

Bulletin

Kern & Co. AG
Werke für Präzisionsmechanik und Optik
5001 Aarau Schweiz

16



Inhalt

Neue Kompensatoren in Kern-Vermessungsinstrumenten Seite 3

Aufbau und Wirkungsweise der Kompensatoren im Sekundentheodolit DKM 2-A zur automatischen Höhenkollimation und im Baunivellier GK O-A zur Ziellinienstabilisierung werden in diesem Artikel erläutert.

Messung von dünnen Schichten mit Hilfe der Autokollimation Seite 8

Dieser Aufsatz beschreibt eine Anwendung der Autokollimation zur Messung von Verbrennungsrückständen auf Kolbenböden von Verbrennungsmotoren.

Neues in Kürze Seite 10

Notabene Seite 11

Treffpunkt Aarau Seite 12

Titelbild: Das neue automatische Baunivellier GK O-A im Einsatz auf dem Baugelände einer Sporthalle.

Nachdruck erwünscht
Auf Anfrage senden wir Ihnen gerne die notwendigen Druckunterlagen

Neue Kompensatoren in Kern-Vermessungs- instrumenten

Der DKM 2-A-Kompensator

Einer der wichtigsten Fortschritte im modernen geodätischen Instrumentenbau war die Einführung der automatischen Ziellinienhorizontierung. Es lag nahe, die dadurch beim Nivellement erreichten Vorteile auch auf die Vertikalwinkel-Messung mit dem Theodolit zu übertragen. Beim neuen Kern DKM 2-A wurde die Kollimationslibelle durch einen Kompensator ersetzt. Ähnlich wie beim automatischen Nivellier kompensiert er den Einfluss der restlichen Stehachsneigung in der Richtung der Zielebene.

Ein Kompensator vereinfacht und beschleunigt die Vertikalwinkelmessung, weil das zeitraubende Einspielen einer

Röhrenlibelle wegfällt und aus diesem Grunde auch nicht vergessen werden kann. Er liefert ausserdem die genaueren Resultate als die Kollimationslibelle, weil er jede kurzfristige Horizontierungs-Änderung (weiches Terrain, Vibrationen, Sonnenbestrahlung) augenblicklich ausgleicht und persönliche Einstellfehler der Kollimationslibelle vollkommen ausschaltet.

Der DKM 2-A ist ein Sekundentheodolit; er verlangt deshalb einen Kompensator, der auch unter ungünstigsten Bedingungen mit Sekundengenauigkeit einspielt. Nach verschiedenen Versuchen entschied man sich für einen Flüssigkeitskompensator. Flüssigkeiten sind für den Kompensator ideale Arbeitsmedien; ihre freie Oberfläche stellt definitionsgemäss ein genau horizontales Flächenstück dar. Die Wahl der Flüssigkeit gab unseren Spezialisten einige Probleme auf. Die folgenden Anforderungen waren dabei zu erfüllen:

- Der Brechnungsindex der Flüssigkeit muss annähernd dem des Glases entsprechen, damit keine zusätzliche Brechung auftritt und eine Totalreflexion möglich ist.
- Die Viskosität muss so gewählt werden, dass einerseits der Flüssigkeitsspiegel gegenüber den durch Wind, Bodenvibrationen usw. erzeugten Schwingungen möglichst unempfindlich ist, dass aber andererseits nach einer Bewegung des Instruments der Flüssigkeitsspiegel nach wenigen Sekunden wieder einspielt.

- Das genaue Einspielen im Temperaturbereich von -40° bis $+60^{\circ}\text{C}$ muss gewährleistet sein.
- Um die Lichtverluste möglichst niedrig zu halten, muss die Flüssigkeit klar und farblos sein.

In langen Testreihen mit über 130 verschiedenen Flüssigkeiten wurde ein Spezialöl gefunden, das die geforderten Bedingungen auf optimale Weise erfüllt.

Der Strahlengang

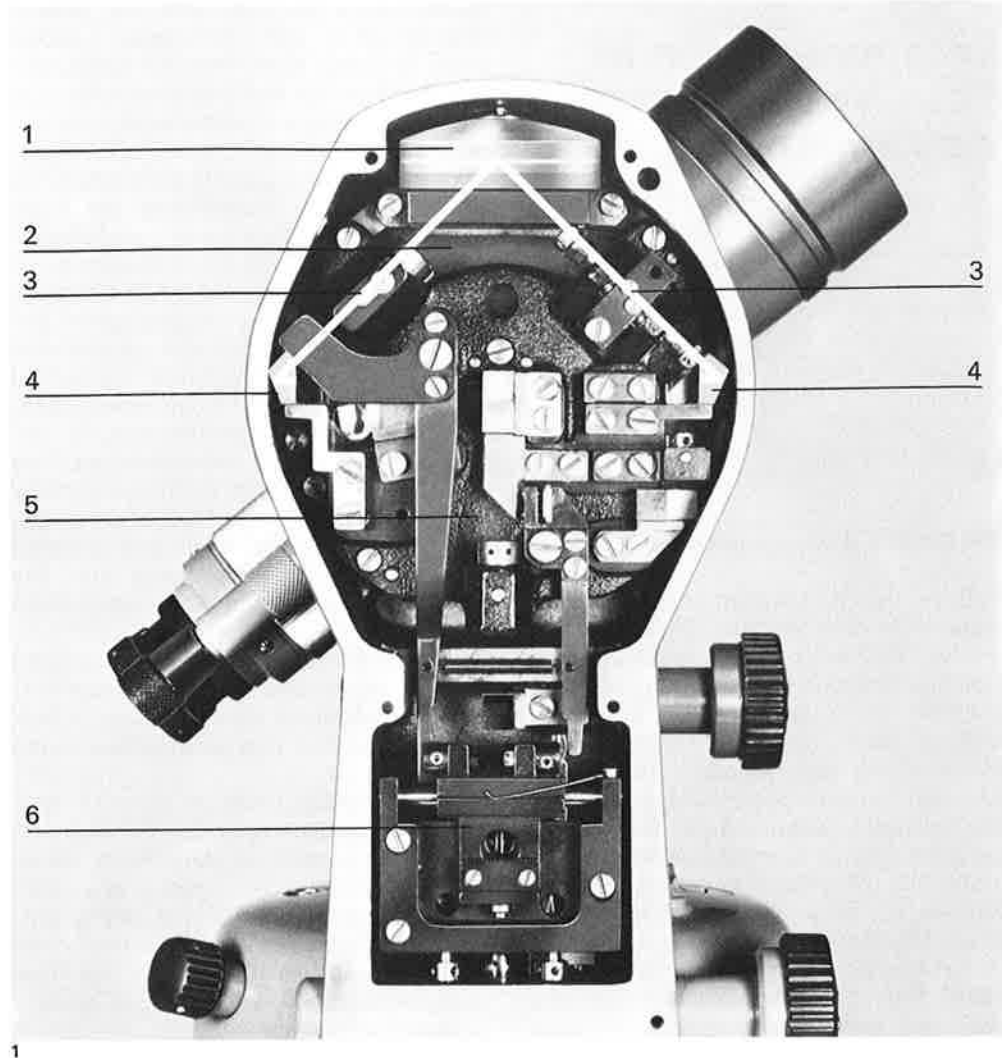
Die Flüssigkeit befindet sich in einem hermetisch geschlossenen Glasbehälter, der im oberen Teil einer Fernrohrstütze montiert ist (Abb. 1). Am Behälterboden ist ein Prisma befestigt, das annähernd den gleichen Brechnungsindex aufweist wie die Flüssigkeit. Das Licht, von der ersten (linken) Kreisstelle herkommend (Abb. 2), trifft rechtwinklig auf die Prismenfläche, durchsetzt gradlinig Glas und Flüssigkeit und gelangt schliesslich auf die Flüssigkeitsoberfläche. Das Verhältnis der Brechnungsindizes von Flüssigkeit und Luft verhält sich so, dass das Licht nicht austreten kann, sondern am Flüssigkeitsspiegel vollständig reflektiert wird. Über ein Objektiv und ein Umlenkprisma gelangt das Licht auf die zweite Kreisstelle (rechts). Im Kreisableseokular erscheinen die beiden Kreisstellen, die Einzelstriche der äusseren Teilung (links) und die Doppelstriche der inneren Teilung (rechts), zusammen abgebildet.

Die Kompensation

Im Falle der idealen Aufstellung (Abb. 2), wenn die Stehachse des Theodolits genau lotrecht steht, bildet der Ablesestrahlengang des Vertikalkreises ein rechtwinklig-gleichschenkliges Dreieck. Der Winkel der Totalreflexion an der Flüssigkeitsoberfläche beträgt genau 100° und die Kreisablesestellen liegen einander diametral gegenüber im Horizont.

In der Abbildung 3 weicht die Stehachse infolge eines Aufstellfehlers um den Winkel α vom Lot ab. Einzig die Flüssigkeitsoberfläche behält die horizontale Lage und verursacht dadurch die Änderung des Reflexionswinkels um den doppelten Betrag der Neigung ($100^\circ \pm 2\alpha$). Eine zusätzliche Brechung tritt auf, weil der Strahlengang das Prisma nun nicht mehr rechtwinklig verlässt. Dieser Einfluss kann aber mit der Brennweite der Ablesoptik und dem Durchmesser der Kreisteilung korrigiert werden. Im Kreisablesokular erscheinen nun nicht mehr zwei diametrale, sondern zwei zur Lotlinie symmetrisch gelegene Ablesestellen.

Abb. 1
Kompensatorstütze des DKM 2-A
1 Flüssigkeitsbehälter
2 Vertikalkreis
3 Objektiv
4 Umlenkprisma
5 Optikträger
6 Mikrometertrieb



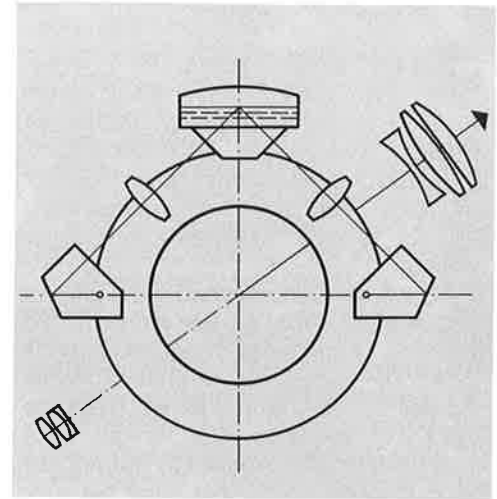
Durch die optische Anordnung bewegen sich bei einer Kippung des Fernrohres die diametralen Ablesestellen gegenläufig. In der Abbildung 2 wurde die Zielachse des Fernrohres bei der streng lotrechten Stellung der Stehachse auf ein bestimmtes Ziel gerichtet und der richtige Höhenwinkel abgelesen. Hat sich die Stehachse wie in Abbildung 3 um den Winkel α verändert, so ändert sich auch die Stellung des Fernrohres. Zur Einstellung des gleichen Ziels muss deshalb das Fernrohr um den gleichen Winkel α nachgestellt werden. Da der Kreis mit dem Fernrohr fest verbunden ist, dreht sich dabei die Hauptteilung um den Winkel α und die Nebenteilung um den gleichen Betrag, jedoch gegenläufig. Somit ist diese Ablesung trotz schiefer Stehachse identisch mit der Ablesung, dargestellt in Abbildung 2. Vergrössert man den Betrag der Stehachsneigung, wird ein Punkt erreicht, in dem das Licht an der Flüssigkeitsoberfläche so stark gebrochen wird, dass es nicht mehr zum Prisma austreten kann; der Strahlengang ist unterbrochen. Als eine Art Schutzvorrichtung ist bei sehr schlecht horizontiertem Instrument eine Vertikalwinkelmessung nicht mehr möglich. Der Einspielbereich des Kompensators beträgt $\pm 2^\circ$.

Der Kompensator und alle übrigen optischen Ableseelemente sind auf einer Stahlplatte in unmittelbarer Kreishöhe angeordnet. Da das eigentliche Kompensationsglied (die Flüssigkeitsoberfläche) keine bewegliche mechanische Teile ent-

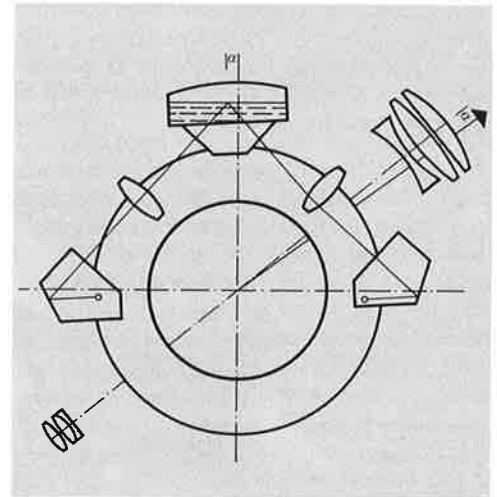
hält, ist auch keine Reibung möglich, so dass ein wartungs- und verschleissfreies Funktionieren garantiert werden kann. Durch seine Art und seinen Aufbau ist der DKM 2-A Kompensator sehr robust und weitgehend unempfindlich gegen Schläge und Erschütterungen.

Zahlreiche Testergebnisse und Erfahrungsberichte aus der Praxis bestätigen durchwegs die Problemlosigkeit und die sehr hohe Einspielgenauigkeit des Kompensators.

Eine ausführliche Instrumentenbeschreibung finden Sie im neuen Prospekt Nr. 141, den wir Ihnen auf Anfrage gerne zusenden.



2



3

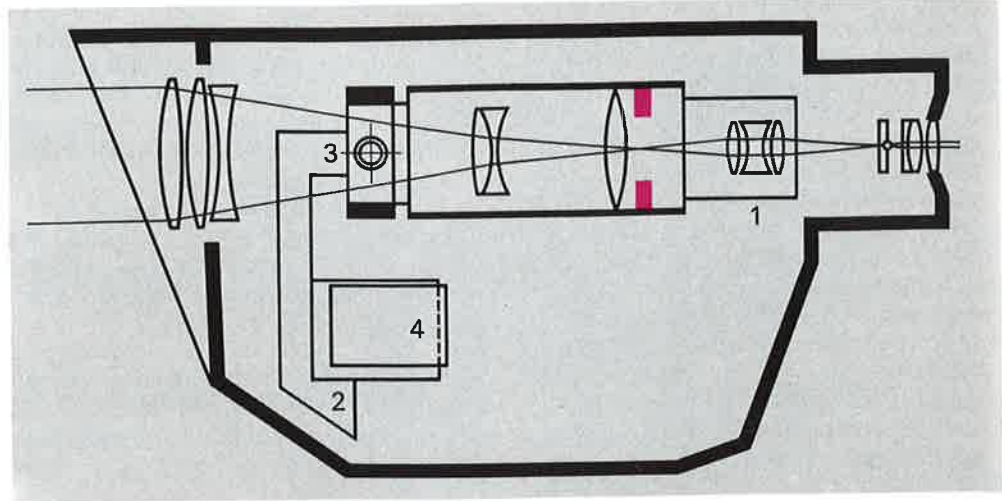
Abb. 2
Ablesestrahlangang bei senkrechter Stehachse

Abb. 3
Ablesestrahlangang bei geneigter Stehachse

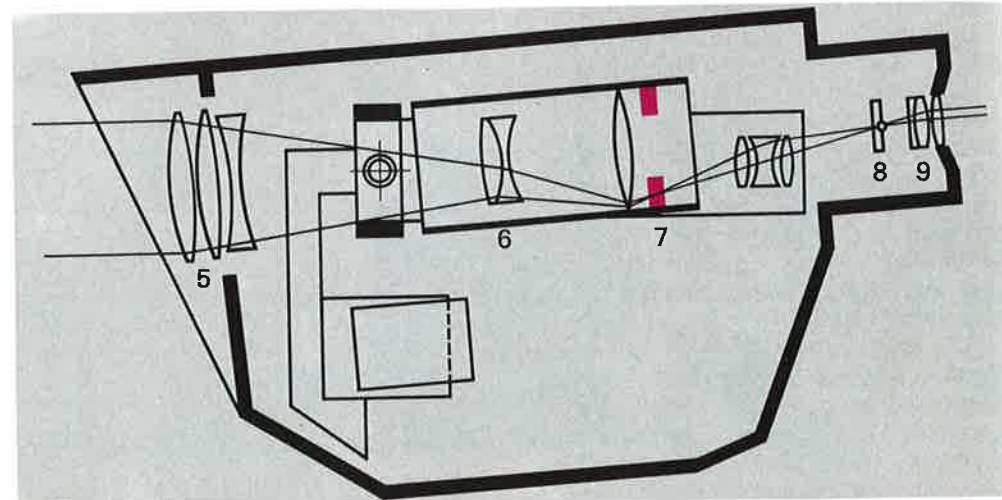
Der GKO-A-Kompensator

Eine im Vergleich zum DKM 2-A ganz andere Lösung der Ziellinienstabilisierung wurde im neuen Baunivellier GKO-A verwirklicht. Von diesem hauptsächlich im Bauwesen verwendeten Instrument wird statt einer sehr hohen Einspielgenauigkeit ein grosser Kompensationsbereich verlangt.

Als Kompensationsglied dient ein Linsensystem (1, Abb. 4), das sich am okularseitigen Ende eines Waagebalkens befindet. Der kurze, objektivseitige Hebelarm des Balkens ist mit einem Gegengewicht (2) versehen. Der Balken ist an einer horizontalen Achse (3) aufgehängt. Ein Präzisions-Kugellager sorgt für einen reibungsarmen und gleichmässigen Ablauf der Bewegungen. Eine Wirbelstrombremse dämpft die Pendelschwingungen, weil die Bewegungen des Gegengewichts im Kraftfeld eines starken Magneten (4) abgebremst werden.



4



5

Abb. 4

Strahlengang im horizontalen Instrument

1 Kompensationsglied

3 Pendelachse

2 Gegengewicht

4 Dämpfungsmagnet

Abb. 5

Strahlengang im geneigten Instrument

5 Objektiv

8 Strichplatte

6 Fokussierlinse

9 Okular

7 Erste Bildebene mit

Warnblende

Bei genau horizontiertem Instrument (Abb.4) sind die optischen Achsen von Kompensator und Instrument identisch. Das optische System von Instrument und Kompensator erzeugt 2 reelle Bilder, von denen eines vor dem Kompensationsglied, das andere in der Strichplattenebene liegt. Infolge der doppelten Bildumkehr entsteht ein seitenrichtiges, aufrechtes Bild. Da jene optischen Teile, die das erste reelle Bild erzeugen, sich vor dem Kompensator befinden, gelang es, den analaktischen Punkt nahezu in den Schnittpunkt von optischer Achse und Instrumenten-Stehachse zu legen. Damit ist auch bei kurzen Zielweiten und schlecht horizontiertem Gerät eine praktisch unveränderliche Zielhöhe gewährleistet.



Die Kompensation

Bei geneigtem Gerät pendelt sich der Kompensator stets so ein, dass die optische Achse des Kompensationsgliedes horizontal liegt (Abb. 5). Das im Unendlichen liegende Ziel wird durch das Objektiv (5) und die Fokussierlinse (6) in der ersten Bildebene (7) abgebildet. Die nachfolgende Kompensation lenkt die Strahlen so ab, dass der Zielpunkt, wie bei horizontiertem Instrument, wieder in der Mitte der Strichplattenebene (8) und damit im Zentrum des Fadenkreuzes abgebildet wird.

Wie bei allen automatischen Nivellieren genügt es auch beim GKO-A, das Instrument mit Hilfe der Dosenlibelle grob zu horizontieren. Die Feinhorizontierung übernimmt der Kompensator, und zwar über den relativ grossen Arbeitsbereich von $\pm 30'$ Abweichung von der Horizontalen.

Laboruntersuchungen und Testmessungen im Felde ergaben eine mittlere Einspielgenauigkeit des Kompensators von $\pm 3''$. Bei mittleren Zielweiten von 50 m resultiert aus dieser Einspielgenauigkeit ein mittlerer Kilometerfehler für das Doppelnivellement von ± 5 mm, was die Genauigkeitsanforderungen, die an ein Baunivellier gestellt werden, allgemein erfüllt.

Abb. 6
Warnblende im Fernrohrgesichtsfeld des GKO-A bei ungenügend horizontiertem Instrument

Die Warnblende

Diese neuartige Einrichtung gestattet dem Beobachter, die Funktionstüchtigkeit des Kompensators und die Lage des Pendels innerhalb des Kompensationsbereiches festzustellen. Die Warnblende besteht aus einem zur optischen Achse symmetrisch angeordneten roten Kunststoff-Ring (7, Abb. 5). Bei ausreichend vorhorizontiertem Instrument ist er nicht sichtbar.

Erfolgte die Grobhorizontierung nicht sorgfältig genug, oder wurde die Instrumentenaufstellung versehentlich verändert, erscheint im Fernrohrbild ein Teil dieses Rings als rote Warnblende (Abb. 6). Das bedeutet, dass das Instrument mit Hilfe der Dosenlibelle nachzuhorizontieren ist, worauf die Warnblende wieder aus dem Fernrohrgesichtsfeld verschwindet. Der Pendelbereich des Kompensators ist grösser als der durch die Warnblende begrenzte Arbeitsbereich. Damit wird verhindert, dass das Pendel die Anschläge, die seinen Schwingungsbereich begrenzen, berührt. Die Funktionssicherheit des Kompensators wird dadurch erhöht.

Kompensator, Warnblende und aufrechtes Fernrohrbild machen das GKO-A zu einem äusserst sicheren und einfach zu bedienenden Instrument, mit dem auch der ungeübte Beobachter auf dem Bauplatz einwandfreie Resultate erzielen kann.

Messung von dünnen Schichten mit Hilfe der Autokollimation

Seit einigen Jahren sind Zusätze zum Kraftstoff entwickelt worden, welche diese Ablagerungen verhindern oder doch stark reduzieren. Um die Wirksamkeit solcher Additive festzustellen, suchte man nach einer Methode, die Schichtdicken von Ablagerungen in Abhängigkeit von Laufzeit und Betriebsbedingungen auf möglichst einfache Art zu messen.

In Zusammenarbeit mit der Firma Kern & Co. AG, Aarau, wurde an der Höheren Technischen Lehranstalt in Brugg-Windisch ein Messverfahren entwickelt und erprobt, das mit Hilfe des Gaussschen Autokollimationsprinzips die Ausmessung der sehr dünnen Ablagerungen auf dem Kolbenboden auf einfache Weise gestattet.

Autokollimation ist ein optisches Verfahren, bei dem das projizierte Bild einer Messmarke über eine ausgerichtete Reflexionsfläche auf sich selbst abgebildet wird. Bei geneigtem Spiegel kann der doppelte Betrag der Neigung direkt am Vertikalkreis des verwendeten Theodolits abgelesen werden (Abb.1).

Die Messungen werden auf dem Kolbenboden eines 1-Zylinder-Prüfdieselmotors mit einem Kern-Sekundentheodolit DKM-2 mit Autokollimationsokular durchgeführt. Die Ablagerungen müssen vor den Messungen mit einer Dekarbonisierbürste teilweise entfernt werden. Als Reflexionsfläche dient ein Planspiegel, welcher rechtwinklig auf eine Grundplatte gekittet ist. Diese Grundplatte steht

Bei allen herkömmlichen Verbrennungsmotoren besteht die Gefahr der unvollständigen Verbrennung des Kraftstoffes und damit der Bildung unverbrannter Rückstände, die sich an den Wandungen des Brennraumes, an den Ventilen und auf dem Kolbenboden ablagern.

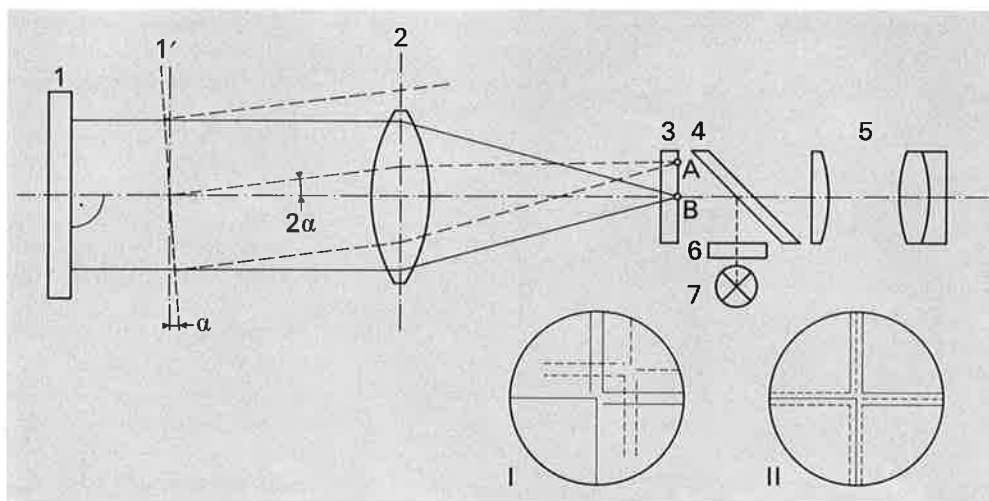


Abb. 1
Prinzip der Gaussschen Autokollimation

- 1 Planspiegel
 - 1' um α geneigter Planspiegel
 - 2 Fernrohrobjektiv
 - 3 Strichplatte mit ursprünglichem Strichkreuz B und seinem reflektierten Bild A
 - 4 teilverspiegelte Planplatte
 - 5 Fernrohrokular
 - 6 Farbfilter
 - 7 Lichtquelle
- I ursprüngliches und reflektiertes Strichkreuz nicht in Koinkidenz
II ursprüngliches und reflektiertes Strichkreuz in Koinkidenz

mit drei Stahlkugeln auf dem Kolbenboden (Abb.2).

Der Spiegel ist zuerst mit allen drei Kugeln auf die gereinigte Fläche des Kolbenbodens aufzusetzen. Anschliessend muss, nachdem im Theodolitfernrohr die beiden Kreuze (A und B, Abb.1) zur Deckung gebracht wurden, zur Nullmessung der Winkel am Vertikalkreis des Theodolits abgelesen werden. Der Spiegel ist dann so zu verschieben, dass eine Kugel auf die ungereinigte Kolbenfläche zu stehen kommt. Dabei wird die Spiegelfläche um einen der Schichtdicke entsprechenden Winkel α gekippt; die beiden Strichkreuzbilder befinden sich nicht mehr in Koinkidenz. Durch Neigen der Fernrohrachse kann aber das ursprüng-

liche Strichkreuz (B) und sein reflektiertes Bild (A) erneut zur Deckung gebracht werden, woraus sich ein neuer Vertikalwinkel ergibt. Aus der Differenz der beiden gemessenen Winkel ($= 2\alpha$) und dem bekannten Abstand a der Auflagepunkte lässt sich aus der Beziehung

$$b = a \cdot \sin \alpha$$

die Dicke der abgelagerten Schicht bestimmen.

Bei der gewählten Anordnung entspricht eine Winkeldifferenz von $56,6^\circ$ der Schichtdicke von $1 \mu\text{m}$. Diese Messgenauigkeit reicht aus, schon mit Kurzzeitversuchen vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Die Schichtdicken liegen nach 20 Stunden Laufzeit je nach Kraftstoffzusatz in der Grössenordnung von 3 bis $10 \mu\text{m}$.

Mit dem geschilderten Messverfahren lässt sich die Wirksamkeit der Additive durch den Vergleich verschiedener Messungen gut nachweisen.

Auszug aus dem Originalartikel: Kolbenablagerungen messen, von Prof. Dipl.-Ing. H. Faulstich, erschienen in der «Technischen Rundschau» Nr. 2/1971

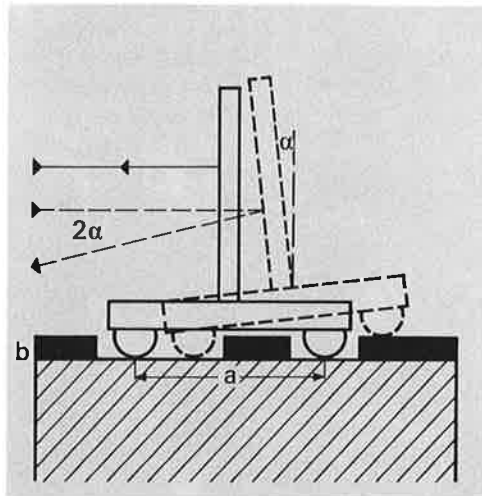
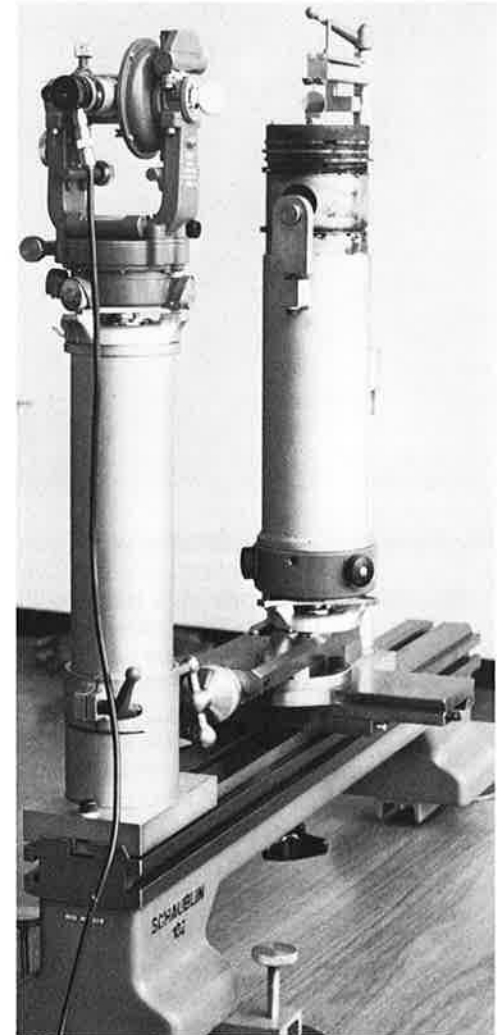


Abb. 2
Aufsetzen des Spiegels auf dem Kolbenboden

Abb. 3
Ansicht des Messstandes



Neues in Kürze

Mit dem Seminar an der ETH war eine Ausstellung verbunden, wo Schweizer Industriefirmen ihre photogrammetrischen und verwandten Geräte zeigten. Die photogrammetrischen und geodätischen Kern-Instrumente, vor allem das neue Stereo-Auswertegerät PG 3 für grossmassstäbliche Kartierung, fanden bei den Ausstellungsbesuchern grosse Beachtung.

Als Abschluss des Seminars führte eine einwöchige Exkursion die Teilnehmer und die Dozenten durch unser Land, wobei sie während zwei Tagen als unsere Gäste in Aarau weilten (unser Bild).

Trainingszentrum für Photogrammetrie in Nigeria geplant

Vom 16.–19. November 1970 fand in Lagos eine Konferenz des Economic Council of Africa statt, bei der über die Errichtung eines Trainingszentrums in Westafrika verhandelt wurde. Neben Vertretern aus afrikanischen Staaten waren Beobachter aus Europa und Kanada als Delegierte anwesend.

Als Sitz des Trainingszentrums ist die 1962 gegründete Universität bei Ife vorgesehen. Diese grosszügig angelegte Hochschule befindet sich im Ausbau und soll bis 1975 5000 Studenten aufnehmen können.

Photogrammetrisches Seminar in Zürich

Im März 1971 führte das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich unter Mitwirkung der UNO ein Seminar über photogrammetrische Techniken durch. Gegen 30 Direktoren und leitende Ingenieure von Vermessungsämtern aus Entwicklungsländern in Lateinamerika, Afrika und Asien nahmen daran teil.

Namhafte Dozenten von in- und ausländischen Hochschulen und aus der Industrie gaben den Seminarteilnehmern einen umfassenden Überblick über die Bedeutung der photogrammetrischen Kartierung in Entwicklungsländern und über neue Methoden und Geräte.



Unsere Vertretung Atlas Nigeria Ltd. organisierte ein wohlgelungenes Treffen für die Delegierten der Konferenz. Neben einigen Geräten konnte auch der Kern-Film vorgeführt werden.

Unser Bild zeigt von links nach rechts: Mr. Coker, Director of Federal Surveys Nigeria, Mr. T. Dundas und Miss M. Beden, Liberia, Mr. N. Petrow, UdSSR, und Herrn K. Münch, Kern & Co. AG, Aarau.

Demonstrationsreise in Spanien

Im März 1971 befand sich unser Demonstrationswagen auf einer Reise über 3000 km quer durch Mittel- und Nordspanien. Organisiert wurde sie von unserer Vertretung German Weber S.A., Madrid. Die Reiseziele waren vorwiegend Technische Schulen und Institute, wo Ausstellungen aufgebaut und die eingeladenen Fachleute, Dozenten und Studenten, empfangen wurden. Bei diesen Gelegenheiten wurde auch der Kern-Film gezeigt.

Äusserst positiv ist diese Art der Information bei unseren Kunden angekommen, hatten sie doch die Möglichkeit, die neuesten Geräte zu sehen und zu testen und in der Diskussion mit einem ausgewiesenen Kern-Fachmann viel Neues zu erfahren. Dass sich auch für unseren Vertreter die Reise gelohnt hat, ist daran zu erkennen, dass noch in diesem Jahr eine zweite, ähnliche Demonstrationsreise in Spanien vorgesehen ist.

Internationale Auszeichnung für den Kern-Film

Bereits zweimal wurden unserem Film *Vermessung am Beispiel Strassenbau* internationale Auszeichnungen zugesprochen. Am V. Festival für technische Filme in Budapest erhielt der Film ein Ehrendiplom und an der Internationalen Triennale des Arbeits- und Industriefilms in Knokke, Belgien, wurde er mit dem Prädikat «Ausgezeichnet» prämiert. Diese Auszeichnungen freuen uns und bestätigen einmal mehr die Qualität des Films, für den wir schon viele anerkennende Kommentare entgegennehmen durften.



Notabene

Aus einem Testbericht über den neuen Sekundentheodolit Kern DKM 2-A:

Seine automatische Höhenkollimation arbeitet genau, zuverlässig und sehr schnell. Dadurch war es möglich, die Höhenablesung gleichzeitig mit der Satz-messung durchzuführen, d.h. mit nur einer Einstellung. Der Indexfehler war praktisch konstant und Null (ca. 2^{cc}). Erschütterungen haben keinen Einfluss auf die Raschheit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Höhenablesung. Hervorzuheben ist der wirklich unfehlbare Schutz gegen eine allfällig vergessene Grobhorizontierung, da in diesem Fall das Bild des Vertikal-Teilkreises überhaupt nicht sichtbar ist.

Weissmann Vermessungen AG, Zürich

Treffpunkt Aarau

Das ist der Titel eines weiteren neuen Kern-Films, der kürzlich fertiggestellt worden ist. Der 16-mm-Farbfilm mit einer Vorführungsdauer von etwa 12 Minuten hat die Aufgabe, unsere Firma, ihre Tätigkeit und ihre Produkte vorzustellen. Unserem Produzenten, der Condor-Film AG, Zürich, ist es ausgezeichnet gelungen, die etwas trockene Materie auf originelle, unterhaltende Art zu präsentieren. Wir glauben, dass «Treffpunkt Aarau» dem Beschauer einen guten Einblick in unsere Firma verschafft und ihm gleichzeitig einige vergnügliche Minuten bereitet.

Der Film ist vorerst in deutscher Sprache erhältlich. Fremdsprachige Versionen werden im Laufe dieses Jahres ebenfalls zur Verfügung stehen.

