

**Zeitschrift:** Mensuration, photogrammétrie, génie rural  
**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) =  
Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF))  
**Band:** 71-F (1973)  
**Heft:** 2  
  
**Artikel:** Astronomische Messungen mit dem DKM 2-A zur Breitenbestimmung  
**Autor:** Rüeger, J.M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-226181>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.04.2025

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

J. M. Rüeger

## Zusammenfassung

Da das Kompensatorsystem des Höhenkreises sehr genaue Höhenwinkelmessungen ermöglicht, wird auf Grund von Versuchsmessungen untersucht, ob sich der DKM 2-A auch für astronomische Beobachtungen (Breitenbestimmungen) eignet. Vier Meßreihen an verschiedenen Abenden zeigen, welche hohe Genauigkeiten erreichbar sind. – Nach der Beschreibung der Versuchsanordnung folgen Angaben über die Auswertung, die Resultate und die Erfahrungen mit Fernrohr, Beleuchtung und (temperaturabhängigem) Indexfehler.

## Résumé

Vu que le compensateur automatique du cercle vertical rend possible la mesure d'angles verticaux avec une haute précision, on examine, sur la base de mesures d'essais, si le DKM 2-A est propre à effectuer des observations astronomiques (latitudes). Les séries faites au cours de quatre soirées montrent quelle grande précision peut être atteinte. La description de l'essai est suivie d'explications concernant le calcul, les résultats et les expériences avec la lunette, l'éclairage et l'erreur de collimation variable de la température.

## 1. Allgemeines

Alle Messungen wurden mit dem DKM 2-A, Nr. 158 200, durchgeführt. Es handelt sich bei diesem Theodoliten um ein normales 360°-Modell. Für die astronomischen Beob-

achtungen wurde die Ausrüstung mit einem kleinen Drehspiegel für die Strichplattenbeleuchtung und einem Paar gebrochener Okulare für Fernrohr und Ableseoptik ergänzt (Abb. 1). Vertikal- und Horizontalstriche der Strichplatte sind je zur Hälfte als Doppellinien ausgebildet.

Um eine stabile Aufstellung während der Messungen zu gewährleisten, erfolgten die Breitenbestimmungen auf Pfeilern der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich. Im Jahre 1971 wurde auf dem Theodolitpfeiler Ost beobachtet, im Jahre 1972 auf dem Theodolitpfeiler West (Abb. 2), da auf dem Ostpfeiler die Visur nach Polaris nicht mehr frei war. Beide Pfeiler sind bezüglich Meridianzentrum der Sternwarte eingemessen [9], dessen geographische Breite bekannt ist. Die Aufstellung des Instrumentes auf den Pfeilern geschah über eine Pfeilergrundplatte.

## 2. Beobachtungen

Sie begannen in der Regel eine Stunde nach Sonnenuntergang und dauerten eine bis zwei Stunden. Es wurden Meridian-Zenitdistanzen beobachtet (Sterneck-Methode), wobei Sterne bis zu einer Zenitdistanz von 30° berücksichtigt wurden. (Bei dieser Methode werden im Ortsmeridian paarweise



Abb. 1 DKM 2-A mit angebrachten gebrochenen Okularen

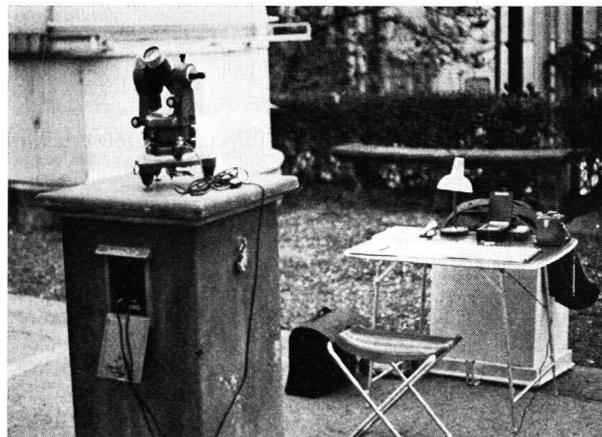


Abb. 2 Meßbereite Station

Zenitdistanzen beobachtet, wobei der eine Stern des Paares nördlich und der andere südlich des Zenits liegt. Die Zenitdistanzen der beiden Sterne eines Paares sollen dabei sehr ähnlich sein, um die Refraktionseinflüsse weitgehend zu eliminieren.) Die Summen der nördlichen und südlichen Zenitdistanzen weichen im ungünstigsten Falle um 8% voneinander ab. Der Horizontalkreis des Instruments wurde mit Polaris orientiert.

Die Beobachtungsserie eines Abends umfaßte sechs bis zehn Sternpaare. Im ganzen wurden 32 Paare an vier Abenden gemessen. Ein Sternpaar wurde nicht in die Berechnungen eingeführt, da die Abweichung zum Abendmittel den vierfachen mittleren Fehler überstieg. Die nicht einheitliche Ausführung der Linien auf der Strichplatte hatte zur Folge, daß die Sterne nur kurz vor oder nach dem Meridiandurchgang eingestellt werden konnten. Die Ablesung am Höhenkreis erfolgte viermal. Vor der Messung jedes Sternpaares, meist aber sogar vor der Messung jedes Sterns, wurden Temperatur und Luftdruck abgelesen.

Zwischen erstem und zweitem Stern eines Paares wurde die Alhidade um zwei Rechte gedreht, nicht jedoch zwischen den einzelnen Paaren. Da sich zudem meistens die Sternfolge S-N, N-S, S-N, ... ergab, liegen praktisch alle Ablesungen am Höhenkreis zwischen 0° und 30°. Zwischen dem Einstellen der beiden Sterne eines Paares verstrichen im Minimum 2<sup>m</sup>50<sup>s</sup>, wobei zu beachten ist, daß der Beobachter in dieser Zeit auch alle Sekretärarbeiten auszuführen hatte, da die Station nur mit ihm besetzt war.

### 3. Auswertung

Die Refraktion wurde aus den Tafeln in [1] bestimmt. Die Deklination rechnete man durch quadratische Interpolation der Zehn-Tage-Werte in [2], unter Berücksichtigung der kurzperiodischen Nutation. Die Korrekturen auf den mittleren Pol (CIO) erfolgten für 1971 mit [3], für 1972 mit [4].

In die Berechnungen wurden die gemittelten Polhöhen aus den Sternpaaren (1 Südsterne + 1 Nordsterne) eingefügt, da der Indexfehler (Zenitpunktfehler) des Höhenkreises nicht über den ganzen Abend als konstant angenommen werden konnte. Es ergibt sich so aus jedem Sternpaar ein Wert für den Indexfehler. Allfällige Einflüsse aus den Teilkreisfehlern und der Fernrohrbiegung blieben unberücksichtigt.

### 4. Ergebnisse

Für die vier Abende ergeben sich folgende Mittelwerte und Genauigkeiten:

1	2	3	4	5	6	7	8
	47°22'			47°22'			
7.10.71	38.37"	-0.203"	+0.365"	38.53"	10	±0.63"	±0.20"
11.10.71	38.32"	-0.198"	+0.365"	38.49"	8	±0.53"	±0.19"
2.11.72	38.92"	-0.133"	+0.364"	39.15"	7	±0.18"	±0.07"
6.11.72	38.05"	-0.136"	+0.364"	38.28"	6	±0.45"	±0.18"

Kolonnen: 1 Datum, 2 Abendmittel, 3 Korrektur auf mittleren Pol, 4 Zentrierung, 5 Abendmittel im Zentrum, 6 Anzahl Paare, 7 mittlerer Fehler einer Breite aus einem Sternpaar, 8 mittlerer Fehler am Abendmittel

Der mittlere Fehler einer Polhöhe aus einem Sternpaar entspricht dem mittleren Fehler eines in zwei Lagen gemessenen Höhenwinkels. Als Durchschnittswert des mittleren Fehlers über alle vier Abende erhält man  $\pm 0.48''$  in alter Teilung oder  $\pm 1.5^c$  in neuer Teilung.

Da die Ablesungen am Höhenkreis bei jedem Stern viermal erfolgten, läßt sich auch der mittlere Ablesefehler errechnen.

Er beträgt für eine einmalige Ablesung  $\pm 0.53''$  beziehungsweise  $\pm 1.6^c$  und für das Mittel aus vier Ablesungen  $\pm 0.27''$ . Der mittlere Fehler der Summe der übrigen Einflüsse (Zielfehler, Änderung des Indexfehlers und der Refraktion zwischen erstem und zweitem Stern eines Paares) rechnet sich dann nach dem zentralen Grenzwertsatz zu  $\pm 0.29''$ . Das mehrmalige Kreisablesen ist daher vernünftig.

Bestimmt man den Mittelwert der Breite aus den vier Abendmitteln, so ergibt sich im Vergleich mit früheren Bestimmungen folgendes Gesamtmittel:

1	2	3	4	5	6	7
1971/72	Kern DKM2-A	47°22'38.61"	4	±0.19"		
1904	Sternwarte	38.29"			[5]	
1921/21	Prismen-Astrolab Jobin	38.34"	5	±0.14"	[6]	+0.58"
1921	Prismen-Astrolab Jobin	38.30"	4	±0.06"	[6]	+0.58"
1938	Bamberg Durchgangsinstrument	38.41"	5	±0.10"	[7]	-0.03"

Kolonnen: 1 Jahr der Messung, 2 Instrument, 3 Gesamtmittel, 4 Anzahl Abende, 5 mittlerer Fehler am Gesamtmittel, 6 Quellenangabe, 7 Korrekturen an den in den Quellen genannten Werten: 1920/21 = Zentrierung, 1938 = Umrechnung auf heutigen mittleren Pol 1900 bis 1905 [8].

Alle Polhöhen beziehen sich auf das Meridianzentrum der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich.

### 5. Kommentar

#### 5.1 Zu den Resultaten

Vergleiche mit andern Instrumenten sind nur über die mittleren Fehler an den Abendmitteln möglich, da die Stationsmittel und deren mittlere Fehler möglicherweise stark von systematischen Unterschieden der Abendmittel beeinflusst sind. Berechnet man den Durchschnitt der mittleren Fehler an einem Abendmittel über alle Beobachtungsabende einer Station, so ergibt sich:

Station	Instr.	m.F.	n	Jahr	Aufstellung	Lit.
Zürich	DKM2-A	±0.17"	4	1971/72	Pfeiler	
Rocher de Naye	T4	±0.32"	7	1965	Pfeiler	[10]
La Dôle	T4	±0.28"	6	1965	Pfeiler	[10]
Nufenenstock	DKM3-A	±0.28"	1	1963	Stativ	[11]

n Anzahl Abende

Die Genauigkeiten von DKM2-A-Messungen entsprechen also durchaus solchen aus T4- und DKM3-A-Messungen, auch wenn man die ungünstigeren Beobachtungsverhältnisse auf den Gipfelpunkten in Rechnung stellt.

Das Gesamtmittel der DKM2-A-Messungen weicht um 0.20" bis 0.32" von früheren Messungen ab. Dieser Bereich liegt noch im Intervall des doppelten mittleren Fehlers an der Differenz zwischen heutiger und früherer Messung. Systematische Einflüsse sind denkbar wegen der Beobachtungszeiten unmittelbar nach Sonnenuntergang, der kleinen Anzahl von Beobachtungsabenden, der Teilkreis- und Mikrometerfehler und der systematischen Änderungen am Indexfehler (zwischen erstem und zweitem Stern eines Paares.) Der letztgenannte Einfluß wird in der Folge noch näher untersucht.

### 5.2 Zum Fernrohr

An den vier Abenden wurden Sterne mit Helligkeiten zwischen  $m = 1.3$  und  $m = 5.3$  angezielt. Sterne zwischen  $m = 2.5$  und  $m = 4.5$  lassen sich mit den vorhandenen Strichen gut bisezieren. Sterne kleiner  $m = 5.0$  verschwinden hinter dem Strich.

Die meisten Sterne wurden mit dem einfachen Strich angezielt. Die Doppelstriche eignen sich weniger für die Einstellung der Sterne, da sie zu weit auseinanderliegen. Eine Strichplatte mit durchgezogenen einfachen Linien wäre somit für astronomische Beobachtungen zweckmäßiger.

An der Strichplattenbeleuchtung waren zwei Dinge zu bemängeln: Einerseits wurde die Strichplatte ungleichmäßig ausgeleuchtet (was sich möglicherweise mit einer falschen Spiegellage erklären läßt), andererseits war die Kreisbeleuchtung gegenüber der Strichplattenbeleuchtung (bei Einstellung des Spiegels auf maximalen Lichteinfall) zu stark. Letzteres äußert sich bei hellen Sternen in einer Überstrahlung des Ablesebildes. Diese Erscheinung ist zum Teil systembedingt, da ein und dieselbe Lichtquelle beiden Zwecken dient. Aber auch hier übt die Spiegellage oder -größe sicher einen gewissen Einfluß aus.

Strichplatte und Kreise werden über gebrochene Okulare beobachtet. Wirken sich die starken Randverzerrungen beim Fernrohrökular nicht negativ aus, so haben sie dagegen beim Ableseökular zur Folge, daß bei Scharfeinstellung der Kreisteilung die Mikrometerskala nur noch unscharf sichtbar ist. Dadurch wird die Ablesegenauigkeit etwas beeinflusst. Mit gebrochenem Okular beträgt sie  $\pm 0.53''$  (siehe 4.), ohne  $\pm 0.42''$  (aus 100 Höhenwinkelmessungen desselben Beobachters bestimmt). Hier wären daher Verbesserungen angebracht.

### 5.3 Zum Indexfehler

Der Indexfehler variiert im Laufe eines Abends so stark, daß er nicht als Konstante betrachtet werden darf. Es wurde versucht, diese Variation mit der Zeit, mit dem Zeitintervall zwischen erstem und zweitem Stern eines Paares und mit der Lufttemperatur in Beziehung zu bringen. Graphisch zeigte sich keine Abhängigkeit. Analytisch ergaben sich Korrelationskoeffizienten zwischen Indexfehler und Temperatur von 0.13 bis 0.58 für die verschiedenen Abende. Da diese Faktoren sehr stark durch die ungenauen Temperaturmessungen beeinflusst sind, wurden auch die Mittelwerte der vier Abende von Temperatur und Indexfehler miteinander verglichen:

Datum	$i_m$	$m_i$	$T_m$	$m_T$
7.10.71	-15.53"	$\pm 1.22''$	+11.54°C	$\pm 0.46^\circ\text{C}$
11.10.71	-14.18"	$\pm 1.09''$	+13.62	$\pm 0.41$
2.11.72	-18.95"	$\pm 0.88''$	+ 8.38	$\pm 0.67$
6.11.72	-20.55"	$\pm 0.77''$	+ 6.64	$\pm 0.51$
17.11.72	- 5.88"	$\pm 0.73''$	+22.86	$\pm 0.11$

$m_i$  Standardabweichung (m.F.) am aus einem Sternpaar bestimmten Indexfehler  $i$  bezüglich Abendmittel  $i_m$

$m_T$  Standardabweichung (m.F.) einer Temperatur bezüglich Abendmittel  $T_m$

$i$  Indexfehler oder Zenitpunktfehler (Ablesung am Höhenkreis, wenn die Zielachse genau gegen den Zenit gerichtet ist)

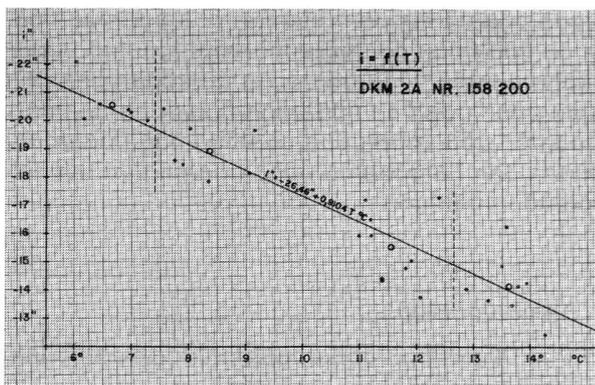


Abb. 3 Temperaturabhängigkeit des Indexfehlers. Die großen Kreise stellen die Abendmittelwerte dar, die kleinen Kreise die Werte aus den einzelnen Sternpaaren

Das erste Diagramm (Abb. 3) zeigt sehr schön die lineare Abhängigkeit zwischen Indexfehler und Temperatur, wenn man von den Abendmittelwerten  $i_m$  und  $T_m$  ausgeht. Betrachtet man aber nur die Punktgruppe der Einzelwerte eines Abends, so ist praktisch kein Zusammenhang feststellbar.

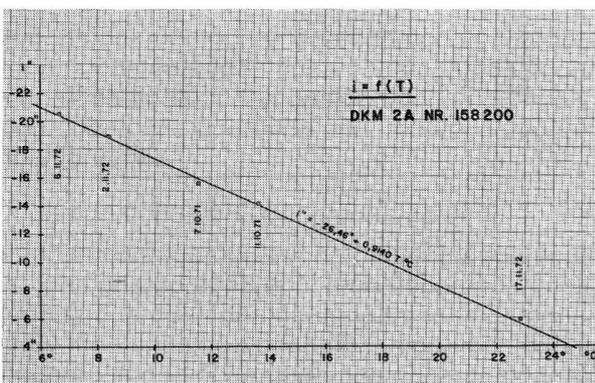


Abb. 4 Dieselbe Temperaturabhängigkeit mit dem Wert aus einer Meßreihe bei höherer Temperatur

Das zweite Diagramm (Abb. 4) stellt die Funktion  $i = f(T)$  über einen größeren Temperaturbereich dar. Der im Labor durch Höhenwinkelmessungen bestimmte Wert von  $i$  liegt wieder praktisch auf der gleichen Geraden. Die Beziehung  $i = f(T)$  ist somit über weite Bereiche linear und scheint auch zeitlich konstant zu bleiben, wenn man bedenkt, daß das Instrument zwischen den Messungen 1971 und 1972 anderweitig eingesetzt war.

Führt man die nach der obigen Funktion bestimmten Indexfehler in die Berechnung der Polhöhe ein, so treten keine großen Änderungen an den Abendmitteln auf. Das Mittel aller vier Abende ändert sich in unserem Fall um  $0.02''$ . Man kann zeigen, daß gleichmäßige Temperaturänderungen zwischen den ersten und zweiten Sternen zweier aufeinanderfolgender Sternpaare im Mittel dieser beiden Paare durch das im Kapitel 2 beschriebene Verfahren eliminiert werden. In unserem Falle (gleichmäßige Temperaturdiffe-

renzen zwischen den ersten und zweiten Sternen der Paare) ist die Einführung des temperaturabhängigen Indexfehlers nicht notwendig. Wird hingegen das Meßprogramm in dem Sinne geändert, daß die Alhidade auch zwischen den Paaren um zwei Rechte gedreht wird, so sollte  $i = f(T)$  eingeführt werden. Die Temperaturmessung ist dann aber mit aller Sorgfalt vorzunehmen.

## 6. Schlußbemerkungen

Wie die Ergebnisse der durchgeführten Versuche zeigen, eignet sich der DKM2-A dank seiner automatischen Höhenkollimation sehr gut für Breitenbestimmungen nach dem beschriebenen Verfahren. Die Messungen gehen sehr rasch vor sich und erreichen dieselbe Güte wie wesentlich größere, schwerere und teurere Instrumente.

Für andere astronomische Beobachtungen ist das Instrument wohl weniger geeignet. Zeitbestimmungen sind kaum möglich, da eine Registriervorrichtung fehlt. Dagegen wären Azimutbestimmungen denkbar.

## Literatur

- [1] *H. Müller*: Astronomische Orts-, Zeit- und Azimutbestimmungen mit dem Kern DKM3-A.
- [2] Astronomisches Recheninstitut Heidelberg: Apparent Places of Fundamental Stars (1971 und 1972).
- [3] International Polar Motion Service: Monthly Notes (1971, Nr. 11).
- [4] BIH: Circular D73, Paris, 4. Dezember 1972.
- [5] Schweizerische Geodätische Kommission (SGK): Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Band 10.
- [6] SGK: Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Band 19.
- [7] SGK: Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz, Band 23.
- [8] *Jordan, Eggert, Kneissl*: Handbuch der Vermessungskunde, Band IIa.
- [9] Eidgenössische Landestopographie: Eingliederung der ortsfesten Beobachtungsstandpunkte der Sternwarte Zürich ins Koordinatensystem der Eidgenössischen Landestriangulation (1936).
- [10] *H. Müller*: Bericht an die SGK über die astronomischen Beobachtungen auf den Laplace-Punkten Rocher de Naye und La Dôle (1965).
- [11] *W. Keller*: Bericht an die SGK über die Breiten- und Längenbestimmungen im Goms und Val Bedretto (1963).