

Zeitschrift: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 74 (1976)

Heft: 5

Artikel: Eine Präzisionszentrivorrichtung

Autor: Gurtner, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-228346>

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: 12.12.2025

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

Eine Präzisionszentrivorrichtung

W. Gurtner

Résumé

Cet article décrit un appareil qui permet de centrer un instrument monté sur trépied. Le centrage, rapide et simple, atteint une précision d'environ 0,1 mm.

1. Einleitung

Die Zentrierung eines Vermessungsinstrumentes über einen versicherten Punkt bezweckt die hinreichende Übereinstimmung der Koordinaten des Instrumentes mit denjenigen des Punktes in einem (beliebigen) Koordinatensystem. Die Anforderungen an die Übereinstimmung werden im allgemeinen durch die geforderte Genauigkeit der Vermessung und damit der Instrumente gegeben. Andererseits sollten (an sich unbedeutende) Zentrierfehler in einer Ausgleichung nicht zu einer unerwünschten Vergrößerung des mittleren Fehlers a posteriori führen.

Das genaue Einfluchten eines Instrumentes beziehungsweise einer Zielmarke (Beispiel: präzise Absteckung einer Geraden) bedeutet ebenfalls nichts anderes als ein Spezialfall einer Zentrierung.

Vor allem die Entwicklung genauester Distanzmesser (Mekometer von Kern, Aarau) verlangt für gewisse Aufgaben Zentriergenauigkeiten, die in der Grössenordnung von 0,1 bis 0,2 mm liegen.

2. Übliche Zentriermethoden

a) Schieben des Instrumentes auf einem einfachen Stativteller, bis ein am Instrument befestigtes Lot zentrisch über dem versicherten Punkt schwebt.

b) Anstelle eines Senkbleis benützt man ein im Instrument eingebautes optisches Lot. Die zu erreichende Genauigkeit liegt in der Grössenordnung von Zehntelmillimeter. Sie wird begrenzt durch die Senkrechte des optischen Lotes sowie durch das Vermögen des Auges, Exzentrizitäten des Lotes gegenüber der verwendeten Bodenmarke festzustellen. Mit einer Röhrenlibelle von 20"/2 mm lässt sich die Lotrichtung ohne weiteres auf 10" festlegen, was bei einer Instrumentenhöhe von 150 cm einen Zentrierfehler von 0,07 mm bewirkt. Bei Verwendung kleiner Kreise auf der Bodenmarke können Exzentrizitäten von 0,1 mm festgestellt werden. (Das optische Lot kann bei den meisten Instrumenten durch Rotation der Alhidade um die Stehachse kontrolliert werden.) Die praktische Grenze liegt aber vor allem in der Geduld des Beobachters:

- Da der Stativteller i. a. nicht horizontal ist, bewirkt eine beim Verschieben des Instrumentes kaum zu vermeidende Drehung sofort eine Schiefe des optischen Lotes, was eine Neuorientierung verlangt und damit einen neuen Zentriervorgang usw.
- Verschiebungen des Instrumentes um Zehntel sind an sich problematisch.

Ein solcher Vorgang braucht sofort 20 Minuten pro Stativ.

c) Die Verwendung eines Kugelkopfstativs mit Zentrierstock verlangt einen tadellosen Zustand des Mate-

rials sowie eine genau passende Marke. Die Grenze wird durch die Dosenlibelle und durch das Verschieben des Stativkopfes gegeben. Sie dürfte unter einem Millimeter liegen. Die anschliessende Verwendung des optischen Lotes ist problematisch, da bei gelöstem Stativkopf das Instrument kippen kann. Sonst gilt das unter b) Gesagte.

- d) Eine weitere, weniger bekannte Methode ist folgende: Das optische Lot des grob zentrierten Instrumentes wird mit den Fusschrauben auf das Zentrum gerichtet. Anschliessend horizontiert man das Instrument mit dem Auszug der Stativbeine. Werden genaue Zentrierungen verlangt, braucht es einige Iterationen, wobei die Horizontierung mühsam wird. Die erreichbare Genauigkeit ist etwa wie bei b), der Zeitaufwand vielleicht etwas kleiner. (Diese Methode wird mit Vorteil bei Verwendung einfacher Stativ angewandt, wenn übliche Genauigkeiten verlangt sind.)
- e) Durch die konsequente Verwendung von Zwangszentrierungen auf Stativen wird das Zentrierproblem nur insofern gelöst, als nun der mittlere Fehler der Messungen nicht verfälscht wird. Ansonsten werden einfach die Koordinaten des Instrumentes bestimmt, nicht aber diejenigen des Bodenpunktes.
- f) Die Ausmessung von Restexzentrizitäten auf speziellen Bodenmarken könnte unter Umständen die geforderte Genauigkeit bringen, ist jedoch mühsam und birgt zahlreiche Fehlerquellen, vor allem wenn sie bei instabilen Verhältnissen mehrmals durchgeführt werden muss.

Im folgenden wird nun eine Zentriervorrichtung beschrieben, die (ohne die kostspielige und oftmals nicht realisierbare Errichtung von Pfeilern) eine hinreichende und rasche Zentrierung ab Stativ ermöglicht.

3. Der Zentrierschlitten

Bringt man zwischen Stativ und Instrument eine Vorrichtung an, die ein präzises Verschieben des Instrumentes ohne eine unerwünschte Verdrehung gestattet, lässt sich auch bei schiefem Stativteller beziehungsweise Stativkopf eine einwandfreie und schnelle Zentrierung mit dem optischen Lot durchführen.

Die im Handel erhältlichen Kreuzschlitten sind dazu nicht geeignet. Sie sind, im Hinblick auf grosse mechanische Beanspruchung, aus Stahl gefertigt und vielfach mit Kugel- oder Rollenlängsführungen versehen, deshalb sehr kostspielig. Da überdies die Spindeln meistens durchgehend geführt sind, ist das optische Lot nicht verwendbar.

Aus diesen Gründen schien es mir sinnvoller, einen speziellen Zentrierschlitten zu konstruieren (Abb. 1). Er besteht im wesentlichen aus einer Grundplatte und zwei durch Schwalbenschwanzführungen geführte Schlitten, die durch Spindeln bewegt werden. Jeder Schlitten kann an beliebiger Stelle mit einer Klemmschraube blockiert werden. Mit Ausnahme der Spindeln besteht er aus einer Aluminiumlegierung (eloxiertes Anticorodal). Die mögliche Auslenkung beträgt in beiden Richtungen je 10 mm. Praktisch wird sie aber eingeschränkt durch die Bohrung im Stativkopf beziehungsweise in der Befestigungsschraube bei gewöhnlichen Stativen.

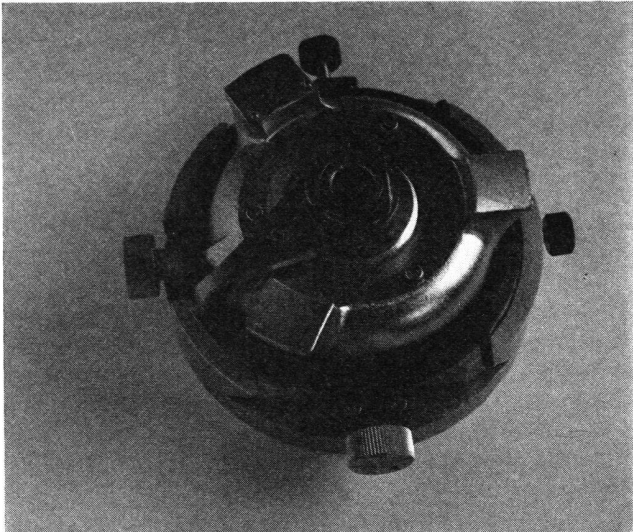


Abb. 1

Auf dem oberen Schlitten ist der oberste Teil eines Kugelpfstativs aufgeschraubt, auf die die (Kern-) Instrumente festgeklemmt werden. Die Grundplatte wurde so ausgeführt, dass sie auf jedes Kern-Kugelpfstativ aufgesetzt werden kann (Abb. 2). Durch einfaches Auswechseln eines kleinen Einsatzes im Boden passt sie auch auf Wild- und andere Stative. Mit einem Adapter können ebenfalls Wild-Instrumente auf dem Schlitten fixiert werden (Abb. 3).

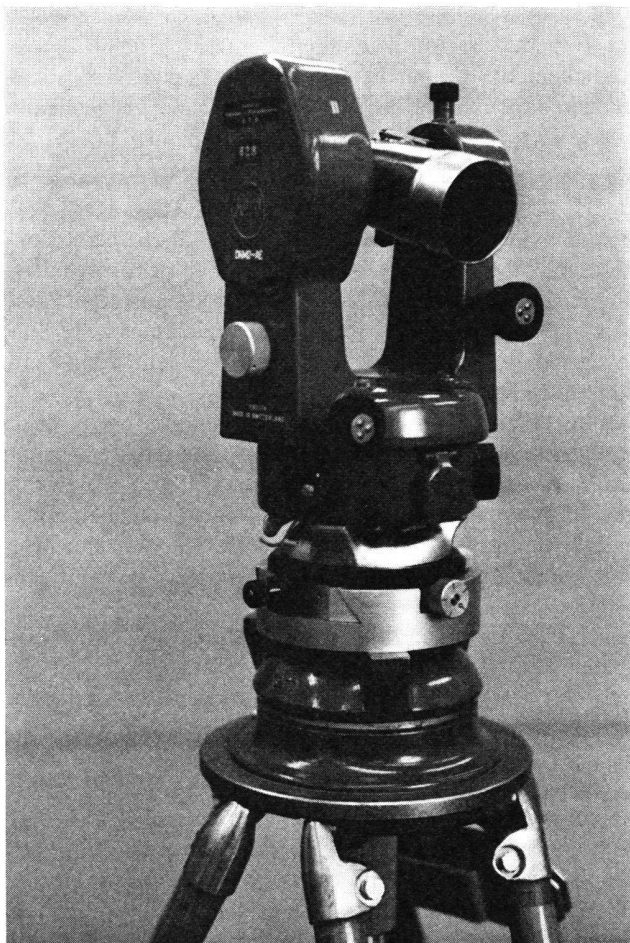


Abb. 2

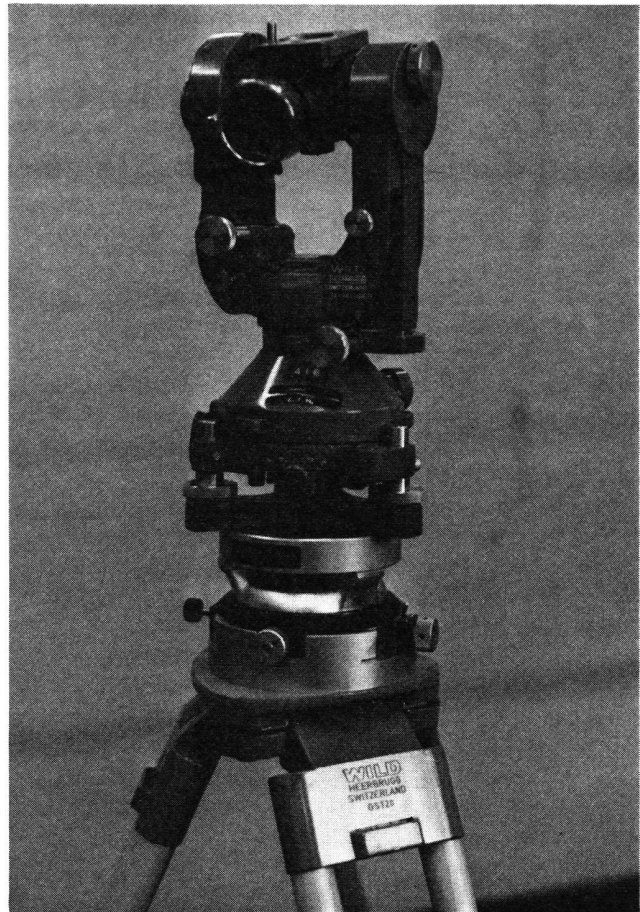


Abb. 3

Der abgebildete Prototyp wurde in der Werkstatt des Astronomischen Institutes der Universität Bern von Herrn S. Röthlisberger gebaut, dem ich an dieser Stelle für seine Arbeit und für manchen Hinweis bei der Konstruktion herzlich danken möchte. Mein Dank geht auch an Herrn W. Wattenhofer vom Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich für seine wertvollen Anregungen.

4. Anwendung des Zentrierschlittens

Der Zentrierschlitten gestattet eine sekundschnelle Zentrierung eines Vermessungsinstrumentes oder einer Zielmarke auf etwa 0,1 mm. Da die tatsächliche Weglänge nur einige Millimeter beträgt, muss das Instrument vorher grob zentriert werden, was aber mit einer üblichen Methode ohne weiteres gemacht werden kann. Die rasche und präzise Zentrierung stellt nun an die Stabilität der Stative keine so grossen Anforderungen mehr, da jederzeit Exzentrizitäten festgestellt und sofort behoben werden können. Man denke zum Beispiel an Bewegungen des Statives beim Austauschen eines Theodoliten durch das Mekometer usw. Instrumente, die weggeräumt werden müssen, können schnellstens wieder neu zentriert werden; das bedeutet: flexibleres Messprogramm, was vor allem bei Industrie- und Tunnelvermessungen vorteilhaft ist.

Weitere Anwendungsbeispiele sind:

- Präzise Absteckungen
- Auf- und Ablotungen

– Mit einer einfachen Skala an den Drehknöpfen ist es möglich, die beiden Schlitten um kleine, vorgegebene Beträge zu verschieben (Ausmessen kleiner Exzentrizitäten).

Adresse des Verfassers:

W. Gurtner, Dipl.-Ing.,
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie,
ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich

Trägheitsmesssystem für die Vermessung

Système de mensuration basé sur l'inertie

J. M. Rüeger

Résumé

Un nouveau système de mensuration basé sur l'inertie est décrit et les expériences faites au Canada sont discutées. Ce système (installé dans une voiture ou dans un hélicoptère) donne directement latitude, longitude, élévation, azimut sans calcul, et même les déviations de la verticale, la gravité et son anomalie. L'erreur moyenne avec laquelle les coordonnées et l'élévation sont obtenues dans des cheminements de quelques dizaines de kilomètres de longueur atteint quelques décimètres. Ce système facilitera considérablement et changera complètement la mensuration, car on obtient directement des coordonnées sans mesurer d'abord des angles et des distances. Mais pour les travaux en Suisse, on préférerait un système portable avec une précision d'un centimètre.

1. Einleitung

Trägheitsnavigationssysteme werden seit längerer Zeit in Luft- und Raumfahrt eingesetzt. Diese Systeme wurden nun in den USA so weiterentwickelt, dass sie auch in der Vermessung eingesetzt werden können. Trägheitsvermessungssysteme können leicht in Fahrzeuge (siehe Abb. 1) und in Helikopter eingebaut werden. Sie liefern (ellipsoidische) Längen und Breiten, Meereshöhen, Azimute, Lotabweichungskomponenten und allenfalls auch die Schwere und Schwereanomalie direkt im Feld. Der Einsatz erfolgt zweckmässigerweise in Form von eingezwängten Zügen bis 40 km Länge.

Ein erstes Vermessungssystem dieser Art wurde Anfang 1971 durch die amerikanische Armee bei Litton Systems Inc. in Auftrag gegeben. Das Gerät stand dann bereits



Abb. 1 In Fahrzeug eingebautes Trägheitsvermessungssystem «Auto-Surveyor». Von links nach rechts: Kassetten-Tonbandgerät, Anzeige- und Kontrolleinheit, Rechnereinheit, Speisegerät, Trägheitsmesseinheit.

Ende 1972 als Prototyp zur Verfügung. Das «Position and Azimuth Determining System (PADS)» soll als Hauptvermessungssystem der US-Artillerie des kommenden Jahrzehnts Verwendung finden. Die Spezifikationen lauteten auf einen mittleren Lagefehler von 30 m, einen mittleren Höhenfehler von 10 m und einen mittleren Azimutfehler von 0.3 Artilleriepromille (2°) in einer Zeitperiode bis zu sechs Stunden nach Beginn eines offenen Zuges. Nachdem diese Genauigkeiten erreicht werden konnten, erfolgte durch dieselbe Firma die Weiterentwicklung zum «Inertial Positioning System (IPS)» und dann zum kommerziellen «Auto-Surveyor», auch als «Inertial Surveying System (ISS)» bezeichnet. Eine kleine Anzahl von solchen Trägheitsvermessungssystemen ist heute im Einsatz und liefert Koordinaten und Höhen mit Genauigkeiten von wenigen Dezimetern in Zügen bis zu 40 km Länge und 2 Stunden Dauer.

Dem System ist eine grosse Zukunft vorauszusagen, erlaubt es doch, die Zeit für die Ausführung eines Vermessungsauftrages auf Bruchteile der gewohnten zu reduzieren. Das bestechendste Merkmal ist wohl die Ermittlung sämtlicher Vermessungsdaten eines Neupunktes in einem Arbeitsgang. Dazu kommen aber noch andere Vorteile wie die direkte Anzeige von Koordinaten (wodurch der Umweg über arbeitsintensive Winkel- und Distanzmessungen und Berechnungen wegfällt), Tag- und Nachteinsatz, Wetterunabhängigkeit sowie Personaleinsparung. Auf einige Einschränkungen sei später eingegangen. Vorerst sei das System etwas näher beschrieben.

2. Aufbau des Trägheitsvermessungssystems

Das System setzt sich aus fünf Hauptkomponenten zusammen (Abb. 1). Die *Trägheitsmesseinheit* (Inertial Measuring Unit) enthält zur Hauptsache eine genaue Trägheitsplattform, die durch zwei zueinander senkrecht stehende Kreisel stabilisiert wird und auf der drei Beschleunigungsmesser (je einer für Nord-, Ost- und Lotrichtung) sitzen. Die Empfindlichkeit des vertikalen Beschleunigungsmessers liegt bei etwa 1 Milligal, jene der horizontalen bei etwa 5–10 Milligal. Die *Rechnereinheit* hat eine sehr hohe Speicherkapazität. Sie kontrolliert einerseits die Messeinheit und wertet andererseits die anfallenden Daten aus. Der Computer kann die Daten von 30 Neupunkten speichern und auf Wunsch auch ausgleichen. Zudem enthält er ein für das Erreichen solcher hoher Genauigkeiten entscheidendes Kontroll- und Steuerprogramm, das auf einem statistischen, sogenannten «Kalman-Filter»-Prozess basiert. Der Filter ist ein Algorithmus, der auf der A-priori-Kenntnis der 40 wichtigsten auftretenden Systemfehler und deren mittleren Fehlern aufbaut. Während einer Messkampagne werden die effektiv auftretenden Fehler mit den A-priori-Werten verglichen, das A-priori-Modell auf den neuesten