen in unser Auge. Wenn wir messen, hat so eine Blaustrahlung normalerweise beträchtlich weniger Lux an Beleuchtungsstärke und solche Energiemengen können kaum Schaden anrichten.

Anders, wenn blaues Licht direkt aus einer Lichtquelle als Emissionslicht strahlt, dann kann es hundertfach heller sein als das Blau von einem Gegenstand. Und der natürliche blaue Himmel? Ihn haben wir wohl in den Millionen Jahren menschlicher Frühzeit in Afrika nicht in den Mittagsstunden angestarrt, wenn Tageslicht den höchsten Blauanteil hat, davor und danach sieht die Farbverteilung anders aus. Blauastiges Kunstlicht aber strahlt unentwegt, zu welcher Tageszeit auch immer.

Hier zeigt Blau sozusagen seine komplementäre Seite – die gefährliche Antithese zum gesunden Licht: „Bestimmte Teile des Lichtspektrums können für die Augenge-

sundheit schädlich sein und den Alterungsprozess des Auges oder das Auftreten von Augenerkrankungen beschleunigen. Seitdem neue kurzwellige Beleuchtungsquellen auf den Markt drängen, wird das menschliche Auge einem höheren Expositionsrisiko ausgesetzt“, heißt es weiter bei John Marshall [2].

Beispiele gibt es viele, so zeigte eine Studie, dass Tagesfischer eine erhöhte Anfälligkeit für AMD hatten. Auch unsere eigene menschliche Natur baut vor: Die Linse des Auges färbt sich im Alter bräunlich und filtert das Blau aus, so wie braune oder gelbe Brillengläser es tun. Und im empfindlichsten Teil unseres Auges, der Sehgrube, der 1,5 mm großen Macula lutea, sind gelbe Pigmente eingelagert, die ebenso das Blau teilweise ausfiltern.

Wer heute mit Argumenten kommt wie „Ich habe mein Leben lang unter Leuchtstofflicht verbracht – und bin ich blind?“ (aus einer Bausitzung), weiß nicht, wovon er spricht. Er kennt sicher nicht den Status seiner Netzhaut, schon gar nicht, was sich im darunter liegenden, die Netzhaut tragenden Gewebe, dem „Retinalen Pigment-Epithel“ (RPE) oder noch tiefer in der Aderhaut (Choroidea) abspielt.

Blaulicht wird nicht als der einzige Faktor für die Entstehung der AMD angesehen, aber sein hoher Beitrag wird kaum noch bestrit-

ten. Unsere Welt ist aber voll von künstlichem Blaulicht, was wir kaum ändern können (vgl. später Prof. Peter Heilig, Wien).

## Welche Faktoren können wir steuern?

Die Autoren der eingangs zitierten Studie aus Singapur [1] sehen in der Blaulichtexposition einen der **beeinflussbaren** Risikofaktoren, die an der Pathogenese der altersbedingten Makuladegeneration (AMD) beteiligt sind und fassten 2014 viele Studien zusammen, die die Beziehung zwischen Lichtexposition und AMD untersuchen.

Metaanalysen weisen darauf hin, dass Personen, die in verstärktem Maße Sonnenlicht ausgesetzt sind, ein deutlich erhöhtes AMD-Erkrankungsrisiko aufweisen. Es ist aber zu bedenken, dass wir uns heute in den dicht besiedelten Regionen etwa zu 80 % in Innenräumen bei künstlichem Licht aufhalten und im europäischen Klima mit Winterdunkelheit ein halbes Jahr das Kunstlicht stark überwiegt. Aufgrund dieser Erkenntnisse könnte und sollte die Beleuchtungspraxis verändert werden: Weniger gefährliches Blaulicht, mehr heilende Rotanteile.

## Droht jedem Dritten über 75 die Erblindung?

Nach Prof. Dr. Richard Funk beträgt die Prävalenz von AMD in den westlichen Ländern mehr als 35% ab einem Alter von 75 Jahren. Wir wissen heute, dass blaues Licht die Netzhaut auf vielfältige Weise schädigen kann, denn es veranlasst einen oxidativen Zellstress im Auge. Dieser wird heute von vielen Wissenschaftlern eben als einer der wesentlichen Verursacher der AMD angesehen. Unter dieser Annahme erscheint es bemerkenswert, dass die heute 75-Jährigen alle bei blaulichtarmen Lichtquellen aufwachsen – vor allem im Licht der „Temperaturstrahlerlampe (Glühlampe/Halogenglühlampe) mit sehr wenig Blauanteil im Spektrum. Diese Menschen können also einen potentiellen Schaden durch künstliches Blaulicht erst ab der späteren Jugend durch neues Licht und Bildschirme erlitten haben, deren Verwendung seither exponentiell zunahm. Das würde auch den steilen Anstieg der AMD-Fälle in den letzten Jahrzehnten erklären. AMD war früher zahlenmäßig unbedeutend, heute finden wir an vielen Kliniken gleich viele AMD- und Kataraktpatienten (grauer Star).

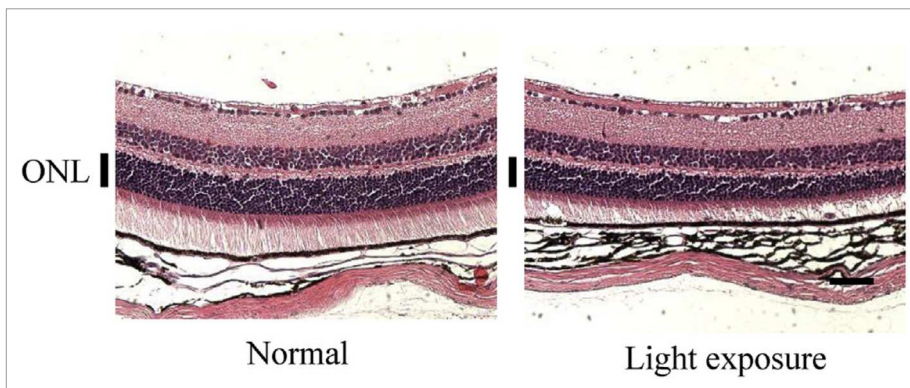


Abb. 1: Blaulichtbestrahlung einer Retina von Mäusen: Links davor, rechts danach. Aus [5]

Unter dieser Annahme ist es beklemmend, zu überlegen, wie das in 30 Jahren aussehen wird, wo dann jene Menschen 75 Jahre alt sind, die bei Leuchtstofflicht mit teils erheblichen Blauzacken und danach bei den oft noch stärker blaulastigen Lichtquellen von LEDs, TV-Bildschirmen, Tablets oder Smartphones herangewachsen sind.

## Die Rolle von blauem Licht bei der AMD-Genese

Die altersabhängige Makuladegeneration ist die häufigste Erblindungsursache in den Industriestaaten, ca. 2 Millionen Betroffene gibt es in Deutschland. Der Verlauf ist heimtückisch, wie die Singapur-Studie schildert:

Im Frühstadium entstehen unter der lichtempfindlichen Retina (im RPE) gelbliche Drusen. Allerdings merkt man diese noch nicht beim Sehen. Später kommt es zum Absterben der Photorezeptoren oder auch zur „Choroidalen Neovascularisation“ (CNV), bei der durch eine Art Wuchern neue Blutgefäße aus dem Untergrund, der Aderhaut, in die Retina eindringen: Diese „feuchte“ Variante der AMD geht mit irreversiblen Verlust des zentralen Sehens einher und ist medizinisch derzeit kaum zu stoppen.

Seit langem herrscht die Überzeugung, dass die Blaulichtexposition eine wesentliche Rolle bei der Genese einer AMD spielt, weil es dabei zu einer photochemischen Reaktion kommt, die zu Sauerstoff-Radikalenbildung führt. In der Singapur-Studie steht: „...reaktive Sauerstoffspezies (ROS) entstehen, die in hohem Maße toxisch auf die Netzhaut wirken“.

Schon eine kurze Exposition (bis zu ca. 12 Stunden) mit relativ intensivem Blaulicht könne bei Primaten zu einer Schädigung des retinalen Pigmentepithels (RPE) führen (Apoptose=Zelltod). Das dort enthaltene Lipofuszin spielt offenbar als ein leistungs-

starker ROS-Produzent mit. Auch längere Expositionen (12 bis 48 Stunden) mit weniger intensivem Licht führen zu direkten Schädigungen der Photorezeptoren. „Man geht davon aus, dass sattes Blaulicht ein 50- bis 80-mal höheres Photorezeptor-Schädigungspotenzial entfaltet als grünes Licht“.

## Beurteilung der SCHEER

Wie vorsichtig die EU heute dieses Thema angreift, zeigt die „Conclusio“ des Kapitels 6.5 der SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks), Opinion on Potential risks to human health of Light Emitting Diodes (LEDs), vom 6. Juni 2018: „Obwohl es keine zuverlässigen Daten für die Risikobewertung der Augensicherheit bei der lebenslangen Nutzung von LED-Lichtquellen gibt, könnte es einige Bedenken hinsichtlich der möglichen negativen Folgen von LED-Emissionen geben, insbesondere bei einer anfälligen Bevölkerung, die bereits frühe Anzeichen einer pathologischen Seneszenz der Makula aufweist. Es sollte jedoch betont werden, dass diese Bedenken von Ergebnissen herrühren, die in experimentellen Tiermodellen oder Zellkulturmodellen erhalten wurden, die Expositionsgrade verwenden, die höher sind als jene, die mit LED-Beleuchtungssystemen in der Praxis wahrscheinlich erreicht werden.“ Das heißt also: Wenn keine Risikobewertung möglich ist, dann gibt es auch keinen Beweis, weder pro noch kontra!

## Kunstlicht-Bombardements – Industrie blendet ihre Kinder

Nun – wer gehört zu dieser „anfälligen Bevölkerung“, wie in der Studie zitiert? Vergleichen Sie dazu, was Univ.-Prof. Dr. Peter Heilig, Universitätsklinik für Augenheilkunde und Optometrie in Wien, schreibt [4]: „Längst nicht jede Makuladegeneration ist altersbedingt [...]. Phototoxizität wurde lange Zeit als mögliche Noxe unterschätzt oder sogar negiert“.

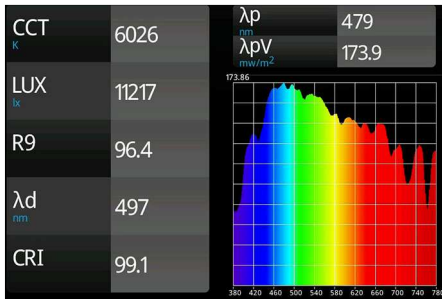


Abb. 2: Tageslicht, 16:00 Uhr, Wien, 26.8.2018 nach Süd

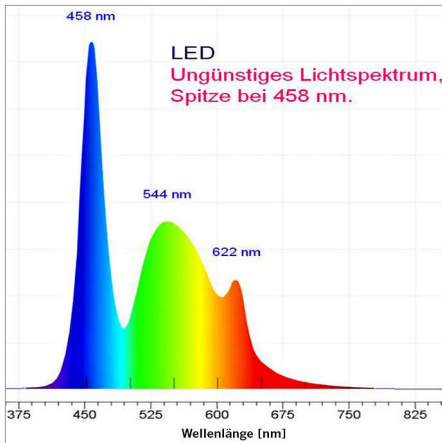


Abb. 3: Dieser Blauzacken ist gefährlich

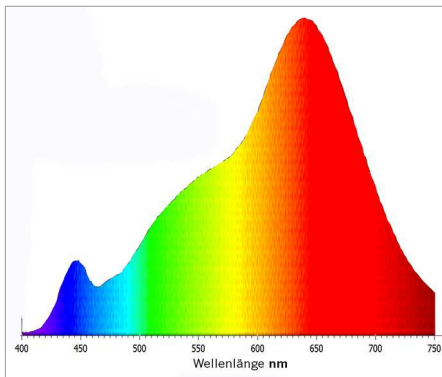


Abb. 4: So könnte gutes LED-Licht aussehen (Versuchslampe). LED-Licht muss gemessen werden!

Und Peter Heilig verwendet den Ausdruck „Smartphone-Blindness“, wenn er schreibt über „transitorische Obskurationen“ bei Kindern, „welche tagelang, bis unmittelbar vor dem Schlafengehen, in kurzweilig dominiert grelle Smartphone-Displays (blue-rich-white-light) starren... Derart schwere Symptome im zarten Alter sind besonders alarmierend: Die Industrie blendet ihre Kinder – mit Displays, Monitoren, Kfz-Scheinwerfern, Tagfahrlicht-Inattentional-Blindness-Lichtern und überdosierten Kunstlicht-Bombardements – ubiquitär. Es gibt kein Entrinnen mehr...“

Diesen schicksalhaften Gegebenheiten stehen wir offenbar machtlos gegenüber. Die Singapur-Studie stellt die Blaulichtexposition aber als einen beeinflussbaren Risikofaktor dar – überall dort, wo wir sie steuern und planen können. Und das ist in erster Linie die Beleuchtung, die in unseren Breiten

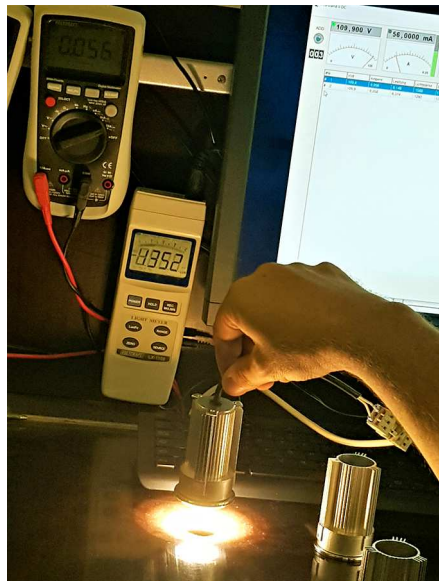
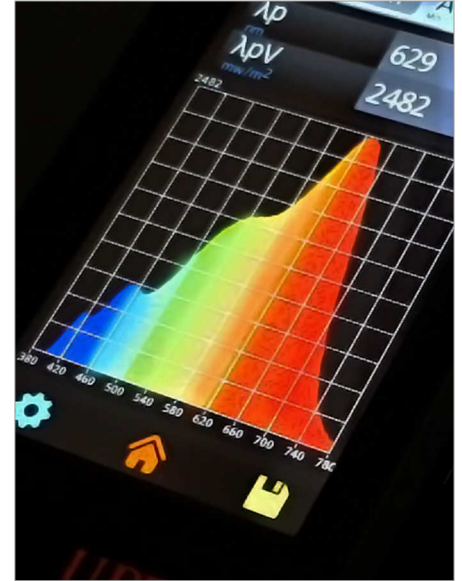


Abb. 5 a + b: Versuche mit neuen LED-Chips: Hohe Spektralqualität



mindestens ein halbes Jahr durch viele Stunden den Seh-Raum von Kindern und auch Erwachsenen dominiert. Ihn könnten wir sehr wohl verändern. Hier müsste Gesundheitsvorsorge, Politik und menschengerechte Lebensraumplanung einsetzen: Kindergarten- und Schulraum-Beleuchtung soll neu überdacht werden, damit sie die so wieso schon unvermeidbaren Schäden so gut wie möglich kompensiert.

Im Schlussteil der Singapur-Studie heißt es: „Die klinischen Nachweise zur Stützung dieser Annahme reichen indes noch nicht aus. In der Zukunft sollten sorgfältig geplante klinische Studien durchgeführt werden.“ [1] Solche klinische Studien können für künstliche Beleuchtungsplanung aber nicht abgewartet werden. Wie soll sich ein verantwortungsvoller Mensch beim Vorliegen solcher Verdachte bei Lichtplanungsentscheidungen verhalten? Was tun? Weitermachen wie bisher? Die heute allgemein verwendeten LEDs enthalten bei spektraler Vermessung sehr oft Blaulichtspitzen in einem Ausmaß, wie es in der Zeit der Leuchtstofflampen/Energiesparlampen nicht auftrat. Wenn in nächster Zukunft die Erblindung größerer Bevölkerungsteile droht, kann man da einfach weiter machen und sich auf fehlende klinische Untersuchungen zur Bestätigung ausreden?

### Zurück zu den ungefährlichen Leuchtmitteln der Vergangenheit?

Udenkbar in der Objektplanung. Trotzdem rate ich jedem, im privaten Heim- und Lebensbereich nur Halogenglühlampen einzusetzen: Die Glühlampe und ihre Tochter, die

Halogenglühlampe (nach Herstellerangaben 30 % und mehr Energieeinsparung) enthält fast keine Anteile von Blau, aber sehr viel Rot, das in der Lichtbiologie als netzhautheilend gilt. Aber für Betriebe, Krankenhäuser oder Bürotürme ist das nicht zu machen: Zu heiß in den höheren Geschossen, zu teuer im Stromverbrauch und daher auch ökologisch unverträglich (es sei denn, man verzichtet radikal auf heute gültige Beleuchtungsstärken – immerhin wurden die 200 Meter hohen Wolkenkratzer vor 100 Jahren ja auch mit Glühlampen erleuchtet – doch das will heute niemand, das darf auch keiner nach den Normen).

### LEDs kritisch verwenden

Das Leuchtdiodenlicht ist heute so hoch entwickelt und so ubiquitär, dass es im Objektbau ein Muss darstellt. Man sollte sich aber immer darüber klar werden, was für ein LED-Licht man plant und installiert, denn es gibt enorme Unterschiede in der Lichtqualität, das heißt im Spektralaufbau.

- In Ausschreibungen sollte daher eine lichtbiologisch hohe Qualität gefordert werden:
1. Möglichst gleichmäßiger Kurvenverlauf ohne extreme Farbspitzen und ohne stärkere Defizitstellen.
  2. Möglichst wenig von dem als gefährlich erachteten Blau.
  3. Dafür viel mehr Rot und Nahinfrarot als heute üblich, weil diese Lichtnanometer bekanntlich die Netzhaut entlasten und heilen können.
  4. Und eine Schaltungsmöglichkeit verschiedener Lichtfarben nach dem Tagesverlauf.





Abb. 6: Licht- und Farbgestaltungen im Krankenhaus Graz

## Multispektrales Mischlicht

Optimal erscheint uns in der gegenwärtigen Situation der noch nicht voll optimierten LED-Lichtquellen die folgende Strategie: Es werden grundsätzlich mehrere ausgewählte LED-Lichtfarben gemischt – und zwar Weißlichter – keine simple RGB-Mischung. Sowohl die Mischungen als auch deren Zeitschaltung erfolgen nach neuen lichtbiologischen Erkenntnissen, abgestimmt auf den Anwendungszweck. So ergibt sich bei professioneller, spektral überprüfter Ausführung ein dem Tagesrhythmus entsprechendes Licht, das unserem Organismus und seinen Abläufen voll entspricht. Und so führen wir auch Lichtplanungen durch (chronobiologische Lichtsteuerungen).

## Neue Horizonte

Schließlich sei auch verraten, dass wir ein Licht am Ende des Tunnels sehen, weil wir bei unseren Recherchen und Messekontakten tatsächlich, wenn auch noch sehr spärlich, LED-Material finden, das sich wegen seiner schon von Grund auf guten Qualität bestens für multispektrales Licht zu eignen scheint.



Prof. Mag. art.  
Karl Albert Fischer

Für zwei österreichische Schulen, ein Krankenhaus, eine Arztpraxis und ein deutsches Druckereibjekt laufen derzeit die Versuche für „Neues optimiertes Licht“.

**Karl Albert Fischer, Prof. Mag.art.**  
**Österreichisches Institut für Licht und Farbe**  
 Cumberlandstr. 6/18  
 A-1140 Wien  
 Tel. 0043 664 2011895  
 www.lichtundfarbe.at  
 info@lichtundfarbe.at  
**Beratung, Forschung, Planung, Gestaltung**

### Literatur:

- 1] Neelam K, Wenting Zhou S, Au Eong KG, „Die Rolle des blauen Lichts in der Pathogenese der altersbedingten Makuladegeneration“, Univ. Singapur 2014. [http://www.pointsdevue.com/sites/default/files/pdv71de-kumari\\_neelam.pdf?utm\\_source=Website&utm\\_campaign=the%20role%20of%20blue%20light%20in%20the%20pathogenesis%20of%20amd%20ALL&utm\\_medium=PDF](http://www.pointsdevue.com/sites/default/files/pdv71de-kumari_neelam.pdf?utm_source=Website&utm_campaign=the%20role%20of%20blue%20light%20in%20the%20pathogenesis%20of%20amd%20ALL&utm_medium=PDF)
- 2] John Marshall, Phototoxizität. Besseres Verständnis der Risiken für unser Auge. [http://www.pointsdevue.com/sites/default/files/pdv71de-\\_john\\_marshall.pdf](http://www.pointsdevue.com/sites/default/files/pdv71de-_john_marshall.pdf)
- 3] Scheer–Studie Final Opinion 2018 (Seite 29): Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks SCHEER - Opinion on Potential risks to human health of LEDs. 06. Juni 2018“. 9 th plenary meeting on 5 – 6 June 2018 (Final Opinion). Google translation, unauthorisiert, gültig der Originaltext in Englisch
- 4] Peter Heilig: Makuladegeneration“ – monokulär (?). <https://ub.meduniwien.ac.at/blog/?p=27664>
- 5] Maho Nakamura et al: Exposure to excessive blue LED light damages retinal pigment epithelium and photoreceptors of pigmented mice. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30040948>