

Capitel II.

Astronomische Zeit- und Ortsbestimmung.

§ 10. Der astronomische Theodolit.

Im Vergleich mit dem geodätischen oder Feldmesstheodolit, den wir hier als bekannt voraussetzen, bestehen beim astronomischen Theodolit folgende Unterschiede:

1) Für Sonnenbeobachtungen muss vor das Ocular ein Blendglas vorgesteckt werden, weil die Sonne, ausser etwa unmittelbar vor dem Untergang oder nach dem Aufgang, nicht ohne solchen Augenschutz beobachtet werden kann. Andererseits ist für Sternbeobachtungen bei Nacht die Anordnung einer Fadenkreuz-Beleuchtung erforderlich. Mit starken Fernröhren (etwa von 30—40facher Vergrösserung an und 5—6 cm Objectivöffnung) kann man zwar Sterne auch bei Tage beobachten, und mit schwächeren Fernröhren wenigstens in der Dämmerung, ohne irgend welche von der Feldmessconstruction abweichende Vorrichtung; ein astronomischer Theodolit muss jedoch auf alle Tag- und Nachtbeobachtungen eingerichtet sein.

2) Während bei Feldmessungen im Allgemeinen nur schwache Visur-Neigungen vorkommen, weshalb die Fernröhre von geodätischen Instrumenten selten über 45° erhoben werden können, müssen astronomische Theodolite auf alle möglichen Höhenwinkel eingerichtet sein, z. B. für Polarsternbeobachtungen bei uns auf etwa 55° , und für Sonnenmittagshöhen auf etwa 60° . Dieses führt zu besonderen Constructionen, wie excentrisches Fernrohr oder gebrochenes Fernrohr etc.

3) Die Anordnung der Libellen ist bei geodätischen und astronomischen Instrumenten nach verschiedenen Rücksichten zu treffen. Eine Reiterlibelle auf der horizontalen Achse ist z. B. für astronomische Azimutmessung unbedingt nöthig, während sie geodätisch entbehrt werden kann.

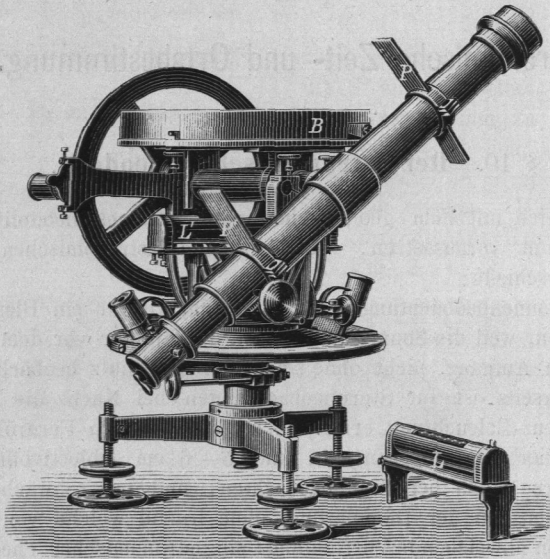
Mit Beachtung dieser Umstände kann man wohl einen geodätischen Theodolit auch zu astronomischem Gebrauche herrichten, z. B. durch Erhöhung der Fernrohrachsenlager etc.

Man unterscheidet häufig die Benennungen astronomischer „Theodolit“ oder „Universal-Instrument“, je nachdem der Horizontalkreis grösser und ausgezeichneter behandelt ist, als der Verticalkreis, oder beide Kreise gleich

berücksichtigt sind. Tritt andererseits der Horizontalkreis zurück, oder fehlt er gänzlich, so kommt man zu besonders benannten Constructionen, „Meridiankreis“ etc.

Nach diesen allgemeinen Erklärungen betrachten wir einige Instrumente näher und zwar solche, mit welchen Verfasser zahlreiche Messungen angestellt hat.

Fig. 1. Theodolit der libyschen Expedition, Kreisdurchmesser 15 cm.



I. Fig. 1. zeigt das Instrument, mit welchem Verfasser im Winter 1873—1874 auf der libyschen Expedition Zeithöhen, Breiten und Azimute gemessen hat. Dasselbe wurde für diesen Zweck vom Mechaniker Sickler in Karlsruhe vor der Expedition mit Benützung gewöhnlicher Feldmess-theodolit-Bestandtheile construiert. Beide Kreise haben 15 cm Durchmesser, und sind auf 20' kräftig getheilt. Die Nonien geben wegen der Dicke der Striche nur 1' zuverlässig, lassen sich aber auf einen Blick bequem auch in der Dämmerung ablesen. Das Fernrohr ist des Durchschlagens wegen, und um in grössere Höhen visiren zu können, excentrisch angebracht.

Das Instrument Fig. 1. ist in allen Theilen stark construiert, es erlitt in seinem Kasten am 16. Januar 1874 einen Sturz vom Kameel, ohne Schaden zu leiden. Das Instrument an sich wiegt 6 Kilogramm und sammt dem Kasten 13 Kilogramm. Die Dimensionen und das Gewicht dürften jedoch wohl geringer genommen werden. Auf die horizontale Achse kann eine Reiterlibelle von 7" Empfindlichkeit aufgesetzt werden. In unserer Zeichnung Fig. 1. ist jedoch diese Libelle *L* abgesetzt gezeichnet, weil an ihrer Stelle eine Busssole *B* von 13,5 cm Theilungsdurchmesser gesetzt ist.

Es kann nämlich nach Umständen entweder die Libelle L oder die für topographische Zwecke sehr nützliche Bussole B aufgesetzt werden. Wegen dieser Bussole sind alle Eisentheile am Instrument und am Stativ vermieden. In der Mitte der Alhidade des Horizontalkreises (in unserer Figur nicht sichtbar), liegt für allgemeine grobe Einstellung eine Dosenlibelle von geringer Empfindlichkeit; über ihr, parallel der Fernrohrvisur ist eine Röhrenlibelle L' von $7''$ Empfindlichkeit auf 1 Strich angebracht. Wenn die Bussole B aufgesetzt ist, was nicht bloß der Bussole selbst wegen, sondern auch zum Schutz der darunter befindlichen Libelle L' gegen die Sonnenstrahlen meist der Fall war, so lässt sich die Libelle L' nur sehr schief beobachten, worauf wir bei den Breitenmessungen, welche mit diesem Instrument gemacht sind, zurückkommen werden.

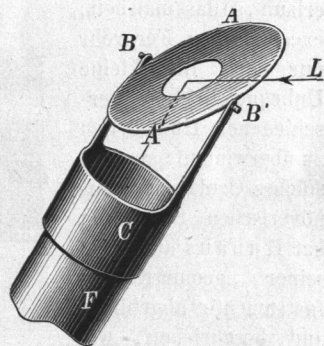
Das Fernrohr hat 32 mm Brennweite, 28 mm Objectivöffnung, und gibt mit einem Huyghens'schen Ocular 15fache Vergrößerung.

Für Sonnenbeobachtungen ist am Ocular ein rothes Sonnen-Blendglas angebracht, und zum Einstellen des Fernrohres auf die Sonne dienen die zwei Platten P und P' , von denen die vordere P ein kleines Loch, und die hintere P' einen Punkt trägt, auf welchem das durch das Loch in P erzeugte Sonnenbild entstehen muss, wenn die Fernrohrachse nach der Sonne gerichtet ist. Diese Orientirungsvorrichtung, welche wir an allen unseren Sonnenbeobachtungs-Theodoliten angebracht haben, erleichtert das Auffinden der Sonne in dem stark nach oben geneigten Fernrohr sehr, und schützt das Auge vor dem Anschauen der Sonne. Sobald nämlich das von P erzeugte Sonnenbildchen auf dem Punkte von P' einspielt, kann man mit Sicherheit erwarten, beim Blick ins Fernrohr die Sonne im Gesichtsfelde zu finden, ohne dass man zu diesem Zweck ein einziges Mal direct nach der Sonne hätte sehen müssen. Der Punkt auf P' wird durch einen Versuch ein für allemal markirt.

Für Nachtbeobachtungen ist eine einfache Fadenkreuzbeleuchtungs-Vorrichtung vorhanden, welche vor das Objectiv des Fernrohres aufgesteckt werden kann. Nach Fig. 2. besteht diese Vorrichtung aus einem elliptischen Ring AA' , welcher, um eine Achse BB' drehbar, mittelst der Hülse C auf das vordere Ende des Fernrohres F aufgesteckt wird, und deshalb auch um die Fernrohrachse drehbar ist. Der Ring AA' verdeckt den äusseren Theil des Objectivs, und lässt nur noch durch das Loch in der Mitte Lichtstrahlen in das Fernrohr dringen. Andererseits schiebt die Ringfläche selbst, welche mit weissem Papier bezogen ist, durch Reflexion das Licht einer passend gehaltenen Lampe L durch das Objectiv nach dem Fadenkreuz und beleuchtet so dasselbe.

Statt des Ringes von Fig. 2. kann man auch ein schmales Plättchen

Fig. 2. Fadenkreuzbeleuchtung.



A Fig. 2 a. anwenden, welches reflectirtes Licht L in die Mitte des Objectivs schickt und für die Beobachtungsvisuren die Nebenflächen des Objectivs frei lässt.

Ja man kann sogar mittelst eines breitgeschlagenen Drahtes, welcher vor dem Objectiv angebracht ist, und in geeignete Lage gegen die Lichtquelle gedreht und gebogen wird, das Fadenkreuz beleuchten.

Auch das Licht braucht nicht sehr stark zu sein, ich fand z. B. zufällig, mit einem Theodolit bei Nacht auf einer Fensterbrüstung messend, das Licht einer benachbarten Strassen-Gaslaterne zur Fadenbeleuchtung mittelst des reflectirenden Ringes von Fig. 2. hinreichend.

Im Allgemeinen wird eine gewöhnliche Hand-Laterne, auf passendem Gestell, oder von einem Gehülfen gehalten, den Dienst thun. Dieselbe Laterne kann zum Ablesen der Theilungen leuchten; in dem Fall des Instruments Fig. 1. musste diese Lampe eisenfrei sein, um auch die Ablesung der Bussolen-Nadel bei Nacht-Polarsternbeobachtungen zu erlauben.

Die Bussole, welche auf dem Instrument Fig. 1. aufgesetzt ist, ist für Messungen auf Reisen ein fast unentbehrliches Hülfsmittel. Man kann damit die magnetische Declination unmittelbar auf etwa $0,1^\circ$ genau bestimmen, und hat dann für die Topographie jederzeit orientirte Visuren.

Ocular-Prisma. Mit dem excentrischen Fernrohr Fig. 1. kann man wohl bis zu 60° in die Höhe visiren, doch ist von 45° an die Kopfstellung und Körperhaltung des Beobachters schon ziemlich unbequem, und wird über 60° geradezu störend. Für solche Fälle ist ein prismatisches Ocular nützlich, welches seitliches Hineinschauen erlaubt, so dass man beim excentrischen Fernrohr nur noch die kleine Unbequemlichkeit verschiedener Höhenlagen zu überwinden hat. Ein solches Ocular der hannöverschen Sammlung hat Hunäus auf S. 62 seiner „geometrischen Instrumente“ abgebildet und beschrieben, wie wir in Fig. 3. wiedergeben.

Das Prisma P ruht auf dem Stuhl A (am

Fig. 2 a.
Fadenkreuzbeleuchtung.

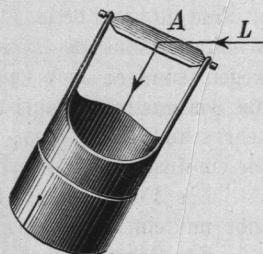
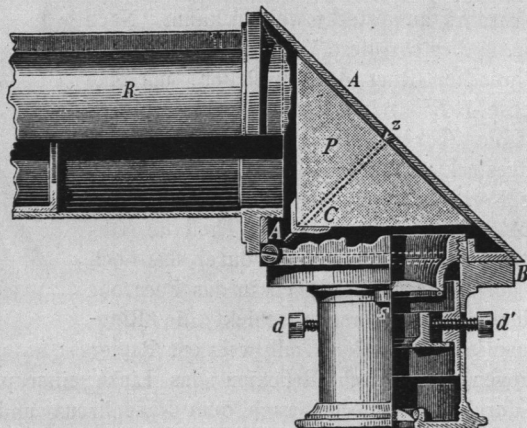


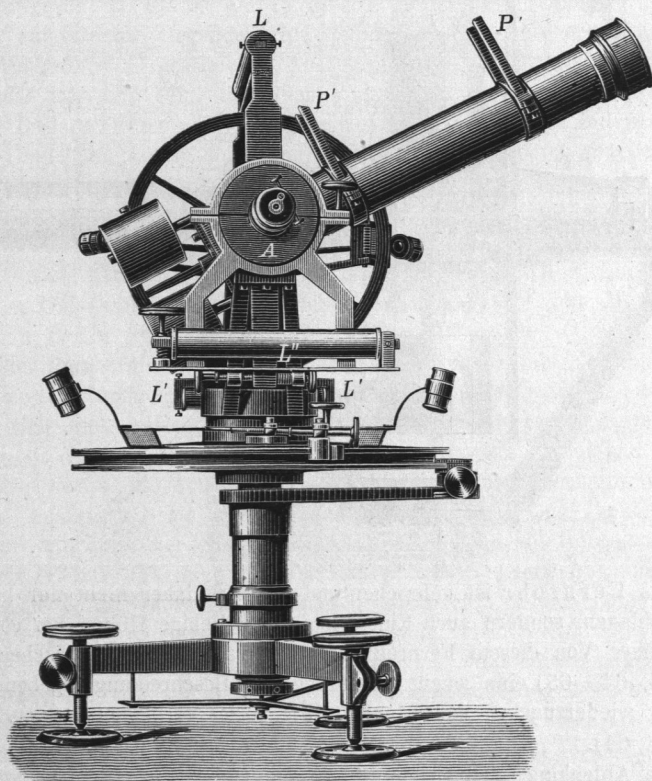
Fig. 3. Ocular-Prisma.



rechten Winkel) und ist von der Deckplatte A' (an der Hypotenuse) umgeben, gegen welche es in dem Dach C mittelst der Zugschrauben z befestigt ist. Das Ganze kann an das Ocularrohr R angeschraubt werden. Das Ocular selbst ist ein Huyghens'sches mit den seitlichen Correctionsschrauben für das Fadennetz. Die Ocularröhre wird mittelst zweier diametral gegenüberliegender Schrauben s (von denen nur die vordere sichtbar ist) mit der Fassung des Prismas verbunden, zugleich aber kann der Ocularkopf um seine Röhrenachse etwas gedreht werden, indem die Durchgangslöcher für die Schrauben s in der Platte B den hierzu nöthigen Spielraum haben. Diese Drehung ist nöthig zur Verticalstellung der Fäden.

II. In Fig. 4. haben wir die (photographisch-perspectivische) Ansicht eines Universalinstruments mit Nonien-Ablesung, von Meyerstein in Göttingen. Dasselbe gehört der geodätischen Sammlung der technischen Hochschule in Hannover und findet sich bereits in zwei geometrischen Projectionen abgebildet in Hunäus „Die geometrischen Instrumente“ S. 254—257. Unsere Fig. 4. zeigt gegen jene Darstellung einige Abänderungen, in der Aufsatz-

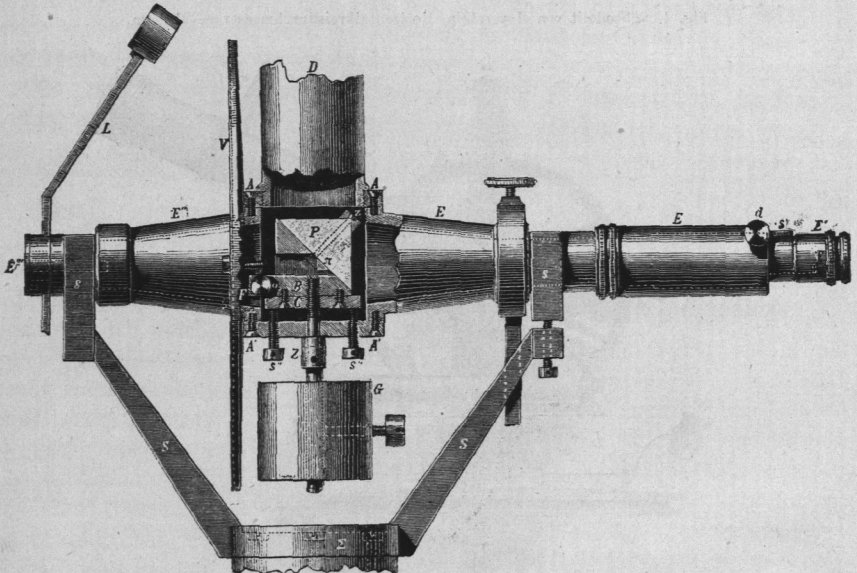
Fig. 4. Theodolit von Meyerstein, Horizontalkreisdurchmesser = 21,7 cm.



libelle L , in den Sonnenorientirungsplatten PP' und in der unmittelbar an die Ocularröhre angeschraubten Libelle L'' , deren Bedeutung wir nachher besonders behandeln werden. Das Instrument hat somit jetzt im Ganzen drei Libellen: 1) Die Aufsatz-Reiterlibelle L auf der horizontalen Achse mit Empfindlichkeit $3,5''$ auf 1 Strich (diese grosse Empfindlichkeit ist ausser Verhältniss mit dem mechanisch nicht genügend sicheren Verticalachsensystem), 2) die mit der Alhidade fest verbundene Längensurlibelle L' (in Fig. 4. undeutlich zu sehen, weil jenseits befindlich) mit Empfindlichkeit von etwa $10''$ (früher zu roh, nämlich nur $30''$) und 3) die an das Ocular mit dem Futter A angeschraubte Libelle L'' , ebenfalls mit $10''$ Empfindlichkeit.

Die beiden Kreise sind direct in $10'$ fein getheilt und geben mit Nonien Ablesung auf $10''$.

Fig. 5. Gebrochenes Fernrohr, Maasstab 1:3,4.



Das Fernrohr ist gebrochen und gestattet daher nicht nur bequemes Durchschlagen, sondern auch Einstellen auf beliebige Höhen bei constanter Ocularhöhe. Von diesem Fernrohr hat Hunäus (Die geometrischen Instrumente S. 64—65) eine genaue Abbildung und Beschreibung gegeben, welche wir hier wiederzugeben uns erlauben (Fig. 5. ist Verkleinerung von Hunäus' Figur S. 64).

Die Ablenkung der Lichtstrahlen vom Objectiv zu dem seitwärts angebrachten Ocular geschieht durch ein Glasprisma, welches in dem mitt-

leren würfelförmigen Theile der Umdrehungsachse angebracht ist. In Fig. 5. bezeichnet AA' den Durchschnitt des erwähnten Würfels, in dessen Ausböhhlung das Glasprisma P auf dem Metallstuhle B durch zwei vor den Grundebenen des Prismas liegende Zugschrauben z (von welchen aber nur die hintere dargestellt ist) befestigt ist. Die den Stuhl B tragende Fussplatte C stemmt sich gegen drei Druckschrauben s'' (von denen die in der Mitte liegende nicht gesehen wird), welche in der Deckplatte A' ihre Mutter haben, und wird durch die Zugschraube Z nach aussen gezogen. Diese Zug- und Druckschrauben s'' und Z dienen zugleich zur Berichtigung der Collimationslinie des Fernrohrs gegen dessen Umdrehungsachse, da wegen der langen Ocularröhre $E'E$ der Collimationsfehler an der Ocularblendung nicht gut verbessert werden kann. Da die eintretenden Lichtstrahlen nur dann ein deutliches Bild geben können, wenn die auffangende Kathetenebene des Prisma's normal gegen die Achse des Objectivrohrs gerichtet ist, so enthält zur etwa nöthigen Drehung des Prisma's (analog der Quercorrectionsvorrichtung bei Röhrenlibellen) der Stuhl B einen seitlichen Fortsatz F , gegen welchen zwei diametral gegenüberstehende Stellschrauben σ treten, von denen aber nur die vordere in der Zeichnung dargestellt ist. Das Objectivrohr D ist in die Deckplatte A geschraubt und durch zwei gegenüber aufgesteckte Gegengewichte G im Gleichgewichte erhalten. Das in die Ocularröhre E geschobene Auszugrohr E' enthält ein Ramsdens'sches Ocular mit dem bei f liegenden Fadennetze.

Zur Beleuchtung des Fadennetzes ist auch die andere Hälfte E'' der Umdrehungsachse durchbohrt und an der Hypotenusebene des Prisma's P ist ein zweites kleines Glasprisma π befestigt, welches die Lichtstrahlen, die von der Lichtflamme bei E''' ausgehen, ungehindert hindurch gehen lässt.

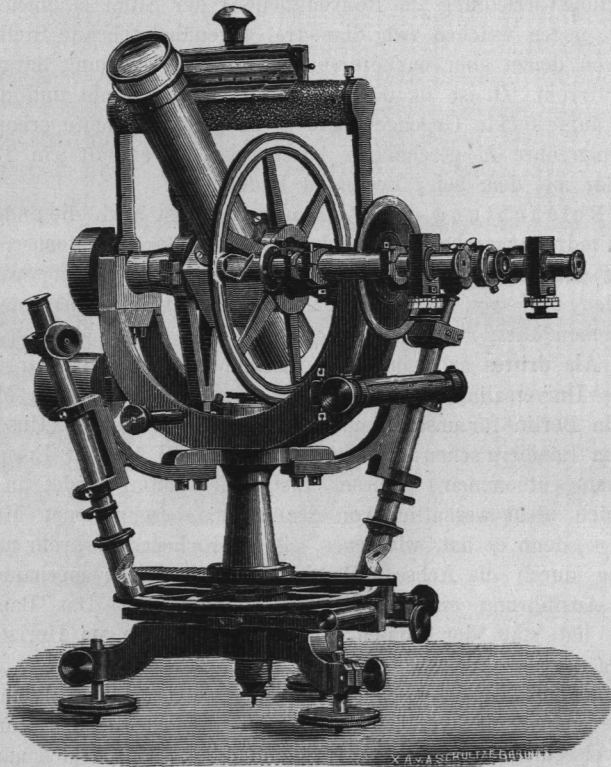
III. Als drittes astronomisches Instrument betrachten wir in Fig. 6. ein kleines Universalinstrument, welches im Jahre 1883 vom Mechaniker Bamberg in Berlin für unsere Sammlung angeschafft wurde. (Unsere Fig. 6. ist aus dem Bamberg'schen Preisverzeichniss IV. S. 13 mit Erlaubniss des Eigenthümers entnommen.) Dieses Instrument unterscheidet in der Anordnung sich nicht wesentlich von dem soeben beschriebenen Meyerstein'schen Fig. 4., denn es hat, wie jenes, ein gebrochenes Fernrohr und Fadenbeleuchtung durch die Achse. Dagegen besteht in der mechanischen und optischen Ausführung ein wesentlicher Unterschied. Das Bamberg'sche Instrument hat statt der Nonien Mikroskope, welche am Horizontal- und Höhenkreis (deren Theilung von $5'$ zu $5'$ geht) direct $5''$, also mit Schätzung jedenfalls noch $1''$, abzulesen gestatten. Die Trommeln der Mikroskope geben in ihrer Secundenbezifferung wirkliche Secunden und nicht Doppelsecunden, wie meist gebräuchlich ist. Wir finden nämlich den kleinen Vortheil, der aus der Doppel-Secundenbezifferung erwachsen soll, — Wegfall der Halbiring bei der Mittelbildung aus den Ablesungen an beiden gegenüberliegenden Mikroskopen — unerheblich gegen die Nachteile beim Uebergreifen in die nächste Minute etc.

Die Libelle für Höhenwinkel (in Fig. 6. rechts unter den Mikro-

skopen) hat keine besondere Einstellschraube (welche bei grösseren Instrumenten vorhanden zu sein pflegt), sondern sie ist mit dem Horizontalachsen-träger fest verbunden, und wird nur durch die drei Hauptstellschrauben eingestellt; ihre Empfindlichkeit ist $9,0''$ auf 1 Strich. Aehnliche Empfindlichkeit, nämlich $9,5''$ hat auch die obere Aufsatzlibelle, welche namentlich zur Azimutmessung gebraucht wird.

Die Kreise haben 13,5 cm Durchmesser, das Fernrohr hat 27 mm Oeffnung, 24,5 cm Brennweite, mit zwei Ramsden'schen Ocularen 20- und 30fache Vergrößerung, es zeigt für ein mittleres Auge den Polarstern $\frac{1}{4} - \frac{1}{2}$ Stunde vor Sonnenuntergang, für ein sehr gutes Auge $\frac{1}{2}$ bis 1 Stunde vor Sonnenuntergang.

Fig. 6. Universalinstrument von Bamberg, Kreisdurchmesser 13,5 cm.



Das Fadennetz hat einen Horizontalfaden und 6 Verticalfäden, wovon jedoch die zwei mittleren mit nur $40''$ Abstand als ein Doppelfaden zählen. Das Fadenintervall ist etwa $6'$ oder $24'$ in Zeit.