

Paper-ID: VGI_196002



Die Basismessung von Heerbrugg 1959

Josef Mitter ¹

¹ *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien VIII, Friedrich Schmidt-Platz 3*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **48** (1, 2, 3), S. 7–17, 45–50, 91–98

1960

BibTEX:

```
@ARTICLE{Mitter_VGI_196002,  
Title = {Die Basismessung von Heerbrugg 1959},  
Author = {Mitter, Josef},  
Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {7--17, 45--50, 91--98},  
Number = {1, 2, 3},  
Year = {1960},  
Volume = {48}  
}
```



Deutschen Geodätentages 1954, am 30. August, in Wiesbaden abgehaltenen Hauptversammlung „in Würdigung seiner hervorragenden Verdienste um das Vermessungswesen, seiner erfolgreichen Bemühungen um eine gute internationale Zusammenarbeit im Vermessungswesen und nicht zuletzt in dankbarer Anerkennung seiner menschlichen Verbundenheit zu den Mitgliedern des DVW“ zu seinem Ehrenmitglied ernannt. Diese hohe Ehrung, die bisher von Österreichern nur Prof. Doležal zuteil geworden war, bedeutet eine besondere Auszeichnung für unsern Jubilar.

Zum Abschluß dieses Lebensbildes möge noch hervorgehoben werden, daß jeder, der *Lego* kennt, weiß, wie hilfreich und menschlich er stets zu seinen Kollegen, aber auch zu allen seinen Untergebenen war und wie vielen er ohne Rücksicht auf eventuelle persönliche Nachteile geholfen hat.

So konnte Präsident *Lego* an seinem 75. Geburtstag, mit seiner Gattin Hanna geb. *Haidegger* — die einem alten Tiroler Geschlecht entstammt, dem auch die mütterlichen Vorfahren Andreas Hofers angehören — mit Genugtuung auf ein Leben zurückblicken, das rastloser und erfolgreicher Arbeit gewidmet war. Die österreichischen Kollegen und vor allem der Österreichische Verein für Vermessungswesen gratulieren dem hochverdienten Jubilar und wünschen ihm noch viele Jahre eines glücklichen und zufriedenen Lebensabends.

Rohrer, Ledersteiger.

Die Basismessung von Heerbrugg 1959

Von *Josef Mitter*

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

Nach mehrjährigen Studien und Vorarbeiten konnten im August und September 1959 die Messung der Basis Heerbrugg und die Beobachtung des zugehörigen Entwicklungsnetzes in Zusammenarbeit der zuständigen geodätischen Institute der Deutschen Bundesrepublik, der Schweiz und Österreichs erfolgreich durchgeführt werden. Diesen Arbeiten ging im Herbst des Vorjahres die Messung einer neuen Basis samt Basisnetz bei München voraus. Beide Basismessungen sind Teile des internationalen Programmes zum Zusammenschluß der europäischen Triangulationen 1. Ordnung zu einem homogenen kontinentalen Netz. Die vorliegende Abhandlung soll über den Zweck, die Anordnung und die Beobachtungsarbeiten bei der Messung der Basis und des Basisnetzes von Heerbrugg sowie über verschiedene Erfahrungen und Probleme unterrichten.

1. Der Zweck der Basismessung und die Vorgeschichte

Die Messung von Basen dient zur Maßstabbestimmung bei der Anlage trigonometrischer Grundnetze. Da in allen drei beteiligten Staaten die Entwicklung der Netze 1. Ordnung als abgeschlossen angesehen werden kann, erhebt sich die Frage nach dem Zweck der neuen Basismessungen bzw., ob aus ihnen auch für die nationalen Netze Konsequenzen folgen.

Die Beantwortung des zweiten Teiles der Frage, der das allgemeine Thema nachträglicher Grundlagenänderungen betrifft und nicht zum Kern der Sache gehört, sei kurz vorweggenommen. Die Ländernetze sind Gebrauchsnetze, die im

allgemeinen infolge ihres mehr oder weniger organischen Wachstums aus verschiedenen, in sich aber homogenen Teilgebieten bestehen, die allen an sie gestellten geodätischen und technischen Forderungen genügen, solange diese nicht zu große Räume betreffen. Würde man nun z. B. durch Aufzwingung eines neuen Maßstabes oder durch Neuberechnung des Netzes 1. Ordnung die Grundlagen dieses Gebrauchsnetzes ändern, so brächte die nachfolgende Transformation der Netze niederer Ordnung kaum mehr als gebietsweise fast konstante Änderungen der bisherigen Gebrauchskoordinaten, d. h. die nachbarlichen Lagebeziehungen — und darauf kommt es schließlich in einem Gebrauchsnetz in erster Linie an — würden im wesentlichen unberührt erhalten bleiben. Aber im laufenden und lebenden Vermessungswerk würde durch die Koordinatenänderungen ein Chaos entstehen. Es ergibt sich daher als selbstverständlich, daß aus diesen nachträglichen Basismessungen bzw. aus einer geschlossenen Neuberechnung der europäischen Dreiecksnetze für die Gebrauchsnetze keine Konsequenzen entstehen: die Gebrauchswerte bleiben unangetastet. (Einen Vorteil könnte der europäische Zusammenschluß aber vielleicht für die oft schwierige Durchführung von wechselseitigen Transformationen der Grenzzonen der Ländernetze durch eine mögliche Zwischen- transformation in das überlagerte Europanez bringen.)

Über diesen lokalen, rein praktischen Tatsachen stehen aber — und damit beginnt die Beantwortung der Hauptfrage — die Aufgaben der Erdmessung und die Schaffung einheitlicher geodätischer Grundlagen für große Räume, ja für die ganze Erde, Aufgaben, die im „Kleinerwerden“ unserer Welt ihre Ursachen haben. Ein Teilprogramm dieser Aufgaben ist der Zusammenschluß der europäischen Triangulationen 1. Ordnung.

Der erste Versuch, ein europäisches Netz aufzubauen, wurde vom seinerzeitigen *Institut für Erdmessung* in Bamberg unternommen. Aus den Veröffentlichungen und den während des letzten Krieges durch die deutsche Heeresvermessung gesammelten geodätischen Unterlagen wurde das „*Zentraleuropäische Netz (ZEN)*“ berechnet; die Ergebnisse wurden 1949 veröffentlicht [1]. (Mit diesem Netz als Kernstück wurden später durch den *U.S. Coast and Geodetic Survey* die Süd-, Südost-, West- und Nordeuropäischen Netze und das englische Netz zu einem „*Gesamteuropäischen Dreiecksnetz 1. Ordnung (EDN)*“ zusammengefaßt.) Die nachfolgende kritische Sichtung des Ausgangsmaterials und der Ergebnisse des ZEN zeigten neben anderen Unstimmigkeiten auch augenfällig die schon seit langem von zwischenstaatlichen Netzzusammenschlüssen her bekannte Tatsache der Verschiedenheit der nationalen Netzmaßstäbe auf. Die Ursache dieser Differenzen ist ebenfalls bekannt und in den Komparierungsfehlern der seinerzeit verwendeten Basismeßgeräte, in systematischen Fehlern der angewandten Methoden und anderwärtigen Mängeln zu suchen [2], [3], [4]. Die *Internationale Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG)*, als oberste Instanz in allen internationalen geodätischen Fragen, empfahl daher auf ihrem 10. Kongreß in Rom im Jahre 1954 allen europäischen Mitgliederstaaten neuerlich die Herstellung einheitlicher Grundlagen und die anschließende Neuberechnung (zweite Ausgleichung) des Europaneztes. So sollen der Netzaufbau, die Qualität der trigonometrischen Messungen und die zwischenstaatlichen Verbindungen verbessert und eine gleichmäßigere

Verteilung der Laplace-Stationen und der Basen erreicht werden. Zur Herstellung des einheitlichen Maßstabes wurde die Errichtung von fünf international zugänglichen Vergleichsstrecken für die Meßdrähte empfohlen, die nach einem früheren Vorschlag von *I. Bonsdorff* mittels des Interferenzkomparators von *Y. Väisälä* ausgemessen werden sollen. Diese Empfehlungen wurden von der *Internationalen Kommission für das europäische Dreiecksnetz* 1956 auf ihrer Tagung in München wiederholt.

Die kritische Sichtung der Grundlagen bzw. die Ausgleichung des ZEN [2] hatte für die 1921 gemessene Basis von *München* (zwischen Dachau und Schleißheim, 6,3 km), resultierend aus der ungünstigen Form des Entwicklungsnetzes und aus dem großen mittleren Netzrichtungsfehler von $\pm 1,94''$, den großen Übertragungsfehler von $+3,8$ mm/km für die Seite 1. Ordnung München, Frauenkirche—Schweitenkirchen, ergeben.

Die Basis von *Hall* in Tirol aus dem Jahre 1851 (5,7 km) ergab bei der Übertragung auf das Knotennetz München einen Übertragungsfehler von $-15,1$ mm/km, so daß die Haller Basis aus dem ZEN ausgeschieden wurde. Als Ursachen wurden fehlerhafte Beobachtungen und mangelhafte Punktidentitäten in der Übertragungskette und im Entwicklungsnetz festgestellt.

Im Hinblick auf die Empfehlungen der IUGG wären beide Basen samt ihren Entwicklungsnetzen neu zu messen gewesen. In beiden Fällen aber war die örtliche Situation diesen Vorhaben, die auch Verbesserungen im Netzaufbau verlangt hätten, nicht günstig. Die neue Münchener Basis (8,3 km) wurde daher in den etwa 30 km östlich von München gelegenen Ebersberger Forst verlegt, die daraus zu bestimmende Seite 1. Ordnung: München, Frauenkirche Nordturm, Knauf—Schweitenkirchen, Pfarrkirche, Knauf (40,9 km) wurde beibehalten. Als Ersatz für das stark verbaute und für ein gutes Basisnetz zu enge und zu steilhangige Inntal bei Hall bot sich die breite Rheinebene südlich des Bodensees mit dem zusätzlichen Vorteil ihrer Dreiländerlage an.

Im Jahre 1956 stellte die *Schweizerische Geodätische Kommission* die gemeinsame Nachmessung der ca. 12 km südlich von Konstanz gelegenen Basis von *Weinfeld* (2,5 km) aus dem Jahre 1881, die wegen ihres schlechten Übertragungsnetzes [5] nicht in die Grundlinienausgleichung des ZEN einbezogen worden war, durch die Deutsche Bundesrepublik, die Schweiz und Österreich zur Diskussion. Die Anregung hierzu war von der Firma *Wild Heerbrugg AG* gegeben worden, die für Entwicklungsarbeiten an einem elektrisch-optischen Distanzmeßgerät ein Netz von verschiedenen langen Strecken hoher Genauigkeit, wie sie nur in einem Basisnetz vorliegen, benötigte. Da sich nach sorgfältiger Neuerkundung sowohl eine wirksame Verlängerung der Basis, als auch eine einschneidende Verbesserung des Entwicklungsnetzes als unmöglich erwiesen, wurde dieser Vorschlag fallen gelassen und auf der Tagung in Lochau bei Bregenz im Mai 1957 von den Vertretern der drei Staaten die Messung einer Basis im Rheintal südlich des Bodensees beschlossen. Dazu wurde eine Arbeitsgemeinschaft aus der *Deutschen Geodätischen Kommission* und den beiden Abteilungen des *Deutschen Geodätischen Forschungsinstitutes*, aus der *Schweizerischen Geodätischen Kommission* und der *Eidgenössischen Landestopographie*, aus der *Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung* und dem *Bundesamte für Eich- und Vermessungswesen* gebildet.

2. Die Lage der Basis und die Anordnung des Entwicklungsnetzes

Die Bodenverhältnisse der Rheinebene sind weder für die Stabilität von Basisvermarkungen noch für eine Basismessung selbst günstig. Der Boden ist vielfach trockengelegter und kultivierter Torfgrund. Diesem Zustand wurde bei der Auswahl des Basisverlaufes Rechnung getragen und dabei der grundsätzliche (und neue) Standpunkt eingenommen, daß von einer Stabilität auf „ewige Zeit“ abzusehen wäre und nur während des Messungszeitraumes Stabilität herrschen müsse. Unter diesen Gesichtspunkten wurde als günstigstes Gelände schließlich der westliche Hochwasserschutzdamm des Neuen Rheines zwischen der Ortschaft Montlingen und der Rheinbrücke zwischen Widnau und Diepoldsau gewählt (Abb. 1). Der südliche Basisendpunkt wurde auf dem Felsplateau des Montlinger Berges, etwa 60 m über der Rheinebene errichtet, der nördliche auf die südwestliche Ecke des Betonkörpers des linken Widerlagers der Rheinbrücke verlegt. Die Länge der Basis beträgt rd. 7254 m, ihre mittlere Meereshöhe ist 416 m.

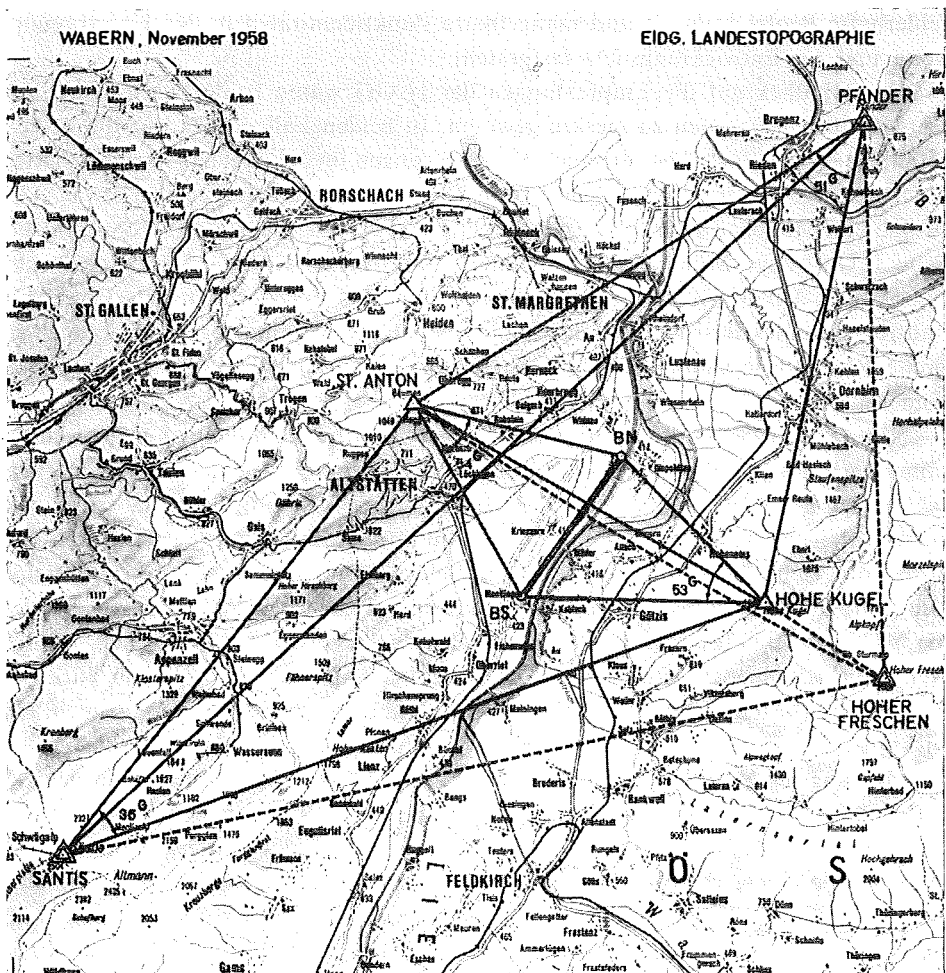


Abb. 1 (ca. 1:300.000)

Das Entwicklungsnetz besteht aus zwei Rhomben. Die erste Vergrößerung führt auf die Seite St. Anton—Hohe Kugel, die zweite dient zur Ableitung der Seite 1. Ordnung Pfänder—Säntis (44 km). Außerdem ist noch die Bestimmung der zwei weiteren Seiten des Dreiecks 1. Ordnung Pfänder—Hoher Freschen—Säntis: Pfänder—Hoher Freschen (22 km) und Hoher Freschen—Säntis (34 km) vorgesehen.

Die Genauigkeitsabschätzung für die vorliegende Figur des Doppelrhombus ergibt den Übertragungsfehler m für die Seite Pfänder—Säntis bei einer 6,1fachen Basisvergrößerung mit

$$m = \frac{10^6}{\rho''} m_0 \sqrt{\frac{1}{P}} = m_0 Q = 7,8 m_0 \text{ mm/km}$$

m_0 = mittlerer Netzrichtungsfehler

Q = Netzleistung, nur abhängig von der geometrischen Figur des Entwicklungsnetzes

Da Q für den Idealfall 7,0 mm/km [3, Tafel 15] beträgt, ist das vorliegende Entwicklungsnetz als sehr gut zu bezeichnen. Nimmt man nach der Erfahrung $m_0 = \pm 0,3''$ an, so ergibt sich $m = \pm 0,103$ m und für die Seite Pfänder—Säntis die relative Genauigkeit 1 : 425.000, wenn man den Einfluß des Fehlers der Basis als klein gegen m vernachlässigt.

3. Die Einrichtung und Stabilisierung der Basis

Der für die Basismessung vorgesehene linksseitige Hochwasserschutzdamm des Neuen Rheines folgt dem gekrümmten Flußlauf. Um die Drahtmessung, abgesehen von dem ca. 2,3 km langen Anschlußstück an den Montlinger Berg, zur Gänze auf der Dammkrone — auf der auch eine Materialbahn, deren Betrieb während der Basismessung eingestellt wurde, verläuft — vornehmen zu können, mußte ein Polygonzug mit fünf Brechpunkten (Abb. 2: BP. 3 bis BP. 7) angelegt werden. In den drei nördlichen Polygonseiten wurden außerdem die Meßpfähle mit den Indexträgern (Jäderinzapfen) nicht eingefluchtet, sondern folgten der westlichen Kante der Dammkrone. Für ihre Einmessung wurden alle 300 m Meßpunkte als Zwischenpolygonpunkte ausgewählt. Wenn auch gebrochene Basen in der Praxis keine Besonderheiten sind, so stellt diese Anordnung — soweit bekannt — die bisher extremste Abweichung von der Idealform einer Basis vor. Im übrigen mußte auch die Münchener Basis unter dem Zwang des Schneisenverlaufes als siebenfach gebrochener Polygonzug — aber ohne Nebenzüge — angelegt werden.

Eine weitere Besonderheit ist der indirekte Anschluß der Basis an den Basisendpunkt Süd auf dem Montlinger Berg, der nach Norden als 60 m hohe Felswand in einen Steinbruch abfällt. Wie Abb. 2 zeigt, erfolgt der Anschluß trigonometrisch über die Hilfsbasis AB (9 Drahtlagen = 216 m) und ein rechtwinkliges Dreieck. Der dadurch bedingte Genauigkeitsabfall wird durch die Sicherheit der Stabilisierung und die günstigen Beobachtungsverhältnisse für das Entwicklungsnetz aufgewogen. Auch hier liegt eine Parallele zur Münchener Basismessung vor. Da der Anschluß an den Endpunkt Süd zu große Geländeschwierigkeiten aufwies, erfolgte er dort ebenfalls indirekt über ein Hilfsdreieck.

Als Stabilisierung der beiden Basisendpunkte wurden Beobachtungspfeiler aus Beton errichtet und mit Zwangszentrierungseinrichtungen (Kappenbolzen) versehen. Die Pfeiler wurden zentrisch über unterirdischen Bolzen im gewachsenen Fels bzw. Beton des Brückenwiderlagers errichtet und durch exzentrische Lochbolzen versichert. Diese dienten nach den Erfahrungen bei Deformationsmessungen während der Basismessung auch zur trigonometrischen Kontrolle der temporären Pfeilerbewegungen durch Bestrahlung. Auch die beiden Endpunkte der Hilfsbasis wurden mit Beobachtungspfeilern mit Zwangszentrierungseinrichtungen zur Aufnahme von Theodolit, Zieltafel und Jäderinzapfen versehen. Der Pfeiler B, dessen

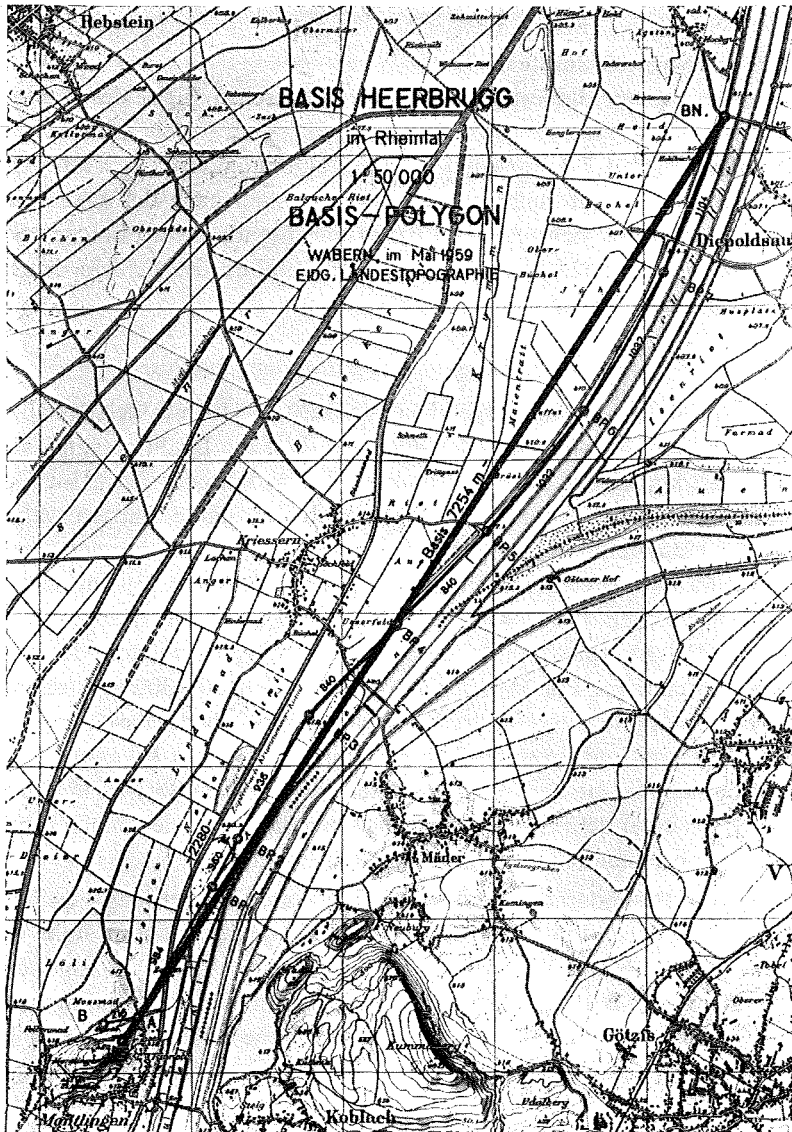


Abb. 2

etwas unsichere Umgebung die Einbringung von exzentrischen Kontrollmarken problematisch erscheinen ließ, wurde durch einen Isoliermantel gegen die Sonnenbestrahlung geschützt.

Die Stabilisierung der Hauptpolygonpunkte BP. 3 bis BP. 7 und der eingefluchteten, an kritischen Geländepunkten liegenden Zwischenpunkte BP. 1 und 2, erfolgte durch bodengleich gerammte, ca. 3,5 m lange Betonpfähle von 0,2 m Durchmesser mit Lochbolzen. Über den Pfählen wurden von der Fa. *Wild* entwickelte Metallstative mit einer Zentrierplatte einbetoniert. Die Zentrierplatte, die eine Zwangszentriereinrichtung für Theodolit, Zieltafel und Jäderinzapfen enthielt, wurde vor jeder Messung mit einem Lotgerät (Fernrohr Wild T 1, Libellenangabe 20'') zentriert, so daß dadurch die bei Basismessungen als „große Lotung“ bezeichneten Exzentrizitätsbestimmungen zwischen den Jäderinzapfen und den Bodenvermarkungen an den Endpunkten der Meßabschnitte entfielen. Die Zentrierstative bewährten sich ausgezeichnet und zeigten auch bei großen Temperaturänderungen keine Lageverschiebungen. Es sei hier zugleich mitgeteilt, daß die Hauptkosten für den Ausbau und die Einrichtungen des Basispolygons die Fa. *Wild* trug, nach deren nahegelegenen Sitz die Basis auch benannt wurde.

Die Zwischenpolygonpunkte wurden wie die einzelnen 24 m-Punkte für die Drahtmessung mit Holzpfählen von ca. 3 m Länge, 0,10 m Durchmesser und 0,70 m Höhe über dem Boden ausgestattet und außerdem mit einer hölzernen Tischplatte mit Zwangszentrierungseinrichtung als Instrumentenstände versehen. In gleicher Weise wurden die Zwischenpunkte für die Aligementmessung in den langen Geraden eingerichtet.

Die Polygonseite A — BP. 3 kreuzte die in einem breiten und tiefen Einschnitt verlaufende Baustelle der Autostraße Sargans—Rorschach und überschnitt vor dem BP. 3 den dort stark gekrümmten Rheindamm. Beide Stellen mußten mit bis 2 m hohen zweiteiligen Meßgerüsten: abgestreber Jäderinpfehl und isolierte Plattform, ausgebaut werden, um die Höhenunterschiede zwischen den Jäderinzapfen unter 1 m zu halten, da größere Höhenunterschiede eine sehr hohe Nivelliergenauigkeit verlangen, um den Einfluß der auftretenden Deformation der Kettenlinie sicher bestimmen zu können.

4. Die Durchführung der Drahtmessung

Die Drahtmessung wurde zwischen dem 31. August und dem 11. September 1959 von drei deutschen, einem schweizerischen und zwei österreichischen Meßtrupps mit insgesamt 12 Invardrähten (6, 2 und 4) und mit Witram-Spannböcken verschiedener Typen durchgeführt. Der schweizerische Meßtrupp verwendete eine wesentlich verbesserte und besonders leichte und handliche Neukonstruktion der Fa. *Kern & Co. AG*, Aarau. Während der ganzen Zeit herrschte sehr günstiges, spätsommerlich heißes und fast windstilles Wetter.

Das rasche und rationelle Messen mit Invardrähten hängt in erster Linie von der Geschicklichkeit und der Routine der Spannbockträger ab. Um daher die Meßtrupps des Bundesamtes entsprechend zu schulen, wurde im Park des Schlosses Schönbrunn in Wien schon im Frühjahr 1959 eine Übungsstrecke von 240 m Länge (= 10 Drahtlagen) eingerichtet.

Die Messungen liefen folgendermaßen ab: Jeder Meßtrupp maß mit zwei Drähten. Mit jedem Draht wurde die gesamte Basis in vier Tagesabschnitten mit Hin- und Rückgang am gleichen Tage durchgemessen. Zu Beginn der Messungen wurde als erster Abschnitt die Strecke BP. 3 — BP. 4 (35 Drahtlagen = 840 m), die als örtliche Vergleichsstrecke bestimmt wurde, von allen Trupps mit beiden Drähten gemessen. Dann wurden mit dem ersten Draht die restlichen drei Tagesabschnitte: B — A — BP. 3 mit 104 Drahtlagen (2496 m), BP. 4 — BP. 6 mit 78 Lagen (1872 m) und BP. 6-Basisendpunkt Nord mit 89 Lagen (2136 m) durchgemessen. Anschließend wurde wieder die Vergleichsstrecke mit beiden Drähten und außerdem noch mit den Reservedrähten — drei vom Bundesamte — gemessen. Die zweite Phase der Messung verlief analog mit dem zweiten Draht, ebenso der Schlußvergleich, der wieder die Reservedrähte, deren Einsatz bei der Basismessung nicht notwendig wurde, mit umfaßte. Der Grund für diesen Aufwand an Vergleichen liegt in der bekannten Empfindlichkeit und strukturellen Labilität des Invarstahles. Diese Form der Feldvergleiche hat sich gegenüber den früher angewandten täglichen Vergleichen mit einem eigenen Vergleichsdraht oder auf einer kurzen Vergleichsstrecke besser bewährt.

Der Meßvorgang besteht in der gleichzeitigen Ablesung an den Millimeter-skalen an beiden Drahtenden mit Schätzung auf Zehntelmillimeter. Die Länge der Drahtlage ist dann die Differenz dieser Ablesungen: vorne minus hinten im Sinne der Skalenteilungsrichtung. Es wurden prinzipiell fünf Ablesungen mit Verschiebung der Skalen in beiden Richtungen zur Ausschaltung von Reibungseinflüssen vorgenommen, wobei die maximale Streuung der Differenzen bei sonstiger Vermehrung der Ablesung 0,3 mm nicht überschreiten sollte. Bei jeder Drahtlage wurde die Lufttemperatur mit Hilfe eines ruhig in Drahthöhe gehaltenen Schleuderthermometers bestimmt.

Zur Eliminierung des systematisch wirkenden persönlichen Schätzfehlers der Drahtableser wurde in der Mitte und am Ende der einzelnen Beobachtungsabschnitte Beobachterwechsel vorgenommen. Die Hin- und Rückmessungen der Tagesabschnitte wurden symmetrisch auf die Vormittags- und Nachmittagsstunden mit langsamen zeitlichem Temperaturgang (kleinem zeitlichem Temperaturgradient) verteilt. Die durchschnittliche Dauer der Messung einer Drahtlage betrug 1,3 bis 1,5 Minuten.

Die kritischen Punkte der Drahtmessung sind die Konstanthaltung der Meßspannung (Komparierungsspannung) — eine Spannungsänderung von ± 10 g entspricht einer Längenänderung des Drahtes von $\mp 10 \mu\text{m}$ — und die Bestimmung der Drahttemperatur. Während die erstere durch ständige Kontrolle der Rollenreibung: Messung durch Gewichtsauflagen auf die Spannungsgewichte und sofortige Reinigung der Rollenlager bei Reibungszunahme, relativ leicht erhalten werden kann, bietet die gute Bestimmung der Drahttemperatur große Schwierigkeiten. Dies kann aber mitunter doch sehr notwendig werden, da die Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Schmelzen, aus denen die Invardrähte stammen, sehr variieren und größere Werte annehmen können. So erleiden z. B. die vier österreichischen Meßdrähte (Nr. 526, 527, 528, 529), die von der Fa. *Secrétan* in Paris erzeugt worden sind, bei einer Temperaturänderung von 1°C Längenänderungen

von nur 2,6 bis 2,9 μm , die drei Reservedrähte (Nr. 255811, 255812, 255813), die von der Fa. *Hildebrand—Wichmann*, Freiberg, Sachsen, stammen, dagegen solche von durchschnittlich 12,0 μm , was auch der Grund war, sie in Reserve zu halten.

Die Bestimmung der Drahttemperatur über die Lufttemperatur — mittels Schleuderthermometer — ist speziell bei Einstrahlungswetter problematisch und unsicher. Der dabei auftretende systematische Fehler wird am kleinsten, wenn das Thermometer während der Drahtmessung in gleicher Art wie der Draht den äußeren Verhältnissen ausgesetzt wird (z. B. [6]). Dem entsprach auch die beschriebene Durchführung der Temperaturmessung während der Drahtmessung. Um dieses Problem besser zu lösen, wurde durch das *Institut für Angewandte Geodäsie* in Frankfurt am Main (II. Abteilung des Deutschen Geodätischen Forschungsinstitutes) versuchsweise an einer für den jeweiligen Tagesabschnitt repräsentativen Stelle eine eigene Temperaturstation eingerichtet. Die Wahl der Standorte schien einfach, da auf dem offenen Rheindamm überall gleichartige Verhältnisse zu herrschen schienen. Die Station bestand aus einem in Meßstellung fixierten Invardraht, dessen Temperatur — wie schon mehrfach erprobt, z. B. [7] [8], laufend durch Messung seines elektrischen Widerstand mittels einer *Wheatstoneschen* Brücke bestimmt wurde, ferner aus einer Reihe von Thermometern mit den abgeschirmten Quecksilberkörpern in Drahtniveau zur Bestimmung der Lufttemperatur und aus unabgeschirmten Thermometern aller Typen, wie sie von den Meßtrupps mitgeführt wurden. Die Anzeigen aller Thermometer wurden in Viertelstundenintervallen registriert, ebenso auch die herrschende Windrichtung und Windgeschwindigkeit. Während des ganzen Meßzeitraumes trat keine Behinderung der Messung durch Wind ein. Durch den Vergleich der Messungen auf der Temperaturstation mit den gleichzeitigen unmittelbaren Temperaturmessungen bei den einzelnen Drahtlagen sollten alle Unstetigkeiten und systematische Einflüsse in den Temperaturmessungen geglättet bzw. eliminiert werden, die durch die wechselnde feldmäßige Handhabung der Thermometer verursacht wurden. Während der Basismessung wurden auch finnische Drahtthermometer nach *T. Honkasalo* [9] versuchsweise eingesetzt. Es sind dies Thermometer, deren Quecksilberbehälter aus einem feinen Glasrohr besteht, das in ein in seiner Längsrichtung röhrenförmig ausgebohrtes Invardrahtstück eingelassen ist.

Die Ergebnisse der Temperaturstationen entsprachen nicht den Erwartungen, der Auswertung der Drahtmessungen wurden die unmittelbar gemessenen Temperaturen zugrunde gelegt.

5. Die Komparierung der Drähte

Der Basismessung gingen Drahtvergleichen auf der 1958 bei München eingerichteten Interferenzstrecke voraus und ebenso schloß sie damit ab.

Als einziges sicheres Mittel, die Länge eines Meßdrahtes zu bestimmen, hat sich seine Komparierung auf einer gegebenen langen Vergleichsbasis unter den gleichen Arbeitsbedingungen wie bei der Basismessung und mit Verwendung der gleichen Spanneinrichtungen erwiesen. Laborvergleiche auf Komparatoren von einer Drahtlänge führen wegen der besonderen Laborbedingungen und der verschiedenen Behandlung und Beanspruchung der Drähte im Labor und bei der Feldmessung

zu systematischen Maßstabfehlern; sie sind jedoch zur Ermittlung der Ausdehnungskoeffizienten (α) notwendig. Die Vergleichsbasis ergibt bzw. kontrolliert nur das Absolutglied (a) der Drahtgleichung für eine angenommene Temperatur, am besten die mittlere Vergleichstemperatur (t_k): $L_D = 24 \text{ m} + a + \alpha (t_m - t_k)$.

Als günstigste Vergleichsbasen haben sich Strecken bis etwa 1 km Länge (Normalkilometer) erwiesen, deren Länge mit höchster Genauigkeit bestimmt sein muß. Dazu steht heute als fast absolut genaues Meßmittel der Interferenzkomparator von *Y. Väisälä* [10], [11], [12] zur Verfügung. Sein Prinzip soll trotz der eingehenden Darstellung in [13], da die dabei benötigten Quarznormalmeter und ihre Einbeziehung in den Meßvorgang für die endgültige Maßstabbestimmung eine entscheidende Rolle spielen, kurz besprochen werden. Es beruht auf dem Effekt, daß zwei parallele Bündel weißen Lichtes, die von derselben Lichtquelle stammen (kohärentes Licht), nach Durchlaufen verschiedener, aber optisch gleich langer Lichtwege, nach Durchtritt durch zwei eng benachbarte Öffnungen einer Blende miteinander interferieren. Das auftretende Beugungsbild zeigt einen scharf ausgebildeten, rein weißen mittleren Interferenzstreifen, an den sich symmetrisch zu beiden Seiten farbig verschwimmende Streifen anschließen. Für den weißen Interferenzstreifen gilt die Beziehung $D_1 n_1 = D_2 n_2$, worin D_1 und D_2 die beiden Lichtwege und n_1 bzw. n_2 die Brechungskoeffizienten der von den einzelnen Lichtwegen durchlaufenen Medien, z. B. Luft, verschiedener Temperatur sind.

In der Praxis wird dieser Effekt folgendermaßen benützt. Eine gegebene Ausgangsstrecke und die zu bestimmende Strecke, die ein ganzes Vielfaches davon sein muß, liegen ineinander und haben einen gemeinsamen Anfangspunkt. In diesem und den beiden anderen Streckenendpunkten werden Planspiegel zueinander parallel und senkrecht zur Meßrichtung angebracht. Das eine Lichtbündel wird zwischen den Spiegeln der Ausgangsstrecke so oft, als diese vervielfacht werden soll, reflektiert; das andere durchläuft die zu bestimmende Strecke hin und zurück. Die Herstellung der Gleichheit der optischen Wege ist wegen der Kleinheit der Lichtwellenlänge ($\lambda_{\text{Mittel}} \sim 0,6 \mu\text{m}$) schwierig und erfordert außer der sehr genauen Absteckung der Spiegelabstände noch Einrichtungen (optische Kompensatoren) zur künstlichen und meßbaren Lichtwegänderung um kleinste Beträge. Die erste Ausgangs- und eigentliche Maßstabstrecke wird von zwei Spiegeln im Abstand von 1 m gebildet und mit Hilfe eines Endnormales aus temperaturunempfindlichem Quarzglas genau bestimmt. Die Messung langer Strecken erfolgt durch mehrfache multiplikative Vervielfachung, wobei der Spiegel im Anfangspunkt der Ausgangsstrecke fest bleibt. Die längste bisher nach diesem gegen Luftunruhe sehr empfindlichen und hohe Experimentierkunst erfordernden Verfahren gemessene Entfernung ist die 864 m lange Vergleichsbasis von *Nummela* in Finnland (1947 und später [14]).

Der Interferenzkomparator, der, wie im Abschnitt 1 erwähnt, zur internationalen Maßstabvereinheitlichung empfohlen wurde, wirft im Augenblick noch eine Maßstabfrage auf. Die Vergleichung der Quarznormale mit dem Strichnormale des internationalen Meters ist nur auf $\pm 1 \mu\text{m}$, d. i. auf 10^{-6} möglich. (Meterprototype untereinander auf $\pm 0,2 \mu\text{m}$.) Die interferentielle Ermittlung des ersten Spiegelabstandes dagegen ist auf $(a + b) \pm 0,01 \mu\text{m}$ möglich: a ist dabei die Länge des Quarznormales, b die Breite des Luftspaltes zwischen Spiegel und Quarzende, die mit Newtonschen

Ringen bestimmt wird, mit anderen Worten, jeder Ermittlung des ersten Spiegelabstandes haftet ein systematischer Fehler von $\pm 1 \mu\text{m}$ an und die hohe Genauigkeit des Interferenzverfahrens kann nicht ausgenützt werden. Die Vergleichung aller Quarzmeter untereinander ist auf $\pm 0,004 \mu\text{m}$ möglich. Sie bilden ein eigenes Maßstabssystem, dessen Genauigkeit weit über dem vom Strichmaß des internationalen Meters ableitbaren liegt. Erst mit Inkrafttreten der Meterdefinition in Wellenlängen der gelborangen Linie des Kryptonisotopes Kr 86 ($1 \text{ m} = 1,650.763,73 \text{ Vakuumwellenlängen}$ [15]) im Jahre 1960, die eine Genauigkeit von $3 \cdot 10^{-8}$ verbürgen wird, wird die strenge Ausdrückung des derzeitigen „Quarz- oder Väisälä-Maßstabes“, den die Interferenzbasen ergeben, in internationalen Metern möglich sein. Dazu ist nur die bereits erfolgte interferentielle Ausmessung eines Quarzmaßstabes notwendig [14].

In Europa bestehen derzeit drei Interferenzbasen: die Nummela-Basis in Finnland (864 m), die Basis von Loenermark in den Niederlanden (576 m, 1957 gemessen durch das Finnische Geodätische Institut) und die Basis im Ebersberger Forst bei München (864 m, 1958 errichtet und durch das Deutsche Geodätische Forschungsinstitut unter finnischer Anleitung in zwei Teilstücken von je 432 m gemessen). Die Genauigkeit der Interferenzstrecken beträgt $D \cdot 10^{-7}$. Die trigonometrische Übertragung der Spiegelstrecke auf die Stabilisierungen der z. B. in München in 2,5 m Abstand parallel dazu angeordneten Drahtvergleichsstrecke hat eine Unsicherheit von etwa $\pm 0,1$ bis $0,2 \text{ mm}$; das ergibt als Unsicherheit für die Länge der Vergleichsbasis bei München ca. $\pm 0,2 \text{ mm}$. Diese Genauigkeit gilt aber praktisch nur für den Zeitpunkt der interferentiellen Ausmessung, die wegen Bodenbewegungen von Zeit zu Zeit wiederholt werden muß.

Die Münchener Interferenzstrecke wurde sowohl für die Drahtvergleiche für die Münchener Basismessung (1958) als auch für Heerbrugg verwendet. Beiden Basen liegt somit vorläufig der „Väisälä-Maßstab“ zugrunde. Die verwendeten Ausdehnungskoeffizienten der Drähte wurden teils an der *Physikalisch-Technischen Bundesanstalt* (PTB) in Braunschweig, teils im *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM) in Bréteuil bestimmt. Es sei noch ergänzend bemerkt, daß die Komparierungen unter den gleichen günstigen Wetterverhältnissen wie bei der Basismessung verliefen und daß auch hier mit einer Temperaturstation gearbeitet wurde.

Über das Ergebnis der Drahtvergleiche wird im Abschnitt 7 berichtet.

(Fortsetzung folgt.)

Die Ausgleichung bedingter Beobachtungen im Rahmen der mathematischen Statistik

Von P. Meissl, Wien

§ 1. **Einleitung.** Anknüpfend an den in Nr. 3, Jg. 1959, erschienen Artikel „Die Ausgleichung vermittelnder Beobachtungen im Rahmen der mathematischen Statistik“ [1] von W. Eberl soll im folgenden der Fall bedingter Beobachtungen vom Standpunkt der linearen Schätztheorie her betrachtet werden.

Da vermittelnder und bedingter Ausgleich durchaus äquivalent sind — es handelt sich ja nur um verschiedene Formulierungen desselben Problems —, ließen sich die einzelnen Sätze für bedingte Beobachtungen aus den entsprechenden für ver-

Die Verbesserungen $\Delta\alpha_i^0$ und $\Delta\beta_i^0$ der Koeffizienten der Gruppe II ergeben sich in derselben Weise wie die Verbesserungen $\Delta\alpha_i$ und $\Delta\beta_i$ nach (32).

Die Reduktion der Normalgleichungen kann in der obigen Weise mehrmals durchgeführt werden, sofern es lohnend ist.

Literatur:

- [1] *L. Krüger*: Über die Ausgleichung von bedingten Beobachtungen in zwei Gruppen. Preussisches geod. Institut, Folge 18, Potsdam, Leipzig 1905 (deutsch).
 [2] *A. U. Kobilin*: Grupowoe urawniwanie rudnitschnoi triangulazii, Moskwa 1956 (russisch).
 [3] *W. Peewski*: Israwnenie po metoda na nai-malkite quadrati, Sofia 1953 (bulgarisch).
 (4) *B. Iwanov*: Über die Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen in zwei Gruppen, Sofia, Godischnik na Ingenerno-stroitelnia institut, tom IX, kniga I, 1957 (bulgarisch).

Die Basismessung von Heerbrugg 1959

Von *Josef Mitter*

(*Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen*)

(*Fortsetzung*)

6. Das Aligement und Nivellement

Das Aligement, d. i. die Bestimmung der Ausweichung der Meßpfähle aus der Basisrichtung, gliederte sich durch den extremen Verlauf des Basispolygones in mehrere verschiedene Arbeitsvorgänge, die einheitlich mit Wild-Theodoliten T 3 ausgeführt wurden.

In den Strecken, in denen die Meßpfähle in eine Gerade eingefluchtet werden konnten, z. B. in der ganzen Südhälfte bis Polygonpunkt BP. 5, wurden reine Aligementmessungen durchgeführt. Die Einmessungen wurden auf Standpunkten (Meßpfählen) in etwa 300 m Abstand vorgenommen, die — wie schon in Abschnitt 3 erwähnt — für Instrumentenaufstellung eingerichtet worden waren. Die Lage des eigenen Standpunktes innerhalb der Geraden wird dabei durch Winkelmessung nach den Endpunkten bzw. nach den nächsten Standpunkten bestimmt. Zur Signalisierung der Standpunkte wurden Zieltafeln der Wildschen Polygonausrüstung benützt. Zur Messung der Exzentrizitäten, die in drei Sätzen erfolgte, kam eine kurze, horizontale Latte mit Zentimeter- und Millimeter-Teilungen zur Verwendung, die auf die Jäderinzapfen aufgesteckt und mit einem festen Zielfernrohr senkrecht zur Visierichtung gestellt wird. Sie gestattet die direkte numerische Ablesung der Ausweichung oder, bei Abdeckung der Teilung durch vorhergehende Meßmarken, ihre Bestimmung durch Richtungsmessungen nach symmetrischen Teilstrichen. Die mittlere Ausweichung eines Jäderinzapfens betrug 1 mm.

In den Polygonseiten, in denen keine Einrichtung möglich war, wurden Richtungsmessungen nach den Zwischenpfählen vorgenommen. Sie wurden wegen der durch die großen Ausweichungen aus der Geraden geforderten Genauigkeit, ebenso wie die Zwischenpolygonwinkel selbst, in drei Sätzen beobachtet. Sowohl die Aligement- als auch die Richtungsbeobachtungen wurden wegen einer gewissen zu be-

fürchtenden Unstabilität der Pfähle im Dammkörper unmittelbar vor, zwischen und nach den Drahtmessungen durchgeführt ($M \sim \pm 3^{\text{cc}}$).

Die Messung der Hauptbrechungswinkel erfolgte vor und nach der Basismessung bei Tag in je zehn Sätzen. Das Anschlußdreieck A—B-Basisendpunkt Süd wurde jeweils sofort nach den beiden Messungen der Hilfsbasis AB in zehn Sätzen gemessen ($M \sim \pm 1^{\text{cc}}$).

Die sonst bei Tagesmessungen vor und nach den einzelnen Tagesabschnitten üblichen Lotungen entfielen dank der in Abschnitt 3 beschriebenen Zentriereinrichtungen. Nur auf den Pfeilern A und Basisendpunkt Nord wurden jeweils Lagekontrollen nach den Versicherungen vorgenommen.

Das Basisnivellement wurde abschnittsweise knapp vor, zwischen und nach jeder Drahtmessung mit dem automatischen Nivellier Ni 2 von *Zeiß-Opton* mit planparalleler Platte und Spezialinvarlatten durchgeführt ($m_{\Delta h} \sim \pm 0,3$ bis $0,2$ mm).

Alignment und Nivellement wurden von schweizerischen Meßtrupps vorgenommen.

7. Die Auswertung der Drahtmessungen

Die Ergebnisse der Drahtmessungen wurden sofort mit vorläufigen Konstanten aus Laborvergleichen einer Kontrollauswertung unterzogen. Für die österreichischen Drähte standen dafür die Vergleichswerte von der PTB in Braunschweig von 1958/59 zur Verfügung. Für die Reservedrähte mußten ältere, schon 1953 am BIPM in Bréteuil bestimmte Ausdehnungskoeffizienten verwendet werden. Diese Ausdehnungskoeffizienten hätten, falls die Reservedrähte zur Basismessung verwendet worden wären, neu bestimmt werden müssen, da sie zeitlichen Änderungen unterliegen.

An den einzelnen Drahtlagenmitteln wurde der Einfluß der unmittelbaren Temperaturmessungen und das Absolutglied angebracht, die Resultate abschnittsweise in Hin- und Rückmessung gegenübergestellt, auf Differenzen geprüft und das Abschnittsmittel aus den Summen für Hin- und Rückgang gebildet. Die dabei auftretenden Differenzen aus Summe Hin- minus Summe Rückgang ($[H] - [R]$) zeigen die innere Genauigkeit der Messungen. Sie war für die einzelnen Unterabschnitte im Durchschnitt besser als 10^{-6} . Als obere Grenze gilt etwa $\frac{1}{2} \cdot ([H] - [R]) = \sqrt{Dkm}$ mm. Die Tabelle 1 zeigt die mit den vier österreichischen Meßdrähten für die Länge des Basispolygonzuges von A bis BEP Nord erzielten Ergebnisse.

Tabelle 1

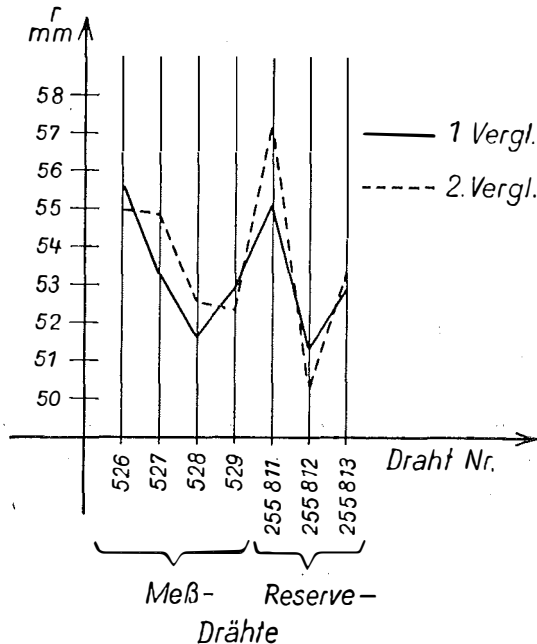
$$D = 297,24 \text{ m} + r \text{ mm} = 7128 \text{ m} + r \text{ mm}$$

Draht Nr.	526	527	528	529
r mm	+2686,182	+2673,115	+2658,303	+2656,810
$[H] - [R]$ mm	-1,107	+2,019	+2,248	+0,700

Während die auftretenden Schlußdifferenzen, die maximal rd. 5,3 mm betragen dürften, äußerst klein sind, beträgt die Spannung in den Ergebnissen 29,4 mm. Eine Betrachtung der verschiedenen Drahtvergleichen zeigt aber sofort den systematischen Charakter dieser Streuung.

Die Resultate der Vergleiche vor, während und nach der Basismessung geben ein Bild über das Verhalten der einzelnen Drähte unter dem Einfluß der Transporte und des Meßvorganges und zeigen damit den Gang der wirksamen Drahtkonstante. Sie sind im Diagramm in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt.

Abb.3
Interferenzbasis (864m)
5:1



Diese zeigen die Meßergebnisse auf der Interferenzbasis bzw. auf dem Basisabschnitt 3, wobei jeweils die Reststücke über 36 . 24 m bzw. 35 . 24 m für die verschiedenen Drähte aufgetragen wurden. Da beide Strecken nur um eine Drahtlage differieren und sonst bis auf den geringfügigen konstanten Einfluß der Schwere-differenz (= Spannungsänderung) gleichartige äußere Verhältnisse herrschten, sind die erhaltenen Bilder sofort vergleichbar. Sie zeigen, daß die einzelnen Drähte starke Unterschiede ergeben, die bei den verschiedenen Vergleichen im wesentlichen erhalten bleiben. Die Erklärung dieser Tatsachen ist einfach.

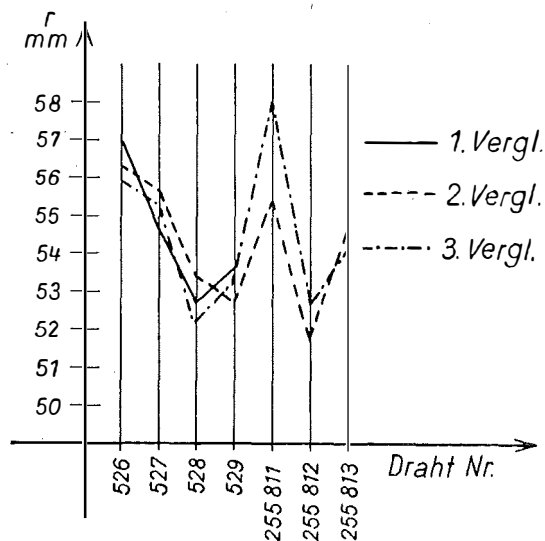
Da das Bundesamt zwar sieben Drähte einsetzte, aber nur ein eigenes Spannbockpaar besitzt, wurden vom Institut für Angewandte Geodäsie leihweise ein weiteres Paar für ständig und zwei andere Paare für die Vergleichen der Reserve-drähte zur Verfügung gestellt. Es wurden demnach für die Drähte 528, 529 und 255 812 die österreichischen Spannbocke, für die Drähte 526 und 527 das Spannbockpaar 5/6, für den Draht 255 811 das Paar 1/2 und für den Draht 255 813 das Paar 3/4 des IfAG benützt. Gruppirt man die Ergebnisse mit den österreichischen Spannbocken und mit dem IfAG-Paar 5/6, so zeigt sich folgendes Bild (Tabelle 2).

Tabelle 2

Draht Nr.	Interferenzbasis	Abschnitt 3	Basis
528	1. Vergl. +51,733 mm 2. „ 52,654 mm	1. Vergl. +352,695 mm 2. „ 353,559 mm 3. „ 352,248 mm	+2658,303 mm
529	1. Vergl. +52,890 mm 2. „ 52,396 mm	1. Vergl. +353,561 mm 2. „ 352,674 mm 3. „ 353,196 mm	+2656,810 mm
255 812	1. Vergl. +51,386 mm 2. „ 50,299 mm	1. Vergl. — 2. „ +351.739 mm 3. „ 352,754 mm	—
526	1. Vergl. +55,770 mm 2. „ 55,000 mm	1. Vergl. +357,058 mm 2. „ 356,383 mm 3. „ 355,982 mm	+2686,182 mm
527	1. Vergl. +53,372 mm 2. „ 54,912 mm	1. Vergl. +354,681 mm 2. „ 355,766 mm 3. „ 355,337 mm	+2673,115 mm

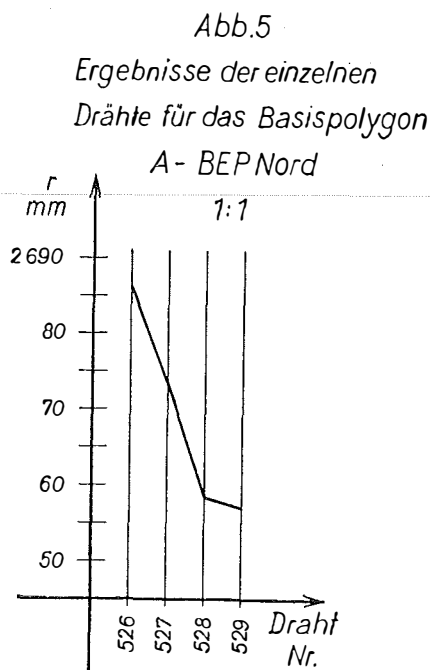
Die Ursache für die Streuungen der Ergebnisse in Tabelle 1 bzw. in den Diagrammen in den Abbildungen 3 und 4 ist in erster Linie in der Verschiedenheit der Drahtspannungen durch die österreichischen und durch die IfAG-Spannböcke

Abb. 4
Basisabschnitt 3 (840m)
5:1



(unterschiedliche Gewichte¹⁾ und Reibung) zu suchen. In zweiter Linie dürften die im Labor der PTB bestimmten Absolutglieder der Drähte 526 und 527 untereinander eine relative Unsicherheit von etwa 0,044 mm aufweisen.²⁾ Die Gegenüberstellung führt überzeugend die Notwendigkeit, die verwendeten Spannungseinrichtungen in die Drahtkomparierungen einzubeziehen und diese auf Vergleichsbasen vorzunehmen, vor Augen.

Abbildung 5 zeigt graphisch den Verlauf der Werte in Tabelle 1. Für die Drähte Nr. 526, 527 und 529 ergibt sich der fast konforme Verlauf zu den analogen Ab-



schnitten in den Abbildungen 3 und 4. Der Draht Nr. 528 weicht im 3. Vergleich auf Abschnitt 3 erheblich ab und läßt einen fehlerhaften Vergleich vermuten. Zum besseren Verständnis der drei Diagramme sei noch die Reihenfolge angeführt, in der die Drähte bei der Basismessung verwendet wurden, und zwar Nr. 527 und 529 zwischen dem 1. und 2. Vergleich und Nr. 526 und 528 zwischen dem 2. und 3. Vergleich.

Die Diagramme in den Abb. 3 und 4 lassen bei den einzelnen Drähten noch folgendes Verhalten erkennen: Nr. 526 zeigt über den ganzen Meßverlauf eindeutig eine Dehnung, Nr. 527 und 528 zeigen Verkürzungen, Nr. 529 eine Verlängerung. Der Draht Nr. 255 811 wird kürzer, 255 812 und 255 813 zeigen auf der Basis und auf der Interferenzstrecke entgegengesetzte Tendenzen. Es ist dabei zu beachten,

¹⁾ Differenz der Gewichte ≤ 1 g, dagegen größere Unterschiede in den Spannbändern. Die Spangewichte der PTB waren um 11 bzw. 9 g schwerer, was aber bei der Relativauswertung unwesentlich ist.

²⁾ Von der PTB werden für die Laborvergleichen, die nur mit den fixen Spanneinrichtungen des Labors erfolgen, Unsicherheiten von $\pm 0,02$ mm angegeben.

daß die Ergebnisse noch von verschiedenen nicht scharf definierbaren systematischen Einflüssen, wie kleinen Spannungsfehlern und im Abschnitt 3 eventuelle Pfahlbewegungen während der Messung überlagert werden und daß an den Messungen auf der Interferenzbasis noch die Resultate der Lotungen wegen der zeitlichen Änderungen der Jäderinzapfen über den unterirdischen Endstabilisierungen anzu- bringen sind, um sie streng vergleichen zu können.

Das Ergebnis der vorläufigen Auswertung zeigte die Brauchbarkeit der Drahtmessungen. Als nächster Schritt folgt nun die Bestimmung der wirksamen Absolutglieder aus den Vergleichen auf der Interferenzstrecke. Die Zwischenvergleiche auf der Basis ermöglichen dazu eventuell noch eine lineare Interpolation nach der Zeit.

Die Berechnung der endgültigen Basislänge, also die Anbringung der verschiedenen Reduktionen wegen der physikalischen Änderungen der Meßdrähte, wegen der Formänderungen der Drahtkurve (Kettenlinie), wegen der Meßanordnung und die Projektion des Basispolygons auf die Basisgerade wird in Zusammenarbeit der beteiligten Institute ausgeführt werden. Zur Bestimmung des Einflusses der Schweredifferenz zwischen Basis und Vergleichsbasis (Spannungsänderungseffekt) werden noch von schweizerischer Seite Gravimetermessungen ausgeführt.

(Schluß folgt)

Rationalisierung im österreichischen Bundesvermessungsdienst durch den Einsatz des Lochkartenverfahrens für geodätische Berechnungen

Von *Ferdinand Höllrigl*

(*Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien*)

I. Einleitung und Rückblick

Die Rationalisierung im Vermessungswesen ist keine Erfindung der jüngsten Zeit; letzten Endes sind z. B. die Einführung der Tischrechenmaschine, die Verwendung optischer Distanzmesser oder die von Morpurgo [1] eingeführte Art der Berechnung eines Vorwärtseinschnittes aus orientiert gemessenen Richtungen Beispiele echter Rationalisierung, von der Photogrammetrie ganz zu schweigen. Wenn nun also mit der Entwicklung moderner Rechenautomaten auch diese in den Dienst des geodätischen Fortschrittes gestellt werden, so liegt dies durchaus in der vorhin aufgezeigten Entwicklungstendenz; außergewöhnlich erscheint höchstens die Intensität und Schnelligkeit, mit der diese neuen Methoden in unseren geodätischen Alltag eingebrochen sind. Es dürfte daher zweckmäßig und wertvoll sein, eine kleine Bestandsaufnahme vorzunehmen, um sowohl einen Überblick über die bisherige diesbezügliche Entwicklung bis zum heutigen Stand zu bekommen, als auch die weiteren Möglichkeiten aufzuzeigen und zu untersuchen. Nur vom festen eigenen Standpunkt aus werden wir imstande sein, die weitere Entwicklung zu beherrschen und zu lenken. Die Maschinen sollen uns dienen und von Routinearbeiten befreien, um unsere Arbeitskraft für wertvollere Tätigkeit freizumachen, das ist ihr einziger Zweck.

Die ersten Versuche des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (in der Folge kurz Bundesamt genannt), das Lochkartenverfahren für geodätische Berechnungen zu verwenden, gehen bereits auf das Jahr 1955 zurück [2], [3]. Bald

Die Basismessung von Heerbrugg 1959

Von *Josef Mitter*

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

(Schluß)

8. Die Messung des Entwicklungsnetzes

Alle Punkte des Entwicklungsnetzes außer den beiden Basisendpunkten gehören den bereits bestehenden trigonometrischen Netzen der Schweiz und Österreichs an. Für die Beobachtung des Basisnetzes wurden die Punkte Hoher Freschen, Hohe Kugel (3. Ordnung) und Säntis mit exzentrischen Beobachtungspfeilern ausgebaut. Auf dem Punkt St. Anton (2. Ordnung) wurde wegen des Baumbestandes in Richtung Säntis ein zentrischer Beobachtungshochstand von ca. 7 m Tischhöhe errichtet und seine durchbrochene Tischplatte mit der gleichen Zentrierungseinrichtung für optische Lotung (mit Kugel-Zwangszentrierung) versehen, wie sie im Abschnitt 3 bei den Hauptpolygonpunkten beschrieben wurde. Sie bewährte sich auch hier gut. Auf dem Punkt Pfänder war das Zentrum bereits durch einen Beobachtungspfeiler aus Granit stabilisiert.

Die Signalisierung erfolgte durch Scheinwerferlicht. Vor Beginn der Beobachtung wurden die verschiedenen Leuchtgerätetypen der beteiligten Institute von der Eidgen. Landestopographie einer kritischen Prüfung hinsichtlich ihrer Reichweite und einer eventuellen Exzentrizität des Intensitätsmaximums gegenüber dem geometrischen Scheinwerferzentrum, die bei den kurzen Sichten der ersten Vergrößerungsfigur von Bedeutung ist, unterzogen und darnach für Distanzen bis 30 km das schweizerische Armee-Signalgerät SG 1922 ($\varnothing = 0,13$ m, 6 Volt/7 Watt) und für größere Entfernungen der deutsche Scheinwerfer Bosch-Eisemann LS 215 ($\varnothing = 0,19$ m, 12 Volt/100 Watt) ausgewählt. Das zweite Gerät wurde wegen des hohen Stromverbrauches nur auf Säntis und Pfänder mit Anschluß an das örtliche Stromnetz verwendet. Die Scheinwerfer wurden in die Visierebenen eingefluchtet. Das schweizerische Leuchtgerät gestattete durch eine regulierbare Keilblende eine gute Angleichung der Lichtintensitäten bei verschiedenen langen Visuren und wechselnden Sicht- bzw. Absorptionsverhältnissen. Für die dazu notwendige Verbindung der Beobachtungsstationen sowie überhaupt zur Koordinierung der Arbeiten im Entwicklungsnetz stellte die Eidgen. Landestopographie Tornisterfunksprechgeräte zur Verfügung, die die Beobachtungsarbeiten weitgehend erleichterten.

Um die Beobachtung des Netzes nach den Gesichtspunkten in Abschnitt 2 möglichst rasch durchzuführen, wurden zwei schweizerische und zwei österreichische Meßtrupps eingesetzt. Da die vorhandenen Leuchtgeräte nicht zur kompletten Beobachtung von vier Stationen ausreichten, wurde das Netz entsprechend den Vergrößerungsschritten in drei selbständige Vierecke:

- Viereck I: St. Anton, BEP Nord, Hohe Kugel, BEP Süd
- „ II: St. Anton, Pfänder, Hohe Kugel, Säntis
- „ III: St. Anton, Pfänder, Hoher Freschen, Säntis

zerlegt. Die Seite Hohe Kugel—Hoher Freschen wurde, da zur Netzentwicklung nicht erforderlich und in der österreichischen Neutriangulierung bereits beobachtet, wegen Inhomogenität nicht gemessen.

Im allgemeinen wurde bisher der Bestimmung der Winkelgewichte in einem Basisnetz der *Schreibersche* Satz und Überlagerung mit einem Mindestgewicht nach dem Vorschlag von *I. Jung* zugrunde gelegt. Der Schreibersche Satz geht aber nur auf rein statische bzw. ausgleichstechnische Forderungen ein und nimmt auf die bei der Beobachtung herrschenden physikalischen Verhältnisse keine Rücksicht. Durch den Verzicht auf die Beobachtung statisch unwichtiger Richtungen oder durch ihre Messung mit geringem Gewicht gehen wirksame Kontrollen verloren oder werden unverlässlich. Da nach dem Geländerelief des Basisnetzes das Auftreten von Seitenrefraktion zu befürchten war, mußten erstens die Beobachtungen so angeordnet werden, daß diese Einflüsse durch die Messung bei möglichst verschiedenen Zuständen elimiert wurden, also die Verteilung der Messungen auf Tag und Nacht und auf mehrere Tage, und zweitens mußte das ganze Netz, um wirksame Kontrollen in Form von Dreieckschlüssen und Seitengleichungen zu erhalten, mit gleichen Gewichten beobachtet werden.

Wegen der günstigen Erfahrungen bei Gebirgsbeobachtungen in der Schweiz und im österreichischen Hauptdreiecksnetz wurde als Meßverfahren die Sektorenmethode gewählt, und das Gewicht für den Einzelwinkel mit $p = 36$ bzw. für den Sektorenwinkel mit n Einzelwinkel mit $p' = p \frac{n-1}{n}$ bestimmt. Die kleinste Beobachtungseinheit zur Erfassung eines Zustandes, also eine Tages- oder Nachtsérie, sollten sechs symmetrische Sätze sein.

Die Beobachtung aller drei Vierecke wurde zwischen dem 10. August und 11. September mit Wild-Theodoliten T 3 durchgeführt. Speziell in der zweiten Hälfte des Beobachtungszeitraumes herrschten, wie schon bei der Drahtmessung erwähnt, ausgezeichnete Beobachtungsverhältnisse, die aber zeitweise durch die Dunstbildung über der Rheinebene beeinträchtigt wurden. Auf allen Stationen wurden mehr Beobachtungen als vorgesehen ausgeführt; auf den drei österreichischen einheitlich je zwei komplette Serien ($[p] = 72$) und neun Sätzen als kleinste Beobachtungseinheit. Die gleichmäßige Verteilung auf Tages- und Nachtbeobachtungen konnte nicht streng eingehalten werden, besonders auf dem Pfänder überwogen in einzelnen Winkeln die Nachtbeobachtungen. Im 1. Viereck traten deutlich Seitenfraktionseinflüsse auf.

Die zu den einzelnen Vierecken gehörenden Beobachtungen wurden in Stationsausgleichungen zusammengefaßt. Der dabei bestimmte mittlere Fehler eines ausgeglichenen Winkels ergab sich im Durchschnitt mit $\pm 0,12''$ bzw. der entsprechende Richtungsfehler mit $\pm 0,085''$. Diese sehr kleinen mittleren Fehler zeigen die hohe innere Genauigkeit, die nach der gut durchdachten Beobachtungsanordnung zu erwarten war, sie sagen jedoch nichts über eventuelle konstant wirkende systematische Einflüsse aus. Um hierüber Aufschluß zu erhalten, wurden in den einzelnen Vierecken die vorläufigen Dreieckschlüsse und die Seitengleichungen für den Diagonalschnittpunkt aufgestellt. Die Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 3

Viereck I: Dreieck 1, 2, 4	$w = -0,6''$
„ 2, 3, 4	$w = +0,1''$
„ 1, 3, 4	$w = -0,9''$
Seitengleichung	$w = +421 \cdot 10^{-8}$ log. Einh.
Viereck II: Dreieck 1, 5, 6	$w = -0,1''$
„ 5, 3, 6	$w = -1,0''$
„ 1, 3, 6	$w = -1,7''$
Seitengleichung	$w = +304 \cdot 10^{-8}$ log. Einh.
Viereck III: Dreieck 5, 7, 6	$w = -1,5''$
„ 1, 7, 6	$w = -0,9''$
Seitengleichung	$w = +132 \cdot 10^{-8}$ log. Einh.

In der Tabelle 2 bedeuten:

1 ... St. Anton	5 ... Säntis
2 ... BEP Süd	6 ... Pfänder
3 ... Hohe Kugel	7 ... Hoher Freschen
4 ... BEP Nord	

In dieser Aufstellung fällt auf, daß, während die Widersprüche der Seitengleichungen sehr klein sind, sehr große Dreieckswidersprüche auftreten: $|w_{\max}| = 1,7''$. Da die negativen Dreieckswidersprüche mit 7:1 überwiegen, taucht der Verdacht auf, daß systematische Ursachen vorliegen und die kleinen Widersprüche der Seitengleichungen auf Kompensationen innerhalb der Figuren beruhen. Schließt man instrumentelle und methodische Ursachen wegen ihres geringen Einflusses aus [20], so bleiben physikalische, und zwar die Seitenrefraktion und der unsystematische Anteil der Lotabweichung, die Lotstörungen, übrig.

Das Auftreten von Seitenrefraktion wird durch Dichteänderungen in der Atmosphäre verursacht, bei denen die Dichtegradienten schräg zur Visierebene liegen. Die Dichteverhältnisse werden in der Hauptsache nur durch die Lufttemperatur bestimmt, die jeweils eine Funktion der Witterung, der Tageszeit und des Reliefs sowie der Bodenbedeckung in der Umgebung der Visierebene ist. Ihre Einwirkungen nehmen mit der Höhe der Visur über dem Gelände ab. In einem Gebirgsnetz wie dem vorliegenden Basisnetz sind vor allem die Sichten längs oder schräg zu Kämmen und Rücken und von Gipfeln ins Tal und umgekehrt anfällig. Durch eine entsprechende Anordnung der Beobachtungen wurde versucht, diese Einflüsse zu eliminieren. Systematische Refraktionsanomalien, die aus dem Relief stammen, können aber durch keine Anordnung völlig erfaßt werden. Als stark systematisch refraktionsgefährdet sind z. B. die Richtungen Pfänder—Hoher Freschen und Pfänder—Hohe Kugel auf ihrem Verlauf über dem Rücken des Pfänders zu betrachten, auf dem die Errichtung eines Hochstandes ortsbedingt nicht möglich war. Von diesen beiden Richtungen sind aber die vier letzten Dreiecke mit den großen Widersprüchen $-1,0''$, $-1,7''$, $-1,5''$ und $-0,9''$ betroffen.

Im Gegensatz zu dem als individuell anzusprechenden Charakter des Einflusses der Seitenrefraktion, übt die Lotabweichung auf jede Richtung einer Station einen

streng berechenbaren, konstanten Einfluß aus. Die Abweichung der physikalischen (= astronomischen) Lotrichtungen von den Ellipsoidnormalen, für die der theoretische Dreiecksschluß: $2R + \text{sphärischer Exzeß}$ gilt, wirkt wie ein Stehachsenfehler. Es wurde daher, soweit als Grundlagen vorhanden sind, eine überschlägige Untersuchung der Lotabweichungseinflüsse versucht.

Aus der Lotabweichungsausgleichung des gesamteuropäischen Dreiecksnetzes [16] sind für das Internationale Ellipsoid mit dem Fundamentalpunkt Potsdam die abgerundeten Lotabweichungskomponenten ξ und η auf Hoher Freschen, Pfänder und Säntis bekannt (Tabelle 4).

Tabelle 4

Punkt	ξ	η	ϵ	Azimut A_e
Hoher Freschen	+9''	-23''	25''	291° 24'
Pfänder	-1''	-19''	19''	266° 59'
Säntis	+5''	- 5''	7''	315° 00'

$$\text{ctg } A_e = \frac{\xi}{\eta}, \quad \epsilon = \frac{\xi}{\cos A_e} = \frac{\eta}{\sin A_e}$$

Mit Hilfe der Formel für den Stehachsenfehler

$$\Delta = \epsilon \sin u \cdot \text{ctg } \zeta$$

folgen daraus auf dem Punkt Hoher Freschen ($H = 2,00$ km) folgende Richtungseinflüsse Δ (Tabelle 5):

Tabelle 5

Richtung	A	u	$\sin u$	H km	ΔH km	D km	$\text{ctg } \zeta$	Δ
Säntis	259° 18'	327° 54'	-0,847	2,50	0,50	34,0	+0,015	-0,31''
St. Anton	301° 56'	10° 32'	+0,183	1,04	0,96	22,0	-0,044	-0,20''
Pfänder	0° 29'	69° 05'	+0,934	1,06	0,94	24,2	-0,039	-0,91''
Lotabweichung	291° 24'	0° 00'						

$$u = A - A_e, \quad \text{ctg } \zeta = \frac{\Delta H}{D}$$

Damit ergeben sich im III. Viereck im Dreieck 5, 7, 6 für den Winkel Hoher Freschen ein Defekt von $-0,60''$, d. h. um diesen Betrag wurde der Winkel zufolge der Lotabweichung zu klein gemessen und analog dazu im Dreieck 1, 7, 6 ein Defekt von $-0,71''$.

Auf gleiche Weise wurden auch auf den Punkten Pfänder und Säntis die Lotabweichungseinflüsse berechnet. Sie ergaben folgende Werte für Δ (Tabelle 6):

Tabelle 6

Station Pfänder	Δ	Station Säntis	Δ
Richtung Hoher Freschen	-0,74''	Richtung St. Anton	-0,44''
„ Hohe Kugel	-0,55''	„ Pfänder	-0,23''
„ Säntis	-0,38''	„ Hohe Kugel	-0,18''
„ St. Anton	0,00''	„ Hoher Freschen	-0,08''

Die auftretenden Richtungseinflüsse erreichen beachtliche Größen. Für das Dreieck 5, 7, 6 des III. Viereckes ist die Berechnung der Einflüsse für alle drei Winkel möglich. Sie betragen $+0,15''$, $-0,60''$, $+0,36''$, ergeben in der Summe aber fast Null. Alle sonst noch berechenbaren Winkeländerungen sind positiv, d. h. die Winkel sind zu groß gemessen. Es bleibt noch abzuwarten, welchen Einfluß die derzeit noch unbekanntes Lotabweichungen auf Hohe Kugel und St. Anton ausüben werden. Es ergibt sich daher als notwendige Ergänzung zum Programm der astronomischen Beobachtungen die Bestimmung der Lotabweichung auf allen Punkten des Netzes.

Weiters sollen auf allen Punkten des Basisnetzes Lotkrümmungsbestimmungen auf gravimetrischem Wege oder über die topographische Situation versucht werden, um die für das naturtreue Netz der Zukunft geforderte exakte Projektion auf das Geoid und mittlere Erdellipsoid vornehmen zu können. Es muß dabei betont werden, daß erst die Korrekturen wegen der Lotkrümmung das Problem der Lotstörungseinflüsse wirklich lösen, da die oben verwendeten *Helmertschen* Lotabweichungen verschiedenen Niveauflächen angehören.

Diese Zusammenstellung sollte eine Übersicht über den Vorgang und die Probleme bei einer modernen Basismessung unter extremen Verhältnissen geben. Überschlägt man den ganzen Aufwand, so erhebt sich fast zwangsläufig die Frage, warum man nicht eines der modernen elektronischen Distanzmeßverfahren zur Messung der gewünschten Maßstabseite 1. Ordnung heranzieht, denn sowohl das Geodimeter als auch das Tellurometer haben ihre praktische Verwendbarkeit und Zuverlässigkeit bei vielen Arbeiten erwiesen. Das stimmt wohl prinzipiell, aber eine gewisse Einschränkung muß dabei getroffen werden. Sieht man von allen instrumentellen Einflüssen ab, so ist der Maßstab, den die elektronischen Verfahren vermitteln, von zwei grundlegenden Faktoren bestimmt: erstens von der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum c und zweitens vom Brechungskoeffizienten n des durchlaufenen Mediums, also der Atmosphäre längs des Wellenweges zur Zeit der Messung. Beide ergeben mitsammen nach der Grundgleichung $v = c/n$, die während der Messung längs des Wellenweges herrschende Lichtgeschwindigkeit v . Der Brechungskoeffizient ist eine Ortsfunktion der Temperatur, des Druckes und des Wasserdampfgehaltes der Luft und wegen der Dispersion auch eine Funktion der verwendeten Trägerwelle.

Auf dem 11. Kongreß der IUGG in Toronto (Kanada) im Jahre 1957 wurde für alle geodätischen Arbeiten der Vakuumlichtgeschwindigkeitswert von

$$c = 299\,792,5 \pm 0,4 \text{ km/s}$$

empfohlen. Dieser Wert ist ein Mittel aus geodätischen und rein labormäßigen hochfrequenztechnischen Bestimmungen. Beide Male liegen gegebene Distanzen — allerdings sehr verschiedener Ausmaße — zugrunde. Im ersten Fall sind es hauptsächlich geodätische Basen, im zweiten die interferentiell bestimmten Dimensionen von Hohlraumresonatoren oder Interferometern. Für die geodätische Ermittlung aus Basen gilt, daß sie einen Lichtgeschwindigkeitswert ergeben, der dem Basismaßstab entspricht. Damit sind aber bereits alle bisherigen derartigen Bestimmungen charakterisiert; sie sind ein Spiegel der Maßstabdifferenzen, deren Eliminierung derzeit angestrebt wird. Ein klassisches Beispiel dafür erscheint die Differenz zwischen

dem von *E. Bergstrand* mit Geodimetermessungen bestimmten Wert von

$$c = 299\,793,1 \pm 0,25 \text{ km/s}$$

[17], der von den beiden schwedischen Basen Enköping und Öland abgeleitet wurde, und dem bei der Nachmessung der beiden englischen Basen von Ridge Way und Caithness sowie mehrerer australischer Basen bestimmten Vakuumwert von

$$c = 299\,792,35 \text{ km/s [18].}$$

Wenn auch der australische Wert aus Messungen abgeleitet wurde, die methodisch nicht für Lichtgeschwindigkeitsbestimmungen angelegt worden waren, so liegt doch der Gedanke nahe, daß die Differenz in c das Maßstabverhältnis Schweden bzw. Baltischer Ring und Englisches Commonwealth widerspiegelt. Die Tatsache, daß der australische Wert dem neuen c -Wert der IUGG sehr nahe kommt, ist aber noch kein Beweis dafür, daß nur der schwedische Maßstab abweicht, denn alle neuen c -Bestimmungen stammen aus englisch-amerikanischen Laborbestimmungen und damit aus einer maßstabmäßig vielleicht in sich geschlossenen Zone.

Für den von der IUGG empfohlenen c -Wert ist im Sinne der Maßstabvereinheitlichung die Vergleichung mit dem „Väisälä-Maßstab“ unbedingt notwendig. Dazu sind modernst ausgemessene Basisnetze zu verwenden, in denen geländemäßig einfache Verhältnisse herrschen, so daß der zweite integrierende Faktor der elektronischen Verfahren, der Einfluß der Atmosphäre und im besonderen die Lufttemperatur, sicher bestimmt werden kann. Am günstigsten ist ein relativ flaches Gelände, über dem die Licht- oder Wellenwege in 20 bis 30 m Höhe, also außerhalb der gestörten bodennahen Luftschichten, verlaufen. Da die isothermen Flächen in diesen Höhen dem Geländeprofil ungefähr parallel folgen, wird die kritische Temperaturbestimmung einfach. Ein Netz, das dieser Forderung gut entspricht, ist das Entwicklungsnetz München. Die bisher dort durchgeführten Geodimeter- und Tellurometermessungen haben den günstigen Reliefverlauf für diese Untersuchungen bestätigt. Selbstverständlich eignet sich ein solches Gelände auch gut zur Erprobung von Geräten und Methoden.

Bei Messungen im stark gegliederten Gelände, im besonderem im Gebirge, ist die Bestimmung der meteorologischen Elemente schwierig. Der Wellenweg verläuft nicht mehr parallel zum Profil, sondern im wesentlichen in der vom Bodeneinfluß freien Atmosphäre, und die auf den Streckenendpunkten (Gipfelpunkten) gemessenen Temperaturen sind nur in Ausnahmefällen auch für die freie Atmosphäre im gleichen Niveau repräsentativ. Bei Wind – und in größeren Höhen herrscht fast immer Wind –, wo man eine gute Durchmischung der Luft annehmen würde, tritt fast immer in der gipfelnahen Zone ein Absinken der Temperatur ein. Dieser Effekt ist die Folge eines adiabatischen Prozesses beim erzwungenen Aufsteigen von Luftmassen aus tieferen Schichten an den Berghängen. Die aufsteigende Luft dehnt sich aus, wenn sie in Schichten geringeren Druckes gehoben wird, und muß die dazu notwendige Arbeit aus der ihr eigenen Energie, d. i. aus ihrem Wärmeverrat, leisten und kühlt sich dabei je 100 m Hebung um 1°C ab. Der normale Temperaturgradient der freien Atmosphäre erreicht dagegen höchstens $0,8^{\circ}\text{C}$, liegt aber meistens stark darunter. Die Größe der Temperaturdifferenz zwischen dem Gipfel und der freien Atmosphäre ergibt sich aus der Höhe des Aufsteigens der Luftmassen und aus der

Differenz zwischen dem herrschenden und dem adiabatischen Temperaturgradienten. Sie ist nebenbei noch abhängig von der Windstärke und Windrichtung und kann, wie der Vergleich von Beobachtungen auf dem Säntis und der Zugspitze mit Messungen über dem Bodensee u. a. [19] ergeben hat, mehrere Grade erreichen. Ein Fehler in der Temperaturbestimmung von $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ergibt aber bereits einen Distanzfehler von $\pm D \cdot 10^{-6}$.

Für die Ermittlung der meteorologischen Elemente der freien Atmosphäre kommt derzeit nur die direkte Messung mittels Sondenaufstiege in Frage. Diese sind — sofern man nicht kostspielige örtliche Sonden- oder Fesselballonaufstiege ins Auge fassen kann — an feste tägliche Termine und an bestimmte Stationen gebunden. Nur in einem längenmäßig genau bekannten Gebirgsnetz ist es z. B. möglich, die Berechtigung zur Extrapolation aus den Meßwerten örtlich und zeitlich abliegender Sondenaufstiege zu studieren. Die erfolgreiche Verwendung elektrischer Geräte, vor allem des elektrisch-optischen Geodimeters zur Messung von Seiten 1. Ordnung im Gebirge, hängt von der befriedigenden Lösung dieses Problems ab. Ein modernes Netz, das für diese Studien geeignet erscheint, ist das Basisnetz von Heerbrugg, das außer Sichten in der Gipfflur auch eine Reihe von Schrägvisuren und die meteorologische Station 1. Ordnung Säntis enthält und damit als eine Art Freiluftlabor für elektronische Distanzmessung betrachtet werden kann.

Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen ist angesichts seiner Verpflichtung zur Mitarbeit an der Verbesserung und Neuberechnung des Europa-Netzes auch an der Lösung der Probleme der elektrischen Distanzmessung sehr interessiert. Außer der Wiener Basis im Marchfeld (18,7 km) aus dem Jahre 1941 und der neuen Basis Heerbrugg, hat Österreich auch noch Anteil an der jugoslawischen Basis von Radovljica (5,9 km) aus dem Jahre 1951, da die daraus abgeleitete Seite Košuta—Golica auch dem österreichischen Hauptdreiecksnetz angehört. Zur Maßstabverbesserung ist die Messung von weiteren drei oder vier Basen, und zwar im Inntal, im Salzkammergut und in den Umgebungen von Linz und Graz, notwendig. An ihrer Stelle sollen direkt Seiten 1. Ordnung mit dem Geodimeter gemessen werden.

Die Messung der Basis von Heerbrugg stellt somit eine planvolle Arbeit im Rahmen der geodätischen Entwicklung dar und wurde in beispielhafter Zusammenarbeit der Geodätischen Institute der Deutschen Bundesrepublik, der Schweiz und Österreich sowie der Fa. Wild durchgeführt. Ihre weitere Auswertung und die künftige Verwendung für Untersuchungen mit elektronischen Meßverfahren sollen in gleicher Weise erfolgen.

Literatur:

- [1] *K. L'vasseur*: Das Zentraleuropäische Dreiecksnetz; Grundlagen. Veröff. d. Inst. f. Erdmessung, Bd. 1, Bamberg 1949.
- [2] *G. Straßer*: Die Grundlinienausgleichung im ZEN. Veröff. d. Inst. f. Erdmessung, Bd. 5, Bamberg 1950.
- [3] *G. Straßer*: Kritische Betrachtungen zur Messung und Vergrößerung von Grundlinien. DGK, Reihe C, Heft Nr. 4, München 1953.
- [4] *E. Gigas*: Die Frage der Notwendigkeit der Wiederholung von Basismessungen im europäischen Dreiecksnetz. DGK, Reihe A, Heft Nr. 14, Frankfurt a. M. 1956.

- [5] *H. Zölly*: Geschichte der Geodätischen Grundlagen für Karten und Vermessungen in der Schweiz. Eidgen. Landestopographie, Wabern—Bern 1948.
- [6] *W. Kluge*: Temperaturmessungen bei Basismessungen mit Invardrähten. Vermessungstechnik 6 (1958), Heft 5, S. 99—102.
- [7] *K. Weißmann*: Praktische Probleme moderner Basismessungen. Schweiz. Z. f. Vermessung u. Kulturtechnik, 39 (1941), Nr. 1, S. 10—19.
- [8] *J. E. Bradford*: Determination of Tape Temperatures on the Measurement of the Wankie and Sabi Geodetic Bases, Southern Rhodesia (1953), Empire Survey Review, London (1954), Nr. 91, S. 210—217 und *J. S. Clark* und *L. O. C. Johnson*: Measurement of Temperature of Geodetic Surveying Tapes. Empire Survey Review, London (1953), Nr. 89, Seite 110—115.
- [9] *T. Honkasalo*: Measuring of the 864 m-long Nummela Standard base line with the Väisälä light interference comparator and some investigations into invar wires. Veröff. d. Finn. Geod. Inst., Nr. 37, Helsinki 1950.
- [10] *Y. Väisälä*: Die Anwendung der Lichtinterferenz bei Basismessungen. Veröff. d. Finn. Geod. Inst., Nr. 14, Helsinki 1930.
- [11] *T. Honkasalo*: Einrichtung einer Interferenz-Standard-Basis und ihre Messung. ZfV 83 (1958), Nr. 6, S. 180—183.
- [12] *T. J. Kukkamäki*: Entwicklung und Bedeutung des Väisälä-Interferenz-Komparators. ZfV 83 (1958), Nr. 6, S. 177—180.
- [13] *Jordan, Eggert* und *Kneißl*: Handbuch der Vermessungskunde, 10. Ausgabe, Bd. IV/1, S. 482—501. Stuttgart 1958.
- [14] *T. Honkasalo*: Measuring of standard baseline with the Väisälä light interference comparator. Bericht für das Symposium für elektronische Distanzmessung der IAG in Washington vom 5. bis 12. Mai 1959.
- [15] Neue Meterdefinition. Die Önorm, 11 (1957), Nr. 12.
- [16] *G. Bomford*: Determination of the European Geoid by means of deviations of the vertical. IAG Report of Commission No. 14, vorgelegt auf der Tagung der IUGG in Rom 1954.
- [17] *E. Bergstrand*: A determination of the velocity of light. Arkiv för Fysik, Stockholm 2, (1950), Nr. 15, S. 119—150 und
— A check determination of the velocity of light. Arkiv för Fysik, Stockholm 3 (1951), Nr. 26, S. 479—490.
- [18] National Mapping Office, Department of Interior, Canberra, A. C. T.: 1955. Preliminary analysis of Geodimeter Measurements of various First Order Base Lines (Manuskript).
- [19] *W. Pepler*: Zur Frage des Temperaturunterschiedes zwischen den Berggipfeln und der freien Atmosphäre. Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre, Bd. XVII (1931), Nr. 4, S. 247—263.
- [20] *L. Pettersson*: Ein Versuch zur Erklärung der Anhäufung negativer Dreieckschlußfehler in der schwedischen Dreiecksmessung erster Ordnung. Schweiz. Z. f. Verm., Kulturtechnik u. Photogrammetrie, 52 (1954), Nr. 2, S. 25—29, u. Nr. 3, S. 57—61.

Das „Disuplameter“, ein neues Präzisionsgerät zur graphischen Flächenbestimmung *)

Von *Hans Hruda*

Die Idee zu diesem praktischen und vielseitig verwendbaren Gerät stammt von *Dipl.-Ing. Erich Zachhuber*, Wien. Nach seinen Plänen und Angaben wurde bei der Wiener Firma *Rudolf & August Rost* ein Exemplar gebaut, welches im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen versuchsweise in Verwendung genommen worden ist.

*) Sein Name besagt, daß es sowohl zum Messen und Summieren der gemessenen Distanzen, als auch zum Planimetrieren von Flächen dient.