

Ich sehe was, was du nicht

Der große Test zwischen Auge und Digitalkamera

von Professor Franz Tomaschowski

Mit einem Fotoapparat oder einer Filmkamera die Welt so abbilden, wie wir sie sehen, war das Motto der Pioniere auf diesem Gebiet. Bis Mitte des 20. Jahrhunderts wurde die Funktion des Sehens mit dem der Fotografie gleichgesetzt. Inzwischen haben sich die Fotografie und die Wissenschaft weiterentwickelt. Das fotografische Bild ist aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Ist die Bildqualität, die durch unsere Augen erreicht wird, der Qualität des digitalen Abbildes ebenbürtig? In den USA erproben Wissenschaftler ein Verfahren, indem mit Hilfe einer Minikamera das eigene Erleben auf einer Festplatte gespeichert wird, so dass wir keinen Moment versäumen bzw. vergessen können.

Teil 1: „Die Hardware“

Das Objektiv

Die Iris fungiert als Blende und reguliert die auf die Netzhaut fallende Lichtmenge. Je nach Lichteinfall wird die Pupille automatisch vergrößert oder verkleinert. Ebenso beeinflussen psychische Prozesse wie z.B. Müdigkeit oder Arbeitsbelastung die Pupillengröße. Bewusst lässt sich die Pupillengröße nicht verändern. Die „Blendenöffnung“ *des Auges* variiert zwischen 1,5 und 8-12 Millimetern. Dies entspricht den Werten von ca. 2,8 – 16 der Blendenöffnung einer Kamera. Durch die runde Öffnung von Pupille bzw. Objektiv ist lediglich ein engbegrenzter Schärfebereich möglich, im Gegensatz zu schlitzförmigen Pupillen wie z. B. bei einer Katze. Hinter der Pupille befindet sich eine einzige Linse. Die Scharfeinstellung erfolgt durch die Verformung der Linse.

Objektive von Kameras sind in ihrem Aufbau wesentlich komplexer. Einlinsenobjektive werden nur noch in Einwegkameras eingesetzt. Die Qualität eines Objektivs wird durch Lichtmenge, Vignettierung (Randabschattung), Randverzerrung und Schärfe bestimmt. Qualitativ hochwertige Objektive bestehen aus einer ganzen Reihe von Linsen, die in Gruppen eingeteilt sind. Dieser Aufwand ist erforderlich, um Abbildungsfehler möglichst gering zu halten. Unsere Linse im Auge dagegen ist zwar leicht. Scharf und verzerrungsfrei dagegen werden Objekte nur in der Nähe des Brennpunktes abgebildet. Der Schärfebereich beträgt lediglich 2 Grad.

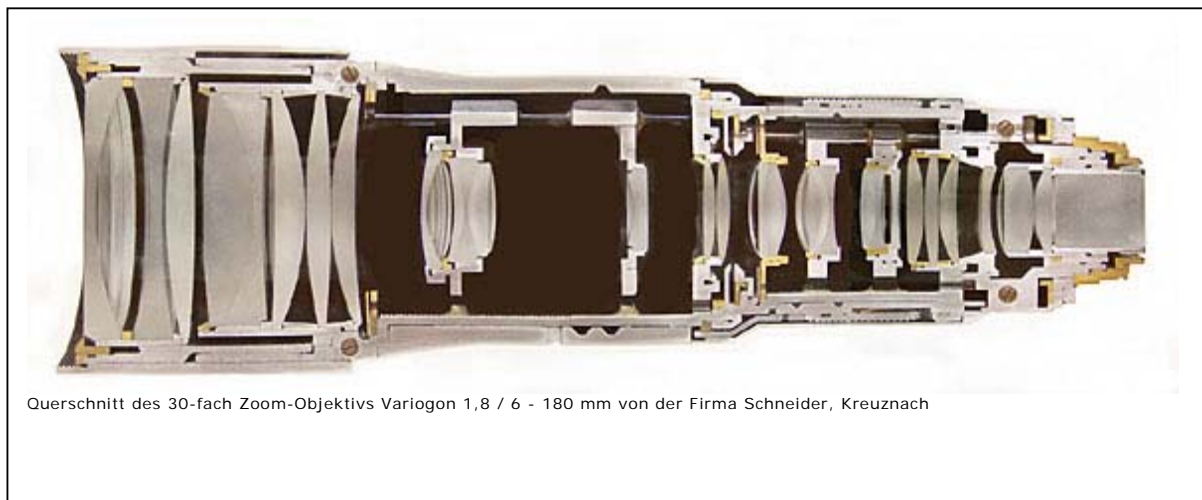
Fazit: Kameraobjektive im Bereich Verzerrung, Randabschattung und Schärfe sind der Augenlinse weit überlegen.

Brennweite und Zoom

Die Brennweite bezeichnet den Abstand zwischen Linse und Brennpunkt. Wird die Brennweite, beispielsweise in einem Zoomobjektiv, verändert, so verändert sich der Bildwinkel. Neben dem bekannten Fernglas- oder Fischaugeneffekt verändert sich auch die Bildwirkung: Situationen und Gegenstände, die mit einer hohen

Brennweite aufgenommen werden, empfinden wir als gedrunen und verdichtet. Die mit einer geringeren Brennweite aufgenommenen Objekte dagegen wirken weit und auseinandergezogen. Bildwirkungen können so wirkungsvoll gesteigert werden, da unser Auge lediglich eine einzige Standardbrennweite kennt. Verglichen mit einer Kleinbildkamera liegt diese bei ca. 55 mm.

Fazit: Kameraobjektive ermöglichen einen großen Gestaltungsraum durch unterschiedlich Brennweiten. Das Auge verfügt weder über verschiedene Brennweiten noch über einen Zoom.



Querschnitt des 30-fach Zoom-Objektivs Variogon 1,8 / 6 - 180 mm von der Firma Schneider, Kreuznach

Bildwinkel und Abbildungsqualität

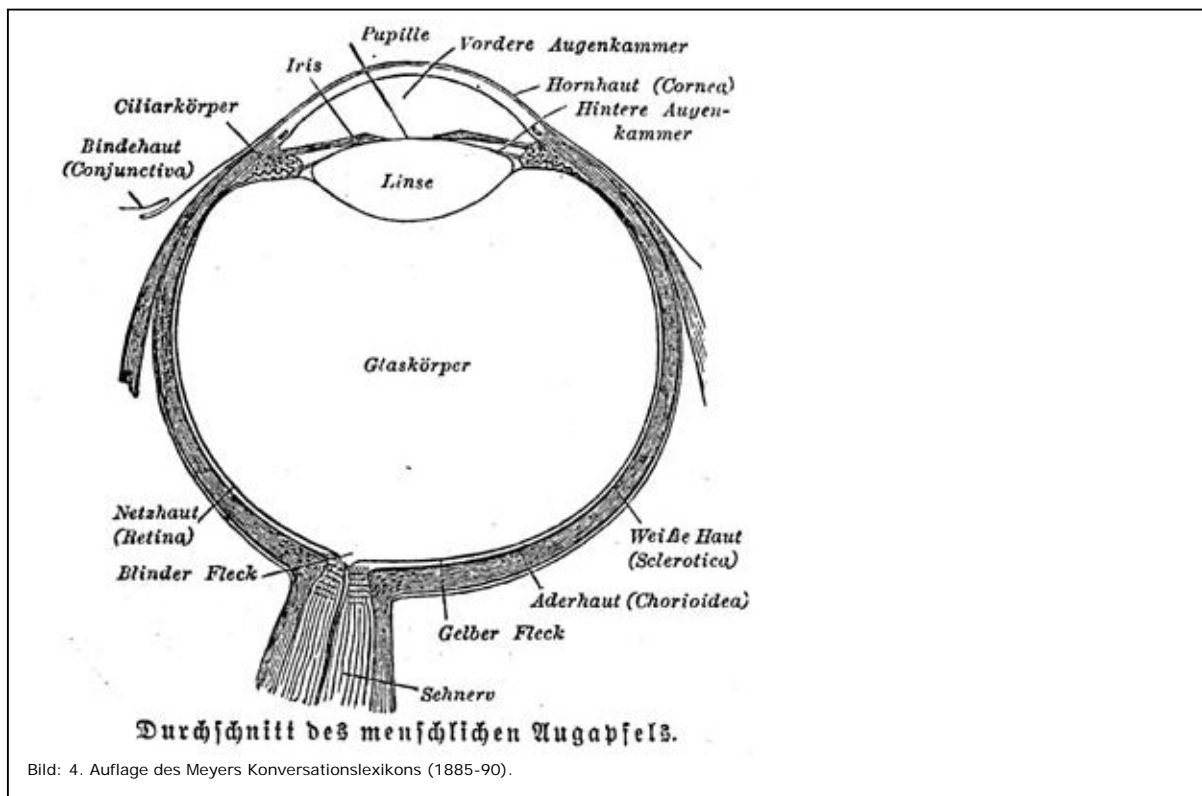
Der Bildwinkel für ein „Normalobjektiv“ beträgt bei einem Dia ca. $27^\circ \times 40^\circ$ bzw. bei einem Monitor $30^\circ \times 40^\circ$. Das Gesichtsfeld beim Menschen umfasst dagegen einen Raum von ca. $150^\circ \times 190^\circ$.

Um das zu verdeutlichen stellen wir uns eine Wand im Abstand von 2 Metern vor. Die Bildbreite für ein Dia beträgt 1,3 Meter. Im Gesichtsfeld des Menschen können 7 Meter erfasst werden. Um einen solchen großen Bildwinkel zu erfassen muss die Wand halbkreisförmig gebaut sein. Ebenso muss sich die Netzhaut diesem Bildwinkel durch eine entsprechende Krümmung anpassen. Anders ist es nicht möglich, einen solch großen Bildwinkel verzerrungsfrei wiederzugeben. Für eine Kamera dagegen reicht eine ebene Bildbühne vollkommen aus. Verzerrungen werden soweit wie möglich bereits durch das Objektiv korrigiert. Überall auf der Bildbühne ist die Anzahl der lichtempfindlichen Zellen gleich. Das gewährleistet ein gleichmäßig scharfes Abbild.

Unser Auge unterscheidet sich an dieser Stelle grundsätzlich von einer Digitalkamera. Im Fokus, der Fovea, befindet sich die höchste Konzentration von Sehzellen mit 140000 Sehzellen pro Quadratmillimetern. Je größer der Abstand auf der Netzhaut zur Fovea wird, desto mehr nimmt die Anzahl der Sehzellen ab. Wir sehen also nur an dieser Stelle wirklich scharf. Dies entspricht einen Bildwinkel von 2° oder einer Abbildungsgröße von 7 cm. Um die Fovea herum befindet sich die etwas größere Makula. An ihrem Rand fällt die Sehleistung bereits auf 30% ab. So gesehen nehmen wir nur einen ganz kleinen Teil unseres Gesichtsfeldes in einer guten Qualität wahr.

Der Bildwinkel einer Kamera richtet sich nach der Brennweite. Mit einer normalen Brennweite ergibt sich ein verzerrungsfreies ebenes Abbild. Das Auge dagegen hat einen extrem hohen Blickwinkel, aber davon werden nur weniger als 1% scharf abgebildet.

Fazit: Die Abbildungsqualität ist beim digitalen Bild an allen Stellen gleich. Mit dem Auge können wir nur an einer Stelle richtig scharf sehen, die Abbildungsqualität nimmt zu den Bildrändern hin stark ab.



Bildschärfe

Die Schärfe, die in der Fovea erreicht wird, beträgt ca. 1 Bogenminute ($1/60$ Winkelgrad). Bei idealen Lichtbedingungen sogar 20 Bogensekunden. In unserem Beispiel kann im Abstand von 2 Metern eine 3 mm breite Linie erkannt werden.

Die elektronischen Druckverfahren berücksichtigen dies, indem Linien oder Schrift mit einer Auflösung von 1000 Punkten pro cm gedruckt werden können. So ist gewährleistet, dass die Buchstaben in einem normalen Leseabstand scharf wirken.

Bilder werden dagegen nur mit ca. 65 Rasterpunkten pro cm in Zeitschriften oder Büchern gedruckt.

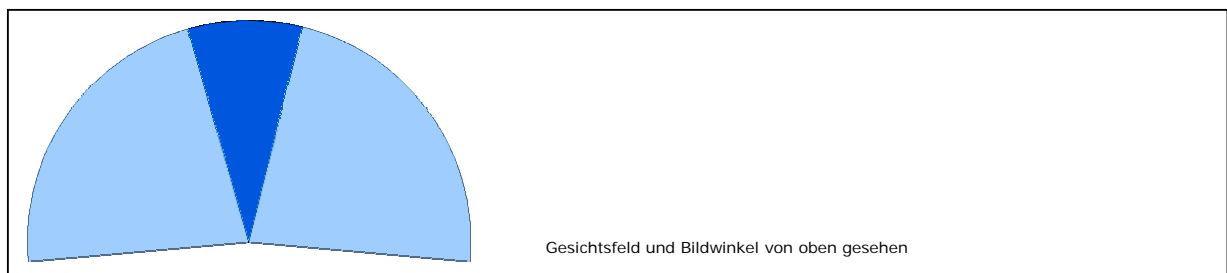
Großflächenplakate werden wiederum in einem noch größeren Raster gedruckt. Der Betrachtungsabstand beträgt mindestens 5 Meter. In dieser Entfernung verschmelzen die einzelnen Rasterpunkte.

Auf dem Monitor ist die Darstellung auf 28 Pixel pro cm reduziert. Um Schrift lesefreundlich darzustellen wird das Antialiasing angewendet. Die Kanten der Buchstaben werden unscharf dargestellt.

Fazit: Optimale Schärfe ermöglicht das Auge. Das digitale Bild wird je nach Medium der Auflösung des jeweiligen Mediums angepasst.

Das fertige Bild

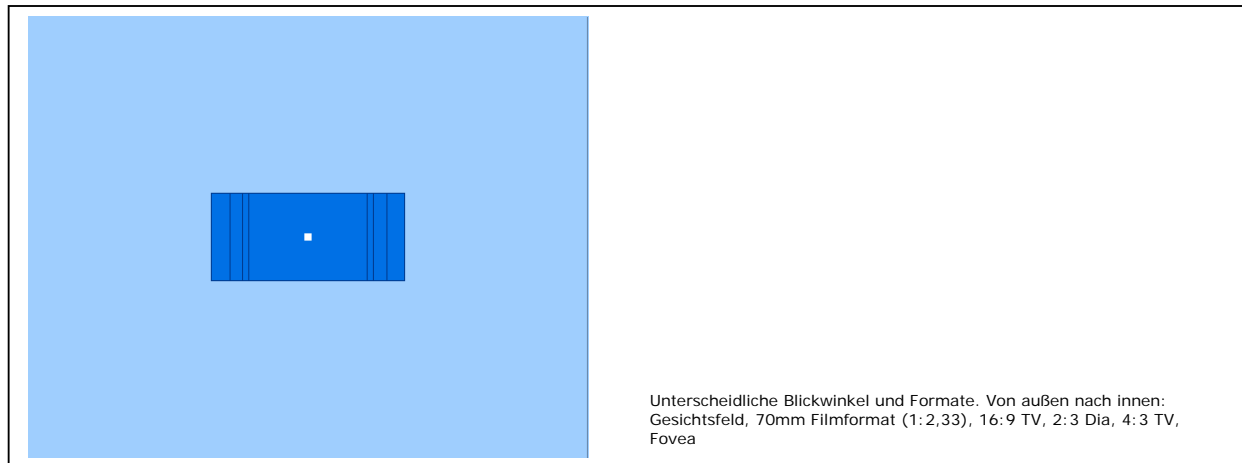
Wie kommt es nun, dass wir das, was wir mit unseren eigenen Auge sehen, größer ist als das Feld, in dem wir scharf sehen, und kleiner, als das gesamte Gesichtsfeld? Die Seheindrücke werden von den Sehzellen in das Gehirn weitergeleitet. Dort werden sie dann „ausgewertet und entwickelt“. Wir sehen also nicht das Livebild, sondern einen kurzen Moment später das „bearbeitete Bild“. Dieses Livebild wird ständig ergänzt und aktualisiert. Dazu bewegen sich die Pupillen unermüdlich und tasten das Umfeld permanent ab. So entstehen viele kleine Momentaufnahmen. Diese Augenbewegungen werden sakkadische Augenbewegungen genannt. Alle 80 – 200 msec findet eine solche Augenbewegung unmerklich für die betroffene Person statt.



Die Seheindrücke werden permanent ausgewertet und nach Wichtigkeit sortiert. Nur die wirklich wesentlichen Bildeindrücke werden zu einem Bild zusammengesetzt. Diese Ergebnis sehen wir dann als eigenes Bild. Dieser Prozess dauert einen kleinen Moment, ca. 150 msec. Wir sehen also nicht das was sich gerade ereignet, sondern das was sich vor einem Moment ereignet hat.

Sämtliche Bildinformationen werden abgespeichert. Damit wir uns zur gegebenen Zeit wieder daran erinnern, werden die Bilder nach Wichtigkeit indiziert und katalogisiert.

Das Bild, welches wir mit „eigenen Augen“ sehen ist also ein Ausschnitt aus dem gesamten Gesichtsfeld. Das Seitenverhältnis bewegt sich häufig zwischen 3:4 bis 16:9. Dies entspricht wiederum den gängigen Film-, Fernseh- und Fotoformaten.



Die nach dem so erzeugten permanenten Liveprogramm entstandenen Bildfolgen stellen die bestmögliche Bildqualität dar. Sie dienen beispielsweise als Vorlage für die Regeln in der klassischen oder modernen Dramaturgie.

Das digitale Bild behält seine Form und seinen Bildausschnitt bis zum fertigen Produkt bei. Abbildungsfehler, Unschärfe, unpassende Motive können nicht mehr korrigiert werden. Das digitale Bild kann lediglich beschnitten werden, was aber zu Lasten der Bildauflösung geht.

Vielfältige Möglichkeiten zur Bildkorrektur stehen beiden Systemen zur Verfügung.

Fazit: Durch die extrem schnelle Weiterverarbeitung nimmt die Bildqualität beim Menschen enorm zu; die automatische Bildzusammenstellung bewegt sich dabei auf einem hohen Niveau. Unzulänglichkeiten, die in der „Aufnahme“ entstehen, werden korrigiert. Die Möglichkeiten beim digitalen Bild sind wesentlich eingeschränkter.

Fazit:

Die durch den menschlichen Sehprozess erzeugten Bilder befinden sich auf der höchsten Qualitätsstufe. Die Augenlinse ist extrem leicht. Die dadurch in Kauf genommenen Abbildungsfehler werden kompensiert und durch die schnelle und effektive

Nachbearbeitung in eine wesentlich höhere Bildschärfe gebracht.

Die Qualität des digitalen Bildes ist abhängig von der Auflösung des Ausgabemediums. Durch die hohe Objektivqualität und einer hohen in allen Bildregionen gleichen Auflösung kann soviel Bildinformation entstehen, dass sie dem Qualitätsniveau des menschlichen Auges fast entspricht. Eingeschränkt wird die Bildqualität auch durch das jeweilige Ausgabemedium: beim Fernsehbild ist die Auflösung stark eingeschränkt, beim Standbild fehlt dagegen die Bewegung usw. (Farb-, Kontrast und Tonwertprobleme werden an dieser Stelle noch gar nicht betrachtet.)

Der Sehprozess im menschlichen Gehirn dagegen vollzieht sich automatisch. „RAW-Bilder“, also die Bilder, die

direkt auf die Netzhaut projiziert werden, können nicht wahrgenommen werden, da die Weiterverarbeitung nicht abgestellt werden kann.

Es besteht auch keine Möglichkeit, das selbstgesehene Bild außerhalb des eigenen Gehirns zugänglich zu machen.

Diese Einschränkungen machen es notwendig, zu Hilfsmitteln zu greifen, um eigene visuelle Erlebnisse mit anderen Menschen zu teilen. Das digitale Bild stellt eine solche Möglichkeit dar. Im Gegensatz zum menschlichen Sehen kann an jeder Stelle des digitalen Workflows eingegriffen werden. So ist es sowohl aus dramaturgischen als auch aus technischen Beweggründen möglich, jederzeit in den Workflow einzugreifen, um das Ergebnis dem eigenen Erlebten anzupassen.

Nebenbei bemerkt: Einige im digitalen Bild bestehenden Unzulänglichkeiten werden während der Wahrnehmung durch den Menschen kompensiert und ergänzt. Unser Auge unternimmt alles Erdenkliche für ein optimales visuelles Erleben – jederzeit.

Quellen:

<http://de.wikipedia.org>

<http://www.doccheck.com>

<http://www.auge-online.de>

<http://www.beepworld.de/members94/inwa/grenzaufloesung.htm>