

Kapitel 1

Auge und Kamera

WYSIWYG war für frühe Nutzer von Heimcomputern die reinste Offenbarung. Die Abkürzung steht für »What you see is what you get« und meint die Echtzeit- beziehungsweise Echtbilddarstellung. Was Sie am Monitor sehen, entspricht also – zumindest weitgehend – dem, was am Ende rauskommt, etwa aus einem Drucker. Das erscheint heute nicht weiter bemerkenswert, war aber in den frühen 1980er-Jahren bahnbrechend. Der Wunsch nach diesem Komfort offenbart unsere generelle Erwartungshaltung: Die Welt und weit mehr noch unsere technischen Errungenschaften haben sich gefälligst so zu verhalten, wie sie sich unseren Sinnesorganen darbieten. Mehr als ein frommer Wunsch ist das nicht, dazu hat jeder seine einschlägigen Praxiserfahrungen gesammelt.

Was das Verhältnis von Auge und Kamera angeht, ticken die Uhren beider Werkzeuge bisweilen unterschiedlich. Das bemerken Sie schnell, wenn Sie versuchen, eine schöne Aussicht oder ein weites Panorama fotografisch einzufangen. Aus mangelndem Verständnis für die Abweichungen resultieren Fotos, die wenig mit dem zu tun haben, was der Fotograf gesehen hat und was er dem Betrachter vermitteln möchte. Deshalb erfahren Sie in diesem Kapitel, wie die beiden Systeme, Auge und Kamera, funktionieren, was sie eint und was sie unterscheidet.

Wie das menschliche Auge funktioniert

Sie kennen diesen Kampf, den man mit lästigen Fliegen ausficht. So schnell man auch zuschlägt, fast immer entwischt das Biest. Das liegt schlicht daran, dass uns die Fliege in Zeitlupe wahrnimmt, weil ihre Facettenaugen 250 Bilder pro Sekunde sehen, wir dagegen nur 60. Sehen hat also nicht für alle Lebewesen die gleiche Qualität, wobei es auch Tiere gibt, die uns deutlich unterlegen sind. Da Bilder nicht nur aus einer einzigen Information bestehen, bedeuten 60 Bilder pro Sekunde zugleich etwa zehn Millionen Informationen pro Sekunde. Selbst unser erstaunliches Gehirn kann das nicht alles speichern. Das »fotografische Gedächtnis« existiert also nicht wirklich, nur können sich manche Menschen mehr visuelle Eindrücke merken als andere.

Das menschliche Auge (siehe Abbildung 1.1) besitzt Bestandteile, die keinen oder nur unwesentlichen Einfluss auf das Sehen haben. Die weiße *Lederhaut* wäre dafür ein Beispiel, ihre Hauptaufgabe ist der Schutz des Augapfels. Wir selbst sehen sie nur im Spiegel und haben den Eindruck, das Auge sei in seiner Gesamtheit zur Welt hin geöffnet, doch tatsächlich gilt das nur für den vorderen Teil, die *Hornhaut*. Sie ist die glasklare Einlasspforte fürs Licht und bündelt die eintretenden Strahlen. Das schafft sie nicht bei allen Menschen gleich akkurat. Hornhautverkrümmungen kennen wir als häufige Sehfehler, die Chirurgen mit einer Laseroperation zu korrigieren versuchen. Lesen Sie nun Schritt für Schritt, wie das Auge eintretendes Licht verarbeitet:

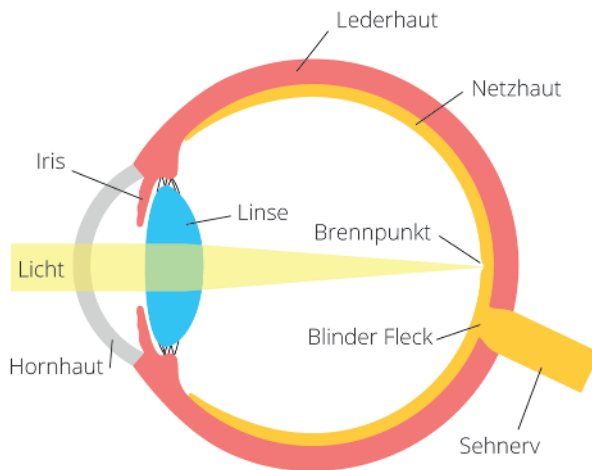


Abbildung 1.1: Für das Sehen relevante Teile des Auges, Bild: Daniela Höhmann, Wuppertal, unter Verwendung eines Motivs von pikovit – stock.adobe.com

1. Hinter der Hornhaut befindet sich die *Regenbogenhaut*, gut bekannt als *Iris*. Ihre Farbe dient dazu, Licht abzuschirmen, was eine bräunliche Iris besser schafft als eine blaue.
2. Die nicht eingefärbte *Pupille* im Zentrum der Iris regelt den Lichteinlass, indem sie sich weitet oder verengt. Bei Dunkelheit soll zwecks besserer Nachtsicht mehr, bei Sonnenschein zum Schutz des Augeninneren weniger Licht einfallen.
3. Die *Linse* dahinter bündelt die eintretenden Strahlen, damit auf der *Netzhaut* ein scharfes Bild entsteht. Dazu muss sich die Linse der Entfernung des anvisierten Objekts anpassen: flach für weit entfernte, kugelförmig für nahe Gegenstände. Mit den Jahren erlahmt das System, aber auch für junge Menschen gilt eine *Naheinstellgrenze*. Bis zum Alter von etwa 20 Jahren können unsere Augen auf Objekte scharfstellen, die 7–10 cm entfernt liegen; kürzere Distanzen schaffen wir nicht. Mit rund 40 Jahren hat sich auch diese Leistung halbiert. Mit weiter fortschreitendem Alter pendelt sich die Naheinstellgrenze etwa beim Lebensalter ein.
4. Auf der Netzhaut am Augenhintergrund befinden sich rund 127 Millionen Rezeptoren, die das auftreffende Licht in Nervenimpulse umsetzen. Stäbchen regeln das Hell-Dunkel-, Zapfen das Farbsehen.

5. In der Makula, dem gelben Fleck im Zentrum der Netzhaut, liegt eine Vertiefung mit der höchsten Konzentration an Lichtrezeptoren. Fixieren wir ein Objekt, drehen sich unsere Augen so, dass der Gegenstand auf eben diesem *Brennpunkt* abgebildet wird, denn das ist die Stelle des schärfsten Sehens.
6. Der *blinde Fleck* bleibt unempfindlich für Licht. Dort nämlich tritt der *Sehnerv* aus der Netzhaut aus. Seine Aufgabe besteht darin, die empfangenen Bildinformationen zur weiteren Verarbeitung ans Gehirn zu leiten.

Unumstößliches der Optik

»Graphein« stammt aus dem Griechischen und bedeutet »zeichnen«, »phos« aus derselben Sprache steht für »Licht«. Fotografen nutzen also ein natürliches Phänomen, um ihre Bilder zu erschaffen, sie bedienen sich dieses Elements oder dieser Substanz, die auf dem zuvor beschriebenen Weg Einlass ins Auge findet. Abseits aller Physik darf man Licht getrost als ein Wunder betrachten, das dem Menschen viele Aspekte der Natur offenbart. Es soll nun um einige Gesetze gehen, deren Verständnis dazu verhilft, mit Licht bewusster »zeichnen« zu können.

Zauber der Farben

Unsere Augen und unser Gehirn haben sich im Laufe der Evolution den physikalischen Gesetzen der Optik angepasst. Zum Glück benötigen Fotografen für die meisten Einsatzgebiete nur ein Basiswissen und brauchen sich mit vielen anspruchsvollen Fragen der Physik nicht zwingend zu beschäftigen. Von Belang ist, dass eine elektromagnetische Strahlung existiert, von der das menschliche Auge nur einen Teil als Licht wahrnimmt, und zwar den Bereich zwischen 380 Nanometer (Violett) und 780 Nanometer (Rot). Jenseits davon liegen am einen Ende *Ultraviolett* (UV), Röntgen- und Gammastrahlen, am anderen *Infrarot* (IF), Mikro- und Radiowellen. Während Menschen das ultraviolette Licht mit ihren Sinnesorganen nicht wahrnehmen, können Vögel diesen Bereich des Spektrums nutzen, um den Reifegrad von Früchten zu erkennen.



Für die Messung von Wellenlängen nutzen Physiker die Maßeinheit Nanometer (nm). Es ist der milliardstel Teil eines Meters.



Bei einem Regenbogen sind die Teilbereiche der sichtbaren Strahlung gleichsam aufgebrochen, wir sehen wie bei einem Fächer den Verlauf von kürzeren zu längeren Wellen, die unser Auge in jeweils unterschiedliche Farbwahrnehmungen umsetzt. Mit einem speziell geformten Glaskörper, dem *Prisma*, lässt sich so eine Lichtbrechung zu Versuchszwecken oder auch für fotografische Effekte erzeugen.

Die Gesamtheit der für den Menschen sichtbaren Farben addiert sich zu weißem Licht. Es liegt dabei eine *additive Farbmischung* vor: Die Grundfarben Rot, Grün und Blau, für die die Zapfenrezeptoren unserer Netzhaut sensibilisiert sind, ergänzen (addieren) sich bei

gleichen Anteilen zu Weiß, bei ungleichen Anteilen zu Farbvarianten (siehe Abbildung 1.2). Würde man mit der Lupe das Display eines Smartphones absuchen, sähe man den Beleg dafür, dass die Technik dem Auge das Prinzip abgeschaut hat: Es finden sich nebeneinander gleichmäßig angeordnet rote, grüne und blaue Pixel, die je nach Aktivität (Lämpchen an oder Lämpchen aus) in der Aufsicht aus üblicher Distanz die angestrebte Farbe ergeben. Eine *subtraktive Farbmischung* liegt vor, wenn ein Spektralanteil absorbiert wird, man also Farbanteile herausnimmt (subtrahiert), beispielsweise mit Filtern, deren Effekt von ihrer Einfärbung und Stärke abhängt. Der Filter absorbiert jeweils seine *Komplementärfarbe*, die man auch als Gegenfarbe bezeichnet. Komplementärfarben liegen im Farbkreis einander gegenüber, sie ergänzen sich bei der additiven Farbmischung zu weiß, bei der subtraktiven zu schwarz. Ist der Filter gelb, dann schluckt er die blaue Farbe, während er rot und grün durchlässt. Diese beiden Farben addieren sich wiederum zu dem Gelb, das man sieht.



Abbildung 1.2: Additive Farbmischung, Bild: Daniela Höhmann, Wuppertal

Das Licht und sein Wandern

Licht geht von einer *Quelle* aus, einem selbstleuchtenden Körper, der natürlich sein kann wie die Sonne oder aber künstlich wie eine Glühlampe. Der Mond, so hell er erscheinen mag, ist keine selbstleuchtende Lichtquelle, sondern lediglich ein sehr großer Reflektor, ein beleuchteter Körper, der das Sonnenlicht zurückwirft. Nicht alle Lichtquellen verfügen über das gesamte Farbspektrum des Regenbogens, oft fehlt ein gewisser Anteil, oder bestimmte Bereiche leuchten kräftiger als andere. Schwächtelt beispielsweise der grüne Bereich, dann kann nur wenig oder gar kein Grün reflektiert werden. Die Erbse »ist« nicht wirklich grün, sie absorbiert lediglich die roten und blauen Bereiche sehr stark und wirft zurück, was sie nicht geschluckt hat, also den grünen Anteil der Lichtquelle. Setzt man gezielt eine Lichtquelle ohne Grünanteil ein, dann erscheint die Erbse nicht mehr grün, sondern nimmt eine atypische Farbe an.

Ein *Lichtstrahl* verläuft immer geradlinig – und das in alle Richtungen, was ein wenig dem Vorstellungsvermögen entgleitet. Denn man sollte annehmen, dass auf diese Weise ein heilloses Chaos von Strahlen entsteht, die einander durchdringen und stören. Lichtstrahlen haben aber die Eigenschaft, von anderen Lichtstrahlen nicht irritiert zu werden. Deshalb auch