



*Titelbild: Ölbohrinsel der finnischen Firma Rauma-Repola. Herstellung und Zusammenbau solcher industrieller Grossanlagen erfordern in verschiedenen Bauphasen vielseitige und anspruchsvolle Kontroll- und Montagmessungen, für die geodätische Messverfahren und Instrumente eingesetzt werden (zum Aufsatz von K. Kirvesniemi, Helsinki, auf Seite 3).*

- 3 Der Vermessungsingenieur im Maschinenbau
- 6 Trigonometrisches Nivellement mit Theodolit und elektro-optischem Distanzmessgerät
- 9 Kern DM 501, neues aufsteckbares elektro-optisches Distanzmessgerät
- 11 Zum hundertsten Geburtstag von Dr. h. c. Heinrich Wild (1877–1951)
- 12 Vereinfachte Absteckung im Hochbau
- 12 XV. Internationaler Kongress der Vermessungsingenieure
- 14 Neues in Kürze
- 16 Kern PG 3-AT Stereo-Auswertesystem



Kern & Co. AG  
Werke für Präzisionsmechanik,  
Optik und Elektronik  
CH-5001 Aarau, Schweiz

## Der Vermessungsingenieur im Maschinenbau

K. Kirvesniemi

### Einleitung

Der harte Konkurrenzkampf und die ständigen Bestrebungen zur Rationalisierung erfordern leistungsfähige Produktionseinheiten und noch grössere und noch schnellere Maschinen. Dies bedingt höhere Genauigkeiten und darum engere Toleranzen bei der Herstellung von Einzelteilen und bei der Montage.

Aus diesen Gründen nehmen die Messprobleme im Maschinenbau ständig zu. Die Herstellung und der Zusammenbau einer grossen Papiermaschine, eines Schiffes, eines Krans oder einer Stahlkonstruktion kann mit einer sehr vielseitigen und anspruchsvollen vermessungstechnischen Aufgabe verbunden sein. Ihre Lösung übersteigt oft die Möglichkeiten der klassischen Messinstrumente und Messverfahren der Maschineningenieure. Hier kann die Kenntnis der geodätischen Messverfahren und Instrumente eine oft entscheidende Hilfe bieten.

Die vermessungstechnischen Konsultationen auf dem Gebiet des Maschinenbaus eröffnen dem Vermessungsingenieur ein ganz neues Arbeitsfeld, das grosse Zukunft hat.

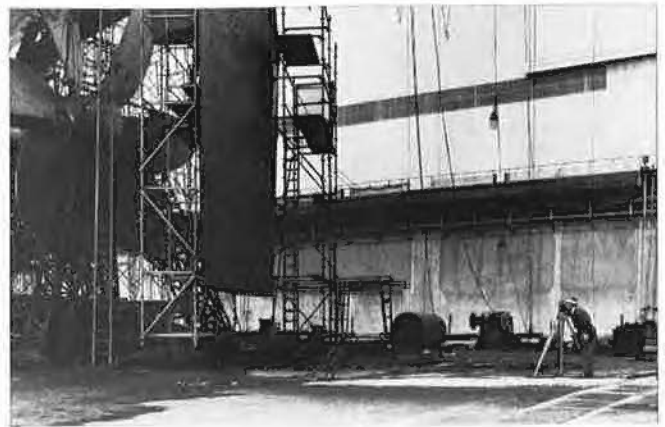
### Genauigkeitsüberlegungen

Voraussetzungen für eine fruchtbare Zusammenarbeit zwischen den Ingenieuren der Vermessung und des Maschinenbaus sind eine gemeinsame Sprache und ein gegenseitiges Verständnis.

Die Aufgabe einer Vermessung im Maschinenbau besteht meist darin, zu bestimmen, ob das Messobjekt im Toleranzbereich liegt. Grundsätzlich ist jeder Bauteil, der innerhalb des Toleranzbereiches liegt, anzunehmen, während jene Teile, die sich ausserhalb des Toleranzbereiches befinden, abzulehnen sind. Kontrollmessungen werden im Zusammenhang mit der Herstellung und der Montage von Bauteilen durchgeführt.

Es gibt kein Verfahren, mit dem absolute Werte messbar sind. Der Vermessungsingenieur ermittelt den Zahlenwert des Messresultates und berechnet nach fehler-

1 *Das Ausrichten der Elemente moderner Supertanker mit Längen von 350 m und mehr ist mit konventionellen Methoden unmöglich. Um die geforderten Genauigkeiten von  $\pm 10$  mm zu erreichen, werden heute mit Erfolg optische Systeme eingesetzt. Mit einem Sekundentheodolit Kern DKM2-A wird hier die richtige Position der Schraube und des Ruders kontrolliert.*



theoretischen Regeln den zugehörigen Unsicherheitsbereich. Dabei kann zwar der Zahlenwert des Messresultates innerhalb des Toleranzbereiches zu liegen kommen, das Istmass aber ausserhalb des Toleranzbereiches fallen. Der Vermessungsingenieur kennt jedoch die statistische Wahrscheinlichkeit, die aussagt, ob das ermittelte Messresultat in der Toleranz liegt. Diese Grundlage führt dann meist zum gegenseitigen Einverständnis.

Die Toleranz bezeichnet den Bereich, in dem das Istmass vom Nennmass der Zeichnung abweichen darf, ohne dass die Abweichung Einfluss auf die Funktion oder die Beständigkeit der Konstruktion haben muss. Sie ist ein Spielraum, der ursprünglich der Fabrikation zur Verfügung stand, weil eine absolute Massgenauigkeit vom Hersteller nicht verlangt werden kann. Da immer eine gewisse Unsicherheit mit der Kontrollmessung selbst verbunden ist, bleibt dem Hersteller in Wirklichkeit nicht der ganze Toleranzbereich, sondern nur der durch die Unsicherheit der Messung verminderte Teil der Toleranz. Vom Standpunkt des Herstellers aus wären Messverfahren und Instrumente einzusetzen, mit denen die Unsicherheit der Messung möglichst klein ist. Der Vermessungsingenieur dagegen weiss, dass je höher die Genauigkeiten angesetzt sind, desto aufwendiger die Messung ausfällt. Zusammen mit dem Maschineningenieur muss er versuchen, sich auf eine hinreichende Messgenauigkeit zu einigen. Bei den im Maschinenbau üblichen Vermessungen darf im allgemeinen die Unsicherheit der Messung etwa 20% der Toleranz betragen. Bei grossen Konstruktionen gibt es keine herkömmliche Praxis der erlaubten Messunsicherheit.

2 Dieser Kugellager-Tragring einer 15 Tonnen schweren Kabelwickelmaschine hat einen Durchmesser von 4 m. Mit dem Präzisionsnivellier Kern GK23 mit optischem Mikrometer wird der Ring mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,1$  mm einnivelliert.

3 Kontrolle einer Lehre für die Montage von Karosserieteilen mit einem Ingenieurtheodolit Kern K1-A. Im weltweiten Netz der Fabrikationsbetriebe können auf diese Weise die verschiedenen Modelle in genauer Übereinstimmung montiert werden, was für den anschließenden Einbau vorfabrizierter Elemente sehr wichtig ist. Ähnliche Lehren werden auch im Flugzeugbau verwendet.

4 Mit dieser 2500-Tonnen-Metalstrangpresse werden profilierte Stangen und Rohre hergestellt. Um die hohen Genauigkeitsanforderungen zu erfüllen, müssen Rezipient und Werkzeughalter in der Richtung des Stempelvorschubes eingerichtet sein. Diese Kontrolle erfolgt mit einem Sekundentheodolit Kern DKM2-A vom Auslauf her, damit die Presse im Arbeitszustand (Temperatur des Rezipienten 300 bis 700° C) ausgemessen werden kann.

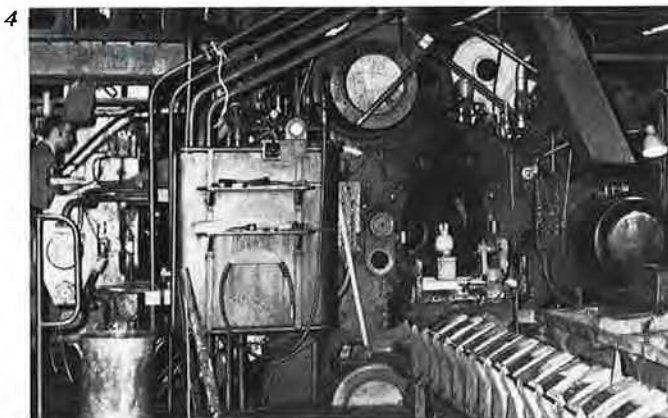
Gleichzeitig mit der geforderten Messgenauigkeit muss auch die statistische Sicherheit abgeklärt werden. In der Technik wird im allgemeinen eine statistische Zuverlässigkeit von 95% akzeptiert, was normalerweise keine übertriebene Forderung an das Messverfahren und die Messgenauigkeit stellt.

Da mit der Vermessung meistens die Einhaltung der Toleranzen kontrolliert wird, müssen auch die Toleranzen selbst kritisch beurteilt werden. Grosse Konstruktionen sind häufig Prototypen. Empirische Auskünfte über ihre Funktion sind in der Entwurfs- oder Herstellungsphase kaum erhältlich. Aus verständlichen Gründen wird sich der Konstrukteur durch so eng angesetzte Toleranzwerte absichern, dass sie in jedem Fall ausreichend sind. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Konstrukteur, Hersteller und Prüfer ist dann von grösster Wichtigkeit, um sich auf angemessene Forderungen zu einigen.

### Messpraxis

Vergleicht man die Industrievermessung mit dem üblichen Arbeitsfeld des Vermessungsingenieurs, treten Unterschiede auf, die die Auswahl der Messsysteme und der Instrumente direkt beeinflussen.

Der wichtigste begrenzendende Faktor ist in den meisten Fällen die zur Verfügung stehende Messzeit. Die Messung selbst bedeutet fast immer eine Störung in der Herstellung oder der Montage, während der vielfach der übrige Betrieb unterbrochen werden muss. Die Vermes-



sung ist nie die Hauptsache und nie Selbstzweck, sie ist ein unvermeidliches Übel, das zunächst nur Mehrkosten verursacht. Im allgemeinen reicht es nicht aus, die Messung selbst möglichst rasch durchzuführen, auch die Resultate müssen unmittelbar danach zur Verfügung stehen. Dies bedingt detaillierte Vorbereitungen. Es ist in der Praxis beinahe unentbehrlich geworden, ein kombiniertes Beobachtungs- und Rechenformular im voraus für jede Messaufgabe auszuarbeiten, mit dessen Hilfe die Mess- und Rechenarbeiten schnell und schematisch ablaufen. Mit einem solchen Formular lässt sich auch die erforderliche Messzeit leichter abschätzen. Die anfallenden Rechenarbeiten sind heute, dank der programmierbaren Taschenrechner, wesentlich vereinfacht und rasch durchgeführt.

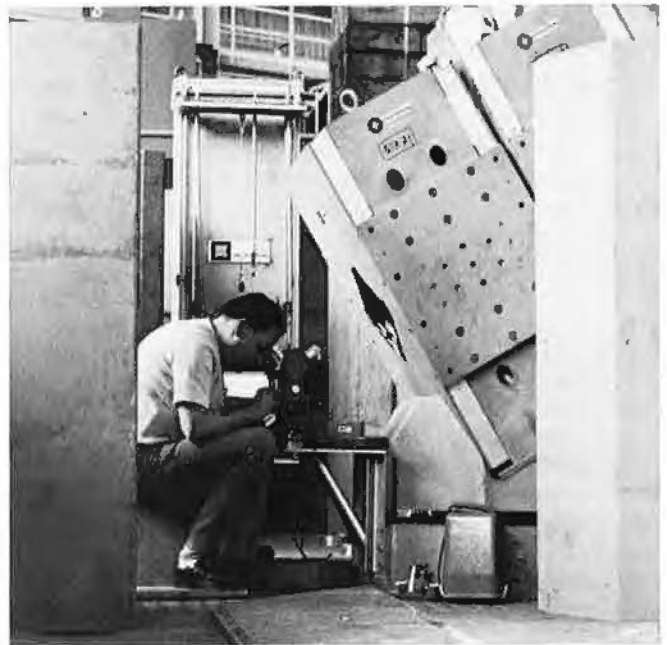
Die Messbedingungen in den Werkhallen sind anders als im Gelände. Erschütterungen, Staub, Rauch und Lärm sind Faktoren, die bei einer Messung zu berücksichtigen sind. Ausserdem muss das Messobjekt meistens künstlich beleuchtet werden, und der verfügbare Raum ist eng und unbequem. Die Temperaturschwankungen im Messbereich sind oft gross und verursachen ausser der Luftturbulenz, welche das Zielen erschwert, auch wahre Fehler infolge der Refraktion.

### Schulung

Die Messanordnung, die Festlegung der Genauigkeiten und die Auswahl der geeigneten Instrumente werden vom Vermessungsfachmann zusammen mit dem Konstrukteur und den Prüforganen abgesprochen. Die Messungen selbst erfordern keine umfangreiche Grundausbildung im Vermessungsfach, viel wichtiger sind fundierte Kenntnisse über den Aufbau und die Funktion der auszumessenden Maschine. So ist es die Regel, dass die Industrievermessung von Personen mit einer Grundausbildung im Maschinenbau durchgeführt wird. Ihre Schulung ist vielfach unzureichend bezüglich optischer Messinstrumente und deren Anwendung.

Mancherorts wurde mit einem umfangreichen vermessungstechnischen Kontaktstudium bereits gute Erfahrungen gemacht. Solche Lehrgänge können auf allen Stufen, als Seminare oder als Unterrichtsfach im Lehrplan durchgeführt werden. Die Schulungstätigkeit soll in Zusammenarbeit von Maschinen- und Vermessungsingenieuren geplant und organisiert werden. Die Ausbildungsschwerpunkte sind eine Übersicht über geodätische Messverfahren und die Handhabung der Ver-

5



5 Die geometrische Justierung komplizierter technischer Anlagen (zum Beispiel für Experimente auf dem Gebiet der Kernphysik) erfordern den Einsatz geodätischer Methoden. Aufgrund der besonderen Messbedingungen ist geeignetes Zubehör unerlässlich (Winkelmessungen mit dem Sekundentheodolit Kern DKM2-A mit Vorsatzlinsen für kurze Zielweiten und gebrochenen Okularen für steile Visuren).

messungsinstrumente. Der Maschinenbauer soll erfahren, welche Hilfe ihm der Vermessungsingenieur zur Lösung seiner Messprobleme bieten kann.

### Messinstrumente

Die bekannten Kern-Vermessungsinstrumente sind wohl für die Bedürfnisse der Landesvermessung konstruiert worden, wobei geringes Gewicht, optimale Brauchbarkeit im Gelände und robuster Aufbau einige der Hauptziele gewesen sind. Eine Vielzahl von Zubehör und Zusatzrichtungen gestatten aber ihre sinnvolle Verwendung im Maschinenbau. Nivelliere, Theodolite und optische Lote sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich, ihre Handhabung ist so einfach, dass auch der ungeübte Beobachter in kurzer Zeit schnell und genau damit messen kann.

## Trigonometrisches Nivellement mit Theodolit und elektro-optischem Distanzmessgerät

An der Abteilung Markscheidewesen und Bergschadenkunde, Institut für Bergbauwissenschaften der Technischen Universität Berlin, führte Prof. Dr. Ing. H. Kratzsch eine Untersuchung über das trigonometrische Nivellement unter Benutzung von Kraftfahrzeugen durch. Wegen der leichten Handhabung, des kompakten Aufbaus und der geforderten Genauigkeit, wurden dazu der Sekundentheodolit Kern DKM2-A mit dem Kern DM500 verwendet.

Wir wollen im folgenden einige Abschnitte aus dem Abschlussbericht zitieren, der an die Deutsche Forschungsgemeinschaft weitergeleitet wurde, die dieses Projekt finanziell unterstützte.

### Zweck der Untersuchung

Es sollte untersucht werden, ob das Motorisierte Trigonometrische Nivellement (MTN) das bisher übliche geometrische Nivellement ganz oder teilweise ersetzen kann. Dabei wurde an folgende Aufgaben gedacht:

1. umfangreiche und zeitaufwendige Höhenmessungen in den Netzen II. und III. Ordnung sowie in Bergbaugebieten ausserdem die Senkungsbeobachtungen,
2. Trassierungen,
3. Höhenmessungen in den Entwicklungsländern,
4. Bestimmung von Höhenpasspunkten (1 Höhenpasspunkt/km<sup>2</sup>) zur Blockausgleichung photogrammetrischer Aufnahmen in Bergbaugebieten.

Der Grundgedanke des MTN ist, mit Hilfe der elektro-optischen Entfernungsmessung und durch Einsatz von Kraftwagen sowie dank der hohen Genauigkeit der Zenitwinkelbestimmung, bei Benutzung von Sekundentheodoliten mit Höhenindexautomatik die Punkthöhen schnell und ausreichend zu bestimmen.

### Vergleich: trigonometrisches Nivellement – geometrisches Nivellement

Das geometrische Nivellement erlaubt aufgrund der kurzen Zielweiten von unter 50 m keinen grossen Messfortschritt. Besonders im hügeligen Gelände ist wegen

der waagrechten Visuren nach lotrechten Ziellatten auch durch eine Motorisierung keine wesentliche Wirtschaftlichkeitssteigerung zu erwarten.

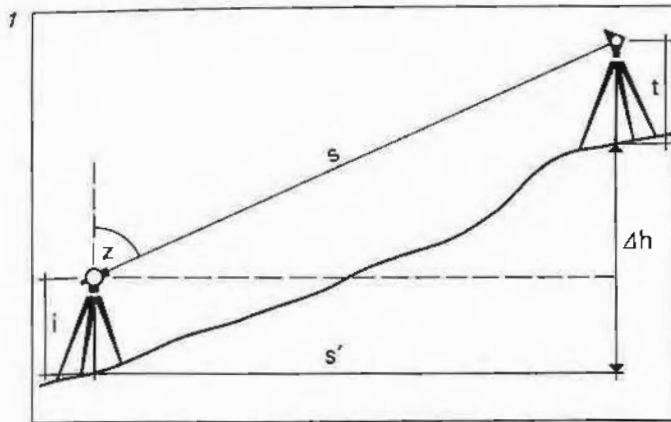
Bis vor einigen Jahren scheiterte jedoch die Durchführung von trigonometrischen Nivellements an der zwischen Stand- und Zielpunkt erforderlichen Längenmessung. Erst durch die Entwicklung genauer elektro-optischer Entfernungsmesser ist eine Genauigkeit beim trigonometrischen Nivellement von unter 1 Dezimeter/km zu erreichen.

Während die Zielentfernung beim geometrischen Nivellement durch die Ablesbarkeit der 1-cm-Felderteilung auf 50 bis 100 m begrenzt ist, können beim trigonometrischen Nivellement weit sichtbare Zielmarken verwendet werden. Setzt man eine gleiche Einspielgenauigkeit von Höhenkollimator und Nivellierkompensator voraus, so läuft ein Vergleich beider Höhenmessverfahren auf die Fragestellung hinaus: Kann der höhere Messaufwand der trigonometrischen Höhenbestimmung, der durch die zusätzliche Entfernungsmessung und durch die Koinzidenzeinstellung des Höhenkreismikrometers entsteht, durch die grössere Zielweite und einen entsprechend schnellen Messfortschritt wettgemacht werden?

Die bekanntgewordenen Untersuchungen über das trigonometrische Nivellement erbrachten schon relativ hohe Genauigkeiten, die jedoch über der von uns geforderten Punkthöhengenauigkeit von  $\pm 5$  mm lagen. Eine höhere Genauigkeit liess sich nicht erreichen, da nur eine cm-genaue Entfernungsbestimmung und eine Zenitwinkelmessung in nur einer Fernrohrlage möglich waren. Der aufgesetzte Entfernungsmesseteil verhinderte ein Durchschlagen des Fernrohrs. Die Genauigkeit lag hier bei einem mittleren Kilometerfehler von mehreren Zentimetern. Zudem wurde der Einsatz von Messwagen zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit beim trigonometrischen Nivellement ausser Betracht gelassen.

Der für die genannten Messaufgaben gewünschte Kilometerfehler von wenigen Millimetern lässt sich erreichen, wenn die Winkelmessung auf  $\pm 3''$  genau ist und die Entfernungsmessgenauigkeit bei  $\pm 10$  mm liegt, wobei die Winkelmessgenauigkeit bei flachen Zielungen die ausschlaggebende Komponente ist. Ein Instrumentarium, das diesen hohen Anforderungen gerecht zu werden scheint, bietet die Schweizer Firma Kern mit dem Sekundentheodolit DKM2-A und dem Distanzmesser DM500.

## 1 Prinzipskizze Trigonometrisches Nivellement



### Theoretische Genauigkeitsuntersuchung der trigonometrischen Höhenunterschiede

Bei der üblichen Formel zur Berechnung trigonometrisch bestimmter Höhenunterschiede

$$\Delta h = s \cdot \cos z + \frac{s^2}{2r} - \frac{k}{2r} \cdot s^2 + i - t$$

ist  $\Delta h$  eine Funktion der schrägen Entfernung  $s$ , des Zenitwinkels  $z$ , des Erdradius  $r$ , des Refraktionskoeffizienten  $k$ , der Instrumentenhöhe  $i$  und der Zielhöhe  $t$ . (In den Korrekturgliedern ist  $s' = s$  gesetzt worden, wegen  $z \sim 100^\circ/90^\circ$ ). Die Fehlereinflüsse erhält man nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz. Nach Untersuchungen von Bahnert (Vermessungstechnik 1971, S.441) sollte die kleine und das Vorzeichen oft wechselnde Refraktionskorrektur bei trigonometrischen Nivellements vernachlässigt werden ( $k = 0$ ). Die Bestimmung von  $i$  und  $t$  entfällt, wenn die Aufstellungshöhen stets gleich sind. Dazu wurden im Institut spezielle Stative angefertigt. Sie bestehen aus einem starren Standbein und drei ausziehbaren Streben. Das starre Standbein im Zentrum des Dreibeinstatives hat eine feste Länge, so dass die Instrumentenhöhe nicht mehr gemessen werden muss.

Der Höhenunterschied zwischen dem Anfangs- und Endpunkt eines Zuges ergibt sich aus der Addition der einzelnen Höhenunterschiede:

$$\Delta H = H_E - H_A = n \cdot \Delta h$$

Folglich ist  $m_{\Delta H} = \pm \sqrt{n} \cdot m_{\Delta h}$  ( $n = \text{Anzahl der } \Delta h$ ).

Bei durchschnittlichen Zielweiten zwischen 200 und 300 m und Visuren von  $110^\circ \geq z \geq 90^\circ$  im flachen Gelände

## 2 Kern DKM2-A mit aufgesetztem DM500 auf dem speziellen Dreibeinstativ mit konstanter Instrumentenhöhe

beträgt der mittlere Fehler eines Höhenunterschiedes unter der Annahme von  $m_s = \pm 10 \text{ mm}$  und  $m_z = \pm 3''$ :

$$m_{\Delta h} = \pm 2,0 \text{ bis } \pm 2,3 \text{ mm.}$$

Hieraus leitet sich ein mittlerer Fehler für 1 km trigonometrischen Nivellements ab von

$$\text{a) für } s = 200 \text{ m: } m_{\Delta H} = \pm \sqrt{5} \cdot 2,0 = \pm 4,5 \text{ mm}$$

$$\text{b) für } s = 300 \text{ m: } m_{\Delta H} = \pm \sqrt{3,3} \cdot 2,3 = \pm 4,2 \text{ mm}$$

Die geforderte Genauigkeit von  $m_{\Delta H} = < 5 \text{ mm/km}$  lässt sich also theoretisch erreichen.

### Durchführung der Feldmessung

Zum Transport der Instrumente DM500/DKM2-A sowie des Beobachters und Schreibers (gleichzeitig Fahrer) von Standpunkt zu Standpunkt auf der 6 km langen Strecke wurde ein VW-Kombiwagen benutzt. Das Instrument wurde neben dem Fahrzeug aufgebaut. Die zwei Messgehilfen transportierten die Zieleinrichtung (Reflektor und Stativ) in ihrem Personenwagen, ohne dabei den Reflektor vom Stativ abzunehmen.

Die Messung wurde auf drei verschiedene Arten im Hin- und Rückweg durchgeführt.



### Trigonometrisches Nivellement TN 2

Beim TN2 war jeder Punkt sowohl Standpunkt als auch Zielpunkt. (Messungen mit Gegenvisur). Ein eventuell auftretender Refraktionseinfluss sollte dadurch ausgeschaltet werden. Die Messung der Zenitwinkel erfolgte im Rück- und im Vorblick in 2 Sätzen (I. und II. Fernrohrlage), wobei in den jeweiligen Fernrohrlagen I die Entfernung dreimal abgelesen wurde.

### Trigonometrisches Nivellement TN 1

Dieses Nivellement entspricht in der Anlage dem TN 2, jedoch wurde die Zenitwinkelmessung nur in einem Satz durchgeführt, das heisst, dass auch jede Strecke nur dreimal abgelesen wurde.

### Trigonometrisches Nivellement in Sprungständen TNS

Dieses Nivellement entspricht im Ablauf am ehesten dem geometrischen Nivellement, bei dem nur jeder zweite Punkt (Wechselpunkt) als Ziel dient. Dabei wurden Winkel und Strecken wie im TN2 bestimmt.

### Genauigkeitsbetrachtung

Für die trigonometrischen Nivellements TN1, TN2 und TNS wurden die mittleren Fehler aus gleichgewichtigen Beobachtungsdifferenzen berechnet.

Niv.-Art.	$\Delta H-R$	$m_{\Delta h}$	$m_{\Delta H}$	$\Delta H$ total
TN 2	7 mm	$\pm 1,8$ mm	$\pm 4,2$ mm/km	118 m
TN 1	3 mm	$\pm 1,4$ mm	$\pm 3,7$ mm/km	8 m
TNS	5 mm	$\pm 1,6$ mm	$\pm 3,9$ mm/km	121 m

$\Delta H-R$  = maximale Differenz zwischen Hin- und Rückmessung,

$\Delta H$  total = Summe der einzelnen absoluten Höhenunterschiede für den einfachen Weg,

$$m_{\Delta h} = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{2n}}$$

mittlerer Fehler eines einzelnen Höhenunterschieds (ohne Mittelung von Hin- und Rückmessung),

$n$  = Anzahl der  $\Delta h$ ,

$$m_{\Delta H} = \pm m_{\Delta h(E)} / \sqrt{s}$$

mittlerer Fehler für 1 km trigonometrischen Nivellements (einfacher Weg),

$m_{\Delta h(E)}$  = mittlerer Fehler des Höhenunterschieds für den Endpunkt,

$s$  = Strecke in km.

### Zeitstudie und Wirtschaftlichkeit

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| a) TN 2 (2 Sätze)   | b) TN 1 (1 Satz)   |
| 8,6 km = 9,1 Std.   | 3,8 km = 2,7 Std.  |
| 1 km = 1,1 Std.     | 1 km = 43 min.     |
| 1 Punkt = 11,9 min. | 1 Punkt = 6,3 min. |

- c) TNS (2 Sätze)
- 12,4 km = 7,3 Std.
- 1 km = 35 min.
- 1 Punkt = 12,2 min.

Reduziert man beim trigonometrischen Nivellement in Sprungständen (TNS) die Anzahl Sätze auf einen, so erhöht sich der Wert für den mittleren Kilometerfehler  $m_{\Delta H}$  von  $\pm 3,9$  auf theoretisch  $\pm 5,5$  mm. Es wird also in den meisten Fällen genügen, das trigonometrische Nivellement bei kleinen Höhenwinkeln bis etwa  $\pm 10^\circ$  und Entfernungen zwischen 200 und 300 m in Sprungständen und mit einer Satzmessung durchzuführen.

Unter dieser Voraussetzung lassen sich folgende Leistungen ableiten:

- 1 Punkt in 6,3 min. (wie TN 1)
- 1 km in 16 min. (entsprechend TNS)
- 26 km in 7 Std. = 1 Tagesleistung

Die Kosten für den Messtrupp, bestehend aus 1 Beobachter, 1 Fahrer/Schreiber, 2 Messgehilfen, 1 VW-Bus, 2 PKW, betragen pro Tag rund 1000.- DM.

In der Schlussbetrachtung ist Prof. Kratzsch der Ansicht, dass die Untersuchungen gezeigt haben, dass das motorisierte trigonometrische Nivellement hinsichtlich der Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit den Erwartungen entsprach. Der Einsatz von Kraftwagen und die Benutzung von Strebenstativen habe einen sehr grossen Messfortschritt erbracht.

Eine erweiterte Fassung des Forschungsberichtes (unter Mitberücksichtigung der Refraktion) soll in den Mitteilungen aus dem Markscheidewesen veröffentlicht werden.

## Kern DM 501, neues aufsteckbares elektro-optisches Distanzmessgerät

Das neue elektro-optische Distanzmessgerät Kern DM 501 ist eine Weiterentwicklung des seit Frühjahr 1974 mit viel Erfolg verkauften DM 500. Die entscheidenden Vorteile des bekannten DM 500, die kompakte, handliche Form, das Messprinzip und die Genauigkeit wurden vom neuen DM 501 übernommen. Dank den Entwicklungen im elektronischen Bereich konnten aber einige Verbesserungen erreicht werden, die zur noch einfacheren Handhabung und zur noch vielseitigeren Anwendung des Gerätes beitragen.

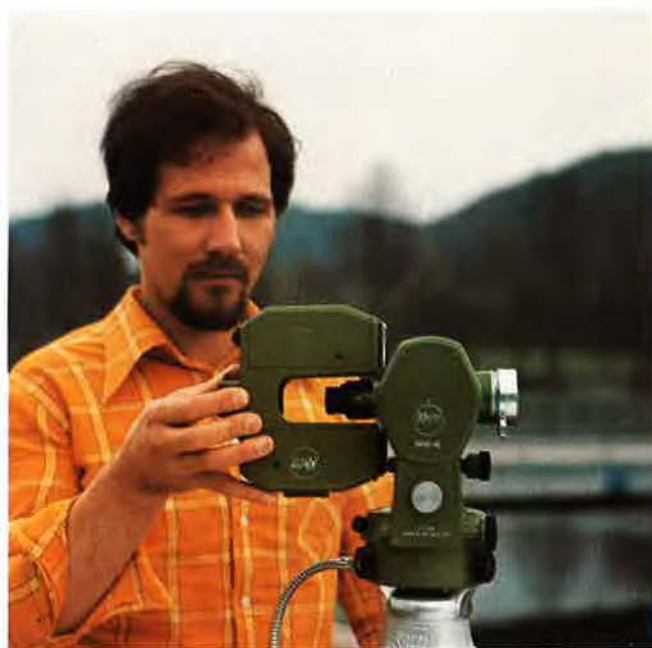
### Automatische Blende

Als automatische Blende werden Flüssigkristalle verwendet. Sie verändern ihre Durchlässigkeit in Funktion der vom Reflektor eintreffenden Signal-Intensität. Die Blende arbeitet stufenlos und ohne mechanisch bewegte Teile. Dem Beobachter steht ausserdem eine manuelle Blende zur Verfügung, um das Signal optimal abzustimmen. Sie wird nur in zwei Stellungen verwendet: entweder ganz geöffnet (im normalen Distanzbereich) oder ganz geschlossen (für kurze Entfernungen).

### Beidseitig durchschlagbar

Die Aufnahmevorrichtung auf dem Fernrohr der Theodolite wurde ebenfalls verbessert. Im Haltering am Fernrohrobjektiv befinden sich zwei Bohrungen, in die beim Aufsetzen die Haltestifte des DM 501 eingreifen. Eine sehr stabile und justiersichere Befestigung ist damit gewährleistet. Gleichzeitig wurde die Position des DM 501 auf dem Fernrohrkörper so verändert, dass das Fernrohr samt aufgesetztem Distanzmessgerät beidseitig durchschlagbar ist. Dadurch sind Zielungen bis zu  $-50^{\circ}$  ( $-45^{\circ}$ ) in beiden Fernrohrlagen möglich. Wie schon beim DM 500 wird diese aussergewöhnliche Bewegungsfreiheit nicht durch Verbindungskabel eingeschränkt. Die neue Befestigung am Objektiv und ein Exzenter am Okular gestatten, denselben DM 501 auf beiden Theodoliten, dem Sekundentheodolit DKM 2-A und dem Skalentheodolit K 1-S, einzusetzen.

1 Das neue elektro-optische Distanzmessgerät Kern DM 501 kann einfach auf die Fernrohre der Theodolite DKM 2-A oder K 1-S aufgeschoben werden. Das Fernrohr bleibt beidseitig durchschlagbar und erlaubt Winkelmessungen in beiden Fernrohrlagen.



### Reichweite

Dank einer verbesserten, leistungsstärkeren Diode war es möglich, die Reichweite des DM 501, verglichen mit dem DM 500, zu verdoppeln. Unter guten atmosphärischen Bedingungen beträgt die Reichweite mit einem Reflektor etwa 1000 m, mit drei Reflektoren etwa 1600 m und mit fünf Reflektoren etwa 2000 m. Dies macht den Einsatz des DM 501 noch wirtschaftlicher und umfassender bei Detailvermessungen sowie der Anlage und der Verdichtung von grossräumigen Festpunktnetzen.

Mit seiner erhöhten Signal-Leistung benötigt der DM 501 im unteren Distanzbereich bis 1 km nur einen Einzelreflektor. Ausserdem sind genügend Signal-Reserven vorhanden, um auch unter ungünstigen Bedingungen (bei Nebel, Niederschlägen und bei teilweise abgedeckten Visuren im Wald) Distanzmessungen durchzuführen.

### Tracking

Bei der Absteckung eines Punktes bedeutet die vollständige Messung der Distanz einen unnötigen Aufwand. Zweckmässiger ist eine in kurzen Zeitintervallen automatisch ausgelöste, verkürzte Feinmessung, welche

2 Reflektorstativ mit 1-m-Verlängerung zum direkten Überqueren von Hindernissen



die augenblickliche Distanz zum Reflektor sofort anzeigt.

Bei der Stellung des Funktionsschalters auf TRACKING wird nach dem Druck auf den Startknopf vorerst eine normale Distanzmessung durchgeführt. Anschließend wird in Intervallen von zwei Sekunden die Feinmessung wiederholt und angezeigt. Der Gehilfe kann sich jetzt in der vom Beobachter angegebenen Richtung bewegen, bis die abzusteckende Distanz erreicht ist.

#### Weitere Vorteile

Um mögliche Messfehler auszuschalten, hat der DM 501 verschiedene Schutz- und Warneinrichtungen, die die Messicherheit entscheidend erhöhen.

- Beim Druck auf die Starttaste kann die Funktion aller Elemente der Ziffernanzeige überprüft werden. (Anzeige: 888.888 m).
- Kurzzeitige Unterbrechungen des Sendestrahles durch Verkehr, durch Zweige und Laubwerk von Bäumen oder durch Schwankungen der Signalstärke wegen Luftflimmern haben keinen Einfluss auf den Messwert. Solange die Signalstärke nicht genügt, wird die Messung

3 Halter für alle Hewlett-Packard Taschenrechner der 20er Reihe, am Theodolit aufsteckbar



unterbrochen und danach automatisch wieder freigegeben.

- Erreicht die Batteriespannung die unterste zulässige Grenze, so leuchten zwischen den Ziffern der Distanzanzeige rote Punkte auf.
- Um vorzeitige Falschablesungen zu verhindern, wird während der Messung die zweite Ziffer von links (10er-Meter) nicht angezeigt.

#### Zubehör

Der Gebrauchswert eines Vermessungsinstrumentes hängt unter anderem ab von der Vollständigkeit und der Handlichkeit seines Zubehörs. Zum DM 501 sind sinnvolle Zusatzeinrichtungen erhältlich, die sich teils mit dem DM 500 schon bestens bewährt haben, andererseits auf Anregung der Benutzer neu entwickelt wurden.

- Zum bekannten, universell verwendbaren Reflektorstativ sind neu 1-m-Verlängerungsstücke zum Aufsetzen auf das Ausziehrohr erhältlich. Damit lassen sich Zielhöhen von 3 bis 4 m erreichen, um zum Beispiel Mauern, Hecken oder den Verkehr direkt zu überqueren.
- Für Berechnungen, die im Feld durchgeführt werden müssen (bei Absteckungen und Rekonstruktionen), gibt es einen praktischen Halter für alle Hewlett-Packard Taschenrechner der 20er Reihe.
- Für den Anschluss des Speisegerätes an eine 12V-Autobatterie ist ein 6 m langes Verbindungskabel lieferbar.
- Gleichzeitig mit dem Betrieb des DM 501 kann bei Verwendung von 6V-Glühlampen der normale Beleuch-

tungsstecker zur Beleuchtung der Kreise und der Strichplatte des Theodolits benützt werden.

### **Ausblick**

Der von Kern zum ersten Mal am Internationalen Geometerkongress in Stockholm gezeigte elektronische Theodolit dürfte richtungsweisend für eine neue Generation von Theodoliten und Tachymetern sein. Horizontalrichtung und Vertikalwinkel werden elektronisch abgegriffen und in getrennten Ablesefenstern digital angezeigt.

Wesentlich für den Einsatz wird sein, dass das neue elektro-optische Distanzmessgerät DM 501, wie es heute geliefert wird, zusammen mit diesem elektronischen Theodolit verwendet werden kann. Damit lässt sich der elektronische Theodolit wahlweise in ein elektronisches Tachymeter umwandeln. Ein einziger Tastendruck genügt dann, um die Schrägdistanz, die Horizontal-distanz, den Höhenunterschied, den Vertikalwinkel und die Horizontalrichtung zu messen und anzuzeigen. Alle diese Werte sind gleichzeitig an Leuchtziffern ablesbar. Sie können nach Belieben abgerufen und auf verschiedene Datenträger gespeichert werden. Der elektronische Theodolit wird nicht vor Ende 1979 verfügbar sein.

## **Zum hundertsten Geburtstag von Dr. h. c. Heinrich Wild (1877–1951)**

Am 15. November 1977 jährte sich zum hundertsten Male der Geburtstag Heinrich Wilds, des grossen Erfinders und Schöpfers moderner Vermessungsinstrumente. Heinrich Wild entfaltete während der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts eine äusserst fruchtbare Tätigkeit, die den Bau von geodätischen und photogrammetrischen Instrumenten geradezu revolutionierte. Seine Konstruktionen, die zunächst von Zeiss Jena, später von Wild Heerbrugg und von 1935 bis zu seinem Tode von der Firma Kern verwirklicht wurden, sind heute Allgemeingut der Instrumentenhersteller auf der ganzen Welt geworden.

Nachdem sich Heinrich Wild von Wild Heerbrugg gelöst und 1935 seine neuesten Theodolitkonstruktionen der Firma Kern zur Ausführung übertragen hatte, entstand in kurzer Zeit eine Reihe von Theodoliten, die am



Internationalen Geometerkongress 1938 in Rom zum ersten Mal der Fachwelt gezeigt werden konnte. Es handelte sich um die Theodolite ohne optisches Mikrometer DK1 und DK2 sowie um die Typen mit Mikrometer DKM1, DKM2 und DKM3. Alle diese Instrumente wiesen verschiedene neue, gemeinsame Merkmale auf: Feinhorizontierknöpfe mit waagrechter Achse; sehr stabile und präzise Kugellager-Stehachse; Glaskreise mit zwei konzentrischen Teilungen (Doppelkreisprinzip); lichtstarke, kurze, beidseitig durchschlagbare Fernrohre; allgemein sehr kompakte, robuste Bauweise bei geringem Gewicht. Alle diese Konstruktionsmerkmale haben auch für die heutigen Kern-Theodolite noch ihre volle Gültigkeit, ja die beiden Theodolite DKM1 und DKM3 behaupten sich, 40 Jahre nach ihrer Entstehung, noch immer in unserem Fabrikationsprogramm, wenn sie auch im Laufe der Zeit verschiedene Verbesserungen erfahren haben.

Die Tätigkeit Heinrich Wilds für die Firma Kern beschränkte sich aber nicht nur auf die Konstruktion der neuen Theodolite, er entwickelte auch eine ganz neuartige Teilmaschine und schuf die Grundlagen für die Serienfabrikation der neuen Theodolite. Schliesslich ent-

1 Absteckung der Fluchten auf dem Schnurgerüst: 1 durch Stahlstifte markierte Gerüstpunkte, 2 Schnittpunkte der Verbindungsgeraden zweier Gerüstpunkte mit den Gebäudefluchten, a Distanzen von den Schnittpunkten zu den Gerüstpunkten (Stichmasse)

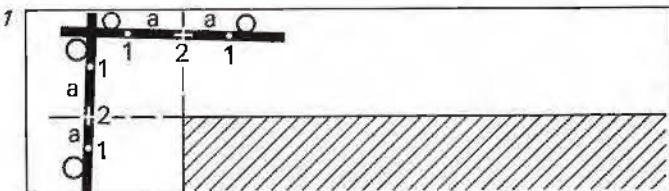
warf Heinrich Wild in seinem Todesjahr ein photogrammetrisches Auswertegerät, bei dem er ganz neue Wege ging. Wenn das Gerät auch nicht über den Prototyp hinaus gedieh, gab es doch den Anstoss für den Bau photogrammetrischer Geräte bei Kern.

Die Schweizerische Geodätische Kommission hat aus Anlass des hundertjährigen Geburtstages eine Gedenkschrift herausgegeben. Aus allen Beiträgen tritt Dr. h. c. Heinrich Wild als starke, eigenwillige Persönlichkeit hervor, deren unermüdliche Schaffenskraft mit seltener Beharrlichkeit und Intensität auf das Hauptziel ausgerichtet war: präzisere, leichtere und kleinere geodätische Instrumente zu entwickeln, die bei einfacherer Handhabung und in kürzerer Zeit genauere Messresultate liefern.

## Vereinfachte Absteckung im Hochbau

Die Absteckung von Hochbauten erfolgt in der Regel aus der Baugrube, indem die Gebäudefluchten auf den sogenannten Schnurgerüsten angeben und durch eingehängte Drähte sichtbar gemacht werden. Bei grossen Bauvorhaben mit vielen Fluchten oder bei Gesamtüberbauungen, die in Rasterbauweise erstellt werden, sind die Fluchten koordinatenmässig definiert. Ein interessanter Vorschlag eines vereinfachten, analytischen Absteckungsverfahrens stammt von einem unserer DM 500-Kunden.

Zuerst werden auf allen Schnurgerüsten zwei Punkte (1, Abb. 1) im Abstand von 1 bis 3 m durch Stahlstifte markiert, so dass die Flucht zwischen diese Punkte zu liegen kommt. Ein spezieller Halter (Abb. 2) gestattet, den DM 500-Reflektor genau zentriert auf diesen Stahlstiften aufzusetzen, damit alle diese Gerüstpunkte von vorhandenen Fixpunkten aus polar eingemessen und koordinatenmässig bestimmt werden können. Danach



2 Halter mit Kern-Zentrierplatte zum zentrierten Aufsetzen des DM500-Reflektors auf dem Schnurgerüst



berechnet man die Geradenschnitte (2) aller Fluchten mit den Verbindungsgeraden zweier Gerüstpunkte. Dasselbe Rechenprogramm liefert auch die Stichmasse (a) zwischen den Schnittpunkten und den beiden benachbarten Gerüstpunkten. Die eigentliche Fluchtangabe erfolgt ganz einfach mit einem Doppelmeter anhand dieser Stichmasse von den Gerüstpunkten aus.

## XV. Internationaler Kongress der Vermessungsingenieure

Ein Jahr nach dem Photogrammetrie-Kongress in Finnland fand der FIG-Kongress 1977 in Schweden statt. Das grosszügige Messezentrum ausserhalb Stockholms bot durch die ideale Anordnung von Vortrags- und Konferenzsälen, Ausstellungshallen, Cafeteria und Restaurant vorzüglich Gelegenheit zu Kontakten mit zahlreichen Kongressteilnehmern aus der ganzen Welt.

Der schwedische König Carl XVI. Gustav eröffnete offiziell den Kongress und unternahm anschliessend auch einen Rundgang durch die Ausstellung. Die Technischen Sitzungen befassten sich in sechs Kommissionen mit der beruflichen Praxis, der Berufsausbildung, der Fachliteratur, mit hydrographischen Vermessungen, Instrumenten und Vermessungsmethoden, Ingenieurvermessung, Liegenschaftskataster, Stadtplanung und Bodenordnung.

Die Firma Kern hat in den vergangenen Jahren vier Neuheiten herausgebracht und in der dem Kongress an-

1 Gesamtansicht des Kern-Standes am FIG-Kongress 1977 in Stockholm

geschlossenem Ausstellung vorgestellt. Es sind dies das Kippachsmikrometer des Sekundentheodolits DKM 2-A zur Messung der Kippachsneigung mit einer Genauigkeit von  $\pm 1''$ , das Distometer ISETH zum Messen von Längen mit Hilfe von Invardrähten in beliebig geneigten Richtungen, das automatische Präzisionsnivellier Kern GK 2-A mit Planplattenmikrometer und Vorsatzlinsen sowie das elektro-optische Distanzmessgerät Kern DM 501, das weitgehend automatisiert, Entfernungsmessungen bis 2 km gestattet.

Die Ausstellung wurde aber beherrscht von einem neuartigen Theodolit, der mit Hilfe der Elektronik in der Lage ist, die Teilkreise mit hoher Genauigkeit automatisch abzulesen. Die Messwerte werden digital angezeigt und können ausserdem gespeichert werden. Verbunden mit einem elektro-optischen Distanzmessgerät wird er zum vollautomatischen elektronischen Tachymeter. Insgesamt fünf Firmen stellten ihre Version dazu aus. Das Gerät von Kern hat den Vorteil, dass der elektronische Theodolit nach Bedarf mit dem neuen DM 501 kombiniert werden kann. Diese modulare Bauweise setzt sich in der Speicher- und Registriereinheit fort, was ein Optimum an Flexibilität ergibt.

2 Der Schirmherr des Kongresses, König Carl XVI. Gustav von Schweden, nach seinem Besuch im Kern-Stand im Gespräch mit dem FIG-Präsident Carl-Olof Ternryd (rechts)



Die gute Organisation und die Hilfsbereitschaft der schwedischen Verbände sowie die tatkräftige Unterstützung durch die Mitarbeiter unserer schwedischen Vertretung Océ-Ingut in Stockholm und Nässjö haben zum guten Gelingen der Ausstellung wesentlich beigetragen.

Im Jahre 1981 wird der FIG-Kongress in Montreux in der Schweiz stattfinden.



## Neues in Kürze

### Neue perspektivische Schnittzeichnung des DKM2-A

In der letzten Ausgabe des Kern-Bulletins haben wir Ihnen eine neuartige Schnittzeichnung des Skalentheodolits Kern K1-S vorgestellt.

Vom Sekundentheodolit Kern DKM2-A ist kürzlich eine gleichartige Schnittzeichnung erschienen, die auf sehr verständliche Art seine einzelnen Bauteile und deren Zusammenwirken zeigt. Die perspektivische Darstellung eignet sich sehr gut, um im Unterricht den Aufbau und die Funktion des Theodolits zu veranschaulichen. Die DKM2-A-Schnittzeichnung ist als A4-Blatt mit vier-sprachigem Begleittext, als Kleinbild-Diapositiv und gegen Verrechnung der Herstellungskosten als farbiges Transparent für Tageslichtprojektoren im Format 20×25 Zentimeter bei den zuständigen Kern-Vertretungen und bei Kern & Co. AG, CH-5001 Aarau, erhältlich.

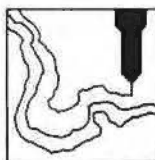
### Baghdader Lehrmittelausstellung

Anfangs April 1977 fand die zweite Instrumenten- und Lehrmittelausstellung in den Räumen der Technischen Universität in Bagdad statt. Diese Universität, die zur Zeit 6000 Studenten ausbildet, ist noch im Aufbau begriffen. Grosszügig angelegte Gebäude mit Labor- und Unterrichtsräumen sowie Verpflegungs-, Sport- und Wohnmöglichkeiten für die Studenten befinden sich innerhalb eines eingefriedeten Bereiches.

Zweck der Ausstellung war es, aus dem Angebot der eingeladenen Firmen Instrumente, Einrichtungen und Lehrhilfen für den Unterricht auszuwählen. Vertreten waren neben Vermessungsinstrumenten vor allem solche der Physik, Chemie, Mechanik, Elektronik, Mikroskopie, Akustik usw. Die Studenten besuchten die Ausstellung sehr zahlreich, oft in Gruppen unter der Führung ihres Fachbereichsleiters. Das Interesse und die Wissbegier waren gross, Prospekte waren daher gesuchtes Informationsmaterial. Erfreulicherweise fanden unsere Instrumente guten Anklang. Mit der aktiven Unterstützung unseres technischen Beraters Nasralla Engineering Services, Bagdad, konnte die Ausstellung zu einem erfolgreichen Abschluss gebracht werden.



## Schweizerische Schule für Photogrammetrie-Operateure, St. Gallen



Der neue, stark bebilderte Prospekt der SSPO gelangte an unserem Ausstellungsstand am FIG-Kongress in Stockholm erstmals zur Verteilung. Aus der regen Nachfrage konnte auf ein vermehrtes Interesse für eine gründliche und umfassende Ausbildung der Photogrammetrie-Operateure geschlossen werden. Die Vollbelegung des siebenmonatigen Operateurenkurses 1977/78 hat dies denn auch bestätigt.

Aus dem Eingang der Anmeldung darf geschlossen werden, dass der nächste, am 4. September 1978 beginnende Kurs ebenfalls gut belegt sein wird. Wegen der beschränkten Platzzahl ist deshalb eine sofortige Anmeldung empfehlenswert. Der Kurs wird wie üblich in deutschen, englischen, französischen und spanischen Sprachgruppen geführt und dauert sieben Monate.

Vom 12. bis 30. Juni 1978 findet an der SSPO ein Fortbildungskurs über «Architekturphotogrammetrie» in deutscher Sprache statt. Der Kurs steht unter dem Patronat von Herrn Regierungsrat E. Koller, Vorsteher des Departementes des Innern des Kantons St. Gallen, Herrn Stadtrat W. Pillmeier, Vorstand der Bauverwaltung der Stadt St. Gallen, Herrn M. Altorfer, Direktor des eidgenössischen Amtes für Kulturelle Angelegenheiten. Die Leitung des Kurses liegt in den Händen von Herrn Prof. Dr. H. Kasper.

Die ersten beiden Wochen sind der photographischen Aufnahme und den Arbeiten im Photolabor gewidmet. In der dritten Woche finden, den Vorkenntnissen der Teilnehmer angepasst, Auswertedemonstrationen respektive Auswerteübungen statt. Auf Wunsch kann der Kurs zur Vertiefung der Instrumentenpraxis um eine bis zwei Wochen verlängert werden.

Auskünfte erteilt die Schweizerische Schule für Photogrammetrie-Operateure, Rosenbergstrasse 16, CH-9000 St. Gallen.

### Neue, preiswerte Schülerzirkel

Das Kern-Zeicheninstrumente-Sortiment ist vor kurzem um drei besonders preisgünstige Schülerzirkel erweitert worden, einen Bleiminenzirkel und zwei Wendezirkel mit Blei- und Federteil. Die Reissfeder des einen

Wendezirkels ist mit einem Gelenk versehen. Damit lässt sich die Feder bei grossen Zirkelöffnungen senkrecht stellen, wodurch sich der maximale Radius auf 20 cm erhöht.

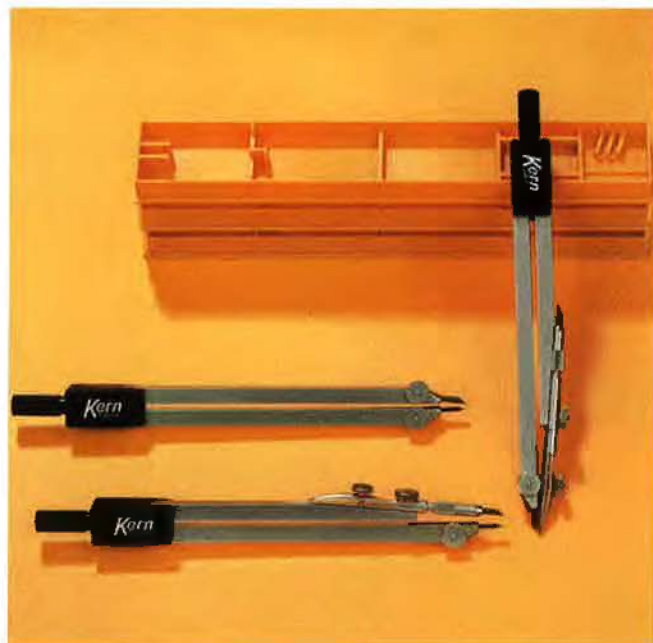
Die einfach und robust gebauten Zirkel weisen die folgenden Merkmale auf:

*Mattvernickelte Oberfläche.* Die mattvernickelten Instrumente sind blendfrei und unempfindlich gegen Fingerabdrücke. Der Nickelüberzug schützt sie wirksam vor Feuchtigkeit und chemischen Einflüssen.

*Sichere Zahnrad-Geradeführung.* Die exakte, bestehend einfach konstruierte Geradeführung des Zirkelkopfes gewährleistet einen geschmeidigen, spielfreien Gang der Zirkelschenkel, der sich vom Benutzer selber einstellen lässt.

*Leicht auswechselbare Zirkelnadeln.* Die Nadeln sind nicht eingepresst, sie lassen sich durch eine Rändelmutter leicht nachstellen oder auswechseln.

*Praktische Sichtverpackung.* Die Zirkel werden in einem praktischen Kunststoffetui mit durchsichtigem Deckel geliefert. Es erleichtert die Auswahl im Fachgeschäft und dient dem Benutzer zum geschützten Aufbewahren der Instrumente.



## Kern PG 3-AT Stereo-Auswertesystem

Mit dem PG 3-AT erfolgt die Auswertung auf einem automatischen Zeichentisch. Sein Zeichenarm wird von Schrittmotoren angetrieben. Die Massstabsfaktoren können zwischen 0,1 und 9,9 gewählt werden, was eine Vergrößerung zwischen Luftbild und Karte bis 20mal ermöglicht. Ein fest programmierter Mikroprozessrechner erlaubt dem Operateur verschiedene Arbeitsweisen: *direktes kontinuierliches Zeichnen* der im PG 3 abgefahrenen Linien oder *automatische gradlinige Verbindung* zwischen zwei aufeinanderfolgenden Punkten mit wählbarer Geschwindigkeit. Die in beiden Arbeitsweisen aus-

geführten Linien können *ausgezogen*, mit wählbarer Strichlänge *unterbrochen* oder mit wählbarer Strichlänge *strichpunktiert* gezeichnet werden. Punkte lassen sich durch fünf Symbole darstellen. Insgesamt stehen für die Linien- und Punktsymbolisierung 26 Möglichkeiten zur Verfügung. Zum Betrachten des Gezeichneten ist der Zeichenkopf mittels Drucktaste temporär ohne Referenzverlust versetzbar.

Das PG 3-AT wird damit zum wirklichen Einmanngerät, mit dem sich gegenüber der konventionellen Methode die Auswertzeit eines grossmassstäblichen Modells mit vielen Details um etwa 50% verringert.

Für die digitale Datenausgabe auf die verschiedensten Datenträger kann das elektronische Datenerfassungssystem Kern ER 2 am PG 3 angeschlossen werden.

