Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

Band: 58 (1960)

Heft: 2

Artikel: Die Messung der Basis und des Basisvergrösserungsnetzes von Heerbrugg im Jahre 1959

Autor: Kobold, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-216079

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

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

Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie

Revue technique Suisse des Mensurations, du Génie rural et de Photogrammétrie

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik; Schweiz. Kulturingenieurverein; Schweiz. Gesellschaft für Photogrammetrie

Editeur: Société suisse des Mensurations et Améliorations foncières; Société suisse des Ingénieurs du Génie rural; Société suisse de Photogrammétrie

Nr. 2 • LVIII. Jahrgang | Erscheint monatlich | 15. Februar 1960

Die Messung der Basis und des Basisvergrößerungsnetzes von Heerbrugg im Jahre 1959

Von Prof. Dr. F. Kobold

Nach einem Vortrag vom 4. September 1959 vor der Schweizerischen Geodätischen Kommission und der Konferenz der eidgenössischen und kantonalen Vermessungsaufsichtsbeamten in Heerbrugg.

II.

Die neue Basis Heerbrugg ist 7,254 km lang und wird, wie *Bild 6* zeigt, aus einem Polygonzug gerechnet. Der *Endpunkt Süd* (BS) befindet sich auf dem Montlinger Berg, einem Felskopf, von dem angenommen werden darf, daß er seine Lage auf Jahrzehnte hinaus behalten wird. Auf dem Endpunkt wurde ein Beobachtungspfeiler mit zentrischem Pfeilerbolzen errichtet. Der *Endpunkt Nord* (BN) befindet sich auf dem linksseitigen Widerlager der Straßenbrücke von Widnau nach Diepoldsau. Auf ihm wurde ebenfalls ein Beobachtungspfeiler mit zentrischem Pfeilerbolzen gebaut. Ob dieser Punkt im Laufe von Jahren und Jahrzehnten seine Lage behält, muß wegen der zuweilen auftretenden Hochwasser des Rheins und aus andern Gründen bezweifelt werden. Die genaue Lage des Pfeilerbolzens wird durch Winkelmessung gegenüber Zielbolzen auf gutem Stein versichert.

Die Endpunkte BS und BN werden durch einen ziemlich gestreckten Polygonzug verbunden, in dem alle Seiten und Winkel zu messen sind. Die Eckpunkte sind in Bild 6 mit BP1 bis BP7 bezeichnet.

Der *Verlauf des Polygonzuges* soll zunächst näher betrachtet werden. Vom Basisendpunkt Süd (BS) geht die erste Polygonseite BS–A steil über den alten Steinbruch herunter. Der Pfeiler BS auf dem Montlinger Berg hat eine Höhe von rund 475 m, während A bereits in der mittleren Höhe der Basis von etwa 415 m liegt. Eine direkte Messung zwischen BS und A, einer Strecke von etwa 200 m Länge, bei einer Höhendifferenz von

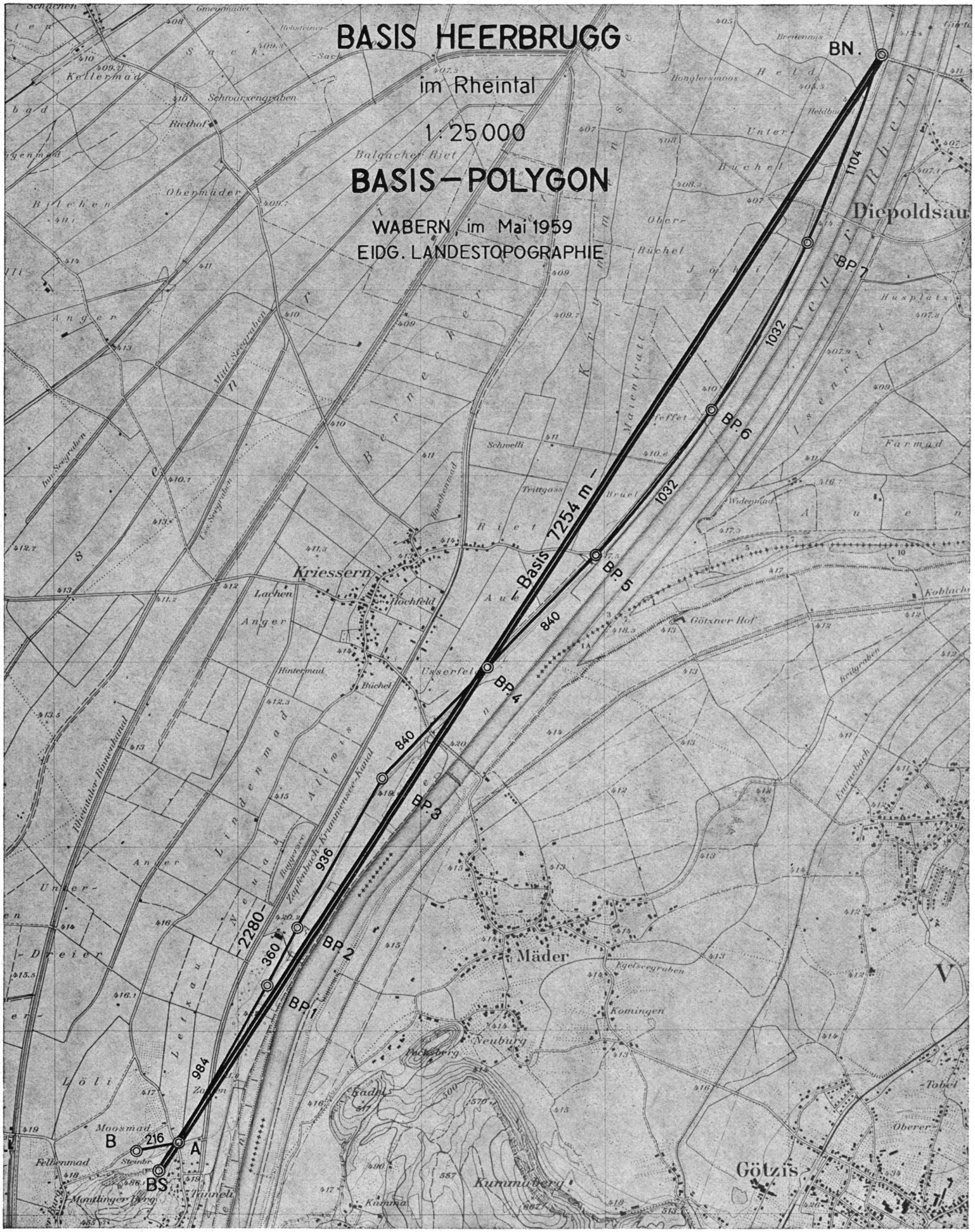
60 m, ist nicht möglich. Man löst die Aufgabe aus dem Dreieck BS, A, B, in dem eine Hilfsbasis A–B von 216 m Länge und alle Dreieckswinkel mit höchster Präzision gemessen werden. Die Längenmessung erfolgt in gleicher Art wie die der eigentlichen Polygonseiten mit Invardrähten; für die Winkelmessung werden Wild-Theodolite T-3 verwendet. Die Länge der Seite A–BS wird aus der Seite A–B und aus den drei Dreieckswinkeln gerechnet. Diese Rechnung ergibt die Länge A–BS im Horizont von A und B. Wie alle andern Polygonseiten muß sie auf den mittleren Horizont der Basis umgerechnet werden, was wegen der Kleinheit der Höhenunterschiede ohne Bedenken durchgeführt werden darf. Auch auf den Punkten A und B wurden massive Betonpfeiler gebaut und in diese Zentrierbolzen eingelassen, so daß mit Hilfe der bekannten Einrichtung der Zentrierkugel Theodolit und Zielmarken mit einer Genauigkeit von weniger als $^1/_{10}$ mm zentriert werden können. Das Stück A–BS wird damit aus dem Hilfsdreieck etwa mit der gleichen Genauigkeit hervorgehen, mit der die andern, direkt gemessenen Stücke des Polygonzuges bestimmt sind.

Der Polygonzug setzt sich daher, gemäß Bild 6, aus den *Seiten von BS nach A, von A nach BP1, von BP1 nach BP2* und so fort bis zum Basisendpunkt Nord (BN) zusammen *(Hauptpolygonzug)*. Einzelne Seiten dieses Hauptpolygonzuges werden aus kleineren, fast gestreckten Polygonen *(Nebenpolygonzügen)* gebildet. Die Seitenlängen der Haupt- und Nebenpolygonzüge betragen wegen der Länge der Invardrähte Vielfache von 24 m. Die erwähnten 24 m sind dabei wegen des Meßvorganges die Längen der schiefen Strecken. Für die Reduktion auf die Horizontale müssen die Höhen aller Punkte der Basis durch ein Nivellement bestimmt werden.

Die etwas ungewöhnliche Form des Polygonzuges ist darauf zurückzuführen, daß die Seiten des Polygonzuges im nördlichen Teil auf den gekrümmten Hochwasserdamm des Rheins gelegt wurden. Man erreichte damit Meßstrecken mit kleinen Höhendifferenzen, gelangte jedoch zu der etwas eigenartigen Anordnung mit den vielen Knickpunkten. Doch konnte so die Streckenmessung, die zu den mühseligsten Meßarbeiten gehört, einfach gestaltet werden. Man nahm also in Kauf, daß die Messung der Haupt- und Nebenpolygonzüge gegenüber den meisten andern Basen zusätzliche Arbeit verursachen würde.

Die Eckpunkte BP1 bis BP7 des Hauptpolygonzuges sind durch 2½ m lange, unterirdische Betonpfähle, die an ihrer Oberfläche (25 × 25 cm) eine Marke tragen, versichert. Sie dürften ihre Lage im Laufe der Zeit im allgemeinen beibehalten, sofern nicht Hochwasser den Damm beschädigt.

Für die *Eckpunkte der Nebenpolygonzüge* wird auf das Einbetonieren von langen, bleibenden Pfählen verzichtet. An ihrer Stelle treten kräftige Holzpfähle, oben mit einer Platte mit Zentrierbüchse versehen, welche das genau zentrische Aufstellen der Theodolite, Zielmarken und Jäderinzapfen erlauben. Diese Eckpunkte haben nicht bleibenden Charakter; sie werden nach Abschluß der Basismessung entfernt.


BASIS HEERBRUGG
im Rheintal
1:25000
BASIS-POLYGON
WABERN, im Mai 1959
EIDG. LANDESTOPOGRAPHIE
BN.
BP.7
BP.6
BP.5
BP.4
BP.3
BP.2
BP.1
BS
A
B
1104
1032
1032
840
840
936
360
984
216
2280
Basis 7254 m
Diepoldsau
Kriessern
Mäder
Götzis
Neuburg
Kummenberg
Rheintaler Binnenkanal
Zapfenbach-Krummensee-Kanal
Neu Rhein
Mittl. Seegraben
Hochfeld
Lachen
Anger
Hintermad
Büchel
Usserfeld
Riet
Aue
Schwellli
Trittgass
Brüel
Widenmad
Farmad
Husplatz
Götsner Hof
Egetseegraben
Komingen
Moosmad
Felbenmad
Steinbr.
Tunnelli
Montlinger Berg
Kumma
Tobel
Oberer
Brüligraben
Erlenbach
Löli
Leitau
Neu Lindenmad
Alt Lindenmad
Unter-
Dreier
Kellermad
Schwarzengraben
Riethof
Balgacher Riet
Obermäder
Bilchen
Unter-
Büchel
Ober-
Büchel
Heldbüchel
Brettenmais
Honglersmoos
Maienfratt
Jöchli
Isenriet
Berneck
Sachsen
Gmeinmäder
Robsteiner
Sacherl
Bösch
Bösch
Lochseegraben
Hochseegraben
Rosenmad
Kriessern
Lachen
Anger
Hintermad
Usserfeld
Riet
Aue
Schwellli
Trittgass
Brüel
Widenmad
Farmad
Husplatz
Götsner Hof
Egetseegraben
Komingen
Neuburg
Kummenberg
Kumma
Tobel
Oberer
Brüligraben
Erlenbach
Löli
Leitau
Neu Lindenmad
Alt Lindenmad
Unter-
Dreier
Kellermad
Schwarzengraben
Riethof
Balgacher Riet
Obermäder
Bilchen
Unter-
Büchel
Ober-
Büchel
Heldbüchel
Brettenmais
Honglersmoos
Maienfratt
Jöchli
Isenriet
Berneck
Sachsen
Gmeinmäder
Robsteiner
Sacherl
Bösch
Bösch
Lochseegraben
Hochseegraben
Rosenmad
Moosmad
Felbenmad
Steinbr.
Tunnelli
Montlinger Ber

Die *Messung der Winkel in den Hauptpolygonzügen* geschieht durch Beobachten von je zehn Sätzen vor und nach der Streckenmessung. Es wird ein mittlerer Fehler am Polygonwinkel von $\pm 1^{cc}$ verlangt. Durch die Wiederholung der Beobachtungen ist diese hohe Genauigkeit zu erreichen. Sie würde dann jedoch illusorisch, wenn Theodolit und Zielmarke nicht mit der Genauigkeit von wenigen Zehntelmillimetern über den Marken der Betonpfähle zentriert werden könnten. Zur Gewährleistung der hohen Zentriergenauigkeit wurden von der Firma Wild besondere Einrichtungen *(Bilder 7 bis 9)* geschaffen. Sie bestehen aus einem Eisenstativ, dessen Füße unabhängig vom Betonpfahl in den Boden einbetoniert sind. Die Stativplatte, mit einer Öffnung in der Mitte, ist mittels Schrauben um kleine Beträge seitlich verschiebbar. Um die Zentrierung zu bewerkstelligen, wird auf die Platte ein besonderes Ablotgerät mit senkrechtem Fernrohr gestellt und die Platte derart verschoben, bis die vertikale Zielachse durch die Marke des Betonpfahles geht. Für die Winkelmessung wird nachher auf die Platte entweder die Zielmarke oder der Theodolit gestellt, wobei durch die erwähnte Einrichtung automatisch dafür gesorgt ist, daß deren Drehachsen auf Zehntelmillimeter mit der Zielachse des vorher aufgestellten Ablotgerätes übereinstimmen.

Die hohe Genauigkeit, die an den Winkeln verlangt wird, erfordert jedoch außer dieser guten Zentrierung sorgfältigste Messung durch erfahrene Beobachter und Theodolite höchster Qualität. Alle Beobachtungen geschehen mit den Präzisionstheodoliten T-3 von Wild-Heerbrugg.

Auch auf den *Punkten des Nebenpolygonzuges* sind die *Winkel* vor und nach der Drahtmessung zu bestimmen, um Änderungen in der Lage der Pfähle festzustellen. Hier genügt je dreimalige Wiederholung der Winkelmessung, die ebenfalls mit dem Theodolit T-3 erfolgt.

Von den Eckpunkten des Hauptpolygonzuges und der Nebenpolygonzüge aus erfolgt das *Alignement der Jäderinzapfen,* die im Abstand von 24 m auf Holzpfähle eingeschraubt sind. Es geschieht für den größten Teil der Punkte durch Ablesungen auf einer kurzen Querlatte im Zielpunkt. Für eine kleine Anzahl von Punkten, bei denen die größeren Ausweichungen aus der Geraden die Verwendung der Querlatte ausschließen, wird der Winkel zwischen diesem Zielpunkt und dem nächsten Polygonpunkt gemessen.

Die *Messung der Polygonseiten* geschieht in der Weise, daß jede der sechs Meßgruppen mit drei Invardrähten arbeitet, wobei einer als Reservedraht gilt. Von jeder Gruppe wird die ganze Strecke mit zwei Drähten im Hin- und Rückweg gemessen. Bei jeder Drahtlage, das heißt bei jeder Messung einer Strecke von 24 m zwischen zwei Jäderinzapfen, werden fünf voneinander unabhängige Ablesungen gemacht.

Von größter Bedeutung für die Ermittlung der richtigen Länge der Basis ist die Kenntnis der genauen Länge der Drähte. Alle Drähte werden daher sowohl einer Laboratoriumseichung als auch einer Feldeichung unterzogen, und zwar vor Beginn und nach Abschluß aller Messungen. Die Laboratoriumseichungen werden entweder im Internationalen Büro für Maß und Gewicht (BIPM) in Paris oder in der deutschen Physika-

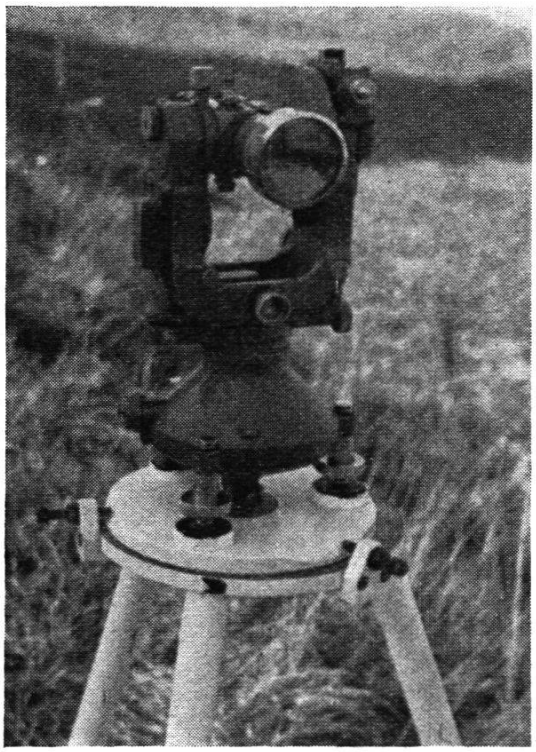


Abb. 7

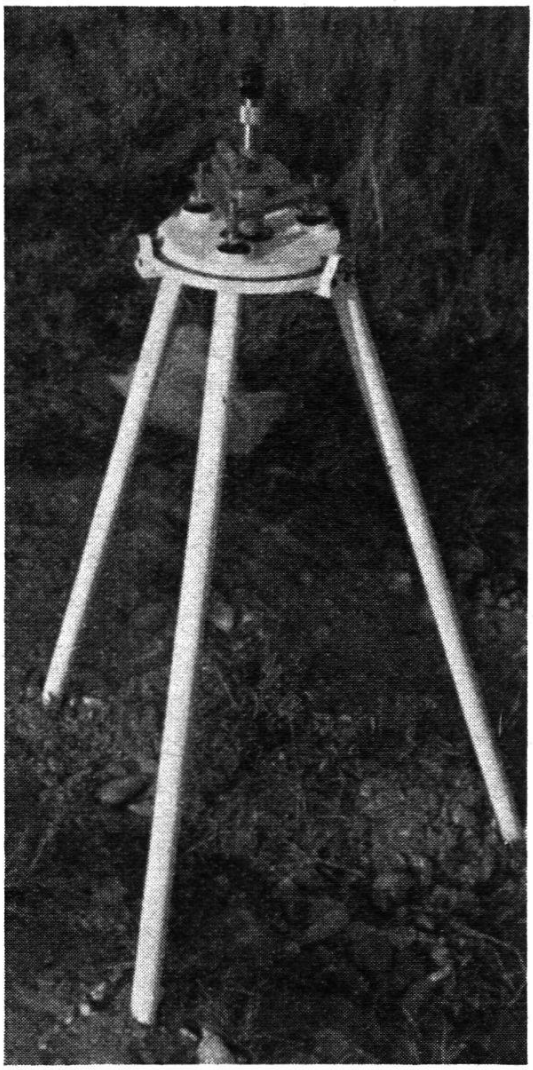


Abb. 8

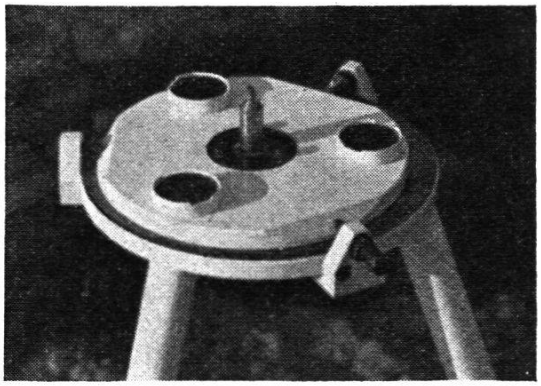


Abb. 9

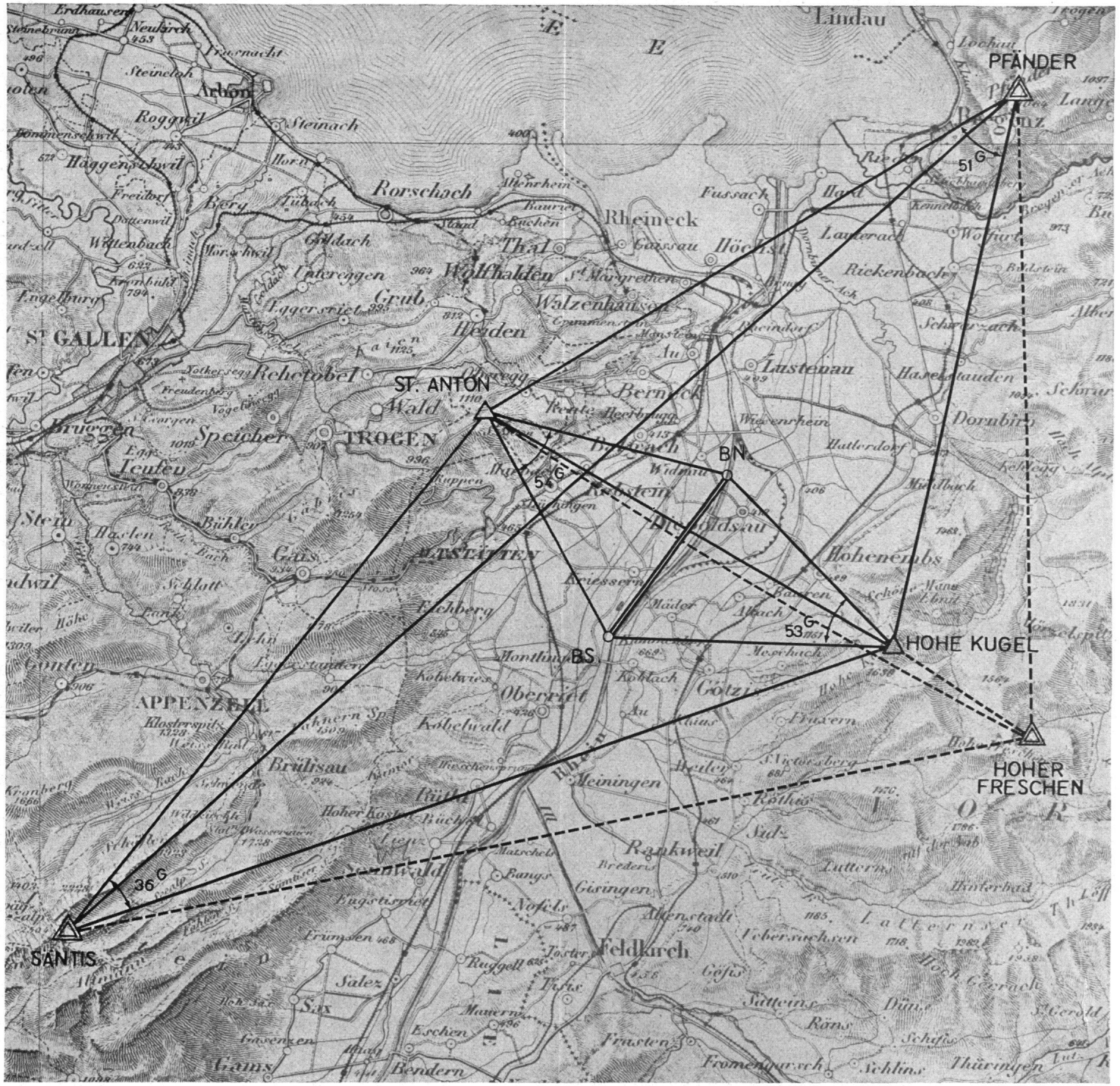

PFÄNDER
51 G
ST. ANTON
BN
54 G
53 G
BS
HOHE KUGEL
HOHER FRESCHEN
36 G
SANTIS
St GALLEN
TROGEN
APPENZELL
Rorschach
Rheineck
Walzenhausen
Lustenau
Feldkirch
Lindau
Arbon
Roggwil
Steinach
Bregenz
Dornbirn
Hohenems
Oberriet
Meiningen
Rankweil
Gais
Bendern

Abb. 10

lisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig durchgeführt. Feldmäßige Eichungen erfolgen auf dem Normalkilometer bei München, einer Strecke, die mit höchster Genauigkeit nach dem Interferenzverfahren von Väisälä gemessen worden ist. Da die Eichungen auf dem Normalkilometer nach dem gleichen Meßverfahren vor sich gehen wie die Basismessung bei Heerbrugg, ist man geneigt, diesen Bestimmungen höheres Gewicht zu geben als den Laboreichungen, die unter andern Bedingungen als die Feldmessungen vor sich gehen.

Um zu einer Kenntnis über das Verhalten der Drähte während der Messung zu gelangen, wird die Polygonseite von BP 3 bis BP 4 als örtliche Vergleichsstrecke mit allen Drähten, auch mit den Reservedrähten, zu Beginn, in der Mitte und am Ende aller Messungen ermittelt. Aus den Ergebnissen lassen sich Anhaltspunkte über die Differenzen zwischen den Drähten gewinnen, die sich vielleicht im Laufe der Meßperiode ändern, nicht aber die Eichwerte für die einzelnen Drähte.

Wenn auch der Ausdehnungskoeffizient der Invardrähte klein ist, so muß doch die Temperatur des Drahtes im Zeitpunkt der Messung recht genau bekannt sein. Erfahrungsgemäß bietet ihre Bestimmung Schwierigkeiten. Um möglichst genaue Werte zu erhalten, wird bei der Basismessung Heerbrugg die Temperatur in unmittelbarer Nähe jedes Meßdrahtes mittels gewöhnlicher Thermometer durch die Meßgruppe bestimmt. Außerdem wird an einer repräsentativen Stelle jedes Tagesabschnittes eine Temperaturstation errichtet, die Widerstandsthermometer (nach Honkasalo), Quecksilberthermometer, Schleuderthermometer, Thermograph und Anemometer umfaßt. Mit dieser Station soll versucht werden, eine durchschnittliche Drahttemperatur zu ermitteln, die von lokalen Temperaturstörungen nicht beeinflußt ist.

Alle zu bestimmenden Elemente für die Basis, wie Strecken, Polygonwinkel, Alignemente, Nivellemente, Eichwerte und Temperaturen, sind in bezug auf Genauigkeit derart aufeinander abgestimmt, daß der mittlere Fehler an der gesamten Strecke von 7,2 km zwischen $\pm$ 1,5 mm und $\pm$ 2 mm liegen wird.

Die Messung der Polygonwinkel, der Alignemente und Nivellemente erfolgt durch Ingenieure der Schweizerischen Geodätischen Kommission. Für die Streckenmessung werden sechs Meßtrupps gebildet, und zwar drei deutsche, zwei österreichische und ein schweizerischer. Der schweizerische Meßtrupp setzt sich aus Ingenieuren und Gehilfen der Eidgenössischen Landestopographie und der Schweizerischen Geodätischen Kommission zusammen.

Wie Bild 10 zeigt, wird die Basis Heerbrugg auf das Dreieck Säntis–Pfänder–Hoher Freschen übertragen. Das *Vergrößerungsnetz* weist eine recht einfache und zudem vom fehlertheoretischen Standpunkt aus eine sehr günstige Form auf.

Die Winkelmessung soll mit der höchstmöglichen Genauigkeit erfolgen. Verwendet werden durchwegs Theodolite vom Typ Wild T-3. Dabei sollen gleich viele Nacht- wie Tagesbeobachtungen gemacht werden. Es wird durchwegs nach Leuchtsignalen gemessen, wobei für

die kürzeren Entfernungen ältere schweizerische Leuchtgeräte und für die langen das deutsche Gerät Bosch-Eisemann zur Verwendung kommen.

Über die zu messenden Winkel und die einzuführenden Gewichte wurden mancherlei Diskussionen geführt. Einmütig wurde von allen Beteiligten die strenge Anwendung des Schreiber-Satzes für die Vergrößerungsnetze abgelehnt. Es wurde einmal darauf hingewiesen, daß sich aus praktischen Gründen die Messungen nicht nach diesen Regeln durchführen lassen. Sodann wurde bemerkt, daß die theoretischen Voraussetzungen für den Schreiber-Satz kaum erfüllt sind, weil die gemessenen Winkel wegen Seitenrefraktion, Lotabweichungen und Lotkrümmungen reduziert werden müssen, was nicht hypothesenfrei geschehen kann. Es ist vielmehr zu befürchten, daß die Unsicherheiten an diesen Reduktionsgrößen in manchen Fällen wesentlich größer sind als die mittleren Beobachtungsfehler.

Diese Gründe führten zum Entschluß, die Winkel auf allen Stationen nach dem Sektorverfahren zu messen, und zwar die Nebenwinkel mit 36- und die Hauptwinkel mit 18maliger Wiederholung. Durch dieses Vorgehen wird erreicht, daß die für das Netz maßgebenden Winkel das Gewicht 72 erhalten, wenn man dem einfach gemessenen Winkel das Gewicht 1 gibt. Da mit einem mittleren Fehler am einfach gemessenen Winkel von $\pm 1''$ gerechnet werden kann, wird der mittlere Fehler an diesen Gewichtsmitteln $\pm 0{,}12''$: ein Betrag, der für die Ausgleichung des Netzes genügen wird. Man darf indessen nicht vergessen, daß diese gerechneten mittleren Fehler vermutlich kleiner sein werden als die Unsicherheiten, die von der Einführung der Seitenrefraktion und den Lotkrümmungen herrühren.

Betrachtet man alle Fehlereinflüsse gemeinsam, so gelangt man zum Schluß, daß der mittlere Fehler der Seite Säntis–Pfänder bei ungefähr $\pm$ 4 cm liegen wird. Für die Ausgleichung des europäischen Netzes dürfte die Genauigkeit genügen. Dagegen ist sie kaum wesentlich größer als diejenige der elektronischen Distanzmeßgeräte, die auf den Seiten des Vergrößerungsnetzes geeicht werden sollen. Man steht also auch hier, wie fast immer bei der Eichung genauer Längenmeßgeräte, der Tatsache gegenüber, daß die Unsicherheiten der Eichwerte von größerem Einfluß auf das Ergebnis sind als der Einfluß der reinen Meßfehler.

Die Winkelmessung auf den auf österreichischem Gebiet liegenden Punkten besorgen Ingenieure des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien. Auf den schweizerischen Punkten Säntis und St. Anton sind Ingenieure der Eidgenössischen Landestopographie tätig, während die Beobachtungen auf den Endpunkten der Basis von Ingenieuren der Schweizerischen Geodätischen Kommission ausgeführt werden.

Man ist wohl zur Hoffnung berechtigt, daß die Basis Heerbrugg strengen Ansprüchen genügen werde. *Besonders aber darf man sich darüber freuen, daß drei Nachbarländer sich zu einer gemeinsamen geodätischen Arbeit großen Umfanges zusammengefunden haben.*