

# Grundlagen der Sehschärfe

## Über die verschiedenen Schärfe-Empfindungen des menschlichen Auges

Was ist für uns Menschen denn eigentlich „scharf“? Alles steht und fällt mit der Qualität des menschlichen Auges! Ein bekannter Wissenschaftler, HERMANN HELMHOLTZ, sagte einmal, er würde dem Schöpfer des menschlichen Auges dieses zurückgeben, weil es – technisch betrachtet - sehr mangelhaft sei. Nun, diese Aussage ist älter als 100 Jahre. Erst in heutiger Zeit erkennen wir, was für ein hochgezüchtetes Datenverarbeitungssystem unser Auge mitsamt dem Gehirn eigentlich ist. Leider ist diese eigenwillige Aussage HELMHOLTZENS in der gängigen Fachliteratur noch häufig anzutreffen. Dort geht man davon aus, daß 10 Linienelemente pro Millimeter (Paare – nicht Einzelstriche – pro mm = l/mm) bei einem Abstand von 30 cm deutlich getrennt erkennbar sind (1).

Diese Meßmethode berücksichtigt nur das einäugige Sehen. Mit beiden Augen und anderen Bildstrukturen kommen wir zu ganz anderen Ergebnissen. Dann können bis zu 10x feinere Elemente aufgelöst werden (2). Durch die ständige Bewegung des Augapfels, durch sein schwaches Flimmern, dem sogenannten Tremor, erfährt die Auflösung noch eine weitere Steigerung! Es bewirkt, daß die Stelle höchsten Schärfeempfindens ständig neu abgetastet wird und daß die Informationen zu viel höheren Informationsdichten aufsummiert werden. Dazu kommen kinetisch-physiologische Eigenheiten, die in ihrer Summe folgendes bewirken:

Geringste Veränderungen – wie ein Lufthauch über Gräser – bewirken sofort eine erhöhte Aufmerksamkeit. Dies ist verständlich bei der Entwicklungsgeschichte des Menschen vom Jäger in der Urzeit bis hin zum heutigen „Surfer“ im Internet.

Bei der Betrachtung von Fernseh- bzw. Filmbildern ist folgendes wichtig: Die Bildstandsfehler bei der klassischen Filmprojektion im Kino bzw. beim Abspielen für das Fernsehen bewirken in ihrer Frequenz von 24-25 Bilder/Sek., daß unbewußt das Auge ständig auf das Bild starrt. Dazu kommt die hohe Flimmerfrequenz des Fernsehmonitors, die diese Faszination noch weiter verstärkt. Ironischerweise haben die weiter entwickelten HDTV-Systeme durch ihr technische Perfektion keinen Bildstandsfehler mehr, weswegen sie für das menschliche Auge und sein Empfinden „langweilig“ ausschauen. Es ist mehr als auffällig, daß in den letzten Jahren alle großen TV-Produzenten ihre größeren Projekte auf klassischem 35mm drehen (3), als Begründung dienen einfachere internationale Standards für die verschiedenen Fernsehnormen und die selbstverständlich bessere Haltbarkeit von Filmmaterial im Verhältnis zu Magnetband.

Geringste Veränderungen werden in der Schwerelosigkeit der Raumfahrtflüge von dem nie ruhenden Auge und seinem Tremor noch besser bemerkt. Da das Gewicht des Augapfels in der Schwerelosigkeit wegfällt, so kann diese Augenbewegung, der Tremor, noch ungestörter stattfinden. In der Tat hat man bei Astronauten im All eine erhebliche Steigerung der Sehschärfe festgestellt. Dort aus dem All können die Weltraumfahrer tatsächlich einzelne Züge, Schiffe oder gar LKW's erkennen. Zitat aus **WOLFGANG ENGELHARDT, Fotografie im Weltraum**, Hersching 1980, S. 73: „Zur Verblüffung der Fachleute stellte sich heraus, daß die Astronauten aus der Umlaufbahn Objekte wahrnehmen konnten, die wesentlich kleiner waren als die theoretische Sichtgrenze von einer Bogenminute. Aus 160 km Höhe z.B. identifizierten die Männer lineare Strukturen von nur 10 Meter Breite, und das entspricht einem Auflösungsvermögen von etwa 10 Bogensekunden.“

Solange der Mensch sich auf der Erde befindet, ist das wirklich Begrenzende die ständige Bewegung der Luft, die **Szintillation** wie der Astronom sagt. Sie senkt für alle optischen Geräte die Auflösung auf etwa 0.5 Bogensekunden, als daraus resultierender Durchmesser einer diese

Auflösung erreichenden Optik entspricht dies eigentümlicherweise der Stereobasis der menschlichen Augen. Ferner gibt es noch andere Auflösungsgrenzen als die von RAYLEIGHT mit den bekannten leuchtenden Punkten auf schwarzem Grund. Bei einer einzelnen schwarzen Linie auf hellem Grund erhält man bis zu 60x höhere Werte (4).

## Sehschärfe und Folgerungen für die Photographie

Für ein normales Aufsichtsbild für den gewerblichen oder dokumentarischen Bedarf reichen die als übliche Norm angesehenen Auflösungsweite normalerweise aus. In dem Moment aber, wo ein Betrachter sich künstlerisch mit dem Bild auseinandersetzen will und sich in das Bild vertieft, kommt durch das längere Verweilen der menschlichen Augen verstärkt die Noniensehschärfe ins Spiel. Diese Noniensehschärfe spielt eine herausragende Bedeutung in der stereoskopischen Tiefenwahrnehmung, sie verleiht einem Bilde die Plastizität, das räumliche Erfassen von Details zu dem Hintergrund.

Das heißt wieder auf die Photographie bezogen, daß in einem Photo von 18x24 cm Größe erheblich mehr als 10 Linienpaare/mm erkennbar sein sollten. Um der vollen Sehleistung, auch der Noniensehschärfe, gerecht zu werden, sollten mindestens 100 Lp/mm auf dem Photopapier wiedergebar sein, vielleicht sogar zur Überprüfung des Grundes (4) bis zu 600 Lp/mm. Das übliche Photopapier hat selten mehr als 30 Lp/mm, Farbpapiere sollen bis 60 Lp/mm gehen.

*Übrigens: In der digitalen Photographie wird die Einzellinie pro Millimeter gezählt, nicht das Linienpaar wie in der klassischen Photographie – also nur die Hälfte! Bedenken Sie dies, wenn Sie irgendwo den nächsten Artikel über elektronische Photographie lesen – nur die Hälfte stimmt.*

Die heutigen Farbfilme, und damit auch die Farbpapiere, sind wegen der Diffusionsbewegung der DIR-Kuppler auf ca. 180 Linienpaare/mm auch für die Zukunft begrenzt. Da ist also noch Luft nach oben bei heutigen Filmen und auch Farbpapieren. Übrigens kann diese Diffusion bei manchen Filmen eine solche Veränderung der tatsächlich aufbelichteten Schärfe verursachen, daß diese für die Photogrammetrie meßtechnisch nicht verwendbar sind. Diese Filme sehen zwar scharf aus, nur ist die Schärfe nicht dort, wo sie geometrisch sein sollte. Für den Laien sind solche Materialien daran erkennbar, daß durch Bewegungsunschärfe schwach verwackelte Aufnahmen erheblich unschärferverwackelter aussehen als üblich.

## Literaturverzeichnis und Anmerkungen

(1) KARL MÜTZE, **ABC der Optik**, Hanau/Main 1972, S. 787, zu **Sehschärfe**: „Das Auflösungsvermögen beträgt bei einem Menschen mit normaler Sehschärfe 50 bis 90“ (Winkelsekunden);: ..“

(2) dito **Noniensehschärfe**: „Hingegen lassen ... kleinere Winkelwerte von etwa 5 bis 10“ erreichen. Man spricht hier von einer besonderen S., der Noniensehschärfe oder Breitenwahrnehmung.“, ergänzend S. 853-854, zu Stereoskopie: „... ist die stereoskopische Differenz (**parallaktische Differenz, stereoskopische Parallaxe**). Sie darf den Betrag von 5 bis 10 Winkelsekunden nicht unterschreiten, sonst ist eine räumliche Wahrnehmung nicht mehr möglich,...“ , ergänzend S. 894, zu **Tiefensehschärfe**: „...stimmt die T. ...auch zahlenmäßig mit der Noniensehschärfe (siehe Sehschärfe) überein; sie liegt in der Größenordnung von 5“ bis 10“.“

(3) Laut den Geschäftsberichten von Zeiss, Oberkochen, ist ein regelrechter Boom im Bereich professioneller 35mm Filmoptiken zu verzeichnen.

(4) MAURICE FRANCON, **Interferences, diffraction et polarisation**, Berlin 1956, Handbuch der Physik Band XXIV, Grundlagen der Optik, S. 356 – Tableau 12