

**Verfahren**  
zur Herstellung großflächiger Parallaxstereogramme,  
insbesondere für die raumbildliche kartographische Darstellung  
des Bodenreliefs

Dr. EGON BREETZ und Dr. EWALD GERTH, Potsdam

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung großflächiger Parallaxstereogramme, das insbesondere in der Kartographie zur raumbildlichen Darstellung des Bodenreliefs dienen soll, darüber hinaus aber auch für die Raumbilddarstellung der verschiedensten Arten, z.B. zur Darstellung geometrischer Figuren, verwendet werden kann.

Der Stand der Technik zur Herstellung von Stereobildern ist durch eine Vielzahl bekannter Verfahren gekennzeichnet, die in ihrer Mehrzahl darauf beruhen, daß zwei in parallaktischem Abstand getrennt voneinander aufgenommene oder konstruierte Partialbilder des abzubildenden räumlichen Objektes bei der visuellen Betrachtung den beiden Augen getrennt zugeführt werden, wobei sie dann zu einem einheitlichen räumlichen Eindruck verschmelzen.

Zur getrennten Betrachtung der Partialbilder durch beide Augen bedient man sich verschiedener Verfahren. Hierzu werden beispielsweise Spiegel- oder Linsensysteme verwendet. Dabei ist der Betrachter an den Standort des Betrachtungsgerätes gebunden. Eine direkte Nachführung der abgebildeten geometrischen Strukturen ist nicht möglich, da die beiden separat nebeneinander angeordneten Partialbilder nur über optische Systeme verschmolzen werden.

Weit verbreitet sind die Anaglyphenverfahren, bei denen mit Hilfe von Farbfiltern oder Polarisationsfiltern aus den übereinanderliegenden Partialbildern für jedes Auge das zugehörige Bild herausgefiltert wird. Diese Filter werden in Form einer Brille verwendet. Der Betrachter kann seinen räumlichen Standort weitgehend verändern. Dabei erleidet aber der räumliche Bildeindruck Deformierungen; denn nur unter dem gleichen parallaktischen Winkel wie bei der Bildaufnahme kann ein natürlicher Raumeindruck entstehen, so daß es nur einen Standort des Betrachters gibt, bei dem keine Bildverzerrungen auftreten. Von diesem Standort aus ist aber eine mit dem abgebildeten Objekt kongruente Nachführung der geometrischen Strukturen möglich.

---

<sup>1)</sup> DDR-Patentschrift 83301, WPa 75/148 150 (Patent erteilt am 12. August 1971).

Procedure for making extensive parallaxic stereograms, especially for the stereoscopic representation of the ground relief. GDR-patent 83301. Application in GDR: Wpa 75/148 150. Day of issue: Aug.12, 1971. Patentees: Dr. Egon Breetz, Dr. Ewald Gerth

Abstract attached on page 8.

Der im Manuskriptarchiv der Verfasser aufbewahrte Text der Patentanmeldung wurde im Jahre 2013 wortgetreu digitalisiert und in das Internet eingefügt unter der Adresse: [www.ewald-gerth.de/Linsenraster-Stereo-Anaglyphen.pdf](http://www.ewald-gerth.de/Linsenraster-Stereo-Anaglyphen.pdf)

Farbanaglyphen sind bereits mit Erfolg in der Kartographie eingesetzt worden. Nachteilig ist die feste Gebundenheit des messenden Betrachters an einen bestimmten Betrachtungsstandort und die Tatsache, daß die Farben der Partialbilder nur zu Grauwerten verschmelzen können, so daß die für die Kartographie so wichtige Farbwiedergabe verloren geht. Diese Möglichkeit besteht zwar bei Polarisationsanaglyphen. Die Herstellung eines polarisierenden Bildträgers nach dem Vektographenprinzip, bei dem zwei dichroitische Kolloidschichten mit senkrecht zueinander stehenden Polarisationsrichtungen entsprechend dem Bildinhalt der beiden Partialbilder einzeln eingefärbt und dann aufeinander geklebt werden, ist technisch sehr aufwendig, so daß man meist auf eine Farbwiedergabe verzichtet.

Das bekannte Projektionsverfahren von Stereobildern unter Ausnutzung der Bildtrennung durch Polarisationsfilter, mit dem auch farbige Stereo-Diapositive projiziert werden können, soll hier nicht weiter erörtert werden, da es für die Herstellung von Karten auf einem Bildträger nicht benutzt werden kann.

Bei den Anaglyphenverfahren ist die Tatsache, daß man zur Betrachtung des Stereobildes eine geeignete Brille benötigt und daß eine verzerrungsfreie Wiedergabe der Raumstrukturen nur von einem Betrachtungsort möglich ist, als nachteilig anzusehen.

Es sind eine Reihe von Verfahren vorgeschlagen worden, wonach die natürliche Augenparallaxe zur Bildtrennung ausgenutzt wird, so daß damit eine Stereobetrachtung mit unbewaffneten Augen möglich ist. Bei den ältesten Verfahren dieser Art wird ein Gitterraster verwendet, das bei der Aufnahme der beiden einzelnen Partialbilder in einem bestimmten, durch die Augenparallaxe und die Gitterstreifenbreite gegebenen Abstand vor dem Bildträger angeordnet ist. Die beiden Partialbilder werden auf diese Weise streifenartig ineinander verschachtelt. Bei der Betrachtung erfolgt eine Umkehrung des optischen Weges. Dieses Gitterrasterprinzip ist später mit Hilfe von Zylinderlinsenrastern wesentlich verbessert worden. Hierbei wird die Richtwirkung der Linsenraster ausgenutzt.

Der Bildträger befindet sich in der Brennebene der Zylinderlinsen. Von dem abzubildenden räumlichen Objekt wird eine Folge von parallaktischen Bildpaaren auf dem Träger untergebracht.

Der Vorteil dieses Verfahrens besteht vor allem darin, daß bei horizontalen Änderungen des Betrachtungsstandortes keine räumlichen Verzerrungen des Bildeindrucks auftreten. Das Verfahren ist vor allem durch plastische Ansichtskarten bekannt geworden. Die Möglichkeit, neben der räumlichen Strukturierung des Objektes auch die Farbe wiedergeben zu können, läßt dieses Verfahren der Raumbildwiedergabe als außerordentlich geeignet für die Kartographie erscheinen. Nachteilig ist aber unter Umständen, daß bei Drehung des Bildes um  $90^\circ$  der Raumeindruck wegen der vertikalen Anordnung der Zylinderlinsen verschwindet. Als kompliziert ist noch die Technik zur Aufnahme des Raumbildes anzusehen. Man benötigt hierfür eine Spezialkamera mit großem Öffnungsverhältnis, um die aus den verschiedenen Richtungen von dem Objekt ausgehenden Lichtstrahlen entsprechend ihrer Richtcharakteristik auf dem Zylinderlinsenraster abzubilden. Hieraus resultiert ein relativ kleines Bildfeld, das in seinen linearen Abmessungen stets kleiner als der Objektivdurchmesser sein muß. Um auch mit geringeren Öffnungsverhältnissen der Kamera auszukommen, ist vorgeschlagen worden, von

dem Objekt eine Serie von Aufnahmen mit jeweils um einen bestimmten Winkelabstand veränderten Aufnahmestandorten auf einen um das Objekt geschlagenen Kreis zu machen, die alle auf dem Zylinderbildträger überlagert werden. Eine Aufnahmeserie kann auch durch einen kontinuierlichen Schwenk auf dem Kreisbogen während der Aufnahme ersetzt werden.

Die Erfindung dient dem Zweck, großflächige, farbige Raumbilder von dreidimensionalen Objekten herzustellen, die eine verzerrungsfreie Raumillusion bei der Betrachtung mit unbewaffneten Augen aus einem großen Winkelbereich und bei beliebiger Bildebenenrotation vermitteln.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine photographische Abbildung von räumlichen Objekten auf einen großflächigen Bildträger ohne besondere optische Abbildungssysteme zu bewirken, wobei auf Grund der Richtwirkung der Bildelemente eine zum Original maßstabsgetreue parallaktische Bildverschiebung bei der Betrachtung des Stereogramms erzielt wird.

Erfindungsgemäß wird das abzubildende räumliche Objekt mit einem flächenhaften Kugellinsenraster auf eine in der Brennebene der Kugellinsen befindliche photographische Schicht abgebildet, die mit dem Linsenraster fest verbunden ist. Das nach der photographischen Entwicklung erhaltene pseudoskopische Negativ wird von der Schichtseite her beleuchtet und über das mit dieser Schicht verbundene Kugellinsenraster auf eine weitere mit einem Kugellinsenraster verbundene Photoschicht abgebildet, die während der Belichtung im Abstand des vorgesehenen räumlichen Tiefenniveaus angeordnet wird, das mit der Ebene des Bildträgers zusammenfallen soll.

Zur Bildfeldbegrenzung wird das abzubildende Objekt von einer lichtundurchlässigen Blende umgeben bzw. derart beleuchtet, daß die Umgebung des Objektes nicht zur Abbildung gelangt. Das pseudoskopische Negativ wird in einem hinreichend großen Abstand vom Objekt aufgenommen, so daß auf der Photoschicht keine Bildüberdeckungen hinter benachbarten Kugellinsen auftreten können. Hierbei wird das Verhältnis zwischen der Gegenstandsgröße und dem Abstand kleiner als das Verhältnis zwischen der Breite und der Höhe dieser Rasterzelle sein.

Die Bildfeldbegrenzung kann auch durch eine rasterförmig ausgebildete Aperturblende erreicht werden, die nur Lichtstrahlen in einem durch das Verhältnis zwischen der halben Breite und der Höhe einer Rasterzelle begrenzten Winkelabstand von der Bildflächennormalen hindurchtreten läßt. Zur Änderung des Abbildungsmaßstabes wird bei der Aufnahme bzw. der Kopie ein Objektiv mit einem hinreichend großen Aperturwinkel verwendet, mit dem das Objekt bzw. das pseudoskopische Negativ auf den Kugellinsenträger abgebildet wird.

Die technischen und technisch-ökonomischen Auswirkungen sind darin zu erwarten, daß die Herstellung von großflächigen Raumbildern für die Produktion von reliefbetonten und sonstigen dreidimensional akzentuierten Landkarten, namentlich von Karten für den Geographieunterricht zur Einführung des Kartenverständnisses, zur Vermittlung räumlicher Vorstellungen und zur Darstellung ausgewählter Relief- und Landschaftstypen (als Handkarten und als Wandkarten) aufgenommen wird. Als weitere Anwendungen kommen z.B. geometrische Darstellungen mathematischer Funktionen oder der Atom- bzw. Molekularstruktur der Stoffe, Übersichten über die räumlichen

Strukturen von Bergwerken, Industrieanlagen etc. sowie die verschiedensten Bereiche der Werbung in Betracht.

Als vorteilhaft gegenüber dem bisherigen Stand der Technik ist die verzerrungsfreie Wiedergabe der Raumstrukturen anzusehen, wodurch das Verfahren nicht nur für Demonstrationszwecke, sondern auch für meßtechnische Zwecke eingesetzt werden kann.

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen bedeuten:

- Fig. 1 Aufsicht auf ein Kugellinsenraster
- Fig. 2 Vertikalschnitt durch ein Kugellinsenraster  
*b* Breite der Zelle, *d* Schichtdicke, *r* Krümmungsradius
- Fig. 3 Rasterblende (Vertikalschnitt) zur Begrenzung des Aperturwinkels  $\alpha$ ; *n* = Normalenrichtung
- Fig. 4 Anordnung bei der direkten Aufnahme eines räumlichen Objektes mit einem Kugellinsenrasterfilm sowie Betrachtung des Rasterbildes mit einem Augenpaar.  
*G* Gegenstandspunkt;  $\alpha$  Aperturwinkel; *LA* linkes Auge; *RA* rechtes Auge; *B<sub>p</sub>* pseudoskopischer Bildpunkt bei der Betrachtung; *PS* Photoschicht; *LR* = Linsenraster.
- Fig. 5 Anordnung bei der Kopierung eines Linsenrasterbildes *LB* auf einen Linsenrasterfilm *LF*,  
*B<sub>r</sub>* orthoskopischer Bildpunkt  
bei der Betrachtung des so erzeugten Rasterbildes *LS* auf *LF* mit dem Augenpaar *RA/LA*; *M* Nullniveau.
- Fig. 6 Anordnung bei der Aufnahme eines räumlichen Objektes *G<sub>1</sub>*; *G<sub>2</sub>* durch Abbildung auf einen Linsenrasterfilm *LF* mit Hilfe eines Objektivs *Ob*;  
*B<sub>p1</sub>*, *B<sub>p2</sub>* = pseudoskopische Bildpunkte  
bei der Betrachtung des Rasterbildes mit einem Augenpaar.

Die Erfindung beruht auf dem Prinzip der Abbildung räumlicher Strukturen durch Kugellinsenraster und der mit Hilfe von Kugellinsen erzielbaren Richtwirkung.

Die Kugellinsen sind in dem Raster so eng zusammengefügt, daß sie mit ihren sphärischen Oberflächen sich gegenseitig durchdringen, wegen der Gleichverteilung der Kugellinsen in der Bildfläche ergeben die Durchdringungslinien in der Aufsicht ein Wabenmuster gemäß Fig. 1. Die Kugelflächen ergeben zusammen die Vorderseite des Linsenrasters. Die Rückseite ist als ebene Fläche ausgebildet; sie befindet sich im Brennpunktabstand von der Vorderseite. Fig. 2 zeigt einen Vertikalschnitt durch das Linsenraster, Darin ist *r* der Radius der Kugellinse, *d* die gesamte Schichtdicke und *b* die Breite (Abstand zwischen zwei parallelen Kanten) der Rasterzelle. Die Schichtdicke *d* ergibt sich mit dem Brechungsindex *n* des Rastermaterials nach der Beziehung

$$d = \frac{r}{1 - \frac{1}{n}}.$$

Dieser Zusammenhang zwischen den Größen  $n$ ,  $r$  und  $d$  muß bei der Herstellung des Linsenrasters unbedingt eingehalten werden, damit ein entfernter Gegenstand auf der ebenen Rückseite des Linsenrasters scharf abgebildet wird.

Theoretisch entsteht das Bild eines nicht unendlich weit entfernten Gegenstandes hinter der Brennebene. Die Relation zwischen der Größe der Rasterzelle und dem Abstand des abzubildenden Objektes ist aber derart, daß die von einem Objektpunkt auf eine einzelne Kugellinse auftreffenden Lichtbündel näherungsweise als parallel angesehen werden können und somit die Abbildung im Tiefenschärfenbereich erfolgt.

Wird die Rückseite der Rasterschicht mit einer lichtempfindlichen photographischen Schicht belegt, so stellt jede Rasterzelle eine photographische Kamera dar. Hinter jeder Linse wird von dem Gegenstand ein vollständiges Bild auf die Photoschicht projiziert. Das gesamte Linsenraster besitzt eine facettenartige Struktur. Die Bilder der einzelnen Zellen sind auf der Photoschicht nebeneinander angeordnet. Damit die Bilder sich nicht gegenseitig überdecken, darf der Aperturwinkel des abzubildenden Gegenstandes einen bestimmten Wert nicht überschreiten, der durch die Beziehung

$$\alpha = 2 \arctan \frac{b}{2(d-r)}$$

gegeben ist.

Man erreicht dies, indem man nur den Gegenstand bei der Belichtung beleuchtet, so daß seine Umgebung bzw. der Hintergrund nicht zur Abbildung kommt, und den Abstand vom Linsenraster so einstellt, daß der maximale Aperturwinkel voll ausgenutzt, aber nicht überschritten wird.

Eine weitere Möglichkeit zur Begrenzung des Aperturwinkels besteht darin, daß man zwischen dem Gegenstand und dem Linsenraster ein Blendenraster anordnet nach Fig. 3, das nur solche Lichtstrahlen hindurchläßt, die um einen kleineren Winkel als  $\alpha/2$  von der normalen Richtung  $n$  zur Bildebene abweichen. Dieses Blendenraster kann während der photographischen Aufnahme kontinuierlich bewegt werden. Auf diese Weise ist es möglich, größere Objekte in geringem Abstand vom Linsenraster auf der Photoschicht abzubilden.

Auf der Photoschicht entsteht nach der Belichtung und photographischen Verarbeitung hinter jeder Kugellinse ein Negativ des Gegenstandes  $G$ , bzw. – wenn eine Umkehrentwicklung angewandt wird – ein Positiv. Betrachtet man dieses Bild von der Innenseite mit einem Augenpaar  $LA$ ,  $RA$ , so treffen wegen der Richtwirkung der Kugellinsen aus allen Winkelbereichen die zu einem Gegenstandspunkt gehörigen Helligkeitswerte an den Ort  $B_p$  wieder zusammen, an dem sich der Gegenstand  $G$  während der photographischen Aufnahme befand, s. Fig.4.

Das im Bereich der Strahlendivergenz befindliche Augenpaar sieht dann den Gegenstand gewissermaßen von der Rückseite, d.h., es entsteht ein pseudoskopisches Bild. Durch ein optisches System mit hinreichend großer Apertur ließe sich die Divergenz der Strahlen wieder zur Konvergenz umwandeln, so daß der durch das Objektiv blickende Betrachter ein orthoskopisches Raumbild wahrnimmt.

Das erfindungsgemäße Verfahren macht aber derartige optische Betrachtungssysteme überflüssig, indem auch für das Raumsehen ein Negativ-Positiv-Prinzip ausgenutzt

wird. Man kann das pseudoskopische Bild  $LB$  nämlich als ein Raumbild-Negativ ansehen. Kopiert man nach Fig. 5 dieses Raumbild-Negativ auf einen weiteren Linsenrasterfilm  $LF$ , indem man das Negativ von der Schichtseite her gleichmäßig beleuchtet und den zu belichtenden Linsenrasterfilm gegenüber dem Negativ  $LB$  in einem, durch das Nullniveau  $N$  bestimmten Abstand anordnet, wobei die Linsen der beiden Filme einander zugekehrt sind, so entsteht nach entsprechender photographischer Verarbeitung ein Positiv, also ein orthoskopisches Bild  $B_r$  mit richtiger Tonwertfolge.

Das Negativ-Positiv-Prinzip bietet den Vorteil, daß von einem Negativ beliebig viele Positive hergestellt werden können. Beim Kopieren ist ebenfalls wieder die Aperturbegrenzung zu beachten, wofür die gleichen Bedingungen wie für die Negativaufnahme gelten.

Das Nullniveau kann beliebig festgelegt werden. Bei kartographischen Raumbildern wird man es zweckmäßigerweise so legen, daß der Meeresspiegel oder das Höhenniveau eines Sees mit der Bildebene zusammenfällt. Die Bodenerhebungen liegen dann stets über dem Bildebenenniveau und können mit einem Meßgerät, z.B. einem Stechzirkel, abgegriffen werden.

Der Abbildungsmaßstab beträgt bei diesem Verfahren 1:1. Die abzubildenden Gegenstände müssen daher die gleiche Größe haben wie das Stereobild. Zur Herstellung von Bodenreliefkarten wird man deshalb erst ein Modell des Bodenreliefs herstellen, das dann mit dem Linsenrasterfilm direkt, also ohne Zwischenschaltung weiterer optischer Systeme, auf der photographischen Schicht abgebildet wird.

Es ist jedoch auch möglich, den Abbildungsmaßstab sowohl bei den Negativaufnahmen als auch beim Kopiervorgang zu verändern. Hierzu muß die Abbildung über ein Objektiv mit hinreichend großer Apertur erfolgen, Fig. 6.

Für die Belichtung großflächiger Kugellinsenrasterfilme müssen spezielle Kameras entwickelt werden. Beispielsweise kann die Kamera aus einer flachen Kassette bestehen. Der eingelegte Kugellinsenrasterfilm wird durch einen Schlitzverschluß zur Belichtung freigegeben. Die Belichtungszeit kann durch die Breite und (oder) die Geschwindigkeit des Schlitzes variiert werden.

Die photographischen Schichten, mit denen die ebene Rückseite des Kugellinsenrasters belegt wird, müssen sich durch ein hochgradiges Auflösungsvermögen auszeichnen. In vielen Fällen, z. B. bei der kartographischen Darstellung des Bodenreliefs, kommt es nicht auf eine hohe Empfindlichkeit des Filmmaterials an. Es ist somit möglich, die Filme mit hochfeinkörnigen, dafür aber wenig empfindlichen Emulsionen auszustatten. Für die farbige Wiedergabe werden Mehrschichtsysteme mit subtraktiver Farbmischung wie bei üblichen Farbfilmen verwendet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Parallaxstereogrammen, dadurch gekennzeichnet, daß das abzubildende räumliche Objekt mit einem flächenhaften Kugellinsenraster auf eine in der Brennebene der Kugellinsen befindliche photographische Schicht, die mit dem Linsenraster fest verbunden ist, abgebildet und das hierdurch nach der photographischen Entwicklung erhaltene pseudoskopische Negativ von der Schichtseite her beleuchtet und über das mit dieser Schicht verbundene Linsenraster auf eine weitere, mit einem Kugellinsenraster verbundene Photoschicht abgebildet wird, die während der Belichtung im Abstand des vorgesehenen räumlichen Tiefenniveaus angeordnet wird, das mit der Ebene des Bildträgers zusammenfallen soll.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildfeldbegrenzung das abzubildende Objekt von einer lichtundurchlässigen Blende umgeben oder derart beleuchtet wird, daß die Umgebung des Objektes nicht zur Abbildung gelangt und daß das pseudoskopische Negativ zur Vermeidung von Bildüberdeckungen hinter benachbarten Kugellinsen auf der Photoschicht in einem Abstand erfolgt, bei dem das Verhältnis zwischen Gegenstandsgröße und Abstand kleiner als das Verhältnis zwischen der Breite und der Höhe einer Rasterzelle ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildfeldbegrenzung eine rasterförmig ausgebildete Aperturblende zwischen Objekt und Linsenrasterfilm bzw. bei einer Kopierung zwischen den beiden gegenüberstehenden Linsenrasterfilmen beweglich angeordnet wird, die nur Lichtstrahlen in einem durch das Verhältnis von halber Breite und Höhe einer Rasterzelle begrenzten Winkelabstand von der Bildflächennormalen hindurchtreten läßt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Änderung des Abbildungsmaßstabes bei der Aufnahme bzw. bei der Kopie ein Objektiv mit einer der Bildgröße entsprechenden Aperturöffnung verwendet wird, mit dem das Objekt bzw. das pseudoskopische Negativ auf den Kugellinsenbildträger abgebildet wird.

## Abstract

Breetz, Egon und Gerth, Ewald: Verfahren zur Herstellung großflächiger Parallaxstereogramme, insbesondere für die raumbildliche Darstellung des Bodenreliefs. DDR-Patentschrift 83301, WPa 75/148 150 (12. August 1971).

Procedure for making extensive parallax stereograms, especially for the stereoscopic representation of the ground relief. GDR-patent 83301. Application in GDR: Wpa 75/148 150. Day of issue: Aug.12, 1971. Patentees: Dr. Egon Breetz, Dr. Ewald Gerth

In further development of the formerly known cylinder-lens method for the stereoscopic representation of three-dimensionally arranged objects, which allows a direct viewing of the stereo-image with naked eyes by means of the eye's parallax, covering one partial image from the other, respectively, the patent specification proposes a plane honeycomb-like distribution of spherical lenses on the carrier of the picture. By this way the viewer gets an illusion of the spatial arrangement of objects not only – as given by cylinder lenses – for the line connecting both eyes perpendicularly to the direction of the lens raster, but one sees the spatial image from every side one likes. The virtually viewed objects seem to be fixed in the space, even if the viewer changes his viewing position. Thus, it is possible to pursue with a pointer a track on the imaginary ground surface and to measure directly distances between conspicuous sites in the space above the picture plane. For this reason the patented method is well-suited for making cartographic maps of the ground relief.



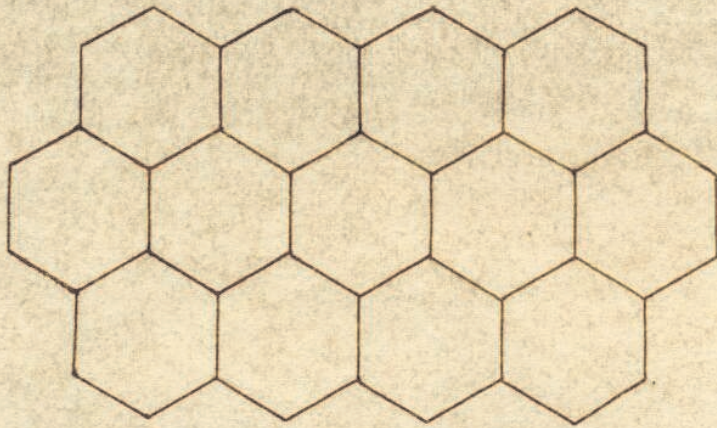


Fig. 1

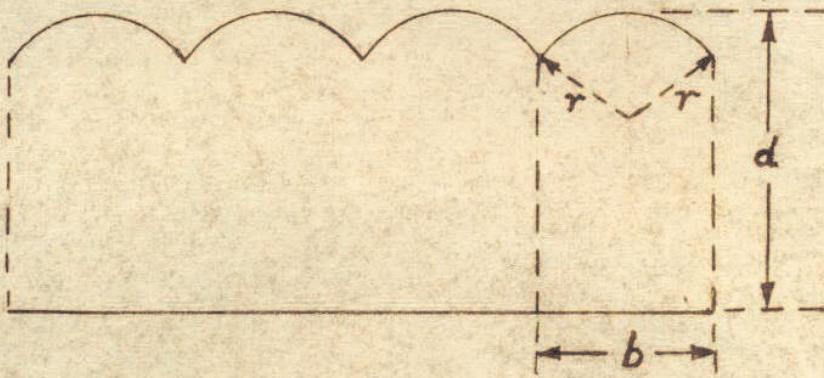


Fig. 2

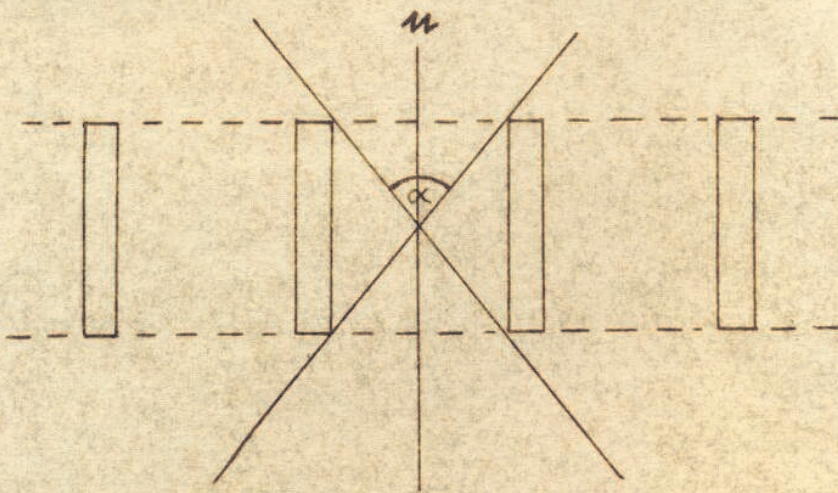


Fig. 3

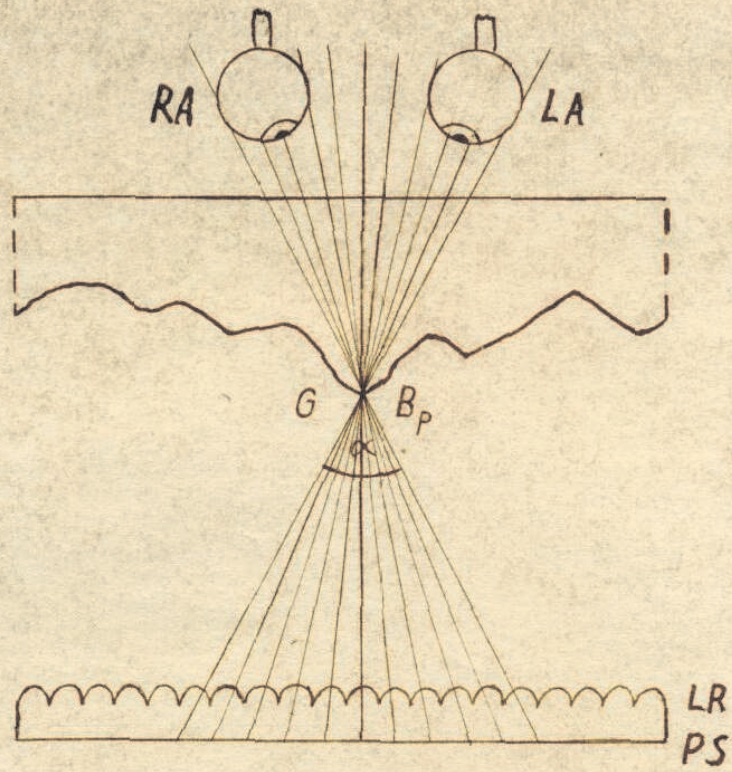


Fig. 4

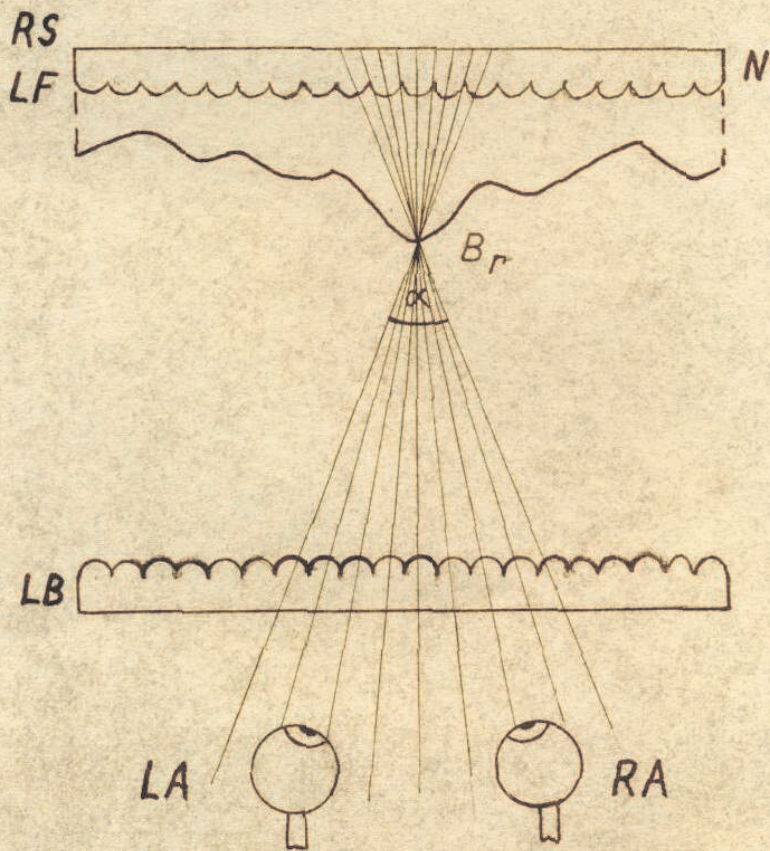


Fig. 5

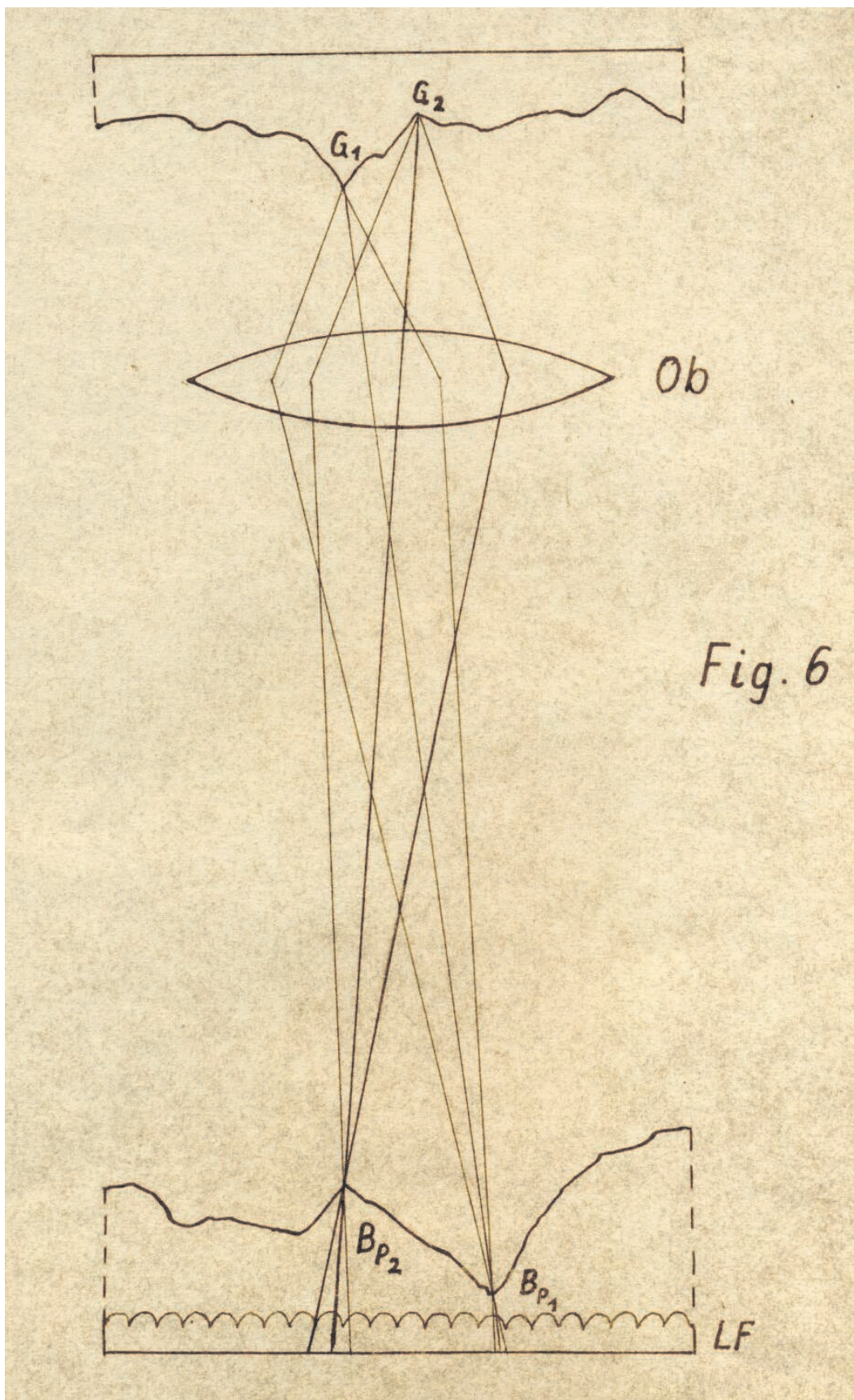


Fig. 6