

Scharfe Augen : Sonnenfleckenbeobachtung von blosssem Auge

Autor(en): **Keller, H.U. / Bulling, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **52 (1994)**

Heft 265

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-898822>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.



Scharfe Augen

Sonnenfleckenbeobachtung von blossem Auge

H.U. KELLER, (1. Teil); A. BULLING, (2. Teil)

Seit 1984 gibt es ein Netz für Sonnenfleckenbeobachtungen von blossem Auge das der VdS-Fachgruppe Sonne angeschlossen ist (Kontaktadresse: H.U. Keller, Kolbenhofstr. 33, 8045 Zürich). An diesem A-Netz (A steht für Auge) beteiligen sich rund 50 Beobachterinnen und Beobachter aus 8 Ländern – wovon auch fast sämtliche Mitglieder der Sonnenbeobachtergruppe der SAG –, die mit Hilfe von Schutzfiltern (sichere Filter sind z.B. Schweissgläser Nr. 13 u. 14) täglich Ausschau nach Flecken auf der Sonne halten. In den 10 Jahren seines Bestehens konnte mit dem A-Netz die wohl umfangreichste Datenbank von Sonnenfleckenbeobachtungen mit blossem Auge angelegt werden, mit dem Ziel, daraus repräsentative Schlüsse ziehen zu können, die auch zu einem besseren Verständnis der spärlichen historischen Sonnenfleckenaufzeichnungen aus der vorteleskopischen Zeit verhelfen. So wurde unter anderem eine durchschnittliche Grenzgrösse von Sonnenflecken, die mit blossem Auge gerade noch gesehen werden können, bestimmt. Dabei hat sich gezeigt, dass die Grenzgrösse stark von der individuellen Sehschärfe der Augen abhängig ist. Um die Abhängigkeit der Sichtbarkeitsgrenze des Auges von dessen Sehschärfe zu ermitteln, wurde an den diesjährigen Tagungen der VdS-Fachgruppe Sonne in Heilbronn und der Sonnenbeobachtergruppe der SAG in Carona mit den Tagungsteilnehmern ein Sehtest durchgeführt.

1. Konzept und Ergebnisse

H.U. KELLER

Der Test bestand aus 2 Teilen: Mit dem einen Teil wurde die Sehschärfe des Auges im Fernbereich bestimmt, mit dem andern Teil die Grenzgrösse der Sichtbarkeit von schwarzen Punkten auf weissen Zielscheiben.

Sehschärfe

Die Sehschärfe wurde mittels der E-Haken nach Pflüger auf eine Distanz von 10m bestimmt. Die E-Haken nach Pflüger sind grosse Buchstaben E die nach oben, unten, rechts oder links ausgerichtet und in unterschiedlicher Grösse auf einer Tafel aufgetragen sind. Mit dem kleinsten Haken (Buchstaben) dessen Ausrichtung aus 10m Entfernung noch mit Sicherheit erkannt wird, lässt sich der *visus* (Wertangabe für die Sehschärfe) der Augen der Testperson bestimmen. Dieser Wert ist in den Tabellen in der Kolonne «Visus» eingetragen. Schlechte Augen haben einen Visus von kleiner als 1, gute Augen einen solchen von grösser als 1. Weitere Einzelheiten zum Visuswert werden in Kapitel 2 beschrieben.

Sichtbarkeitsgrenze

Die Sonnenscheibe hat von der Erde aus betrachtet einen scheinbaren Durchmesser von 32 Bogenminuten. Eine kreisrunde Scheibe mit demselben Winkeldurchmesser aus 10m Entfernung betrachtet, hat einen Durchmesser von 93mm. Dementsprechend wurden 8 kreisrunde Scheiben von 93mm Durchmesser aus weissem Papier auf je einen schwarzen

Karton von 25x30cm aufgeklebt. Auf jeder dieser weissen Scheiben war an beliebiger Stelle ein Punkt mit schwarzer Tusche aufgezeichnet, auf jeder Scheibe ein Punkt unterschiedlicher Grösse. Diese Tuschpunkte wurden mit einer Micro-Messlupe ausgemessen und haben folgende Durchmesser: 0.63mm, 0.88mm, 1.09mm, 1.48mm, 1.77mm, 2.12mm, 2.50mm und 2.87mm entsprechend 13", 18", 22", 31", 36", 44", 52" und 59" (Bogensekunden) auf 10m Entfernung. Die Testpersonen betrachteten eine Scheibe nach der andern aus 10m Entfernung in Ruhe und sagten dann, ob sie einen Punkt erkennen konnten oder nicht. Gezeigt wurden ihnen die Scheiben in der Reihenfolge von den kleinsten Punkten zu grösseren, bis zu jener Scheibe, auf der sie den Punkt erkennen konnten. Die Grösse dieses ersten erkennbaren Punktes entspricht der Sichtbarkeitsgrenze der Testperson und ist in den Tabellen in der Kolonne «Punkt» eingetragen. Personen mit Brillen oder Linsen haben diese beim Test getragen.

Verhältnisse an den Testorten

In Heilbronn (12.-14. Mai 1994) wurde der Test mit 27 Personen in einem Vortragssaal durchgeführt. Die E-Hakentafel und die Test-Sonnenscheiben wurden mit einem Overhead Projektor aus ca. 3m Entfernung angeleuchtet. Der Raum war tags durch Tageslicht ohne Sonneneinfall, nachts durch schwache Raumbelichtung aufgehell.

In Carona (12. Juni 1994) wurde der Test mit allen 14 Tagungsteilnehmern vormittags im Freien bei Sonnenschein, teilweise leicht abgeschwächt durch hohe Wolkenschleier, durchgeführt. Die Testzielscheiben wurden so hingestellt, dass sie direkt von der Sonne beschienen wurden. Einigen Testpersonen war die Blendwirkung der Test-Sonnenscheiben zu gross, so dass sie sich mit Sonnenbrillen davor schützten (dies ist vergleichbar mit der unterschiedlichen Lichtdämpfung von künstlichen Filtern bei der direkten Sonnenbeobachtung).

Testergebnisse

In der Abbildung 1 sind die Wertepaare Visus/Fleck jeder Testperson eingetragen. Kreislein markieren die Ergebnisse von Heilbronn, Kreuzlein diejenigen von Carona. Ergebnisse, die an beiden Testorten erzielt wurden, sind als Kreislein mit Kreuz dargestellt. Die Zahl neben den Kreislein/Kreuzlein gibt an, wieviele Personen die entsprechende Markierung erzielten. Der mit H bezeichnete gestrichelte Kreis markiert den Heilbronner Durchschnitt, das mit C bezeichnete punktierte Kreuz den Carona Durchschnitt. Die beiden Kurven A und B grenzen den Bereich ein, in dem ungefähr die Abhängigkeit der Sichtbarkeitsgrenze vom Visus liegt. Das heisst zum Beispiel: Ein Auge mit einer Fern-Sehschärfe von Visus = 1.4 vermag Flecken mit einem Durchmesser von weniger als 20 Bogensekunden kaum mehr zu erkennen, es sollte hingegen Flecken mit einem Durchmesser von mehr als 40 Bogensekunden erkennen können. Die gestrichelte Kurve V markiert den Reziprokwert $1/a$ (a in Bogenminuten), dem per Definition der durchschnittliche Visuswert entspricht (vgl. Kapitel 2).

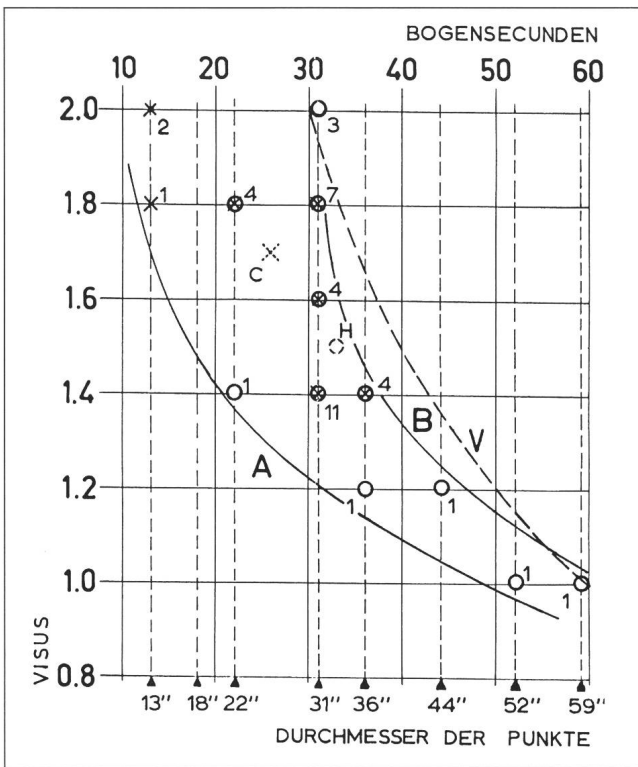


Abbildung 1:
Sehschärfe-Sichtbarkeitsgrenze-Diagramm
O: Testergebnisse von Heilbronn
X: Testergebnisse von Carona

| | Visus | Punkt |
|-------------------------|------------------|------------------|
| Heilbronn, 27 Personen | 1.52 ± .27 | 33.4 ± 7.5" |
| Carona, 14 Personen | 1.70 ± .21 | 25.6 ± 7.7" |
| Mittel Heilbronn+Carona | 1.58 ± .27 | 30.7 ± 8.4" |
| Grösster Wert | 2.0 (4x) | 59" (1x, Heilbr) |
| Kleinster Wert | 1.0 (2x, Heilbr) | 13" (2x, Carona) |

Diskussion

Je besser die Sehschärfe des Auges ist, umso kleinere Flecken vermag es zu erkennen. Dieser plausible Zusammenhang konnte mit dem Sehtest bestätigt werden. Das praktische Experiment zeigt allerdings, dass dieser Zusammenhang in einem weiten Bereich streut und von verschiedenen Einflüssen abhängig ist. Da der Test an zwei verschiedenen Orten unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt werden konnte, ist es möglich, zumindest einen dieser Einflussfaktoren zu erkennen. In Carona wurden im Durchschnitt höhere (bessere) Visus-Werte gemessen und kleinere Flecken gesehen als in Heilbronn. Die Ursache dieses offensichtlichen (aber nicht sehr signifikanten) Unterschiedes zwischen den Testergebnissen von Heilbronn und Carona muss in den unterschiedlichen Lichtverhältnissen an den beiden Testorten liegen: bessere Beleuchtung in Carona als in Heilbronn. Dieser Befund wird unterstrichen durch meine eigenen Testresultate an den beiden Orten, die als Referenz gelten können.

Alter und Sehschärfe:

Untersucht wurde beim Test zudem eine mögliche Abhängigkeit der Sehschärfe und der Sichtbarkeitsgrenze vom Alter der Testperson. Idealerweise betrug der Altersunterschied

zwischen der jüngsten (12jährig) und der ältesten Testperson (73 jährig) nahezu 3 Generationen. Aus den Abbildungen 2a und 2b kann dabei – überraschenderweise – kein Einfluss des Alters auf die Sehfähigkeit festgestellt werden. In Heilbronn lag das Durchschnittsalter bei 34 Jahren, in Carona bei 54 Jahren. Trotz diesem Unterschied von 20 Jahren wurden in Carona bessere Sehweite bestimmt als in Heilbronn. Dies lässt den Schluss zu, dass der Einfluss des Alters auf die Sehfähigkeit offenbar eine untergeordnete Rolle spielt; jedenfalls hat das Alter einen bedeutend geringeren Einfluss auf das Erkennungsvermögen, als es die Lichtverhältnisse haben.

Es ist übrigens erstaunlich, dass der Visus von keiner Testperson unter 1 lag. Dies hat mich veranlasst, beim Schweizerischen Zentralblindenverein, der auch Unterlagen zum E-Haken-Test liefert, eine Erklärung dafür einzuholen. Die Auskunft war kurz und bündig: Personen mit einem Visus von kleiner als 1 würden wohl kaum Astronomie zu ihrem Hobby erküren... Weitere Überlegungen dazu finden sich in Kapitel 2.

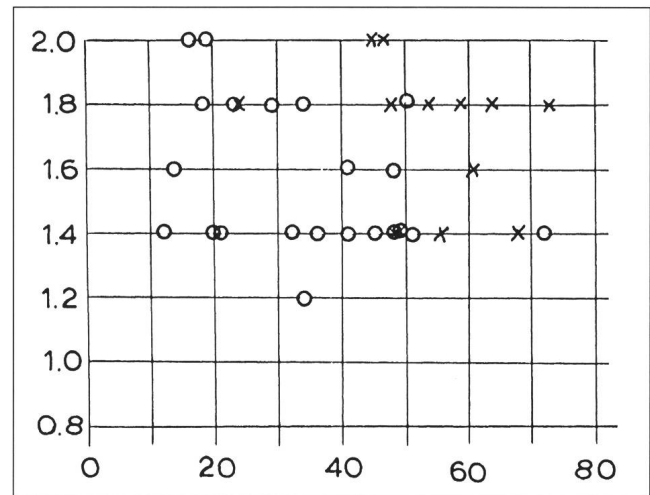
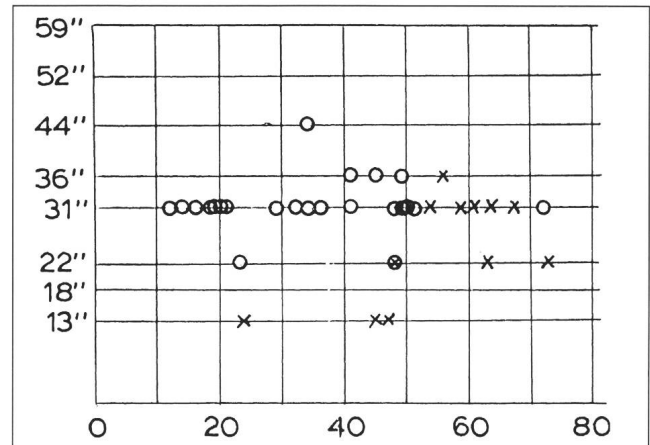


Abbildung 2a:
Horizontal: Alter in Jahren
Vertikal: Visus
O: Heilbronn; X: Carona

Abbildung 2b:
Horizontal: Alter in Jahren
Vertikal: Durchmesser der Punkte in Bogensekunden
O: Heilbronn; X: Carona





Sichtbarkeit von Sonnenflecken

Die Sichtbarkeitsgrenze von Sonnenflecken bei Beobachtung mit blosssem Auge wurde aus A-Netz Beobachtungen der Jahre 1984 – 89 ermittelt, wobei die Grösse der Sonnenflecken (Umbrad- und Penumbtradurchmesser) gemäss Abbildung 3 auf Teleskop-Projektionszeichnungen mit einem Durchmesser der Sonnenscheibe von 25cm ausgemessen wurden. In der Abbildung 4 sind in der oberen Hälfte des Diagrammes die Ausmessungen der Penumbren, in der unteren Hälfte diejenigen der Umbren eingetragen. Flecken die von der Mehrheit der Beobachter von blosssem Auge gesehen werden konnten, sind als Punkte -, solche die von der Mehrheit nicht gesehen werden konnten als Kreislein dargestellt. Die Unterscheidung zwischen Umbrad- und Penumbra (eingetragen in der unteren Diagrammhälfte) wurde nur möglich durch die separate Ausmessung der entsprechenden Durchmesser. Ein Beobachter mit blosssem Auge kann zwischen Umbrad- und Penumbra natürlich nicht unterscheiden; er sieht nur einen dunklen Punkt. Dies wirft die Frage auf, was wir bei der Beobachtung mit blosssem Auge nun eigentlich wahrnehmen: den ganzen Fleck, also Umbrad- und Penumbra, oder nur dessen Umbrad-? Die mit dem Sehtest ermittelte durchschnittliche Sichtbarkeitsgrenze eines schwarzen Punktes könnte eine mögliche Antwort darauf

Abbildung 3:
 C: Zentrum der Sonnenscheibe
 Θ: Winkelabstand des Flecks vom Scheibenzentrum; D_U, d_U : Grösster und kleinster Umbradurchmesser; D_P, d_P : Grösster und kleinster Penumbtradurchmesser

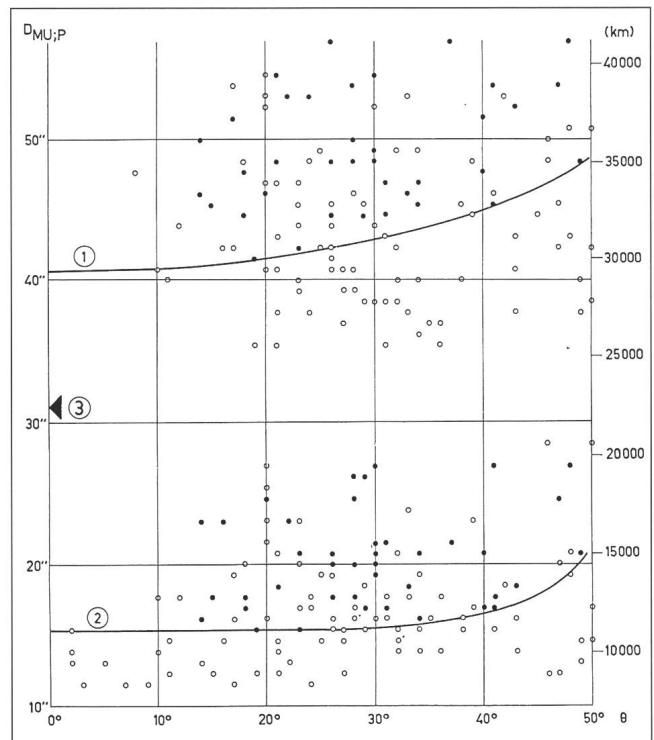
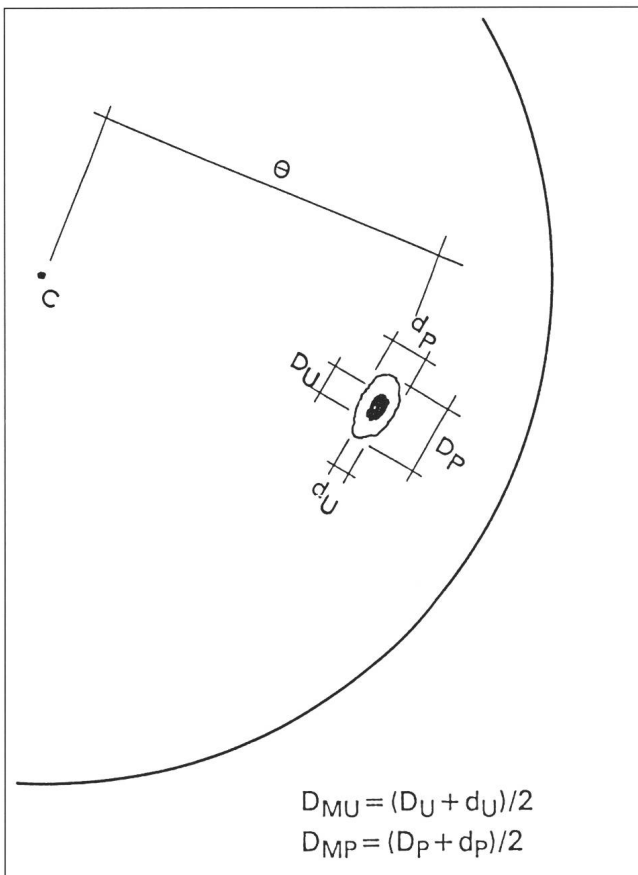


Abbildung 4:
 Horizontal: Abstand des Flecks vom Scheibenzentrum. Vertikal: Mittlerer Durchmesser der Umbrad- und der Penumbra ($D_{MU,P}$); links in Bogensekunden, rechts in Kilometern. Kreislein: Flecken die von der Mehrheit der Beobachter nicht gesehen werden konnten; Punkte: Flecken die von der Mehrheit der Beobachter gesehen wurden. Kurve 1: Unterste Sichtbarkeitsgrenze des mittleren Penumbtradurchmessers; Kurve 2: Unterste Sichtbarkeitsgrenze des mittleren Umbradurchmessers. Markierung 3: Die mit dem Sehtest ermittelte Sichtbarkeitsgrenze eines schwarzen Punktes (Durchschnitt von Heilbronn und Carona: 31").

geben. Wie aus dem Diagramm zu entnehmen ist, kommt die Sichtbarkeitsgrenze für einen schwarzen Punkt (Markierung 3) zwischen die Sichtbarkeitsgrenzen der Penumbra und der Umbra (Kurven 1 und 2) zu liegen. Dies deutet darauf hin, dass zur Sichtbarkeit eines Sonnenflecks mit dem blosssem Auge sowohl dessen Umbrad- als auch dessen Penumbra beitragen. Würden wir mit blosssem Auge nur den dunklen Kern eines Flecks wahrnehmen, ohne dessen helleren Hof, so müsste die mit dem Sehtest ermittelte Sichtbarkeitsgrenze in die Nähe der Sichtbarkeitsgrenze für die Umbrad- (Kurve 2) zu liegen kommen, weil die «Flecken» des Sehtestes ja nur schwarze Punkte ohne grauen Hof waren. Da die Durchschnittswerte der Sichtbarkeitsgrenze aus dem Sehtest – sowohl von Heilbronn (33") wie von Carona (26") und gesamthaft (31") – alle zwischen die beiden Kurven 1 und 2 zu liegen kommen, muss angenommen werden, dass weder die Ausdehnung der Umbrad- allein, noch jene der Penumbra die Grenzgrösse für die Sichtbarkeit eines Sonnenflecks bestimmen, sondern eine Kombination aus beiden.

Andreas Bulling und Siegfried Gonzi sei gedankt für ihre Hilfe bei der Testdurchführung in Heilbronn, ebenso Marcel Bissegger für seine Hilfe in Carona, und Peter Hoffmann für die zusätzlichen Unterlagen zum Sehschärfetest.



2. Psychophysische Aspekte

A. BULLING

In diesem Abschnitt soll versucht werden, die Ergebnisse des Tests vor dem Hintergrund der Eigenschaften unseres Sehsystems zu betrachten.

Sehschärfe

Der Visuswert V ist definiert als der Kehrwert des minimalen Winkels, unter dem zwei Punkte noch getrennt wahrgenommen werden können. Bei der Bestimmung des Visuswerts bestehen diese beiden «Punkte» z.B. aus zwei parallelen hell/dunkel-Kanten des Buchstabens «E» (s. Pfeile). An welcher Seite das «E» geöffnet ist, lässt sich nur sagen, wenn beide Kanten getrennt wahrgenommen werden können.



Das Auge erkennt und verarbeitet vorwiegend Kontraste; es ist im Folgenden praktisch gleichwertig, ob dunkle Signale vor hellem Hintergrund betrachtet werden, oder umgekehrt.

Dem Abstand der Kanten entspricht im Grenzfall der Winkel (eine Bogenminute bei Visus 1,0), der auf unserer Netzhaut den doppelten Abstand der Sehzellen, ca. $5\mu\text{m}$, ausmacht. Es muss sich also immer ein Sehzellrezeptor vollständig im Bereich zwischen den aufzulösenden Kanten befinden. Dies ist insofern logisch, als zwei Punkte oder Kanten nur dann identifiziert werden können, wenn eine Folge 'belichteter – unbelichteter – belichteter' Rezeptor (oder umgekehrt) auftritt. Allerdings wird ein Lichtstrahl durch die Optik des Auges relativ stark zerstreut, so dass die Lichtinformation immer auch auf Nachbarrezeptoren «verschmiert» wird.

Im Fall eines Punktes treten im Prinzip auch wieder zwei Helligkeitskanten auf, eben von der Umgebung in den Punkt, und wieder aus ihm heraus (s.o.). Es wäre aber auch denkbar, dass zu einer Detektion dieses Objekts weniger Rezeptoren ausreichen, da es schon genügen sollte, wenn ein einziger Rezeptor eines Netzhautbereichs eine geringfügig andere Lichtmenge absorbiert als die Nachbarn. Der mittlere Kurvenverlauf 'Visus gegen Punktdurchmesser' (vgl. Abb. 1) scheint damit in Einklang zu stehen: Entgegen dem Zusammenhang $V = 1/a$ wurden bei gegebenem V kleinere Punkte gesehen (die Werte in der Abb. 1 hätten weiter rechts liegen müssen). Punkte werden also besser erkannt, als der durch das «Auflösungsvermögen» bestimmte Visuswert erwarten liesse.

Dass bei den Tests die Visuswerte überdurchschnittlich gut waren, ist erstaunlich, und kann nicht so einfach erklärt werden. Wenn es kein Zufall war, stellt sich die Frage, ob ein guter Visuswert mit höherer Wahrscheinlichkeit zum astronomischen Hobby führt, oder umgekehrt! Beide Möglichkeiten erscheinen mir aber nicht übermässig logisch. Das Interesse für Astronomie wird meiner Ansicht nach von anderen Umständen beeinflusst und festgelegt, als von der Sehschärfe. Ausserdem kann hier in gewissen Grenzen mit Sehhilfen (Brillen, Linsen) eine schlechtere Sehkraft kompensiert werden.

Eher scheint möglich, dass durch Übung die Fähigkeit zur genaueren Beobachtung gesteigert wird; es ist nur fraglich, ob dies einen solch grossen Effekt ausmachen kann. Dennoch habe ich z.B. schon mehrfach beobachtet, dass unerfahrene

Personen, die (detailreiche!) Sonnenflecken im Fernrohr sehen wollten, nur «eine Scheibe mit ein paar Punkten drauf» beschreiben konnten. Es ist offenbar problematisch, sich auf ein kleines Objekt so zu konzentrieren, dass es permanent auf die Stelle des schärfsten Sehens («Fovea centralis», ca. $0,5^\circ$) abgebildet wird. Es müssen wohl die ständigen, kleinen Blickbewegungen unterdrückt werden, damit ein ruhiges Bild entsteht, und dies sollte nach einer gewissen Übung auch möglich sein. Diese Betrachtung würde darauf hindeuten, dass alle «Astro-Freaks» (und übrigens auch z. B. am Mikroskop arbeitende Personen...) überdurchschnittliche Visuswerte «erlernen» könnten, was doch etwas gewagt erscheint.

Nach einer dritten Überlegung bestünde doch die Hoffnung, dass wir Sonnenbeobachter «normal» sind, wenn nämlich ein äusserer Faktor alle Werte angehoben hätte. Vermutlich spielen hier tatsächlich die Beleuchtungsverhältnisse eine entscheidendere Rolle. Die Beleuchtung war bei beiden Tests u.U. stärker (in beiden Fällen direkte Beleuchtung!), als bei üblichen Tests (diffuses Zimmerlicht beim Augenarzt?). Die Fähigkeit zur Kontrastwahrnehmung steigt aber über einen weiten Helligkeitsbereich mit der Gesamtbeleuchtung an.

Trotz allem scheint der beobachtete Effekt etwas rätselhaft. Der Sehtest könnte zum Vergleich einmal mit einer anderen Personengruppe durchgeführt werden.

Dass die Sehschärfe beim «Fernsehen» vom Alter unabhängig ist, liegt wohl daran, dass sich der für das Auflösungsvermögen wichtige Photorezeptorenabstand im Laufe des Lebens kaum ändert. Veränderungen des optischen Apparates (von Linsentrübungen etc. einmal abgesehen) äussern sich lediglich in einer schwindenden Fähigkeit der Linse, ihre Brechkraft zu ändern: Ab ca. 50 können wir im Nahbereich ohne Hilfe nicht mehr scharf sehen (Altersweitsichtigkeit).

Fleckensichtbarkeit

Bei einem Vergleich der im Test ermittelten minimalen Punktgrösse von ca. $30''$ mit den Sichtbarkeitsgrenzen aus Abb. 4, muss zunächst bedacht werden, dass die Testpunkte (Tusche auf weissem Papier) wahrscheinlich einen höheren Kontrast aufwiesen, als reale Fleckenumbrän gegenüber der Photosphäre (diese haben ca. 10% der Photosphärenhelligkeit, Penumbren ca. 80%). Kontrastärmere Testpunkte lägen aber weiter bei der Penumbren-Sichtbarkeitsgrenze: ein Argument für einen stärkeren Einfluss der Penumbra auf die Fleckensichtbarkeit. Bedenkt man aber, dass die Kurven in der Abb. 4 nicht die Sichtbarkeitsgrenzen von *isolierten* Penumbren bzw. Umbren sind sondern immer eine Kombination betrachtet wurde, liegen die Dinge etwas komplizierter. Für isolierte Umbren müsste die Grenze nämlich bei grösseren Durchmessern liegen, ebenso für reine Penumbren. Damit würde sich die Kurve dem Sehtestergebnis annähern und man könnte den Schluss ziehen, dass wir vorwiegend die Umbra der Flecken sehen.

Wie auch immer die Anteile der einzelnen Fleckenkompartimente an der Sichtbarkeit sein mögen, es ist mit ziemlicher Sicherheit nicht nur eines von beiden sichtbar. Die Penumbra hat zwar einen geringeren Kontrast, aber das Auge kann im hellangepassten Zustand noch Unterschiede von 1% erkennen. Die Umbra liegt an der Auflösungsgrenze, ihr «Lichtdefizit» verteilt sich aber aufgrund der Abbildungsqualität des Auges auf einen grösseren Bereich (s.o.) und überlagert sich damit dem Penumbrabild im Auge.

H.U. KELLER, Kolbenhofstr. 33, CH-8045 Zürich, Schweiz
ANDREAS BULLING, Leonhardstr. 22, D-72793 Pfullingen, BRD

(Résumé à la page 273)