

Prof. Dr. med. Helmut Wilhelm

DAS GROSSE BUCH VOM
AUGE

1. Auflage © 2023 by Südwest Verlag,
einem Unternehmen der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,
Neumarkter Straße 28, 81637 München

Die Verwertung der Texte und Bilder, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung
des Verlags urheberrechtswidrig und strafbar. Dies gilt auch für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmung und für die Verarbeitung mit elektronischen
Systemen.

Der Verlag behält sich die Verwertung der urheberrechtlich geschützten Inhalte
dieses Werkes für Zwecke des Text- und Data-Minings nach § 44 b UrhG
ausdrücklich vor. Jegliche unbefugte Nutzung ist hiermit ausgeschlossen.
Hinweis: Die Ratschläge/Informationen in diesem Buch sind von Autor und Verlag
sorgfältig erwogen und geprüft, dennoch kann eine Garantie nicht übernommen
werden. Eine Haftung des Autors beziehungsweise des Verlags und seiner
Beauftragten für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ist ausgeschlossen.

Gender-Hinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in diesem Werk auf die
gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d)
verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörter
gelten gleichermaßen für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform beinhaltet
also keine Wertung, sondern hat lediglich redaktionelle Gründe.

Projektleitung: Hannes Frisch & Philipp Christ
Lektorat und Korrektorat: Claudia Fritzsche

Bildnachweis

Cover: Bild 1007741728: © Shutterstock.com/ Serg Zastavkin
Autorenfoto und sonstige Bilder: © Helmut Wilhelm

Umschlaggestaltung & Innenlayout:
Vera Schlachter (Veruschkama Grafik & Illustration)
Satz: Uhl+Massopust GmbH

Herstellung: Timo Wenda

Druck und Bindung: Alcione, Lavis
Printed in Italy



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® N001967
ISBN 978-3-517-10181-1
www.suedwest-verlag.de

Prof. Dr. med. Helmut Wilhelm

DAS GROSSE BUCH VOM AUGE

Erkrankungen und Behandlungen
verständlich erklärt

südwest

Inhalt

| | |
|--|------------|
| Vorwort | 7 |
| Kapitel 1 | |
| Das Auge im Überblick | 8 |
| Die Augenhöhle, die Wohnung des Auges | 12 |
| Die Optik des Auges: Was sind eigentlich Dioptrien? | 19 |
| Kapitel 2 | |
| Baufehler und Serienstreuung: die Sache mit den Brillen | 22 |
| Das Auge ist zu lang: Myopie (Kurzsichtigkeit) | 23 |
| Wenn das Auge zu kurz ist: Hyperopie (Weitsichtigkeit) | 33 |
| Wenn der Autofokus versagt: Presbyopie | 37 |
| Wenn die Hornhaut nicht richtig rund ist: Astigmatismus | 43 |
| Wie wird die Brille bestimmt? | 47 |
| Kontaktlinsen | 48 |
| Zum Augenarzt oder zum Optiker? | 52 |
| Warum wir Blau eigentlich nicht richtig sehen können | 54 |
| Kapitel 3 | |
| Was ist eigentlich gutes Sehen? | 58 |
| Die Sehschärfe | 59 |
| Das Gesichtsfeld | 67 |
| Kapitel 4 | |
| Auge und Gehirn | 72 |
| Wunderwerk Netzhaut | 73 |
| Sehnerv und Sehbahn – vom Auge zum Gehirn | 92 |
| Die geheimnisvolle Welt der Farben | 96 |
| Das Gehirn, mit dem wir sehen | 109 |
| Wie wir unsere Augen bewegen | 118 |
| Vom Schielen und vom Sehen mit zwei Augen | 126 |
| Die Pupille – Blendenautomatik mit Zusatznutzen | 135 |
| Kapitel 5 | |
| Augenkrankheiten: Lider, Bindehaut und Hornhaut | 144 |
| Vorab: die augenärztlichen Instrumente | 145 |
| Die Augenlider – Schutz und Reinigung | 148 |

| | |
|---|------------|
| Die Bindehaut – verbindet Lider und Augapfel | 155 |
| Trockenes Auge – eine Volkskrankheit | 162 |
| Tränendes Auge – nicht nur beim Weinen | 167 |
| Rotes Auge – wann ist es gefährlich? | 168 |
| Die Hornhaut – die empfindliche Frontlinse des Auges | 168 |
| Augenverletzungen | 177 |
| Refraktive Chirurgie – ohne Brille scharf sehen | 178 |
| Kapitel 6 | |
| Augenkrankheiten: Iritis, grüner Star, grauer Star | 184 |
| Die Iris – Regenbogenhaut | 185 |
| Der grüne Star, das Glaukom | 190 |
| Der graue Star, die Katarakt | 211 |
| Kapitel 7 | |
| Augenkrankheiten: Netzhaut, Sehnerv und Sehbahn | 224 |
| Der Glaskörper – meistens unsichtbar | 225 |
| Netzhautablösung – reparabler Notfall | 227 |
| Epiretinale Gliose – Fältchen im Auge | 230 |
| Makuladegeneration – Gefahr aus der Tiefe | 232 |
| Retinopathia centralis serosa – die Makula unter Stress | 239 |
| Die Netzhaut am Limit: Durchblutungsstörungen | 240 |
| Krankheiten des Sehnervs – manchmal unsichtbar | 246 |
| Krankheiten der Sehbahn – ein Halbseitenausfall | 249 |
| Ganz schwierige Fälle | 251 |
| Zukunftsvisionen | 253 |
| Kapitel 8 | |
| Sehbehinderung und Blindheit | 258 |
| Leben mit Sehbehinderung | 259 |
| Blindheit | 264 |
| Nachwort und Danksagung | 267 |
| Weitere Informationen | 268 |
| Register | 269 |

Vorwort

Vieles an unseren Augen ist faszinierend, aber ein bisschen kompliziert. Manches ist sogar ziemlich kompliziert, sodass nicht einmal Experten alles verstehen. Selbst innerhalb der Augenheilkunde hat man sich spezialisiert, unser Wissen ist einfach so enorm gewachsen, dass niemand mehr alle Bereiche der Augenheilkunde wirklich beherrscht. Das geht mir als Autor genauso. Ich musste viele Kollegen um Rat und Hilfe bitten. Es scheint ein vermessenes Vorhaben, Ihnen das Auge zu erklären, und ich bewundere Sie dafür, dass Sie sich trauen und verstehen wollen, was es mit dem Sehen und seinen Störungen auf sich hat. Ich fürchte, ich werde Ihnen allerhand zumuten. Wir werden immer wieder mal Physik und Mathematik brauchen. Wir – damit meine ich mich und die Kolleginnen und Kollegen, die mich beraten haben – wollen, dass Sie verstehen, wie Sehen funktioniert, und wir wollen Sie mit den Krankheiten des Auges bekannt machen. Ich will aber keineswegs eine Art »Reparaturanleitung« verfassen, im Stil von »Jetzt helfe ich mir selbst«. Mein wichtigstes Ziel ist, Ihnen die Faszination des Sehens verständlich zu machen. Wir möchten Ihnen darüber hinaus helfen, mündige Patienten zu werden. Das ist bitter nötig, denn unsere Medizin ist nicht nur Fürsorge, sondern manchmal auch Geschäft. Sie sind nicht nur Patienten, sondern auch Verbraucher und Kunden. Dabei wollen wir Sie ein wenig beraten. Wir wünschen uns mündige Patienten, wohl wissend, dass zwischen dem mündigen Patienten und dem misstrauischen Besserwisser manchmal nur ein schmaler Grat liegt. Deshalb eine Warnung: Wir wissen selbst auch nicht alles. Was ich schreibe, trifft in vielen Fällen zu, vielleicht aber gerade bei Ihnen eben nicht. Und noch etwas: In dem Moment, wo Sie dieses Buch in den Händen halten, ist das eine oder andere, was drinsteht, schon nicht mehr aktuell, schlimmstenfalls sogar überholt. Unser Buch enthebt unsere Kolleginnen und Kollegen nicht der Pflicht, Ihnen zu erklären, was genau bei Ihnen Sache ist.

Beginnen wir mit einem Überblick.

KAPITEL 1

Das Auge im Überblick

Wir haben zwei Augen, sie unterscheiden sich normalerweise nicht. Sie müssen zusammenarbeiten, was aber nicht immer perfekt gelingt. Beruhigend ist es jedenfalls, nicht erblinden zu müssen, wenn einem Auge etwas zustoßen sollte.

Der Augapfel sieht zum größten Teil weiß aus. Das liegt an der Lederhaut (Sklera), die seine äußere Hülle darstellt. Lederhaut ist ein treffender Name, denn sie ist derb und kräftig. Deshalb ist das Auge nicht leicht zu verletzen. Ein Arzt, der eine Wunde an der Lederhaut näht, merkt, dass er dabei eine gewisse Kraft einsetzen muss. Ich bin mir bewusst, die Vorstellung von Eingriffen und Manipulationen am Auge ist für die meisten Leser gruselig, aber jetzt haben Sie sich einmal darauf eingelassen, nun müssen Sie ab und zu da durch. Augenoperationen werden meistens mikrochirurgisch unter dem Operationsmikroskop durchgeführt, sehr filigran und schonend, es fließt kaum Blut. Von einer weit verbreiteten Horrorvision sollten Sie unbedingt Abschied nehmen: Niemals wird ein Auge herausgenommen, operiert und dann wieder eingesetzt. Man kann ein einmal entferntes Auge weder transplantieren noch wieder einsetzen.

Der Augapfel hat einen Durchmesser von knapp 2,5 cm. Es ist also nur ein Äpfelchen, eher eine Aprikose. Vorne weicht das Auge von seiner Kugelform ab, es wölbt sich eine kleine Kuppel aus der Lederhaut. Dort ist die Lederhaut nicht mehr weiß, sondern durchsichtig. Sie heißt da auch nicht Lederhaut, sondern Hornhaut (Kornea), und man kann darunter die Iris, die Regenbogenhaut, sehen. Das Material der Hornhaut ist dem der Sklera sehr ähnlich, es besteht hauptsächlich aus Kollagenfasern, das sind die kräftigsten Bestandteile unseres Bindegewebes. In der Sklera liegen sie kreuz und quer, während sie in der Hornhaut fein säuberlich geordnet sind. Das bewirkt ihre Durchsichtigkeit. Durchsichtig muss die Hornhaut sein, sie ist schließlich die Frontlinse unserer Augenkamera. (Der Autor fotografiert gern, deshalb werden wir immer wieder einmal Anleihen in der faszinierenden Welt der Fotografie machen.) Die Hornhaut ist mindestens so derb wie die Sklera, aber keineswegs spröde wie das Horn der Fingernägel, und es schilfert sich auch nichts davon ab.

Wir halten fest: Das Auge ist knapp 2,5 cm groß, von einer derben Hülle umgeben, die vorne durchsichtig ist.

Die Iris, die Regenbogenhaut, haben wir schon gesehen. Sie hängt zusammen mit dem Strahlenkörper (Ziliarkörper) und der Aderhaut (Choroidea). Diese drei bilden gemeinsam die zweite Schicht des Auges nach innen. Ihr Sammelname ist Uvea. Dafür gibt es keinen gängigen deutschen Begriff, Uvea bedeutet Traube. Mit einem Weinstock hat die Uvea aber wenig zu tun. Ihre wichtigste Funktion, der vor allem die Aderhaut nachkommt, ist die Blutversorgung des Auges. Das Auge ist ein Energie-Großverbraucher, es verbraucht auf sein Volumen gerechnet mehr als Herz oder Gehirn, deshalb hat es dieses luxuriöse Versorgungssystem. Die Aderhaut ist das blutgefäßreichste Gewebe des Körpers. Ihre Aufgabe ist es auch, die mit hohem Energieverbrauch arbeitenden Sinneszellen zu kühlen. Iris und Ziliarkörper enthalten zudem kleine Muskeln, welche die Pupille und die Linse des Auges bewegen.

Wenn wir durch die Lederhaut ins Auge eindringen, treffen wir zuerst auf die Aderhaut, dann folgt die Netzhaut, die Retina, die direkt auf der Aderhaut liegt, was optimal für ihre Blutversorgung ist. Hinten am Augapfel hängt ein Zipfelchen, von unserer Zeichnerin abgeschnitten, der Sehnerv (Nervus opticus). Er tritt an einer 1,5 mm großen Stelle, der Sehnervpapille, aus dem Auge aus und bildet unsere Datenleitung zum Gehirn. Die Stelle in der Mitte der Netzhaut, am hinteren Augenpol, etwa 5 mm von der Papille entfernt, nennt man Makula. Mit vollem Namen heißt sie Makula lutea, auf Deutsch »gelber Fleck«, weil dieser Bereich tatsächlich ein wenig gelblich aussieht, im Vergleich zum eher rötlichen Rest des Augenhintergrunds. Für dieses Rot ist hauptsächlich das Blut in der Aderhaut verantwortlich, die Netzhaut selbst ist durchsichtig. Die Mitte der Makula heißt Fovea (»Grube«, wird später noch erklärt). Sie ist die einzige Stelle, mit der wir wirklich scharf sehen, und deshalb der wichtigste Ort im Auge.

Schließlich müssen wir noch die Linse erwähnen, die am Ziliarkörper aufgehängt ist. Sie ist das zweite optische Glied des Auges und kann ihre Dicke verändern. Auch davon später mehr.

Die Augenhöhle, die Wohnung des Auges

Das Auge bewohnt eine Höhle. Diese befindet sich weit oben, damit es den Überblick behält. Außerdem braucht es eine kurze, wenig störanfällige Leitung zum Gehirn, also ist der Kopf der logische Platz für das Auge. Der Kopf darf bei uns aufrecht gehenden Menschen aber nicht zu groß und schwer werden, sonst hätten wir Probleme mit dem Gleichgewicht. Deshalb darf das Auge nicht allzu viel Platz für sich beanspruchen. Der Fachbegriff für Augenhöhle lautet Orbita, das bedeutet auf Deutsch so viel wie »Kreis« und beschreibt die Form des Höhleneingangs. Ein perfekter Kreis ist es allerdings nicht, der größte Durchmesser beträgt gut 4 cm. Die Höhle selbst ist 4–5 cm tief und wird nach hinten immer enger. Ihr Volumen beträgt etwas über 25 cm³; ein Schnapsglas würde sie knapp füllen. Aus dem vorherigen Kapitel kennen wir den Durchmesser des Augapfels, er beträgt 2,5 cm. Rechnen Sie mal sein Volumen aus (wahrscheinlich müssten Sie jetzt nachschlagen, hier ist die Formel: $\frac{4}{3} \times r^3 \times \pi$). Wir kommen auf 8 cm³. Üppig Platz hat unser Augapfel in seiner Höhle nicht, da er sich bewegen muss und noch einiges an »Zubehör« unterzubringen ist.

Die Augenhöhle schützt den Augapfel. Die berühmte »Faust aufs Auge« trifft meistens die Kante der Augenhöhle, wodurch die Gewalteinwirkung auf den Augapfel zumindest abgeschwächt wird. Gleiches gilt für den Fußball oder Tennisball, beide sind größer als 5 cm und treffen meist nur die Kante der Augenhöhle. Anders ist es mit einem Golfball oder Squashball, diese passen perfekt durch die Öffnung und können deshalb gewaltigen Schaden am und im Auge anrichten. Völlig hilflos ist unser Augapfel auch in einem solchen Fall nicht, denn es sind weitere Schutzmechanismen vorhanden: Die Augenhöhle ist mit polsterndem Fettgewebe ausgefüllt, das den heftig nach hinten schnellenden Augapfel wie ein Airbag abfängt. Wenn auch das noch nicht reicht, können die Knochen der Augenhöhlenwand nachgeben, bis sie brechen. Das hört sich sehr unangenehm an, hat aber den gleichen Effekt wie eine Knautschzone beim Auto: Die Gewalt eines Stoßes wird abgefangen. Tatsächlich sind die Knochen, welche die Augenhöhle begrenzen, recht dünn und brechen leicht. Die Knautschzone ist also eingepflanzt. Der Arzt spricht von einer Blowout-Fraktur, ein Be-

griff, der den unschönen Vorgang sehr schön veranschaulicht. Ein Schaden an der Augenhöhlenwand lässt sich meistens wieder richten, ein Schaden im Inneren des Augapfels hingegen ist viel schwerer zu reparieren.

Eine Blowout-Fraktur eröffnet eine Verbindung zu einem weiteren Höhlensystem, das die Augenhöhle umgibt, ich meine die Nasennebenhöhlen. Nach unten geht es zur Kieferhöhle, nach vorne oben in die Stirnhöhle, nach hinten in die Keilbeinhöhle, und zur Mitte hin liegen die Siebbeinzellen. Die heißen nicht »Höhle«, weil sie aus lauter kleinen Kämmerchen bestehen. Nach oben schließt sich dann schon das Gehirn an, insbesondere der Teil, den wir zum Riechen brauchen.

Die erwähnten Nebenhöhlen sind mit dem Nasenraum verbunden. Folglich haben Keime aus der Nase freien Zutritt. Davor muss sich die Augenhöhle natürlich schützen. Schafft es ein Krankheitserreger, über die Nebenhöhlen in die Augenhöhle zu gelangen, ist dort die Hölle los. Eine bakterielle Entzündung der Augenhöhle ist ein lebensgefährlicher Notfall, kommt aber zum Glück sehr selten vor. Selbst bei einer Fraktur der Augenhöhlenwand bleibt eine schützende Haut erhalten und sperrt Gefährder aus den Nebenhöhlen aus.

Könnten wir uns auf 5 mm Größe schrumpfen und eine leere Orbita betreten, böte sich uns ein durchaus imposantes Höhlenerlebnis. Wenn wir uns durch den immer enger werdenden Höhlengang hindurcharbeiten, treffen wir an dessen Ende auf weitere Höhleneingänge. Zwei davon sind für uns wichtig: die Fissura orbitalis superior und der Sehnervkanal. Fissura orbitalis superior bedeutet »oberer Spalt der Augenhöhle«, ist also kein besonders vielsagender Name, nur eine Beschreibung. Es gibt auch einen unteren Spalt, »inferior«, der ist aber für das Auge nicht so interessant. Durch den »superior« verläuft nämlich ein Großteil der Infrastruktur der Augenhöhle: drei Nerven, welche die Augenmuskeln an das Gehirn an koppeln, zwei Nerven, die für die Tast-, Druck- und Schmerzempfindung des Auges zuständig sind, eine Vene sowie Nervenfasern, sie sind für die Bewegungen der Pupille und der Augenlinse verantwortlich. Die Fissura orbitalis superior ist ziemlich groß, sie braucht den Platz für die vielen Lei-

seine derbe Hülle endet am Eingang zum Kanal, mit dem sie fest verwachsen ist. Der Sehnerv kann in seinem Kanal nicht mehr ausweichen. Muss er auch nicht, im Knochen ist er doch geschützt, könnte man einwenden. Die Knochen unseres Schädels sind aber nicht aus Beton oder Stahl, und selbst bei Beton und Stahl könnte es passieren, dass durch einen heftigen Schlag eine Stoßwelle fortgeleitet wird, die den engen Kanal für Sekundenbruchteile noch mehr verengt. Das kann reichen, um den Sehnerv für immer zu schädigen. Ein weiteres Risiko droht im Schädelinneren, wo der Kanal nach einem knappen Zentimeter endet. Bei einer Gehirnerschütterung kann der Sehnerv dort über die Kanalwand geschert werden. Er ist also sehr gefährdet. In Tübingen sind nicht selten Fahrradstürze für derartige Unglücksfälle verantwortlich, oft natürlich wenn die Radler ohne Helm unterwegs sind.

Und es besteht noch eine weitere Gefahr: Bei etwa 5 % aller Menschen findet man kleine Tumoren der Hirnhaut, sogenannte Meningeome. Die sind an sich gutartig und harmlos, es sei denn, sie beschließen, so zu wachsen, dass sie auf etwas Wichtiges drücken. Wächst ein solches Meningeom im oder in den Sehnervkanal, kann es dort mit minimalem Aufwand maximalen Schaden anrichten.

Das Inventar der Augenhöhle

An jedem Augapfel sind insgesamt sechs Muskeln angebracht, die an ihrem anderen Ende ganz hinten in der Augenhöhle an einer ringförmigen Halterung festgemacht sind. Sie bewegen den Augapfel mit hoher Präzision in die Richtung, in die wir schauen wollen. Warum sechs? Reichen denn nicht vier für rechts, links, rauf, runter? Stellen Sie sich vor, Sie wollen nach rechts oben schauen. Dann stünden Ihre Augen schräg. Die vier vertikalen Muskeln wechseln sich darin ab, das Auge zu heben oder zu senken und gleichzeitig die Verrollung zu korrigieren. Das ist ziemlich kompliziert, aber richtig kompliziert wird es erst, wenn wir uns mit der Zusammenarbeit beider Augen befassen. Doch davon später.

Ganz vorne, oben außen, liegt die Tränendrüse (besser gesagt, eine der Tränendrüsen, denn es gibt auf jeder Seite viele davon, in drei verschiedenen Grundtypen, zahllose davon sind klein und versteckt. Darauf gehen wir beim Thema »Trockenes Auge« ein, siehe S. 162). Die Drüse ganz vorne oben in der Orbita ist jedenfalls mit Abstand die größte. Von ihr bemerken wir wenig, solange sie nicht entzündet ist. Das kommt nur selten vor, meistens tut sie unauffällig ihre Pflicht, gar nicht so selten tut sie mehr als notwendig, dann tränen uns die Augen.

Die Befestigung des Augapfels in der Augenhöhle

Es darf nicht passieren, dass uns die Augen aus dem Kopf fallen, selbst wenn wir etwas ganz Außergewöhnliches sehen. Die Augen sind gut befestigt. Zunächst einmal ist die Augenhöhle mit einer kräftigen Haut verschlossen, dann kommen davor die Lider, die auf ihrer Rückseite mit einer Schleimhaut überzogen sind. Diese nennt man »Bindehaut«, weil sie sich nämlich zum Augapfel hin fortsetzt und diesen mit den Lidern verbindet. Die Lider besitzen kräftige Muskeln. Das spürt jeder, der einem empfindlichen Patienten Augentropfen geben will: Das Auge kann derart fest verschlossen werden, dass es kaum zu öffnen geht, wenn der Patient das nicht freiwillig tut. Oberlid und Unterlid enthalten außerdem eine Art Knorpel, den man mit dem Finger tasten kann. Er dient als weiterer Schutz für den Augapfel. Die höchste Priorität hat der Schutz der Hornhaut, denn wird diese ernsthaft beschädigt, ist es mit dem scharfen Sehen vorbei.

Deshalb ist die Hornhaut außerordentlich empfindlich. Schon die Berührung mit einem feinen Härchen, das man aus einem Wattetupfer zupft, führt zum sofortigen reflexhaften Zukneifen des Auges. Es lässt sich auf kein Risiko ein. Zusätzlich haben wir noch einen interessanten Reflex: Wenn wir das Auge schließen, wird es nach oben gedreht, um die Hornhaut aus der Schusslinie zu bringen, falls eine Gefahr droht. Man kann das fühlen, wenn man den Zeigefinger bei leichtem Lidschluss auf das Auge legt und dann kräftiger zukneift.

Man kann das Oberlid über den Knorpel umklappen. Das ist besonders nützlich, wenn sich unter dem Oberlid ein Sandkörnchen oder eine Mücke verfangen hat. Das störende Objekt mag nur Bruchteile eines Millimeters groß sein, verursacht aber heftige Beschwerden, wenn es beim Blinzeln über die Hornhaut schrammt. Das geht so: Der Patient sitzt und schaut angestrengt nach unten auf seine Füße. Der Helfer (Rechtshänder) greift mit der linken Hand die Wimpern des Oberlides zwischen Daumen und Zeigefinger und zieht das Lid nach unten. Keine Angst, man kann es nicht abreißen. Dann drückt man sanft ein Wattestäbchen, ersatzweise einen Kugelschreiber oder ein Ästchen, an der oberen Kante des Lidknorpels auf das Lid und klappt es darüber um. Die linke Hand hält weiter die Wimpern fest, die rechte Hand mit dem Wattestäbchen ist jetzt frei und kann die Rückseite des Oberlides abwischen. Hat man kein Wattestäbchen, nimmt man den (sauberen) Finger oder ein Taschentuch. Der Ruf als Wunderheiler ist Ihnen gewiss. Es gelingt allerdings nicht immer, die Gewalt, mit der manche Menschen ihre Augen zukneifen können, ist nicht zu unterschätzen. Auch beruhigendes Zureden ist dann oft vergebens, und Schimpfen hilft erst recht nicht. In diesem Fall kann man versuchen, das Oberlid nach unten über die Wimpern des Unterlides zu ziehen, die dann seine Rückseite wie ein Besen kehren und von dem quälenden Fremdkörper befreien.

Unter das Unterlid zu schauen, ist einfacher. Man muss es nur ein wenig nach unten ziehen, dann blickt man in eine Bindehautfalte, eben die Bindehaut, welche die Rückseite des Unterlides und die Vorderseite des Augapfels überzieht. Sie bildet in der Lidspalte einen Sack. Das ist auch der ideale Platz für Augentropfen.

Die Bindehaut ist durchsichtig, deshalb sieht man die weiße Sklera durchschimmern. Die Hornhaut überzieht sie natürlich nicht, sie ist am Hornhautrand fest angewachsen, sonst aber am Augapfel verschiebbar. Das muss so sein, sonst könnte sich das Auge gar nicht bewegen. Die Bindehaut ist nur in geringem Maß berührungsempfindlich. Man kann das mit einem Wattetupfer vor dem Spiegel testen. Man feuchtet diesen am besten etwas an, dann kann man damit die Bindehaut berühren, ohne dass ein Lidschluss erfolgt. Der ist aber nicht zu vermeiden, wenn Sie der Hornhaut zu nahe kommen.

Die Optik des Auges: Was sind eigentlich Dioptrien?

Was liegt näher, als das Auge mit einer zeitgemäßen Digitalkamera zu vergleichen? Die Netzhaut entspricht dem Bildsensor, das USB-Kabel zum Computer wäre der Sehnerv und der Computer selbst das bildverarbeitende Gehirn. Anhand dieses Modells kann man sich vieles veranschaulichen. Eine Kamera braucht ein Objektiv, unser Auge ebenfalls, und damit wollen wir uns jetzt eingehender beschäftigen.

Das Objektiv unseres Auges ist ein Zweilinsler. Nur ein Zweilinsler? wird der Fotograf sich wundern. Ein gutes Normalobjektiv hat 5–7 Linsen, mit nur zwei Linsen erreicht man niemals eine vernünftige Bildqualität. Der Fotograf hat recht. Mit der Optik unseres Auges ist nicht viel Staat zu machen, aber davon später. Zunächst müssen wir sie erst einmal verstehen.

Aufgabe der Optik ist es, ein Bild auf der Netzhaut zu erzeugen, auf der Fovea muss es genau stimmen, das ist die einzige Stelle, mit der wir wirklich scharf sehen. Ein Punkt in der Ferne, etwa der Fußball am Anstoßkreis gesehen aus der letzten Reihe der Fankurve, muss ein scharfes Pünktchen auf der Netzhaut ergeben. Alle Strahlen, die von diesem Punkt ausgehen, müssen sich genau in der Fovea treffen, damit wir ihn scharf sehen.

Die Frontlinse unseres Zweilinslers ist die Hornhaut, dahinter kommt Wasser und dann folgt die Augenlinse, die einen gewissen Einstellspielraum hat, dahinter sitzt der Glaskörper, der ebenfalls im Wesentlichen aus Wasser besteht. Das ist schon mal ein Unterschied zur Kamera. Dort ist Luft zwischen den einzelnen Linsen, sofern sie denn nicht direkt aufeinandergeklebt sind. Die stärkste Lichtbrechung erfolgt an der Hornhaut, weniger stark wird das Licht beim Übergang vom Kammerwasser zur Linse gebrochen. Um den Strahlengang durch das Auge genau zu verfolgen, bedarf es einer beträchtlichen Kenntnis der Optik und würde uns

jetzt überfordern. Man braucht auch nicht zu sehr ins Detail zu gehen. Wir tun so, als bestünde die Optik unseres Auges aus einer einzigen Linse, die ein scharfes Bild auf der Netzhaut erzeugen muss. Damit der Strahl in die Fovea gelangt, muss die Linse ihn umlenken. Dieser Vorgang heißt Lichtbrechung. Der Strahl wird dabei nicht unterbrochen, er ändert nur seine Richtung. Brechkraft nennt man die Stärke, mit der eine Linse einen Lichtstrahl umlenken kann. Die Brechkraft wird in Dioptrien (dpt) gemessen.

Und damit sind wir bei einem Thema, das vielen Menschen, auch Ärzten (Augenärzte vielleicht ausgenommen) Probleme bereitet. Was ist eigentlich eine Dioptrie? Die Dioptrie ist schlicht und einfach ein Längenmaß mit der Einheit 1/m. Die Fahrstrecke bis zur Arbeit in Dioptrien zu messen, ist durchaus möglich, allerdings kommen dabei Zahlen heraus, mit denen sich nur schwer hantieren lässt. 5 km entsprechen 0,0002 dpt, 1 : 5000 m. Sie könnten aber Ihre Kleidergröße in Dioptrien angeben, Hosenweite 32 (= 80 cm, da in Zoll angegeben) wären dann 1,25 dpt. Probieren Sie es mal beim nächsten Jeanskauf!

Die Brechkraft einer Linse hängt von ihrer Brennweite ab. Suchen Sie sich nun eine Lupe, gehen Sie damit ins Freie und bilden Sie die Sonne ab, wenn sie gerade scheint. Wenn Sie Ihre Hand als Bildebene benutzen (wir raten Ihnen, das besser bleiben zu lassen), werden Sie unmittelbar und schmerzhaft verstehen, warum es »Brenn«weite und »Brenn«punkt heißt. Sie können auch ein wenig trockenes Gras als Bildebene benutzen, dann entfachen Sie ein Feuerchen und beeindrucken damit Ihre Kinder (kontrollieren Sie vorher Ihre Haftpflichtversicherung, die Kinder werden dann nämlich ihre Freunde beeindrucken wollen). Das ist übrigens eine gute Gelegenheit, Ihren Kindern zu erklären, dass und warum man auf keinen Fall in die Sonne (oder andere starke Lichtquellen) schauen darf, sonst spielt sich auf der Netzhaut genau das ab, was Sie gerade am Gras beobachtet haben, und es trifft die einzige Stelle der Netzhaut, mit der wir wirklich scharf sehen. Es würde nicht einmal wehtun, die Netzhaut ist nicht schmerzempfindlich. Schauen Sie deshalb lieber auch nicht direkt auf das Bild der Sonne, das Sie mit der Lupe erzeugt haben.

KAPITEL 2

Baufehler und Serienstreuung: die Sache mit den Brillen

Die Optik unseres Auges ist kein Hochleistungsobjektiv. Außerdem lässt ihre Fertigungsqualität zu wünschen übrig. Es gibt eine ausgeprägte »Serienstreuung«. Die Brennweite des optischen Systems des Auges und seine Länge müssen zusammenpassen. Nur wenn die Länge exakt der Brennweite des Gesamtsystems entspricht, treffen sich die Strahlen, die vom Fußball im Anstoßkreis ausgehen, genau in der Fovea des Zuschauers und nicht vor oder hinter seiner Netzhaut. Leider ist das nicht immer der Fall. Unser Auge ist noch nicht fertig ausgewachsen, wenn wir auf die Welt kommen. Es muss sich beim Heranwachsen auf die genau richtige Länge einstellen. Häufigster Fehler: Das Auge ist zu lang. Das scharfe Bild des Fußballs entstünde vor der Netzhaut, im Glaskörper. Das Bild, das auf der Netzhaut ankommt, ist unscharf. Wie schafft man Abhilfe? Man könnte das Auge verkürzen. So etwas wurde früher tatsächlich schon probiert und nahm kein gutes Ende. Es wäre aber auch heute eine Operation mit sehr ungewissem Ausgang. Man muss einen anderen Weg gehen: Die Brechkraft des Auges ist für seine Länge zu groß, also müssen wir sie abschwächen. Das geht ganz einfach. Man braucht eine Linse, die die Brechkraft des Auges reduziert. Unser Auge hat eine Sammellinse, um sie zu schwächen, brauchen wir eine Zerstreuungslinse. Bei Sammellinsen wird die Stärke mit Plus als Vorzeichen angegeben, bei Zerstreuungslinsen mit Minus. Damit lässt es sich bequem rechnen.

Das Auge ist zu lang: Myopie (Kurzsichtigkeit)

Unser Mensch mit dem zu langen Auge hat in einer bestimmten Situation kein Problem: Wenn ein Gegenstand näher am Auge ist. Der Fußballfan könnte das Spiel in der Livesendung auf dem Smartphone verfolgen, wenn er seine Brille zu Hause vergessen hat. Dabei kommt ihm seine zu stark brechende Optik zugute, in der Nähe sieht er nämlich scharf. Man bezeichnet ihn deshalb als »kurzsichtig«. »Nahsichtig« wäre eigentlich treffender. Je stärker die Kurzsichtigkeit, desto näher am Auge liegt der Punkt, an dem Betroffene optimal scharf sehen. Als Brille benötigen sie

eine Zerstreuungslinse, sie verkleinert das Bild, und ihre Stärke hat ein Minus als Vorzeichen. Jetzt kommen wieder die Dioptrien ins Spiel, sie messen ja die Entfernung, deshalb kann man damit auch die Kurzsichtigkeit beschreiben. Beträgt sie 1 dpt, sieht man in 1 m ohne Brille scharf, mit 2 dpt sind es 50 cm, mit 3 dpt 33,3 cm, mit 4 dpt 25 cm, mit 8 dpt 12,5 cm. Und genau diese Brillenstärke (in Minus) braucht man, um die Kurzsichtigkeit auszugleichen. Ziel ist, dass man in unendlicher Entfernung scharf sieht. In Dioptrien ergibt das 0, denn $1 : \text{unendlich}$ ergibt 0. Der Fachbegriff für Kurzsichtigkeit ist Myopie, das Adjektiv dazu heißt myop, und die beiden wollen wir ab jetzt verwenden. Kurzsichtig klingt im allgemeinen Sprachgebrauch diskriminierend, gleichbedeutend mit »nicht ausreichend vorausschauend«, und das hat ja mit der Brillenstärke nichts zu tun.

Die Dioptrienzahl der Brille sagt uns, wie ausgeprägt die Myopie ist. Je mehr Dioptrien, desto stärker verkleinert sie. Man kann das gut sehen, wenn man schräg durch ein Brillenglas schaut. Mit etwas Übung kann man das Ausmaß der Myopie ganz gut abschätzen lernen. Man kann sich damit den Ruf als eine Art Mentalmagier aufbauen, wenn man nach einem kurzen Blick sagt: »Aha, kurzsichtig, etwa 5 Dioptrien.« Aber wir wollten ja »myop« statt »kurzsichtig« sagen.

Als Normalsichtiger kann man sich die Welt des Myopen im wahrsten Sinn vor Augen führen, wenn man eine jener Lesebrillen ausprobiert, die in verschiedenen Geschäften, ja mitunter sogar in Tankstellen, zum Verkauf angeboten werden. Setzen Sie mal +2,0 auf. Damit sind Sie 2 Dioptrien myop. Der Optiker müsste Ihnen - (minus) 2 dpt verpassen, dann wäre Ihre selbst gemachte Myopie ausgeglichen ($+2-2 = 0$). Mit dieser +2-Brille werden Sie den Brillenständer sehr gut sehen, auch Ihr Spiegelbild ist klar, wenn der Brillenständer über ein Spiegelchen verfügt, nicht aber die Regale einige Meter weiter entfernt, und Sie werden die Nummernschilder der Autos auf dem Parkplatz draußen nicht mehr lesen können. Sollte das nicht der Fall sein und Sie können mit +2 dpt in der Ferne scharf sehen, haben Sie vielleicht eine andere Fehlsichtigkeit, zu der wir gleich kommen.

Besser sehen mit Bierdeckel und Gabel

Im Zeitalter automatischer Kameras kümmert man sich normalerweise nicht mehr darum, aber die Blende spielt beim Fotografieren eine wichtige Rolle. Die Blende begrenzt den Lichteinfall, ohne dabei das Bild zu beschneiden. Sie muss genau an der richtigen Stelle sitzen, etwa in der Mitte des Objektivs. So eine Blende hat unser Auge auch, die Pupille. Sie ist automatisch helligkeitsgesteuert, wird klein, wenn es hell wird, und groß, wenn es dunkel ist. Wenn sie klein ist, verbessert sie die optische Abbildung, wodurch die Bildfehler unseres Auges nicht mehr so sehr zum Tragen kommen. Außerdem verbessert sie die Tiefenschärfe (Fotografen reden von »Schärfentiefe«, meinen aber dasselbe). Das nutzt unser Auge auch. Die Pupille verengt sich, wenn wir auf etwas in der Nähe schauen. Der Fotograf weiß: Bei Nahaufnahmen muss man abblenden. Arbeite ich mit offener (großer) Blende, muss die Scharfeinstellung exakt stimmen. Mit Blende 16 darf ich mir erlauben, etwas danebenzuliegen, das Bild wird trotzdem befriedigend scharf.

Jetzt haben wir auch eine Erklärung dafür, dass man immer wieder Myope findet, denen es gar nicht aufgefallen ist, dass sie in der Ferne nicht gut sehen. Wir reden jetzt nicht von -3dpt , sondern von $-0,75\text{dpt}$ oder -1dpt . Wenn es hell ist und die Pupille eng, sieht man ganz ordentlich und hat nicht das Gefühl, den anderen unterlegen zu sein. Anders stellt es sich im Dunkeln dar, da ist die Pupille weit, und die falsche Entfernungseinstellung unseres Auges fängt an zu stören. Aber im Dunkeln sieht man ohnehin schlecht, denkt man und macht sich nichts weiter draus. Die leichte Unschärfe des Films auf der Kinoleinwand nimmt man nicht wahr oder hält sie für eine künstlerische Eigenwilligkeit. Man geht ja auch nicht ins Kino, um seine Sehschärfe zu testen. Es gibt einen einfachen Trick, ohne Brille scharf zu sehen: Man kann sich eine künstliche Blende herstellen. Dazu braucht man eine Scheibe mit einem Loch von $1\text{--}1,5\text{mm}$ (z. B. ein Mantelknopf

mit Knopflöchern). Durch ein solches Loch schaut man. Es wirkt als Blende – allerdings verkleinert es auch das Gesichtsfeld, denn diese Blende steht ja nun nicht an der richtigen Stelle im Augeninneren, sondern vor dem Auge. Damit kann der Myope ohne Brille die Kirchturmuhre ablesen, wenn sein Brillenwert nicht allzu hoch ist. Und der Altersweitsichtige (darüber erfahren wir später mehr) kann die Speisekarte im schummrigen Restaurant lesen, wenn er die Brille vergessen hat (oder sie absichtlich zu Hause ließ, um einen Rückschluss auf sein wahres Alter zu verhindern). Ein Bierdeckel, durchstoßen mit einer Gabel: Fertig ist die Notbrille. Wenn der Fehlsichtige solch eine Blende vor seine Brille hält und damit sehr viel besser sieht, spricht das dafür, dass die Brille nicht ganz stimmt. Wenn Sie keine Brille tragen und mit einer Lochblende deutlich besser sehen, kann es sein, dass Ihnen eine Brille guttäte.

Übrigens nutzt jeder den Lochblendeneffekt automatisch. Wenn wir etwas nicht ausreichend scharf sehen, kneifen wir die Augen zusammen und erzeugen mit unseren Wimpern kleine Blenden, durch die wir schauen. Dass diese Blenden nicht kreisförmig sind, stört dabei nicht. Auch beim Blinzeln hat man ganz kurz ein schärferes Bild, eben durch diesen Effekt. Eine der Möglichkeiten eines Sehtrainings besteht darin, Blinzeln und Kneifen zu trainieren.

Die andere Strategie wäre, zu lernen, wie man aus einem unscharfen Bild mehr Informationen extrahiert. Das funktioniert durchaus, aber man wird niemals annähernd so gut sehen wie mit Brille und bekommt schneller Falten um die Augen.

