

Unser Auge - Die häufigste Kamera der Welt



von Peter Köchling

In diesem Artikel möchte ich das wichtigste Instrument in der Astronomie näher erklären. Nein, es ist nicht das Teleskop, sondern unser Auge. Zur Veranschaulichung werde ich das menschliche Auge mit einer Digitalkamera vergleichen. Beginnen wir zunächst einmal mit der Optik, also dem Objektiv. Es handelt sich hierbei genaugenommen um eine Festbrennweite von etwa 23 mm, die aus drei optisch wirksamen Teilen aufgebaut ist, um Farbfehler zu vermeiden, die Hornhaut, die Linse und der Glaskörper. Die Fokussierung erfolgt über Muskeln an der Linse und erreicht einen Bereich von 20 cm bis unendlich. Zudem ist die Optik mit einer verstellbaren Iris ausgestattet, die als Blende dient. Bei jungen Menschen können Öffnungsdurchmesser von 1,5 mm bis 8 mm eingestellt werden. Dies entspricht etwa einer Blende von 2,8 bis 15. Im Alter kann die maximale Öffnung sich aber auf 4 mm reduzieren, sodass nur noch Blende 5 bis 15 nutzbar ist.

Hinter dem Glaskörper ist auf der Rückwand des Augapfels die Netzhaut angebracht. Dieser Sensor ist ein Hybrid aus einer Schwarzweißkamera mit 120 Millionen Stäbchen (120 Megapixel) und einer Farbkamera von 6 Millionen Zapfen (2 Megapixel). Die Zapfen sind jeweils für das rote, grüne und blaue Farbspektrum spezialisiert. Durch die Optik bedingt ist das Bild auf der Netzhaut jedoch nicht überall gleich scharf. Somit sind im Zentrum der Netzhaut, dem Punkt der größten Bildschärfe, die Zapfen dichter gepackt. Der mittlere Abstand beträgt hier etwa 2,6 μm . Es empfiehlt sich die Pupille auf Blende 4 (ca. 5,7 mm Öffnung) abzublenzen, da dann der Durchmesser des Beugungs-scheibchens für grünes Licht genau dem Abstand der Zapfen entspricht. Um diesen Fokusbereich auf der Netzhaut ist zudem ein dichter Ring aus Stäbchen, um bei schwachen Lichtverhältnissen zumindest im Schwarzweißen Objekte optimal wahrzunehmen. Schaut man etwa einen Finger breit bei ausgestrecktem Arm neben ein lichtschwaches Objekt, so erscheint es geringfügig heller, aber zugleich auch unschärfer. Ein Trick zum Aufspüren schwacher Galaxien und Sternhaufen.

Mit den Zapfen können mindestens 1.000.000 verschiedenen Farben unterschieden werden, was einer Farbtiefe von mindestens 20 bit entspricht. Zum Anschluss der Datenleitung zum Gehirn an die Netzhaut ist es baulich leider notwendig, dass in einem Bereich etwa 15° neben dem Zentrum der Netzhaut keine Stäbchen und Zapfen vorhanden sind. Hier ist ein blinder Fleck. Damit beim normalen Sehen kein dunkler Fleck im Bildfeld auftaucht, werden die fehlenden Informationen dieses blinden Fleckes mit Information umliegender Stäbchen und Zapfen durch das Gehirn interpoliert.

Die Lichtempfindlichkeit der Stäbchen und Zapfen ist bei einer Wellenlänge vor 555 nm (grünes Licht) am besten. Bereits bei einem Photon kann ein Zapfen schon auslösen. Zur Reduktion der Datenmenge und des Rauschens wird das Signal aber zuvor mit umliegenden Stäbchen und Zapfen verglichen (Binning) und sendet auch nur bei nennenswerten Änderungen der empfangenen Lichtstärke. Die Stäbchen und Zapfen passen ihre Empfindlichkeit vor allem für licht-schwache Umgebungen nur langsam an. Es kann bis zu einer halben Stunde dauern, bis die Stäbchen ihre Empfindlichkeit an die absolute Dunkelheit angepasst haben. Somit sollte man vor der Betrachtung des Nachthimmels etwa diese Zeit den Blick in helleres Licht vermeiden. Über die Lebenszeit kann die Sehstärke des Auges jedoch abnehmen. Somit empfiehlt es sich, regelmäßig Augenübungen durchzuführen, um vor allem die Muskeln der Linse und des Augapfels fit zu halten, da sonst eine Kurz- oder Weitsichtigkeit entstehen kann. Bei der Arbeit an einem Bildschirm oder dem Lesen eines Buches, sollte man regelmäßig das Auge auch auf entfernte Objekte fokussieren, indem man zum Beispiel aus dem Fenster blickt. Als weitere Augenübungen empfiehlt sich das mehrmalige Rollen der Augäpfel. Nach einiger Zeit entsteht an den Muskeln der Augäpfel ein leichter Druck oder sogar leichter Schmerz. Daran merkt man die Muskelbeanspruchung. Das Training genau dieser Muskeln kann aber ungewollte Verformungen des Augapfels vorbeugen, die unter anderem zu Kurz- oder Weitsichtigkeit führen können. Eine Brille sollte man möglichst selten benutzen, um das Auge weiterhin im Training zu halten.

Die durchschnittliche Sehstärke eines Menschen liegt bei etwa einer Bogenminute = 60 Bogensekunden, was als Visus-Wert 1 definiert wird. Zwei nahe stehende Objekte, wie zum Beispiel Doppelsterne oder Latten eines entfernten Zaunes, kann man also bei diesem Winkelabstand gerade noch getrennt wahrnehmen. Mit Hilfe unseres [Sehtestes \(Landolt-Ringen, hier klicken\)](#) kannst Du Deine Sehschärfe testen. Ich selbst erreiche einen Visus-Wert von etwa 1,7, was 35 Bogensekunden entspricht. Bei der Betrachtung von schwachen Doppelsternen in der Nacht ist die Sehschärfe aber erheblich schlechter. Manche Hobbyastronomen, die sich auf die Beobachtung lichtschwacher Objekte im Teleskop spezialisiert haben, behaupten, dass man sogar die Lichtempfindlichkeit des Auges trainieren kann.