



Der Glasrand ist nicht nur in dem typischen Fassungsfarben Schwarz, Braun und Blau erhältlich. Wer's knallbunt möchte, bekommt es – in diesem Fall Türkis.

Der Brillenglasrand und sein Einfluss auf das Sehen

Reflexionsverhalten im Mittelpunkt

Die Brille ist für viele Menschen das wichtigste Hilfsmittel, um Fehlsichtigkeit zu korrigieren. Daher steht das Brillenglas mit der Geometrie seiner Front- und Rückfläche, dem verwendeten Material und den aufgetragenen Beschichtungen zurecht im Mittelpunkt vieler Betrachtungen. Es gibt allerdings noch weitere Elemente einer Brille, die Einfluss auf das Sehen nehmen können. Auch der Brillenglasrand mit seinem Reflexionsverhalten spielt hier eine – bisher weitgehend unbeachtete – Rolle, die dieser Artikel näher beleuchtet.

Jeder kennt es, aber kaum einer nimmt es wirklich zur Kenntnis: Fällt Licht auf den Rand des Brillenglases, entsteht dort Streulicht, das über Totalreflexion durch das Glas geleitet wird, den gesamten Glasumfang illuminiert und dann durch Front-, Rückfläche oder Glasrand das Glas wieder verlässt. Ein Teil davon in Richtung Auge, wo es vom Brillenträger bewusst oder unbewusst wahrgenommen wird.

Abbildung 1 verdeutlicht, wie die typischen Myopieringe den Gesamteindruck der Brille und des Brillenträgers nachteilig beeinflussen. Schon bei den hier verwendeten geringen Stärken ($-2,00$ dpt, $n = 1,5$) sind sie bei seitlicher Betrachtung deutlich zu erkennen und verändern signifikant die Ästhetik. Durch die Verwendung einer farblich auf die Fassung abgestimmten Randbeschichtung kann dieser Effekt

aufgehoben oder stark gemindert werden. Hierzu sind seit Anfang dieses Jahres qualitativ sehr hochwertige Randbeschichtungen in einer großen Anzahl von Farben verfügbar (Abb. 2).

Einerseits können Randbeschichtungen so die Ästhetik erheblich verbessern. Auf der anderen Seite absorbieren Randbeschichtungen das am Brillenglasrand entstehende Streulicht und blocken von außen in den Rand einfallendes Licht ab, wie in Abbildung 1 gut zu erkennen ist. Das am Rand entstehende Streulicht wird durch die Beschichtung „verschluckt“ – der helle Rand verschwindet.



Abb. 1: Die bei Minusgläsern am Brillenglasrand auftretenden Reflexionen können durch eine farblich auf die Fassung abgestimmte Randbeschichtung elegant in die Brillenästhetik integriert werden. Vergleich der Wirkung identisch verglasteter schwarzer Fassungen ($-2,00$ dpt, $n = 1,5$) mit und ohne schwarzer „shape-line“-Randbeschichtung



Abb. 2: In einem maschinellen Prozess werden die Gläser nach der Randbearbeitung individuell beschichtet. Dabei sind sowohl ästhetische als auch funktionelle, lichtabsorbierende Beschichtungen in einer Vielzahl von Farben herstellbar.

Wie das Streulicht vom Brillenglasrand genau das Sehen beeinflusst, ist ein sehr interessanter Punkt, der bisher noch wenig untersucht ist. Dass das Streulicht vom Glasrand das Sehen beeinflusst, steht allerdings fest. Viele Brillenträger berichten darüber und eine im Jahr 2022/2023 durchgeführte zwölfmonatige Studie belegt es eindeutig.

Besonders überraschend ist diese Tatsache nicht. Schon lange ist bekannt, dass Licht, das über den Rand in eine Optik eintritt oder vom Rand reflektiert wird, einen nachteiligen Einfluss auf die optische Leistung der Gläser besitzt. Im Jahr 1916 meldete die Firma G. Rodenstock das Patent „Optische Gläser mit lichtabsorbierender Randschicht“ [1] an, um ein spezielles Herstellungsverfahren für eine lichtabsorbierende Randschicht an mineralischen Gläsern zu schützen. Diese Randschicht soll das am Glasrand entstehende Streulicht eliminieren und verhindern, dass es direkt oder über Reflexionen an der Frontfläche Einfluss auf die optische Leistung nimmt.

Heute ist im Bereich der Feinoptik das Aufbringen von lichtabsorbierenden Randschichten eine etablierte und wirkungsvolle Technik, die das Streulicht um einen Faktor 10 (!) reduzieren kann. [4] In der Brillenoptik ist der Einsatz dieser technischen Lösung bisher unbekannt. Ein ganz wesentlicher Grund hierfür ist in der im Vergleich zur Feinoptik hohen Komplexität und Variabilität des Brillenglasrandes zu finden. Während feinoptische Komponenten zum Beispiel für Kameraobjektive oder Mikroskope häufig eine zylindrische, kreisrunde Außenkontur mit konstanter Dicke haben und in großen Stückzahlen gefertigt werden, sind gerandete Brillengläser individuelle Produkte mit einer aufwendigen Randgeometrie. Die komplexe Randgeometrie (Facette, Fase, schwankende Dicke, Inklination des Randes ...) und die je nach Fassung unterschiedliche Form erfordern einen Prozess, der die individuelle Geometrie der Glasränder berücksichtigt und eine entsprechend angepasste Auftragskinematik.

Brillenglasrand „sammelt“ Licht aus verschiedenen Richtungen ein

Wie das Licht über Front- und Rückfläche oder den Rand selbst zum Glasrand gelangt und diesen zum Leuchten bringt, kann einfach, aber eindrucksvoll mit einer Punktlichtquelle (z. B. Laserstrahl) visualisiert werden (Abb. 3). In diesem Fall tritt das grüne Licht des Lasers über die Frontfläche von oben in das $-4,00$ dpt Brillenglas ein, wird durch Totalreflexion an einen Punkt des Randes geleitet und von dort durch Streuung und Totalreflexion im Glas auf den gesamten Randbereich verteilt. Von dort wird es erneut gestreut und verlässt das Glas in Teilen auch in Richtung des Auges des

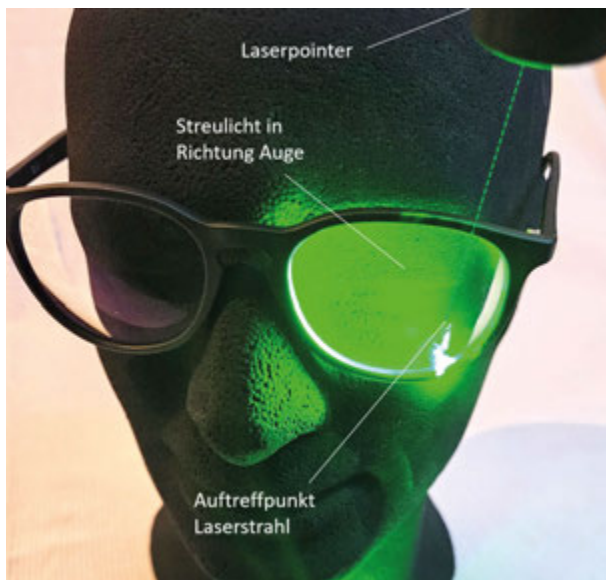


Abb. 3: Über die Frontfläche eintretendes Licht führt durch Totalreflexion zur Illumination des Randes. Ein Teil des dort entstehenden Streulichts strahlt in Richtung Auge und beeinflusst das foveale und periphere Sehen.

Brillenträgers, wie die Beleuchtung der Augenhöhle in Abbildung 3 sehr deutlich zeigt.

Interessant ist hierbei, dass das Laserlicht analog zu dem Licht einer Deckenbeleuchtung von oben in einem flachen Winkel auf die Frontfläche trifft. Der Auftreffpunkt ist dabei ein ganzes Stück vom Rand entfernt und trotzdem kann der Lichtstrahl das Glas nicht mehr verlassen und trifft mit seiner gesamten Leistung auf den Brillenglasrand. Ein Fall, der unabhängig von der Glasrandabdeckung durch die Fassung und möglichen Antireflexionsbeschichtungen in der Praxis immer und unvermeidlich auftritt.

Abbildung 4 zeigt beispielhaft den analogen Strahlengang für ein Strahlenbündel. Das Licht des Strahlenbündels wird an der Frontfläche gebrochen und trifft die Rückfläche unter einem Winkel größer als der Totalreflexionswinkel und wird von dort mittels Totalreflexion im Glas bis zum Brillenglasrand geleitet. Analog der Reflexion in einem Lichtleiter spielen dabei der Brechungsindex des Glases und mögliche Oberflächenbeschichtungen bei einem entsprechenden Einfallswinkel nur eine untergeordnete Rolle.

Am Glasrand wird das Licht an der geschliffenen oder gefrästen Oberfläche in einem großen Winkelbereich gestreut. Je nach Winkel verbleibt der Lichtstrahl im Glas oder verlässt das Glas nach vorn, in Richtung Fassung oder eben in Richtung Auge. Das im Glas verbleibende Licht wird zu einer anderen Stelle des Randes geleitet, an der sich der Vorgang wiederholt. Ergebnis ist ein zwar unterschiedlich stark, aber doch über den gesamten Umfang beleuchteter Glasrand – sehr deutlich in Abbildung 3 zu sehen.

Das vom Glasrand in Richtung Auge reflektierte Licht wird für den Brillenträger als Lichtschleier und als heller Ring des Glasrandes sichtbar.

Wie in Abbildung 4 zu erkennen ist, wird nicht nur das im Nahbereich des Fassungsrandes auftreffende Licht vom Brillenglasrand reflektiert, sondern der Brillenglasrand sammelt gewissermaßen alles Licht ein, das bei dem skizzierten Minusglas unterhalb der optischen Mitte auf das Glas trifft. Das Gleiche gilt natürlich nicht nur für von oben auf das Glas treffendes Licht, sondern auch bei seitlichem Einfall des Lichtes (z. B. Autoscheinwerfer) und beim Eintritt über die Rückfläche des Glases.

Noch deutlicher wird dieses Phänomen, wenn das Licht nicht über die optischen Flächen, sondern über den Brillenglasrand selbst eintritt (Abb. 5). In diesem Fall fällt das Licht über den leicht über den Fassungsrand überstehenden Glasrand direkt in das Glas ein. Ein Fall, wie er nicht nur bei randlosen Brillen, sondern auch bei Vollrandfassungen häufig auftritt. Je nach Fassungsform, Stärke des Fassungsrandes und Glasstärke ist dieses Phänomen bei Minusgläsern häufig temporal/nasal und bei Plusgläsern oben zu beobach-

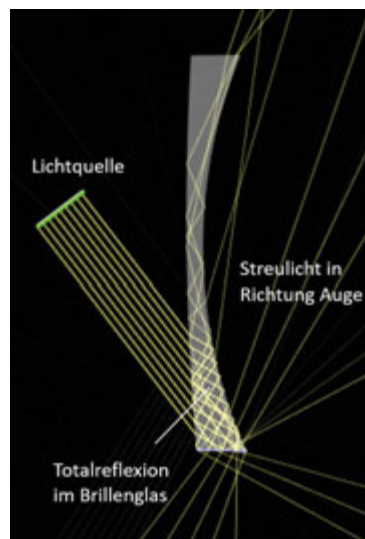


Abb. 4: Simulation des Strahlengangs: Das Licht fällt von oben oder seitlich unter einem flachen Winkel auf die Frontfläche des Brillenglases und wird anschließend innerhalb des Glases mittels Totalreflexion bis zum Rand geleitet. [3]



Abb. 5: Tritt Licht über einen freiliegenden Teil des Rands in das Brillenglas ein, breitet es sich durch Totalreflexion über den gesamten Glasrand aus.

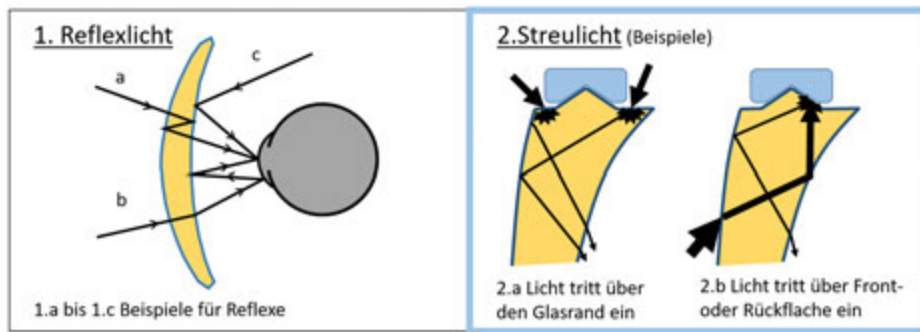


Abb. 6: Falschlicht kann als Reflex- und Streulicht auftreten. Eine wichtige Ursache für Streulicht ist die Reflexion am Brillenglasrand.

ten. Im gezeigten Fall steht das Minusglas (-4,00 dpt) leicht nach hinten über den recht breiten Fassungsrand hinaus. Von der Seite einfallendes Licht trifft diesen Teil des Randes und breitet sich, wie schon oben beschrieben, im Glas aus.

Streulicht vom Glasrand ist „Falschlicht“

Abbildung 6 gibt einen schematisierten Überblick über die oben beschriebenen Phänomene und zeigt wichtige Ursachen von Falschlicht auf. Brillengläser brechen Lichtstrahlen nicht nur, sondern reflektieren immer auch einen kleinen Teil des einfallenden Lichts. Dabei wirken Front- und Rückfläche des Brillenglases zu einem kleinen Teil als Spiegel, die gerichtetes Reflexlicht in Richtung des Auges reflektieren können. Neben dem gerichteten Reflexlicht entsteht durch ungerichtete Reflexion zusätzlich Streulicht, beispielsweise an Staubpartikeln, Verschmutzungen oder insbesondere durch Licht, das an den Rändern des Glases gestreut wird. Streulicht und Reflexlicht werden zusammen als Falschlicht bezeichnet, das sich dem Nutzlicht überlagert und die Abbildung durch Kontrastsehen verschlechtern kann. [2]

Eine einfache analytische Behandlung ist nur für das Reflexlicht, nicht aber für das Streulicht möglich, sodass in Lehrbüchern die Streulichtproblematik häufig ausgeklammert wird. [2] Klar ist aber, dass Streulicht vor allem dann als störend wahrgenommen wird, wenn die Intensität des Reflexlichtes nicht sehr viel kleiner als die Intensität des Hintergrundlichtes ist. In Situationen also, wie sie abends oder nachts bei Autofahrten, beim Fernsehen oder der Arbeit an PC oder Tablet häufig vorkommen.

Durch den diffusen Charakter des Streulichts bei gefrästen oder geschliffenen Glasrändern verteilt es sich oft recht gleichmäßig über das wahrgenommene Bild (siehe auch Abb. 3) und erzeugt nicht unbedingt störende Artefakte, aber es mindert den Kontrast, vor allem in den dunkleren Bildteilen. Je nach Reflexionsverhalten (polierte Ränder!) und Rand- und Formgeometrie können aber auch relativ scharf begrenzte,

deutlich sichtbare Lichtflecke entstehen, häufig als heller Ringabschnitt oder heller Fleck.

Interessant ist an dieser Stelle natürlich die Frage, inwieweit das Streulicht das Sehen beeinflusst. Diesbezüglich zeigen die bisher vor allem auf Empirie und Experimenten beruhenden Untersuchungen einen deutlichen Einfluss auf das periphere Sehen in Dämmerung und Nacht. Die hohe Effizienz des peripheren Sehens für die Wahrnehmung von Bewegungen und die hell-dunkel empfindlichen Stäbchen der Netzhautperipherie sind Gründe für die These, dass bei geringer Intensität des Hintergrundlichtes über Streulicht ans Auge gelangende Lichtintensitätsänderungen zu einer Form von Sehstress führen. Änderungen der Lichtintensität können dabei zum Beispiel durch plötzliche Lichtwechsel im Straßenverkehr oder bewegte Bilder in Fernsehen, PC oder Kino verursacht werden. Die Verarbeitung der peripheren Seheindrücke führt dann zu einer verstärkten Belastung der entsprechenden Gehirnregionen und hierdurch zu einem unbewussten Sehstress.

Im Rahmen einer Studie mit absorbierenden Randbeschichtungen versorgte Brillenträger berichten alle ohne Ausnahme von den deutlich besseren Seheigenschaften und Sehkomfort im Vergleich zu ihrer bisherigen Sehhilfe. Sie beschreiben auch die Situationen, in denen die Beschichtung ihre funktionellen Vorteile ausspielt. Beispielhaft ein Zitat von einem Probanden (30 Jahre, -2,50 dpt stärkster Hauptschnitt) aus der im Anschluss an die Studie durchgeführten Befragung: „Deutlich bessere Seheigenschaften ergeben sich dort, wo entweder allgemein viel Licht ist oder aber man selbst im Dunkeln ist und angeleuchtet wird. Besonders groß ist der Unterschied im Kino oder bei Nachtfahrten, da man dort im Dunkeln ist und hell angeleuchtet wird.“

Brillenglasrandbeschichtungen eliminieren das Streulicht

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass störendes Streulicht sowohl über den Lichteintritt von außen in den Rand als auch durch die Beleuchtung des



Abb. 7: Die absorbierende Randbeschichtung des linken Glases eliminiert das über Front- und Rückfläche eintretende Licht und blockt das von außen auf den freiliegenden Brillenglasrand treffende Licht. Das rechte Glas mit unbehandeltem Glasrand zeigt die üblichen Myopieringe. Brille mit identischen Gläsern (-2,00 dpt, $n = 1,5$) im GlareVis-Demonstrator.

Rands über Front- und Rückfläche des Brillenglases entsteht. Von dem entstehenden Streulicht erreicht ein Teil das Auge des Brillenträgers und führt bei diesem zu einem noch näher zu untersuchenden, unbewusst wahrgenommenen Sehstress.

Das störende Streulicht kann sicher unterdrückt werden, wenn eine Randbeschichtung den Eintritt von außen abblockt und weiterhin über stark absorbierende Eigenschaften verfügt. Hierdurch reduziert die absorbierende Randbeschichtung nicht nur die Reflexionen am Auftreffpunkt des Lichtstrahles, sondern auch an jedem weiteren Punkt des Randes (Abb. 7). Streulicht tritt kaum noch auf – es wird eine optimale Sehqualität und ein deutlich höherer Sehkomfort erreicht. Mit dem von Shape-line entwickelten Demonstrator GlareVis kann dieser wichtige Nutzen dem Konsumenten einfach und schnell verdeutlicht werden.

Die hier vorgestellte Technologie zur Randbeschichtung (shape-line) ist eine echte Innovation und für alle Augenoptiker Neuland. Auf der diesjährigen Opti wurde sie erstmals dem Fachpublikum vorgestellt und ist nun für Augenoptiker in Form einer Dienstleistung

verfügbar. Der Auftrag der Beschichtung erfolgt in einem automatisierten Prozess, bei dem das Material sehr präzise auf den Rand appliziert wird. Ein vorheriges Abkleben oder nachfolgendes Abwischen von übergebliebener Farbe ist nicht notwendig. Das Glas selbst wird unter Beachtung einiger weniger Hinweise wie gewohnt randbearbeitet und zum Beschichten eingeschickt. Als Augenoptiker muss man keine eigenen Geräte oder Hilfsmittel anschaffen.



Prof. Dr. Jörg Luderich

leitet das Labor für Produktentwicklung und den „MakerSpace“ an der TH Köln. Basierend auf 35 Jahren Erfahrung in der optischen Industrie erforscht er Produktionssysteme für die adaptive Herstellung von kundenindividuellen Produkten. Ein Schwerpunkt sind additive Verfahren und unkonventionelle Beschichtungsverfahren.



Christian Pöpperl, M.Eng.

ist Maschinenbauingenieur und geschäftsführender Gesellschafter der Shape Engineering GmbH. Seit 15 Jahren arbeitet er im Umfeld der augenoptischen Industrie und entwickelt gemeinsam mit seinem Team seit 2017 erfolgreich Produktionssysteme und Prozesstechnik für ein breites Anwendungsfeld. Mit shape-line erfolgt die Markteinführung des ersten hauseigenen Produkts für ein breites Publikum.

systeme und Prozesstechnik für ein breites Anwendungsfeld. Mit shape-line erfolgt die Markteinführung des ersten hauseigenen Produkts für ein breites Publikum.

Literaturverzeichnis

- [1] Patent 360473: Optische Gläser mit lichtabsorbierender Randschicht, Fa. G. Rodenstock, Anmeldedatum 10.03.1916, veröffentlicht am 03.10.1922
- [2] Diepes, Heinz; Blendowske, Ralf: Optik und Technik der Brille. DOZ-Verlag Optische Fachveröffentlichung GmbH, Heidelberg, 2002
- [3] Strahlenoptik-Simulator. Online verfügbar unter <https://phydemo.app/ray-optics/simulator/>. Letzter Zugriff am 26.10.2023
- [4] Why use edge blackened optics. Applikationsbericht des Unternehmens Edmund Optics. Online verfügbar unter <http://www.curtpalme.com/forum/download.php?id=15272>. Letzter Zugriff am 20.11.2023



Claudia Büdel et al.

Sprachführer Augenoptik

Egal, ob es um Refraktion, Brillenkauf, Kontaktlinse, Optometrie oder sonstige Spezialisierungen geht: Dieses Buch hält für alle Bereiche gängige Redewendungen und fachliche Formulierungen in zehn Sprachen vor.

DOZ
VERLAG

Jetzt im
DOZ-Shop
bestellen



Einfach im Onlineshop unter doz-verlag.de/shop oder per E-Mail buch@doz-verlag.de bestellen