AUS DER NATUR

Zeitschrift für den naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht

herausgegeben von

Prof. P. Johannesson · Prof. Dr. W. Schoenichen
Prof. Dr. P. Wagner

XI. Jahrgang · 1914/15

Mit 2 farbigen und 12 schwarzen Tafeln
sowie 180 Abbildungen

Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig

4. Käufliches Zitronenöl und Olivenöl auf je ein Stück Fließpapier gießen, Fettfleck beachten, beide Papiere in der Luft schwenken: ätherisches Öl der Zitrone verfliegt, fettes Olivenöl bleibt.
5. Schnitt der Schale unter dem Mikroskop auf ätherisches Öl untersuchen.

IV. Gewürze liefernde Pflanzen.

1. Lorbeerblätter durch Geruch auf ätherisches Öl untersuchen.
2. Bau des Lorbeerblattes, besonders Cuticula beobachten.
3. Gewürznelken in heißem Wasser aufweichen und als Knospen entfalten.

V. Genußgifte liefernde Pflanzen.

Tabak.

1. Blütenbau des Tabaks mit den andern Nachtschattengewächsen vergleichen.
2. Tabakblätter trocknen, anfeuchten, gären lassen, trocknen.

Tee.

Teeblätter in warmem Wasser aufweichen und entfalten.

Kaffee und Kakao.

Kaffee- und Kakaoaufguß herstellen, beide eindampfen, Rückstände vergleichen.

VI. Kautschuk liefernde Pflanzen.

1. Ein Stückchen Rohkautschuk (aus Kolonialsammlung) und einen Gummistopfen in einer Kältemischung auf —15° abkühlen und dann beide untersuchen.
2. Elastizität der Kautschukgegenstände prüfen.
3. Ebonit durch Reibung elektrisch machen.
4. Milchsaft der Wolfsmilch eintrocknen lassen: klebriger Kautschuk bleibt zurück.

Die Selbstanfertigung einfacher astronomischer Instrumente.

Von **MAX VALIER** in Bozen.

Mit zwölf Abbildungen.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß die praktische Betätigung in der Astronomie vor allem geeignet erscheint, das für die reine Theorie weniger empfängliche Herz des Schülers für diese erhabene Wissenschaft zu begeistern.

In den meisten Fällen dürfte aber ein mehr oder weniger gutes Fernrohr vielleicht noch ein Theodolit oder Sextant die gesamte von Schulwegen zur Verfügung stehende instrumentelle Ausrüstung darstellen.

Ganz abgesehen davon, daß die Selbstanfertigung von astronomischen Instrumenten durch den Schüler auch aus andereren Gründen wünschenswert erscheinen muß, dürfte folgender Zyklus von Anleitungen zum Selbstbau der meisten Beobachtungsmittel auch zur billigen Ergänzung der Kabinettseinrichtung beitragen können.

Der zeitlichen Entwicklung der astronomischen Beobachtungsgeräte folgend wollen wir mit den Instrumenten der Alten beginnen.

Der Gnomon.

Naturgemäß das einfachste und daher auch das älteste Instrument ist der Gnomon. Er besteht aus einer senkrechten Säule, die sich auf einem ebenen Boden erhebt, auf welchem die Meridianlinie (zumindestens von der Säule nach Norden) gezogen ist. Das Instrument dient hauptsächlich zur Berechnung der Sonnenhöhen zur Zeit der Meridianpassage, welche nach den Regeln der Trigonometrie aus der bekannten Höhe der Gnomonspitze und der den betreffenden Momenten zugehörigen Schattenlänge erfolgt.

Für den Schüler ergeben sich bei der Aufstellung und beim Gebrauche des Gnomons hauptsächlich die Aufgaben, der Bestimmung der Meridianlinie und die Feststellung

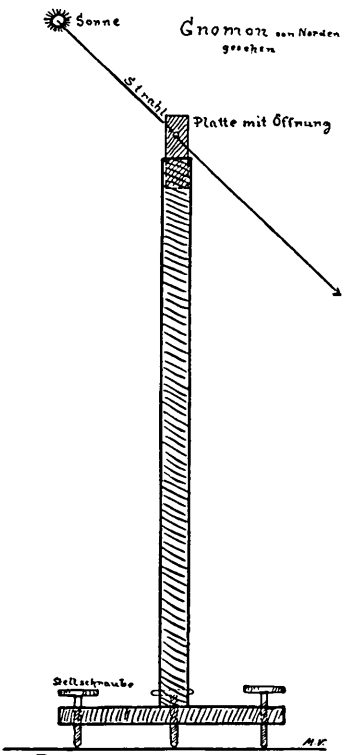

Abb. 1. Gnomon auf Dreischraubenfuß montiert.

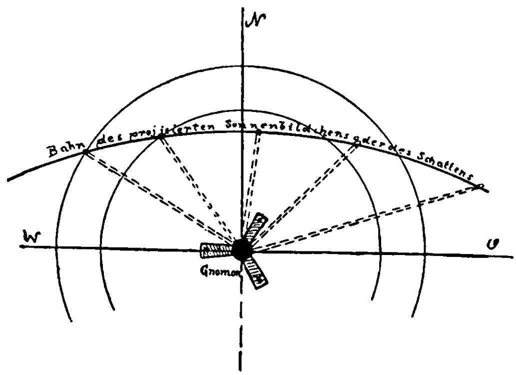

Abb. 2. Meridianbestimmung mittels des Gnomon.

des Deklinationswechsels der Sonne von Tag zu Tag, endlich die Bestimmung der Genauigkeit der Beobachtungen durch eine Kontrollrechnung.

Als Material für den Gnomon wählen wir am besten nicht sich durch Erwärmen stark ausdehnendes Metall, sondern einen Holzstab von der gewünschten Länge (vielleicht 2 Meter), dem wir oben eine kleine Metallplatte mit einem kleinen runden Loch eingesetzt haben.

Würden wir nämlich einfach einen oben etwas zugespitzten Stab anwenden und das Ende des Stabschattens beobachten wollen, so würden wir, da derselbe immer infolge des ihn umgebenden Halbschattens schlecht begrenzt erscheint, keine große Beobachtungsgenauigkeit erreichen können. Setzen wir aber in den Stab oben eine Metallplatte mit kleinem rundem Loch ein, so können wir den Abstand des durch diese Öffnung auf den Boden projizierten Sonnenbildchens vom Fußpunkt des Gnomons weit genauer messen.

Als Höhe des Gnomons gilt dann der Abstand vom Boden bis zur Lochmitte, als Schattenlänge der Abstand vom Fußpunkte des Stabes bis zur Mitte des projizierten Sonnenbildchens.

Um den Gnomon senkrecht stellen zu können, sei der Stab auf einem Dreifuß mit drei Stellschrauben befestigt und an zwei Seiten mit Loten versehen, die eine Kontrolle der Lage gestatten.

Wenn das Instrument in dieser Weise gearbeitet ist, so ist es auch durchaus tragbar, man braucht nur an seinem Aufstellungsort die drei Punkte zu bezeichnen, in welchen die Stellschrauben des Fußgestells den Boden berühren.

Hat man den Gnomon weggetragen, so kann man ihn leicht wieder in dieselbe Stellung bringen, indem man die Stellschraubenspitzen an die am Boden bezeichneten Punkte stellt und vermittels der Lote und Stellschrauben die Vertikalstellung erreicht. Diese Versuchsanordnung ist aus Abb. 1 genügend ersichtlich.

Die Bestimmung der Meridianlinie wird am leichtesten dadurch erreicht, daß man einige Kreise auf dem Boden um den Gnomon zieht, deren Mittelpunkt mit dem Fußpunkte des Gnomon zusammenfällt und deren Radius größer ist, als die Länge des mittäglichen Schattenwurfes. Es muß dann der Fall eintreten, daß die Schattenspitze, resp. das Sonnenbildchen bis Mittag irgendwo den Kreis schneidet nnd ins Kreisinnere übertritt, nachmittags aber an einer Stelle wieder austritt.

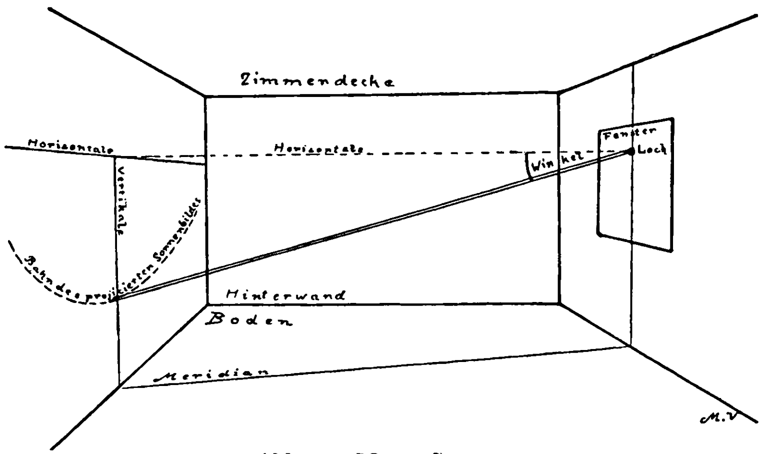

Abb. 3. Mauer-Gnomon.

Verbinden wir diese beiden Schnittpunkte mit dem Fußpunkte des Gnomon und halbieren wir den Winkel zwischen beiden Verbindenden, so haben wir die Meridianlinie nördlich des Gnomon (vergl. Abb. 2); genau freilich nur dann, wenn die Sonne ihre Deklination inzwischen nicht geändert hat. Man wird also diese Meridianbestimmung mit gutem Erfolge zur Zeit der Solstitien machen können.

Ist die Meridianlinie bestimmt, so kann durch einfache Ablesung der Schattenlänge (Abstand des projizierten Sonnenbildchens vom Fußpunkt des Gnomon) die Höhe der Sonne über dem Horizont um die Zeit der Meridianpassage gefunden werden, indem man bedenkt, daß $\frac{\text{Höhe des Gnomon}}{\text{Schattenlänge}}$ = Tangente des Elevationswinkels der Sonne ist.

Die Kontrollrechnung, durch welche der Schüler die Genauigkeit seiner Beobachtungen am Gnomon ermitteln kann, besteht darin, daß er aus irgendwelchen Ephemeriden die dem Tage zugehörige mittägliche Deklination entnimmt und überlegt: Die Höhe der Sonne im Meridian ist gleich (90^{0} — geogr. Br.) + Deklination der Sonne (welche pos. oder neg. sein kann).

Die Übereinstimmung der nach beiden Methoden gefundenen Werte wird die Qualität der Gnomonbeobachtung charakterisieren.

Eine andere Form des Gnomon wäre auch die, daß man durch eine Öffnung in einer Mauer das Sonnenbildchen auf der gegenüberstehenden Mauer des Zimmers sich projizieren läßt, daß man die Horizontale vom Loch in der einen Wand zur Projektionswand mißt, an derselben in dieser Höhe einen gleichfalls horizontalen Strich zieht und den mittäglichen Vertikalabstand des Sonnenbildchens mißt. Die Meridianlinie kann offenbar ähnlich gefunden werden, die Sonnenhöhe nach der Formel

$$\frac{\text{mittäglicher Vertikalbestand}}{\text{normaler Abstand von Loch und projektierter Wand}} = \text{Tangente der Sonnenhöhe.}$$

Für die Kontrollrechnung gilt dieselbe Überlegung wie oben. Die Versuchsanordnung ist aus unserer Abb. 3 leicht zu ersehen.

Ein Gnomon dieser Art — das größte überhaupt gebaute — hat Paul Toskanelli 1467 in der Kuppel der Kathedrale in Florenz 90 Meter über dem Boden der Kirche konstruiert.

Das Triquetrum.

Dem Bedürfnisse, nicht nur die Höhe der Sonne im Meridian, sondern auch die Meridianhöhen der Gestirne zu messen, konnte der Gnomon nicht entsprechen, und es mußte daher ein Instrument für diese Zwecke eigens konstruiert werden. Schon die Griechen der Schule in Alexandria kannten ein solches. Da es im wesentlichen aus drei Linealen bestand, ward es Triquetrum geheißen.

Wie wir aus der Bauart des Instrumentes gleich näher sehen werden, konnte man mit dem Triquetrum nicht nur Meridianhöhen (wenn die Ebene der drei Lineale im Meridian lag), sondern auch Deklinationsdifferenzen im Meridian bestimmen; gab man aber der Dreilinealebene eine beliebige Himmelsrichtung, so konnten die Höhen der Gestirne über dem Horizonte und Höhendifferenzen gemessen werden. Hierdurch erscheint der Wirkungskreis des Instrumentes gegenüber der Anwendbarkeit des Gnomon bedeutend erweitert.

Für den Schüler ergibt sich die Aufgabe der Erfassung der Theorie des Triquetrums und der Berechnung der zugehörigen Tafel, die Selbsterbauung des Instrumentes und seine Benutzung zu absoluten und relativen Höhenmessungen, resp. im Meridian Deklinationsbestimmungen und endlich wieder das Problem der Kontrollrechnung, zur Ermittlung der Beobachtungsgenauigkeit.

Das Triquetrum besteht, wie schon erwähnt, aus drei Linealen, die in der in Abb. 1 ersichtlichen Weise verbunden erscheinen. Der Stab A—B, welcher in eine Fußscheibe eingelassen ist, so daß er mit Hilfe derselben seinerseits auf einem Dreifußstativ (mit drei Stellschrauben) befestigt werden kann, trägt mindestens ein Lot (besser zwei, in aufeinander normalen Ebenen) zur Bestimmung seiner senkrechten Stellung (wie auf Abb. 4 ersichtlich). Im Stabe A—B sind nun in einer an sich beliebigen, für den einzelnen Fall aber bestimmt gewählten und genau abgemessenen Distanz zwei Drehpunkte A und B (eigentlich) bezeichnet. Dort werden möglichst sorgfältig die Achsen (Nägel), um welche sich die beiden beweglichen Lineale A—D und B—C drehen sollen, eingefügt. Im Lineal B—C werden nun zwei Punkte bezeichnet, B und C (eigentlich), deren Abstand gleich dem Abstande der Punkte A und B ist. B auf dem Lineal B—C wird durchbohrt, so daß es auf die in das Lineal A—B eingesetzte Achse im Drehungspunkt B aufgesteckt werden kann, und das Lineal B—C also um den Drehpunkt B drehbar mit dem Lineal A—B in genannter Weise beweglich verbunden ist.

Bei C (eigentlich) wird aber ein Stift durch das Lineal B—C getrieben, der in der Nute des dritten Lineals A—D gleitet.

Dieses dritte Lineal ist nämlich in der aus der Abbildung leicht ersichtlichen Weise mit einer Nute und einer Teilung versehen, welche in dem Punkte A beginnt, welchen man durchbohrt und auf die Achse im Drehpunkt A aufsetzt. Das Lineal A—D ist also in bezug auf den Drehpunkt A in gleicher Weise beweglich befestigt wie das Lineal B—C in bezug auf den Drehpunkt B. Die Länge des Lineals A—D muß mindestens $a \,.\, \sqrt{2}$ sein, das ist der Diagonallänge des Quadrates von der Seitenlänge A—B $= a$.

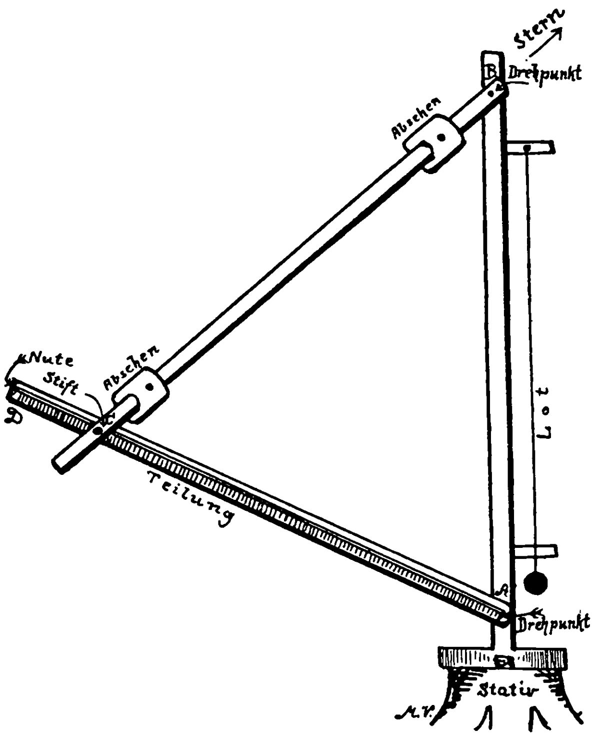

Abb. 4. Triquetrum.

Auf dem zweiten Lineale B—C sind endlich zwei sogenannte Absehen angebracht, das sind kleine Täfelchen, die auf dem Stabe reiten und mit einem kleinen Loche versehen sind, welches bei beiden Täfelchen genau in gleicher Höhe und Richtung über dem Stabe gebohrt ist, so daß die Visierlinie durch diese beiden Löcher in den Absehen parallel der Achse des Stabes ist. Hierfür ist in möglichst genauer Weise Sorge zu tragen, denn Fehler in der Montierung und Konstruktion der Absehen würden zum mindesten die absoluten Messungen sehr beeinträchtigen. Wie man vorteilhaft die Absehen konstruieren könnte, zeigt Abb. 5. Bei dieser Anordnung können die Absehen auf dem Stabe verschoben werden. Für das Triquetrum könnten die Absehen auch außerhalb der Strecke B—C, das eine außerhalb des Stifts und nahe dem Ende des Stabes, das andere auf der über den Drehpunkt B hinaus eventuell angebrachten Verlängerung desselben montiert sein. Zuweit innerhalb der Strecke B—C kann man das C näherstehende Absehen auch schon deshalb nicht anordnen, weil man infolge des noch vorstehenden Stabstückes dann das Auge nicht an dieses Absehen bringen könnte.

Von der Teilung des Lineals A—D ist zu sagen, daß ihr die Einheit A—B $=$ B—C zugrunde liegt, und daß diese Einheit in einem nach praktischen Gründen beliebig gewählten Teilungssystem unterteilt ist.

Nun wollen wir uns der Theorie des Triquetrums kurz zuwenden, damit wir uns auch darüber klar werden, worauf wir beim Bau besonders zu achten haben.

Durch die Anordnung $A—B = B—C$ ist das Dreieck ABC in jedem Falle, wie groß auch $A—C$ sein möge, ein gleichschenkliges. Wir können in ihm daher auch die Seiten $B—A$ und $B—C$ als die Radien eines und desselben Kreises, dessen Mittelpunkt B ist, auffassen und ersehen, daß die Seite $A—C$ nichts anderes als die Sehne ist, welche zu dem Bogen gehört, der dem Winkel bei B entspricht. Die Länge dieser Sehne erhalten wir für die jeweilige Stellung des Triquetrums durch einfache Ablesung der Teilung $A—D$, indem wir die Stellung des Stiftes C in der Teilung ablesen. Die Teilung ist nun — um es noch näher zu kennzeichnen —, so anzuordnen, daß, wenn das Dreieck ABC ein gleichseitiges wird, also $A—B = B—C = C—A$, dann der Stift auf 1.000 steht. Diese (an sich beliebige Länge) $A—B = B—C = C—A$ ist die Einheit des Triquetrums, und diese Einheit wird auf dem Lineale $A—D$ am besten dezimal unterteilt. Es ist klar, daß der Endpunkt der Teilung, welcher der Stellung $A—B$ normal zu $B—C$ entsprechen soll, die Zahl 1.414 tragen müßte, denn dann wird die Entfernung des Stiftes C vom Drehpunkt A gleich der Quadratdiagonale zum Quadrat mit der Seite $A—B$. Es ist ferner klar, daß dem Winkel (bei B) gleich 60°, wo dann das Dreieck ABC

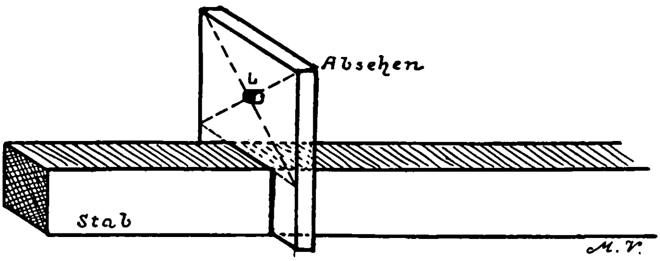

Abb. 5. (Triquetrum) Absehen.

ein gleichseitiges wird, die Zahl der Teilung 1.000 zukommt, daß allen Winkeln zwischen 60° und 90° eine Zahl zwischen 1.000 und 1.414, daß aber allen Winkeln kleiner als 60° eine Zahl kleiner als 1.000, also $0.xyz$, zukommen wird.

Nach einer einfachen trigonometrischen Überlegung ist es nun klar, daß in dem gleichschenkligen Dreieck ABC die halbe Länge der Sehne $A—C$ im Verhältnis zur Einheit gleich dem Sinus des halben Winkels bei B ist, mathematisch geschrieben

$$\frac{\frac{AC}{2}}{AB} = \sin \frac{\text{Winkel } (B)}{2}$$

Da die Sinustafeln in den Logarithmenbüchern meist in Dezimalen auch die sin nicht nur die log sin geben, so brauchen wir, sofern wir unsere Einheitsstrecke in dezimale Teile geteilt haben, nur die für das jeweilige $C—A$ abgelesene Zahl der Teilung zu halbieren. Diese ist dann direkt gleich dem Sinus des halben Winkels bei B. Wir finden also aus der Sinustafel unmittelbar den halben Winkel bei B zu der zugehörigen Sinuszahl und durch Multiplikation mit 2 den ganzen Winkel bei B.

Was ist nun dieser Winkel bei B an der Himmelssphäre? Er ist nichts anderes als die Zenitdistanz des beobachteten Gestirns. Wollen wir die Höhe des Gestirns, so brauchen wir den Winkel bei B nur von 90° zu subtrahieren.

Haben wir die Dreiecksebene des Triquetrums in die Meridianebene des Ortes gestellt, so ist klar, daß wir auch die Deklination der Gestirne ermitteln können, durch dieselbe Überlegung, die uns beim Gnomon die Deklination der Sonne gegeben hat; es ist nämlich (Höhe des Gestirns im Meridian) minus (90^{0} — geogr. Breite des Ortes) = der Deklination des Gestirns, welche positiv oder negativ sein kann.

Indem wir für zwei Gestirne diese Messung machen, können wir auch ihre Deklinationsdifferenzen finden.

Es ist klar, daß in jeder anderen Stellung des Triquetrums zu anderen Himmelsrichtungen nicht mehr Deklinationen, sondern nur Höhenmessungen und Höhendifferenzen resultieren können.

Die Kontrollrechnung wird in der Weise stattfinden, daß man die Deklinationen der beobachteten Sterne aus einem Kataloge entnimmt und mit den beobachteten vergleicht; respektive indem man die ex katalogo berechneten Deklinationsdifferenzen mit den nach der Triquetrumbeobachtung berechneten vergleicht.

Es kann nun sein, daß in einer Beobachtungsreihe, welche an dem in seiner Stellung unveränderten Triquetrum gemacht wurden, die Deklinationsdifferenzen zwar gut mit den ex katalogo ermittelten übereinstimmen, daß aber die absoluten Werte der einzelnen Gestirndeklinationen alle im selben Sinne und um ungefähr dieselbe Größe falsch erscheinen. Dann wird man annehmen können, daß der Stab $A—B$ nicht senkrecht gestanden hat. In unangenehmerer und weniger leicht eliminierbarer Weise würden sich Fehler in der Gleichheit der Strecken $A—B = B—C =$ (Einheit) $C—A$ oder in der Gleichmäßigkeit der Teilung bemerkbar machen.

Für die Praxis fahren wir vielleicht am besten, wenn wir die Einheit des Triquetrums zu $^1/_2$ Meter annehmen, als Teilung an dem Stabe $A—D$ die Teilung eines guten auf $^1/_2$ mm geteilten, käuflichen Lineals verwenden und wenn wir das eine Absehen außerhalb des Stiftes C gegen das dem Auge zugewandte Stabende, das andere in der Sehweite (also 25—30 cm von C gegen B oder 25—30 cm entfernt von B zwischen C und B aufsetzen und die Löcher in den Absehen etwa 2 mm im Durchmesser halten.

Nach meinen Erfahrungen mit einem etwas kleineren, aber aus Messing und sehr sorgfältig konstruierten Triquetrum kann man so eine relative Differenzmessungsgenauigkeit von etwa 5 Bogenminuten erreichen, eine ganz gute Leistung. Für absolute Messungen kann natürlich diese Genauigkeit nur erreicht werden, wenn $A—B$ ganz genau normal steht auf der Ebene des Horizontes.

Nach einer Reihe von Messungen an Fixsternen würde ein Schüler vielleicht die Deklinationsänderungen der Planeten in ihrer Bahn bestimmen können oder durch Anschluß an Gestirne von bekannter Deklination aus Differenzmessungen die Deklination des Planeten selbst ermitteln können.

Könnten wir auch noch die andere Koordinate, die Rektaszension aus den Meridianpassagen-Zeitdifferenzen gegen bekannte Gestirne ermitteln, so wäre uns die Positionsbestimmung der Gestirne ganz geglückt.

Hierzu erscheint aber das Triquetrum seiner ganzen Bauart nach weniger geeignet, obwohl prinzipiell durch die Aufstellung in der Meridianebene und die dadurch theoretisch nur in der Meridianebene erfolgende Beweglichkeit der Lineale (und auch der Absehen) die Möglichkeit geboten erschiene. Praktisch würde aber die Beobachtungsgenauigkeit für Rektaszensionen vermittels des Triquetrums eine geringe sein im Vergleiche mit jener, welche wir durch den Meridianquadranten erreichen können.