

VI. Die Verzeichnungsfrage

Auch im Hinblick auf einen anderen Teil des Sehvorganges haben sich in den letzten Jahren die Ansichten geändert: Es handelt sich um den Begriff der Verzeichnung (vgl. hierzu ¹⁷⁾ und eine demnächst in dieser Zeitschrift erscheinende Abhandlung von A. Sonnefeld). Unter der Verzeichnung eines optischen Instruments verstehen wir das Verhältnis, um das sich der Abbildungsmaßstab zwischen dem Rand und der Mitte des Gesichtsfeldes ändert. Bei einer idealen Abbildung sollte ja der Abbildungsmaßstab für Mitte und Rand der gleiche sein, nämlich $= \beta_0$ für eine Abbildung zwischen zwei Ebenen in endlichem Abstände. Ist diese Gleichheit des Vergrößerungsmaßstabes über das ganze Gesichtsfeld nicht erfüllt, so definiert man als den Verzeichnungsfehler den Ausdruck:

$$V_z = \frac{1}{\beta_0} \cdot \frac{x' \cdot \operatorname{tg} w'}{x \cdot \operatorname{tg} w} \quad (18)$$

worin

- β_0 die (Gaußische) Vergrößerung für die Bildfeldmitte,
- w' die bildseitige Hauptstrahlneigung für den Bildfeldrand,
- w die objektseitige Hauptstrahlneigung,
- x' den Abstand des Bildes vom bildseitigen Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen und
- x den Abstand des Objekts vom objektseitigen Kreuzungspunkt der Hauptstrahlen bedeuten.

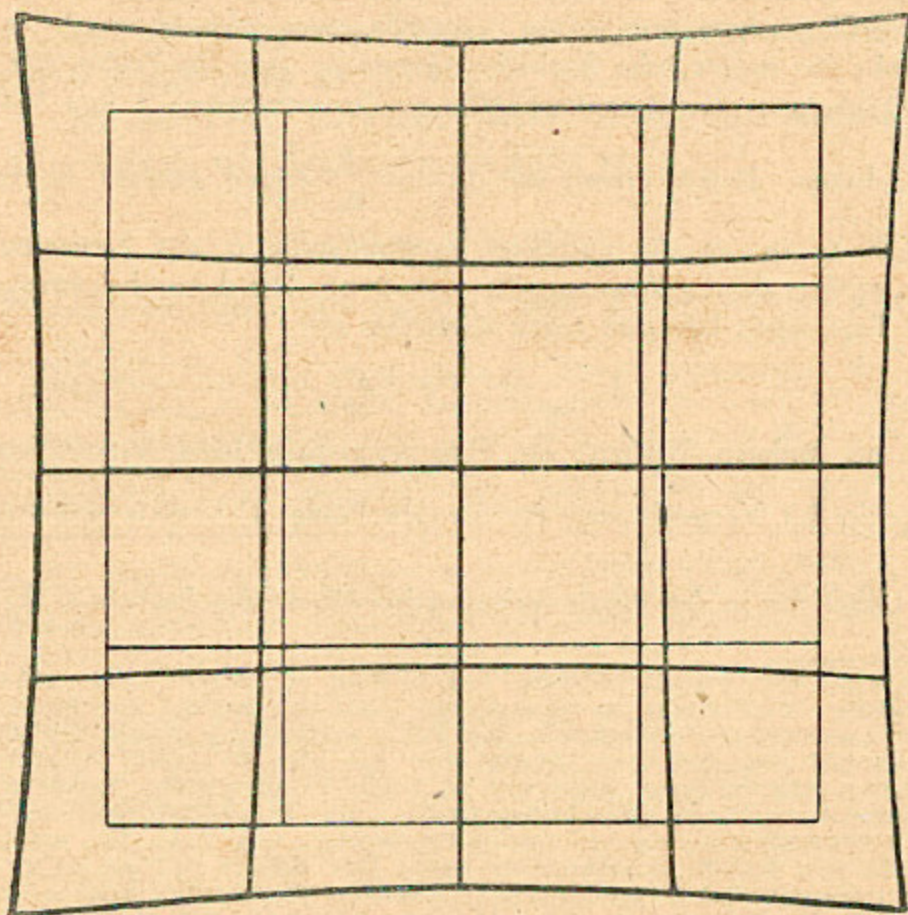


Abb. 3 Wiedergabe eines Quadratnetzes bei kissenförmiger Verzeichnung

$V_z = 1$ bedeutet, daß für den betrachteten Bildpunkt der Vergrößerungsmaßstab der gleiche ist wie für die Bildmitte. In diesem Falle wird ein quadratisches Gitter wieder als solches abgebildet.

Für $V_z > 1$ ist der Abbildungsmaßstab für den Rand größer als für die Achse, das Gitter erscheint durchgebogen, man spricht in diesem Falle von kissenförmiger Verzeichnung (vgl. Abb. 3).

Für $V_z < 1$ ist der Abbildungsmaßstab für den Rand kleiner als für die Mitte, das Gitter erscheint tonnenförmig durchgebogen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß z. B. beim photographischen Objektiv $V_z = 1$ verlangt werden muß.

Wie sieht es nun beim Fernrohr aus?

Gleichung (18) formt man wegen $x' = \infty$, $x = \infty$ um zu:

$$V_z = \frac{1}{I'} \cdot \frac{\operatorname{tg} w'}{\operatorname{tg} w} \quad (19)$$

Es war lange Zeit eine bei den Fachleuten feststehende Meinung, daß auch für die Fernrohrverzeichnung nach Gleichung (19) der Wert 1 anzustreben wäre. Diese Ansicht wäre richtig, wenn sich das Auge wie eine photographische Platte verhielte, d. h. im Raum feststünde. A. Sonnefeld hat vor einiger Zeit, gestützt auf einige ältere Arbeiten, darauf hingewiesen, daß beim Blicken mit bewegtem Auge mit einem recht komplizierten physiologischen Vorgang zu rechnen ist. Das Auge tastet beim Blicken hintereinander den Objektraum ab, wobei bei jeder Blickstellung jeweils nur ein kleiner Bereich, etwa 1° , scharf gesehen wird. Die Seheindrücke werden mit einem wunderbaren Mechanismus, dessen Einzelheiten bis heute noch nicht erforscht sind, im Nervenzentrum zu einem zusammenhängenden, seiten- und höhenrichtigen Bild zusammengefügt. Es ist ohne weiteres verständlich, daß bei dieser Art des Sehmechanismus eine bestimmte natürliche Verzeichnung auftreten, da ja die einzelnen, zu einem Bild zusammengefügt Teile infolge der Rollbewegung des Auges auf einer Kugel liegen. Gewohnheit und Erziehung lassen uns diese Unterschiede nur nicht wahrnehmen. Setzt man jetzt ein Fernrohr vor das Auge, bei dem nach Gleichung (19) die Verzeichnung beseitigt ist, dann gehört ja zu einem bestimmten Blickwinkel ein wesentlich kleinerer Objektwinkel.

Unser Sehmechanismus wird aber jetzt an dem überblickten Objektfeld die Korrektur anbringen, die zu dem wesentlich größeren Blickwinkel des Auges bei der Fernrohrbeobachtung gehört. Infolgedessen wird uns das durch ein Fernrohr betrachtete Bild in irgendeiner Form unnatürlich erscheinen. Es soll an dieser Stelle nicht im einzelnen auf die von Sonnefeld und Slevogt ausführlich besprochene Beobachtung von der Durchbiegung gerader Linien gesprochen werden, da hierüber noch nicht genügend Beobachtungsmaterial vorliegt. Es werde daher auf die Originalabhandlung hingewiesen. Für den Praktiker hat die beschriebene Erscheinung jedoch eine sehr auffällige Konsequenz: wenn man ein Fernrohr, bei dem die Verzeichnung nach Gleichung (19) korrigiert ist ($V_z = 1$), über ein in der Tiefe gegliedertes Objektfeld bewegt, bemerkt man eine unnatürliche Veränderung der Perspektive (vgl. auch die demnächst erscheinende Arbeit von A. Sonnefeld). Man hat den Eindruck, als ob sich der Vordergrund gegen den Hintergrund bewege. Wenn man jetzt, ohne die übrigen Fernrohreigenschaften zu ändern, V_z einen Wert von etwa 1,12 für 65° scheinbares Sehfeld gibt, also eine kissenförmige Verzeichnung im hergebrachten Sinn zuläßt, so ist die eigentümliche Verfälschung der Perspektive verschwunden. Dieser Effekt ist sehr deutlich und konnte von mehr als 30 Versuchspersonen eindeutig bestätigt werden. Es ist jedoch zu bemerken, daß bei einer so gewählten Größe der Verzeichnung gerade Linien wie Schornsteine, Gebäudekanten und dergleichen, am Rand des Gesichtsfeldes leicht kissenförmig durchgebogen erscheinen. Man kann mit einer Korrektur der Verzeichnung im eben beschriebenen Sinn nur eins erreichen: entweder eine getreue Wiedergabe der Perspektive, ein sogenanntes „ruhigs Bild“, oder eine durchbiegungsfreie Wiedergabe von ausgedehnten geraden Linien im Vordergrund des Gesichtsfeldes. Es liegt auf der Hand, daß mit Rücksicht auf die Anwendung eines Feldstechers nur die erstgenannte Korrekturart in Frage kommen kann. Diese Erkenntnis ist von weittragender praktischer Bedeutung und ist bei der Neuentwicklung von Feldstechern durch Optik Carl Zeiss Jena, VEB, im Rahmen des Wiederaufbauprogramms bei dem Modell „Deltrintem“ 8×30 angewendet worden. Jeder, der zufällig ein altes Modell 8×30 und ein neues (Produktion 1948) zur Verfügung hat,

kann sich leicht von dem hier beschriebenen, physiologisch-optischen Effekt überzeugen und die erzielte Verbesserung der perspektivischen Wiedergabe erkennen. Man braucht nur, wie oben beschrieben, mit dem Feldstecher einen in der Tiefe gegliederten Geländeabschnitt mit ausgesprochenem Vorder- und Hintergrund zu betrachten und durch leichtes Drehen des Kopfes den Geländeabschnitt durch das Gesichtsfeld wandern zu lassen. Das Fernglas alter Bauart, das eine außerordentlich geringe Verzeichnung von 1,05 besitzt, zeigt die oben erwähnte Unruhe des Bildes, dieses Gegen-
einanderbewegen von Vorder- und Hintergrund, während das neue Glas mit einer Verzeichnung von 1,12 ein ruhiges, perspektivisch getreues Bild erzeugt.

Wie A. Sonnefeld in seiner demnächst erscheinenden Arbeit erwähnt, haben diese Erkenntnisse noch weitere Konsequenzen: wenn nämlich aus physiologisch-optischen Gründen eine gewisse Verzeichnung erwünscht ist, dann hat der geometrische Optiker die Möglichkeit, andere Bildfehler des Fernrohrs, besonders die Randschärfe, bei gleichem optischem Aufwand zu verbessern. Daß auch dadurch ein erheblicher Fortschritt zu erzielen war, ist durch einen Vergleich des alten mit dem neuen Glas leicht zu erkennen.