

Optimierter Augenlichtschutz – Das Gebot der Stunde, Teil 1

■ Hintergrund

In den stark alternden westlichen Industriestaaten nehmen auch die chronischen Alterskrankheiten Grauer Star und Makuladegeneration dramatisch zu. So steigt z. B. die Diagnose „Altersbedingte Makuladegeneration“ von 19 Prozent bei 65-jährigen über 30 Prozent bei 75-jährigen auf 35 Prozent bei 85-jährigen an. Für Deutschland bedeutet dies 6 Millionen AMD-Patienten im Jahre 2020 gegenüber 2 Millionen im Jahre 2000. Sowohl Grauer Star als auch AMD sind bisher nicht heilbar. Die trübe Linse kann heute routinemäßig durch eine Kunstlinse ersetzt werden. Aber damit steigt das AMD-Risiko^[2]. Für die besonders aggressive feuchte AMD (ca. 15% der Betroffenen) wurden inzwischen klinische Behandlungsmethoden entwickelt, die eine Zeit lang die Krankheit stoppen und den Visus verbessern. Aber für die trockene Form der AMD (ca. 85%) gibt es bis heute keine Behandlungsmethode.

An der Entwicklung beider Krankheiten wirken mehrere Faktoren mit: z. B. erbliche Veranlagung, Lebensstil (Rauchen!) und Ernährung.^[1] Aber erst der Faktor Licht führt zur Linsentrübung und zum Netzhautschaden. Wie ein auf diesem Gebiet forschender Augenarzt einmal sagte: „Wenn wir unser Leben im Keller verbringen würden, gäbe es weder Grauen Star noch AMD.“

Die Bedeutung des UV-Lichtes für die Entstehung des Grauen Stars ist mehrfach belegt. Für die Wirkung des Sonnenlichtes bei der Entstehung der AMD sei eine neue Studie aus Kroatien genannt: Es wurden zwei Gruppen von je etwa 1.000 45- bis 65-jährigen Männern und Frauen verglichen. In der ersten Gruppe aus Zagreb mit städtischer Lebensweise litten 2,5 Prozent an AMD. In der zweiten Gruppe von Fischern und Freilandarbeitern auf der 120 km südwestlich gelegenen, sehr sonnigen Insel Rab waren 18 Prozent an AMD erkrankt.

**Das Gebot der Stunde heißt also:
Optimierter Lichtschutz für Linse und Netzhaut.**

Damit kommt dem Augenoptiker eine außerordentlich verantwortungsvolle Schlüsselstellung für die gesamte Bevölkerung zu. Denn von seiner Aufklärung und Beratung hängt es ab, ob gezielter Lichtschutz wirklich genutzt wird, um Grauen Star und die bis zur Blindheit führende Makuladegeneration eventuell zu vermeiden oder wenigstens in ihrem Eintritt und ihrem Verlauf zu verzögern.

Für diese schwierige Aufgabe sind Grundkenntnisse erforderlich:

1. über die Ursachen von Lichtschäden an Linse und Netzhaut sowie die dafür verantwortlichen Spektralbereiche.
2. über die Maßstäbe zur Beurteilung der Schutzwirkung von Lichtfiltern, den Transmissionskurven.
3. über Standards für optimierten Lichtschutz sowie über Gläser und Brillen, die diesem Standard genügen.

Die folgenden Zeilen wollen dem Optiker für diese so wichtige Aufgabe das notwendige Material liefern.^[2]

■ Weshalb nehmen Grauer Star und AMD so stark zu ?

1. Die durchschnittliche Lebenserwartung ist zwischen 1930 und 2000 um 20 Jahre gestiegen! Das alternde Auge ist also einer so viel längeren Lichtbelastung ausgesetzt.
2. Sonnenorientierter Lebensstil. Besonders seit den 70er Jahren zunehmend Urlaub in südlichen Ländern und im winterlichen Hochgebirge. Das bringt leicht eine Verdoppelung der jährlichen UV- und Blaubelastung. Dem dadurch anwachsenden Hautkrebs wird schon seit längerem durch verbesserte Lichtschutzmittel (UV B und UV A) sowie verlängerte Wirkungsdauer entgegengewirkt. Während früher Lichtschutzfaktoren von 4-10 verwendet wurden ist heute Faktor 10-30 Standard.
3. Eine entsprechende, für den Kunden angepasste Entwicklung des Augenlichtschutzes fehlt bis heute. Optimierten Augenlichtschutz bieten nur wenige Produkte, auf die aber der Optiker hinweisen muss.
4. Helleres Kunstlicht mit höherem Blauanteil wurde ab den 80er Jahren durch Leuchtstoffröhren möglich. (Vergl. auch^[4])
5. Veränderte Ernährung mit weniger Vollwertkost.^[2]

■ Wie Licht wirkt

Grundsätzlich gilt: Nur diejenige Strahlung eines Spektralbereiches ist wirksam, die von dem betreffenden Gegenstand absorbiert wird. Man kann den aufgenommenen Strahlungsanteil messen (0 – 100% Absorption) oder, wie in der Brillenoptik üblich, den durchgelassenen Anteil (100 – 0% Transmission). Als Beispiel entsprechen 80% Absorption = 20% Transmission.

■ Physikalische Wirkung des Lichtes

Unsere farbige Umwelt entsteht dadurch, dass die verschiedenen Gegenstände unterschiedliche spektrale Anteile des sichtbaren Lichtes absorbieren und damit andere Bereiche zurückwerfen, die dann als Farbe erscheinen. Eine gelbe Blume absorbiert also im Blaubereich. Ganz entsprechendes gilt für einen gelben Filter, welcher daher oft als „Blaufilter“ bezeichnet wird. Das ist missverständlich. Besser sollte man von einem „Blaudämpfer“ sprechen wenn die Transmission herabgesetzt wird bzw. von einem Blau-blocker wenn keine Transmission des blauen Lichtanteils mehr vorliegt.

■ Chemische Wirkungen des Lichtes

Im IR-Bereich (> 780 nm) wird die Strahlung als Wärme wahrgenommen. Im UV-Bereich (UV-A = 400 – 315 nm, UV-B = 315 – 280 nm) erzeugt die Strahlung biologisch schädliche Reaktionen an Haut und Augen. In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass gerade im biologischen Bereich zwei Typen von schädlichen Lichtreaktionen auftreten:

1. Fotochemische Reaktionen

Die von einer Substanz durch Absorption von Licht aufgenommene Energie löst direkt eine chemische Reaktion aus. Besonders wichtig war die Entdeckung, dass dies auch bei der in jeder Zelle vorkommenden Erbsubstanz DNA der Fall ist, die damit ihre biologische Funktion nicht mehr korrekt ausführen kann. Da DNA nur im UV-B-Bereich absorbiert, hielt man lange Zeit nur das UV-B für gefährlich. Heute weiß man, dass der etwa 100-fach intensivere UV-A-Bereich für Auge und Haut genauso schädlich ist, ja für das Auge sogar der sichtbare Blaubereich. Das hängt zusammen mit dem zweiten Reaktionstyp:

2. Fotodynamische Reaktionen

Einige (Farb)-Stoffe können die aufgenommene Strahlung als Fluoreszenzlicht wieder abgeben. Dies hat technische Bedeutung, z.B. für die intensiv hellrote Kleidung von Feuerwehrleuten und Straßenarbeitern. Enorm breite Anwendung finden Fluoreszenzfarbstoffe als so genannte „optische Bleichmittel“. Diese Farbstoffe absorbieren an der UV-Grenze und strahlen hellblaues Fluoreszenzlicht ab. Färbt man damit Papier und helle Textilien an, so wird der gelblich graue Grundton in weiß verwandelt. Treten fluoreszierende Stoffe im biologischen Bereich auf, so können diese den stets anwesenden Sauerstoff in eine hochaktive Form verwandeln, die so genannten freien Radikale, die dann wahllos das umliegende Gewebe angreifen und damit schädigen. Diesem „oxidativen Stress“ ist auch die Linse und Netzhaut des Auges täglich ausgesetzt. Zur Schadensbegrenzung hat der Organismus ortsspezifische Reparatur- und Abwehrsysteme entwickelt, zu denen gehören auch die mit der Nahrung zugeführten „Antioxidantien“ wie Vitamin C und E.

In der Augenlinse ist vor allem UV-A (315 – 400 nm) für den oxidativen Stress verantwortlich, in der Netzhaut hingegen der Violett- und Blaubereich (400 – 500 nm, vgl. Abb. 1 und 8) und zwar besonders in der Makula.

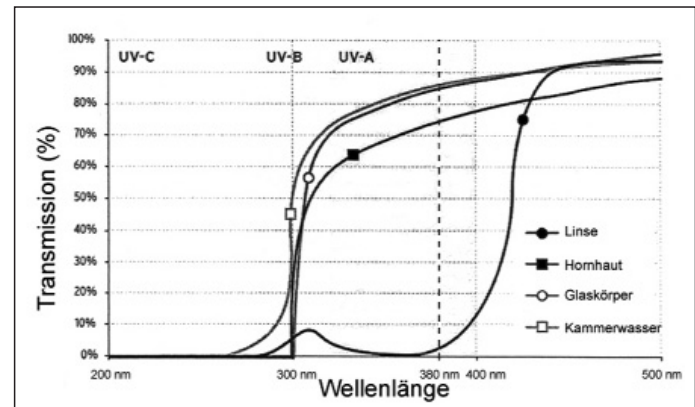


Abb. 1: Transmissionskurven der transparenten Teile des Auges, die das Licht passieren muss, um zur Retina zu gelangen. Hornhaut, Kammerwasser und Glaskörper absorbieren fast die gesamte UV-Strahlung bis 300 nm. Ca. 70 % der UV-Energie zwischen 300 bis 400 nm werden von der Linse aufgenommen. Zieht man die UV-Grenze bereits bei 380 nm (EU-Norm), so wird die Linse mit ca. 70 % der UV-Energie zwischen 380 und 400 nm belastet. Die hier gezeigte Transmissionskurve der Linse entspricht der eines Kindes. Das „Fenster“ bei ca. 320 nm schließt sich mit ca. 15 Jahren^[2]. Zugleich dehnt sich die Kurve in den sichtbaren Bereich hinein. Vergl. auch Abb. 8. (nach Zit. 26, zit. in^[2]).

Die Stärke der Abwehr- und Reparatursysteme unterscheidet sich bei den einzelnen Menschen. Sie erreicht mit etwa 40 Jahren ihren Höhepunkt und nimmt im weiteren Verlauf des Lebens langsam ab. Damit wird verständlich, dass bei ungünstiger Ausgangslage die laufend sich ansammelnden Lichtschäden nicht mehr abgewehrt werden können und damit Linsentrübung bzw. Sehstörungen in der Makula entstehen. Hier liegt auch der Grund für die frühzeitige und konsequente Anwendung eines optimierten Lichtschutzes. Diesem fällt die Aufgabe zu, die Anhäufung der täglichen Lichtschäden zu reduzieren und damit dem Auge die Chance zu geben, dass seine Abwehr- und Reparatursysteme die Oberhand behalten.

**Füller
oder Anzeige**

■ Wie das Licht ins Auge fällt

Abbildung zwei zeigt schematisch, in welche Teile des Auges die Strahlung verschiedener Wellenlängenbereiche eindringt. Nur die Strahlung von 400 - 780 nm dringt vollständig über Hornhaut, Kammerwasser, Linse und Glaskörper bis zur Netzhaut vor und entspricht damit dem sichtbaren Licht. Der angrenzende IR-Bereich (> 780 nm) ist unter normalen Bedingungen für das Auge unbedeutend.

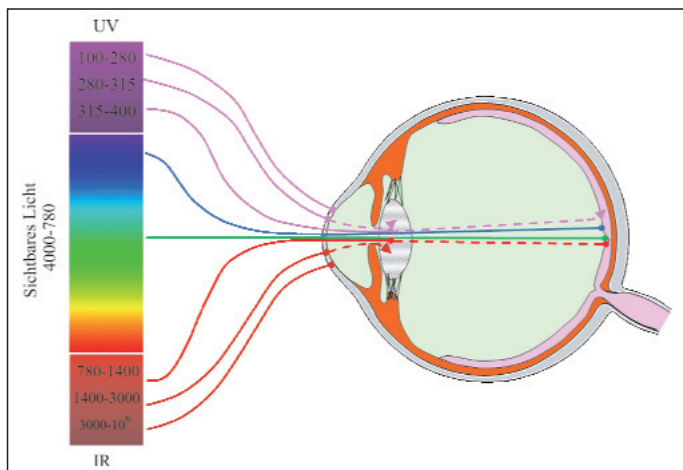


Abb. 2: Schematischer Schnitt durch das Auge mit Angabe der Eindringtiefe verschiedener Strahlungsbereiche. Sowohl sehr kurzwelliges Licht (UV 100 - 280 nm) als auch sehr langwelliges ($IR > 3000$ nm) werden vollständig von der Hornhaut absorbiert. UVC Strahlung (100 - 280 nm) wird unter normalen Bedingungen bereits von der Atmosphäre absorbiert. Außer dem sichtbaren Licht (400 bis 780 nm) erreichen auch Anteile des angrenzenden UV- und IR- Bereiches die Retina. Die Augenlinse absorbiert weitgehend den Anteil von 315 bis 400 nm, sowie die IR-Anteile von 1400 bis 3000 nm. (nach Lit. 7, zit. in^[2] verändert.)

Bei intensiver Wärmestrahlung, z. B. Eisengießerei und Glasbläseerei, braucht man jedoch Schutzbrillen, die den IR-Bereich sorgfältig abschirmen. Der UV-Bereich ist für die Netzhaut (Makula) wenig problematisch, da die Augenlinse als Lichtfilter wirkt und fast den gesamten UV-A- und UV-B-Bereich absorbiert (Abb. 1).

■ Optimierter Lichtschutz der Augenlinse

Abbildung 1 zeigt die Transmissionskurven für die verschiedenen Teile des Auges, insbesondere auch die der Augenlinse. Diese stammt von einem Jugendlichen, denn die schwache Transmission bei ca. 300 nm verschwindet beim Erwachsenen. Zugleich wandert die Transmissionsgrenze beim erwachsenen Menschen von 400 nm nach 410 nm. Sehr zum Nachteil der Brillen- und Kontaktlinsenträger produzieren aber die Hersteller immer noch nach der aus den 80er Jahren stammenden EU-Norm 1836, die 380 nm als UV-Grenze vorgibt, wobei noch 5 Prozent Transmission bei diesem Wert erlaubt sind. Man sieht sofort, dass völlig unnötig die Augenlinse etwa 70 Prozent der UV-Belastung zwischen 380 und 400 nm ausgesetzt wird. Die Situation ist geradezu grotesk. Denn alle farblosen Schutzbrillen für Labor, Betrieb, Bau usw. -eine billige Millionenware- sind mit einem UV400-Kantenfilter ausgerüstet. Auf diesem UV-Vollschutz, der auch für Kontaktlinsen angeboten wird (z. B. Act/Fresh UV400 von Conta Optic) sollte man trotz des Aufschlages nicht verzichten.

Gerade Augenoptiker sollten auf diesen zusätzlichen UV-Schutz der Linse hinweisen. Inzwischen breitet sich eine Methode aus, das sogenannte Lasik-Verfahren, bei der die notwendige Korrektur durch gezieltes „Abhobeln“ der Hornhaut erreicht wird. Das ist attraktiv, - wenngleich von den Kassen noch nicht bezahlt -, weil anschließend keine Brille mehr getragen werden muss. Man sollte aber darauf hinweisen, dass eben dadurch der zusätzliche UV-Schutz der Linse durch eine Brille wegfällt und somit das Risiko des Grauen Stars steigen kann und gerade hier optimierter Lichtschutz besonders wichtig wird.

■ Der unglaubliche Stoffwechsel des Auges und das Schicksal der Fotorezeptoren

Wir erleben unser Auge über Jahre hinweg unverändert, d.h. biostabil und spüren höchstens die nachlassende Elastizität der Linse. Dieser Eindruck täuscht. Im Auge findet Tag für Tag ein intensiver Stoffwechsel statt und die erlebte Stabilität ist das Ergebnis eines hochdynamischen Gleichgewichtes.

Unser Auge verfügt über ca. 120 Millionen Stäbchenzellen für die Helligkeitswahrnehmung und ca. 6 Millionen Zapfen für die Farbwahrnehmung blau, grün und rot (siehe Abb. 3). Letztere sind stark konzentriert im Bereich des bewussten und scharfen Sehens, der Makula, deren Umfang etwa dem eines großen Streichholzkopfes entspricht. In ihrer Mitte befindet sich eine stecknadelkopfgroße Grube, die Fovea. Diese nutzen wir, um einen Gegenstand zu fixieren, so auch beim Lesen. In dieser Grube befindet sich die unglaubliche Zahl von 100.000 Rezeptoren, vorwiegend Zapfen.

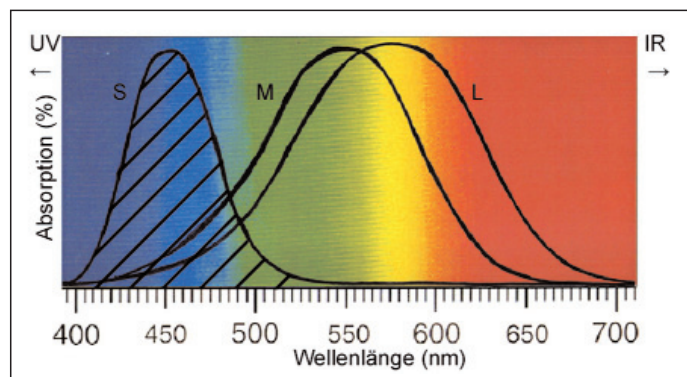


Abb. 3: Absorptionsbereiche der Photorezeptoren für kurze (S = blau) mittlere (M = grün) und lange (L = rot) Wellenlängen. Die starke Überlappung von M und L ist überraschend. Die isolierte Stellung der Blaurezeptoren S wird dadurch sehr deutlich.

Die Sehzellen selbst sind nicht lichtempfindlich, sondern nur die aus ihnen herauswachsenden Außensegmente. Diese erreichen zum Teil die Grenze der physikalisch möglichen Lichtempfindlichkeit, sie sprechen nämlich schon auf ein Photon an. Die enorme Lichtempfindlichkeit dieser „Sensoren“ muss mit kurzer Lebensdauer bezahlt werden. Wenn heute die Sehzellen beschließen würden, ab morgen keine Außensegmente mehr zu produzieren, wären wir in zehn Tagen völlig erblindet.

Es müssen Nacht für Nacht die oberen verbrauchten 10 Prozent der Außensegmente abgespalten werden. Das entspricht dem Material von 12 Millionen Segmenten, das nun enzymatisch gelöst und abtransportiert werden muss, während gleichzeitig die Sehzellen

Materialnachschub für das Nachwachsen der Außensegmente erhalten müssen. Für die dazu eigentlich notwendigen Gefäße kann es wegen der hohen Dichte an Sehzellen in der Makula keinen Platz geben.

Die außerordentlich anspruchsvolle Versorgung der Makula reagiert auf eine altersbedingte Störung in dem verantwortlichen Gefäßsystem mit zentralen Sehausfällen, also Makuladegeneration. Der von Makuladegeneration Betroffene bemerkt bald das Nachlassen und schließlich das Ausfallen der zentralen Blauwahrnehmung, während diese im Umfeld erhalten bleibt. Das hat zwei Gründe: Blaurezeptoren sind gegen Lichtschädigung besonders empfindlich und außerdem sind sie nur mit 9 Prozent unter den drei Sorten von Farbrezeptoren vertreten. Der eben besprochenen Problematik wirkt die Natur dadurch entgegen, dass sie dem Auge über die Nahrung Lutein und das sehr nahe verwandte Zeaxanthin zuführt.

Diese gelben Farbstoffe finden sich in sehr geringer Menge im ganzen Auge, auch in der Linse als Antioxidantien. Aber über der Makula sind sie in hoher Konzentration im „gelben Fleck“ als Lichtschutzfilter ausgespannt. Abbildung 3 zeigt die Absorptionskurven der drei Farbrezeptoren, wobei die isolierte Stellung der Blaurezeptoren auffällt. In Abbildung 4 ist die Absorptionskurve der Blaurezeptoren verwandelt in eine Transmissionskurve. Diese ist überlagert von den Transmissionskurven des gelben Fleckes bei niedriger und hoher Dichte.

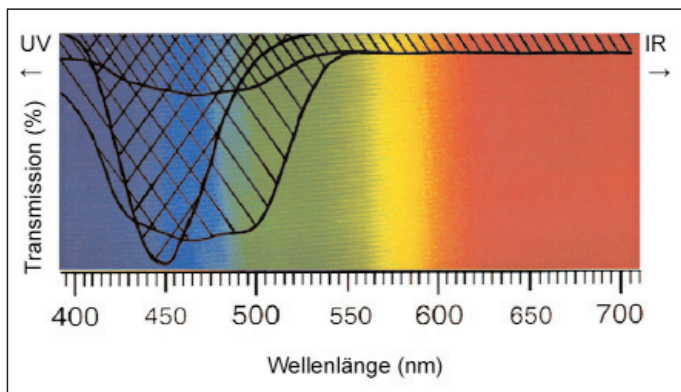


Abb. 4: Transmissionskurve des in Abb. 3 als Absorptionskurve dargestellten Blaurezeptors (//////), jedoch überlagert durch die Transmissionskurven des gelben Fleckes (Makulapigment (MP)) (\\\\) von geringer und hoher Dichte, die individuellen Schwankungen entsprechen. Nur bei hoher Dichte des MP schützt dieses als „innere gelbe Sonnenbrille“ den Blau-Rezeptor. (nach Lit. 46, zit. in [2], verändert.)

Man sieht sofort, dass der beabsichtigte Lichtschutz der Blaurezeptoren nur bei hoher Dichte des gelben Fleckes gegeben ist. Tatsächlich lässt sich dieser bei vielen Menschen, aber nicht bei allen, durch hohe Lutein-Zufuhr erreichen. Dies geschieht am besten durch dunkelgrünes Gemüse z. B. Spinat, Grünkohl, Mangold. Lutein kommt in allen grünen Blättern vor [1]. Mit dem Verblässen des grünen Chlorophylls wird es als gelbe Herbstfarbe der Blätter sichtbar.

Gezielt wird dieser Blauschutz durch eine gelbe Brille mit einer Transmissionskurve nach Abbildung 5 erreicht. Neben der angenehmen Verringerung der Blendung und der Kontraststeigerung sind die wichtigsten Einsatzbereiche in Tabelle 1 genannt. Besser als beim inneren Lichtschutz wird so auch der Violettbereich sehr stark gedämpft.

Farbe Transmission (%)	Optische Wirkungen	Schutzeffekte, Einsatzbereiche
Hellgelb 400 - 450 nm: 2 - 10 % Gesamt-T. 80-75%	Kontraststeigerung Verminderung der Blendung auch bei Autonachtfahrten	Schutz der Blaurezeptoren Teilausschluss der Phototoxizität der Lipofuscine Nach Staroperationen mit farblosen Linsen sowie bei schwachem grauen Star, bei normalem Tageslicht und hellem, weißen Kunstlicht, besonders von Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen und der Hintergrundbeleuchtung von Flachbildschirmen.[4]
Orange gelb bis Orangerot 400 - 500 nm: 2 - 10 % Gesamt-T. 60 - 50%	Starke Kontrastierung auch bei flachem Licht Guter Blendschutz	Starker Schutz der Blaurezeptoren und vor der Phototoxizität der Lipofuscine Tagesbrille auch bei intensivem weißen Kunstlicht bei Makuladegeneration und fortgeschrittenem grauem Star.
Graubraun 400 - 500 nm: 2 - 10 % 500 - 700 nm: 10 - 40 % Gesamt-T. 40 - 30 % (A) 20 - 14 % (B) 10 - 5 % (C)	Angenehm warmer Farbton Erhöhte Sehschärfe Erhöhter Farbkontrast auch bei diffusem Licht Reduktion der Blendung Verkehrstauglichkeit bei Tageslicht	Starker Schutz der Blaurezeptoren und vor der Phototoxizität der Lipofuscine Optimierter Sonnenschutz auch bei Makuladegeneration und nach Staroperationen mit farbloser Linse (A) Bei schwacher Sonne und Blendschutz (B) bei Sonne, auch am Meer und im Gebirge (C) Bei sehr starker Sonne und im Schnee

Tabelle 1: Optimierte Transmissionsbereiche für Licht- und Sonnenschutzgläser mit 100% UV-Schutz bis 400 nm, ihre optischen Wirkungen und Einsatzgebiete

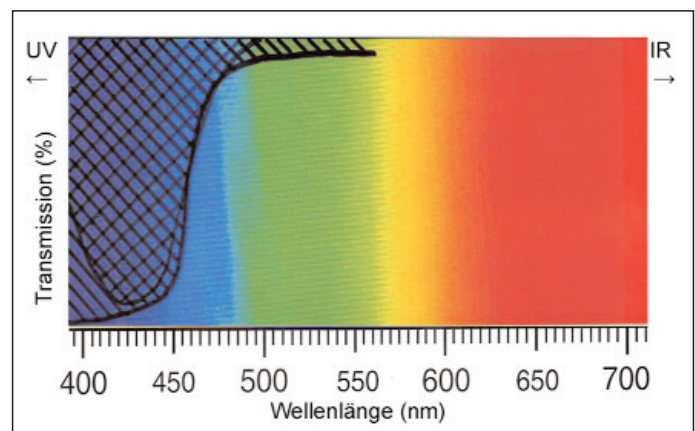


Abb. 5: Transmissionskurve des Blaurezeptors aus Abb. 4 (//////), aber überlagert durch die Transmissionskurve eines gelben Filterglases mit 2 - 10 % Transmission bei 400 bis 450 nm (\\\\).

■ Lipofuscine, der unvermeidliche Giftmüll auf der Netzhaut.

Beim nächtlichen Abtransport des Materials von ca. 120 Millionen Segmentspitzen der Rezeptoren bleibt jeweils eine winzige Menge als gelblicher Abfall zurück. Dieser summiert sich im Laufe des Lebens, so dass bei einem über 80-Jährigen bis zu 20 Prozent der Netzhaut davon bedeckt sein können. Dieses Material ist bei einer Inspektion des Augenhintergrundes nicht zu sehen. Wenn aber der Augenarzt mit blauem (!) Licht an der Spaltlampe die Netzhaut erhellt, leuchtet dieses Material mit einem bläulichen Fluoreszenzlicht auf. Damit lässt sich Menge und Verteilung dieses Materials abschätzen. Besonders lässt sich erkennen, ob diese Lipofuscine in Klumpen (Drusen) vorliegen, ein Zeichen von Makuladegeneration.

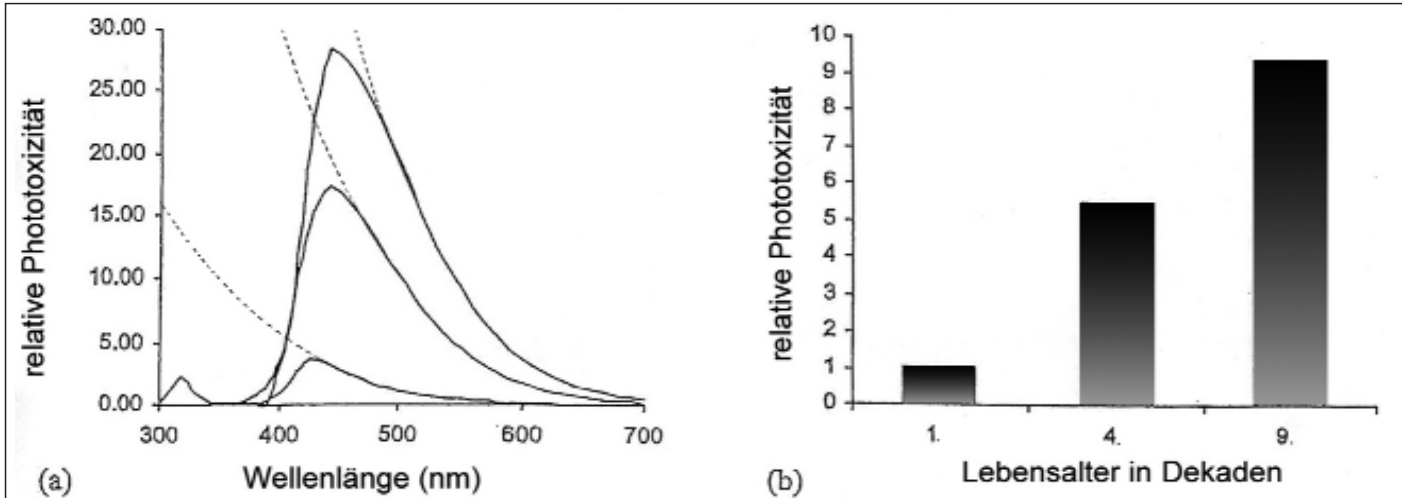


Abb. 6: Phototoxizität der Lipofuscine, gemessen als deren Sauerstoffaufnahme bei Bestrahlung mit Licht verschiedener Wellenlänge [nach Lit. 72, zit. in ^[2], verändert] Rechte Seite: Gesamte Phototoxizität mit steigendem Alter. Linke Seite: Wellenlängenabhängigkeit der Phototoxizität der drei Altersgruppen. Die größte Phototoxizität wird von Licht zwischen 400 und 500 nm erzeugt (Blue Hazard). Der steile Abfall der Toxizität nach 400 nm beruht auf der Lichtundurchlässigkeit (Transmissionskurve) der natürlichen Linse in diesem Bereich. Die Phototoxizität steigt entsprechend der gestrichelten Kurven weiter an und wird wirksam, wenn man die Linse durch eine farblose Kunstlinse mit Kantenfilter bei 400 nm ersetzt.

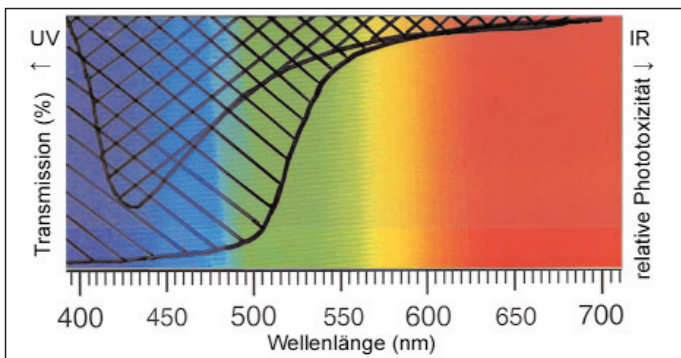


Abb. 7: Spektrum der Phototoxizität der Lipofuscine eines 80 bis 90-Jährigen nach Abb. 6, jedoch auf den Kopf gestellt (////). Überlagert ist die Transmissionskurve eines Orangefilters mit 2 bis 10 % Transmission zwischen 400 bis 500 nm (\\\\). Damit wird die Lichtabsorption der Lipofuscine in diesem Bereich weitgehend ausgeschaltet, sodass sie kein phototoxisches Fluoreszenzlicht aussenden können..)

Mit dieser Fluoreszenz wird der Müll zum Giftmüll. Denn wie oben beschrieben aktiviert diese Strahlung den anwesenden Sauerstoff so stark, dass im umliegenden Gewebe Lichtschäden eintreten, falls nicht vorher das Abwehrsystem eingreift. Diese Abwehr ist offenbar beim AMD-Patienten nicht mehr stark genug. Im Jahre 2004 wurde in einer bahnbrechenden Arbeit die fototoxische Wirkung der Lipofuscine direkt gemessen und zwar anhand des Sauerstoffverbrauches, der beim Belichten eintritt. Diese Ergebnisse zeigen:

1. Die Fototoxizität beginnt bereits im Kindesalter und steigt im Laufe des Lebens stark an (Abb. 6 rechts).
2. Die Fototoxizität ist im sichtbaren Bereich sehr stark wellenlängenabhängig. Ab ca. 550 nm steigt sie nach kürzeren Wellenlängen stark an (Abb. 6 links), also glücklicherweise ebenfalls im Blaugebiet. Der unerwartet steile Abfall der Foto-toxizität bis 400 nm wird von der Transmissionsgrenze der Augenlinse bewirkt, die bis dahin das Licht absorbiert und somit die Lichtanregung der Lipofuscine in diesem Spektralgebiet verhindert. Ohne Augenlinse steigt die Fototoxizität nach kürzeren Wellenlängen entsprechend den gestrichelten Kurven weiter an. Diese Befunde machen sofort die

Farbe	Firma	Modell	Gesamttransmissionen
Hellgelb	Kein Glas nach Tab. 3 gefunden. Auf MLF 450 ausweichen.		
Orange	Rodenstock	Sun Contrast orange	60% (400-470 nm <0,5%)
	ZEISS	Pro Golf	60% (400-490 nm <0,5%)
Graubraun Sonnenschutz	Essilor	ORMA RT 85	15% (bis 425 nm <0,5%)
		ORMA RT 95 ¹	5% (bis 540 nm <0,5%)
	Extrem1 ²	26%	
	Extrem2	20% (bis 450 nm <0,5%)	
	Airwear Melanin	15%	
	Inuit	30%	
	Master	24% (bis 420 nm <0,5%) !UV-Grenze	
HIOYA	Touareg	12% (bis 420 nm <0,5%)	
	Sherpa	5% (bis 430 nm <0,5%)	
	Polarizing Braun	15%	
Rodenstock	DRIVE	29% (bis 425 nm <0,5%)	
	SPEED	14% (bis 435 nm <0,5%)	
	SNOW	9% (bis 450 nm <0,5%)	
ZEISS	SunContrast bernstein	35%	
	braun	15%	
	ColorMatic contrast	15%	
	orange	hell 60% ² / dunkel 15%	
	skylet road ^{3,3}	20%	
	skylet sport ³	10% (bis 450 nm <0,5%)	

Tabelle 2: Beispiele für Lichtschutz- und Sonnenschutzgläser (auch korrigiert erhältlich), die den Standards von Tabelle 1 entsprechen. Falschlichtarme Gestelle müssen getrennt ausgewählt werden (Einsatzbereiche Tab. 1). Erläuterungen: ¹ Bei starker Blendung sehr hilfreich, (nicht verkehrstauglich). ² etwas geringe Blaudämpfung. ³ auch mit Polarisationsfilter, das Spiegelungen ausblendet.

Problematik einer farblosen Kunstlinse mit Kantenfilter bei 400 nm deutlich: Die alternde Netzhaut ist nun einer täglichen wesentlich erhöhten Fototoxizität im Violettbereich ausgesetzt. Das gesamte Phänomen erklärt die lange bekannte, aber wenig beachtete „blaue Gefahr“ („blue hazard“). Der gelbe Fleck kann diese Gefahr nur teilweise mildern. Für AMD-Patienten ist ein breiter Blauschutz erforderlich, wie ihn ein Orange-Filter mit der Transmissionskurve nach Abbildung 7 gewährt. Aber auch Kantenfilter MLF511 bzw. ZEISS F540 sind geeignet (vgl. Tabelle 2).

Teil 2 folgt in der nächsten DOZ.

**Autoren: Prof. em. Dr. Dr. h.c. Siegfried Hünig
Institut für Organische Chemie, Universität Würzburg
A. Ritsche, B.Sc. Augenoptik/Optometrie,
Fielmann Akademie Schloss Plön, FH Lübeck**

Optimierter Augenlichtschutz – Das Gebot der Stunde, Teil 2, Schluss

Das Problem der Kunstlinsen

Immer häufiger wird der Augenoptiker Kunden haben, denen bei einer Staroperation eine Kunstlinse eingesetzt wurde. Bei diesen Menschen sollte man vorsichtig fragen, wie sie jetzt die Farbe Blau empfinden. Kommt die Antwort: Dieses ist mir häufig zu intensiv und zu grell, dann kann man mit Sicherheit davon ausgehen, dass eine farblose Linse eingesetzt wurde. Wie Abbildung 8 zeigt, ändert sich die Transmissionskurve der natürlichen Augenlinse im Laufe des Lebens so, dass sie mit zunehmender bräunlich gelblicher Farbe den Blaubereich immer mehr herausfiltert. Damit wird zugleich die Fototoxizität der Lipofuzine gemildert. Der Kantenfilter 400nm der Kunstlinse lässt aber die volle Blaustrahlung bis zur Netzhaut durch, sogar stärker als bei einem 4-jährigen Kind. Hier dürfte wohl die Hauptursache für das erhöhte AMD-Risiko nach Staroperationen liegen. Empfehlenswert sind daher die seit Jahren bekannten gelblichen Kunstlinsen, die im Bereich von 400 – 500 nm die Transmissionskurve eines gesunden 50-Jährigen nachahmen und im Bereich von 500 – 700 nm zu höheren Transmissionen übergehen. Patienten mit farbloser Linse ist deshalb eine hellgelbe Tagesbrille zu empfehlen, die die unnatürliche Transmission im Blaubereich herausfiltert (vgl. Tabellen 1 - 3). Wer vor einer Staroperation steht, dem sei eine Klinik empfohlen, welche die gelblichen Kunstlinsen einsetzt, für deren Verzicht es keine objektiven Gründe gibt.

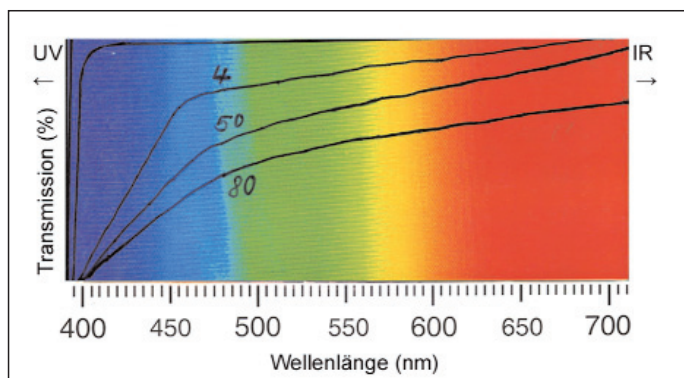


Abb. 8: Wachsender Blauschutz der Netzhaut durch zunehmende Vergilbung der Augenlinse mit vorrückendem Alter, demonstriert für vier, fünfzig und achtzig Jahre. (nach Lit. 25, zit. in^[2]). Die steile Kurve bei ca. 400 nm entspricht der Transmission klassischer, farbloser Kunstlinsen. Die Blaubelastung der gealterten Retina ist mit diesen wesentlich stärker als die eines vierjährigen Kindes. Moderne gelbliche Kunstlinsen ahmen im Bereich von 400 bis 500 nm die Transmissionskurve eines Fünfzigjährigen nach, gehen aber im längerwelligen Bereich zu höheren Transmissionen über. Sie bieten damit einen wesentlich besseren Violett- und Blauschutz.

Modell	Gesamttransmission	Modell	Gesamttransmission
Arnette		Serengeti	
4041-217/73	12%	Sport Classics	
4025-623/3	9%	Drivers Cat. 2-3	light 24%/dark 9%
Silhouette		Drivers Pol. Cat. 3	light 18%/dark 10%
Ideal Protection	10%	Killer Loop	
Ideal POL. brown	10%	4146-760/73	9%

Tabelle 3: Beispiele kompletter Sonnenbrillen graubraun nach den Transmissionsstandards von Tabelle 1 und gutem Falschlicht- und Windschutz (Einsatzbereiche Tab. 1).

Optimierte Sonnenschutzgläser

Aus den in Teil 1 vorgestellten Grundlagen und Lichtschäden an Linse und Netzhaut kann man leicht ableiten, wie die Transmissionskurve optimierter Sonnenschutzgläser aussehen muss: Sie muss im Bereich von 400 – 500 nm den Werten für die besprochenen orangefarbenen Gläser (Abb. 6, Tabelle 1) folgen und zusätzlich im Bereich von 500 – 700 nm eine Dämpfung aufweisen, die verschiedenen Lichtverhältnissen angepasst sein kann. Nur in diesem Bereich lässt sich der Farbton des Glases beeinflussen. Ein allgemeines Beispiel für diesen grundsätzlichen Verlauf der Transmissionskurve zeigt Abbildung 8.

Bereits 1994 wurde an der berühmten Eidgenössischen technischen Hochschule in Zürich ein Standard entwickelt, der heute noch vorbildlich ist (Tabelle 4). An diesen Standard lehnen sich alle hier gemachten Vorschläge an (vgl. Tabellen 1 - 3).^[3]

Strahlungsbereich des Sonnenlichtes	Ultraviolett (UV) (280-400 nm)	Blau (400-495 nm)	Grün-Rot (495-700 nm)	Infrarot (IR) (700-1400 nm)
Transmission im Strahlungsbereich	< 0,5 %	2-8 %	10-40 %	< 50 %

Tabelle 4: Standard für optimierten Lichtschutz nach Ch. E. Remé, ETH Zürich 1994

Entwickelt wurde der Schweizer Standard auf Anregung der großen Versicherungsgesellschaft SUVA, während SUVASOL-Brillen nicht nur in deren Geschäftsstellen sondern auch z. B. in Supermärkten wie Migros erhältlich sind. Interessanterweise sind diese Brillen mit Melanin gefärbt, dem braun-schwarzen Farbstoff dunkler Haare und Augen sowie der gebräunten Haut. Dieser hat gegenüber den meisten synthetischen Farbstoffen den Vorteil, dass er auch die IR-Strahlung stark dämpft (siehe Tabelle 4).

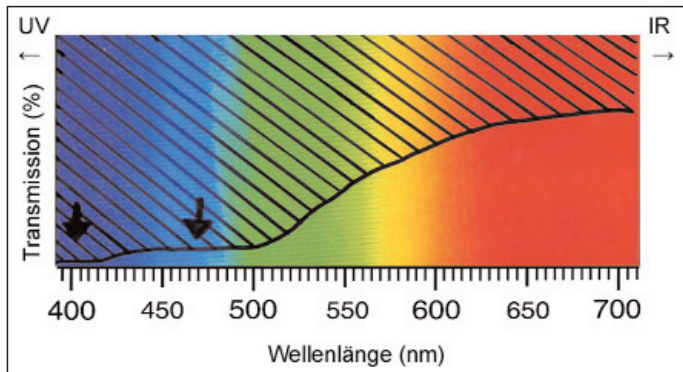


Abb. 9: Typische Transmissionskurve für ein optimiertes Sonnenschutzglas. Es bietet, wie das Orange-Filter (Abb.6) einen erweiterten Blauschutz von 400 bis 500 nm (2 bis 10 % T). Die entscheidenden Grenzwerte sind durch zwei Pfeile markiert. Der weitere Kurvenverlauf kann weitgehend variiert werden, um damit Gesamttransmissionen zwischen 40 und 5 % zu erzielen.

Ein glücklicher Zufall bringt optimierte Lichtschutzgläser

Durch die Transmissionskurven der oben besprochenen Licht- und Sonnenschutzgläser wird zugleich der Sehkomfort optimiert:

- angenehm warmer Farbton
- hohe Farbkontraste auch bei „weichem“ Licht
- erhöhte Sehschärfe bei verminderter Blendung
- verkehrstauglich (am Tage)

Genau diese Gesichtspunkte waren es, unter denen verschiedene optische Firmen schon vor Jahren ihre Spitzengläser entwickelt haben. Der medizinische Gesichtspunkt blieb dabei unberücksichtigt. Inzwischen setzen einige Firmen den Blauschutz gezielt ein und weisen den Augenoptiker auf seine Bedeutung hin^[5]. Damit steht ein breites Angebot von Gläsern zur Verfügung (siehe Tabelle 2), während ein entsprechendes Angebot an Sonnenbrillen beim Optiker mangels bekannter Transmissionskurven, die dann auch noch dem Standard der Tabelle 1 entsprechen sollen, recht dürftig ist.

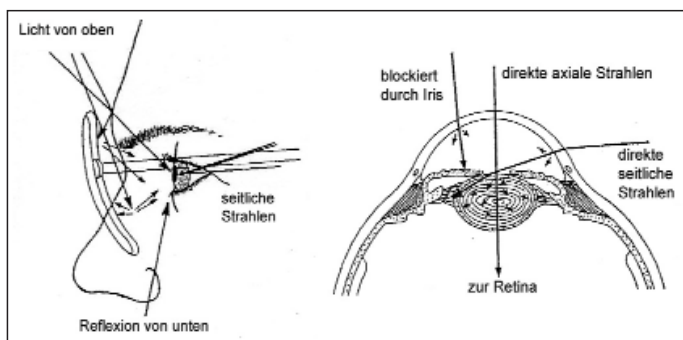


Abb. 10: Einfall von ungefiltertem Direkt- und Streulicht in das Auge bei flachen Gläsern und dünnen Bügeln (30 – 60 %). Die Gefährlichkeit steigt mit zunehmender Abdunkelung der Gläser, hinter denen sich die Pupillen zunehmend öffnen. Rechts: Axial eindringendes Licht kann entweder durch die Iris blockiert werden oder durch die Linse fast ungehindert die Retina erreichen. Dagegen wird

seitlich einfallendes Direktlicht in nasalärer Position der Augenlinse gestreut und absorbiert. Dieser Effekt wird für die vermehrt auftretenden Trübungen in diesem Linsenbereich verantwortlich gemacht. (Nach Lit.75, zit. in^[2], verändert.)

DOZ 6-2009

Brillenfassungen – Ein trauriges und deshalb wichtiges Kapitel

Optimierte Lichtschutz- und Sonnenschutzgläser können ihre Wirkung nur voll entfalten, wenn die Fassung mitspielt und nicht nur der Optimierung des Aussehens dient.

Zu kleine Gläser und ein flaches Gestell mit dünnen Bügeln können die nötigen Anforderungen prinzipiell nicht erfüllen. Wie sorgfältige Untersuchungen zeigen, muss der Einfall von ungefiltertem Licht in das Auge von allen Seiten vermieden werden. Der Falschlichtanteil kann leicht bis 50 % betragen. Er wird hinter einer dunklen Brille besonders gefährlich, da sich hinter dieser die Pupille weit öffnet. Abbildung 9 demonstriert nochmals die Problematik. Rechts im Bild ist zu sehen, wie seitlich einfallende Strahlen gewissermaßen in der Linse gefangen bleiben. Damit wird in Zusammenhang gebracht, dass Linsenrübungen gehäuft in Nasennähe auftreten. Die UV-Belastung kann bei leicht verhangenem Himmel stärker sein als bei klarem Sonnenschein, weil dann die Strahlen von allen Seiten kommen. Wie stark die UV-Belastung durch Rückstrahlung von unten sein kann, zeigt Tabelle 5.

Schnee, frisch	80 %	Betonboden	8-12 %
Schnee, gecaltert	50 %	Dunkler Asphalt	5-9 %
Meeresschaum	25-30 %	Holzbohlen	6 %
Sand, trocken	15-18 %	Trockenes Grasland	2-3 %
Sand, feucht	7 %	Grüne Bergwiese	1 %

Tabelle 5: Reflektion von UV-B-Strahlung in Abhängigkeit vom Untergrund (Lit. 73 zit. in^[2])

Der steinige Weg in die Praxis

Die dargelegten Gründe und Bedingungen für optimierten Lichtschutz haben hoffentlich gezeigt, welche Bedeutung einer sachgemäßen Beratung durch den Augenoptiker zukommt, gerade wegen der ca. 20-jährigen „stummen“ Vorlaufzeit von Grauem Star und Makuladegeneration. Der Kunde muss sicher sein, dass es um seine Augengesundheit geht und nicht um Geschäftsbelebung. Betroffen ist die gesamte Bevölkerung. Denn wir müssen alles daran setzen, um die auf uns zukommende Kostenlawine durch Grauen Star und Makuladegeneration einigermaßen bremsen zu können.

Leider sind die allgemeinen Voraussetzungen dazu für die tägliche Arbeit des Optikers nur dürftig, so dass vieles von der Initiative jedes Einzelnen abhängt. Um diesen Einsatz zu erleichtern sind im Folgenden die wichtigsten Punkte zusammengestellt:

1. Alle farblosen Gläser und Kontaktlinsen sollten mit UV400-Schutz angeboten werden. Der Augenoptiker sollte erklären können, dass sich dieser Vollschutz der Augenlinse lohnt, auch wenn infolge einer veralteten EU-Norm ein Aufpreis zu zahlen ist. Die Situation sollte alle Optiker veranlassen darauf zu drängen, dass die 380nm-Grenze der EU-Norm 1836 baldmöglichst auf 400 nm angehoben wird.
2. Über Einsatzbereiche und Wirkung von farbigen Filter- und Sonnenschutzgläsern orientiert Tabelle 1.
3. Eine Beurteilung, ob die Gläser den Anforderungen der Tabelle 1 entsprechen, ist nur anhand der Transmissionskurven möglich. Bloßes Durchschauen reicht keinesfalls aus. Ausnahme: Neutralgraue bis blaue Gläser können den Standard nach Tabelle 1 grundsätzlich nicht erfüllen. Für fast alle Brillen und auch viele Gläser stehen dem Optiker zur Beratung keine Transmissionskurven zur Verfügung.

Er sollte deshalb darauf drängen, dass die Lieferfirmen für jeden Glastype, auch in Brillen, die Transmissionskurven mitliefern. Bis jetzt gibt es weder Standards noch Gütezeichen für optimierten Lichtschutz, die dem Optiker die Arbeit und dem Kunden die Entscheidung sehr erleichtern würden. Es blieb deshalb nichts anderes übrig, zahlreiche Transmissionskurven zu erfragen und daraus diejenigen auszuwählen, die den Standards der Tabelle 1 entsprechen.

4. Das Ergebnis dieser Nachfrage findet sich in Tabellen 2 und 3. Ideal wäre es, wenn in einem besonderen Stand die in Probebrillen gefassten Gläser der Tabelle 2 dem Kunden zum Ausprobieren zur Verfügung ständen.
5. Besondere Sorgfalt ist erforderlich bei der Beratung von Kunden mit Kunstlinsen oder solchen, die vor einer Staroperation stehen wie weiter oben ausführlich erläutert. Auch Patienten mit einer Makuladegeneration bedürfen einer geeigneten Tagesbrille und einer Sonnenbrille nach Tabelle 1. Auf die hilfreiche Wirkung von ORMA RT 95 bei Patienten, die unter starker Blendung leiden, sei besonders hingewiesen.
6. Fototrope Gläser sind bis auf wenige Ausnahmen (vgl. Tabelle 2 und 3) nicht optimal, da sie den Blaubereich nicht verstärkt abdämpfen.
7. Polarisationsfilter (Tabellen 2 und 3) bewirken nochmals eine deutliche Kontraststeigerung, die gerade bei Makulapatienten häufig sehr erwünscht ist.
8. Auch wenn alle bisherigen Punkte erfüllt sind, ist die Wahl der Brillenfassung von entscheidender Bedeutung. Der Kunde sollte in Ruhe mehrere Fassungen daraufhin prüfen, ob sie bei seinem Gesichtsschnitt Falschlichteinfall von allen Seiten so weit wie möglich verhindern. Selbst dünne Metallgestelle können diese Bedingung erfüllen, wenn sie gebogen sind und der Brillenrand nach Größe und Form den Augenbereich abschirmt.
9. Bevor der Kunde Sie verlässt, sagen Sie ihm, dass Beschattung der Augen den Lichtschutz erheblich verstärkt. Dazu eignet sich z. B. eine Baseballmütze oder noch besser ein breitkrepiger Hut. Dieser schirmt auch bei verhangenem Himmel gegen das von allen Seiten kommende UV-Licht ab.

■ Ausblick

Diese Darstellung zeigt, dass optimierter Lichtschutz keine Modeerscheinung ist, sondern eine dringende und leicht durchführbare Maßnahme für alle. Sie ist fest begründet in der Biologie des Auges und der spektralen Abhängigkeit von Lichtschäden, die mit zunehmendem Alter immer stärker auftreten. Die voranstehenden neun Punkte bieten neue Möglichkeiten, das Vertrauen in den Optiker zukunftssicher zu stärken. Zugleich zeigt sich die Richtung, in die zukünftige technische Entwicklungen, Normen und Standards gelenkt werden müssen.

Autoren:

Prof. em. Dr. Dr. h.c. Siegfried Hünig
Institut für Organische Chemie
Universität Würzburg

A. Ritsche

B.Sc. Augenoptik/Optometrie
Fielmann Akademie Schloss Plön
FH Lübeck

Literatur

1. Sehschaden im Alter vorbeugen und mindern (2006)
<http://www-organik.chemie.uni-wuerzburg.de/huenig>
2. Optimierter Lichtschutz der Augen – Eine dringende Aufgabe und ihre Lösung, Z. prakt. Augenheilkd. 2008, 29, 111-116 und 197-205; <http://www-organik.chemie.uni-wuerzburg.de/huenig>
3. Gelbe und orange Lichtschutzbrillen und Sonnenbrillen nach den Standards von Tab. 1 und 3 werden im Versandhandel angeboten: www.augenlichtschutz.de
4. Kunstlicht und Sehen - Stress für das Auge durch moderne Lichtquellen; A.Wunsch, EHK 2007; 56: 734 – 739
5. Ch. E. Remé, A.Wenzel Optometrie 2007, 23-25; S. Radlingen, Optometrie 2007, 26-27

Füller oder Anzeige