

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik =  
Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

**Herausgeber:** Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

**Band:** 30 (1932)

**Heft:** 2

**Artikel:** Der reduzierende Doppelbild-Tachymeter Kern [2. Fortsetzung und  
Schluss]

**Autor:** Aregger, Alfred

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-193357>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# SCHWEIZERISCHE Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik

ORGAN DES SCHWEIZ. GEOMETERVEREINS

REVUE TECHNIQUE SUISSE DES MENSURATIONS ET AMÉLIORATIONS FONCIÈRES

ORGANE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES GÉOMÈTRES

Redaktion: Dr. h. c. C. F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)

Ständiger Mitarbeiter für Kulturtechnik: Dr. H. FLUCK, Dipl. Kulturingenieur, Villa Lepontia, Bellinzona-Ravecchia. — Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats.

Expedition, Inseraten- und Abonnements-Annahme:

BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR VORM. G. BINKERT, WINTERTHUR

Erscheinend am 2. Dienstag jeden Monats	<b>No. 2</b> des XXX. Jahrganges der „Schweiz. Geometerzeitung“.	Abonnemente: Schweiz . . . Fr. 12.— jährlich Ausland . . . „ 15.— „
Inserate: 50 Cts. per 1spaltige Nonp.-Zeile	<b>9. Februar 1932</b>	Unentgeltlich für Mitglieder des Schweiz. Geometervereins

## Der reduzierende Doppelbild-Tachymeter Kern.

Von Alfred Aregger, Grundbuchgeometer, Pfeffikon.

(2. Fortsetzung und Schluß.)

### Der Reduktionsmechanismus.

Zur Erzeugung der Doppelbilder wird vor die eine Hälfte des Fernrohrobjektives ein oben theoretisch erläutertes optisches Drehkeilpaar (Figur 10 u. 12,  $K^1$  u.  $K^2$ ) montiert. Jeder der beiden Keile besteht aus einem kreisrunden, achromatischen, plattenförmigen Glaskeil, so berechnet, daß ein den Keil quer durchlaufender Lichtstrahl um den Winkel von  $17' 11'',3$  von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt wird, was bei ca.  $\frac{3}{4}^\circ$  Keilwinkel zutrifft. Dadurch, daß zwei solcher Keile  $K_1$  u.  $K_2$  hintereinander angeordnet sind, kann durch gegenseitiges Verdrehen derselben um die Längsachse des Fernrohres eine seitliche Ablenkung  $OP$  (Fig. 11) erzielt werden, welche zwischen  $O$  und  $34' 22'',6$  schwankt. (Differenz bis zur Summe der Ablenkung der beiden Keile.) Letzterer Betrag von  $34' 22'',6$  entspricht einer Ablenkung von 1%, d. h. einer tachymetrischen Multiplikationskonstante 100.

Die Keile  $K_1$  und  $K_2$  sind in Fassungsringen  $U_1$  und  $U_2$  eingelassen, welche in Kugellagern im Fernrohr sitzen und seitliche Zahnkränze tragen. In diese Zahnkränze greift das Zahrad  $G$  ein, welches mit einem Zahnrad  $F$  auf gemeinsamer Drehachse starr verbunden ist. In dieses letztere Rad  $F$  greift ein Zahnrad  $E$  ein, welches an dem einen Ende einer drehbaren Achse  $D$  befestigt ist. Das andere Ende der Achse  $D$  trägt ebenfalls fest verbunden eine in annähernd senkrechter Richtung verlaufende Stange  $DC$ . Das Rad  $E$  und die Stange  $DC$  sind somit starr miteinander verbunden und es kann sich daher  $E$  nicht drehen ohne daß  $DC$  mitschwingt. Diese Stange  $DC$  bildet nun aber einen Bestandteil des Gelenkparallelogrammes  $DABC$  ( $A$ =Kippachse), so daß

beim Kippen des Fernrohres um die Kippachse  $A$ , die Stange  $DC$  die Neigung in bezug auf das Lot nicht verändert. Folglich macht auch das Rad  $E$  bei genannter Kippung keine pendelnde oder rotierende

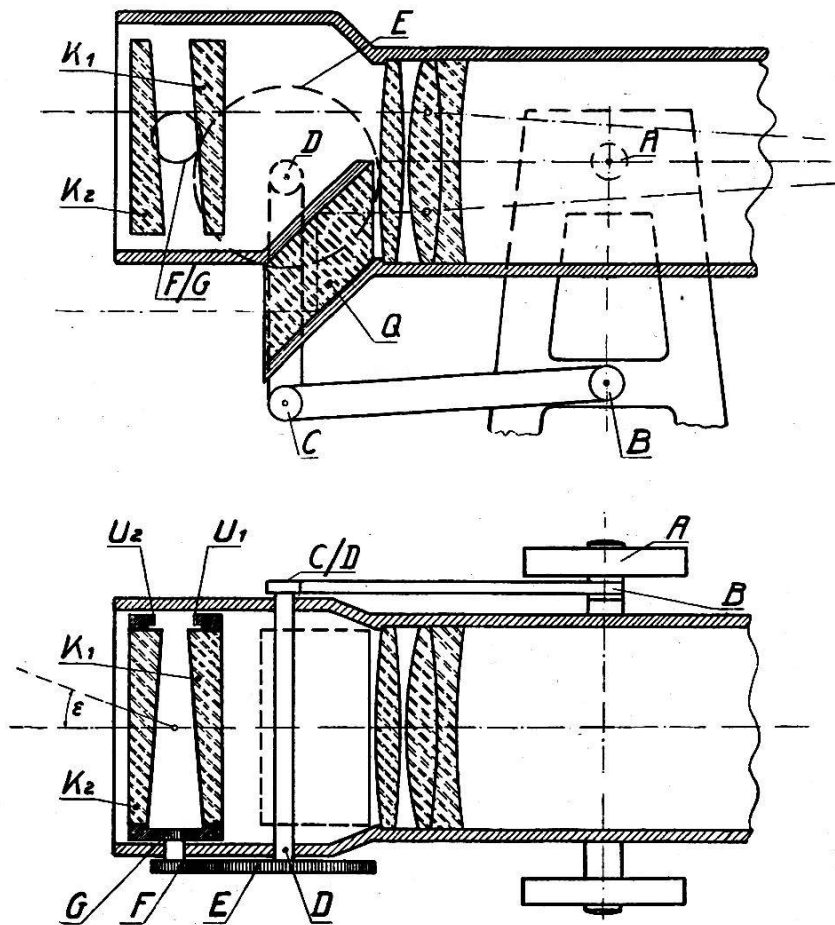


Fig. 12.

Bewegung, aber in bezug auf die Zielachse des Fernrohres verändert es die Lage um den Kippungswinkel  $\varphi$ . Es verhalten sich die Zähnezahlen der Räder  $U_1$  und  $U_2$  zu  $G$  wie  $E$  zu  $F$ . Kippt man jetzt das Fernrohr aus der wagrechten Lage in die Neigung  $\varphi$  so rollt das Rad  $F$  auf  $E$  einen Bogen mit dem Zentriwinkel  $\varphi$  ab und dank der genannten Proportion der gezahnten Räder rollt auch  $G$  auf  $U_1$  und  $U_2$  je einen Bogen mit dem Zentriwinkel  $\varphi$  ab, d. h., kippt man das Fernrohr um  $\varphi$ , so werden die Drehkeile gegenseitig ebenfalls je um  $\varphi$  gedreht. Bei dieser Drehung wird aber die Ablenkung  $E$  der Lichtstrahlen um  $\cos.\varphi$  vermindert, wie wir im vorigen Abschnitt an Hand der Figur 11 festgestellt haben, d. h. die Distanzreduktion wird nach der Formel ( $d \cos \varphi$ ) durch das Instrument selbsttätig besorgt.

Auf geeignete Weise ist dafür gesorgt, daß im Zahnradgetriebe sich kein toter Gang einstellen kann.

Vor die andere, untere Hälfte des Fernrohrobjektives ist ein rhombisches Prisma  $Q$  (Figur 12 u. 15) gelagert, welches die nicht abgelenkten, also die nicht durch die Keile gehenden Lichtstrahlen in das Objektiv einführt.

### *Die Bildtrennung und die Eliminierung der persönlichen Ablesefehler.*

Für die nichtreduzierenden Doppelbildtachymeter darf auf die Bildtrennung verzichtet werden, d. h. es können Mischbilder verwendet



Fig. 13.

Objektivende des Fernrohres mit aufgesetztem Doppelbildprisma.

werden, denn dieselben zeigen in diesem Falle keinerlei nennenswerte Nachteile und ist dabei im Fernrohr keine spezielle Vorrichtung nötig. Es kann also in diesem Falle der Doppelbildkeil als Zusatzkeil eines normalen Theodoliten geliefert werden, nur muß er, wie schon früher betont, behufs Ausschaltung der persönlichen Fehler prinzipiell die Anordnung nach Figur 13 haben.

Auch ein kreisförmiger Keil, dessen Durchmesser etwa  $\frac{2}{3}$  des Durchmessers des Objectives mißt, kann mitten vor dasselbe angeordnet werden.

Der reduzierende Doppelbildtachymeter hingegen ist unbedingt ein Spezialinstrument, denn die reduzierende Doppelbildevrichtung kann aus konstruktiven Gründen nicht als Zusatzteil zu einem Normaltheodoliten geliefert werden, noch kann wegen der Feinheit der Berichtigung dieselbe leicht abnehmbar angebracht werden. Wenn aber die das Doppelbild erzeugenden Keile nach Figur 12, d. h. vor die eine Hälfte des Objectives angeordnet sind (hierher gehören auch alle Fälle halbielter Linsen nach Fig. 6), so ist im Okular eine spezielle Anordnung für die Ausschaltung der persönlichen Fehler nötig. Dieselbe bringt aber fast zwangsläufig die Bildtrennung mit sich. Für den reduzierenden Doppelbildtachymeter Kern in seiner optischen Anordnung nach Figur 12 ist also die Bildtrennung mit Vorteil anzuwenden.

Die Firma Kern, Aarau, hat in den Jahren 1926 und 1927 einen reduzierenden Doppelbildtachymeter gebaut, welcher ebenfalls mit Drehkeilen und Gelenkparallelogramm versehen ist (Schweiz. Patent Nr. 115 344). Bei diesem Versuchsinstrument sind die Drehkeile im Durchmesser kleiner gehalten als das Objectiv und mitten vor dasselbe gelagert. Die Fassungsringe  $U_1$  und  $U_2$  sind als Speichenräder ausgebildet, so daß zwischen den Speichen hindurch Lichtstrahlen auf den äußeren, von den Drehkeilen nicht verdeckten Teil des Objectives eintreten können (Figur 14). Eine Bildtrennung ist in diesem Falle nicht notwendig und auch nicht möglich. Diese Anordnung zeigt den Nachteil, daß das abgelenkte Bild alle sogenannten Zentralstrahlen des Objectives beansprucht und das andere nicht abgelenkte Bild nur durch die Randstrahlen gebildet wird. Dadurch tritt eine gewisse Differenz in der Qualität der Bilder auf, welche besonders für große Distanzen die Genauigkeit der Ablesung beeinträchtigt. Immerhin ist dieser Nachteil nicht sehr groß, denn mit diesem Instrument wurde in den Jahren 1928 bis 1931 von Herrn Grundbuchgeometer Beck in Sursee und von mir verschiedene Gebiete von zusammen etwa 1000 ha Fläche ver-

messen, welche sowohl in bezug auf den Arbeitsfortschritt, als auf die erreichte Genauigkeit gut befriedigten. Das Bestreben aber, das möglichst

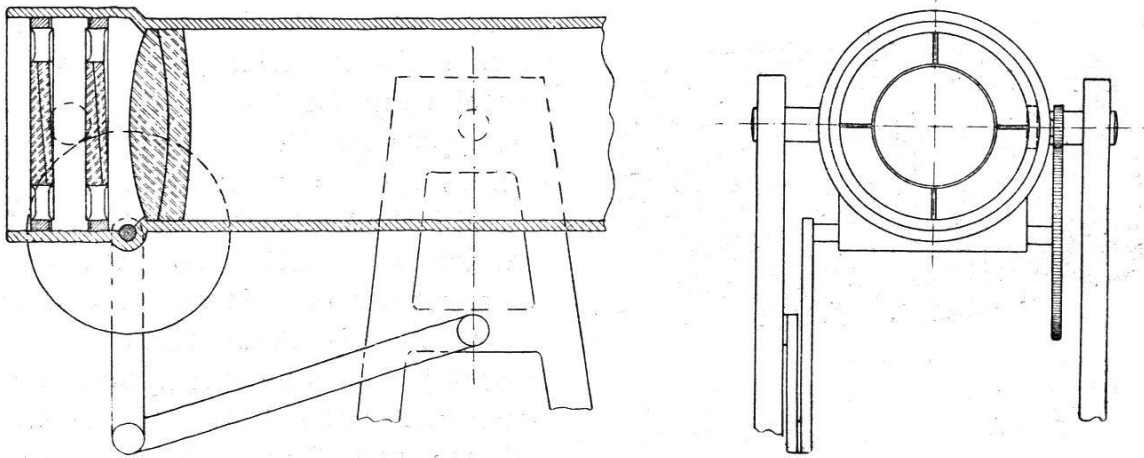


Fig. 14.

Drehkeilpaar mitten vor das Objektiv angeordnet.

beste Fernrohrbild zu erreichen, veranlaßte die Firma Kern, die Keile für die endgültige Konstruktion nach Figur 12 anzuordnen und die Bildtrennung folglich auch einzubauen.

Um die beiden Bilder im Fernrohr optisch zu trennen, so daß in der oberen Hälfte des Okulargesichtsfeldes das eine (nicht abgelenkte) Bild und in der unteren Hälfte das andere (abgelenkte) Bild sichtbar ist, wird die Fadenkreuzplatte als Fresnelsches Biprisma  $L$  (Fig. 15) ausgebildet, welches in Verbindung mit der Schlitzblende  $N$  (Fig. 15) der Augenmuschel  $C$  (Fig. 3) des Okulares wirkt. Das Biprisma oder Bildtrennungsprisma  $L$  ist ein flaches, dachkantartiges Prisma, dessen Querschnitt in der Figur 15 ersichtlich ist. Die Kante liegt horizontal mitten im Gesichtsfeld, schneidet also die optische Fernrohrachse und befindet sich zudem in der Bildebene des Fernrohres. Deshalb sind auf den Dachflächen des Prismas gleichzeitig die erwünschten, bei Figur 1 abgebildeten Fadenkreuzstriche angebracht, wobei der mittlere Horizontalfadenstrich durch die feine, scharfe Prismenkante gebildet wird.

Die Größe des Brechungswinkels des Trennungsprismas wird derart gewählt, daß die durchgehenden Lichtstrahlen um soviel nach einwärts, d. h. senkrecht auf- oder abwärts abgelenkt werden, daß im Augenpunkt  $N$  (Fig. 15) des Okulares sich der untere halbkreisförmige Strahlenbüschel mit dem oberen überdeckt (Fig. 16 u. 17). Zudem wird an dieser Stelle eine Blende  $N$  angebracht mit einer schlitzförmigen Öffnung nach Figur 17, welche die sich nicht überdeckenden Lichtstrahlen oben schneidet, wie dies im folgenden beschrieben wird.

Nach Figur 15 gestaltet sich der Strahlengang wie folgt: Ein Strahl der von einem entfernten, oberhalb der Ziellinie gelegenen Objekt ausgeht und durch die obere Hälfte des Objektives  $O$  eintritt, durchquert das Trennungsprisma  $L$  in dessen unterer Hälfte und durchläuft in der Blende  $N$  die freie Stelle. Die Strahlen, welche vom gleichen



obgenannten Punkte ausgehen, oberhalb der Ziellinie herkommend, aber durch die untere Hälfte des Objektivs in das Fernrohr eintreten,

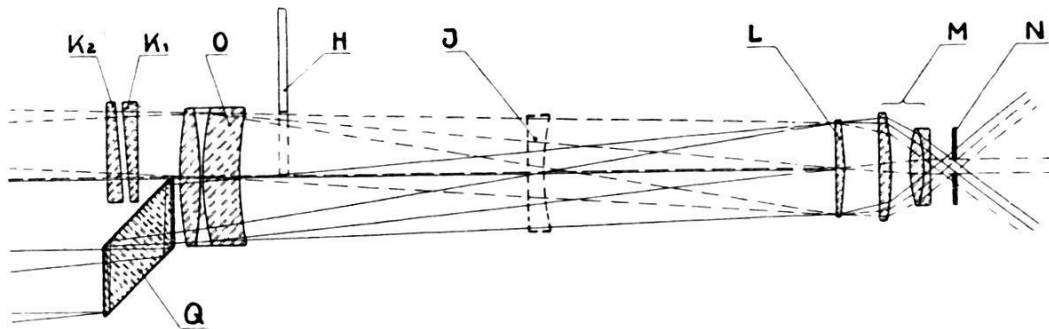


Fig. 15.

Optik und Strahlengang beim reduzierenden Doppelbild.

- $K_1$  u.  $K_2$  = Drehkeile;  
 $Q$  = rhombisches Prisma;  
 $O$  = Fernrohrobjektiv (3linsig);  
 $H$  = Vollbildklappe;  
 $J$  = Fokussierlinse;  
 $L$  = Bildtrennungsprisma und Fadenkreuz;  
 $M$  = Okularlinsen;  
 $N$  = Schlitzblende der Augenmuschel.

treffen bei der Schlitzblende  $N$  oberhalb der Oeffnung ein und werden dort zurückgehalten. Demnach ist für alle, von einem oberhalb der Ziellinie gelegenen Punkte ausgehenden Lichtstrahlen, die untere Objektivhälfte ausgeschaltet. Für die Lichtstrahlen, welche von einem unterhalb der Ziellinie gelegenen Punkte ausgehen, gilt sinngemäß das

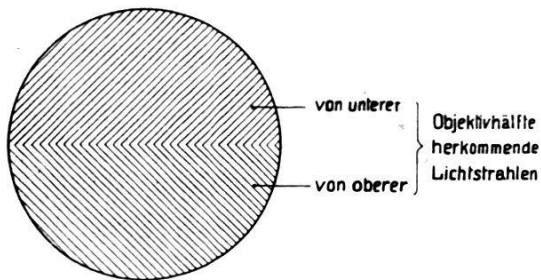


Fig. 16.

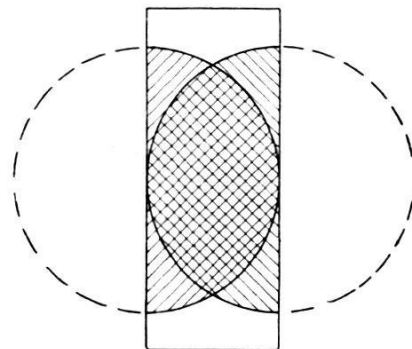


Fig. 17.

gleiche, d. h. für diese ist nur die untere Objektivhälfte nutzbar. Daraus folgt, daß wir für die obere und untere Hälfte des Gesichtsfeldes völlig getrennte Bilder haben, wobei sich dieselben auf der feinen Brechungskante ohne Zwischenräume oder Ueberdeckung berühren.

Mit der beschriebenen Bildtrennung erreichen wir aber gleichzeitig die für unseren Spezialzweck viel wichtigere Beseitigung der persönlichen Ablesefehler, denn in der Schlitzblende, in deren Nähe auch das Auge des Beobachters sich befindet, sind die Lichtstrahlen laut Figur 17 gemischt. Aus Figur 15 ist allerdings ersichtlich, daß die Lichtstrahlen gegen das Auge hin stark auseinandergehen, was aber nur für den obern

und untern Rand des Gesichtsfeldes gilt. Für die Mitte des Gesichtsfeldes aber sind die Lichtstrahlen parallel und horizontal verlaufend, so daß diese letztere für die Distanzablesung zur Verwendung kommenden Strahlen gemischt ins Auge eintreten und zwar auch dann, wenn das Auge bedeutend vom Augenpunkt  $N$  entfernt ist; nur übersieht es in letzterem Falle nicht mehr das ganze Gesichtsfeld des Fernrohres auf einen Blick. Hält man das Auge aber, wie üblich, nahe an die Augenumuschel, resp. Blende  $N$ , so hat man beim Doppelbildtachymeter Kern immerhin noch einen Gesichtsfeldüberblick von  $1\frac{1}{4}$  bis  $1\frac{1}{2}\%$ , was dem Beobachter keineswegs beengend auffällt. Entfernt man die Blende  $N$ , so hat man Mischbilder, welche aber frei sind von persönlichen Fehlern. Geht man weiter und verdeckt bei entfernter Schlitzblende  $N$  durch eine Klappe  $H$  (Fig. 15) die eine Bildhälfte, so hat man ein normales Vollbild. Das Doppelbildfernrohr ist dadurch in ein normales verwandelt worden und es können mit den Okularfaden Distanzen an einer senkrechten Tachymeter- oder Nivellierlatte abgelesen werden. Die Klappe ist so angeordnet, daß sie das nicht abgelenkte Bild frei läßt, denn nur dasselbe eignet sich für die Winkelmessungen.

Die Bildtrennung könnte auch mechanisch geschehen, indem man mitten in das Fernrohr eine dünne horizontale Platte einbauen würde, welche vom Objektiv bis zur Bildebene reicht, was aber nicht so einfach ist, wie das Anbringen der Schlitzblende. Auch wäre die Möglichkeit gegeben, zwei Objektive zu nehmen und deren Strahlen erst bei der Fadenkreuzplatte  $P$  durch rhombische Prismen, ähnliche Art wie  $Q$ , Fig. 15, zusammenzubringen. Diese letztere Lösung würde aber zu wenig Gewähr für gute Innehaltung der Konstanten bieten, denn eine kleine gegenseitige Kippung der Objektivachsen von z. B. nur  $1''$  würde auf 100 m die Distanzablesung schon um 5 cm beeinflussen.

#### *Berichtigung der Multiplikationskonstante und der Reduktionsvorrichtung.*

Es ist nicht möglich, die Drehkeile  $K_1$  und  $K_2$ , sowie das rhombische Prisma  $Q$  (Fig. 15) genau der optischen Berechnung entsprechend herzustellen; es sind einzelne Bogensekunden Abweichungen zu erwarten. Diese Abweichungen verursachen eine Abweichung der Multiplikationskonstante von 100. Die Differenz muß daher in der Längeneinheit der Lattenteilung berücksichtigt werden. Zudem ist vor dem Keil  $K_2$  noch ein schwacher Keil  $K_3$  (Fig. 18) als Gehäuseabschlußplatte vorhanden. Durch Drehen dieser Keilplatte  $K_3$  (Berichtigungskeil) kann die Ablenkung der Drehkeilpaare  $K_1$  und  $K_2$  noch zusätzlich um einen kleinen, beim Arbeiten konstant bleibenden Betrag verändert werden, so daß die abgelesenen Distanzen keiner Verbesserung mehr bedürfen. Selbst die unvermeidlichen Reste der persönlichen Ablesefehler von ca. 1 cm Größe, oder die Reduktion auf den Meereshorizont etc. kann so berücksichtigt werden. Dieser Keil ist nach dem Lockern der Sicherungsschraube  $a$ , Fig. 18, vermittelt der gerändelten Fassung drehbar. Der genannte Berichtigungskeil  $K_3$  (Fig. 18) dient auch dazu, die Zielachse, welche durch das Drehkeilpaar geht, abgesehen von der Ablenkung des

letzteren, parallel zu der Zielachse einzustellen, welche durch das Prisma  $Q$  geht. Diese Parallelbedingung gilt vor allem für die Vertikalebenen, in welchen dieselben verlaufen, d. h.

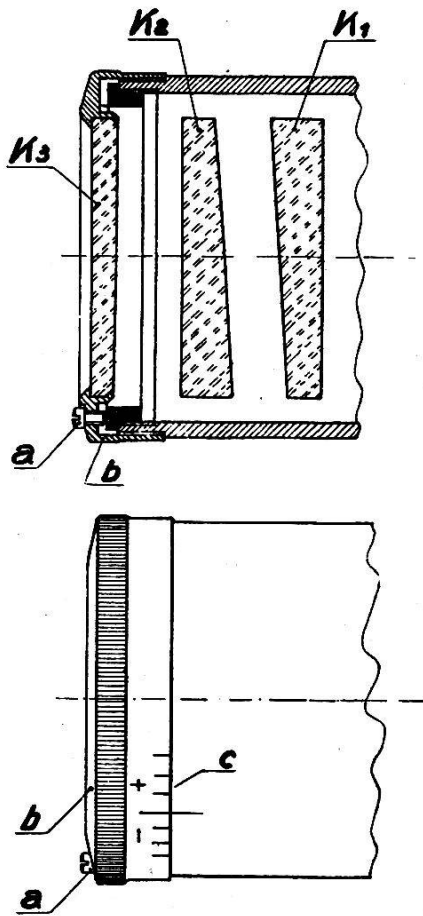


Fig. 18.

in Bezug auf die seitliche Richtung der Lichtstrahlen. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so wirkt für die seitliche Verschiebung der Doppelbilder im Fernrohr nicht nur das Drehkeilpaar, sondern auch diese Divergenz der Zielachsen mit. Da dieser letztere Betrag beim Kippen des Fernrohres konstant bleibt, und nur die Drehkeile eine reduzierende Veränderung der Bildverschiebung ausführen, so bleibt die Distanzablesung unvollständig, d. h. falsch reduziert. Aus diesem Grunde muß auch die Lattenteilung auf die Ablenkung des Drehkeilpaares abgestimmt sein. Es darf die Distanzablesung nur um einen Betrag von wenigen Zentimetern auf 100 Meter mit dem Berichtigungskeil beeinflußt werden.

Nicht reduziert wird trotz Berücksichtigung aller dieser Punkte die Additionskonstante von 9 cm, welche in der Anordnung der Lattennonien berücksichtigt ist. Es handelt sich um die Entfernung des Drehkeilpaares  $K_1 K_2$  (Fig. 12) von der Fernrohrkipkachse  $A$ . Da das Drehkeilpaar beim reduzierenden Doppelbild Kern annähernd in der Achse

des Fernrohres liegt, ist diese Reduktion für Auf- wie Abwärtsvisuren gleich groß und relativ klein. Die Korrektur beträgt bei  $30^\circ$  rund  $-1$  cm, bei  $40^\circ = -2$  cm und bei  $50^\circ = -3$  cm. Man könnte also diese Verbesserungen sich merken oder am Instrument, z. B. am Vertikalkreis bezeichnen und bei steilen Visuren an die Ablesungen anbringen. Um diese Operation in der Praxis mit genügender Annäherung zu vermeiden, stimmt die Firma Kern die Distanzlatten nicht wie oben angegeben, genau auf die Drehkeile ab, sondern wählt das Teilungsintervall der Latten derart, daß auf eine Normaldistanz von 80 m die Distanzen um 9 cm (auf 100 = 11 cm) zu groß abgelesen werden und daher mit dem Berichtigungskeil  $K_3$  wieder korrigiert werden müssen. Die Folge ist, daß das Drehkeilpaar stets eine um 0,0011 größere Distanz reduziert als abgelesen wird. Dementsprechend wird für 80 m ein Betrag von  $80 \cdot 0,0011 = 9$  cm, d. h. die Additionskonstante richtig reduziert und bei Distanzen von 40 und 120 m entsprechend zur Hälfte; also bei  $\pm 40^\circ$  Neigung bleibt nur ein Fehler von 1 cm, und bei den Grenzwerten der meßbaren Distanzen, also bei 5 m und 160 m tritt der Fehler wieder annähernd ganz auf. Für Distanzen von etwa 30 m aufwärts ist dadurch die Reduktion der Additionskonstante praktisch genügend eliminiert.



Nur die Distanzen von 5 bis ca. 25 m sollten bei den selten vorkommenden Neigungen von  $30^\circ$  bis  $50^\circ$  um 2 cm verkleinert werden. Man muß hiebei bedenken, daß der Doppelbildtachymeter das Messen mit Latte oder Stahlband ersetzen soll und daß bei Neigungen von über  $30^\circ$  mit diesen Mitteln selbst ganz kleine Distanzen nicht auf den Zentimeter genau gemessen werden können.

Die Fehler in der Reduktionsvorrichtung können von drei Quellen herkommen.

- a) Fehler in den Zahnrädern;
- b) Fehler in der Stellung der Drehkeile;
- c) Fehler im Gelenkparallelogramm  $ABCD$ , Fig. 12.

Die Prüfung hat für alle drei Fehlerquellen getrennt zu erfolgen. Es wird dies in der Fabrik äußerst sorgfältig durchgeführt und die Erfahrung zeigt, daß spätere Nachjustierungen normalerweise unnötig sind. Die Schrauben  $V$  und  $T$  (Fig. 19) des Gelenkparallelogrammes werden deshalb gesichert.

Einzig in bezug auf den Punkt b) möchte ich sagen, daß Fehler in der Stellung der Drehkeile dadurch wahrgenommen werden, daß eine und dieselbe geneigte Strecke, bergauf und bergab gemessen, nicht das gleiche Resultat ergibt. Die Fehlerquelle besteht darin, daß das Drehkeilpaar nicht bei der horizontalen Fernrohrlage die maximale seitliche Abweichung ergibt, sondern erst bei einer gewissen kleinen Neigung desselben. Folglich werden bei einer Messung bergauf und einer Messung bergab die Keile einmal etwas zu stark und einmal etwas zu wenig gegenseitig verstellt und folglich wird die Distanz im Mittel beider Ablesungen richtig reduziert. Zu beseitigen ist diese Erscheinung durch die beiden Schrauben  $R$  und  $S$  (Fig. 19) an der Lotstange  $CD$  (vgl. Fig. 3), indem vermittelt derselben das Mittel beider Ablesungen eingestellt wird. Dadurch wird die gegenseitige Stellung der Drehkeile verändert.

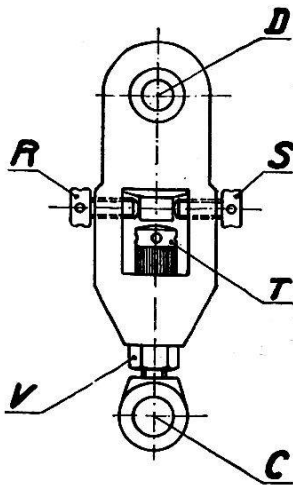


Fig. 19.

#### *Fehler in der Lage der Meßlatte und Einfluß einer Durchbiegung derselben.*

Es wollen hier nur die drei der am meisten vorkommenden Einflüsse behandelt werden, nämlich:

- a) die Querlatte steht nicht rechtwinklig zur Visur;
- b) die Querlatte ist nicht in horizontaler Lage;
- c) die Querlatte ist vor oder rückwärts verbogen.

Lattenteilungsfehler z. B. wollen wir nicht anführen, weil erwiesenermaßen die Präzisionsmiren der Firma Kern Teilungsfehler von über 0,01 bis 0,02 mm nicht aufweisen.

a) Weicht die Latte um einen Winkel  $\alpha$  von der rechtwinkligen Lage ab, so ist das praktisch gleichbedeutend, wie wenn die Strecke nicht horizontal, sondern in einer Neigung  $\alpha$  gemessen würde. Der

Fehler  $\Delta d$  in einer gemessenen Strecke  $d$  beträgt demnach  $d(1 - \cos \alpha)$ , oder, wenn die Normale, d. h. rechtwinklige Linie zur Latte um den Betrag  $h$  neben dem Instrument vorbeweist, so ist:

$$\Delta d = \frac{h^2}{2d},$$

was solange als genügend genau gilt, als  $h$  in bezug auf  $d$  relativ klein, d. h. bis etwa 1 : 20 ist. Wählt man in obiger Formel  $d$  zu 100 m, so ist  $h$  die prozentuale Abweichung und die Formel lautet dann allgemein

$$\Delta d \text{ (in cm)} = 0,5\% ^2 d.$$

Diese letztere Formel ist nebenbei bemerkt auch sehr praktisch für die Reduktion geneigt gemessener Distanzen, wie dies bei den nicht reduzierenden Doppelbildtachymetern oder den Werffeli-Latten und dergleichen zutrifft. Es läßt sich z. B. für eine Neigung von 7% sehr rasch im Kopf rechnen, daß die Reduktion  $0,5 \cdot 7^2 = 24,5$  cm ist. Diese Formel gibt bei 10% = 0,4 cm, bei 13% = 1 cm und bei 15% = 2 cm auf je 100 m zu große Werte an.

Aus obenstehenden Formeln kann man entnehmen, daß Fehler in der Querlage der Latte bis zu  $\frac{1}{2}^\circ$  selbst  $1^\circ$ , respektive ca. 1 bis 1,5% nur einen kleinen Einfluß haben. Eine übermäßig genaue Einstellung der Latte ist also nicht nötig. Werden die Abweichungen aber größer, so vermehrt sich der Distanzfehler relativ rasch zu einer gefährlichen Größe. Für den Messenden ist daher die Beobachtung des Lattendiopters wichtig; er muß im Fernrohr den weißen, senkrechten Strich des Diopters sehen.

Die Prüfung der Distanzlatte in bezug auf ihre rechtwinklige Lage zum Diopter kann wie folgt geschehen:

Die Latte wird, wie in Figur 4 abgebildet, aufgestellt und mit dem Lattendiopter ein Zielpunkt auf wenigstens 50 m Entfernung und in annähernd horizontaler Richtung anvisiert, dann hält man senkrecht über dem Visier ein Winkelprisma zweckmäßig mit dem Griff aufwärts über die vordere obere Lattenkante hin und sieht zu, ob dieselbe nach dem angezielten Punkte gerichtet erscheint. Sollte dies durch irgendwelche Beeinflussung auf über  $\frac{1}{4}^\circ$  nicht stimmen, so müßte durch entsprechendes Drehen der Metallteile des Diopters die Stellung derselben korrigiert werden; eventuell wäre der Stativkopf samt dem Diopter an die Fabrik oder an einen befähigten Mechaniker zur Korrektur zu senden. Bei sorgfältiger Behandlung der Stative sind solche Erscheinungen aber ausgeschlossen.

Aus einem ähnlichen Grunde soll auch darauf geachtet werden, daß bei Distanzen von nur 20 bis 30 m der Nullpunkt der Latten- teilung (Nullpunkt des inneren Nonius) seitlich nicht mehr als 30 bis 40 cm von dem Standrohr des Lattenstatives entfernt ist.

b) Ein Fehler in der horizontalen Lage der Latte verursacht einerseits eine Verkleinerung der Ablesung nach obgenannter Fehlerformel. Dazu kommt aber noch ein Fehlereinfluß dadurch hervorgerufen, daß die Lichtstrahlen, welche durch die Drehkeile gehen, gegen diejenigen, welche durch das rhombische Prisma  $Q$  gehen, eine Höhenversetzung von

maximal 2 cm aufweisen. Bei schiefer Lattenlage tritt dadurch ein kleiner Projektionsfehler auf, welcher für die kürzesten Distanzen am größten ist. Ich will mich hier darauf beschränken zu sagen, daß durch Versuche festgestellt wurde, daß die ca. 1,6 m lange Latte bis 2 cm geneigt sein darf, ohne Fehlereinfluß von über 1 cm. Eine so starke Querneigung ist aber im Fernrohr sehr gut und auffällig zu betrachten, denn die Bildtrennungslinie halbiert die Meßlatte nicht mehr in zwei parallele Streifen.

c) Es kann vorkommen, daß das Holzgehäuse der Latte sich kreisbogenförmig nach vor- oder rückwärts durchbiegt (Fig. 20), was ebenfalls Fehler verursacht. Es treten hierbei gleichzeitig zwei Fehler auf: Einerseits wird die zu messende Strecke um den Betrag der Pfeilhöhe  $p$ , welche die zur Ablesung benutzte Lattensehne  $S$  bildet, zusätzlich verfälscht, welcher Betrag je nachdem die Latte nach vor- oder rück-

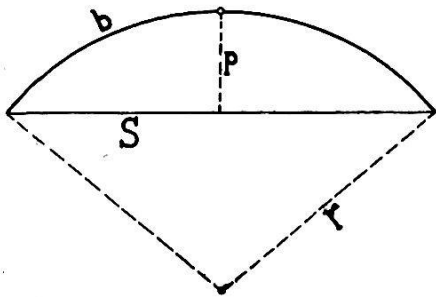


Fig. 20.

wärts gebogen ist, positiv oder negativ ist, was aus Figur 20 leicht hervorgeht. Andererseits wird die Ablesung zu groß, weil die Bilder um die Sehne  $S$  gegeneinander verschoben werden, diese Verschiebung aber an dem längeren Bogen  $b$  abgelesen wird. Der Unterschied zwischen Bogen  $b$  und der Sehne  $S$  kann bei der

Pfeilhöhe  $p$  zu  $\frac{2p^2}{S}$  angenommen werden.

Unter der Berücksichtigung, daß bei der Tachymetrie die Lattenabmessungen mit 100 multipliziert werden, ergeben sich folgende Fehlerformeln:

$$\text{für Biegung vorwärts: } \Delta d = 200 \frac{p^2}{S} - p,$$

$$\text{für Biegung rückwärts: } \Delta d = 200 \frac{p^2}{S} + p.$$

Daraus kann man errechnen, daß unter der Annahme eines zulässigen Fehlereinflusses von 1 cm auf 100 m die 1,5 m lange Latte bis 10 mm rückwärts oder 20 mm vorwärts durchbogen sein darf. Für eine Distanz von 150 m und entsprechend einem zulässigen Fehlereinfluß von 15 mm darf dann allerdings nur eine Rückwärtsbiegung von 8 mm oder eine Vorwärtsbiegung von 15 mm vorhanden sein. Bei der Anwendung obiger Formeln darf nicht vergessen werden, daß

wir für die Pfeilhöhe die Näherungsformel haben:  $p = \frac{S^2}{2r}$ , daß  $p$  sich also mit dem Quadrat von  $S$  vergrößert. Wenn also z. B. die Latte von 150 cm Länge 1 cm durchbogen ist, so ist ein Lattenstück von 100 cm, wie solches für eine Distanzablesung von 100 m zur Anwendung kommt, nur noch  $\left(\frac{100}{150}\right)^2 \cdot 10 \text{ mm} = 4,5 \text{ mm}$  durchbogen.

Bei zweckmäßiger Aufbewahrung der Latten sollen übermäßige Biegungen nicht vorkommen.