

ACTA
TECHNICA
ACADEMIAE SCIENTIARUM
HUNGARICAE

ADIUVANTIBUS

L. GILLEMOT, GY. HEVESI, I. RÁZSÓ,
K. SZÉCHY, G. TARJÁN

REDIGIT

A. GELEJI

TOMUS 43

FASCICULI 1—2

SERIES GEODAETICA ET GEOPHYSICA

TOMUS 4 FASCICULI 1—2



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

1963

ACTA TECHN. HUNG.

ACTA TECHNICA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTŐSÉG ÉS KIADÓHIVATAL: BUDAPEST V., ALKOTMÁNY U. 21.

Az Acta Technica német, angol, francia és orosz nyelven közöl értekezéseket a műszaki tudományok köréből.

Az Acta Technica változó terjedelmű füzetekben jelenik meg, több füzet alkot egy kötetet.

A közlésre szánt kéziratok a következő címre küldendők:

Acta Technica
Budapest V., Nádor u. 7.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi és kiadóhivatali levelezés.

Az Acta Technica előfizetési ára kötetenként belföldre 80 forint, külföldre 110 forint. Megrendelhető a belföld számára az „Akadémiai Kiadó”-nál (Budapest V., Alkotmány utca 21. Bankszámla 05-915-111-46), a külföld számára pedig a „Kultúra” Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalatnál (Budapest I., Fő utca 32. Bankszámla: 43-790-057-181) vagy annak külföldi képviselőinél és bizományosainál.

Die Acta Technica veröffentlichen Abhandlungen aus dem Bereiche der technischen Wissenschaften in deutscher, französischer, englischer oder russischer Sprache.

Die Acta Technica erscheinen in Heften wechselnden Umfangs. Mehrere Hefte bilden einen Band.

Die zur Veröffentlichung bestimmten Manuskripte sind an folgende Adresse zu senden

Acta Technica
Nádor u. 7.
Budapest V.
Ungarn

An die gleiche Anschrift ist auch jede für die Schriftleitung und den Verlag bestimmte Korrespondenz zu richten.

Abonnementspreis pro Band: 110 Forint. Bestellbar bei dem Buch- und Zeitungs-Außenhandels-Unternehmen »Kultura« (Budapest I., Fő utca 32. Bankkonto Nr. 43-790-057-181, oder bei seinen Auslandsvertretungen und Kommissionären.

ACTA TECHNICA

Tomus 43

I N D E X

- Alpár, Gy.* : Weitere Untersuchungen über die Verwendung der Sekundenlibellen — Further Investigations on the Use of One-Second Levels — Nouveaux examens relatifs à l'usage des niveaux à seconde — *Альпар, Д.* : Дополнительные исследования по применению секундных уровней 349
- Alpár, Gy.—Halmos, F.* : Punktabseigerung in schiefen, deformierten Schächten — Point-Projection Down an Oblique Mine-Shaft — Projection de points le long d'un puits de mine oblique — *Альпар, Д.—Хальмош, Ф.* : Проекция пункта на наклонную шахту 201
- Ádám, A.—Bencze, P.* : Об изучении естественных источников низкочастотной электромагнитной энергии — *Ádám, A.—Bencze, P.* : Investigation of a Low-Frequency Natural Electromagnetic Energy-Source — Untersuchung einer niederfrequenten natürlichen elektromagnetischen Energiequelle — L'analyse d'une source d'énergie électromagnétique naturelle à basse fréquence 357
- Ádám, O.—Kilényi, E.* : Determination of the Approximate Velocity-Depth Function from Refraction Travel-Time Curves — Bestimmung einer annähernden Geschwindigkeitsfunktion aus Refraktions-Laufzeitkurven — Détermination de fonctions approximatives de la vitesse à partir des courbes de propagation des ondes réfractées — *Адам, О.—Килени, Э.* : Определение приближенной скоростной функции по годографам преломленных волн 305
- Barta, Gy.* : Magnetic and Telluric Research in Hungary in the Years 1960—1962 41
- Béll, B.* : Main Results of Meteorological Research in Hungary in the Years 1960—1962 23
- Bencze, P.* : The Distribution of the Quantities of Charge Transported by Point Discharge — Die Verteilung der durch Spitzenentladungen transportierten elektrischen Ladungen — Distribution des charges transportées par décharges de pointe — *Бенце П.* : О распределении электрических зарядов, транспортируемых разрядами с острия 289
- Boldizsár, T.—Gózon, J.* : Земной тепловой поток в Комло-Зобаке — *Boldizsár, T.—Gózon, J.* : Der geothermische Wärmefluß bei Komló-Zobák — The Geothermic Flow at Komló-Zobák — Le flux géothermique à Komló-Zobák 467
- Csókás, J.* : A Focused-Field Geoelectrical Method — Geoelektrisches Verfahren mit gelenktem Stromfeld — Une méthode géoélectrique de surface à champ focalisé — *Чокаш, Я.* : Геоэлектрический метод с направленным электрическим полем 437
- Egyed, L.—Kiss, Z.* : Investigations on Seismology and the Physics of the Interior of the Earth in Hungary 1960—1962. 13
- Fournier, H.* : De quelques remarques à propos des courbes d'investigation et de sondage magnéto-telluriques actuellement connues — Some Remarks to the Curves of the Presently Known Magnetotelluric Exploration and Soundings — Einige Bemerkungen zu den Kurven der gegenwärtig bekannten magnetotellurischen Forschungen und Sondierungen — *Фурниэ, Х.* : Некоторые замечания к вопросу о кривых магнитотеллурических исследований и зондирований 453

<i>Halmos, F.</i> : A Strict Determination of Mutual Orientation Elements of Photogram Pairs — Eine strenge Bestimmung der gegenseitigen Orientierungselemente von Aufnahmen-Paaren — Détermination exacte des éléments d'orientation mutuelle des paires de photographies — Хальмош, Ф.: Строгое определение элементов взаимной ориентировки пар аэрофотоснимков	293
<i>Halmos, F.</i> : On the Adjustment of Trilateration Networks — Zur Ausgleichung von Streckennetzen — Sur la compensation des réseaux de trilatération — Хальмош, Ф.: К вопросу об уравнении сетей с измерением длины	83
<i>Hazay, I.</i> : Antwort auf den Diskussionsbeitrag von Prof. H. Wittke — Reply to the Contributions of Prof. H. Wittke — Réponse à l'intervention du Prof. H. Wittke — Хазаи, И.: Ответ на выступление проф.-а Витткэ	82
<i>Hazay, I.</i> : The Use of Dimensional Weights in Adjusting Calculations — Verwendung von Dimensionengewichten in den Ausgleichrechnungen — L'application de poids à dimension dans les calculs de compensation — Хазаи, И.: Применение размерных весов при вычислениях, связанных с уравнением	185
<i>Ховани, Л.</i> : Точность подземного примыкания, производимого соединительным четырехугольником Хансена — <i>Hoványi, L.</i> : On the Accuracy of Junctions in Mines Executed by Using Hansen's Interpolation Quadrangle — Die Genauigkeit des im Bergwerk mit Hilfe des Hansenschen Einschaltungs-Viereckes durchgeführten Anschlusses — La précision du rattachement d'un réseau souterrain à l'aide du quadrilatère de Hansen	259
<i>Ledersteger, K.</i> : Die künstlichen Satelliten und die Massefunktionen der Erde — Artificial Satellites and the Mass Functions of the Earth — Les satellites artificiels et les fonctions de masse de la Terre — Ледерштегер, К.: Искусственные спутники и функции массы Земли	231
<i>Németh, E.</i> : Les recherches hydrologiques en Hongrie 1960—1962	49
<i>Neubert, K.</i> : Steigerung der Wirtschaftlichkeit im Markscheidewesen — Increase of Economy in Mining Geodesy — Augmentation de l'économie en géodésie minière — Найберт, К.: Повышение экономичности маркшейдерских работ	213
<i>Pantó, G.</i> : Investigations on Volcanology in Hungary, 1960—1962	71
<i>Posgay, K.</i> : A Comprehensive Map of the Magnetic Masses in Hungary and its Interpretation — Eine Übersichtskarte der magnetischen Massen in Ungarn und ihre Interpretation — Carte générale et interprétation des masses magnétiques en Hongrie — Пожгаи, К.: Об обзорной карте распределения магнитных возмущающих тел на территории Венгрии и о ее истолковании	271
<i>Regőczy, E.</i> : Les travaux géodésique en Hongrie 1960—1962	3
<i>Regőczy, E.</i> : Die Bedeutung der Physiologie und der Psychologie für die Geodäsie — The Importance of Physiology and Psychology in Geodesy — L'importance de la physiologie et de la psychologie en géodésie — Регэци, Э.: Значение физиологии и психологии в геодезии	393
<i>Renner, J.</i> : Gravity Research in Hungary in the Years 1960—1962	9
<i>Scheffer, V.</i> : The Regional Values of the Geothermic Gradient in the Area of the Carpathian Basins — Regionalwerte der geothermischen Tiefenstufe im Gebiet der Karpatenbecken — Les valeurs régionales du gradient géothermique sur le territoire des Bassins Carpathiques — Шеффер, В.: Региональные значения геотермического градиента в районе Карпатских бассейнов	429
<i>Tárczy-Hornoch, A.</i> : Bericht des Observatoriums bei Nagycenk (Ungarn) über die Ergebnisse der Erdstromregistrierungen im Jahre 1960 — Report on the Nagycenk Observatory (Hungary) on the Results of Earth Current Recordings in the Year of 1960 — Rapport de l'Observatoire de Nagycenk (Hongrie) sur les résultats des enregistrements de courants telluriques dans 1960 — Тарци-Горнох, А.: Отчет обсерватории Надьценк (Венгрия) о результатах регистрирования земных токов в 1960 г.	109

- Tarczy-Hornoch, A.* : Accuracy Test and Most Favourable Weight Distribution of Underground Orientation by Hansen's Two Point Problem — Genauigkeitsuntersuchung und günstigste Gewichtsverteilung bei der Grubenorientierung mit Hilfe des Hansen-Vierecks als Anschlußfigur — Analyse de la précision et distribution optimale des poids dans le rattachement d'un réseau souterrain à l'aide du quadri-latère de Hansen — *Тарци-Горнох, А.*: Проверка точности и наиболее благоприятное распределение веса при горных увязках тетрагоном Гансена 319
- Tarczy-Hornoch, A.* : Zur Ausgleichung des Einschneidens mit gemessenen Längen nach der Methode der bedingten Beobachtungen — On the Adjustment of Point Interpolations by Measured Lengths using the Method of Conditional Observations — La compensation de l'intersection par distances mesurées, selon la méthode des observations conditionnées — *Тарци-Горнох, А.*: Об уравнивании увязок с измеренными длинами методом условных наблюдений 339
- Tarczy-Hornoch, A.* : Über die Ausgleichung der Vorwärts- und Rückwärtseinschnitte nach dem Verfahren der bedingten Beobachtungen und deren Zurückführung auf vermittelnde Beobachtungen — The Adjustment of Intersections and Three Point Resections by the Method Attributed to Conditional and Intermediate Observations — Compensation de l'intersection et du recouplement selon les méthodes des observations conditionnées et indirectes — *Тарци-Горнох, А.*: Уравнивание прямой и обратной засечки по методу условных и вспомогательных наблюдений 367
- Veró, J.* : Die abgeänderte Methode zur Bearbeitung der tellurischen Schnellregistrierungen, von 1960 an, im Observatorium bei Nagycenk — The Modified Method for the Treatment of the Fast Telluric Recordings of 1960 Started in the Observatory of Nagycenk — Une méthode modifiée pour l'élaboration des enregistrements telluriques de 1960, commencées à l'observatoire de Nagycenk — *Верэ, И.*: Измененный метод обработки записей скоростной регистрации теллурических токов 1960 г., начатой в обсерватории с Надьценке 101
- Wütke, H.* : Polygonale Knotenpunkte — Nodal Points of Traverses — Points nodaux des cheminements polygonaux — *Витткэ Х.*: Полигонометрические узлы 81

ACTA
TECHNICA
ACADEMIAE SCIENTIARUM
HUNGARICAE

ADIUVANTIBUS
L. GILLEMOT, GY. HEVESI, I. RÁZSÓ,
K. SZÉCHY, G. TARJÁN

REDIGIT
A. GELEJI

TOMUS 43

SERIES GEODAETICA ET GEOPHYSICA

TOMUS 4



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST
1963

ACTA TECHN. HUNG.

LES TRAVAUX GÉODÉSIQUES EN HONGRIE 1960 — 1962

E. REGÓCZI

DOCTEUR ÈS SCIENCES TECHNIQUES

I. Triangulation

Pendant les trois années qui se sont écoulées depuis le rapport précédent, nous avons complété les aires couvertes par les triangles des chaînes primordiales (environ 30 000 km²) avec le réseau de troisième ordre.

La longueur moyenne des côtés des triangles est de 7 km. Les observations des angles horizontaux ont été effectuées selon la méthode des directions en 8 tours d'horizon, par des théodolites Wild T3. (Au lieu de 12 tours d'horizon prévus dans le réseau complétant, nous avons mesuré 8 seulement, car le réseau en question est rattaché au cadre fixe des points primordiaux.) L'erreur moyenne d'angle, calculée selon la formule de Ferrero, est $\pm 0,7''$.

Les coordonnées des points étaient compensées en groupes contigus composés de 20 à 30 points par la méthode de variation des coordonnées. Pour la solution des systèmes d'équations normales, nous avons fait usage d'une calculatrice électronique. La valeur moyenne des erreurs moyennes des directions est, selon les compensations en groupes, $\pm 0,9''$.

Par ce travail, le nouveau réseau de triangulation d'ordre supérieur de la Hongrie est achevé. Les travaux ont duré de 1949 à 1962.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALPÁR, GY.—HALMOS, F.: Bericht über die Lage der ungarischen geodätischen Instrumentenindustrie. Geodéziai és Kartográfiai Egyesület, 1962.
2. ALPÁR, GY.—SOMOGYI, J.: Teodolitok állótengelyingadozásának vizsgálata (L'analyse du flottement des axes principaux des théodolites). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/2.
3. BIRÓ, P.: Geoidundulációk meghatározása geometriai módszerrel (Détermination des ondulations du géoïde sur la base des procédés géométriques). *Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei*, VI (1960).
4. BIRÓ, P.: A kvázigeoidról (Sur le quasi-géoïde). *Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei*, VII (1961).
5. BORS, K.: A korszerű teodolitok szerkesztésének problémái (Les problèmes de la construction des théodolites modernes). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/2.
6. DETREKŐI, Á.: A teodolitok optikai mikrométerének vizsgálata (Le contrôle des micromètres optiques des théodolites). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/3.

7. HALMOS, F.: A kiegyenlített értékek függvényének középpontja egy különleges esetben (L'erreur moyenne d'une fonction des valeurs compensées, dans un cas spécial). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/2.
8. HALMOS, F.: A hibaellipszis és a talpponti görbe jellemzői (L'ellipse d'erreur et les caractéristiques de la courbe d'erreur). *VI. Osz. Közl. XXX* (1962), 317—325.
9. HALMOS, F.: A hosszmeréses hálózatok kiegyenlítéséről (Sur la compensation des trilatérations). *VI. Osz. Közl. XXX* (1962), 243—259.
10. HALMOS, F.: Untersuchungen der Winkelmessungen auf einer Station insbesondere die der Sektorenmethode. Geodéziai és Kartográfiai Egyesület, 1962.
11. HALMOS, F.: Adjustment of a trilateration figure by frame structure analogue. *Empire Survey Review XVI* (1962), 233—235.
12. HAZAY, I.: Die mechanischen Prinzipien der Ausgleichung. *Acta Techn. Hung. XXX* (1960), 133—168.
13. HAZAY, I.: Statische Koordinatenausgleichung mit Richtungsmessungen, ohne Orientierungsrichtungen. *Acta Techn. Hung. XXX* (1960), 207—229.
14. HAZAY, I.: Sztatikai koordinátakiegyenlítés iránymérésekkel, tájékozó irányok nélkül. (Compensation statique des coordonnées par des mesures de direction, sans directions d'orientation.) *VI. Osz. Közl. XXVII* (1960), 259—281.
15. HAZAY, I.: Untersuchungen zur Anwendung der Gauss—Krügerschen Abbildung in Ungarn. *Acta Techn. Hung. XXXVII* (1961), 91—119.
16. HAZAY, I.: Vizsgálatok a Gauss—Krüger-féle ábrázolási mód magyarországi alkalmazásához (Études sur l'application de la projection Gauss—Krüger en Hongrie). *Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei, VII* (1961).
17. HAZAY, I.: Dimenziós súlyok alkalmazása a kiegyenlítő számításokban (L'utilisation des poids dimensionnés dans les calculs de compensation). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/5.
18. HAZAY, I.: A kiegyenlítés segédmenyiségeinek dimenziója (Les dimensions des quantités auxiliaires de la compensation). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/6.
19. HOMORÓDI, L.: A mesterséges holdak a geodézia szolgálatában (Les satellites artificiels au service de la géodésie). *Geodézia és Kartográfia*, 1961/2.
20. HOMORÓDI, L.: Új háromszögelési hálózatunk abszolút tájékozása (L'orientation absolue du nouveau réseau trigonométrique hongrois). *Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei, VII* (1961).
21. HOVÁNYI, L.: Auswahl der für die Ausgleichung eines Diagonalsystems reiner Streckenmessungen günstigsten Bedingungs-gleichung. *Acta Techn. Hung. XXXVII* (1961), 3—22.
22. HOVÁNYI, L.: Compensation du triangle de rattachement par combinaison des réseaux de trilatération et de triangulation. *Acta Techn. Hung. XXXVII* (1961), 309—322.
23. HŐNYI, E.: A dunántúli kitöltőhálózat fiktív elsőrendű hálózatának kiegyenlítése (La compensation du réseau primordial fictif du réseau complétant Transdanubien). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/1.
24. HŐNYI, E.: Az egymástól nem független kiegyenlített értékek közötti függvény közép-hibasámításáról (L'erreur moyenne d'une fonction des valeurs non indépendantes obtenues de la même compensation). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/4.
25. HŐNYI, E.: Dunántúli kitöltőhálózatunk megbízhatósága (La précision du réseau transdanubien complétant). *Geodézia és Kartográfia*, 1961/1.
26. HŐNYI, E.: Über das neue Triangulationsnetz Ungarns. Geodéziai és Kartográfiai Egyesület, 1962.
27. HŐNYI, E.—LUKÁCS, T.: Pranisz-Pranievics többszórtos eljárása nagy háromszögelési hálózatok koordináta-kiegyenlítésére (La compensation des grands réseaux de triangulation selon la variation des coordonnées, suivant la méthode de Pranis-Pranievitche). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/4.
28. JOÓ, I.: Állványos gúláink csavarodása (La torsion de nos signaux élevés). *Geodézia és Kartográfia*, 1961/1.
29. JOÓ, I.: Az elektromos távolságmérőkkel kapcsolatos geodéziai számítások (Calculs géodésiques concernant la mesure électrooptiques des distances). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/4.
30. MILASOVSKY, B.: On the Adjustment of the Base Quadrilateral. *Acta Techn. Hung. XXXVII* (1961), 139—173.
31. MILASOVSKY, B.: Az alapvonal-négyszög kiegyenlítése. (La compensation des quadrilatères de base). *VI. Osz. Közl. XXVIII* (1961), 369—421.
32. MILASOVSKY, B.: A hibaellipszist és annak talpponti görbét helyettesítő kördiagram (Un diagramme circulaire remplaçant l'ellipse d'erreur et sa courbe d'erreur rattachée). *VI. Osz. Közl. XXIX* (1961), 237—268.

33. REGŐCZI, E.: Tudomány, geodéziai alaplunkálatok, tervek (Science, travaux fondamentaux géodésiques, projets). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/3.
34. REGŐCZI, E.: A levéltári métertől az optikai méterig (Du mètre des archives au mètre optique). *Geodézia és Kartográfia*, 1961/3.
35. REGŐCZI, E.: Vetületi kérdéseink az idő tükrében (Nos problèmes de projection, dans la suite des temps). *Geodézia és Kartográfia*, 1961/4.
36. REGŐCZI, E.: A látás fiziológiájának és pszichológiájának jelentősége a geodéziában (L'importance de la physiologie et de la psychologie de la vue en géodésie). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/6.
37. RÉDEY, I.: A geodéziai adatok időbeli változása (Variations périodiques des données géodésiques). *Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei*, VII (1961).
38. SZÁDECZKY-KARDOSS, GY.: Über eine raschere Berechnungsmethode der Längenverzerrungen bei den Gauss—Krüger Koordinaten. *Acta Techn. Hung.* XXX (1960), 313—317.
39. SZÁDECZKY-KARDOSS, GY.: A több csatlakozópontos koordinátaátszámítás közelítőértékében szükséges pontosság és a hossztorzulás gyorsabb számítása Gauss—Krügerkoordinátáknál (La précision souhaitable des valeurs approximatives des coordonnées à transformer par plusieurs points de rattachement, et le calcul rapide de l'altération linéaire). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/1.
40. TAMÁS, F.: Azimutszámítás földrajzi koordinátákból (Le calcul de l'azimut par coordonnées géographiques). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/3.
41. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die mit Entfernungsmessung kombinierten Punkteinschaltungen. *Acta Techn. Hung.* XXX (1960), 111—131.
42. TÁRCZY-HORNOCH, A.: A Gauss—Krügerkoordináták három-csatlakozópontú átszámításához (Sur la transformation des coordonnées Gauss—Krüger avec trois points de rattachement). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/1.
43. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Umrechnung der Koordinaten von einem System in das andere mit Hilfe von mehreren Anschlußpunkten. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 1960/3.
44. TÁRCZY-HORNOCH, A.: A középhiba-ellipszis talpponti görbéjének egyszerű megszerkesztése (Une construction simple de la courbe de pied de l'ellipse d'erreur). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/3.
45. TÁRCZY-HORNOCH, A.: A távméréssel kombinált pontkapcsolások számításához (Sur les déterminations trigonométriques combinées avec des mesures de distances). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/4.
46. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Przeliczenie współrzędnych Gaussa—Krügera z jegnego układu na układ sąsiedni przy pomocy kilku punktów pomocniczych. *Geodezja i Kartografia*, 1960/2.
47. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Umrechnung der Gauss—Krüger Koordinaten von einem Streifen in anderen, mit Hilfe von mehreren Anschlußpunkten. *Compte rendu du Premier Symposium International sur les Calculs Géodésiques*. Cracovie, (1961). 117—118. o.
48. TÁRCZY-HORNOCH, A. A teodolit tengelyhibáinak hatása az irányok vízszintes vetületére (L'influence des erreurs de l'axe d'un théodolite sur les projections horizontales des directions). *VI. Oszt. Közl.* XXVIII (1961), 189—201.
49. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über einen halbautomatischen Libellenprüfer für Libellen mittlerer Genauigkeit. *Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen*, 1961/3.
50. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Félautomatikus libellavizsgáló készülék közepes pontosságú libellák számára (Un appareil semiautomatique pour déterminer la sensibilité des niveaux à moindre précision). *Geodézia és Kartográfia*, 1961/4.
51. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Präzisionsmessung von mehreren km langen Entfernungen. *Acta IMEKO*, 1961, 1—14.
52. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Further remarks of least squares adjustment of linear dimensions in a geodetic quadrilateral. *Empire Survey Review*, XVI (1961), 178—186.
53. TÁRCZY-HORNOCH, A.: A hosszérések hibaterjedési együtthatóinak meghatározása kiegyenlítéssel (The determination of coefficients of error's propagation of length's measurements with adjustment) *VI. Oszt. Közl.* XXIX (1961), 399—405.
54. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Több km hosszú távolságoknak nagy pontosságú mérése (High accuracy measurement of multi-kilometre distances). *Mérés és Automatika*, 1962/5.
55. TÁRCZY-HORNOCH, A.—SZÁDECZKY-KARDOSS, GY.: Über die Umrechnung der Gauss—Krüger Koordinaten von einem Streifen in den anderen mit mehreren Anschlußpunkten. *Acta Techn. Hung.* XXX (1960), 259—312.

2. Nivellement

Depuis notre précédent rapport, nous avons terminé les travaux de calcul du réseau de nivellement secondaire (de précision), et réalisé le réseau de troisième ordre.

Dans le réseau secondaire, l'erreur moyenne kilométrique à *posteriori* d'une mesure aller et retour est $\pm 0,324$ mm.

La longueur totale des lignes dans le réseau de troisième ordre est de 13 200 km, le nombre des repères est de 12 000. Pour les observations, nous nous sommes servis d'appareils identiques à ceux utilisés dans les réseaux primordial et secondaire, c'est-à-dire de niveaux à lunette Wild N. III, et de mires à bande en invar. La méthode était la même que dans les réseaux primordial et secondaire, à cette différence près que la distance maximale admise des mires était de 50 m.

L'erreur moyenne kilométrique à *posteriori* d'une mesure aller et retour est $\pm 0,450$ mm.

Les groupes du réseau étaient compensés entre les points primordiaux et secondaires selon la méthode de variation des coordonnées. La correction de compensation varie, dans 60% des lignes, entre 0,0 et 0,2 mm/km, dans 35% entre 0,2 et 0,5 mm/km, et dans 5% entre 0,5 et 1,0 mm/km.

Avec ces travaux, le nouveau réseau de nivellement d'ordre supérieur de la Hongrie se trouve achevé.

BIBLIOGRAPHIE

1. BENDEFY, L.: Egyidejű szabatos szintezések különböző beosztású műszerekkel és szintezőlécekkel (Nivellements simultanés de précision en utilisant des appareils et mires de systèmes différents). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/5.
2. BIRÓ, P.: A normálmagasság gyakorlati meghatározása (La détermination pratique des hauteurs normales). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/1 et 1962/2.
3. CSATKAI, D.: Gondolatok a szintezési refrakcióról (Remarques sur la réfraction nivellitique). *Geodézia és Kartográfia*, 1960/4 et 1961/1.
4. CSATKAI, D.: Steigerung der Genauigkeit bei der Bestimmung der komparationsverbesserung in der Nivellierung. *Acta Techn. Hung.* XXXVII (1961), 357—374.
5. CSATKAI, D.: Pontosságfokozás a szintezés komparálási javításának meghatározásában (L'augmentation de la précision dans la détermination des corrections d'étalonnage des mires de nivellement). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/2.
6. CSATKAI, D.: Refrakcióvizsgálat egy Tisza-átszintezés mérési eredményei alapján (L'analyse de la réfraction à la base d'un nivellement traversant la Tisza). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/3.
7. CSATKAI, D.: Önbeálló szintezőműszerek alkalmazása szabatos szintezésre (L'utilisation des niveaux automatiques dans les nivellements de précision). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/6.
8. HÖNYI, E.: Vizsgálatok a szintezési refrakcióhiba csökkentésére (Analyses pour diminuer l'erreur due à la réfraction nivellitique). *Geodézia és Kartográfia*, 1961/4.
9. TAMÁS, Z.: A szintezőműszerek igazítása (La rectification des niveaux à lunette). *Geodézia és Kartográfia*, 1962/2.

3. Astronomie géodésique

A) Déterminations internationales des différences de longitudes

Au cours des années 1957—1959, nous avons déterminé les différences de longitudes entre:

- Budapest--Borowa-Gora (Pologne)
- Budapest—Peeny (Tchécoslovaquie)
- Budapest—Sofia (Bulgarie)

La détermination d'une différence de longitude s'effectuait en trois périodes. Pendant la première et la troisième, le groupe d'observateurs de chaque pays a observé à la station de son pays, et dans la deuxième, à la station étrangère. A l'occasion des échanges de place, les observateurs ont transporté avec eux leur équipement complet à l'autre station. A la première et à la troisième période, ils ont opéré pendant au moins 5, et à la deuxième période pendant au moins 10 soirées communes. (On a considéré comme communes les soirées, au cours desquelles les groupes ont observé au moins 10 étoiles horaires et 2 étoiles polaires communes.) Les deux groupes ont non seulement observé sur la base d'un même programme d'étoile, mais ont aussi enregistré les mêmes signaux horaires.

La détermination de l'heure locale était effectué par la méthode de Mayer. Nous avons utilisé un instrument de passages Askania (No. 102 553) et comme garde-temps, un chronomètre Ulysse—Nardin (No. 6533) en emballage calorifugé. Pour la réception des signaux horaires, nous nous sommes servis d'un récepteur de construction hongroise conçu spécialement à cet effet, qui était accordé aux ondes de 10 à 3600 m et de 10 000 à 20 000 m de longueur. Les signaux horaires transmis par l'intermédiaire d'un transistor monté dans le récepteur, étaient enregistrés à l'aide de deux chronographes de marque Favag à deux plumes. Pour le dépouillement des bandes, nous avons utilisé un releveur en verre de la maison Wild, et un microscope de fabrication hongroise. Les données météorologiques étaient enregistrées par un thermo-barohydrographe de la firme Lambrecht de Göttingen. Avant les opérations, le Laboratoire de Recherches Géodésiques de l'Académie des Sciences de Hongrie a analysé les niveaux à l'aide de son appareil spécial.

Les données caractérisant la précision des observations hongroises sont les suivantes:

- a) erreur moyenne caractérisant le désaccord entre le fil et une étoile horaire
- b) erreur moyenne caractérisant le désaccord entre le fil et une étoile polaire
- c) erreur moyenne des réceptions des signaux horaires

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
Budapest—Borowa-Gora	$\pm 0,0130^s$	$\pm 0,0363^s$	$\pm 0,0007$
Budapest—Pecny	0,0111	0,0239	0,0008
Budapest—Sofia	0,0116	0,0462	0,0008

Les calculs des observations sont en train.

B) Analyses du Géoïde

Pour déterminer le Géoïde, nous avons observé sur 17 stations entre 1960 et 1962. Sur 10 stations, nous n'avons déterminé que la latitude et la longitude, tandis que sur 7 stations, on a mesuré aussi l'azimut. Les opérations ont été effectuées selon la méthode déjà décrite dans notre rapport de 1957.

BIBLIOGRAPHIE

1. ALPÁR, Gy.: Földrajzi szélesség, hosszúság és azimut egyidejű meghatározásának kiegyenlítéséről (Compensation de la latitude, de la longitude et de l'azimut géographique). *VI. Osz. Közl. XXIX* (1961), 141—153.
2. ALPÁR, Gy.: Compensation de la détermination simultanée de la latitude, de la longitude et de l'azimut géographique. *Acta Techn. Hung. XXXVII* (1961), 341—355.
3. KOZÁK, I.: A mesterséges égitestek kinematikájáról (La cinématique des corps célestes artificiels). *A Nehézipari Műszaki Egyetem Magyar Nyelvű Közleményei, V* (1961), 203—218.
4. MILASOVSKY, B.: Astronomical longitude determination under special conditions. *A Nehézipari Műszaki Egyetem Idegen Nyelvű Közleményei, XXI* (1960), 177—202.
5. MILASOVSKY, B.: Laplace-pontok időmeghatározásainak legkedvezőbb megoldása, a meridián-módszerre való különös tekintettel (La solution la plus favorable des déterminations du temps des points Laplace, eu égard surtout à la méthode méridienne). *A Nehézipari Műszaki Egyetem Magyar Nyelvű Közleményei, VI* (1961), 107—156.
6. MILASOVSKY, B.: Az optimális csillagprogram kérdése a meridián-átmeneti idők megfigyelése útján eszközölt csillagászati időmeghatározásoknál (Le problème du programme d'étoiles le plus convenable dans les déterminations de l'heure, effectuées par des observations des passages sur le méridien). *A Nehézipari Műszaki Egyetem Magyar Nyelvű Közleményei, V* (1961), 239—264.
7. SÁRDY, A.: A műszer környezetében keletkező hőmérsékletkülönbség hatása a Horrebow—Talcott-módszer mérési eredményére (L'influence de la différence de température au voisinage de l'instrument, sur les résultats mesurés par la méthode de Horrebow—Talcott). *Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei, VII* (1961).
8. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Ergebnisse der mehrjährigen Prüfungen von Sekundenlibellen. Commentationes in honorem Yrjö Väisälä die natali eius septuagesimo, Helsinki, 1961, 249—261.
9. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Ein neuer automatische Libellenprüfer für Sekundenlibellen. *Geofisica pura e applicata, 48* (1961), 27—34.
10. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Messung mit Sekundenlibellen. *Vermessungstechnik, 1961/12*.
11. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Egy egyszerű meridiánkereső (Un simple viseur-méridienne). *Geodézia és Kartográfia, 1961/3*.
12. TÁRCZY-HORNOCH, A.: A másodperc libellákkal való mérésről (Measurement using second level tubes) *VI. Osz. Közl. 31* (1962), 311—330.

GRAVITY RESEARCH IN HUNGARY IN THE YEARS 1960 — 1962

J. RENNER

D. ENG. SC.

1. Gravity surveys and their computation

Detailed gravimeter surveys have been going on in the areas not having been surveyed as yet in detail, especially in the hilly regions. The average distance of the stations from each other was about one km. The number of stations measured in the period 1960—1962 was 18 700, the area covered by the surveys is about 16 000 km². In the year 1960 torsion-balance measurements were also made, however only to a limited extent; the number of stations was 240, area covered amounted to some 130 km², with an average distance of 500 m between the individual stations.

The processing of the observational data was carried out in the usual way. When computing the gravimetric data, instrumental drift was taken into consideration and Bouguer-anomalies were established for every measuring point. Hereby, the average density value was set throughout to 2.0, whereas in a few cases locally changing densities were also applied. Heights above sea level were determined by levelling. Topographical corrections were calculated on the basis of measurements on the spot, while in areas of strongly changing orography the effect of more distant unevennesses of the surface was taken into account by using topographical maps. Hereby, the Hammer-diagrams were employed.

For all the gravimetric points second derivatives were computed according to ELKINS, and contours of the Bouguer-anomalies as well as of the second derivative values were constructed.

Torsion-balance measurements were made on flat areas; hereby the effect of the unevennesses of the ground was taken into account on the basis of levelling up to a distance of 50 m, as there was no need any longer of considering the topographical effect.

By way of experiment the method of analytical continuation was also applied in one area for computing the anomalies at various depths under the ground as well as at several levels above the surface.

The first purpose of the gravitational measurements and of their computation was to aid exploration, nevertheless the results furnished valuable con-

tribution towards a more detailed knowledge of the gravity field over Hungary and they have provided further data for the construction of the detailed gravitational map of the country.

Isostatic anomalies have not been computed in this period.

Comparative measurements by gravimeter and torsion balance were carried out at the same stations in a slightly hilly country, which was also suitable for torsion-balance measurements. From the comparisons can be seen that there is some divergence between Faye-anomalies as computed from torsion-balance as well as from the gravimetric observations, but Bouguer-anomalies can be made to agree with one another well, provided we apply suitable density values for the calculation of the corrections.

In the period under discussion further progress was made towards a unified computation of the entire gravity material and its adjustment into the national basic gravimeter network. So far the unifying work up has been extended to the half of the country; a detailed gravity map of the country as a result of the calculations is under preparation.

2. Undulations of the Geoid

Undulations of the geoid were calculated from the gravity anomalies, using the STOKES and VENING—MEINESZ formulae taken for 6 points of the country. It should be borne in mind, however, that beyond the frontier of the country only very few gravity anomalies were available which could be fitted into the Hungarian national base-network; thus we could make use for the computation of the undulations only anomalies extending to a relatively small distance from the point considered, this distance not being greater than 110 km. As a result the undulation values obtained are of a rather relative character. For only one Laplace-point was it possible to use for the computation anomalies extending up to about 1000 km, but in this case, too, some of the anomalies employed did not fully satisfy the requirements. At this station a comparison was made between deviations as obtained from gravity data and also by astrogeodetical measurements, and so a satisfactory agreement was found. Computation for this point was carried out by L. HOMORÓDI using the Stokes-formula, and the deviation of the vertical obtained was used by him for the absolute orientation of the new triangulation network of the country.

In the central part of the country relative deviations of the vertical were computed in detail over an area of 2000 km², using curvature quantities of torsion-balance measurements and taking into account also the results of astrogeodetical deviation-measurements made in the area. With these calculations gravity anomalies corrected according to topography were used

and the astrogeodetical data were also reduced in this respect; thus, the computed deviations of the vertical as well as the corresponding values of the potential reflect the irregularities of the subterranean mass distribution.

3. Temporal variations of gravity acceleration

Attention should be paid to the researches made by GY. BARTA concerning the interconnection between the secular variation of the Earth's magnetic field and the triaxiality of the Earth. During these investigations the supposition of the existence of a secular variation of gravity came to the fore. BARTA and collaborators by their calculations have shown that owing to the continuous shifting of the Earth's core changes occur in the gravity value, and also to a small extent in the deviation of the vertical, the order of magnitude of which gives a hope possibly to be able to detect them by accurate measurements, within a few decades. For this purpose GY. BARTA has proposed the establishment of a special gravimeter network in the equatorial zone which should be surveyed with relative measurements at regular intervals. The Gravimetric Commission of the IGGU adopted the proposition at its September 1962 session.

Tidal variations of gravity were also observed in the first half of 1960 at the Tihany geophysical observatory, as part of the program of the IGC. The observations were made every three months (during the first month of the quarter) by half-hourly visual readings using gravimeters of high sensitivity. The data were analysed applying the Lecolazet method and the results were sent to the competent WDC-s. Similar observations were carried out in January—March of 1961 in connection with the eclipse of February 15, 1961.

4. Developing of instruments

In the period under discussion some works have also been undertaken in the field of instrument-development. The first aim of the Hungarian researchers was to develop the Eötvös-balance further. We succeeded in constructing balances with a damping period of 20, later of 15 minutes. Regarding the overall importance of measuring the horizontal gradients, a type of gradient-meter was developed having a damping period of 5 minutes, this being already of the same order of magnitude as the observational time of gravimeters.

REFERENCES

1. BANAI, GY.—RYBÁR, I.: A torziós inga fejlesztéséről (On the development of the torsion balance). *Magyar Geofizika* **III** (1962).
2. BARTA, G.: On the secular variation of the level surface of gravity. *Annales Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Geologica* **II** (1959).
3. BARTA, G.: The Connection between the Eccentricity of the Geomagnetic Field and the Triaxiality of the Earth. *Acta Techn. Hung.* **XXXVII** (1961).
4. BARTA, G.: A földmágneses tér excentricitásának kapcsolata a Föld háromtengelyűségével (Connection between the eccentricity of the geomagnetic field and the triaxiality of the Earth). *Geofizikai Közlemények*, **X** (1962).
5. BARTA, G.: Újabb adatok a Föld háromtengelyűségének és a földmágneses tér excentricitásának kapcsolatáról (Some new data concerning the connection between the triaxiality of the Earth and the eccentricity of the magnetic field). *Magyar Geofizika*, **III** (1962).
6. BARTA, G.: Some new data concerning the connection between the triaxiality of the Earth and the eccentricity of the magnetic field. *Geomagnetica Lisboa* 1962.
7. HOMORÓDI, L.: A mesterséges holdak a geodézia szolgálatában (Satellite data used for geodetic purposes). *Geodézia és Kartográfia*, **13** (1961).
8. PINTÉR, A.: A Bouguer-korrektció kiszámítására szolgáló módszerek kritikai vizsgálata (Critical study of the methods used for the calculation of Bouguer-corrections). *Magyar Geofizika*, **II** (1961).
9. PINTÉR, A.—SZABÓ, Z.: Gravitációs regionális és maradék anomáliák számításának egyszerű módszere (A simple method for computing regional and residual anomalies). *Magyar Geofizika*, **II** (1961).
10. RENNER, J.: Vizsgálatok a függővonelelhajlások terén (Researches on the deviation of the vertical). *Geofizikai Közlemények*, **IX** (1960).
11. RENNER, J.: A gravitációs értelmezés problémái (Problems on gravity interpretation). *Magyar Geofizika* **III** (1962).
12. HOMORÓDI, L.: Új háromszögelési hálózatunk abszolút tájékozása (Absolute orientation of our new triangulation network). *Építőipari és Közl. Műszaki Egyetem Tud. Közleményei*, **VII** (1961).

INVESTIGATIONS ON SEISMOLOGY AND THE PHYSICS OF THE INTERIOR OF THE EARTH IN HUNGARY 1960 — 1962

L. EGYED

CORR. MEMBER OF THE HUNG. AC. OF SC.

and

Z. KISS

The investigations on seismology and the internal structure of the Earth continued to develop in the period between 1960 and 1962. A detailed report is given below.

1. Micro- and macroseismic service

A considerable change in seismological research in Hungary is marked by two modern stations beginning their activity under the direction of the Geophysical Institute of the Eötvös University. One of them is in Budapest, the other one at a distance of about 80 km to the NE of Budapest in the Mátra mountains, far from any industrial or traffic disturbances, on the site of a new astronomical observatory.

The currently operating stations and their respective data are as follows:

Stations	Geographical coordinates		Elevation m	Type of pendulum	Component	Instrument constants	
						Period, sec	Amplification
Budapest	47°29'29" N	19°03'55" E	110	Wiechert 1000 kg	2 comp.	$T_0 = 9$	V 190
Kecskemét	46°34'44" N	19°41'54" E	122	Krumbach 100 kg	„ „	$T_0 = 3$	V 100
Kalocsa	46°31'43" N	18°58'35" E	98	Wiechert 200 kg	„ „	$T_0 = 3$	V 90
Szeged	46°14'54" N	20°08'29" E	82	Mainka 210 kg	„ „	$T_0 = 4$	V 150
Budapest* University	47°29'01" N	19°01'26" E	—	Kirnos electrod.	3 „	$T_0 = 12$	V 2600
				Vegik electrod.	1 vert.	$T_0 = 0.07$	V 25000
Mátra**				Kirnos electrod.	1 vert.	$T_0 = 12$	V 1500

* functioning since September 1961.

** functioning since October 1962.

Also the building of Sopron station 200 km W from Budapest, is finished and is now under instrumentation. Experimental observations with Krumbach pendulums are in course at the University of Debrecen. In the Budapest-University station, the setting-up of long-period instruments for the study of long waves, further of a Wood—Anderson system is planned.

The macroseismically observed earthquakes which have occurred on the territory of Hungary in the period 1960—1962, are the following:

Date	Time of origin		Location of epicentre	Epicentral intensity (Mercalli—Sieberg scale)
	h	m		
1960 I. 24	19	15	Dobri	3.5°
VIII. 6	09	45	Becsehely	3.0°
1961 II. 15	22	45	Kétegyháza	3.0°
VI. 7	12	20	Csehimindszent	3.0°
1962 IV. 7	07	50	Sényő	4.5°

The macro- and microseismic bulletins for the years 1957, 1958 and 1959 were published in 1960, 1961 and 1962.

2. Seismicity

Making use of the macroseismic observational material concerning the earthquakes which had occurred in Hungary in the years 1880—1956, the seismicity map referring to Transdanubia, respectively to the entire country, based on the distribution of the seismic energy, was prepared (D. CSOMOR—Z. KISS, 1963). For the construction of the map, the seismicity definition of Topfer was applied:

$$S = \frac{\Sigma e_i}{F \cdot p},$$

where F is the area observed, p the number of years in the period under observation, e_i the energy arriving to the surface of the Earth in the case of each earthquake.

It became clear that the order of the seismic energy imparted to a certain area is determined by the energy of the infrequent, large earthquakes. Taking a number of geophysical measurements into consideration, the existence of an active seismotectonic fault-system has been established in the line of

Pincehely—Gölle—Kaposvár. On the marginal parts of the Little and Great Plains, larger or smaller seismic zones exist; for this reason, the difference in the motion mechanics between the basins and the mountain-structures surrounding them are to be taken into consideration.

E. BISZTRICSÁNY, D. CSOMOR and Z. KISS, in their study "Seismic zones in Hungary", published a map for the period 1880—1960, based on the macroseismic data of the earthquakes observable in Hungary. Essentially, they delineated the envelopes of the isoseisms of the earthquakes. In this way, the effect of the underground can be better followed from the damages caused by the earthquake than in the case of the seismicity maps constructed earlier. On the basis of the map, the zones (seismically) differently threatened have been determined. Several papers have also been published in connection with the practical determination of the depth of foci.

Presently, according to the resolution adopted by the "International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior", the determination of seismicity of Hungary — in connection with the seismicity of Europe — is in progress, corresponding to internationally established common principles (D. CSOMOR, Z. KISS).

3. Magnitude studies

E. BISZTRICSÁNY, in one of his former studies, introduced a new method for the determination of magnitude based on the recorded time length of the surface wave. In order to eliminate certain sources of error, he made further investigations (BISZTRICSÁNY, 1961) and gave the magnitude equation for Budapest in the following form:

$$M = 2,12 \log t + 0,0065 \Delta^\circ + 2,66,$$

where t is the recorded time length of the surface wave, Δ° is the epicentral distance.

He also determined the magnitude equation for Budapest on the basis of the amplitude of the surface wave, using the following formula of B. GUTENBERG:

$$M = \log \frac{A_{20}}{B} + C,$$

where M is the magnitude of the earthquake, A_{20} the greatest amplitude wave among the surface waves of a period of 20 sec, C is a constant depending on the place of recording and the instrument used, and B is the amplitude of the so-called zero magnitude earthquake at a distance where A_{20} is measured. The author, using

the Budapest seismograms of shallow focus earthquakes of known magnitude, obtained the following equation:

$$M_{BP} = \log A_{20} + 1,37 \log \Delta^\circ + 2,67,$$

where Δ° is the epicentral distance.

In his paper "Problems on the Magnitude Equation of Body Waves" (1961), BISZTRICSÁNY came to the conclusion, on the basis of the evaluation of observational materials obtained from Budapest, Prague and Bucharest, that the $B(\Delta^\circ)$ function in the magnitude equation of body waves derived in the usual way, follows the course of the magnitude values applied at different distances. That is, $B(\Delta^\circ) \sim M(\Delta^\circ)$,

$$M - \log a = -\log B + C = B(\Delta^\circ),$$

$$a = \frac{A}{T} \quad B = \left(\frac{A}{T} \right)^*.$$

Here, A is the maximum ground-amplitude, T represents the corresponding period. The values under the sign indicate the amplitude and period referring to the zero magnitude earthquake, and C is a constant depending on locality and instrument.

Consequently, the magnitude-values derived on the basis of $B(\Delta^\circ)$ are not reliable (at least not for the 3 stations mentioned).

Further, the author suggests the use of more observational material for investigations of this character.

The equation of the so-called standardized magnitude m , defined by Gutenberg, was determined by E. BISZTRICSÁNY and Z. KISS for shallow-focus earthquakes, based on the seismograms of the horizontal Wiechert seismograph in Budapest. The magnitude equation was determined for P and S waves.

In the following they represented the known m values — instead of $m - \log A/T$ values — as a function of Δ° , and obtained a curve which is approximately the same as for $m - \log A/T$. In accordance with the earlier results of the authors, this confirms the idea that the shape of the magnitude-equation curve does not reflect the position of the Gutenberg-channel.

4. Crustal investigations

In the field of crustal research, the investigations diminished in the period in question. To be mentioned are the results attained by GÁLFI and STEGENA on the determination of crustal thickness, based on the alternating-wave method, further the investigations by BISZTRICSÁNY and KISS on the determination

of crustal thickness, based on dispersion, finally the dispersion investigations by BISZTRICSÁNY. In 1960, 1961 and 1962, essentially in the zone that had already been surveyed earlier, some more crustal refraction surveys were made along the line Nyíracád—Hajdúszoboszló—Szolnok—Kecskemét, with a maximum recording distance of 150 km, from 4 shot-points. These measurements ascertained the elevated position of the Moho-interface (8.1 km/s). The detailed evaluation is now in progress. In general, from these investigations it was possible to establish that the thickness of the Earth's crust under Hungary is less than the average for Europe, being in most places thinner than 25 km. Such a thinning-out of the crust is also consistent with the structure of the Hungarian Basin. The accumulation of the Tertiary sediments in a thickness of several thousand meters can be related to a rapid sinking of this region. This is in good accordance with a thinning-out crust. On the other hand, the same is confirmed by the heat-flux measurements, too. According to these the heat-flux in Hungary is higher than the average for Europe. This can be explained by the deformation work connected with the thinning-out transformed into heat, increasing, as an additional heat-source, the quantity of heat originating from greater depths; consequently the value of the surface heat-flux became higher.

5. Investigations on the internal structure of the Earth

As the central task of the studies into the internal structure of the Earth a further development of the dynamic Earth-model remained. In these investigations, the main endeavour was to reach the possibility of drawing a homogeneous picture of the origin, evolution and development of the Earth. The theory evolved merely contains two basic assumptions derived from physical considerations. Namely, that the interior of the Earth and the planets are determined, in the first place, by the phase-transitions depending on pressure; on the other hand, the space around the solar system corresponds to the cosmology of Dirac; that is, the gravitational constant shows a tendency to decrease with time.

On the basis of these assumptions, a very simple explanation for the origin of the solar system can be given, explaining not only all the properties of the solar system, but also making clear the observed fact that caused, until now, most of the difficulties in every theory; that is, why do the planets contain 98% of the momentum of the solar system. The solution is to be sought for, in the first place, in that that at the time of the origin of the planets, the velocity of the masses rotating around the equator of the Sun was so great that the mass had to be regarded as a relativistic mass, and the separated planets rotated around the Sun, at the beginning, as bodies of relativistic mass, also carrying the high momentum with themselves. While, however, the momentum does

not change when the velocity decreases, the relativistic mass may diminish to a considerable extent. This, however, is the case of the distribution of momentum observed in the present solar system.

The other essential result is connected with the process of Earth's evolution. The theoretical considerations lead in the direction that the Gutenberg-channel is, in the first place, connected with material constitution, and it is not a result of such a decrease in velocity that could be attributed to thermic causes. This leads to very important conclusions as to the constitution of the Earth, too. The considerations pointed out that the materials constituting the interior of the Earth are rich in volatiles and must be similar to the materials of intermediary and basic composition; an ultrabasic layer, poor in volatiles, exists only in an upper zone 50—100 km deep. The theoretical considerations were confirmed by the investigations made by DORMAN and his collaborators, but also direct mineralogical evidence was furnished by the investigations made on certain rocks by DE ROEVER.

These investigations have also brought us nearer to an understanding of the mechanism of mountain-building. The investigations made up till now show that, in mountain-building, besides the crustal movements, magmatism plays a very important role. Similarly, in geosynclinal regions, not the compressive stresses are characteristic, but the motions along fault-lines produced by tension and shear. These considerations have been affirmed in a different direction by the results of PAVONI and WEGMANN, according to which folds arise primarily not in consequence of a compression of the crust, but they express the effect of crustal motions of transcurrent character on the overlying layers.

Theoretical considerations were made as to how is it possible to determine the value of the ancient radii of the Earth from paleomagnetic data; later it became possible to give a generalization of the special solution.

It has been investigated the origin of internal energies and an estimate of the energies released in earthquakes has been given. The results obtained are in accordance with the rate of expansion as determined earlier.

The general tendency of paleogeographic maps supporting the expansion of the Earth was confirmed by paleoclimatic investigations which showed very close connection between the formation of salt and the extension of water-covered continental areas.

6. Tectonophysical investigations

The tectonophysical investigations made in connection with the synthesis of geophysical data in Hungary were also continued. Surprising data were found especially on the Great Plain and in the structure of its southern part. The thick sediments are distributed in extensive, very deep troughs. The

development of the flysch-zone is also observed in the area of the Great Plain, being accompanied by diabase-intrusions. The conclusions drawn from the geophysical data were entirely proved by subsequent deep drilling.

7. Paleomagnetic investigations

Although the determination of the magnetic momentum of certain ancient vessels already figured among the investigations of EÖTVÖS, paleomagnetic measurements in Hungary began only during the last year. At present the solution of instrumental questions is in the foreground, and the first experimental measurements are being carried out.

8. Geothermic investigations

The geothermic investigations of the last cycle did not bring essentially new results. Some methodical investigations were made, without making the previous measurement data more accurate. Recent theoretical investigations point to the fact that it will be necessary to revise part of our present results, since the available data are not suitable to draw general conclusions from them.

PUBLICATIONS

1960—1962

- BENEFY, L.: Szeizmotektonikai vizsgálatok a Dunántúl nyugati térségében (Seismotectonic investigations in the western area of Transdanubia). *Földrajzi Értesítő*, X (1961).
- BISZTRICSÁNY, E.: On the problem of magnitude determination. *Zeitschr. f. Geophysik* **24** (1960), 153—160.
- BISZTRICSÁNY, E.: The problems of the magnitude equations of body waves. *Annales Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Geologica* **IV** (1961), 31—34.
- BISZTRICSÁNY, E.: Méretmeghatározás a felületi hullám időtartamából (Magnitude determination from the duration of the surface waves). *Geofiz. Közl.* **IX** (1961).
- BISZTRICSÁNY, E.: Budapestre vonatkozó méretegyenlet (Magnitude equation for Budapest). *Geofiz. Közl.* **IX** (1961).
- BISZTRICSÁNY, E.: Térhullámok méretegyenletének problémái (Problems of the magnitude equations of body waves). *Magyar Geofizika*, 1961.
- BISZTRICSÁNY, E., KISS, Z.: A body-wave magnitude equation for shallow focus earthquakes. *Annales Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Geol.* **IV** (1961).
- BISZTRICSÁNY, E., KISS, Z.: A computation of average crustal thickness from Love wave dispersion for an Eurasian wave path. *Annales Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Geol.* **III** (1960).
- BISZTRICSÁNY, E., CSOMOR, D., KISS, Z.: Earthquake zones in Hungary. *Annales Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Geol.* **IV** (1961), 35—38.
- BOLDIZSÁR, T.: Geotermikus vizsgálatok a Nagy Magyar Alföldön (Geothermic investigations on the Great Hungarian Plain). *Bányászati Lapok*, 1960.
- BOLDIZSÁR, T.: Újabb közethőmérsékletadatok az Alföldön és a Dunántúlon (Recent rock-temperature data from the Great Plain and Transdanubia). *Nehézipari M. Egyetem Közl.* **V** (1960).
- BOLDIZSÁR, T.: A Föld belső melegének eredete (The origin of the inner heat of the Earth). *Nehézipari M. Egyetem Közl.* **VIII** (1962).
- BOLDIZSÁR, T.: The influence of heat transfer from rock to air on the warming up of the mine air. *Publ. Techn. Univ. Heavy Ind. Miskolc*, **XXI** (1960).
- EGYED, L. and STEGENA, L.: Physical background of a dynamical Earth model. *Zeitschr. f. Geophysik* **24** (1960), 260—267.

- EGYED, L.: The expansion of the Earth in connection with its origin and evolution. *Geophysica* 7; 1 (1960), 13—22.
- EGYED, L.: Zur Frage der Schweremessungen in Bohrlöchern. *Freiberger Forschungshefte C* 81 (1960), 167—170.
- EGYED, L.: Some remarks on continental drift. *Geofisica pura e applicata* 45 (1960), 115—116.
- EGYED, L.: К вопросу об образовании солнечной системы. (The origin of the solar system. *In Russian*). *Annales Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Geol.* III (1960), 35—40.
- EGYED, L.: On the origin of the Red Sea. *Annales Univ. Sci. Budapestinensis, Sec. Geol.* III (1960), 27—34.
- EGYED, L.: Die Erdausdehnung und ihre Verbindung mit der Entstehung und Entwicklung der Erde. *Wissensch. Zeitschr. d. Karl Marx. Univ. Leipzig*, Jahrg. 1959/60, 485—488.
- EGYED, L.: Dirac's cosmology and the origin of the solar system. *Nature* 186. No. 4725, 621—622. 1960.
- EGYED, L.: A hegységképződés és gyűrődés mechanizmusáról (On the mechanism of mountain building and folding). *Földtani Közlemény* 90 (1960), 322—330.
- EGYED, L. and SZEMERÉDY, P.: Eszköz törésirányok eloszlásának mechanikus meghatározásához és annak alkalmazása (Device for the determination of distribution frequency of faults and its application). *Geofiz. Közl.* IX (1960), 31—34.
- EGYED, L. and STEGENA, L.: A Föld tágulásának fizikai megalapozásához (The physical background of the Earth's expansion). *Geofiz. Közl.* IX (1960), 23—30.
- EGYED, L.: A földrengések és az újabb geofizikai kutatások (Earthquakes and recent geophysical investigations). *Magyar Tudomány* II. (1960), 681—688.
- EGYED, L.: A Föld dinamikája és kialakulása (The dynamism and evolution of the Earth). *VI. Oszt. Közl.* XXVII (1960), 133—151.
- EGYED, L.: The expanding Earth. *Transactions of the New York Acad. of Sci. Ser. II.* 23 (1961), 424—433.
- EGYED, L.: On the origin and constitution of the upper part of the Earth's mantle. *Geologische Rundschau* 50 (1960), 251—258.
- EGYED, L.: On the mechanism of mountain building and folding. *Geol. Rundschau*, 50 (1960), 225—234.
- EGYED, L.: Paleomagnetism and the ancient radii of the Earth. *Nature* 190 No. 4781, 1097—1098. 1961.
- EGYED, L.: Temperature and magnetic field. *Annals of the New York Acad. of Sci.* 95 (1961), 72—78.
- EGYED, L.: The effect of internal processes and paleoclimates. *Annals of the New York Acad. of Sci.* 95 (1961), 508—513.
- EGYED, L.: A Föld dinamikája (The dynamism of the Earth. In Hungarian). *Magyar Tudomány* 12 (1961), 749—753.
- EGYED, L.: The internal energies of the Earth as revealed in the course of evolution of natural sciences. *Acta Techn. Hung.* XXXVII (1961), 427—434.
- EGYED, L.: Geofizikai adatok értelmezésének dinamikus módszerei a Föld belső szerkezetének kutatásában (The dynamical method in the interpretation of geophysical data used in the investigations of the Earth's interior). *Geofizikai Közl.* X (1962), 69—75.
- GÁLFI, J.—STEGENA, L.: Geotermikus változások (Geothermic temporal variations). *Magyar Geofizika* II (1961).
- GÁLFI, J.—STEGENA, L.: Budova zemnoi kori v Ugorscsini *Geologičnij Žurnal* XX (1960).
- GÁLFI, J.—STEGENA, L.: Deep reflections and crustal structure in the Hungarian Basin. *Annales Univ. Sci. Budapestinensis, Sec. Geol.* III (1960).
- KISS, Z.: Az 1957. évi magyarországi földrengések (Earthquakes in Hungary in the year 1957). M. Áll. E. L. Geofizikai Intézet, 1960.
- KISS, Z.: Az 1958. évi magyarországi földrengések (Earthquakes in Hungary in the year 1958). M. Áll. E. L. Geofizikai Intézet, 1961.
- KISS, Z.: Az 1959. évi magyarországi földrengések (Earthquakes in Hungary in the year 1959). M. Áll. E. L. Geofizikai Intézet, 1962.
- SCHAEFFER, V.: Some Contributions to the Geophysical Knowledge of the Carpathian Basin. *Acta Techn. Hung.* XXX (1960).
- SCHAEFFER, V.: A flysch-probléma néhány geofizikai vonatkozásáról (On some geophysical aspects of the flysch-problem). *Geofizikai Közl.* X (1962).
- SCHAEFFER, V.: On some problems of the regional geophysics of the Carpathian Basins. *Annales Univ. Sci. Budapestinensis, Sec. Geol.* V (1962).
- SCHAEFFER, V.: Über einige regional-geophysikalische Probleme der Karpatenbecken. *Freiberger Forschungshefte C* 124 (1962).

- SCHEFFER, V.: A Kárpát-medencék néhány regionális geofizikai problémájáról (On some regional geophysical problems of the Carpathian Basins). *Geofizikai Közl.* **XI** (1962).
- SCHEFFER, V.: Gravitációs és szeizmikus maximumok összehasonlító elemzése és egybevetése a magyarországi földtani alakulatokkal (A comparative analysis of gravitational and seismic maxima and their collation with the geological formations in Hungary). Olajbányászati jubileumi konferencia (Jubilee conference of Petroleum Mining) 1962.
- SCHEFFER, V.: A geotermikus mélységlépcső regionális értékei a Kárpát-medencék területén (The regional values of the geothermic gradient in the region of the Carpathian Basins). *Geofizikai Közl.* **XII** (1962).
- STEGENA, L.: Geotermikus módszerek (Geothermic methods). Bányászati Kézikönyv III. 834—872. 1962.
- SZEBÉNYI, L.: Termális vizeink hőtánpótlása a Föld belső melegéből (The heat supply of our thermal waters from the internal heat of the Earth). *Magyar Geofizika* **III** (1962).
- SZÉNÁS, GY.: A szeizmikus módszer kifejlődésének és hazai alkalmazásának egyes kérdései. (Some questions of the evolution of seismic methods and their application in Hungary). *Geofiz. Közl.* **VII** (1960).
- SZÉNÁS, GY.: Case History of a Complex Geophysical Investigation over a Highly Faulted Structure (the Mecsek Mountains). *Acta Techn. Hung.* 1961.
- SZILBER, M.—CSOMOR, D.: 1957 Rapport Microsismique de l'Institut National Sismologique de Hongrie. M. Áll. E. L. Geofizikai Intézet, 1960.
- SZILBER, M.—CSOMOR, D.: 1958 Rapport Microsismique de l'Institut National Sismologique de Hongrie. M. Áll. E. L. Geofizikai Intézet, 1961.
- SZILBER, M.—CSOMOR, D.: 1959 Rapport Microsismique de l'Institut National Sismologique de Hongrie. M. Áll. E. L. Geofizikai Intézet, 1962.
- TATÁR, J.: Radiometrische Untersuchungen über Erdölstrukturen, II. Geokémiai Konferencia, 1961.
- TATÁR, J.: Térfogatsúly meghatározás mélyfúrásokban zárt sugárzású forrásokban (Volume weight determination in deep boreholes in closed-radiation sources) Izotópalk. Szakbiz. Kiadványai (Publications of the Special Committee on Application of Isotopes). I. 1. 1961.
- TÁRCZY-HORNOCH, A.: Zur Herdbestimmung von Erdbeben. *Geofisica pura e applicata* **49** (1961), 43—60.
- TÁRCZY-HORNOCH, A.: Zur Ortung seismischer Herde in Bergbaugebieten. *Gerland's Beiträge zur Geophysik*, **70**. (1961), 137—151.
- TÁRCZY-HORNOCH, A.: Erwiderung auf die Bemerkungen der Herren Ullman und Maaz. *Gerland's Beiträge zur Geophysik* **71** (1962), 125—131.
- TÁRCZY-HORNOCH, A.: Zur Ermittlung der bestanschiegenden Ebene zu einer Anzahl von aus Erdbeben bestimmten Richtungen. *Geofisica pura e applicata*, **52** (1962), 53—58.
- TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Epizentrumberechnung am Erdellipsoid und Rückschlüsse auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten. *Abh. Deutsche Akad. d. Wiss. Berlin, Kl. f. Bergbau, Hüttenwesen u. Montangeologie*, 1962, 277—287.

MAIN RESULTS OF METEOROLOGICAL RESEARCH IN HUNGARY IN THE YEARS 1960 — 1962

B. BÉLL

CAND. PHYS. SC. (MET.)

The results of meteorological researches made in Hungary in the period under discussion may be reviewed under the following headings:

- I. Climatology
- II. Radiation balance and its components
- III. Agrometeorology, biometeorology, sanitary meteorology
- IV. Dynamic meteorology, synoptic meteorology, prognostics
- V. Aerology, atmospherical physics
- VI. Atmospheric electricity, radioactivity, ionosphere
- VII. Instruments and methods of observation.

The main part of the research work was done by the State Meteorological Institute, taking into account its tasks and the strength of its staff; so work extended over all the disciplines cited above. The results of the investigations are contained in the yearly publication of the Institute entitled: Reports on scientific researches in the year 1959—1961 (Beszámoló az 1959—1961. évben végzett tudományos kutatásokról), in the bimonthly periodical "Időjárás" (The Weather) of the Institute as well as in other periodicals.

At the same time valuable research work was done by the meteorological chairs of the Hungarian universities and by other research institutes, the main tasks of which had some connection with meteorological problems, too. At the Meteorological Institute of the University of Budapest researches were conducted in the following branches: climatology, radiation, agrometeorology, dynamic and synoptical meteorology, aerology and methods of observation. The Meteorological Institute of the University at Debrecen made investigations in the domain of climatology, radiation, atmospherical radioactivity and especially in that of agrometeorology. At the University of Szeged local- and microclimatological as well as biometeorological studies were conducted. The research themes of the Agricultural University in Gödöllő were of climatological, energetical and agrometeorological character. At the Geophysical Research Laboratorium of the Hungarian Academy of Sciences in Sopron

telluric investigations also included researches on atmospheric electricity. The Transdanubian Scientific Research Institute at Pécs conducted investigations of climatological nature especially in the interest of agriculture and fruit-farming in Southern-Transdanubia. The Scientific Research Institute for Economy of Water-Supplies in the frame work of the study of heat- and water-budget of Hungary has been engaged in investigation of several projects having meteorological connections, especially on that of the evaporation problem. The State Institute for Public Health, the State Institute for Rheumatology and Balneology as well as the Laboratory for Hygiene of the Hungarian State Railways have also done valuable research work in addition to their main tasks in the entire field of hygienic meteorology.

In order to assure in principle a nation-wide control of the meteorological researches, the Meteorological Commission of the Academy of Sciences was created in 1960. A wide range of people having an interest in any branch of meteorology have gathered around the Hungarian Meteorological Society, the yearly congresses of which — held at various places — provide an occasion for the Hungarian scientists to review the achievements in this or other selected field of applied meteorology. Themes of the congresses held in the past few years (at the same time titles of the publications containing the lectures) have been as follows:

- V. congress at Miskolc, 1959: Problems of Industrial Meteorology.
- VI. congress at Hévíz, 1960: Conditions of Nature at Hévíz-Spa.
- VII. congress at Pécs, 1961: Investigations on Applied Meteorology in SW-Transdanubia.
- VIII. congress at Veszprém, 1962: Meteorological Problems of Industrial Pollution.

The material of the lectures held at the Congresses is regularly published by the Hungarian Meteorological Society; our present report refers to publications of the Vth, VIth and VIIth congresses issued so far.

An outstanding scientific feature of the past 3 years was the II. Conference for the Meteorology of the Carpathians, organized jointly by the Meteorological Commission of the Hungarian Academy of Sciences, the State Meteorological Institute and the Hungarian Meteorological Society. The theme of the conference was the study of the controlling effect of the Alps and Carpathians as regards weather and climate of the basin. In the conference representatives of all nations living in the neighbourhood of the Carpathians have taken part. Our report refers only to the Hungarian contributions as contained in the publication of the material of the lectures.

In the following, researches made in the various branches will be reviewed separately.

I. Climatology

A valuable compilation of meteorological observations of the centuries preceding instrumental readings appeared in the book of A. RÉTHLY: "Weather phenomena and disasters in Hungary up to 1700". The book contains reports about remarkable weather phenomena which might be regarded as disasters, occurring in the Carpathian basin in the course of 17 centuries, thus containing valuable data as regards the investigation of climatic changes and from the point of view of cultural history, too.

A part of the climatological investigations dealt with the weather-controlling effect of the Carpathians. The researches referred to the protecting effect of the Carpathians in various weather situations, to wave phenomena presenting themselves in the pressure-field, to the distribution of precipitation, to the heat- and water-budget of the Carpathian basin, to the energy-balance of the weather and to the directional influence of the topography affecting the winds aloft as regards their dependence on height.

Another group of researches concerned climatological problems of the more important regional units of Hungary. Local-climatological measurements carried out in the Balaton-area furnished valuable data regarding the heat- and water-budget of the lake and its environment and cleared up the temperature conditions of its individual regional units (Peninsula of Tihany, Badacsony). Several papers dealt with climatological problems of regions of Hungary which have acquired increased importance owing to their industrial or hygienic settlements (Northern mountainous region, Kazincbarcika, Hévíz, Budapest, Debrecen), especially with regards to the questions of industrial- and city-pollution as well as with that of the urban effect.

Among the general climatological investigations several papers deal with the study of the evapotranspiration, of the evaporation of free water surfaces, of the connection between cloudiness and sunshine, of the wind-distribution and snow-conditions. The researches aiming at the purification of radiative and advective effects are also of special interest. The paper containing the homogeneous temperature-series of Debrecen extending to a period of 108 years is a valuable contribution to the totality of long observational series. The paper showing the natural climatic units of Hungary takes a new way and provides valuable results for the practice, as regards the classification of climates. Finally an investigation of the yearly warming and cooling in the climate of Europe is of a world-wide interest.

The more important papers are contained in the following list:

REFERENCES

- Sz. LŐRINCZ, A.: A Wild-műszer párolgásadatai és a Thornthwaite-módszerrel számított potenciális és tényleges evapotranspiráció (The Evaporation data of the Wild instrument and the potential and actual evapotranspiration calculated by Thornthwaite's method), *Időjárás*, **63** (1959), 361—364.
- B. GÖRÖG, É.: A pányomás periodikus és aperiodikus változása és szélsőértékei (Periodical and aperiodical variations of the vapor pressure and its extreme values). Beszámoló 1959, 88—92.
- Sz. PAPP, E.: A szélsősebesség értékei Magyarországon (Values of the wind speed in Hungary). Beszámoló, 1959, 97—102.
- Sz. FARKAS, A.: Különböző időszakokból számított hőmérsékleti átlagok vizsgálata (Examination of temperature averages computed from different time periods). Beszámoló 1959, 103—107.
- TAKÁCS, L.—ZÁCH, A.: A borultság és a napsütés óraértékeinek kapcsolata (Connection between cloudiness and hourly values of sunshine). *Időjárás* **64** (1960), 21—27.
- PÉCZELY, GY.: A Kárpátok védőhatása északkeleti hidegbetörés esetén (Protecting effect of the Carpathians in case of northeastern cold waves). *Időjárás* **64** (1960), 28—34.
- Sz. LŐRINCZ, A.: A talajközeli légréteg pányomásának vizsgálata a Balaton térségében (Investigations on the vapor pressure of the near ground air in the area around the Balaton). *Időjárás* **64** (1960), 38—43.
- DOBOSI, Z.: Vizsgálatok a talajközeli légréteg szélsőséges hőmérsékleteiről (Investigations on the temperature-extremes of the near-ground air layer). *Időjárás* **64** (1960), 164—170.
- GOLL, GY.: A talajközeli légtér gyors lefolyású hőmérsékletingadozásai (Rapid temperature variations of the near-ground air layer). *Időjárás* **64** (1960), 175—180.
- KAKAS, J.: Természetes kritériumok alapján kijelölhető éghajlati körzetek Magyarországon (Climatic districts in Hungary determined on the basis of natural criteria). *Időjárás* **64** (1960), 328—339.
- PÉCZELY, GY.: A szubmediterrán típusú csapadékjárás gyakorisága Magyarországon (Frequency of the submediterranean precipitation-march in Hungary). *Időjárás* **64** (1960), 342—347.
- K. TÓTH, E.: A talajvezetési tényező meghatározásának módszere és alkalmazása terepen mért adatokra (Method for the determination of the heat flux in soil and its application to data measured in the terrain). *Időjárás* **64** (1960), 365—371.
- B. GÖRÖG, É.: A hőmérséklet nyári terminusközéptértékeinek egy sajátosságáról (A peculiarity of the temperature values obtained from fixed-hour climatological observations in summer). Beszámoló 1960. 135—137.
- Sz. FARKAS, A.: A különböző tájak napi hőingadozásának vizsgálata (Investigation on daily temperature range of various regions). Beszámoló 1960, 138—143.
- ZÁCH, A.: A budapesti felhőzet pentadértékeinek évi menete (Yearly march of the five-day-means of cloudiness in Budapest). Beszámoló 1960. 144—146.
- Sz. SZUCSÁK, V.: A légnyomás napi változékonysága Budapesten (Daily variation of atmospheric pressure in Budapest). Beszámoló 1960. 149—151.
- PAPP, B.: Kísérlet tőföltti légtér és a víz hőmérsékletének vizsgálatára (An attempt to investigate temperature conditions above and in the water masses of a pond). Beszámoló 1960. 156—161.
- VALENT, E.: A levegő hőmérsékletének napi menete a Balaton parti sávjában (Daily temperature variation on the shore of the Lake Balaton). Beszámoló 1960. 162—169.
- ENDRŐDI, G.: A hőmérséklet alakulása a Tihanyi-félszigeten (Temperature conditions on the Tihany-peninsula). Beszámoló 1960. 170—180.
- DOBOSI, Z.: Untersuchung der Repräsentativität einer Mikroklima-Station. *Ann. Univ. Sc. Budapestinensis Sectio Geologica* **III** (1960), 19—26.
- RÁKÓCZI, F.: Über die bestimmenden Faktoren der Temperatur-Extremwerte. *Ann. Univ. Sc. Budapestinensis Sectio Geologica* **III** (1960), 171—180.
- HAJÓSY, F.: Az Északi-hegyvidék éghajlatának néhány jellemző vonása (Some characteristic features of the climate of the northern mountainous region). *Az Ipari Meteorológia Kérdései*. Budapest 1960. 16—25.
- BACSO, N.: Éghajlati adatok a hazai fűtő-, hűtő- és szellőztető berendezések tervezéséhez (Climatic data for the planning of heating, cooling and ventilation appliances in our country). *Az Ipari Meteorológia Kérdései*. Budapest 1960. 44—75.
- PÁTER, J.: Munkahelyklíma, különös tekintettel a nehézipari üzemekre (Working-room-climate, especially in the establishments of the heavy industries). *Az Ipari Meteorológia Kérdései*. Budapest 1960. 76—81.

- WAGNER, R.: Egy bükki töbör felmelegedése és lehűlése (Warming up and cooling of a dell in the ground of the Bükk-mountains). *Az Ipari Meteorológia Kérdései*. Budapest, 1960. 91—103.
- PEJA, GY.: A kazincbarcikai táj felszínformáinak klimatikus-morphologiai problémái (Climatic and morphological problems on surface-forms of the region around Kazincbarcika). *Az Ipari Meteorológia Kérdései*. Budapest 1960. 112—115.
- ANTAL, E.: Energiaháztartási mérések a Tihanyi-félszigeten (Measurements of the energy balance on the Tihany peninsula). *Időjárás* 65 (1961), 40—46.
- K. TÓTH, E.: A talaj hőforgalmának kérdései Magyarországon (Problems on the heat exchange of the soil in Hungary). *Időjárás* 65 (1961), 99—104.
- ENDRŐDI, G.: A domborzat hatása a hőmérséklet alakulására a Tihanyi-félszigeten (The influence of the relief on the march of temperature in the Tihany peninsula). *Időjárás* 65 (1961), 105—110.
- ENDRŐDI, G.: Hideg légtavak a Tihanyi-félszigeten (Cold air-lakes on the Tihany peninsula). *Időjárás* 65 (1961), 345—350.
- DOBOSI, Z.: Megjegyzések az albedo klimatológiai alkalmazásához (Remarks on the climatological application of the concept of the albedo). *Időjárás* 65 (1961), 364—366.
- GAÁL, E.: A 0 cm-en mért talajhőmérséklet összehasonlítása a 2 cm-es hőmérő adataival (Comparison between soil temperature on the surface and that at a depth of 2 cms). *Beszámoló* 1961.
- K. TÓTH, E.: A talajhőmérséklet alakulása Magyarország néhány jellegzetes talajtípusára (Development of the soil temperature for some characteristic soil types of Hungary). *Beszámoló* 1961.
- K. TÓTH, E.: Hőháztartásvizsgálatok a Balaton környékén (Heat-budget investigations in the Balaton area). *Beszámoló* 1961.
- ANTAL, E.: Az evapotranspiráció meghatározása (Determination of the evapotranspiration). *Beszámoló* 1961.
- ANTAL, E.: Módszerek a Balaton párolgásának meghatározására (Methods for the determination of the evaporation of Lake Balaton). *Beszámoló* 1961.
- DUNAY, S.: A hőmérséklet vizsgálata a Badacsony lejtőin (Investigation of the temperature on the slopes of Badacsony). *Beszámoló* 1961.
- PAPP, B.: Hőmérsékletmérések a Martonvásári-tavon (Temperature measurements on the lake of Martonvásár). *Beszámoló* 1961.
- BÖJTI, B.: Összefüggés a Balaton vizének és a levegőnek a hőmérséklete között Siófokon (Connection between the water temperature of the Balaton and the air temperature at Siófok). *Beszámoló* 1961.
- PÉCZELY, GY.: Az Alpok és a Kárpátok keltette nagyméretű léghullámok visszatükröződése az átlagos nyomásmezőben a Kárpát-medence területén (Large scale air-waves brought about by the Alps and Carpathians as reflected by the average pressure field over the area of the Carpathian basin). *Beszámoló* 1961.
- ZÁCH, A.: Budapest borultsági viszonyai (Cloudiness in Budapest). *Beszámoló* 1961.
- A. KOFLÁNOVITS, E.: A Balaton és a Dunántúli-középhegység felhőzetének néhány sajátossága (Some peculiarities of the cloud covers of the Balaton and that of the central mountains of Transdanubia). *Beszámoló* 1961.
- SZ. LŐRINCZ, A.: A csapadékmentes időszakok gyakorisága és tartamuk valószínűsége a Balaton térségében (Frequency of dry periods in the Balaton area and the probability of their duration). *Beszámoló* 1961.
- SZ. SZUCSÁK, V.: A légnyomás napközi változékonysága Magyarországon (The daily variation of atmospheric pressure in Hungary). *Beszámoló* 1961.
- SZ. PAPP, É.: Szélirányeloszlás Magyarországon (The distribution of wind directions over Hungary). *Beszámoló* 1961.
- SZAKÁLY, J.: A tényleges horizont meghatározása (Determination of the true horizon in Hungary). *Beszámoló* 1961.
- BERKES, Z.: Der Verlauf der jährlichen Erwärmung und Abkühlung im Klima Europas. *Archiv f. Met. Geoph. und Bioklimatologie Serie B.* 10 (1961), 433—444.
- ZÁCH, A.: Hévíz éghajlata (The climate of Hévíz). *Hévízfürdő Természeti Viszonyai*. Budapest 1961. 29—34.
- PÉCZELY, GY.: A Balaton helyi szélrendszere (Local wind-system of Lake Balaton). *Időjárás* 66 (1962), 83—89.
- PÉCZELY, GY.: A 80 mm-t meghaladó napi csapadék gyakorisága Magyarország területén (Frequency of daily amounts of precipitation exceeding 80 mm in Hungary). *Időjárás* 66 (1962), 197—204.

- P. SZALAY, G.: A vízgőztartalom évi menete és gyakorisági eloszlása Budapesten (Yearly march and frequency distribution of water vapor content at Budapest). *Időjárás* **66** (1962) 227—229.
- BERKES, Z.—BERÉNYI, D.: Debrecen egynemű hőmérsékleti sorozata (1853—1960) (The homogeneous temperature series of Debrecen for the period 1853—1960). *Acta Univ. Debreceniensis* **VII** (1961), 265—272.
- RÉTHLY, A.: Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1700-ig (Weather phenomena and disasters in Hungary before 1700). Budapest 1962. 1—452.
- SZESZTAY, K.: Angaben über den Wasser- und Wärmehaushalt des Karpatenbeckens. A II. Kárpátmet. Konf. Budapest, 1961.
- BÉLL, B.: Änderung mit der Höhe der Windrichtungsbeeinflussenden Wirkung der Orographie. A II. Kárpátmet. Konf. Budapest, 1961.
- BERKES, Z.: Das Verhältnis von Strahlungseinwirkungen und advektiven Einflüssen in der Gestaltung des Klimas von Ungarn. A II. Kárpátmet. Konf., Budapest, 1961.
- SIMOR, F.: Rückspiegelung der Advektionswirkung in den Temperaturanomalien in Ungarn. A II. Kárpátmet. Konf. Budapest, 1961.
- Хайоши, Ф.: Данные о годовом ходе осадков в районе Карпат. A II. Kárpátmet. Konf. Budapest, 1961.
- Керу, М.: Снеговые условия в Средневенгерских горах. A II. Kárpátmet. Konf. Budapest, 1961.
- Пецели, Д.: Защитное влияние Карпат при вторжении в Венгрию зимнего холодного воздуха. A II. Kárpátmet. Konf. Budapest, 1961.
- Ласлофи, В.: Метеорологические задачи разрешаемые с точки зрения водного хозяйства международным сотрудничеством в водосборном бассейне р. Дунай.
- SIMOR, F.: Délkelet-Dunántúl kutatási problémái (Research problems of Southeast-Transdanubia). *Alkalmazott Éghajlattani Kutatások Délkelet-Dunántúlon*. Budapest, 1962.
- HAJÓSY, F.: A mediterrán éghajlat és jellemző vonásai (The mediterranean climate and its characteristic features). *Alkalmazott Éghajlattani Kutatások Délkelet-Dunántúlon*. Budapest, 1962.
- PÉCZELY, GY.: A szubmediterrán klímajelleg tér- és időbeli változása Magyarországon (The variation in time and place of the submediterranean climatic character in Hungary). *Alkalmazott Éghajlattani Kutatások Délkelet-Dunántúlon*. Budapest, 1962.
- BACSÓ, N.: Éghajlati energiaháztartásunk egyes részletei és növényzetünk szerepe légterünk energiaforgalmában (Some details of our climatic energy-budget and the role of the vegetation in the energy-turnover of our airspace). *Agrártud. Egyetem Mezőgazd. Tud. Karának Közleményei*. Gödöllő, 1959, 69—83.
- BACSÓ, N.: Magyarország légtérének éghajlati energiaforgalma (Climatic energy-turnover of the airspace of Hungary). *Földrajzi Közlemények* **IX**. (LXXXV) (1961), 109—124.

II. Radiation budget and its components

The characteristic features of the Carpathian basin are also reflected in the development of the radiation balance. Besides the macroclimatological estimation of the radiation balance several papers deal with the investigation of individual components of the radiation balance (direct radiation, global radiation, diffuse radiation, reflected radiation) basing on instrumental observations.

Data of the direct radiation have been applied to determine the pollution of the air, too, especially with regard to the industrial and urban pollution of the air of Budapest.

A paper concerning the interdependence of sunshine duration and global radiation establishes a connection between two series of data which could usefully be applied when conducting climatological studies.

The results are contained in the papers listed below:

REFERENCES

- SIMON, J.: Beszámoló a Balaton-menti globálsugárzásmérésekről (Report on the measurements of global radiation around Lake Balaton). *Beszámolók* 1959. 81—86.
- GOLL, GY.: A talajok fényvisszaverőképességének függése a nedvességtartalomtól és a fény színétől (Reflective power of soils in their dependence on the moisture contents and the colour of the light). *Időjárás* 64 (1960), 35—38.
- TÁRKÁNYI, ZS.: Kísérlet a sugárzási egyenleg meghatározására növénytakaró fölött (Attempt to determine the radiation balance over plant-cover). *Időjárás* 65 (1961), 147—151.
- BARTHA, ZS.—PROBÁLD, F.: Vizsgálatok a homályossági tényező napi és évi járásáról Magyarországon (Investigations on the daily and yearly march of the turbidity-factor in Hungary). *Időjárás* 65 (1961), 249—251.
- WEINGARTNER, F.: A napfénytartam és a teljes besugárzás közötti összefüggés Magyarországon (The connection between sunshine duration and total insolation in Hungary). *Beszámolók* 1961.
- SIMON, J.—WEINGARTNER, F.: A szórt sugárzás vizsgálata budapesti adatok alapján (Investigation on the diffuse radiation on the basis of data of Budapest). *Beszámolók* 1961.
- TÁRKÁNYI, ZS.: A homályossági tényező vizsgálata (Examination of the turbidity-factor). *Beszámolók* 1961.
- Добоши, З.: Радиационный баланс Венгрии. А II. Кárpátmet. Конф. Budapest, 1961.

III. Agrometeorology, biometeorology, hygienic meteorology

Agrometeorological works are in close relation to the problems of plant-breeding, soil cultivation and other kinds of agricultural investigations and their program has first of all been determined by the requirements of the practice.

Part of the researches was conducted in connection with agrometeorological features of individual plants (cereals, winter flax, vine, lavender, maize, tomato, gooseberry, vegetables, cucumber, paprika, poppy, melon), while other studies dealt with the problems of various cultivation-methods connected with the water- and heat-budget. An important topic for investigation has been — from the point of view of the practice — in the 3-year period under discussion, the study of early spring frosts. Several studies treated the microclimatical conditions of the internal air-space of glass-houses and hothouses. Studies concerning meteorological life conditions of parasites of plants (moth of the maize) are in touch with important problems of the agricultural practice.

Up-to-date investigations have been set up at the Martonvásár Observatory of the Meteorological Institute, for the determination of soil moisture by means of radioactive agents. The Kecskemét Observatory introduced the application of small scale thermistors for measuring the temperature of different parts of plants (tomato-apples).

Bioclimatical researches concerned mainly with the climatological problems of health-resorts and spas of Hungary, also questions in regard to the climate of working rooms and stables. With these investigations biometeorological index-numbers (cooling power, sultriness, etc.)

Investigations in hygienic meteorology dealt with balneological and meteorological problems and with the application of meteorological prognostics in medical treatment.

Details of the researches are contained in the papers listed below:

REFERENCES

- AJTAY, Á.: A lábonálló gabona érési szakaszának agrometeorológiai vizsgálata (Agrometeorological investigation on the ripening period of growing corn). Beszámoló, 1959. 110—115.
- GAJZÁGÓ, L.—P. GUBOLA, M.: Biometeorológiai mérések a Palatinus strandfürdő területén (Biometeorological observations in the area of the Palatinus open air bath). Beszámoló, 1959. 120—125.
- KOZMA, F.: A hótakaró hőmérsékleti viszonyainak vizsgálata (Investigation of the temperature conditions of snow cover). Beszámoló, 1959. 126—130.
- PAPP, B.: Radioaktív izotópok az agrometeorológiában (Radioactive isotopes in agrometeorology). Beszámoló, 1959. 142—149.
- PLETSEK, J.: Nyári talajmunkálatok hatása a talaj hő- és nedvességviszonyaira (The effect of summer cultivation works on the heat- and humidityconditions of the soil). Beszámoló, 1959. 150—154.
- PLETSEK, J.: Az őszi len agrotechnikájának agrometeorológiai vizsgálata (Agrometeorological investigation on the agrotechnics of the winter flax). Beszámoló, 1959. 155—157.
- SZAKÁLY, J.: Talajhőmérsékletvizsgálatok szőlőhajtató házban (Soil temperature investigations in a hot-house for vine). Beszámoló, 1959. 158—161.
- SZAKÁLY, J.: Lég hőmérséklet- és légnedvességvizsgálatok izolátor alatt (Air-temperature and humidity-investigations under isolation). Beszámoló, 1959. 162—165.
- VARGA HASZONITS, Z.: A lazítás és tömítés hatása a talaj nedvességviszonyaira (The effect of loosening and compaction on the moisture conditions of the soil). Beszámoló, 1959. 166—169.
- ZALAVÁRI, L.: Néhány hőérzeti viszonzyszám grafikai vizsgálata (Graphical examination of some temperature-feeling-indexes). Beszámoló, 1959. 170—179.
- KÉRI, M.: Néhány hazai gyógy- és üdülőhely bioklimatológiai jellemzése (Bioclimatological characterization of some health-and holidayresorts of our country). Beszámoló, 1959. 180—184.
- GAJZÁGÓ, L.—P. GUBOLA, M.: Kísérlet hőérzeti tartományok megállapítására (Attempt to establish intervals for temperature-feeling). *Időjárás*, 64. (1960), 170—174.
- ÖRMÉNYI, I.: A szemészeti műtéteket követő szövődmények meteoropathológiai vizsgálata (Meteoropathological investigation of complication following ophthalmological operations). *Időjárás*, 64 (1960), 214—223.
- KÉRI, M.: Some problems of the biometeorological research from the point of view of the meteorologist. *Időjárás*, 64 (1960), 352—355.
- ANTAL, E.: Levendulaállomány evapotranspirációjának számítása diffúziós módszerrel (Computation of Evapotranspiration Values in Lavender by the Turbulent Diffusion Method). Beszámoló, 1960. 184—193.
- SZILÁGYI, T.: Az 1960. évi fagyvédelmi kísérleteink (Eros Protection Experiments during the Year 1960). Beszámoló, 1960. 210—212.
- KOZMA, F.: Az éjszakai minimum-hőmérséklet előrejelzése (Forecasts of the Nocturnal Minimum Temperature). Beszámoló, 1960. 213—217.
- PLETSEK, J.: Az őszi búza talajelőkészítésének agrometeorológiai vizsgálata (Agrometeorological investigation of Preparatory Soil Tilling Operations before the Seeding of Winter Wheat). Beszámoló, 1960. 218—221.
- PLETSEK, J.: A szénaszárítás agrometeorológiai vizsgálata (Agrometeorological Investigation on the Artificial Drying of Hay). Beszámoló, 1960. 222—230.
- MORVAY, A.: Üvegházi gombatermesztés agrometeorológiai vizsgálata (Agrometeorological Investigation on Mushroom Growing in Greenhouses). Beszámoló, 1960. 231—256.
- SZAKÁLY, J.: Mikrolégáramlás növényházban (Microwind in a Greenhouse) Beszámoló, 1960. 237—241.
- SZAKÁLY, J.: Talajhőmérséklet-vizsgálatok belső kezelésű hollandágyban (Soil-temperature investigations in Dutch-beds with internal manipulation). Beszámoló, 1960. 246—251

- STOLLÁR, A.: Összehasonlító mérések a különböző típusú hajtatóházak klímaviszonyainak megállapítására (Comparative measurements for establishing the climatic conditions of different types of hot-houses). Beszámoló, 1960. 242—245.
- VARGA HASZONITS, Z.: Különbözőképpen takart talajok nedvességviszonyai (Soil Moisture Conditions under Different Coverings). Beszámoló, 1960. 252—256.
- AJTAY, Á.: A talajnedvesség vizsgálata különböző ápolású kukoricaállományban (Investigation of the soil moisture in maize-plantations of different cultivations). Beszámoló, 1960. 257—263.
- MANNINGER, I.—PLETNER, J.—PUSZTAI, A.: The Influence of Cultivation Methods on Frost Resistance and Winter-Hardiness of Winter-Flax. *Acta Agronomica Acad. Sc. Hung.* X. (1960), 415—441.
- TARDOS, B.: Egy zártéri munkahely áramlástanai vizsgálata (Fluid-Mechanical Investigation of a Closed-Room Working Place). *Az Ipari Meteorológia Kérdései*. Budapest. 1960. 85—90.
- ERDŐS, L.—MORVAY, A.: Néhány talajfajtánk nedvességjárása (March of the Moisture of some Types of Soil in Hungary). *Időjárás*, 65 (1961), 47—55.
- KISS, I.: A hófelületek vegetációs színeződéséről (Vegetational Coloration of Snow-Surfaces). *Időjárás*, 65 (1961), 110—112.
- SZILÁGYI, T.: Hőmérsékletmérés paradicsombogyóban (Measuring Temperatures in Tomato-Apples). *Időjárás*, 65 (1961), 179—181.
- VARGA, H., Z.: A talajhőmérséklet szélső értékei különbözőképpen művelt talajokon. (Extremes of soil temperature in cases of different cultivation methods). *Időjárás*, 65 (1961), 181—183.
- SZ. LŐRINCZ, A.: A talajok járhatóságának és a talajnedvességnek kapcsolata (Connection between the Soil Tractionability and Soil Moisture). *Időjárás*, 65 (1961), 215—220.
- KOZMA, F.—STOLLÁR, A.—SZILÁGYI, T.: A hótakaró szerepe a lég-, a talaj- és a növényhőmérséklet kialakításában (The Role of the Snow Cover in the Development of the Air-Soil- and Plant-Temperatures). *Időjárás*, 65 (1961), 220—225.
- SZÁSZ, G.: Makro- és mikroklímikus hatások a köszmétebogyók növekedésére és beltartalmára (Macro- and microclimatic effects the growth and internal contents of gooseberries). *Időjárás*, 65 (1961), 279—288.
- P. GUBOLA, M.aA Linke-féle érzethőmérséklet óraértékei Budapesten (Hourly Values of the Feeling-Temperature in Budapest according to Linke). *Időjárás*, 65 (1961), 294—297.
- BOGNÁR, K.—KOZMA, F.: Együttes szőlő-gyümölcstermesztés mikrometeorológiai vizsgálatáról On the Micrometeorological Investigation of Simultaneous Growing of Vine and Fruit). *Időjárás*, 65 (1961), 366—369.
- KÉRI, M.: A z istálló-mikroklíma vizsgálatok metodikai kérdései (Methodical Questions on Investigations of the Microclimate of Stables). *Agrártud. O. Közl.* XIX. (1961), 239—45.
- PÁTER, J.: A klimatológia és a balneológia kapcsolata (The Interrelation of Climatology and Balneology). *Hévízfürdő Természeti Viszonyai*. 1961. 11—14.
- PAPP, F.: Hévíz és a Balaton biometeorológiai múltja, jelene és jövője (Biometeorological Past, Present and Future of Hévíz and of the Lake Balaton). *Hévízfürdő Természeti Viszonyai*. 1961. 15—20.
- SÁGI, K.: Adatok a Keszthely környéki baltoni öblök pusztulásának időrendjéhez (Some Data Concerning the Chronological Order on the Destruction of Bays of the Balaton in the Neighbourhood of Keszthely). *Hévízfürdő Természeti Viszonyai*. 1961. 21—28.
- KÉRI, M.: Hévíz biometeorológiai sajátosságai (Biometeorological Characteristics of Hévíz). *Hévízfürdő Természeti Viszonyai*. 1961. 35—40.
- AUJESZKY, L.: Az időelőjelzés lehetőségei az üdültetéssel kapcsolatban (Forecasting-Possibilities Connected with the Organization of Holidays). *Hévízfürdő Természeti Viszonyai*. 1961. 41—44.
- KOZMA, F.—SZILÁGYI, T.: Különböző homoktalajok hőmérséklete és nedvessége (Temperature and Humidity Conditions of Different [Sandy Soils]. Beszámoló, 1961.
- K. TÓTH, E.: A talajhőmérséklet alakulása Magyarország néhány jellegzetes talajtípusára (Soil-Temperature Features for Some Characteristic Types of Soil in Hungary). Beszámoló, 1961.
- ANTAL, E.: Az evapotranspiráció meghatározása (Determination of the Evapotranspiration). Beszámoló, 1961.
- SZAKÁLY, J.: Szabad terület talajfűtése korai zöldségtermesztés céljából (Heating of a Free Area for Early Growing of Vegetables). Beszámoló, 1961.
- PLETNER, J.: Gyomos és gyomtalanított talaj hőmérséklete (Temperature conditions of weedy and weeded soils). Beszámoló, 1961.

- RADNAI, K.: A bokrosodási csomó hőmérsékletének mérése búzaállományban (Temperature Measurements in the Stooling Sheaf of Wheat Plants). Beszámoló, 1961.
- STOLLÁR, A.: Meteorológiai vizsgálatok termálfűtéses hajtatóházakban (Meteorological Investigations in Hot-Houses with Thermal Heating). Beszámoló, 1961.
- VARGA, H., Z.: Lég- és talajhőmérséklet különböző fűtésű hollandágyakban (Air- and Soil-Temperatures in Dutch-Beds having Different Heating Installations). Beszámoló, 1961.
- MORVAY, A.: Növényházi uborkatermesztés agrometeorológiai kérdései (Agrometeorological Problems of Cucumber-Growing in Greenhouses). Beszámoló, 1961.
- PLETSEK, J.: A kukoricamoly áttelelésének meteorológiai feltételei (Meteorological Conditions of Hibernation of the Maize-Moth). Beszámoló, 1961.
- SZILÁGYI, T.: Die meteorologischen Beziehungen des Weinbaues in Ungarn, mit besonderem Hinblick auf die Gegend von Kecske-mét. A II. Kárpátmet. Konf. Budapest. 1961.
- GAJZÁGÓ, L.—P. GUBOLA, M.: A lehülési érték alakulása nyáron, a nappali órákban (Values of the Cooling Power Occurring in Summer during Day-Time). *Időjárás*, **66** (1962), 26—30.
- PAPP, B.: Messung der Bodenfeuchtigkeit mit Hilfe von Radiocobalt. *Időjárás*, **66** (1962) 274—280.
- PUSZTAI, A.—PLETSEK, J.—P. GILJAROVSKAJA, T.: A talaj színének hatása a kukorica kezdeti fejlődésére (Influence of the Colour of the Soil in the Early Phase of Growth of the Maize-Plant). Kukoricatermesztési Kísérletek, 1958—60. Budapest, 1962. 77—84.
- PLETSEK, J.—PUSZTAI, A.: Kapált és kapálatlan talaj hőmérséklete. (Temperature Conditions in Hoed and Unhoed Soils). Kukoricatermesztési kísérletek 1958—60. Budapest. 1962. 325—329.
- JUSTYÁK, J.: A talajművelési módok hatása a szőlő állományklímájára Tokaj-Hegyalján (Influence of Soil Cultivation Methods on the Plant Climate of Vine in the Tokaj-Hegyalja-Region). *A Debreceni K. L. Tud. Egyet. Meteor. Int. Közlem.* **18** (1960), 291—322.
- BERÉNYI, D.—JUSTYÁK, J.: Az étkezési paprika állomány-éghajlata (Plant Climate of Paprika). *Acta Univ. Debrec.* **VII** (1961), 273—284.
- JUSTYÁK, J.: A művelésmódok hatása a szőlő állományklímájára (Influence of Cultivation Methods on the Plant-Climates of Vine in the Tokaj-Hegyalja Region). Kandidátusi disszertáció. Budapest. 1960. 1—14.
- BERÉNYI, D.: Über die Temperaturschichtung in Pflanzenbeständen. *Wiss. Zs. der K. M. Univ. Leipzig*. **10** (1961), 537—540.
- BERÉNYI, D.—JUSTYÁK, J.: Állományklíma vizsgálatok sárgadinnyetermesztési kísérletekben kulisszanövényvel és kulisszanövény nélkül (Plant-Climates- Investigations during Experiments of Musk-Melon Growing with or without sheltering plants. *Acta Univ. Debrec.* **VIII**. 1962. Series Geogr., Geol. et Meteor. **I**.
- DUCK, T.: A csapadékviszonyok hatása az erózióra (Effect of the Precipitation Conditions on Soil-Erosion). *Alkalmazott Éghajlattani Kutatások Délkelet-Dunántúlon*. Budapest. 1962. 39—46.
- BACSÓ, N.: A tájtermesztés éghajlati alapjai Baranya-megyében (Climatic Bases of Regional Production in Baranya-county). *Alkalmazott Éghajlattani Kutatások Délkelet-Dunántúlon*. Budapest, 1962. 47—54.
- MŐCSÉNYI, M.: Települések, városok klímátényezői (Climatic Factors of Settlements and Towns). *Alkalmazott Éghajlattani Kutatások Délkelet-Dunántúlon*. Budapest, 1962. 55—60.
- SOMFAI, J.: Bányaklíma-kérdések, tekintettel a liászbányászat mélységbehatolására (Climatic Problems of Mining with regard to the Penetration in Depth of Lias-Mining). *Alkalmazott Éghajlattani Kutatások Délkelet-Dunántúlon*. Budapest, 1962. 61—66.
- SZABÓ, L.: Pécs város levegőszennyeződése a meteorológiai viszonyok tükrében (Air-Pollution of Pécs as Reflected by Meteorological Conditions). *Alkalmazott Éghajlattani Kutatások Délkelet-Dunántúlon*. Budapest, 1962. 67—72.
- NOSZMÜLLER, S.—URBÁN, A.: Klímavizsgálatok az Abaligeti Cseppkőbarlangban (Climatic Investigations in the Stalactite Cave of Abaliget). *Alkalmazott Éghajlattani Kutatások Délkelet-Dunántúlon*. Budapest, 1962. 73—78.
- KÉRDŐ, I.: A meteorológiai tényezők befolyása a szervezet immun-biológiai állapotára (Influence of Meteorological Factors on the Immune-Biological State of Human Organism). *Reumatológia, Balneológia, Allergológia*, **I** (1960), 123—127.

- KÉRDŐ, I.: Időjárás, éghajlat, egészség (Weather, Climate, Health). Medicina, Budapest, 1961. 1—116.
- KÉRDŐ, I.—ÖRMÉNYI, I.: Preliminary Results of an Attempt to a Medical-Meteorological Forecast in Hungary. Könyvrészlet: Tromp, S. W.: Biometeorology. Proceedings of the Second International Bioclimatological Congress. Oxford—London—New York—Paris. 1962. 202—203.
- LUDVIG, I.—ÖRMÉNYI, I.: Meteoropathológiai vizsgálatok hályogműtét utáni elülső csarnok bevérzésekkel kapcsolatban (Meteoropathological Investigations in Connection with haemorrhages of the Interior Chamber after Cataract Removals). *Szemészet*, 9 (1960), 149—156.
- ÖRMÉNYI, I.—FRIED, J.: A meteorológiai tényezők élettani és lélektani hatása a sportolókra (Biological and Psychological Effect of Meteorological Factors on Athletes). *Sport és Tudomány*, VI (1962), 164—165, 202—203, 242—243.

IV. Dynamic meteorology, synoptic meteorology, prognostics

In the field of dynamic meteorology several papers deal with the vertical movement of isolated air-particles such as "bubbles" of cloudy air, with their energetics, equilibrium conditions and with the virtual temperature correction. Studies on kinematics and dynamics have treated the stream pattern of cyclones, the influence of mountain ranges on wind-streams, the maximum of wind pressure developing during a natural period, the temperature-dependance of the Richardson-number as well as vorticity.

Synoptic investigations have mainly included the mesosynoptic study of weather characteristics of the Carpathian basin and their aim was the application of the methods of numerical prediction. The subject of the studies was at first the investigation of the precipitation, temperature and wind conditions. In that frame work several papers dealt with the movement of cold centres, the inversions of the surface air masses, the floods of the Tisza, the synoptic situations leading to icy floods and the protecting effect of the Carpathians against cold waves.

The study of methodological questions of the industrial forecasts and that of the prognostics of transparency of the air in industrial areas is connected with practical problems reflecting the claims of the ever increasing developing of industrialization.

Among the macrosynoptical themes the study of the structure of fronts in relation to the variation of precipitation in space and time, the quantitative forecast of precipitation along trajectories of the warm and cold fronts of cyclones, the role of the vertical movement brought about by friction in the development of frontal precipitations are worthy of a general interest.

As to the long range forecasting the main results of research works are indicated by papers dealing with the development of Western-European closing anticyclones, the 8.5 months' oscillation of the amount of precipitation, the 44 days' period of the anomalies of air pressure, the connection of the falling pressure in Canada with the temperature of Central-Europe and the frequency of strong variations of pressure within 24 hours.

The following list contains the papers showing the most important results:

REFERENCES

- DÉSI, F.: Gleichgewicht des Wassertropfen enthaltenden Wolkenluftquantums. *Időjárás*, **64** (1960), 65—71.
- R. WAGNER, M.: A csapadék eloszlása Magyarországon meridionális áramlású ciklonális helyzetekben (Distribution of Precipitation in Hungary in Synoptic Situations with Meridional Stream Flow). *Időjárás*, **64** (1960), 96—102.
- DÉSI, F.: Vertical Motion of Isolated Parcels of Air. *Időjárás*, **64** (1960), 129—137.
- SZEPESI, D.: Die orographische niederschlagsbildende Wirkung der Gebirge des Karpatenbeckens. *Időjárás*, **64** (1960), 144—152.
- B. JAKUS, E.: Egy stacionárius ciklon szerkezetének néhány kinematikai sajátosságáról (Some Kinematical Characteristics of the Structure of a Stationary Cyclone). *Időjárás*, **64** (1960), 205—213.
- K. CSEH, É.: A hideggócok mozgása a Kárpátok környezetében (Displacement of Cold Centres in the Neighbourhood of the Carpathians). *Időjárás*, **64** (1960), 281—284.
- DÉSI, F.: A függélyes légáramlásról (On the Vertical Air Motion). *Időjárás*, **64** (1960), 348—351.
- AMBRÓZY, P.: A meridionalitás hatásának figyelembevétele Bulajev barotrop nyomáselőrejelzésénél (Evaluation of the Effects of Meridionality in the Application of Bulajev's Method of Barotropic Pressure Forecasting). *Beszámoló*, 1960. 38—42.
- D. SZOKOL, I.: A rendezett feláramlásból számított csapadék vizsgálata a ciklonokban (Investigation of Cyclonic Precipitation by Computations Based on the Phenomena of Regular Convection). *Beszámoló*, 1960. 74—80.
- KOPPÁNY, GY.: A nyugat-európai lezáró anticiklonok felépüléséről a különböző évszakokban (Development of Closing Anticyclones of Western-Europe in Different Seasons). *Beszámoló*, 1960. 94—98.
- NÉMETH, T.: A csapadék mennyiségének 8,5 havi hullámozása Közép-Európában (The 8,5 Month's Oscillation of the Amount of Precipitation in Central-Europe). *Beszámoló*, 1960. 99—105.
- BERKES, Z.: A budapesti légnyomás anomáliáinak 44 napos periódusa az 1960. évben (The 44-Days' Period of the Pressure-Anomalies of Budapest in the Year 1960). *Beszámoló*, 1960. 106—109.
- GRAICS, Á.: A nyári hőmérséklet egyhavi ritmusa Budapesten (Recurrence of a Month Duration of the Summer Temperature at Budapest). *Beszámoló*, 1960. 110—117.
- BODOLAI, I.: Ipari vonatkozások a prognosztikában és az időjárási rendkívüliségek (Industrial Relations in Prognostics and Exceptional Weather Phenomena). *Az Ipari Meteorológia Kérdései*. Budapest. 1960. 10—15.
- RÁKÓCZI, F.: A hőmérsékleti szélső értékek előrejelzéséről (Forecasting Extremes of Temperatures). *Az Ipari Meteorológia Kérdései*. Budapest. 1960. 36—43.
- PÉCZELY, GY.: A levegő átlátszósága Miskolcon különböző időjárási helyzetekben (Transparency of the Air at Miskolc in Various Synoptic Situations). *Az Ipari Meteorológia Kérdései*. Budapest. 1960. 82—84.
- KOZMA, B.: Winddruckmaxima im Lee eines Hindernisses. *Gerl. Beitr. für Geoph.* **69** (1960), 368—382.
- DÉSI, F.: A virtuális hőmérséklet korrekciójáról (On the Correction of Virtual Temperature). *Időjárás*, **65**, (1961), 31—34.
- VANCSÓ, I.: A jeges árvizek meteorológiai előrejelzésének lehetőségei (Potentialities of a Meteorological Forecasting of Icy Floods). *Időjárás*, **65** (1961), 34—39.
- P. SZALAY, G.: Légáramlás Magyarországon északi és déli irányítású makroszinoptikus helyzetekben (Air Currents in Hungary with Large-Scale Weather Situations of N- and S-Steering). *Időjárás*, **65** (1961), 93—98.
- R. WAGNER, M.: A csapadék eloszlása Magyarországon nyugati áramlású makroszinoptikus helyzetekben (The Distribution of the Precipitation in Hungary in Large-Scale Synoptic Situations having a Western Stream-Flow). *Időjárás*, **65** (1961), 154—159.
- B. JAKUS, E.: A frontszerkezet változásának szerepe a csapadék térbeli és időbeli változásában (Role of the Changes of Frontal Structure in the Variations of Precipitation in Space and Time). *Időjárás*, **65** (1961), 202—211.
- BERKES, Z.: Légtömeg- és frontfajták a Kárpát-medencében (Air Masses and Fronts in the Carpathian Basin). *Időjárás*, **65** (1961), 289—293.
- P. SZALAY, G.: Légáramlás Magyarországon zónális irányítású makroszinoptikus helyzetben (Air-Flow over Hungary in Macrosynoptical Situations of zonal Pattern). *Időjárás*, **65** (1961), 338—344.
- DÉSI, F.: On the Energetics of the upward Air Motion. *Ann. Univ. Sc. Budapestinensis Sectio Geol.* **V.** (1961), 35—42.

- AMBRÓZY, P.: A geopotenciálmezők simítása (Smoothing out of Geopotential Fields). Beszámoló, 1961.
- TÁNCZER, T.: Zivatar okozta szélviharok (Windstorms Caused by Thunderstorms). Beszámoló, 1961.
- KOPPÁNY, GY.: Néhány tapasztalati szabály a távprognózisok készítéséhez (Some Practical Rules Concerning the Preparation of Long Range Forecasts). Beszámoló, 1961.
- K. CSEH, É.: Az alsó troposzféra hideg gócainak vizsgálata a Kárpátok környezetében (Investigation on the Cold Centres of the Lower Troposphere in the Neighbourhood of the Carpathians). Beszámoló, 1961.
- GRAICS, Á.: Téli hideghullámok szinoptikus vizsgálata (Synoptic Investigation of Winter Cold Waves). Beszámoló, 1961.
- NÉMETH, T.: A kanadai—grönlandi térség légnyomássüllyedéseinek kapcsolata Közép-Európa hőmérsékletével (Connection between Falling Pressures in the Canadian—Greenland Area and Temperature Conditions in Central-Europe). Beszámoló, 1961.
- RAJKAY, Ö.: Talajszélviszonyok Magyarországon Fennoskandinávia feletti anticiklon esetén (Wind Conditions in Hungary in Case of an Anticyclone over Fenno-Scandinavia). *Időjárás*, **66** (1962), 18—22.
- TITKOS, E.: Az örvényességi korreláció (Vorticity Correlation). *Időjárás*, **66** (1962), 22—26.
- M. CSÁSZÁR, M.: Zsugorodási inverziók erősödő anticiklonokban (Subsidence-Inversions in Strengthening Anticyclones). *Időjárás*, **66** (1962), 97—100.
- NÉMETH, T.: A Drogajcev-féle csapadékelőrejelzés beválásáról (On the Suitability of Drogayzev's Method in Forecasting Precipitation). *Időjárás*, **66** (1962), 157—158.
- RAJKAY, Ö.: Időjárási elemek mezőinek előrejelzése statisztikai számítási módszerek segítségével (Forecasting Fields of Weather Elements by Statistical Computational Methods). *Időjárás*, **66** (1962), 216—222.
- ADÁMI, L.: Gyors módszer az J^2 paraméter kiszámítására (A Practical Method for Computing the Parameter J^2). *Időjárás*, **66** (1962), 224—226.
- KOZMA, B.: Winddruckmaxima an den Observatorien Potsdam, Wahnsdorf und Warne-münde. *Gerl. Beirt. Geoph.* **71** (1962), 175—187.
- KOZMA, B.: Untersuchung der Winddruckmaxima und der Windwege windiger Perioden an synoptischen Stationen diesseits und jenseits der Karpaten. A II. Kárpátmet. Konf. Budapest. 1961.
- AUJESZKY, L.: A Délkelet-Dunántúl szinoptikai problémái (Synoptic Problems of Southeast-Transdanubia). Alkalmazott Éghajlati Kutatások Délkelet-Dunántúlon. Budapest. 1962. 79—84.
- Бодолаи, И.: Опыт количественного прогноза осадков при прохождении холодного фронта. *Мет. и Гидр.* № 12, 1959 г.
- Бодолаи, И.: Опыт количественного прогноза осадков при прохождении теплого фронта. *Időjárás*, **64** (1960), 13—20.
- Капович, А.: Вычисление числа Ричардсона с учетом температуры. *Időjárás*, **65** (1961), 265—271.
- Бодолаи, И.: О вертикальной составляющей уравнения вихря *Időjárás*, **65** (1961), 321—326.
- Бодолаи, И.—Б. Якуш, Э.: Вычисление количества осадков вдоль траектории холодного и теплового фронта циклона. *Időjárás*, **66** (1962), 205—213.
- Сепеш, Д.: О влиянии гор Карпатского бассейна на образование орографических осадков. II. Kárpátmeteorológiai Konferencia. Budapest. 1961.
- Ванчо, И.: Исследование метеорологических предисловий наибольших паводковых волн на реке Тиса. II. Kárpátmeteorológiai Konferencia. Budapest. 1961.
- К. Чех, Э.: Движение и влияние очагов холода в окрестностях Карпат. II. Kárpátmeteorológiai Konferencia. Budapest. 1961.
- Тардош, Б.: Методы для исследования явлений погоды орографического происхождения в Карпатском Бассейне. II. Kárpátmeteorológiai Konferencia. Budapest. 1961.

V. Aerology, physics of the atmosphere

In the field of aerology researches some questions of detail have been directed towards the aeroclimatology of Hungary. In the period under discussion several papers dealt with the statistical processing of the charac-

teristical data of the tropopause. In order to homogenize the aeroclimatological data in space and time, comparisons have been arranged between the radio-sonde-ascents at Vienna and Budapest, as well as between the data of the Finnish type of radio-sonde used at Budapest and those obtained by the Soviet-made instruments of the A-22 type.

Methods of a complex aeroclimatology are employed in a paper investigating the connection between wind direction and temperature in higher strata. The study on the energy of instability measured at isothermic surfaces aid the local forecasts of thunderstorms. Several papers deal with the computation of thermal advection on the basis of wind measurements in the free atmosphere.

Investigations have been conducted concerning the distribution of winds aloft and its variations over Hungary in various synoptic situations, as well as the influence of mountain ranges on the winds in the free atmosphere. Computation of the eddy diffusivity was the object of calculation of the Ekman-model over Budapest and for some other stations of Hungary, based on observational data.

Important practical reasons (problems of air pollution, propagation of radio-waves) gave the indication for a study of ground temperature inversions based on the data of radio-sonde ascents of Budapest.

Several papers dealt with the physics of precipitations during the period under discussion. The investigations referred to the size-distribution of rain- and fog-droplets, to the connection between size-spectrum and rain-intensity.

One of the papers treats the connection between air pressure and solar activity, another that of the Earth' magnetic field and temperature.

The results obtained may be found in the papers listed below:

REFERENCES

- Месарош, Э.—Вурт, Э.: Замечания о методе Сивадана для изучения спектра дождевых капель. *Időjárás*, **63** (1959), 329—332.
- BORBÉLY, E.: Statistische Untersuchung der Tropopausen über Budapest. *Időjárás*, **63** (1959), 333—343.
- Сенеш, Д.: Связь упорядоченных и фронтальных вертикальных скоростей с осадочными областями большого размера. *Időjárás*, **63** (1959), 344—350.
- P. SZALAY, G.: Légáramlás Magyarországon kétoldali hidegbetörés esetén (Air-Flow in Hungary in Case of a Double Cold-Wave). *Időjárás*, **63** (1959), 356—360.
- BERKES, Z.: Az átlagos szélesség és a sűrűség szorzatának magasság szerinti állandóságáról (Constancy of the Product of the Average Wind Speed and of the Density according to Height). *Beszámoló*, 1959. 22—26.
- BÉLL, B.: Függőleges légmozgások mérése a Balaton fölött (Measurements of Vertical Air Movements over Lake Balaton). *Beszámoló*, 1959. 27—34.
- PÁPAI, L.: Rádiószonda-szerkezetek (Radio-Sonde-Constructions). *Beszámoló*, 1959. 42—56.
- MÉSZÁROS, E.—WIRTH, E.: Distribution spectrale des gouttes des pluies tombant des nuages stratiformes. *Időjárás*, **64** (1960), 82—87.

- P. SZALAY, G.: Az alsó 5 km-es légréteg hőmérsékleti szerkezete különböző makroszinoptikus helyzetekben (Temperature-Structure of the Lower 5-km Air-Layer in Different Macrosynoptic Situations). *Időjárás*, **64** (1960), 88—95.
- PÁPAI, L.: Empirical Ekman-Model over Budapest. *Időjárás*, **64** (1960), 152—163.
- BÉLL, B.: A szélirány és a hőmérséklet kapcsolata Budapest légterében (Connection between Wind Direction and Temperature in the Air-Space of Budapest). *Időjárás*, **64** (1960), 356—365.
- BORBÉLY, E.: A tropopauza magasságának és hőmérsékletének változása (Variation of the Height and Temperature of the Tropopause). Beszámoló, 1960. 6—12.
- M. NAGY, A.: A Väisälä-típusú magyar és az A—22. III. típusú szovjet rádiószonda adatainak összehasonlítása a Budapesten végzett kísérleti felszállások alapján (Comparison of Data Obtained by the Hungarian Radio-Sonde Type Väisälä and by the Soviet Radio-Sonde Type A—22. III. by experimental Ascents made at Budapest). Beszámoló, 1960. 17—25.
- HIRLING, Gy.: Tapasztalatok a rádiós szélmérés terén (Some Experiences with Upper-Wind Measurements using Radio Method). Beszámoló, 1960. 26—31.
- TÓTH, P.: Nomogramm a szabadléggöri hőmérsékleti advekcio tetszőleges szélrétegek szerinti meghatározására (A Nomogramm for the Determination of Thermal Advection in the Free Atmosphere in case of Arbitrary Vertical Wind Distribution). Beszámoló, 1960. 52—67.
- BERKES, Z.: A naptevékenység hatása a légnyomás eloszlására (Effect of The Solar Activity on the Distribution of Air Pressure). *Időjárás*, **65** (1961), 17—23.
- MÉSZÁROS, E.—WIRTH, E.: Distribution spectrale des gouttes des pluies tombant des nuages cumuliformes. *Időjárás*, **65** (1961), 80—85.
- PÁPAI, L.: A kicserélődési együttható meghatározása Budapest felett (Determination of the Exchange Coefficient over Budapest). *Időjárás*, **65** (1961), 113—118.
- M. NAGY, Á.: Vergleich der Höhentemperaturen über Wien und Budapest. *Időjárás*, **65** (1961), 142—147.
- BORBÉLY, E.: A tropopauza Budapest fölött (Tropopause over Budapest). *Időjárás*, **65** (1961), 326—332.
- NÉMETH, T.: A hőmérséklet és a földmágnesség összefüggéséről (The Connection between Temperature and the Earth's Magnetism). *Időjárás*, **65** (1961), 351—355.
- BÉLL, B.: Szélmérés kötött léggömbbel (Wind-Measurements by means of Tethered Balloons). *Időjárás*, **65** (1961), 355—360.
- VENTURA, E.: Talajmenti inverziók megjelenése Budapest felett (Development of Ground Inversions over Budapest). Beszámoló, 1961.
- MÉSZÁROS, E.: Ködcseppek nagyság szerinti eloszlásának meghatározása (Determinations of the Size-Distribution of Fog-Droplets). Beszámoló, 1961.
- TÓTH, P.: A szabad léggöri hőmérsékleti advekcio magassági szélérések alapján való kiszámításának problémái (Problems on Computation of the Thermal Advection in the Free Atmosphere Based on Wind Measurements Aloft). Beszámoló, 1961.
- MÉSZÁROS, E.—WIRTH, E.: Esőcseppspektrum és esőintenzitás (Raindrop-Spectrum and Rain Intensity). *Időjárás*, **66** (1962), 153—156.
- P. SZALAY, G.: A vízgőztartalom évi menete és gyakorisági eloszlása Budapesten (Annual Course and Frequency Distribution of the Water Vapor Content over Budapest). *Időjárás*, **66** (1962), 227—229.
- BÉLL, B.: Über das Verhalten der an Isothermenflächen festgestellten Labilitätsenergie. *Időjárás*, **66** (1962), 257—268.
- BÉLL, B.: Änderung mit der Höhe der Windrichtungsbeeinflussenden Wirkung der Orographie. A II. Kárpátmet. Konf. Budapest, 1961.

VI. Atmospheric electricity, radioactivity, ionosphere

Several studies gave reports on the recording of potential gradient of atmospheric electricity going on at Budapest and of the urban effect manifesting itself in the results. Other papers have dealt with the influence of nuclear explosions on the atmospheric electricity as well as with the variations of

the near-surface potential gradient on the occasion of the solar eclipse on the 15th February 1961.

Based on the ionospheric measurements made at Budapest, studies were prepared concerning the seasonal variations of the ionosphere, the effect of the solar eclipse on the layers of the ionosphere on the 15th February 1961, on ionospheric storms in 1957 and on the variation of the critical frequency of the F2-layer during the passage of cold fronts.

Several papers deal with the investigations on atmospheric electricity going on at the Geophysical Research Laboratory of the Hungarian Academy of Sciences in Sopron, analysing mainly the temporal variations of the potential gradient and of the point discharge currents. Theoretical and statistical investigations were also made concerning the study of the connection between the parameters of the atmospheric electricity and those of the electromagnetic field of the Earth.

Details of the researches are contained in the following papers:

REFERENCES

- FLÓRIÁN, E.: Az ionoszféra F2 rétegének határfrekvenciája Budapest felett hidegfrontok átvonulásakor (Critical Frequency of the F2-Layer during the Passage of Cold Fronts over Budapest). *Időjárás*, **63** (1959), 351—356.
- BARTA, GY.—FLÓRIÁN, E.: Érdekes mágneses és ionoszférikus háborgás Magyarországon (An Interesting Magnetic and Ionospheric Disturbance in Hungary). *Geofizikai Közlemények*, **IX** (1961), 83—95.
- MEZŐSI, M.—SIMON, A.: A budapesti ionoszféra-mérések pontosságának vizsgálata a MUF-adatok közlése szempontjából (Examination of the Accuracy of Ionospheric Measurements from the Point of View of Publication of the MUF-Data). *Beszámoló*, 1959, 61—66.
- SIMON, A.: A légelektromos "Szépidő"-tér regisztrálása (Recording the Fine-Weather Field of Atmospheric Electricity). *Beszámoló*, 1960, 74—79.
- SZEPESI, D.: A mesterséges radioaktív szennyezőanyagok terjedésének szinoptikai kérdése (Synoptic Problems on the Propagation of Artificially Produced Radioactive Contamination of the Atmosphere). *Beszámoló*, 1960, 81—93.
- SAJKÓ, J.: Az ionoszféra évszakos változásai (Seasonal Changes of the Ionosphere). *Beszámoló*, 1960, 276—279.
- SIMON, A.: A potenciálesés mérése a Marczell György Obszervatóriumban (Measurements of the Potential Drop in the Observatory "Marczell György"). *Időjárás*, **65** (1961), 164—169.
- SAJKÓ, J.: Az 1961. február 15-i napfogyatkozás hatása az ionoszféra-rétegekre (Effects of the Solar Eclipse up on the Ionospheric Layers on the 15th February 1961). *Időjárás*, **65** (1961), 361—362.
- SAJKÓ, J.: Ionoszféra viharok Budapest felett (Ionospheric Storms over Budapest). *Beszámoló*, 1961.
- SIMON, A.: Városhatás a légelektromos potenciálesés változásaiban (Urban Effects on the Variations of the Potential Drop of Atmospheric Electricity). *Időjárás*, **66** (1962), 90—95.
- SIMON, A.: A nukleáris robbantások hatása a légkör elektromos állapotára (The Effect of Nuclear Explosions on the Electric State of the Atmosphere). *Időjárás*, **66** (1962), 146—153.
- SIMON, A.: A talajközeli potenciálesés változása az 1961. február 15-i napfogyatkozás alatt Budapesten (Variation of the Near-Ground Potential Gradient during the Solar Eclipse on the 15th February 1961 at Budapest). *Időjárás*, **66** (1962), 214—216.

- BENCZE, P.: Über den Zusammenhang zwischen Blitzeinschlagstellen und geologischen Struktur. *Freiberger Forschungshefte*, C—100 (1961), 40—46.
- BENCZE, P.: A villámcsapási helyek és a földtani szerkezet közötti összefüggésről (Connection between Places Hit by Lightning and Geological Structure). *Geofizikai Közlemények*, X (1962), 63—68.

VII. Instruments and observational methods

In the field of instrument construction, the main task of the scientists in the period under discussion has been the development of sample-instruments serving the purpose of investigations concerning micro- and local-climatology, agrometeorology and radiation. In accordance with this task several types of instruments were constructed for temperature measurements in microspaces — using thermistors —, for measurements of soilmoisture — using radioactive sondes —, and for combined radiation measurements-employing electronical counting circuits. For the study of biological effects of ultraviolet radiation a measuring method of chemical character was developed.

For the spheric-measurements projected for 1964 a wave-form testing device was constructed.

The problem of reliably calibrating the instruments of the rather extended climatological network has been a task occupying several scientific workers during the past 3 years and many papers appeared dealing with testing devices and on the gained experiences.

The results of the investigations are contained in the following papers:

REFERENCES

- CZELNAI, R.: Mérőműszerek a meteorológiai hőmérők tehetetlenségi együtthatójának meghatározására (Instruments for measuring the lag-coefficient of meteorological thermometers). *Beszámoló*, 1959, 191—219.
- KOZÁK, B.: Rotációs hitelesítő berendezés kézikanalas szélmérő műszerekhez (A rotating calibration device for hand/cup/anemometers). *Beszámoló*, 1959, 220—221.
- MEZŐSI, M.—SIMON, A.: Elektronikus számoló áramkörök elve és néhány meteorológiai alkalmazása (Principles of electronic counting circuits and some of their meteorological applications). *Beszámoló*, 1959, 227—235.
- MÉSZÁROS, E.: Az esőcseppspektrum mérési módszerei (Measuring methods for the spectrum of raindrops). *Beszámoló*, 1959, 236—239.
- KOZMA, F.—STOLLÁR, A.—SZILÁGYI, T.: Szellőztetett termisztoros pszichrométer (A thermistorized aspiration psychrometer). *Időjárás*, 64 (1960), 44—47.
- PAPP, B.: Talajnedvesség mérése laboratóriumban radioaktív kobalt segítségével (Laboratory measurement of soil moisture using radioactive cobalt). *Időjárás*, 65 (1961), 160—163.
- ERDŐS, L.—PAPP, B.: A felszíni lefolyás műszeres mérése (Instrumental measurement of the run-off on the surface). *Időjárás*, 65 (1961), 169—174.
- GAJZÁGÓ, L.—P. GUBOLA, M.: Kísérlet különböző útburkolatok felszínhőmérsékletének mérésére termisztorral (Experimental measurements of surface temperatures of various pavements by means of thermistors). *Időjárás*, 65 (1961), 175—177.
- ZSUFFA, I.: A csapadékmérő edények szélvédő gallérai (Precipitation gage shields). *Időjárás*, 65 (1961), 225—231.

- FRANK, M.: Ein chemisches Verfahren zur Messung der ultravioletten Strahlung der Sonne. *Időjárás*, **65** (1961), 257—264.
- FÜSTÖS, K.: Számológép a légnedvesség meghatározásához (Slide-rule for the computation of hygrometrical quantities). *Időjárás*, **65** (1961), 272—278.
- BARÁT, J.—TÓTH, P.: Mechanisches Hilfsgerät zur Errechnung der Temperaturadvektion in der freien Atmosphäre. *Időjárás*, **65** (1961), 333—338.
- BARÁT, J.—CZELNAI, R.: Megjegyzések a pszichométerek szellőztetéséről (Remarks on the aspiration of psychometers). Beszámoló, 1961.
- KOZÁK, B.: Hőmérsékletmérés termisztorral (Temperature measurements by means of thermistors). Beszámoló, 1961.
- MEZŐSI, M.: Hullámalakvizsgáló szferix berendezés (Waveform-testing spherics-device). Beszámoló, 1961.
- PAPP, B.: Gamma-sugaras talajnedvesség-mérő (Soil moisture measurement with the aid of gamma-rays). *Időjárás*, **66** (1962), 222—224.
- PAPP, B.: Messung der Bodenfeuchtigkeit mit Hilfe von Radiocobalt. *Időjárás*, **66** (1962), 274—280.
- KOZÁK, B.: Regisztrálás termisztorokkal (Self-recording thermistors). *Időjárás*, **66** (1962), 310—311.

MAGNETIC AND TELLURIC RESEARCH IN HUNGARY IN THE YEARS 1960—1962

GY. BARTA

D. ENG. SC.

In Hungary magnetic investigations are carried out by the Magnetic Department of the State Geophysical Institute "Roland Eötvös", by the Geophysical Chair of the "Roland Eötvös" University as well as by the Geophysical Research Laboratory of the Hungarian Academy of Sciences in Sopron. Telluric studies are conducted at the Geophysical Laboratory in Sopron, in the Geoelectric Department of the State Geophysical Institute, and at the Geophysical Chair of the University of Heavy Industries in Miskolc. As to the ionospheric measurements these are made by the Department for Ionospheric Research of the State Meteorological Institute and the results of these investigations will be contained in the report of the Meteorological Association.

1. Activity of the magnetic observatory and observations made

At the Tihany-Observatory of the State Geophysical Institute temporal variations of the terrestrial magnetic field have been continuously recorded and base values determined every week by means of absolute measurements. Records and tables containing data were sent to the WDC-s up to 1960.

In 1960 magnetic recording was introduced at two newly set up stations, namely at Nagycenk-Observatory (near Sopron) and at Baja. In 1961 at Tihany recording of the magnetic pulsations was begun (components X and Y)* [17, 18].

In connection with the solar eclipse on the 15th of February, 1961, gravity observations were carried out during the months before and after the eclipse.

The base values of the Nagycenk-Magnetic-Observatory were every day compared with those of Tihany; twice yearly control measurements by means of absolute instruments were also made.

* The necessary studies and preparatory works were conducted by the Chinese aspirant CSEN LU-SZO, who has been working for some years in Hungary.

The regional surveying of the vertical intensity throughout the country — in course since 1951, using a station distance of 1.5 km — has been completed. The constructed contours at some places show anomalies indicating the existence of buried rocks of volcanic origin.

In order to meet the requirements of ore-exploration and other geological researches, local surveys were made in several areas of the country with station distances of about 100—200 ms or even more detailed measurements at intervals of 50—20—10 ms or less.

2. Activity of the telluric observatories and telluric measurements made during the period

At the Nagycenk-Observatory of the Geophysical Research Laboratory in Sopron recording of telluric currents has continued throughout the period under discussion (1960—62). Data obtained were sent to the WDC-s after computation, and a publication was arranged, too [34]. A regular recording of telluric currents has also been going on at the Tihany-Observatory since 1960.

The Laboratory at Sopron carried out regional telluric surveys throughout the country and on the basis of the measurements a relative frequency-sounding map of Hungary was constructed with the Nagycenk-Observatory as a reference-base. The interpretation of the anomalies shown on the map is being worked on.

The purpose of the Laboratory at Sopron is to study the temporal distribution of the telluric activity of different character, period and origin as well as the investigation of the connections between the components of the electromagnetic field. For this latter purpose a recording of the elements of the atmospheric electricity has also been installed at the Nagycenk-Observatory.

The Geoelectric Department of the State Geophysical Institute carried out measurements for studying the deep structure of the Hungarian plain and attempts were undertaken towards a combined interpretation of telluric measurements and resistivity-soundings.

The Geophysical Chair of the University for Heavy Industries, Miskolc made telluric measurements on the northern border-area of the great Hungarian plain. The results of the measurements — when compared with the magnetic and gravity representations obtained so far — provided for a possibility of a combined geophysical interpretation; thus a more detailed picture could be gained regarding the conditions prevailing within the sedimentary strata [40].

3. Theoretical studies on terrestrial magnetism

In the course of the study on secular magnetic variations it was assumed that the eccentricity of the Earth's magnetic field was brought about by the eccentric site of the Earth's core and that the triaxiality of the Earth was

caused by the same mass's eccentricity [1, 2, 3, 4]. During the investigations the question was raised whether the core of the Earth is not balanced in the system Earth-Moon-Sun owing to its eccentrical site; therefore, it should be affected by forces like the tidal ones. The influence of these forces results in a shifting of the core towards the West, thus causing the characteristical westward trend of the magnetic secular variation [5, 7].

The basic cause of the magnetic — as well as of the core-eccentricity may in all probability be the general inhomogeneity of the material of the Earth. The magnetic centre of the Earth is at present lying eccentrically towards the Marshall-Islands; thus it is to be assumed that the material of the Earth under the Pacific-Ocean is more dense — as regards large-scale conditions — than elsewhere. This concept is supported by the well-known geological features of the Earth, since the border areas of the Pacific-Ocean represent extended zones of volcanic and earthquake activity, and these zones mark off the contacting lines of the masses having different densities. A further support of this concept may be that owing to a decrease in the rotational speed of the Earth the assumed heavier masses under the Pacific fall forward, thus causing the damming up of the Cordilleras and the Andes, also forming the deep-sea-rift-valleys by their breaking off towards the E. This concept was put forward by G. BARTA in a lecture held during the session of the Gravity Commission of the IGGU in Paris, on the 14th September 1962.

The movement of the Earth's core as assumed on the basis of the magnetic secular variation causes, of course, a change in the amount of the gravitational force and of its direction, too. The coefficients of the spherical harmonics-representation of the magnetic field for the epochs 1885—1922—1945—1955 give the position of the magnetic centre for these times and that of the Earth's core, too. On this basis we have computed and represented on diagrams and maps the theoretical secular variation of the gravitational field intensity and level surface, as well as that of the geographical latitude and longitude.

In connection with the investigation of the magnetic secular variation the relation of the quadrupole axes to the eigenvectors of the quadrupole have also been studied. It was shown that at the magnetic centre the dipole and the two quadrupole axes form an orthogonal system similar to that of the eigenvectors [14, 15].

On the basis of the spherical harmonic representations available the direction-variation of the magnetic eigenvectors and quadrupole-axes as related to the geometrical as well as to the magnetic centre of the Earth was established for the period 1550—1945. The regular character of the axis-variations as related to the magnetic centre supports our concept according to which we have to take into account — besides the variations of rotational character taking part in the Earth's interior — translational movements, too [14, 15].

Starting from a simplified function-representation of the quadrupole corresponding to the magnetic centre of the Earth and using differential equations the equation of the lines of force of the quadrupole was set up and these lines, together with the equipotential lines were graphically represented in the plane of the quadrupole axes and also in the planes perpendicular to it, and to one of the eigenvectors lying in it [14].

The computation of the magnetic declination for the point of a given area presupposes the establishment of a mathematical surface which throughout the area fits the measured declination values the best. Local anomalies are called the differences between the values effectively measured on the spot and those obtained by mathematical adjustment. The adjusted (normal) value, however, depends on the number and distribution of the stations involved in adjusting and on the degree of the adjustment. Thus, in this respect it could be shown that the same station could be affected by different anomaly values, even simultaneously. Therefore, we have to interpolate between the different possible individual anomalies for a place when calculating the effective local value of the declination, and we should not apply the assumption that local anomalies remain unchanged for a long time [12, 13].

Error sources of the proton-precession-magnetometer have been dealt with and a demonstrative treatment of the generating process for the macroscopical nuclear paramagnetic moment performing a precessional movement in the Earth's magnetic field was given [9]. On the occasion of the solar eclipse in February 1961 observations using the proton-precession-magnetometer were made at the Baja-Observatory [11]. In addition magnetoelastic properties of the Earth's crust were also studied [10].

4. Theoretical researches on tellurics

In connection with the temporal variation of telluric currents the spectrum of the variation was investigated at the Laboratory in Sopron in detail. It was stated that variations of a period of 2—6 as well as of 24—60 minutes should be looked upon as primary ones, while those having a duration of 6—24 minutes are to be considered as secondaries. Aspects and daily as well as yearly frequency distribution of the groups of periods separated on the basis of physical properties and the amplitude-ratio of the components were studied in detail [38].

The distribution in time of some special types of telluric variation was dealt with and the recurrent tendency of 27 days in disturbances of different periods of telluric currents was investigated on the basis of the $(k_1 - k_5)$ -numbers characterizing the average daily activity of the various groups of periods. It could be stated that the rotational period of the Sun with respect to the Earth is well reflected in the march of the average amplitude of the

variations of 2—6 as well as of 24—60 minutes duration, while remaining nearly undetected with the oscillations of 6—24 minutes of period [30]. Periodicities existing within the recurrent tendency of 27 days were investigated, besides also the field of telluric currents in the sunspot-activity.

For the periods of a few seconds (called "pearl"-type variations) the existence of a maximum at sunrise was found — in conformity with the data already published in the literature. In the frequency of the pulsations of about 20 seconds of duration no special change occurring at about sunrise was experienced, while the frequency and amplitude of 1—4 minutes' variations showed a strong decrease in the quarter-hour of sunrise.

The interpretation of the frequency-sounding map constructed on the basis of the regional telluric surveys was undertaken, partly on a magneto-telluric way, and on the other hand by theoretical reasonings and calculations. Thus, a possibility was obtained for studying — by relying on a relatively high value of station density — the discrepancies between the electrical Earth-model as given by RIKITAKE, and the conductivity-depth-profiles computed by using different electrical and magnetic components, as well as in this respect to clear the role of horizontal inhomogeneities [27, 28].

The applicability of the Nagycenk-Observatory as a main base for telluric surveys in Hungary was established and a large-scale regional representation (in the form of a map) for the basement was constructed, taking the results of some 60 measurements into account [39].

For the determination of the average (*e.g.* for a year's interval) directional state of telluric currents depending on the ionosphere, the average absolute ellipse for the observatory was computed, as well as its absolute anisotropy-ellipse (as related to the geological structure) was established. After eliminating the geological anisotropy, current conditions were obtained as if they would have developed under homogeneous underground conditions. Thus, we could obtain some information for the anisotropy of the high atmosphere, regarding its average as well as the temporary values [28].

A method has been worked out — based on the variational speed — for the investigation of the elliptic characteristics of telluric activity and of the potential gradient. This procedure for the construction of the absolute — or station — ellipse eliminates — in contrast to the KUNETZ-method — the effect of polarization, sudden changes etc. By applying it we were able to establish the connection between the geoelectric conditions of stations lying at a great distance from each other or being tectonically disturbed [36, 37].

The characteristics of the anisotropy-ellipses-system were studied, using three-dimensional modelling techniques over different geological model-structures [21].

The resolving power of tellurics with different distances of electrodes has been dealt with. As a result of these experiments a method for detailed

measurements emerged, which may be employed in cases of shallow structures [26, 35].

When investigating the connections between different components of the electromagnetic field the relationships between telluric currents and the Earth magnetic field were studied during pulsations and bay-disturbances, taking individual cases into account [23, 24]. At the same time statistical comparisons were undertaken between the corresponding groups of periods of the two fields.

The study of the correspondance between the electromagnetic field of the Earth and the atmospheric electricity was at first theoretically conducted basing on literature data [29]. Using correlation-calculus we obtained an increased coefficient between magnetic and atmospheric character numbers at the equinoxes' time, thus indicating a deepening of the correlation at the time.

With the geophysical exploration methods used so far the electromagnetic field of the Earth (classical tellurics, magnetotellurics) periods of greater than 10 minutes' duration had generally been taken into consideration, the penetration depth thus amounting to more than 1000 ms. For the exploration of shallow strata especially important as regards geological researches, detailed investigations are possible only by means of the study of variations of a much shorter period, than those referred to above. However, the study of these periods is also an important and interesting task from the point of view of general geophysics, since this domain, from a few tenths up to several hundred cycles has not been systematically searched so far and even the question of sources of the electromagnetic energies in this domain has not yet been cleared up. The investigations made thus far indicate that we have here the transitional zone between variations of hydromagnetic and those of terrestrial origin, these latter being propagated in space between the ionosphere and the surface of the Earth similarly to a cavity resonator.

Measurements made up till now concerning the E_2 -component involved the frequencies of 8.21 and 86 cycles, the 8 cycle oscillation being the natural frequency of the cavity resonator "Earth-Ionosphere". By considering the daily frequency curves, it may be stated that the world thunderstorm activity could serve as an energy source for these frequencies, as the maximum of the daily march of both phenomena occurs in the afternoon hours. The question whether the world thunderstorm activity acts as the only source of electromagnetic energy in the range of frequency under discussion needs further examination.

For the method of total variations a computing procedure was worked out, a device for reading the diagrams and nomograms to aid calculations was constructed and the domain of applicability of the method was investigated [31].

For the magnetotelluric measurements magnetometers have been planned and constructed. Based on the theory of servo-mechanisms the effect of magnetic feedback on the frequency characteristics of the unifilar magnetometer was investigated.

LITERATURE ON GEOMAGNETICS IN HUNGARY IN THE YEARS 1960—1962

1. BARTA, G.: Report on the geomagnetic and telluric researches carried out in Hungary during the period of 1958—60. *Acta Techn. Hung.* XXX (1960), 53—58.
2. BARTA, G.: The connection between the eccentricity of the geomagnetic field and the triaxiality of the Earth. *Acta Techn. Hung.* XXXVII (1961), 211—227.
3. BARTA, G.: A Föld háromtengelyűségének kapcsolata a földmágneses tér excentricitásával (The connection between the Earth's triaxiality and the eccentricity of the magnetic field). *Geofizikai Közlemények X* (1962), 45—62.
4. BARTA, G.: Some new data concerning the connection between the triaxiality of the Earth and the eccentricity of the magnetic field. *Geomagnetica, Lisbon*, 1962. (Memorial volume on the occasion of the fiftieth anniversary of the San Miguel Observatory). 89—96.
5. BARTA, G.: Connections between the secular variations of the Earth's magnetic field and other phenomena. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 95., Art. 1. (1961), 351—353.
6. BARTA, G.: Longitudinal and transversal effect of the secular magnetic variation computed on the basis of the observations of San Miguel Observatory. *Geomagnetica, Lisbon*, 1962. (Memorial volume on the occasion of the half centenary of the San Miguel Observatory). 81—87.
7. BARTA, G.: A mágneses évszázados változás okáról (The origin of the secular magnetic variation). *Magyar Geofizika.* 1961, 125—126.
8. BARTA, G.—FLÓRIÁN, E.: Érdekes mágneses és ionoszférikus háborgás Magyarországon (An interesting magnetic and ionospheric disturbance in Hungary). *Geofizikai Közlemények, IX* (1961), 83—95.
9. SZEMERÉDI, P.: A protonprecessziós magnetométerről (On the proton-precession magnetometer). *Fizikai Szemle*, 1961, 207—210.
10. SZEMERÉDI, P.: On the magnetoelastic property of the Earth's crust. *Annales Univ. Sc. Budapestin. Sectio Geologica II* (1959).
11. SZEMERÉDI, P.—FORRÁS, A.: Experimente mit einem Protonenmagnetometer in Ungarn. *Freiberger Forschungshefte C.* 126 (1961).
12. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Berechnung der magnetischen Deklination für einen Ort aus der gleichzeitigen magnetischen Deklination einer Referenzstation. *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, 69 (1960), 321—327.
13. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Egy hely mágneses deklinációjának kiszámítása egy vonatkozó állomás egyidejű mágneses deklinációjából (Computing of the magnetic declination of a station by means of the simultaneous declination of a reference station) *MTA VI. Oszk. Közl.* XXIX. (1961), 391—397.
14. ZILÁHI-SEBESS, L.: On the Geomagnetic Quadrupole-Field. *Acta Techn. Hung.* XXXVII (1961), 403—426.
15. ZILÁHI-SEBESS, L.: A dipólus és a quadropólus helyzete a mágneses középpont origójú koordinátarendszerben (The position of the dipole and quadropole in the coordinate system the origo of which is set to the magnetic centre). *Magyar Geofizika, II* (1961).
16. ALBERT, A.: A földmágneses elemek évszázados változása Magyarországon (The secular variation of the magnetic elements in Hungary). *Geofizikai Közlemények, XI* (1962), 4—27.
17. CSEN LU-SZO: Geomágneses pulzációs regisztráló berendezések tervezése (Planning of recording devices for geomagnetic pulsations). *Geofizikai Közlemények, XI* (1962), 29—49.
18. CSEN LU-SZO: The planning of apparatuses for the recording of geomagnetic pulsations. *Annal. Univ. Sc. Budapestin. Sectio Geologica IV* (1961), 39—58.
19. POSGAY, K.: A magyarországi mágneses hatók áttekintő térképe és értelmezése (Regional map and interpretation of magnetically active masses in Hungary). *Geofizikai Közlemények XI* (1962), 78—99.

20. VASADY-KOVÁCS, F.: Földtani és geofizikai kutatások a Velencei-hegységben (Geological and geophysical researches in the Velence-mountains). *Geofizikai Közlemények*, **XI** (1962), 120—151.
21. ÁDÁM, A.: Über Erdstrommodellversuche. *Freiberger Forschungshefte*, **C. 100.** (1961), 7—20.
22. ÁDÁM, A.: Földi árammodell (Model for telluric currents). *Geofizikai Közlemények*, **X** (1962), 13—26.
23. ÁDÁM, A.: Magnetotellurikus anizotrópia (Magnetotelluric anisotropy). *Magyar Geofizika*, **III** (1962), 69—80.
24. ÁDÁM, A.—BENCZE, P.: Kísérletek magnetotellurikus módszerrel (Experiments using the magnetotelluric method). *Magyar Geofizika II* (1961), 57—69.
25. ÁDÁM, A.—ERKEL, A.—SZABADVÁRY, L.: Neue ungarische geoelektrische Instrumente. *Geofisica pura e applicata*, **52** (1962), 127—138.
26. ÁDÁM, A.—VERŐ, J.: Tellurikus kutatás erősen töredezett tektonikájú területen (Telluric investigations on a territory of strongly rugged tectonics). *MTA VI. Oszt. Közl. XXVIII* (1961), 437—446.
27. ÁDÁM, A.—VERŐ, J.: Előzetes beszámoló a MTA Geofizikai Kutató Laboratóriumának országos földi áramméréseiről (Preliminary report on the regional telluric surveys of the Geophysical Research Laboratory of the Hung. Ac. of Sciences). *Geofizikai Közlemények*, **X** (1960), 27—37.
28. ÁDÁM, A.—VERŐ, J.: Az országos földi árammérések adatainak feldolgozása és térképi ábrázolása (Processing and map-representation of the data of regional telluric surveys). *Magyar Geofizika III* (1962), 81—90.
29. BENCZE, P.: A földi elektromágneses tér és a lélegelektromosság közötti kapcsolatról (On the connection between the electromagnetic field of the Earth and atmospheric electricity). *Magyar Geofizika II* (1961).
30. HOLLÓ, L.: A 27 napos visszatérési tendencia a földi áramok különböző periódusú variációiban (The recurrent tendency of 27 days in the variations of different periods of the telluric currents). *Magyar Geofizika I* (1960), 6—12.
31. TAKÁCS, E.: A tellurikus mérések adatainak feldolgozása a tellurogramok totális változása alapján (Processing of telluric observational data based on the total variation of tellurograms). *Nehézipari Műszaki Egyetem Közleményei*, 1962.
32. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Bericht des Observatoriums bei Nagycenk (Ungarn) über die Ergebnisse der Erdstromregistrierungen im Jahre 1959. *Acta Techn. Hung. XXXVII* (1961), 229—308.
33. TÁRCZY-HORNOCH, A.: A Nagycenk melletti geofizikai obszervatórium (The geophysical observatory near Nagycenk). *Soproni Szemle*, 1962, 125—131.
34. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Bericht des Observatoriums bei Nagycenk (Ungarn) über die Ergebnisse der Erdstromregistrierungen im Jahre 1960. *Acta Techn. Hung.*
35. VENDEL, M.: Erősen töredezett terület tellurikus kutatásának földtani értelmezése (Geological interpretation of the telluric survey of a strongly rugged territory). *MTA VI. Oszt. Közl. XXVIII* (1961), 423—436.
36. VERŐ, J.: Die Bestimmung der tellurischen Stationsellipsen. *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, **69** (1960), 257—268.
37. VERŐ, J.: Tellurikus állomásellipszis számítása (Computation of the telluric station-ellipse). *Geofizikai Közlemények X* (1962), 155—161.
38. VERŐ, J.: Ein Versuch zur Trennung der einzelnen Frequenzbänder der Erdstromvariationen. *Geofisica pura e applicata*, **49** (1961), 83—118.
39. WALLNER, Á.: A Nagycenk melletti obszervatórium mint tellurikus bázisállomás (The observatory near Nagycenk as a base station for telluric surveys). *Magyar Geofizika I* (1960), 13—18.
40. CSÓKÁS, J.: Tellurikus kutatások a Bükk-hegység alján (Telluric Investigations in the Foreground of the Bükk-mountains). *Nehézipari Műszaki Egyetem VIII. Tudományos Ülésszak, Miskolc, 1962.*

LES RECHERCHES HYDROLOGIQUES EN HONGRIE 1960—1962

DR. h. c. Prof. E. NÉMETH
DOCTEUR ÈS SCIENCES TECHNIQUES

Les recherches hydrologiques poursuivies en Hongrie pendant la période 1960—1962 ont été effectuées, comme à la période précédente, aux instituts scientifiques suivants:

Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet (abr.: VITUKI)
(Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques)

Chaires universitaires, en premier lieu les Chaires d'Hydraulique N° I et N° II et la Chaire de Minéralogie et de Géologie de l'Université Technique du Bâtiment et des Transports (dans le diagramme: UNIVERSITÉ)

Állami Földtani Intézet (abr.: ÁFI)
(Institut Géologique de Hongrie)

Országos Meteorológiai Intézet (abr.: OMI)
(Office National de Météorologie)

Országos Közegészségügyi Intézet (abr.: OKI)
(Institut National d'Hygiène Publique)

Erdészeti Tudományos Kutató Intézet (abr.: ERTI)
(Institut de Recherches Forestières)

Földrajzi Tudományos Kutató Intézet (abr.: FÖTUKI)
(Institut National de Recherches Géographiques)

Öntözési és Rizstermesztési Kutató Intézet (abr.: ÖRKI)
(Institut de Recherches sur l'Irrigation et la Riziculture)

Agrokémiai és Talajtani Intézet (abr.: AKÉTI)
(Institut d'Agrochimie et de Pédologie)

Földmérő és Talajvizsgáló Iroda (abr.: FTI)
(Bureau d'Études Géodésiques et Géotechniques)

Vízépítési Tervező Vállalat (abr.: VIZITERV)
(Bureau d'Études de Constructions et de Travaux Hydrauliques)

Le rapport de ces établissements avec les divers domaines des sciences hydrologiques, groupés suivant la classification de l'Association Internationale d'Hydrologie Scientifique (abr.: AIHS), est illustré par le diagramme ci-après:

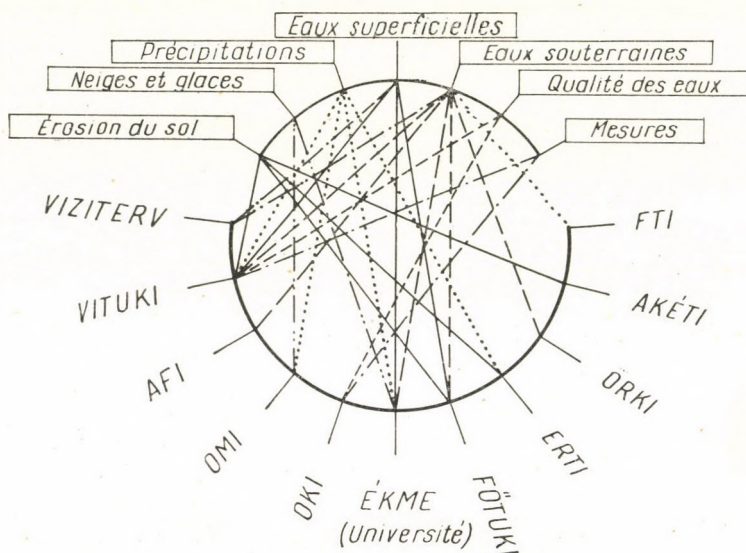


Fig. 1. Diagramme d'activité des établissements

Les travaux de recherches de ces divers instituts s'encadrent dans le *Plan perspectif National des Recherches Scientifiques*, et sont coordonnés par le *Comité Supérieur d'Hydrologie de l'Académie des Sciences de Hongrie*. Ce comité, présidé jusqu'au mois de mai 1962 par le Prof. E. NÉMETH, et depuis lors par l'académicien E. MOSONYI, a supervisé les programmes scientifiques de la plupart des instituts énumérés, et a donné des directives pour la solution des principaux problèmes concernant l'aménagement des eaux. Le Comité Supérieur a discuté avec une attention toute spéciale les problèmes scientifiques relatifs à la réalisation pratique des résultats. La discussion publique de ces résultats a eu lieu généralement aux séances de la *Magyar Hidrológiai Társaság* (Société Hongroise d'Hydrologie) qui coopérait avec la *Magyar Földtani Társulat* (Société Hongroise de Géologie) ou la *Magyar Meteorológiai Társaság* (Société Hongroise de Météorologie), chaque fois qu'il s'agissait de problèmes appartenant à des domaines plus spéciaux.

Pour la publication des études et comptes rendus, on disposait des périodiques suivants:

Hidrológiai Közlöny (Bulletin de la Société Hongroise d'Hydrologie), *Vízügyi Közlemények* (Revue d'Hydraulique), *Földtani Közlöny* (Bulletin de la Société Hongroise de Géologie), *Földrajzi Értesítő* (Bulletin Géographique),

Földrajzi Közöny (Revue de Géographie), *Időjárás* (le Temps), *Országos Meteorológiai Intézet Kiadványai* (Publications de l'Office National de Météorologie), *Az erdő* (La Forêt), et *Erdészeti Kutatások* (Recherches Forestières). Des études importantes ont été aussi publiées dans l'*Acta Technica*, un des périodiques de l'Académie des Sciences de Hongrie.

Après ce bref aperçu de l'organisation des recherches hydrologiques en Hongrie, nous donnons l'exposé sommaire des recherches, effectuées dans les divers domaines de l'hydrologie groupés suivant la classification de l'AIHS. Quant aux noms des chercheurs s'étant distingués dans ces travaux, nous renvoyons à nos bibliographies données à la fin de chaque chapitre.

Eaux superficielles

Ainsi qu'il ressort du diagramme d'activité des établissements, trois instituts s'étaient occupés de recherches concernant les eaux superficielles: VITUKI, ÉKME et FÖTI, mais l'activité de VITUKI a été prépondérante en raison des rapports étroits qui relient cet institut à l'administration des Eaux. Aussi commencerons-nous par l'exposé des travaux de VITUKI.

Les observations hydrométriques étaient effectuées régulièrement, selon la méthode expliquée dans le compte rendu sur l'activité du cycle précédent [22]. Les principales données fournies par ces observations sont publiées dans les *Annuaire Hydrographiques (Vízrajzi Évkönyv)*, dont les tomes LIX et LX sont déjà parus, et le tome LXI paraîtra en août 1963. Les *Annuaire* donnent des légendes explicatives en langues française, russe et allemande.

La collection de monographies intitulée: *Magyarország Hidrológiai Atlasza* (Atlas Hydrologique de la Hongrie), qui contient les données hydrologiques fondamentales, s'est enrichie en 1962 d'une nouvelle série de publications consacrées aux eaux stagnantes (lacs, étangs, marais). Le premier volume de cette série donne une vue d'ensemble sur 1220 lacs et étangs dont la superficie dépasse 0,5 hectare [17]. Au cours des trois dernières années, la série des publications rendant compte des recherches sur la quantité et la qualité des ressources en eau de la Hongrie s'est augmentée de deux nouveaux volumes [18, 2]. A partir de 1963 paraîtront aussi, dans l'édition du VITUKI, les *Annuaire* de l'aménagement des ressources en eau (*Vízkezelésgazdálkodási Évkönyvek*) destinés à systématiser nos données sur les ressources naturelles et celles relatives à leur utilisation.

Dans le secteur des recherches sur les eaux superficielles, le trait caractéristique de la dernière période triennale a été la plus grande importance accordée aux bassins versants expérimentaux. En plus des deux anciens bassins d'essais, on a commencé l'installation progressive de quatre autres, dont trois sont situés en plaine, et un en haut pays.

Dans le domaine des *prévisions hydrologiques*, la création de conditions favorables pour l'application régulière des procédés élaborés les années précédentes, et le développement des méthodes graphiques et numériques figuraient au premier plan des travaux. La figure 2 met en vue les résultats de l'application systématique, pendant sa première période de trois années, de la méthode [31] élaborée pour la prévision journalière des niveaux d'eau et des débits du tronçon hongrois du Danube. Les données de la figure 2 montrent clairement que l'introduction de la méthode développée sur des bases objectives n'a augmenté que dans une faible mesure la précision de la prévision journalière, en regard des prévisions basées sur les évaluations subjectives de personnes s'acquittant de leur service depuis plusieurs décades. Dans le cas de prévisions de quatre jours, cette différence se manifeste déjà nettement. Si l'on veut bien apprécier les résultats obtenus par l'introduction de la méthode objective, il convient aussi de considérer:

a) qu'il n'avait été possible, auparavant, de faire des prévisions que pour deux stations limnimétriques (Budapest et Mohács), dont les données étaient enregistrées d'une façon continue par les responsables du service en question; par contre, avec la méthode objective récemment élaborée, il est possible de prévoir les débits et hauteurs d'eau probables pour n'importe quelle station limnimétrique du tronçon hongrois du Danube;

b) qu'il faut une pratique de plusieurs dizaines d'années pour rendre quelqu'un apte à l'évaluation subjective, tandis qu'on peut, en quelques semaines et sans difficulté, apprendre l'application de la méthode objective.

En mai 1961, la Société Hongroise d'Hydrologie a organisé, sous les auspices du Comité Supérieur d'Hydrologie de l'Académie des Sciences de Hongrie, une conférence de caractère international sur les prévisions hydrologiques. Cette conférence se proposait avant tout de servir la coopération méthodique des spécialistes en prévision des pays danubiens.

Parmi les recherches sur les *eaux stagnantes*, on peut mentionner en premier lieu celles sur l'envasement du lac Balaton [33], pour la coordination desquelles s'était constitué, en 1961, un collectif de travail avec le concours de 14 instituts scientifiques. Dans le cadre de l'étude des conditions hydrologiques du lac Balaton, on a achevé le dépouillement des données recueillies, relatives aux bilans hydriques du lac et de son bassin versant [1]. Les prévisions à longue échéance des plus hauts niveaux d'eau printaniers se sont poursuivies régulièrement [36], et on a entrepris, en outre, des mesures systématiques détaillées concernant les mouvements d'eau produits par le vent (houles, seiche, courants internes). Ces études ont été grandement facilitées par le fait que le VITUKI a créé, en 1962, une station de recherches à Balatonszemes.

En ce qui concerne les recherches sur *l'évaporation des surfaces d'eau*, le progrès se traduit par l'augmentation du nombre des stations nationales pour l'observation de l'évaporation, de 5 en 1959 à 14 en 1962. Chaque station

comporte au moins deux cuves évaporimétriques de différents types [32]. Le type à adopter sera choisi, en 1963, à la base des observations effectuées.

Les études consacrées à la *morphologie des rivières* ont donné lieu à une publication contenant l'analyse des modifications horizontales et verticales survenues pendant les 70 dernières années dans le lit de la Tisza, sur un tronçon de 600 kilomètres de longueur [10]. Le VITUKI a aussi publié les données obtenues par le récent relevé des lits des rivières Hernád et Hármas-Körös.

Il convient de mentionner qu'on a célébré, en septembre 1962, le 75^e anniversaire de la création du Service Hydrographique Hongrois, et le dixième anniversaire de la fondation du VITUKI. La conférence jubilaire organisée à cette occasion avec la participation de 37 savants étrangers [30, 43] fut suivie d'une excursion d'une durée de deux jours.

L'Institut National de Recherches Géographiques (FÖTUKI) a contribué par ses études orohydrographiques à la solution des problèmes scientifiques et pratiques relatifs aux eaux superficielles. Parmi ces études figurent des exposés monographiques sur des rivières plus ou moins importantes du pays [6, 15], ou sur les questions hydrographiques — parfois paléohydrographiques — des bassins versants mineurs [3, 8, 42, 44].

Deux des publications consacrées à ces recherches traitent de sujets d'un intérêt plus général. L'une d'elles donne une vue d'ensemble sur la variation du débit spécifique de 13 rivières du bassin carpathique, et distingue parmi celles-ci quelques types caractéristiques, dont il tente d'expliquer la naissance [16]. Une dissertation de candidature [27] examine un problème encore plus général, à savoir l'origine et le développement du réseau fluvial de la Hongrie. Cette étude constitue un traité paléohydrographique, dont les principales conclusions sont formulées en 22 points.

La *Chaire d'Hydraulique N° I* a également poursuivi de son côté des études sur l'hydrographie de quelques cours d'eau mineurs. L'une de ces études a permis de développer un procédé d'extrapolation spécial, relatif à la courbe de débit [5].

BIBLIOGRAPHIE

1. A Balaton vízháztartása (Water balance of the lake Balaton), Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Tanulmányok és Kutatási Eredmények No 10, Budapest, 1962. Rédigé par K. SZESZTAY.
2. Adatgyűjtemény Magyarország felszíni vizeiről (Recueil des données relatives aux eaux superficielles de la Hongrie). Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Tanulmányok és Kutatási Eredmények No 9, Budapest, 1962. Rédigé par T. PUSKÁS.
3. BABOS, Z.: A Felső Szinva vízgyűjtőjének vízrajza (Hydrographie du bassin versant de Felső Szinva). *Hidrológiai Közlöny*, 1960.
4. BABOS, Z.: Vízmedrek gyeperburkolatának ellenállóképessége (Résistance des revêtements en gazon des lits d'eau). *Vízügyi Közlemények*, 1961. 65—73.
5. BOZÓKY, SZ. K.: A Völgységi patak hidrológiai tanulmánya (Étude hydrologique du ruisseau de Völgység). En manuscrit.

6. GAZDAG, L.: A Maros régi vízfolyásai és elhagyott folyómedrei az Alföldön (Les anciens cours et lits abandonnés de la rivière Maros, sur la Grande Plaine), 1960. En manuscrit.
7. HORVÁTH, S.: A folyócsatornázás hatása a Közép-Duna jégjárására (L'effet de la canalisation sur le régime des glaces du Moyen-Danube). *Vízügyi Közlemények*, 1960. 527—570 et 1961. 3—23.
8. JASKÓ, S.: A balaton-felvidéki és észak-bakonyi patakok vízhozamának kapcsolata a földtani felépítéssel (Rapports du débit des ruisseaux de la région montagneuse du Balaton et du nord de la Bakony avec la structure géologique). *Hidrologiai Közöny*, 1961.
9. KÁROLYI, Z.: A Fertő tó vízszinszabályozása (Wasserstandsregulierung des Neusiedlersees), *Vízügyi Közlemények*, 1960. 21—33.
10. KÁROLYI, Z.: A Tisza mederváltozásai (Les changements du lit de la Tisza). *Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Tanulmányok és Kutatási Eredmények*, No 8, Budapest, 1961.
11. LÁSZLÓFFY, W.: Duna-völgyi hidrologiai előrejelzési konferencia (Conférence de la prévision hydrologique dans la vallée du Danube). *Vízügyi Közlemények*, 1961, 243—248.
12. LÁSZLÓFFY, W.: A hidrologiai előrejelzések fejlesztésének jelentősége és lehetőségei (Importance et possibilités du développement des prévisions hydrologiques). *Hidrologiai Közöny*, 1962. 192—200.
13. LÁSZLÓFFY, W.—SZESZTAY, K.: A hidrologia a Szovjetunióban (L'hydrologie en Union Soviétique), *Vízügyi Közlemények*, 1960. 360—397.
14. LÁSZLÓFFY, W.—SZESZTAY, K.: A hidrologusképzés külföldön (La formation des hydrologues à l'étranger). *Vízügyi Közlemények*, 1960. 571—580.
15. LOVÁSZ, GY.: Adatok a Dráva vízgyűjtőjének vízjárásviszonyaihoz (Données sur le régime du bassin de la Drave). *Földrajzi Értesítő*, 1961.
16. LOVÁSZ, GY.: A Kárpát-medence nagyobb folyóinak lefolyásviszonyai (Les conditions d'écoulement des rivières majeures du bassin carpathique). Akadémiai Kiadó, 1962.
17. Magyarország Hidrologiai Atlasza, IV. sorozat. Állóvizek, 1. sz. Magyarország állóvizeinek katasztere (Atlas Hydrologique de la Hongrie. Série IV. Eaux stagnantes. No 1. Recensement des eaux stagnantes de la Hongrie), *Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet*, Budapest, 1962.
18. Magyarország vízkészlete. IV. Minőségi számbavétel. Felszínalatti vizek (Les ressources en eau de la Hongrie. IV. Inventaire qualitatif. Eaux souterraines). *Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet*, Budapest, 1961.
19. MUSZKALAY, L.: Szivattyútelep hatása a folyó áramlási viszonyaira (Effet produit sur les conditions d'écoulement d'une rivière par une station de pompage installée dans son lit). *Vízügyi Közlemények*, 1961. 350—357.
20. MUSZKALAY, L.: Kisvízfolyások vízhozammérésére alkalmas módszerek vizsgálata (Investigation of methods for measuring the discharge of small watercourses). Beszámoló a *Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet* 1958. évi munkájáról. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962. 145—158.
21. NAGY, GY.: A Körösök vízrendszere és szabályozása (Le réseau fluvial des Körös et leur régularisation). *Földrajzi Közlemények*, 1960.
22. NÉMETH, É.: Les recherches hydrologiques en Hongrie. *Acta Techn. Hung.* XXX (1960), 59—87.
23. PAPP, A.: Fiatalkori vízrajzi változások a Tiszántúl középső részében, történelmi adatok alapján (Changements hydrographiques holocènes dans la région transtibiscine centrale, selon les données historiques). *Földrajzi Értesítő*, 1960.
24. PUSKÁS, T.—SZESZTAY, K.—ZSUFFA, I.: A Duna-csatornázás néhány hidrologiai kérdése (Hydrologische Fragen der Donaukanalisation). *Vízügyi Közlemények*, 1960. 82—111.
25. SOMOGYI, S.: A Duna vízgyűjtő területének magassági övezetek szerinti megoszlása (Répartition de la surface du bassin versant du Danube, selon les zones altimétriques). *Földrajzi Közlemények*, 1961.
26. SOMOGYI, S.: A holocén időszakra vonatkozó kutatások földrajzi (hidromorfológiai) értékelése (Analyse géographique [hydromorphologique] des recherches sur la période holocène). *Földrajzi Értesítő*, 1962.
27. SOMOGYI, S.: Hazánk vízhalózatának kialakulása (La formation du réseau fluvial de la Hongrie). Dissertation de candidature en manuscrit.
28. STAROSOLSZKY, Ö.: A hullámmás hidraulikája (L'hydraulique de la houle). *Vízügyi Közlemények*, 1961. 293—312.
29. STAROSOLSZKY, Ö.: Vízhozammérő műtárgyak tervezése és építése kisvízfolyásokon (Design and construction of measuring structures for small watercourses). Beszámoló a *Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet* 1958. évi munkájáról. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1962 pp. 159—174.

30. STELCZER, K.: L'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques. Ses tâches et son travail. Communications en langues étrangères No 2, Budapest, 1962.
31. SZESZTAY, K.: Day to day streamflow and stage forecasts on the Danube River. *Acta Techn. Hung.* XXVII (1959), 404—421.
32. SZESZTAY, K.: Evaporation measurements in Hungary. *World Meteorological Organization Bulletin*, 1959, 198—200.
33. SZESZTAY, K.: A Keszthelyi öböl feliszapolódása (L'envasement de la baie de Keszthely). Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet, Budapest, 1961.
34. SZESZTAY, K.: Einige Methoden der Vorhersage der Abflussverhältnisse. Communications en langues étrangères de l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques, No 2. Budapest, 1961.
35. SZESZTAY, K.: Thornthwaite C. W. vízmérleg számítási módszere és a Tiszavölgy víz-háztartása (C. W. Thornthwaite's method and water balance survey of the Tisza River basin). *Hidrológiai Közlöny*, 1961, 56—65.
36. SZESZTAY, K.: Adalékok a Balaton hidrológiai viszonyaihoz (Some problems of the hydrology of the lake Balaton). Beszámoló a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet 1958. évi munkájáról. Budapest, 1962, 96—107.
37. SZESZTAY, K.: A tavak vízszinszabályozásának hidrológiai alapjai (Bases hydrologiques de la régularisation du niveau d'eau des lacs). *Vízügyi Közlemények*, 1962, 167—191.
38. SZESZTAY, K.: A vízfelületek párolgásának csökkentése vegyszerekkel (Evaporation suppression). *Hidrológiai Közlöny*, 1962.
39. SZIGYÁRTÓ, Z.: A mederváltozások hatása a kisvízfolyások vízhozam-nyilvántartásának pontosságára (The effect of bed-changes of the accuracy of flow records of small watercourses). *Hidrológiai Közlöny*, 1960, 4—15.
40. SZIGYÁRTÓ, Z.: A csapadékmentes időszak hossza (La longueur de la période exempte de précipitation). *Vízügyi Közlemények*, 1961, 183—195.
41. SZIGYÁRTÓ, Z.: Az éghajlati valószínűségi függvény és a valószínűség (The rational formula and probability). *Hidrológiai Közlöny*, 1961, 281—290.
42. TÖRÖK, E.: Geomorfológiai és hidrológiai megfigyelések a Marcal völgyében (Observations géomorphologiques et hydrologiques dans la vallée de Marcal). *Hidrológiai Közlöny*, 1960.
43. Tudományos Konferencia a Magyar Vízrajzi Szolgálat 75 éves és a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet 10 éves fennállása alkalmából (Conférence scientifique organisée à l'occasion du 75-ième anniversaire de la création du Service Hydrographique Hongrois et du 10-ième anniversaire de la fondation de l'Institut de Recherches des Ressources Hydrauliques; Exposés et discussions), Budapest, 1962.
44. ZSILÁK, GY.: A szilvásvárad Szalajka-völgy hidrológiai és hidrogeológiai vizsgálata (Recherches hydrologiques et hydrogéologiques dans la vallée de Szalajka près Szilvás-várad). *Hidrológiai Közlöny*, 1960.
45. ZSUFFA, I.: A Sió és a Kapos árhullámainak előrejelzése csapadékból (Forecasts of summer flood waves of the Sió and Kapos Rivers on the basis of precipitation). Beszámoló a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet 1958. évi munkájáról. Műszaki Kiadó, Budapest, 1962, pp. 107—118.

Eaux souterraines

Si l'on veut faire une rapide esquisse des résultats scientifiques réalisés de 1960 à 1962, on peut diviser ceux-ci en deux groupes:

a) résultats des recherches théoriques et expérimentales sur les lois des phénomènes de filtration; pour les comptes rendus de ces travaux, voir notre Bibliographie [20, 21, 30, 32, 35 à 38, 41, 47 à 54, 61, 76, 84, 87, 88];

b) résultats des recherches relatives à l'économie planifiée des eaux; c'est ici qu'il faut ranger aussi la prospection et la cartographie des ressources dynamiques en eau [4, 6, 8, 13 à 15, 25 à 29, 33, 40, 42, 46, 56, 58, 64, 65, 71, 72, 77 à 83, 85, 86].

Dans le *premier groupe*, l'application de la méthode de représentation conforme a conduit à plusieurs résultats intéressants, non seulement théoriques mais pratiques aussi, puisqu'ils permettent de calculer les débits des eaux de filtration sous les digues de protection, et facilitent la détermination

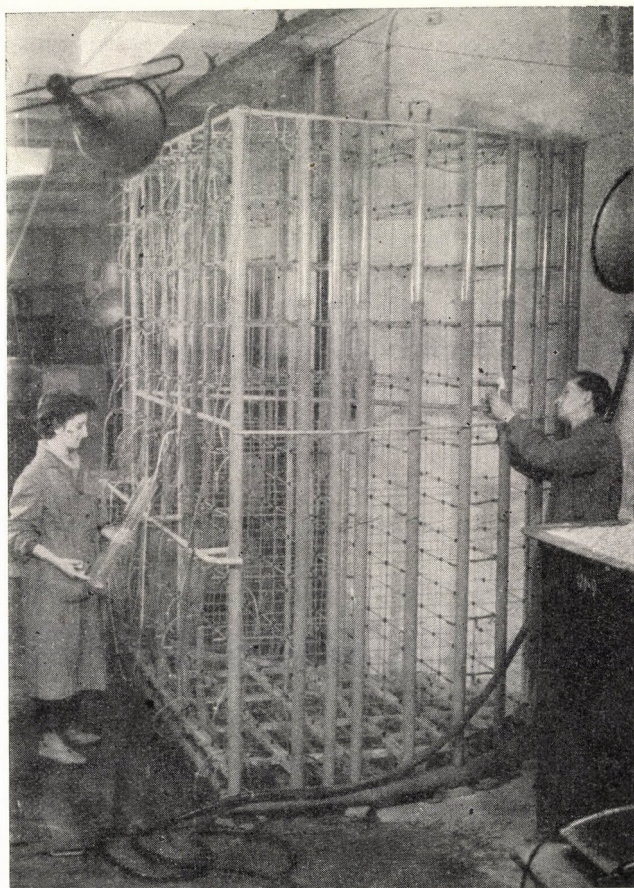


Fig. 2. Modèle réduit d'espace, pour étudier les mouvements d'eau dans les roches fissurées

des dimensions nécessaires des canaux et des séries de puits situés le long des cours d'eau [32, 35 à 38].

La filtration sous les digues et la formation de la ligne piéométrique ont été également étudiées, sur des modèles réduits [87, 88].

En vue de l'étude des phénomènes hydrauliques des puits, des essais sur modèles réduits ont été poursuivis au laboratoire de la Chaire d'Hydraulique No I, pour déterminer le débit de la zone capillaire et les caractéristiques des puits horizontaux [49, 50, 52 à 54].

Les essais sur modèles réduits exécutés par la même chaire universitaire pour étudier les *mouvements d'eau dans les roches fissurées*, marquent l'introduction d'une méthode de caractère entièrement nouveau. Cette branche de l'hydraulique souterraine était restée très en arrière des essais sur les milieux poreux.

Lors de la création du modèle, on s'est basé sur le *principe de l'analogie des mouvements d'eau sous pression dans un système de fissures et dans un réseau de conduites*. Par le choix du diamètre des éléments tubulaires, on peut représenter par le modèle des fissures, des fentes, des cavernes, ou n'importe quelle formation structurale de la roche karstique, et étudier ainsi les phénomènes fondamentaux et leurs lois sous un aspect pour le moment qualitatif.

Les résultats des observations faites sur un *modèle plan* se rapportent aux problèmes suivants: *a)* rôle de la plus petite section au point de drainage; *b)* effet hydraulique de l'état de fissuration inhomogène; *c)* conditions de la formation de champs d'action indépendants; *d)* rôle des cavernes [51].

Ces derniers temps, on a construit le *modèle dans l'espace* d'un système idéalisé de fissures, et un modèle plan, pour l'étude de l'hydraulique des failles. La figure 3 représente le modèle spatial.

Un deuxième groupe de travaux comprend, à côté de l'élaboration des problèmes intéressant plus spécialement la Hongrie, une contribution aux travaux internationaux. A l'exposition internationale des cartes hydrologiques et hydrogéologiques (Helsinki, 1959), la Hongrie a participé avec une série de 27 cartes [58], collection qui fait toujours partie du matériel des expositions ambulantes organisées par l'AIHS.

Le représentant de la Hongrie était également présent au comité formé des représentants de huit pays, qui avait pour but l'élaboration des principes fondamentaux de la cartographie des eaux souterraines (Standing Committee on Hydrogeological Maps of the I. A. S. H.), et contribua par ses propositions à la rédaction du rapport récapitulatif (A Legend for Hydrogeological Maps, Bulletin of the I. A. S. H., VII, No 3, 1962).

Au cours des recherches nationales, on a déterminé numériquement les caractéristiques dynamiques des ressources en eau souterraines [4, 6, 8, 28, 79, 80, 83, 86 VITUKI, ÁFI, FTI]; l'établissement d'une série de cartes hydrogéologiques indiquant les valeurs ainsi déterminées est en cours de réalisation [77, 78, VITUKI].

Les recherches s'étant proposées de déterminer la distribution de la vitesse de l'eau filtrante en fonction de la profondeur [77, 82, 85, VITUKI], ainsi que celles concernant la distribution de la pression produite par la pesanteur dans les roches sédimentaires saturées d'eau [82, 93, VITUKI], ont conduit à des résultats notables, parmi lesquels il convient d'attribuer une importance spéciale à une nouvelle théorie relative aux couches artésiennes [82]. Celle-ci s'appuie sur des séries de mesures effectuées avec des traceurs

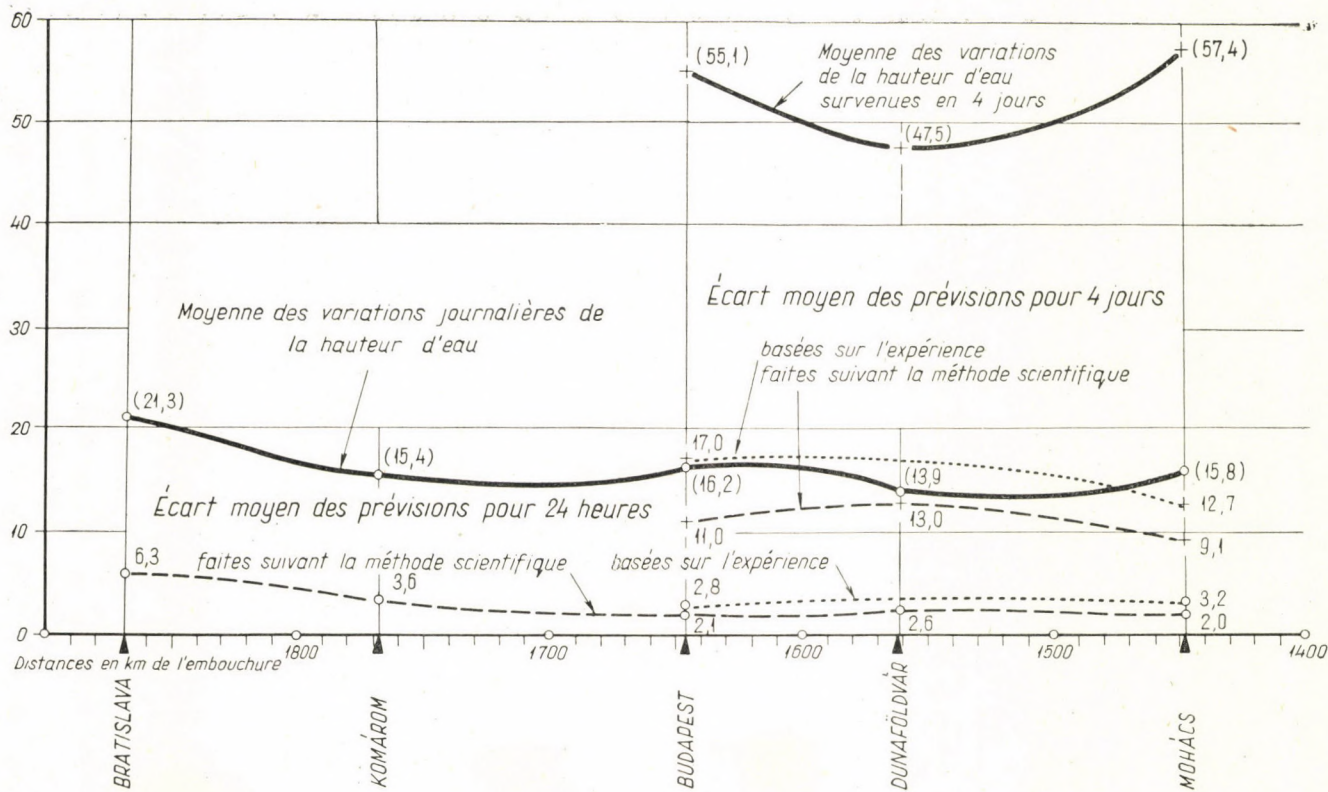


Fig. 3. Écart moyen des prévisions quotidiennes relatives au Danube (secteur Bratislava—Mohács, données des années 1959 à 1961.)

radioactifs, ainsi que sur des arguments théoriques basés sur des expériences, dans lesquelles on se servait de cellules triaxiales pour la mesure de la pression.

L'Institut Géologique de Hongrie (ÁFI) a publié, pendant le triennat 1960—1962, deux ouvrages importants. En 1961 et 1962 ont paru successivement la Carte des eaux souterraines de la Grande Plaine Hongroise, et l'Atlas Hydrogéologique de la Hongrie.

Le premier de ces ouvrages est une carte au 1 : 200 000^e, avec texte explicatif donnant la description des variations du niveau phréatique et d'autres phénomènes caractéristiques. 40 figures et un résumé sur les eaux souterraines facilitent l'emploi de la carte.

Le deuxième ouvrage, l'Atlas Hydrogéologique de la Hongrie comprend 73 cartes imprimées en couleurs, qui représentent les conditions hydrogéologiques du pays à trois échelles, à savoir: au 1 : 1 000 000^e pour les grands bassins, au 1 : 200 000^e pour les montagnes et au 1 : 100 000^e pour les environs de Budapest.

Pour les bassins, les cartes indiquent la situation spatiale des couches aquifères groupées selon l'âge géologique, les conditions de pression, d'écoulement, d'alimentation, de température et le caractère chimique, leur étude s'étendant aussi aux points de vue génétique et pratique, et faisant ressortir les possibilités d'exploitation des eaux thermales et médicinales.

Les régions montagneuses du pays sont représentées sur des cartes hydrographiques, hydrogéologiques et hydrochimiques.

Les données que renferment cet Atlas peuvent servir de base aux plans perspectifs. Un épais volume de texte faisant partie intégrante de l'Atlas comporte des résumés en plusieurs langues [66, 67].

Parmi les publications consacrées aux problèmes hydrogéologiques généraux, trois [14, 15, 90] méritent d'être mentionnées à part en raison des explications entièrement nouvelles, à certains égards, qu'elles donnent des phénomènes hydrogéologiques étudiés dans leur partie descriptive.

La recherche scientifique et technique des *eaux thermales* s'est révélée assez fructueuse et importante. En onze ans, 70 nouveaux puits d'eau thermale ont été creusés et mis en exploitation à la base des expertises de l'ÁFI. Six études [5, 6, 8, 12, 68, 73] traitent des problèmes techniques et théoriques relatifs aux eaux thermales.

Ces derniers temps, l'*irrigation avec l'eau phréatique* ayant passé au premier plan, il est naturel d'accélérer les recherches hydrogéologiques concernant les eaux souterraines considérées sous cet aspect. Cette question a déjà fait l'objet d'une étude [16].

Vu l'importance des ressources en eaux souterraines, la Société Hongroise d'Hydrologie a formé récemment un comité opératif appelé à discuter les rapports théoriques et pratiques de cet ordre de problèmes. Des savants étrangers ont également assisté parfois aux séances de ce Comité.

La Chaire de Minéralogie et de Géologie de l'Université Technique du Bâtiment et des Transports a contribué à l'étude de certains aspects de la filtration par des observations faites à sa *Station de Recherches Hydrogéologiques de Jósvafő*, où sont installés des appareils enregistreurs évaluant d'une façon continue le débit journalier des eaux d'infiltration. En comparant ces observations à celles de la station météorologique installée au même endroit, on a constaté que les roches calcaires et les roches dolomitiques se comportent différemment du point de vue de la filtration. F. PAPP a établi une liste de 60 problèmes, dont la solution pourra mettre en lumière l'interaction de l'eau et des minéraux, du point de vue surtout de la filtration. Un de ces problèmes, l'effet des feldspath sur la filtration a été examiné par L. LOVAS au laboratoire de la Chaire, et l'on peut déjà tirer certaines conclusions de ses recherches.

Au même laboratoire de Jósvafő, on a aussi élaboré une méthode appropriée pour déterminer les dimensions des cavités souterraines à la base du contenu en oxygène de l'eau karstique.

L'étude des phénomènes karstiques a donné lieu à plusieurs publications [3, 11, 22, 55, 70].

BIBLIOGRAPHIE

1. ALFÖLDY, L.: Lefolyástalan területek vízföldtani kérdései a Mongol Népköztársaság sivatagi és félsivatagi területein (Questions hydrogéologiques des bassins privés d'écoulement des territoires désertiques et semi-désertiques de la République Populaire Mongole). *Hidrológiai Közöny*, 1962.
2. BALÁZS, D.: A dél-kínai karsztvidék speleológiája (Spéléologie de la région karstique de la Chine méridionale). *Karszt- és Barlangkutató*, 1960.
3. BALÁZS, D.: A dél-kínai karsztvidék vízrajza (Hydrographie de la région karstique de la Chine méridionale). *Hidrológiai Közlemények*, 1960.
4. BALLÓ, I.: Az artézi jelenségek (Les phénomènes artésiens). *Vízügyi Közlemények*, 1961, 482—499.
5. BENEDEFY, L.: Mélységi hévizeink hőutánpótlása (La réalimentation en chaleur des eaux thermales profondes). *Bányászati Közöny*, 1962.
6. BÉLTEKY, L.: A hazai termális vizet feltáró kútfúrás fejlődése és legújabb eredményei (Développement et derniers résultats des forages de puits pour la prospection des eaux thermales du pays). *Hidrológiai Közöny*, 1960, 276—292.
7. BÉLTEKY, L.: Mélyfúrással való vízkutatásaink tízéves munkája (Dix ans d'activité de recherches d'eau par sondage). *Bányászati Közöny*, 1960.
8. BÉLTEKY, L.: A hazai termális vízfeltárás időszerű kérdései (Problèmes actuels de la prospection des eaux thermales de Hongrie). *Hidrológiai Közöny*, 1961, 467—480.
9. BORBÉLY, S.—JUHÁSZ, A.: Az edelényi ásványvíz-előfordulás földtani viszonyai és vizsgálati eredményei (Conditions géologiques et résultats d'étude du lieu d'apparition d'eau minérale à Edelény). *Hidrológiai Közöny*, 1961.
10. CSATH, B.: Vízkutatás Mongóliában (Recherche d'eau en Mongolie). *Bányászati Lapok*, 1962.
11. CZÁJLIK, I.: A Vass Imre-barlang részletes hidrológiai vizsgálatának újabb eredményei (Nouveaux résultats de l'examen hydrologique détaillé de la caverne Imre Vass). *Karszt- és Barlangkutató*, 1961.
12. CZIRÁKY, J.: A hazai termális vizek (Les eaux thermales de Hongrie). *Földrajzi Közlemények*, 1960.

13. DIÓSSY, I.: A talajvíz hőmérsékletének mérése (Mesure de la température des eaux souterraines). *Hidrologiai Közöny*, 1962, 201—204.
14. ERDÉLYI, M.: A Hajdúság vízföldtana (Hydrogéologie de la région de Hajdúság). *Hidrologiai Közöny*, 1960, 90—105.
15. ERDÉLYI, M.: Külső-Somogy vízföldtana (Hydrogéologie de la région de Külső-Somogy). *Hidrologiai Közöny*, 1961, 445—458 et 1962, 56—65.
16. FRANYÓ, F.: Talajvízkutakból történő öntözés lehetőségei a hevesi és jászági területen (Possibilités d'irrigation des régions de Heves et de Jászág, avec des puits alimentés par la nappe phréatique). Manuscrit actuellement sous presse.
17. GALLI, L.: A kutakból való öntözések lehetőségei a Duna—Tisza között (Possibilités d'irrigation avec de l'eau de puits, dans la région entre le Danube et la Tisza). *Hidrologiai Közöny*, 1960.
18. GALLI, L.: Die Zuverlässigkeit der Grundwasserströmungssuchungen mit Rücksicht auf die hydrologischen Aufgaben. Hidraulikai Konferencia, Budapest, 1960.
19. GALLI, L.: Vízháztartási vizsgálatok alkalmazása a hidrogeológiában (Application de la méthode des bilans hydriques en hydrogéologie). *Hidrologiai Közöny*, 1962.
20. HORVÁTH, I.: A szivárgási jelenségek hasonlósága a kapilláris, sűrűlódási és nehézségi erő közös figyelembevételére esetén (L'analogie des phénomènes de filtration en cas de considération de l'ensemble des forces capillaires, de frottement et de gravitation). *Hidrologiai Közöny*, 1962, 217—220.
21. IVICSICS, L.: Hidromechanikai feladatok megoldása rétegminták segítségével (Solution de problèmes hydromécaniques à l'aide de modèles réduits des couches). *Hidrologiai Közöny*, 1960, 367—372.
22. JAKUCS, L.: Az aggteleki barlangok genetikája a komplex forrásvizsgálatok tükrében (La genèse des cavernes d'Aggtelek, à la lumière des recherches complexes des sources). *Karszt- és Barlangkutató*, 1960.
23. JAKUCS, L.: «Általános karsztgenetikai, morfológiai és hidrográfiai problémák vizsgálata az Aggteleki karszton» c. kandidátusi disszertáció vitája (Discussion de la dissertation de candidature intitulée: «Examen des problèmes relatifs à la genèse, à la morphologie et à l'hydrographie du karst d'Aggtelek»). *Földrajzi Értesítő*, 1962.
24. JASKÓ, S.: A balaton-felvidéki és észak-bakonyi patakok vízhozamának kapcsolata a földtani felépítéssel (Rapports du débit des ruisseaux de la région montueuse du Balaton et du nord de la Bakony avec la structure géologique). *Hidrologiai Közöny*, 1961.
25. JUHÁSZ, J.: A Balaton-Felvidék vízbeszerzési lehetőségei (Possibilités de captage d'eau dans la région montueuse du lac Balaton). *Hidrologiai Közöny*, 1960, 404—413.
26. JUHÁSZ, J.: A kutak gazdaságos távolsága (La distance économique entre les puits). *Vízügyi Közlemények*, 1960, 61—81.
27. JUHÁSZ, J.: Beszivárgás levegő jelenlétében (Infiltration en présence d'air). *Hidrologiai Közöny*, 1962, 114—120.
28. JUHÁSZ, J.: Hazánk felszín alatti vízkészletére vonatkozó ismereteink (Nos connaissances relatives aux ressources en eaux souterraines du pays). *Hidrologiai Közöny*, 1962, 283—293.
29. KALLÓS, I.: A talajvízállás változása a talajvízmélység és a meteorológiai elemek függvényében (Variation du niveau des eaux souterraines en fonction de la profondeur des nappes, et des données météorologiques). *Hidrologiai Közöny*, 1961, 149—156.
30. KARÁDI, G.—V. NAGY, I.: A Darcy-törvény érvényességének vizsgálata (Examen de la validité de la loi de Darcy). Hidraulikai Konferencia, Budapest, 1960.
31. KISS, L.: Mélyfúrású kutak vizsgálata (Examen des puits profonds). „FTI 1950—1960”, Budapest, 1960.
32. KOVÁCS, GY.: A gátak alatt átszivárgó vízhozam számítása (Calcul du débit d'eaux de filtration en dessous des digues). *Vízügyi Közlemények*, 1960, 293—330.
33. KOVÁCS, GY.: A szikesedés és talajvízháztartás kapcsolata (Rapports entre la saturation en soude et le bilan hydrique du sol). *Hidrologiai Közöny*, 1960, 131—139.
34. KOVÁCS, GY.: Bestimmung der Drängewässermengen in Tälern und eingedeichten Poldern mit Hilfe von Wasserhaushaltuntersuchungen, Münster, 1960.
35. KOVÁCS, GY.: Felszíni vizek mentén húzódo megcsapoló csatorna méretezése (Dimensionnement des canaux de drainage s'étendant le long des eaux de surface). *Hidrologiai Közöny*, 1960, 451—460, et 1961, 43—49.
36. KOVÁCS, GY.: A partmenti galériák vízgyűjtőképessége (Capacité de captage d'eau des galeries riveraines). *Hidrologiai Közöny*, 1961, 311—316.
37. KOVÁCS, GY.: A partmenti kútsor vízadóképessége és nyomásöskkentő hatása (Capacité de captage d'eau d'une série de puits riverains, et son influence sur la diminution de la pression). *Hidrologiai Közöny*, 1962, 145—152.

38. KOVÁCS, GY.: A víz felőli fedőréteg figyelembevétele a gát alatti szivárgás vizsgálatában (La considération des couches de recouvrement du côté de l'eau, dans l'étude de la filtration en-dessous des digues). *Vízügyi Közlemények*, 1962, 347—368.
39. LÁNG, G.: Hegységszerkezeti és vízföldtani megfigyelések a Budai-hegységben (Observations orohydrographiques dans la montagne de Buda). *Hidrológiai Közöny*, 1960.
40. LÉCZFALVY, S.: Artézi kutakra telepített vízművek élettartamának és vízhozamának meghatározása (Détermination de la durée et de la variation du rendement des usines de distribution d'eau installées sur des puits artésiens). *Hidrológiai Közöny*, 1960, 227—233.
41. LÉCZFALVY, S.: A rétegvízűsítés néhány egyszerűbb esetének hidraulikai számítása (Calcul hydraulique de quelques cas simples de recharge en eau des couches aquifères). *Hidrológiai Közöny*, 1961, 317—325.
42. MAJOR, P.: Kúttechnológiai vizsgálatok (Examens concernant la technologie des puits). A Vizgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet kiadványa, Budapest, 1962.
43. MARKÓ, E.—AUER, E.: Tihany község és az üdülőtelepek vízellátása (Approvisionnement en eau potable de la commune et des centres de repos de Tihany). *Vízügyi Közlemények*, 1961.
44. MEDGYESI, I.: Talaj- és rétegvizek mozgásjellemzőinek vizsgálata (Étude des caractéristiques du mouvement des eaux phréatiques). *Hidrológiai Közöny*, 1960.
45. MEDGYESI, I.: Talajvizek áramlási viszonyainak vizsgálata radioaktív izotóppal (Étude des conditions d'écoulement des eaux phréatiques à l'aide d'isotopes radioactifs). *Energia és Atomtechnika*, 1961.
46. MEDGYESI, I.—ZAHORÁN, J.: A talajvízmozgás meghatározása radioaktív izotópokkal (Détermination du mouvement des eaux souterraines à l'aide d'isotopes radioactifs). *Hidrológiai Közöny*, 1960, 461—469.
47. ÖLLÖS, G.: Kútszűrők hidraulikai vizsgálata (Étude hydraulique des filtres de puits). *Vízügyi Közlemények*, 1960, 33—60.
48. ÖLLÖS, G.: Dimenzió nélküli mennyiségek alkalmazása a kúthidraulikában (Utilisation de quantités sans dimension dans l'hydraulique des puits). *Vízügyi Közlemények*, 1960, 581—589.
49. ÖLLÖS, G.: Inhomogén talajok hatása a kutak vízhozamára (Effets de sols inhomogènes sur le rendement des puits). *Hidrológiai Közöny*, 1960, 33—47.
50. ÖLLÖS, G.: A kapilláris sáv hatása a szabad felszínű szivárgási folyamatokra (Effet de la zone capillaire sur les processus de filtration à surface libre). *Vízügyi Közlemények*, 1961, 127—149.
51. ÖLLÖS, G.: Possibilities of Modell Investigations into Water Movements Occuring in Fissured Rocks, Hidraulikai Kongresszus, Jugoszlávia, 1961. (I. A. H. R. Ninth Convention, Belgrade, 1961.)
52. ÖLLÖS, G.: A csáposkutak hidraulikai kérdései (Problèmes hydrauliques des puits horizontaux). *Vízügyi Közlemények*, 1962, 233—267.
53. ÖLLÖS, G.: A kútपालáston levő szabad szivárgási felület (Surface de filtration sur la paroi libre du puits). *Az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei* 1962, 107—130.
54. ÖLLÖS, G.—UBELL, K.: Relation between Discharge and Hydrodynamic Conditions in the Vicinity of the Well, Publication No 56 de l'A. I. H. S. Symposium of Athens, 1961. Vol. I., pp. 382—390.
55. PANOS, W.: A Budai-hegység hévforrásos karsztja és különleges lerakódásai (Karst hydrothermique et ses sédimentations particulières dans la montagne de Buda). *Hidrológiai Közöny*, 1960.
56. PAPP, F.: A hidrológia és geológia kapcsolata (Les rapports de l'hydrologie et de la géologie). *Hidrológiai Közöny*, 1962, 189—191.
57. PÁLFAI, I.: Az öntözővíz minőségének gyors vizsgálata (Analyse rapide des eaux d'irrigation). En manuscrit.
58. Prospectus on Hydrogeological and Groundwater Mapping in Hungary, Published by Research Institute for Water Resources, Budapest, 1960. Editor: K. Ubell.
59. REMÉNYI, P.: Vízháztartási vizsgálat Pécs vízellátása érdekében (Étude de bilans hydriques en vue de l'alimentation en eau potable de la ville de Pécs). *Pécsi Műszaki Szemle*, 1960.
60. REMÉNYI, P.—SCHEUER, GY.—SZÓFOGADÓ, P.: A hegységszerkezet szerepe a vízkutatásban (Le rôle de la structure orographique dans la recherche d'eau). FTI, Budapest, 1960.
61. RÉTHÁTI, L.: A talaj kapillaritásának mérnöki vonatkozásai (Aspects techniques de la capillarité du sol). *Vízügyi Közlemények*, 1960, 112—146.

62. RÓNAI, A.: A Kondoros-völgyi belvízgyűjtő mintaterület földtani jellemzése (Qualification géologique du chantier expérimental de drainage de Kondoros-völgy). Manuscrit actuellement sous presse.
63. RÓNAI, A.: Magyarország felszín alatti vízei (Les eaux souterraines de la Hongrie). *Földtani Közlemények*, 1960.
64. RÓNAI, A.: Vízföldtani tanulmány a Kisalföldről (Étude hydrogéologique de la Petite Plaine hongroise). *Hidrológiai Közöny*, 1960.
65. RÓNAI, A.: Az Alföld talajvíztérképe (Carte des eaux souterraines de la Grande Plaine hongroise). A Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadványa, Akadémiai Nyomda, Budapest, 1961.
66. SCHMIDT, E. R.: Magyarország Vízföldtani Atlasza (Atlas Hydrogéologique de la Hongrie). A Magyar Állami Földtani Intézet külön kiadása, Budapest, 1962.
67. SCHMIDT, E. R.: Vázlatok és Tanulmányok Magyarország Vízföldtani Atlaszához (Esquisses et études pour l'Atlas Hydrogéologique de la Hongrie). A Magyar Állami Földtani Intézet külön kiadása, Budapest, 1962.
68. SCHMIDT, E. R.: A hévízkutatás módszerei és eredményei Magyarországon (Méthodes et résultats des recherches d'eaux thermales en Hongrie). Manuscrit actuellement sous presse.
69. SCHMIDT, E. R.: A Vízföldtani Osztály 1961. évi működése (L'activité de la Section Hydrogéologique en 1961). Manuscrit actuellement sous presse.
70. SZABÓ, P. Z.: Karsztos formák Magyarországon éghajlattörténeti megvilágításban (Formations karstiques en Hongrie, examinées à la lumière des recherches historiques du climat). — Études sur les Sciences Géographiques Hongroises, Budapest, 1960, 39—55.
71. SZABÓ, GY.: Talajvízszint változása Pest belterületén (Variation du niveau de la nappe phréatique à l'intérieur de Pest). *Hidrológiai Közöny*, 1960, 106—115.
72. SZABÓ, L.: Vízháztartási vizsgálatok a kutakkal történő vízbeszerzés érdekében (Études de bilans hydriques en vue du captage d'eau par des puits). *Hidrológiai Közöny*, 1962, 108—113.
73. SZEBÉNYI, L.: A hévizeinkkel kitermelhető hőkészlet (Ressource thermique utilisable apportée par les eaux thermales). *Hidrológiai Közöny*, 1962.
74. SZÓFOGADÓ, P.: A gönc—szerencsi törés vízföldtani jelentősége, különös tekintettel az abaújszántói strandfürdő vízellátására (Importance hydrogéologique de la dislocation de Gönc—Szerencs, en ce qui concerne surtout l'alimentation en eau de l'établissement de bains d'Abaujszántó). *Hidrológiai Közöny*, 1961.
75. TÖRÖK, E.: Geomorfológiai és hidrológiai megfigyelések a Marcal völgyében (Observations géomorphologiques et hydrologiques dans la vallée de Marcal). *Hidrológiai Közöny*, 1961.
76. TÖRÖK, L.: Nem permanens szivárgási feladatok analóg modellen való vizsgálatának módszerei (Méthodes d'étude de filtrations non permanentes à l'aide de modèles analogiques). *Hidrológiai Közöny*, 1960, 28—32.
77. UBELL, K.: Determination and Representation of Characteristic Data for Groundwater Household. Publication No 52 of the I. A. S. H. Helsinki, 1960, Commission of Subterrenean Waters, pp. 382—395.
78. UBELL, K.: A felszín alatti vizek térképezésének nemzetközi helyzete (Situation internationale de l'établissement des cartes d'eaux souterraines). *Hidrológiai Közöny*, 1961, 66—74.
79. UBELL, K.: Anstieg des nutzbaren Grundwasservorrats bei bewässerten Gebieten. Öntözési Konferencia, Budapest, 1961.
80. UBELL, K.: Ground-Water Recharge by Direct Infiltration of Rainfall. Publication No 57 of I. A. S. H. Symposium of Athens, 1961, Vol. II, pp. 586—596.
81. UBELL, K.: Über die Gesetzmässigkeiten des Grundwassergangs und das Grundwasserhaushalt in Flachlandgebieten. *Wasserwirtschaft-Wassertechnik*, 1961, 366—372.
82. UBELL, K.: Vertical-Velocity Curve for Ground-Water Flow by Small Gradient. I. A. S. H. Ninth Convention, Belgrade, 1961.
83. UBELL, K.: A felszín alatti vízkészlet (Ressources en eaux souterraines). *Hidrológiai Közöny*, 1962, 94—104.
84. UBELL, K.: A talaj hő- és vízháztartásának összefüggése (Rapport entre les bilans hydrique et thermique du sol). Beszámoló a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet 1958. évi munkájáról, Budapest, 1963, 73—81.
85. UBELL, K.—ERDÉLYSZKY, Zs.: Experiments for Determining the Variations of Ground-water Flow Velocity with Depth. *Acta Periodica Politechnica, Budapest*, 1962.

86. URBANCSEK, J.: Az alföldi artézi kutak fajlagos vízhozama és abból levonható vízföldtani és ősföldrajzi következtetések (Rendement spécifique des puits artésiens de la Grande Plaine hongroise, et les conclusions hydrogéologiques et paléogéographiques qui en découlent). *Hidrológiai Közöny*, 1960, 398—408.
87. VARRÓK, E.: A nem permanens talajvízmozgás vizsgálata, különös tekintettel a nyomásváltozás terjedésére (Étude du mouvement non permanent des eaux souterraines, eu égard surtout à la propagation du changement de la pression). *Hidrológiai Közöny*, 1960, 149—154.
88. VARRÓK, E.: Kísérletek a hidraulikus nyomás csökkentésére árvédelmi töltéseknél (Essais en vue de la diminution de la pression hydraulique des levées de protection contre les crues). Beszámoló a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet 1958. évi munkájáról. Budapest, 1962, pp. 175—188.
89. VITÁLIS, GY.: A Salgótarján környékén tervezett víztárolások földtani lehetőségei (Possibilités géologiques d'emmagasinement des eaux aux environs de Salgótarján). *Hidrológiai Közöny*, 1960.
90. VITÁLIS, GY.: A Mihálygerge, Jégerfő-völgyi víztároló földtani vizsgálata (Examen hydrogéologique du réservoir de Mihálygerge-vallée de Jégerfő). *Hidrológiai Közöny*, 1962.
91. ZAJICEK, V.—GYALÓKAY, M.: A Kisalföld csehszlovák részének talajvízei (Les eaux phréatiques de la partie tchécoslovaque de la Petite Plaine). *Földrajzi Értesítő*, 1960.
92. ZSILÁK, GY.: A szilvásvárad Szalajka-völgy hidrológiai és hidrogeológiai vizsgálata (Examen hydrologique et hydrogéologique de la vallée de Szalajka près Szilvásvárad). *Hidrológiai Közöny*, 1960.

Précipitations

La plus importante publication consacrée à ce sujet pendant la période 1960—1962, est sans doute «L'Atlas climatique de la Hongrie» paru en 1960, dans l'édition de l'Office National de Météorologie. L'ouvrage représentant sur 107 cartes les conditions climatiques de la Hongrie, se divise en 5 parties. La première traite des facteurs thermiques, la deuxième étudie les composants hydriques (humidité de l'air, précipitations, évapotranspiration et neiges), la troisième s'occupe de la pression barométrique et des conditions caractéristiques du temps, la quatrième contient des valeurs extrêmes de la température et des précipitations, et la cinquième est enfin consacrée aux phénomènes phytophénologiques. L'ouvrage est complété par un texte explicatif en langues hongroise et allemande.

L'Atlas climatique de la Hongrie offrant un résumé complet de tous les résultats réalisés jusqu'au moment de sa parution, en matière d'observations et de recherches scientifiques, satisfait aux exigences formulées dans l'appel de la WMO concernant l'édition des Atlas climatiques nationaux.

Tous les autres travaux effectués dans le domaine des précipitations se reflètent dans la bibliographie ci-après.

BIBLIOGRAPHIE

1. BARTHA, L. jun.—GASSER, K.: A meteorpor kapcsolata a csapadékkal. (Rapport entre les poussières météoriques et la précipitation). *Időjárás*, 1961.
2. BODOLAI, I.: Kísérlet a csapadék számszerű előrejelzésére melegfrontok átvonalásánál (Essai de prévision numérique des précipitations au passage des fronts chauds). *Időjárás*, 1960.

3. BODOLAI, I.—BODOLAINÉ JAKUS, E.: A csapadék mennyiségének kiszámítása egy ciklon hideg és meleg frontjának trajektóriái mentén (Calcul de la quantité des précipitations le long des trajectoires des fronts froid et chaud d'un cyclone). *Időjárás*, 1962.
4. BODOLAINÉ JAKUS, E.: A frontszerkezet változásának szerepe a csapadék térbeli és időbeli eloszlásában (Rôle du changement de la structure du front dans la distribution spatiale et temporelle des précipitations). *Időjárás*, 1961.
5. BODOLAINÉ JAKUS, E.: Néhány megjegyzés a frontok és a csapadék kapcsolatáról (Quelques remarques sur le rapport entre les fronts et la précipitation). *Időjárás*, 1961.
6. MÉSZÁROS, E.: Néhány szó a csapadék keletkezésére vonatkozó újabb elméletekről (Quelques mots sur les nouvelles théories de la genèse des précipitations). *Időjárás*, 1960.
7. MÉSZÁROS, E.—WIRTH, E.: Distribution spectrale des gouttes de pluie tombant des nuages stratiformes. *Időjárás*, 1960.
8. MÉSZÁROS, E.—WIRTH, E.: Distribution spectrale des gouttes de pluie tombant des nuages cumuliformes. *Időjárás*, 1961.
9. MÉSZÁROS, E.—WIRTH, E.: Esőcsepp-spektrum és esőintenzitás (Spectre des gouttes de pluie et intensité de pluie). *Időjárás*, 1962.
10. NÉMETH, T.: A Drogajcev-féle csapadékjelzés bevalásáról (Sur le succès de la prévision des précipitations selon Drogaitsev). *Időjárás*, 1962.
11. PÉCZELY, GY.: A szubmediterrán típusú csapadékjárás gyakorisága Magyarországon (Fréquence en Hongrie du régime de précipitation subméditerranéenne). *Időjárás*, 1960.
12. PÉCZELY, GY.: A 30 mm-t meghaladó napi csapadékok gyakorisága Magyarországon (La fréquence en Hongrie des précipitations journalières dépassant 30 mm). *Időjárás*, 1962.
13. RÁKÓCZINÉ WAGNER, M.: A csapadék eloszlása Magyarországon a meridionális áramlású ciklonális helyzetekben (Distribution des précipitations en Hongrie dans les situations cyclonales de courant méridional). *Időjárás*, 1960.
14. RÁKÓCZINÉ WAGNER, M.: A csapadék eloszlása Magyarországon nyugati áramlású makroszintoptikus helyzetekben (Distribution des précipitations en Hongrie dans les situations macrosynoptiques de courant occidental). *Időjárás*, 1961.
15. SZEPESI, D.: Die orographische niederschlagbildende Wirkung der Gebirge des Karpatenbeckens. *Időjárás*, 1960.

Qualité des eaux

Le contrôle de la qualité des eaux du pays a été assuré par cinq instituts:

1. L'OKI s'occupe des problèmes relatifs à la qualité des eaux superficielles — y compris la pollution en isotopes radioactifs — ainsi que de l'élaboration de procédés d'analyse chimique;

2. le VITUKI assure l'examen de la qualité des eaux d'irrigation;

3. l'ÁFI est chargé de la détermination de la teneur en matières organiques des eaux souterraines et de l'élaboration de procédés particuliers;

4. l'Institut de Chimie Médicale de l'Université de Médecine de Debrecen fait l'analyse des eaux minérales et médicinales;

5. la Station Hongroise de Recherches sur le Danube (*Magyar Duna-kutató Állomás*) possède, de son côté, une section pour l'examen des étangs alcalins.

Outre ces instituts, la Station d'Hygiène et d'Épidémiologie du Comitat de Borsod a poursuivi des expériences efficaces sur des problèmes de désinfection et d'hygiène.

Eaux superficielles

Sur la base de plus de 8000 examens, l'OKI a rangé les eaux superficielles en quatre catégories, selon leur degré de pollution. Le classement opéré selon la consommation d'oxygène et le nombre des colis a été affiné par des analyses relatives au contenu en chlorure, en sulfate, en matières dissoutes dans l'eau et au degré de dureté [15].

Compte tenu des diverses catégories et des données relatives au degré de pollution en matières organiques et en bactéries, l'OKI a dressé des cartes représentant la qualité des eaux superficielles.

Selon les analyses faites par l'OKI [17], l'eau du Balaton se montre pratiquement constante, et les quantités des constituants chimiques caractérisant le degré de pollution entrent toutes — excepté la consommation d'oxygène — dans les limites de tolérance valables pour les eaux potables.

Quant aux eaux de la rivière Sajó, elles arrivent au pays avec une teneur très élevée en matières organiques et en bactéries, selon les analyses faites par la Station d'Hygiène et d'Épidémiologie du Comitat de Borsod. Les valeurs caractérisant cet état de pollution augmentent le long du tronçon hongrois. Ce haut degré de pollution du Sajó exige une rapide solution en vue de l'épuration des eaux résiduaires de cette région industrielle.

Eaux souterraines

L'origine des matières organiques contenues dans les eaux souterraines, leur analyse et leur effet sur l'organisme humain ont été étudiés par l'ÁFI [3].

Pour la désinfection par chlorage, la Station d'Hygiène et d'Épidémiologie du Comitat de Borsod a élaboré un nouveau procédé [10]. Des expériences efficaces ont été faites avec des barres en chlorure de chaux (dites dépôt de chlore), formées sous compression. Déposées dans les puits, elles assurent la distribution uniforme du chlore par diffusion.

Eaux d'irrigation

Le VITUKI a fait un nomogramme de classification pour les eaux d'irrigation [5], qui indique, pour les sols *non alcalins*, les rapports existant entre le contenu global en sel (exprimé en mg/l) et le pourcentage en sodium.

Le VITUKI a examiné surtout les eaux de la région transtibiscine et de celle située entre le Danube et la Tisza [21], étant donné que les eaux de la Transdanubie — excepté celles du lac Fertő — sont bien utilisables pour l'irrigation.

Eaux minérales — eaux médicinales

L'analyse détaillée, jusqu'aux microéléments, de l'eau de 4 puits profonds [14], a été effectuée par l'Institut de Chimie Médicale de l'Université de Médecine de Debrecen. Cet institut faisait aussi l'analyse des eaux médicinales de la région transtibiscine, et révéla par analyse spectrale la présence, dans ces eaux, de zinc, de manganèse, de cuivre, d'aluminium et de lithium.

Radioactivité

L'OKI a examiné la variation de la radioactivité des eaux superficielles entrées dans le pays, ainsi que celle des cours d'eau plus importants nés en Hongrie [7]. Un rapport sur la radioactivité de l'eau du Danube a été rédigé par le VITUKI [4], sur la base de 69 examens faits au même endroit du fleuve.

Le rapport existant entre la radioactivité des eaux superficielles et celle des précipitations [16] a été examiné par l'OKI. Cet institut a mesuré, à Budapest, la radioactivité de l'eau provenant des précipitations, et a démontré la connexion de la pollution radioactive avec les explosions expérimentales de bombes atomiques. On a démontré que l'activité des eaux météoriques diminue après 3 à 6 mois jusqu'au dixième de sa valeur initiale, mais que dans ce dixième résiduel se trouvent encore des isotopes de longue période.

La *Société Hongroise d'Hydrologie*, connaissant l'importance du sujet, a organisé en juin 1961 un *Congrès sur la qualité des eaux*, auquel ont participé les représentants de huit pays. Outre les questions relatives à l'utilisation des eaux du pays dans les divers domaines de l'alimentation en eau potable, de l'industrie et de l'agriculture, des problèmes plus généraux d'un intérêt purement scientifique ont été également discutés à ce Congrès.

BIBLIOGRAPHIE

1. BIRÓ, Zs.—FÁZOLD, Á.: A Sajó és mellékfolyóinak bakteriológiai szennyezettsége 1958—59 években (Pollution bactériologique du Sajó et de ses affluents dans les années 1958—59). *Borsodi Műszaki Élet*, 1960.
2. BOLBERITZ, K.—HEGYESSY, L.: A vizek összes szervesanyagának meghatározása (Détermination du contenu total en matières organiques des eaux). *Hidrológiai Közöny*, 1962.
3. CSAJÁGHY, G.: A felszín alatti vizek szerves anyagai (Les matières organiques des eaux souterraines). *Hidrológiai Közöny*.
4. DARAB, K.: A vizek radioaktív szennyeződésének ellenőrzése és az ellenőrzés módszerei (Contrôle et méthodes de contrôle de la pollution radioactive des eaux superficielles). *Hidrológiai Közöny*, 1961.
5. DARAB, K.: Az öntözővizek minősítésének elvi alapjai (Les principes de la classification des eaux d'irrigation). *Hidrológiai Közöny*, 1962.

6. DONÁSZI, E.: A felszíni vizek kémiai dinamikája és jelentősége a vízfelhasználásában (La dynamique chimique des eaux superficielles et son importance dans l'utilisation des eaux). *Hidrológiai Közlöny*, 1962.
7. GAÁL, L.: Felszíni vizeink radioaktív izotóp szennyeződése (Pollution radioactive des eaux superficielles du pays). *Hidrológiai Közlöny*, 1961.
8. HARMATI, I.: Öntöző és csurgalékvizek kémiai vizsgálata a Duna—Tisza közén (Analyse chimique des eaux d'irrigation et de colature dans la région située entre le Danube et la Tisza). *Hidrológiai Közlöny*, 1960.
9. KOZMA, E.: A buzsáki tógazdaság halastavainak és tápláló csatornájának kémiai vizsgálata (Examen chimique des étangs et du canal d'alimentation de l'exploitation piscicole de Buzsák). *Hidrológiai Közlöny*, 1961.
10. MÁRTON—BIRÓ—FÁZOLD: Ásott kutak folyamatos klórozása (Chloration continue des puits creusés). *Borsodi Műszaki Élet*, 1961.
11. MEDGYESI, I.—ZAHORÁN, J.: A talajvízmozgás meghatározása radioaktív izotópokkal (Détermination du mouvement des eaux souterraines à l'aide d'isotopes radioactifs). *Hidrológiai Közlöny*, 1960.
12. NAGY, T.—DVIHALLY, Zs.: Szikes tóvizek kémiai összetételének évszakos változása (Variations saisonnières de la composition chimique des lacs et étangs alcalins). *Hidrológiai Közlöny*.
13. NAGY, Z.—ANDRÁSSY, K.—KOVÁCS, E.: Nyomelemek a tiszántúli gyógyvizekben (Éléments en trace dans les eaux médicinales de la région transtibiscine). *Hidrológiai Közlöny*, 1960.
14. NAGY, Z.—PORCSALMY, I.—ANDRÁSSY, K.—DEZSŐ, I.—KOVÁCS, E.—POLYIK, E.: A hajdúszoboszlói hőforrásvizek kémiai elemzése (Analyse chimique des eaux thermales de Hajdúszoboszló). *Hidrológiai Közlöny*.
15. PAPP, Sz.: Felszíni vizeink minősége (La qualité des eaux superficielles du pays). *Hidrológiai Közlöny*, 1961.
16. PAPP, Sz.: Hozzászólás Gaál Lászlóné «Felszíni vizeink radioaktív izotóp szennyeződése» és Darab Katalin «A vizek radioaktív izotóp szennyeződésének ellenőrzése és az ellenőrzés módszerei» című előadásához (Discussion of the papers «Radioactive Isotope Pollution of Surface Waters in Hungary» and «Methods for Radioactive Water Pollution Control»). *Hidrológiai Közlöny*, 1961.
17. PAPP, Sz.—BOLBERITZ, K.—GREGÁCS, M.—HEGYESSY, L.—SCHIEFNER, K.: A Balaton vizének komplex egészségügyi vizsgálata (Examen hygiénique complexe de l'eau du Balaton). *Hidrológiai Közlöny*, 1960.
18. RAPPNÉ, SIK, S.: Ioncserélő gyanták alkalmazása a vízanalitikában (Utilisation de résines échangeuses d'ions dans les analyses d'eau). *Hidrológiai Közlöny*, 1961.
19. SCHER, Á.: Bromid és jodid gyors kolometriás mikromeghatározása fenolvörőssel (Micro-détermination colorimétrique rapide des bromures et iodures avec du phénol rouge). *Hidrológiai Közlöny*, 1960.
20. SCHIEFNER, K.—CSANÁDY, M.: Felszíni vizeink urántartalmának vizsgálata (Examen du contenu en uranium de nos eaux superficielles). *Hidrológiai Közlöny*, 1962.
21. SZEBELLÉDY, L.: Vizeink minősége a mezőgazdasági felhasználhatóság szempontjából (La qualité de nos eaux du point de vue de leur utilisation dans l'agriculture). *Hidrológiai Közlöny*, 1961.
22. TOLNAI, V.—RAPPNÉ SIK, S.: Természetes vizek szulfát-ion meghatározása ioncserélő módszerrel (Détermination du contenu en ion sulfate par la méthode d'échange d'ions). *Hidrológiai Közlöny*, 1961.

Érosion du sol

La plupart des recherches sur l'érosion ont été effectuées par l'Institut de Recherches Forestières. Les recherches en cours se groupent autour de l'étude du bilan hydrique de la forêt et des modes de défense contre l'érosion du sol.

Des études de bilan hydrique sont en cours à la station de Kiszána, où l'on a observé l'effet des diverses couvertures sur le ruissellement. On a

pu distinguer six types de zones de couverture (voir tableau ci-après). En novembre 1961, les zones couvertes de bois ont été déboisées, et celles couvertes de plantes à tige tendre ont été broutées par des troupeaux. Le changement en coefficient de ruissellement fut immédiat, comme on le voit sur le tableau.

Zones types	Avant le déboisement				Après le déboisement
	1956/57	1957/58	1958/59	1959/60	1960/61
	Précipitation dans les années hydrologiques en mm				
	590,8	608,0	580,0	560,0	451,0
coefficient de ruissellement					
Boisée	0,08	0,5	—	0,30	4,37
En cours de dénudation	9,5	37,6	14,0	1,5	6,85
Broussaille, versants abrupts	5,5	12,4	3,8	0,8	18,23
Pâturage gazonneux	8,3	6,7	1,2	0,8	8,57
Bosquet d'acacias	5,5	5,4	0,4	0,8	9,13
Dénudée jusqu' aux roches	43,5	53,9	51,0	46,8	50,69

En 1961, deux bassins d'essais ont été désignés pour des recherches comparatives. Ils sont situés près de la localité de Mátrafüred, et ont une superficie de 110, resp. de 16 hectares; leurs bois de chênes sont caractéristiques des massifs centraux andésitiques de la Hongrie. Les eaux de ruissellement de ces bassins sont captées et jaugées au moyen de déversoirs. On s'est aussi proposé de déterminer l'effet de rétention de la couverture végétale, ainsi que celui de l'évapotranspiration. Ces recherches seront complétées par la mesure régulière des précipitations (5 pluviomètres enregistreurs), de l'épaisseur de neige et de l'humidité du sol, ainsi que par l'observation de la poussée de quelques arbres désignés pour ce but.

Les observations régulières commenceront en 1963.

INVESTIGATIONS IN CONNECTION WITH VOLCANOLOGY IN HUNGARY, 1960—1962

G. PANTÓ

D. OF SC. MIN. & GEOL.

Research on the widespread field of investigations relating to volcanic processes was continued in Hungary with ever increasing ardour during the reported period. Lacking immediate contact with recent volcanic activity, volcanological research has been effectuated in two principal trends, *viz.* - first a more dynamic one, aiming at the "Reconstruction of volcanic (igneous) processes", and second a more static one however (implying genetical inquiry in most cases) expressed in the task: "Study of *products* of volcanic (igneous) activity.

Important results have been achieved on both lines. The immediate advancement manifested itself in a more adequate knowledge of the Hungarian Tertiary, Mesozoic and Palaeozoic volcanism. The significance of a number of these results however exceeds regional application and implies general contribution to volcanic geochemistry, tectonophysics, petrogenesis as well as rock-terminology.

A brief summary of progress is given here according to trends of scientific research:

I. Reconstruction of volcanic (igneous) processes

a) *Geochemical approach*

Starting with the principle of specific migration of the elements the utmost importance of volatiles in the early history of the Earth was deduced by E. SZÁDECZKY-KARDOS [56, 58, 64, 75, 76]. According to these geochemical computations the wide gap between cosmogony and geology can be filled with reliable data, allowing a general characterization of the first three billion years' evolution of the Globe. This deduction affords a real understanding of early igneous activities, thus indicating the path from "merogeology" dealing with the last half billion years' Earth history, towards "hologeology" covering its whole past.

b) *Geological (tectonic, volcano physical) approach*

Investigations in the field of structural geology gave rise to the solution of specific tectonic problems related with the Hungarian (Pannonian) median mass. The role of "Zwischengebirge" in the country's structural evolution was redefined by E. VADÁSZ [82]. By emphasizing its incomplete (only relative) rigidity, as well as its close connection and grading into folded ranges, tectonic events influencing volcanism obtained up to date determination in this work.

Special tectonophysical factors controlling evolution and distribution of the Carpathian Tertiary volcanism was analysed and arranged in a new comprehensive picture by E. SZÁDECZKY-KARDOSS [59]. B. BALKAY [1, 2, 3] gave by the detailed study of crustal structures below Hungary very important informations concerning the framework and motives of igneous activity. A new interpretation of subsidence structures — based on the principle of volatile-escape from the wall-rock due to igneous action — was afforded by I. KUBOVICS [36].

Energetics of both terrestrial and lunar volcanic explosions were calculated by P. HÉDERVÁRI [18, 20, 21, 23, 24, 25] including the determination of their magnitude. Questions of volcanism on the moon and other planets [19, 22] have also been discussed by the same author.

c) *Petrological approach*

Recent studies proved the principle of transvaporization introduced by E. SZÁDECZKY-KARDOSS during the previous triennium (1957—59)¹ as a general phenomenon of igneous petrogenesis controlling a series of igneous facies which had previously been misinterpreted. Much detailed work has been effectuated under SZÁDECZKY's leadership in order to detect all features of transvaporization and to establish its systematics [60, 61, 62, 72]. Starting with the vectorial analysis of the migration of volatiles on igneous contacts [64] "endo- and exocontact metamorphic" changes obtained comprehensive interpretation [66]. The transvaporizational scheme of the interaction of the surging magma — already more or less enriched under way in meteoric water (stored in fissures or in the wall-rock) — and the "wet" or "dried" wall-rock furnished possibility for numerical calculation of the water-economy of intrusions [65].

Special attention was paid to the texture of magmatites useful for determining both the intensity of transvaporization and the thermal history of consolidation [70]. The thorough investigation of chemical and mineralogical changes due to kation-transport directed towards temperature (pressure)

¹ PANTÓ, G.: Investigations in connection with volcanology in Hungary, 1957—59. *Acta Techn. Hung.* **30** (1960), 89—97.

drop effectuated by igneous-activated volatiles gave rise to a new interpretation of alkaline metasomatism (including formation of alkaline igneous rocks) [71] as well as of the mechanism of fissure-filling metallization [73].

Nuée ardente (ash-flow) origin of the bulk of Hungarian Tertiary acid pyroclastics was evidenced by G. PANTÓ [52]. Close inspection of Hungarian rhyolitic (dacitic) complexes allowed, by comparison with several ignimbritic regions of the world, a revision of ignimbrite classification [48, 49, 51]. The clean separation of pyroclastic ignimbritic rocks [formed by actual nuée avalanches (aero-sols)] from non-pyroclastic ones formed by inhomogeneous emulsions (foam lava, froth-flow) necessitated the introduction of the notion: ignispumite [49, 51].

The concept of pumice has clearly been delimited by E. ILKEY-PERLAKI on the base of chemical, structural and textural criteria [28, 29], further the processes of pumice formation were evaluated by physico-chemical parameters. By investigation of the chemical, mineralogical and textural changes of subvolcanic andesite-rhyolite tuff contacts are important contributions offered by the same author [27] concerning formation of hypo- and meta-volcanites.

The extremely variable features of subvolcanic andesite intrusions are newly and amply interpreted by research carried out by K. VARRÓK [88] in Reesk and L. ÓDOR [44] in Karancs, thus terminating a long series of misinterpretations. G. VARGA [83] suggested correlation between dacitic laccoliths and dacitic ash-flow tuff ("lower rhyolitic tuff") in and around the Mátra Mts.

New aspects of potash-metasomatism were presented by K. VARGA-MÁTHÉ [85] along a structural line in Tokaj Mts intersecting andesitic and rhyolitic formations. I. VÖRÖS investigated so-called alteration products of olivine in several sections of a basalt flow [94]. Iddingsite turned out to be primary (pre-consolidational) formation controlled by volatile contents, speed of cooling and intensity of oxydation.

L. MOLDVAY carried out a detailed study of general eolian sedimentation [39] applicable even for transport and showering of fine volcanic material. An interesting example of clay-inclusions in andesite agglomerate was studied by GY. RADÓCZ and I. VÖRÖS [55].

II. Study of products of volcanic (igneous) activity

a) *Geochemical approach*

In the series of trace-element studies of the post-magmatic formations of Velence Mts enrichments of Sc and Nb were determined by I. KUBOVICS [35]. Detailed geochemical and lithological study of the diatomitic tufogene series of Szurdokpüspöki (Mátra Mts) furnished important facts about mineral

built-up and chemical equilibria of volcanic sedimentation (BÁRDOSSY—HAJÓS [5]).

Possibilities of hydrothermal enrichment of Pb—Zn—Cu [33] as well as uranium in granitic complexes [34] were surveyed by J. KISS.

b) *Geological-volcanological approach*

The geological mapping of the volcanic regions in Hungary continued during the reported period. Our knowledge of the setting of volcanic units and their interrelations were appreciably widened by survey work accomplished both in the Mátra (CSILLAG—TEPLÁNSZKY [7], VARGA [84], VARGA—MÁTHÉ [86], VIDACS [91]) and Tokaj Mts (MOLDVAY [40], MOLNÁR [41, 42], PANTÓ [47, 53]). By these researches progress was achieved in settling questions of the cyclicity of volcanic activity, trends of differentiation, post-volcanic phenomena as well as palaeogeography and structure of Tertiary volcanism.

c) *Economic geology*

Many volcanological results were obtained by the geological evaluation of prospecting for metallic and non-metallic resources. In this respect the studies on Pb—Zn—Cu ore veins in the central and western parts of Mátra Mts were especially useful in determining the main pulses of volcanic and hydrothermal activity with respect to their peculiarities due to structural control (KISS [32], VIDACS [89, 93]).

A comprehensive study of the Mátra and Štiavnica (Schemnitz) metalizations revealed several parallelities suggesting genetic interrelations (VIDACS [90, 92]). The description of Mátra perlite occurrence (Gyöngyösolymos) by E. ÖTVÖS [45] including the evaluation of water-bonds in perlite and related rhyolite varieties does not seem to reach full agreement with the recent studies of E. ILKEY—PERLAKI [28, 29] carried out on similar complexes in the Tokaj Mts. Practical applicability of Hungarian pumicites for filtering was investigated by J. BARNA [4].

Results of prospecting for bentonite and zeolite in the Szerencs area, has according to the evaluation of E. NEMECZ and GY. VARJÚ [43] led to the discovery of high grade metasomatic alterations (leading to the formation of Na-montmorillonite, clinoptylolite and adularia) due to the actions of sea water on fresh pyroclastic material. The fire-clay type kaoline deposit of Szegi had a thorough mineralogical and genetical evaluation by GY. VARJÚ and T. MÁNDY [87].

A summary of the reconnaissance of the kaoline deposit of Végardó formed by kaolinitization of rhyolite due to igneous-heated karst water along a structural line, was achieved by J. FRITS [15] and J. MEZŐSI [38].

d) *Petrography and mineralogy*

Á. JUHÁSZ supplied detailed petrographic examination of the Permian quartz porphyry volcanic units [30] and their debris as ingredients of the Permian sandstone [31]. Gy. HÖNIC described Lower Cretaceous trachydolerite dikes cutting Middle Triassic dolomite of the Mecsek Mts. [26]. E. CSÁNK and Z. SIPOSS described by mineralogical-lithological studies traces of andesite volcanism from Oligocene sands of Dorog.

Zeolites cementing andesite tuff was described by J. MEZŐSI [37], while L. TOKODY carried out extremely delicate mineralogical examinations of the vesicles of Erdőbénye andesites leading to the affirmation of mauritzite as an independent mineral [78, 79]. J. ERDÉLYI continued the exhaustive investigation on the hydromica and serpentine groups [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14].

e) *Classification and terminology*

E. SZÁDECZKY-KARDOSS first outlined the genetical system of igneous rocks based on physico-chemical parameters [57, 74, 77]. Later, by an ingenious method employed for diagrammatic representation of the mineralogical composition of igneous rocks, the system was developed — retaining its original simplicity — to quantitative exactitude [67].

Ambiguities arising in the qualification of “andesites” of Tokaj Mts. have been treated on petrochemical and mineralogical basis by P. GYARMATI [15, 17] and a satisfactory solution was indicated by applying RITTMANN's terminology.

A terminology of pyroclastics was elaborated by Z. TÖRÖK on the base of his life-long volcanological studies in the Călimăni (Kelemen) Mts [80, 81]. In his proposal for the terminology of hypo- and metavolcanites and pyroclastics [46] G. PANTÓ has also carried out surveying experience gained in Hungarian volcanic regions. The formation of volcanic pellets (accretionary lapillis) was commented by the same author drawing analogies with the process of artificial pelletization [50].

BIBLIOGRAPHY

1. BALKAY, B.: A magyarországi földkéreg szerkezete (Crustal structure of Hungary). *Geofizikai Közlemények*, (9) 1961, 5—21.
2. BALKAY, B.: On some rift-like structures of the Little Hungarian Plain. *Annales Univ. Sci. Budapest. R. Eötvös Sectio Geologica*, 3 (1960), 3—6.
3. BALKAY, B.: The tectonics of the Cenozoic volcanism in Hungary. *Annales Univ. Sci. Budapest. R. Eötvös* 3 (1960), 7—14.
4. BARNA, J.: Hazai horzsakövek szűrősegédanyag céljaira (Hungarian pumicite used as filtering accessory). *Bányászati Kutatóintézet Közleményei*, 6 (1961), 251—261.
5. BÁRDOSY, G.—O. HAJÓS, M.: A szurdokpüspöki diatomás rétegösszletek üledékföldtani és geokémiai jellemzése (Caractéristiques lithologiques et géochimiques des complexes

- à diatomées de Szurdokpüspöki). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1960* : 121—146, 1963.
6. CSÁNK, E.—SIPOSS, Z.: Andezitvulkánosság kőzetanyagának nyomai a középső-felső-oligocén partszegélyi homokos összletben a Dorogi-medence DK-i részén (Les vestiges des produits du volcanisme andésitique dans le complexe littoral, oligocène moyen-supérieur, au SE du bassin huillifère de Dorog). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1960* : 147—159, 1963.
 7. CSILLAG-TEPLÁNSZKY, E.: Mátrafüred és Mátraháza környékének földtani vizsgálata (Examen géologique des environs de Mátrafüred et Mátraháza). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1961*.
 8. ERDÉLYI, J.: Hydrohalloysit (Hydroendellite?) ein neues Mineral der Halloysitgruppe aus dem Mátra Gebirge (Ungarn) und von Baia Mare (Nagybánya) in Rumänien. *Chemie der Erde*, **21**, (1962), 321—343.
 9. ERDÉLYI, J.: Hidrohalloysit (hidroendellit), a halloysit-csoport új ásványa Nagybányáról (Baia Mare, Románia) és a Mátrából [The hydrohalloysite (hydroendellite), as a new mineral of the halloysite group, from Baia Mare (Roumania) and the Mátra Mountains]. *Annual Report on the Hung. Geol. Inst. of 1959* : 77—97, 1962.
 10. ERDÉLYI, J.—KOBLE CZ, V.—N. VARGA, S.: Neuere strukturelle Regeln der Hydroglimmer; Hydroantigorit, ein neues Serpentinmineral und metakolloidaler Brucit vom Csódi Berge bei Dunabogdány (Ungarn). *Acta Geol. Hung.*, **6** (1959), 65—93.
 11. ERDÉLYI, J.—KOBLE CZ, V.—NEMES-VARGA, S.: A hidrosillámok új szerkezeti szabályai. Hidroantigorit, új serpentinasvány és metakolloid brucit a dunabogdányi Csódi-hegyről (Nouvelles règles structurales des hydromicas. Un nouveau mineral de serpentine, hydroantigorite et brucite metacolloïdale du Mont Csódi, dans les environs de Dunabogdány). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1957—58* : 317—343, 1961.
 12. ERDÉLYI, J.—KOBLE CZ, V.—NEMES-VARGA, S.: Hidroamezit, új ásvány a Haláp-hegy (Veszprém m.) bazaltjának üregeiből (Hydroamesit, ein neues Mineral aus den Hohlräumen des Basalts von dem Haláp-Berge am Plattenseegebiet (Komitat Veszprém). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1957—58* : 345—356, 1961.
 13. ERDÉLYI, J.—KOBLE CZ, V.—NEMES-VARGA, S.: Hydroamesit, ein neues Mineral aus den Hohlräumen des Basalts von dem Haláp-Berge am Plattenseegebiet. *Acta Geol. Hung.*, **6** (1959), 95—106.
 14. ERDÉLYI, J.—KOBLE CZ, V.—TOLNAY, V.: Montmorillonit aus den Spalten des Basaltes vom Badacsony-Berg. *Acta (Min. Petr.) Univ. Szeged.* **12** (1959), 73—84.
 15. FRITS, J.: A végardói termális vonal (The Végardó thermal line near Sárospatak). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1961*.
 16. GYARMATI, P.: Vulkáni kőzetminősítés problematikája tokaji-hegységi példákon (Problems of the classification of volcanic rocks as revealed by examples of the Tokaj Mountains, Northeastern Hungary). *Földtani Közlöny*, **91** (1961), 374—381.
 17. GYARMATI, P.: A Tokaji-hegység déli részének andezitfajtái (Andesite varieties of the southern part of Tokaj Mts [NE-Hungary]). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1961*.
 18. HÉDERVÁRI, P.: Geophysical problems in relation to lunar volcanism: a comment on Alphonsus. *Journal of the Int. Lunar Society* **1** No 4 (1959).
 19. HÉDERVÁRI, P.: Vulkánkitörések más égitesteken (Volcanic eruptions on other celestial bodies). *Földrajzi Közlemények*, **7** (1959), 83—85.
 20. HÉDERVÁRI, P.: A holdkráterek és gyűrűshegyek keletkezéséhez szükséges energiáról (Energy requirements of lunar crater and annular hill formation). *Magyar Fizikai Folyóirat*, **9** (1961), 251—264.
 21. HÉDERVÁRI, P.: O energij potrebnij za formirovanja mesecevih kratera, Vasiona (Beograd) **9** (1961).
 22. HÉDERVÁRI, P.: A Hold fizikája (Physics of the moon). Gondolat books, Budapest, 1962.
 23. HÉDERVÁRI, P.: A new classification of volcanic eruptions. *Gerland's Beiträge zur Geophysik*, **71** (1962), 90—96.
 24. HÉDERVÁRI, P.: On energy necessary for the production of lunar craters. *Bull. Volc.* (In preparation, presented at the Tokyo Meeting of IAV, 1962).
 25. HÉDERVÁRI, P.: On the energy and magnitude of volcanic eruptions. *Bull. Volc.* (In preparation, presented at the Tokyo Meeting of IAV, 1962).
 26. HÖNIC, GY.: Trachidoleritlélerek a komlói mélyfúrások középső-triász dolomitösszletében. (Trachydolerite dikes in the Middle Triassic dolomite traversed by deep borings in the environments of Komló [Mecsek Mountains]). *Földtani Közlöny*, **91** (1961), 223—225.

27. ILKEY-PERLAKI, E.: Vulkáni hipo- és meta-elváltozások andezit—riolittufa érintkezésén tokaji-hegységi példákön (Altérations hypo- et métavolcaniques, selon des exemples du contact d'andésite avec le tuf rhyolitique dans les Montagnes de Tokaj). *Földtani Közlöny*, **91** (1961), 382—390.
28. ILKEY-PERLAKI, E.: Pumice and scoria; their concept, structure and genetics. *Acta Geol. Hung.* **3**. (In preparation.)
29. ILKEY-PERLAKI, E.—BARABÁS-SERÉNYI, E.: A horzsakő fogalma, szöveti jellege és genetikája (Notion, textural characteristics and genetics of pumice). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1961*.
30. JUHÁSZ, Á.: Balaton-felvidéki paleozóos magmatitok közettani vizsgálata (Examen pétrologique des magmatites paléozoïques de la Montagne du bord N du Lac Balaton). *Földtani Közlöny*, **90** (1960), 157—171.
31. JUHÁSZ, Á.: A balaton-felvidéki permii homokkőösszetel kvarcporfiranyagának eredete (L'origine des porphyres quartzifères dans le complex de grés permien de Haut pays du Lac Balaton). *Földtani Közlöny*, **92** (1962), 160—173.
32. KISS, J.: A new ore occurrence in the environment of Nagygyalya, Nagylipót and Aranybányafolyás, Mátra Mountains, NE-Hungary. *Annales Univ. Sci. Budapest. R. Eötvös, Sectio Geologica*, **3** (1960), 55—81.
33. KISS, J.: A hydrothermal enrichment of Pb—Zn—Cu in the Erdősmecke granite (Mecsek Mountains). *Annales Univ. Sci. Budapest. R. Eötvös, Sectio Geologica*, **5** (1962), 89—92.
34. KISS, J.: The hydrothermal conditions of uranium migration and the genesis of pitchblende. *Annales Univ. Sci. Budapest. R. Eötvös, Sectio Geologica*, **5** (1962), 79—88.
35. KUBOVICS, I.: A velencei-hegységi utómagmás képződmények nyomelemvizsgálata. I. Szkandium—niobium és kísérő nyomelemei (Trace element analysis of the post-magmatic formations of the Velence Mountains. I. Scandium—Niobium and associated traces). *Földtani Közlöny*, **90** (1960), 273—292.
36. KUBOVICS, I.: A vulkáni hegységek beszakadásos szerkezete (Subsidence structure of volcanic mountains). *Földtani Közlöny*, **92** (1962), 280—296.
37. MEZŐSI, J.: Zeolite occurrence in the Mátra Mountain. *Acta (Min. Petr.) Univ. Szeged.* **14** (1961), 61—74.
38. MEZŐSI, J.: Data on the formation of kaolin in the Tokaj-Mountains. *Acta (Min. Petr.) Univ. Szeged.* **13** (1960), 33—57.
39. MOLDVAY, L.: On the laws governing sedimentation from eolian suspensions. *Acta (Min. Petr.) Univ. Szeged.* **14** (1961), 75—109.
40. MOLDVAY, L.: Az 1956. évi Erdőbénye környéki térképezés (Le levé dans les environs d'Erdőbénye en 1956). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1957—58* : 217—230. 1961.
41. MOLNÁR, J.: Tortónai és szarmata képződmények jellege és szerkezeti alakulása a Tokaji-hegység ÉK-i részén (Eigenschaften der tortonisch-sarmatischen Ablagerungen und ihre tektonische Entwicklung im nordöstlichen Teil des Tokajer Gebirges). *Földtani Közlöny*, **91** (1961), 397—404.
42. MOLNÁR, J.: A Tokaji-hegység déli részének szerkezeti felépítése (Tektonischer Bau des südlichen Teiles des Tokajer Gebirges). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1961*.
43. NEMECZ, E.—VARJÚ, GY.: Sodium bentonitization, clinoptylolization and adularization in the rhyolitic tuffs of the Szerencs Piedmont Area. *Acta Geol. Hung.* **6** (1962) 389—427.
44. ÓDOR, L.: A Karancs-hegység közettani és földtani viszonyai (Conditions lithologiques et géologiques de la Montagne Karancs [N de la Hongrie]). *Földtani Közlöny*, **92** (1963), 387—399.
45. OTVOS (Ötvös), E. G. jr.: Pumice and perlite in a rhyolite complex in Hungary. *Economic Geology*, **56** (1961), 1112—1122.
46. PANTÓ, G.: Beszámoló a vulkáni hegységek kutatásának időszerű kérdéseiről tartott vitailésről (Compte rendu de la séance de discussion sur quelques problèmes actuels de la recherche des montagnes volcaniques). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1957—58* : 525—547. 1961.
47. PANTÓ, G.: A Tokaji-hegység földtani újvizsgálatának célkitűzései (Appreciation of volcanic phenomena and their products in connection with the geological study of Tokaj Mts.). *Földtani Közlöny*, **91** (1961), 370—373.
48. PANTÓ, G.: Az ignimbritkérdés alakulása és magyarországi vetülete (Development of ideas on ignimbrites and their echo in Hungary). *VI. Oszt. Közl.*, **29** (1961), 290—332.
49. PANTÓ, G.: The rôle of ignimbrites in the volcanism of Hungary. *Acta Geol. Hung.* **6** (1962), 307—331.
50. PANTÓ, G.: Tufa-“galacsin” (Tuff pellets). *Földtani Közlöny*, **92** (1962), 236—237.

51. PANTÓ, G.: Ignimbrites of Hungary, their genetics and classification. *Bull. Volc.* **25**. (In print, presented at the Catania Meeting of IAV, 1961).
52. PANTÓ, G.: Die Rolle von Glutwolken im neogenen saueren Vulkanismus Ungarns. Vth Congr. of the Carpatho-Balkan Geol. Assoc. Bucharest, 1961.
53. PANTÓ, G.: A Tokaji hegység földtani vizsgálata. 1961. (Geological investigations in the Tokaj Mts.). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1961*.
54. PANTÓ, G.: Cu-As—Vererzung von Recsk (Ungarn). *Freiberger Forschungshefte* (In preparation, presented at the 14. Berg- u. Hüttenmännische Tagung, 1962).
55. RADÓCZ, GY.—VÖRÖS, I.: Konkréciókból kiinduló sugárirányú repedések a borsodi agglomerátumos andezittufában (Fissures radiales partant de concretions dans les tuffs andésitiques d'agglomerats). *Földtani Közöny*, **91** (1961), 217—222.
56. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: A merogeológiától a hologeológia felé (From merogeology towards hologeology). *VI. Oszt. Közl.*, **27** (1960), 35—68.
57. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: A genetical system of igneous rocks. *Reports of the Int. Geol. Congr. XXI. Session 13* (1960), 287—292.
58. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: О некоторых характерных миграционных явлениях в процессах петрогенеза. (Über einige bezeichnende Migrationserscheinungen der Gesteinsbildungsprozesse). Физикохимические проблемы формирования горных пород и руд. Moscow pp. 88—104. 1961.
59. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Zur Magmatektonik des innerkarpatischen tertiären Vulkanismus. Vth Congr. Carpatho-Balkan Geol. Assoc. Bucharest, 1961.
60. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Kurze Zusammenfassung der neuesten Ergebnisse der Transvaporations-Petrologie. Vth Congr. Carpatho-Balkan Geol. Assoc. Bucharest, 1961.
61. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Bericht über die Tätigkeit der Magmatisch-petrologischen Kommission der KBA, 1958—61. Vth Congr. Carpatho-Balkan Geol. Assoc. Bucharest, 1961.
62. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Wasser und Magma. *Berichte der Geol. Ges. i. d. DDR*, **8**. (In preparation, presented at the 9. Jahrestagung, Erfurt, 1962.)
63. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Development of ideas about the interrelation of volatiles, magma and the crust of the Earth. *Acta Geol. Hung.* **8**.
64. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: On the migration of volatiles and the chemical changes on igneous contacts. *Acta Geol. Hung.* **8**.
65. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: The computation of the hypo- and endometavolcanic volatile economy. *Acta Geol. Hung.* **8**.
66. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Some methodological questions of chemical and mineralogical analysis of rocks from the viewpoint of transvaporization. *Acta Geol. Hung.* **8**.
67. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: The quantitative system of the ortho-magmatites based on a complex mineralogical and chemical projection. *Acta Geol. Hung.* **8**.
68. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: The quantitative classification and nomenclature of hypo- and metamagmatites on the base of their mineralogical composition. *Acta Geol. Hung.* **8**.
69. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Composition and texture of magmatites as a function of transvaporization. *Acta Geol. Hung.* **8**.
70. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Textural characteristics of igneous rocks. Palaeothermometry through texture of magmatites. *Acta Geol. Hung.* **8**.
71. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Alkaline metasomatism and the formation of alkaline igneous rocks by transvaporization. *Acta Geol. Hung.* **8**.
72. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Preliminary systematics of transvaporization. *Acta Geol. Hung.* **8**.
73. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: On the mechanism of lode formation. *Acta Geol. Hung.* **8**.
74. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: The c-p-t—system of rocks. *Acta Geol. Hung.* **8**.
75. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: Volatile contents of magmas in function of geological times. *Acta Geol. Hung.* **8**.
76. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.: On the early history and evolution of the Earth in the light of the migration of volatiles. *Acta Geol. Hung.* **8**.
77. SZÁDECZKY-KARDOSS, E.—PANTÓ, G.—SZÉKY-FUX, V.: A preliminary proposition for developing a uniform nomenclature of igneous rocks. *Reports of the Int. Geol. Congress XXI. Session 13*: 287—292. 1960.
78. TOKODY, L.: Mineralien von Erdőbénye. *Acta Geol. Hung.* **7** (1962), 315—349.
79. TOKODY, L.: Mauritzit, ein selbständiges Mineral. *Annales hist.-nat. Mus. Nat. Hung.* **54** (1962), 27—30.
80. TÖRÖK, Z.: Vorschlag für eine Verbesserung der Klassifizierung und der Forschungsmethodik der Pyroklastite. *Acta Geol. Hung.* **7** (1962), 315—349.
81. TÖRÖK, Z.: Problémy klasifikácie pyroklastik a spôsob ich studie. *Geologické Práce, Zprávy* 25—26: 183—206. 1962.

82. VADÁSZ, E.: On the problem of the Hungarian median "massif". *Annales Univ. Sci. Budapest. R. Eötvös Sectio Geologica* 4 (1961), 105—120.
83. VARGA, GY.: A Mátra hegységi dácit és dácittufa genetikai összefüggésének vizsgálata (Study of the genetic relationship of dacite and dacitic tuff in the Mátra Mts.). *Földtani Közlöny*, 92 (1963), 375—386.
84. VARGA, GY.: A Mátra hegység középső és keleti részének közzetelerei (Gesteinsgänge des zentralen und östlichen Teiles des Mátra-Gebirges). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1961*.
85. VARGA—MÁTHÉ, K.: Kálimetaszomatózis és kálifeldúsulás a Sátoraljaújhely és Vágáshuta közti területen (Metasomatose et enrichissement de potasse sur le territoire situé entre Sátoraljaújhely et Vágáshuta [Montagnes de Tokaj, Hongrie septentrionale]). *Földtani Közlöny*, 91 (1961), 391—396.
86. VARGA—MÁTHÉ, K.: A Gyöngyössolymos környéki kovásodott kőzetek eredetéről (Über den Ursprung der verkieselten Gesteine der Umgebung von Gyöngyössolymos). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1961*.
87. VARJÚ, GY.—MÁNDY, T.: A szegilongi kaolin genetikája (Zur Genetik der Szegilonger [Tokaj Gebirge] Kaolinlagerstätte). *Földtani Közlöny*, 92. Clay minerals supplement.
88. VARRÓK, K.: Recsk—Parádfürdő környékének földtani viszonyai (Revision de la géologie des environs de Recsk et de Parádfürdő). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1959* : 37—62. 1962.
89. VIDACS, A.: A gyöngyösoroszi ércbánya hidrotermális telérei (Filons hydrothermaux de la mine de Gyöngyösoroszi). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1957—58* : 25—76. 1962.
90. VIDACS, A.: Ähnlichkeiten der Erzgänge von Gyöngyösoroszi und Banská Štiavnica (Schemnitz). *Geologické Práce, Zprávy* 23: 165—180. 1961.
91. VIDACS, A.: A Mátra hegység radiogeológiai vizsgálata (Étude radiogéologique de la Montagne Mátra). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1959* : 67—76. 1962.
92. VIDACS, A.: Gyöngyösoroszi és Selmechánya (Banská Štiavnica) teléreinek hasonlósága (The analogy of the lodes of Gyöngyösoroszi with those of Banská Štiavnica). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1960* : 75—88. 1963.
93. VIDACS, A.: A Mátra hegység részletes földtani vizsgálata (Ausführliche erzgeologische Erkundung des Mátra-Gebirges). *Annual Report of the Hung. Geol. Inst. on 1961*.
94. VÖRÖS, I.: Iddingsitesedés a kab-hegyi bazaltban (Iddingsitization of the basalt of Kab-hegy). *Földtani Közlöny*, 92 (1962), 174—184.

POLYGONALE KNOTENPUNKTE

Prof. Dr. Ing. H. WITTKÉ
GOSLAR (RBD)

[Eingegangen am 28. April 1962]

In der für die Praxis wichtigen Abhandlung von Herrn Prof. I. HAZAY »Polygonale Knotenpunktsysteme« *Acta Techn. Hung.* Tom. XXXVII. Fasc. 3—4 (1961.) steht auf Seite 324:

»Die Verlässlichkeit der Knotenpunktbestimmung kann gesteigert werden, wenn am Knotenpunkt selber ebenfalls eine oder mehrere Orientierungsrichtungen gemessen werden; ...«

Ich möchte hierzu anregen, diese Richtungen auf 30° mit Vermessungskreiseln oder Kreisel-Theodoliten zu messen; die Stabilität der Netze erhöht sich dadurch.

Weiterhin ist a. a. O. Seite 323 unten vermerkt:

»Vor allem soll die Länge der Polygonzüge begrenzt werden.« Hierzu darf gesagt werden, daß bei lichtelektrischer Längenmessung (Geodimeter) die Zuglängen so groß gewählt werden können, daß eine polygonale Punkteinschaltung anstelle einer trigonometrischen Netzverdichtung treten kann. Wir im Harz legen hier Gerüst-Züge (Rahmzüge) mit langen Geodimeter-Strecken. Diese bilden das übergeordnete Netz, in das polygonale Nebenzüge in bisher bekannter Weise eingehängt werden.

Mir scheint, daß die Ausführungen von Herrn Prof. HAZAY a. a. O. auch für Knotenpunkte in solchen Geodimeter-Netzen praktisch große Bedeutung haben, worauf durch diese Zeilen aufmerksam gemacht werden soll.

ANTWORT AUF DEN DISKUSSIONSBEITRAG VON PROF. H. WITKE

Prof. I. HAZAY

Es gereicht mir zur Freude und ich nehme es mit Dank entgegen, daß Herr Prof. WITKE auf mein Studium »Polygonale Knotenpunkte« aufmerksam wurde und einige Bemerkungen hinzufügte.

Ich bin damit einverstanden, daß an dem Knotenpunkt die Orientierungsrichtung oder Orientierungsrichtungen auch mit einem Vermessungskreisel gemessen werden können. In dem Fall jedoch, daß unsere Berechnungen in einem geodätischen Koordinatensystem vorgenommen werden, muß die Abweichung bestimmt werden, die zwischen der mit der x -Achse des geodätischen Koordinatensystems parallelen Richtung und der wahren nördlichen Richtung besteht. Diese Abweichung kann bei Verwendung einer konformen Projektion als gleich der Projektionsmeridiankonvergenz betrachtet werden.

Was die zweite Bemerkung betrifft, dürfte sie auf einem Mißverständnis beruhen. Daß die Länge des Polygonzuges eingeschränkt werden soll, meinte ich nämlich für die übliche Polygonierung, wo die Seiten des Polygons mit einem Meßband, einer Meßlatte oder mit einem Tachymeter gemessen werden. Es versteht sich von selbst, daß durch Längenmessungen größerer Genauigkeit auch die Länge des Polygonzuges entsprechend erhöht werden kann.

ON THE ADJUSTMENT OF TRILATERATION NETWORKS

F. HALMOS

RESEARCH LABORATORY FOR GEODESY OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES, SOPRON

[Manuscript received June 29, 1961]

The author discusses the problems and procedures of the adjustment of trilateration networks. He studies the possibilities of a network consisting purely of length measurements (Fig. 1.). Besides the well-known method of MURPHY, the following problems are inquired into:

1. Adjustment on the principle of conditional observations, by the aid of the equation referring to the closing side,

2. Adjustment by the so-called fifth group of adjustment problems (conditioned observations with concluded values) where the non-measured length m serves as unknown.

The second procedure is particularly advantageous if the length in question plays a special part in the computations to follow the adjustment and if the mean error of this length is also required

The author proposes a method in which the coefficients are determined graphically rather than by numerical computation. Accurate values are required only for the angles involved in the equation of condition.

The considerations are elucidated by the aid of a numerical example.

With the new possibilities of directly measuring distances between fixed points, furnished by electronic and electrooptical telemetry, the importance of trilateration networks and of the finding of point positions by trilateration has considerably increased. In recent literature, the problems of accuracy and adjustment of the procedures employed were already discussed in some detail [1, 2, 3, 4, 5, 6]. In these studies, the fact is pointed out that the adjustment of networks with no diagonals, consisting purely of measured lengths, is rather simple as the solution of the problem by the method of conditioned observations necessitates the solving of but a small number of equations. As to the setting-up of the condition equations, detailed prescriptions are found in the papers cited above. The diverse methods of adjustment are described and critically analyzed by WOLF [7]. We were prompted to write the present study by a recently published interesting paper of B. T. MURPHY [8].

One prerequisite of adjustment is that there be excess observations. Another one is that the weights (measures of accuracy) of the measured quantities be known. As to determining the latter, a proposition has been advanced by professor TÁRCZY-HORNOCH [9].

Let in a framework of fixed points, surveyed purely by means of length measurements, the number of points be n_p , the number of all measurements,

S ; since two coordinates of one point and one bearing are to be assumed known, the number r of superfluous observations is given by

$$r = S - 2n_p + 3. \quad (1)$$

In the case discussed in the present paper the lengths a, b, \dots, l were measured according to the network pattern shown as Fig. 1.; that is, $S = 12$, $n_p = 7$, and hence, $r = 12 - 2 \times 7 + 3 = 1$. The simplest way of setting up this single equation of condition is to choose a polygonal traverse from among the points of the network and to write up the equation for the closing side of this polygon [2]. For this purpose, let us put the origin of coordinates

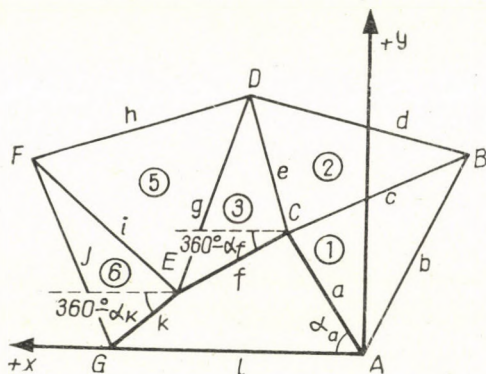


Fig. 1

for instance in the point A , with the positive half of the x axis connecting the points A and G . We choose the polygonal traverse running along the sides a, f, k , as shown by thicker lines. (It would be just as correct to use the traverse consisting of the sides b, d, h, j , but that would involve a much greater number of angles, unduly increasing the work of calculation and presumably furnishing no better results. Nevertheless, even in the present case the problem arises as to which of the condition equations is more expedient.) The bearings given in Fig. 1. and the corresponding side lengths lead to the following equation of condition:

$$a \cos \alpha_a + f \cos \alpha_f + k \cos \alpha_k = l. \quad (2)$$

To be able to calculate the bearings we must know or else we must determine the angles subtended by the legs of the polygon. For the purpose of determining the individual angles of the triangle, MURPHY employs the cosine theorem of general triangles. In the present paper we shall adopt his notation,

under which C_1 means, for example, the angle belonging to the apex C of the triangle No. 1. Hence,

$$\cos C_1 = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac}. \quad (3)$$

If the right-side terms of the equation (3) are modified by small amounts, the change of the angle standing on the left side of the equation can be expressed by the terms of a series expansion. In a general form, we have

$$F(x) = F(x_0) + \frac{\partial F}{\partial a} da + \frac{\partial F}{\partial b} db + \frac{\partial F}{\partial c} dc.$$

Accordingly, equation (3) assumes the form

$$\begin{aligned} \cos(C_1 + dC_1) &= \cos C_1 - \sin C_1 \cdot dC_1 = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} + \\ &+ \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2a^2c} da - \frac{b}{ac} db + \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2ac^2} dc = \\ &= \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} + \frac{b}{ac} \cos A_1 da - \frac{\sin C_1}{a \sin A_1} db + \frac{b}{ac} \cos B_1 dc. \end{aligned} \quad (3a)$$

Hence,

$$dC_1 = -\frac{b}{ac} \frac{\cos A_1}{\sin C_1} da + \frac{1}{a \sin A_1} db - \frac{b}{ac} \frac{\cos B_1}{\sin C_1} dc. \quad (3b)$$

Since

$$\frac{b}{c \cdot \sin C_1} = \frac{1}{\sin A_1}; \quad \frac{1}{\sin A_1} = \operatorname{cosec} A_1; \quad \frac{b}{a \sin C_1} = \frac{1}{\sin B_1},$$

equation (3b) may be rewritten as

$$dC_1 = \frac{\operatorname{cosec} A_1}{a} db - \frac{\cot A_1}{a} da - \frac{\cot B_1}{c} dc. \quad (3c)$$

Since the lengths were measured directly, they will receive residuals in the course of adjustment, wherefore $db = v_b$ (the residual of the length b), $da = v_a$ and $dc = v_c$, whereas the angle C_1 will obtain a supplement. Denoting the latter by $dC_1 = \Delta C_1$, the relation (4) is obtained. Otherwise, if the set contains non-measured lengths as well, the appropriate residual

is to be substituted with a supplement. Hence, in the present case

$$\Delta C_1 = \frac{\operatorname{cosec} A_1}{a} v_b - \frac{\cot A_1}{a} v_b - \frac{\cot B_1}{c} v_c, \quad (4a)$$

where ΔC_1 is the supplement belonging to the angle C_1 .

In a similar manner we obtain for the angles C_2, C_3 , and E_3, E_5, E_6 , respectively,

$$\Delta C_2 = \frac{\operatorname{cosec} B_2}{c} v_d - \frac{\cot B_2}{c} v_c - \frac{\cot D_2}{e} v_e, \quad (4b)$$

$$\Delta C_3 = \frac{\operatorname{cosec} D_3}{e} v_g - \frac{\cot D_3}{e} v_e - \frac{\cot E_3}{f} v_f, \quad (4c)$$

$$\Delta E_3 = \frac{\operatorname{cosec} C_3}{f} v_c - \frac{\cot C_3}{f} v_f - \frac{\cot D_3}{g} v_g, \quad (4d)$$

$$\Delta E_5 = \frac{\operatorname{cosec} D_5}{g} v_h - \frac{\cot D_5}{g} v_g - \frac{\cot F_5}{i} v_i, \quad (4e)$$

$$\Delta E_6 = \frac{\operatorname{cosec} F_6}{i} v_j - \frac{\cot F_6}{i} v_i - \frac{\cot G_6}{k} v_k. \quad (4f)$$

Let us further denote the spherical excess of the individual triangles by $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots$ and let us distinguish the approximate angles determined by the aid of the measured lengths with zero suffixes from the definite values. Then

$$\begin{aligned} \alpha_f = \alpha_a \pm 180^\circ + \left\{ 360^\circ - \left(C_{1,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_1 + \Delta C_1 + C_{2,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_2 + \right. \right. \\ \left. \left. + \Delta C_2 + C_{3,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_3 + \Delta C_3 \right) \right\} = \alpha_a \pm 180^\circ + \left\{ 360^\circ - \right\} C_{1,0} + \\ \left. + \frac{1}{3} \varepsilon_1 + C_{2,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_2 + C_{3,0} - \frac{1}{3} \varepsilon_3 \right\} - (\Delta C_1 + \Delta C_2 + \Delta C_3). \end{aligned} \quad (5)$$

Furthermore,

$$\begin{aligned} \alpha_k = \alpha_f \pm 180^\circ + \left\{ 360^\circ - \left(E_{3,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_3 + E_{5,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_5 + \right. \right. \\ \left. \left. + E_{6,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_6 \right) \right\} - (\Delta E_3 + \Delta E_5 + \Delta E_6). \end{aligned} \quad (6)$$

Substituting the above into (2) and taking into consideration also the appropriate residuals of the lengths (the measured lengths being distinguished by

commas from the adjusted ones), we obtain by the well-known series expansion the following for the fitted-in polygonal traverse:

$$\frac{\Delta x_{A,C}^0}{a'} v_a + \frac{\Delta x_{C,E}^0}{f'} v_f + \frac{\Delta x_{E,G}^0}{k'} v_k - \Delta Y_{A,C}^0 (\Delta C_1 + \Delta C_2 + \Delta C_3) - \Delta Y_{C,E}^0 (\Delta E_3 + \Delta E_5 + \Delta E_6) + \{\Delta X_{A,C}^0 + \Delta X_{C,E}^0 + \Delta X_{E,G}^0\} = l' + v_l, \quad (7)$$

where $\Delta X_{A,C}^0$, $\Delta Y_{A,C}^0$ are the coordinate differences computed from the approximate values.

Substituting the values ΔC_1 , ΔC_2 , ..., ΔE_3 , ΔE_5 yielded by the equations (4) into the above, we obtain the following residual equation:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\Delta x_{A,C}^0 + \cot A_{1,0} \cdot \Delta Y_{A,C}^0}{a'} \right) v_a - \frac{\operatorname{cosec} A_{1,0} \cdot \Delta Y_{A,C}^0}{a'} v_b + \\ & + \frac{(\cot B_{1,0} + \cot B_{2,0}) \Delta Y_{A,C}^0}{c'} v_c - \frac{\operatorname{cosec} B_{2,0} \cdot \Delta Y_{A,C}^0}{c'} v_d + \\ & + \left(\frac{(\cot D_{2,0} + \cot D_{3,0}) \Delta Y_{A,C}^0}{e'} - \frac{\operatorname{cosec} C_{3,0} \cdot \Delta Y_{C,E}^0}{f'} \right) v_e + \\ & + \left(\frac{\Delta x_{C,E}^0 + \cot E_{3,0} \cdot \Delta Y_{A,C}^0 + \cot C_{3,0} \cdot \Delta Y_{C,E}^0}{f'} \right) v_f + \\ & + \left(\frac{(\cot D_{3,0} + \cot D_{5,0}) \Delta Y_{C,E}^0}{g'} - \frac{\operatorname{cosec} D_{3,0} \cdot \Delta Y_{A,C}^0}{e'} \right) v_g - \\ & - \frac{\operatorname{cosec} D_{5,0} \cdot \Delta Y_{C,E}^0}{g'} v_h + \frac{(\cot F_{5,0} + \cot F_{6,0}) \Delta Y_{C,E}^0}{i'} v_i - \\ & - \frac{\operatorname{cosec} F_{6,0} \cdot \Delta Y_{C,E}^0}{i'} v_j + \left(\frac{\Delta x_{E,G}^0 + \operatorname{cosec} G_{6,0} \cdot \Delta Y_{C,E}^0}{k'} \right) v_k - \\ & - v_l + \sum_A^G \Delta X^0 - l = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

In the expression (8), it suffices to determine the coefficients by means of a slide rule, or to read the lengths of the appropriate terms from a sketch to scale. Only the value $\sum_A^G \Delta X^0$ figuring in the absolute term must be determined accurately. Of course, in proposing the slide rule we presumed that the residuals are required to an accuracy of three significant digits only. Let us note that instead of the cot and cosec functions, more easily handled expressions can be introduced, a point we shall discuss in more detail later.

Our equation of residuals assumes the following general form:

$$A_a \cdot v_a + A_b v_b + \dots + L_A = 0. \quad (9)$$

Since all measurements are regarded to be of the same weight, the normal equation becomes

$$[AA]k + L_A = 0; \quad (10 a)$$

$$k = -\frac{L_A}{[AA]}. \quad (10 b)$$

As soon as the correlate k is known, the residuals as well as the mean error of the individual observations can be calculated, since

$$v_a = A_a \cdot k,$$

$$v_b = A_b \cdot k,$$

$$v_c = A_c \cdot k,$$

$$\vdots$$

and

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{r}}. \quad (11)$$

If the adjustment is required to furnish the length of the side $[m]$ (shown in Fig. 2. with a dot-dash line) as well, we may adopt any one of the three procedures to be described below.

1. Making use of the lengths and angles given by the adjustment just described we apply to the determination of $[m]$ the cosine theorem. If the need arises, also the mean error after adjustment of $[m]$ can be determined, by employing the mean error formula of the function of a function, since

$$\frac{1}{P_{[m]}} = [ff] - \frac{[Af]^2}{[AA]}. \quad (12)$$

2. We can also proceed in the way proposed by MURPHY, namely by expressing the unknown angle C_4 from the closure to be written up around the point C and using this angle to express $[m]$, since

$$[m]^2 = f^2 + a^2 - 2af \cos C_4. \quad (13)$$

Subsequently, we substitute the value of $[m]$ thus obtained into the appropriate

places of the complete closure equation to be written up around the point E . Now we proceed to determine in reverse the definite values of both $[m]$ and C_4 , from the condition that the closure equation must be satisfied. If it is taken into account that in this procedure the coefficients of the definite equation of condition are obtained, even if the approximate values are assumed favourably, only after a step-for-step substitution and summation, it is at once apparent that the work of computation considerably exceeds that of the foregoing method. Insofar as the mean error after adjustment of $[m]$ is also required, similar computations become necessary, as shown by formula (12).

3. By reason of this, if we are to introduce a length that is to be treated separately in the further course of work, and if we are to determine the increase of accuracy due to adjustment as regards the length in question,

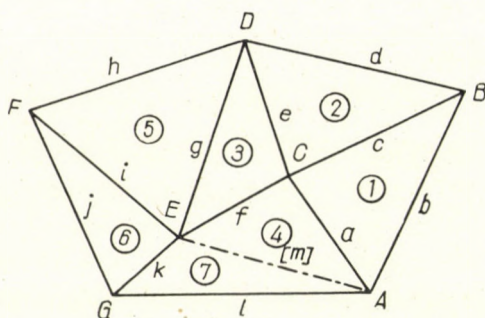


Fig. 2

it is more expedient to treat it as an unmeasured length in the course of adjustment, as was already suggested by professor TÁRCZY-HORNOCH ([3], p. 417). By this means, the problem is reduced to the group of "Adjustment of conditioned measurements with unmeasured unknowns". Since the solution directly furnishes the value of the unknown and since the reducing of the system of normal equations yields the weight of the unknown, too, the procedure has a definite advantage over the foregoing one. Nor does the intermediate computation work increase, since the surplus work connected with the writing-up and solution of the normal equations crops up in the former procedure under the stepwise substitution and the subsequent calculation of the unknowns, respectively.

If the length $[m]$ is introduced as a non-measured unknown into the set of adjustment, the number of the equations of condition becomes:

$$r = S - 2n_p + 3 + 1 = 2. \quad (14)$$

It is expedient to write up the two independent condition equations for the

closures around the points C and E , respectively:

$$\sum_{n=1}^{n=4} \left(C_{n,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_n + \Delta C_n \right) = 360^\circ, \quad (15 a)$$

$$\sum_{m=3}^{m=7} \left(E_{m,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_m + \Delta E_m \right) = 360^\circ. \quad (15 b)$$

To write up the closure equations, we shall need some angles not figuring in (4). The appropriate relations may be written up for these by analogy to (4). Let in the course of series expansion $[m]^\circ$ denote the introduced approximate value of $[m]$ and Δm its supplement furnished by the adjustment procedure. Hence, considering Triangle 4, we have the following equations [provided the supplement instead of the residual of the non-measured length is substituted into (3c)]:

$$\Delta C_4 = \frac{\operatorname{cosec} E_{4,0}}{f'} \Delta m - \frac{\cot E_{4,0}}{f'} v_f - \frac{\cot A_{4,0}}{a'} v_a, \quad (16 a)$$

$$\Delta E_4 = \frac{\operatorname{cosec} A_{4,0}}{[m]^\circ} v_a - \frac{\cot A_{4,0}}{[m]^\circ} \Delta m - \frac{\cot C_{4,0}}{f'} v_f, \quad (16 b)$$

and, by Triangle 7,

$$\Delta E_7 = \frac{\operatorname{cosec} G_{7,0}}{k'} v_l - \frac{\cot G_{7,0}}{k'} v_k - \frac{\cot G_{7,0}}{[m]^\circ} \Delta m. \quad (16 c)$$

Substituting the values furnished by the equations (4) and (16) into the relations (15), we have

$$\begin{aligned} & - \left(\frac{\cot A_{1,0}}{a'} + \frac{\cot A_{4,0}}{a'} \right) v_a + \frac{\operatorname{cosec} A_{1,0}}{a'} v_b - \\ & - \left(\frac{\cot B_{1,0}}{c'} + \frac{\cot B_{2,0}}{c'} \right) v_c + \frac{\operatorname{cosec} B_{2,0}}{c'} v_d - \\ & - \left(\frac{\cot D_{2,0}}{e'} + \frac{\cot D_{3,0}}{e'} \right) v_e - \left(\frac{\cot E_{3,0}}{f'} + \frac{\cot E_{4,0}}{f'} \right) v_f + \\ & + \frac{\operatorname{cosec} D_{3,0}}{e'} v_g + \frac{\operatorname{cosec} E_{4,0}}{f'} \Delta m + \\ & + \sum_{n=1}^{n=4} \left(C_{n,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_n \right) - 360^\circ = 0, \end{aligned} \quad (17 a)$$

and

$$\begin{aligned}
 & \frac{\operatorname{cosec} A_{1,0}}{[m]^0} v_a + \frac{\operatorname{cosec} C_{3,0}}{f'} v_e - \left(\frac{\cot C_{3,0}}{f'} + \frac{\cot C_{4,0}}{f'} \right) v_f - \\
 & - \left(\frac{\cot D_{3,0}}{g'} + \frac{\cot D_{5,0}}{g'} \right) v_g + \frac{\operatorname{cosec} D_{5,0}}{g'} v_h - \\
 & - \left(\frac{\cot F_{5,0}}{i'} + \frac{\cot F_{6,0}}{i'} \right) v_i + \\
 & + \frac{\operatorname{cosec} F_{6,0}}{i'} v_j - \left(\frac{\cot C_{6,0}}{k'} + \frac{\cot G_{7,0}}{k'} \right) v_k + \\
 & + \frac{\operatorname{cosec} G_{7,0}}{k'} v_l - \left(\frac{\cot A_{4,0}}{[m]^0} + \frac{\cot A_{7,0}}{[m]^0} \right) \Delta m + \\
 & + \sum_{m=3}^{m=7} \left(E_{m,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_m \right) - 360^\circ = 0. \tag{17b}
 \end{aligned}$$

Even Murphy's relations concerning the angles can be simplified to some extent, if instead of the cosec and cot expressions we introduce coefficients directly read off a sketch of the appropriate scale. It was already pointed out by professor TÁRCZY-HORNOCH that a calculation involving all the angles of all the triangles is tedious and cumbersome [9], wherefore he proposed [10] to consider the heights of the triangles, whose use considerably simplifies the determination of the coefficients. At the same time he states that this idea was already brought up in parts in the studies cited under [1, 2, and 4], but that there the coefficients involved besides the heights also the corresponding side lengths and that resulted in a surplus work of calculation. In the procedure of TÁRCZY-HORNOCH, however, the coefficients are purely functions of the triangle heights. Under [1] and [4] the coefficients are functions of the area of the adequate triangles too.

Let us investigate whether there is another way of expressing the coefficients with the heights. It is directly apparent that the coefficient A_a of the residual v_a occurring in equation (17a) may also be written (see Fig. 3.)

$$\begin{aligned}
 A_a &= - \frac{\cot A_{1,0} + \cot A_{4,0}}{a'} = - \frac{1}{a'} \left(\frac{a'}{h_{a,A_1}} + \frac{a'}{h_{a,A_4}} \right) = \\
 &= - \left(\frac{1}{h_{a,A_1}} + \frac{1}{h_{a,A_4}} \right), \tag{18}
 \end{aligned}$$

where h_{a,A_1} denotes the height belonging to the base a and lying opposite the angle A_1 of the rectangular triangle ACB' obtained by the prolongation of the side b in accordance with Fig. 3. This latter height is perpendicular to the end point of a opposite the A_1 angle. Similarly, h_{a,A_4} denotes the height belonging to the base a of the triangle ACE' and perpendicular to that base in its point a . Furthermore, by Fig. 3

$$A_b = \frac{\operatorname{cosec} A_{1,0}}{a'} = \frac{1}{a'} \left(\frac{a'}{h_{b,1}} \right) = \frac{1}{h_{b,1}}, \quad (19)$$

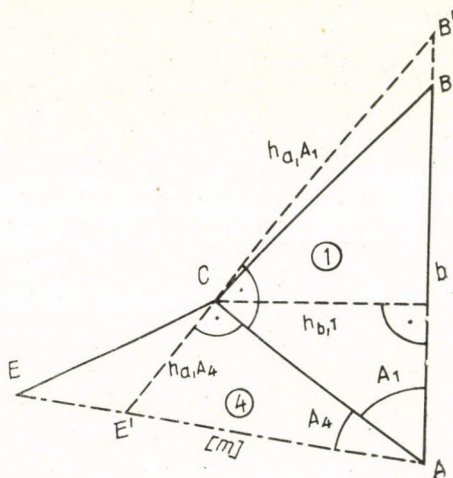


Fig. 3

where $h_{b,1}$ denotes the height belonging to the base b of Triangle 1. All the remaining coefficients can be expressed in a similar manner. There are two essentially different cases to be distinguished: in the one-term coefficients the height refers to the appropriate base of a triangle directly defined by its three sides, whereas in the two-term coefficients the appropriate heights of two fictitious triangles are involved. Let us note that if the angle introduced into the computation is nearly 90° , it is more expedient to employ instead of the cot a different formula [for instance in the case of (18), although the angles are not 90° there, and only for the sake of comparison with Fig. 1. have these angles been taken. (Fig. 4a)]. Since for $\alpha \doteq 90^\circ$, $\cot \alpha \doteq 0^\circ$, there arise some difficulties also in calculation. We may, however, write

$$\begin{aligned} A_a &= - \frac{\cot A_{1,0} + \cot A_{4,0}}{a'} = - \frac{1}{a'} \left(\frac{\sin (A_{1,0} + A_{4,0})}{\sin A_{1,0} \cdot \sin A_{4,0}} \right) = \\ &= - \frac{1}{a'} \left(\frac{[m]^\circ \sin (A_{1,0} + A_{4,0})}{[m]^\circ \sin A_{1,0} \sin A_{4,0}} \right) = - \frac{h_{b,A_1+A_4}}{h_{a,4} \cdot h_{b,1}} \end{aligned} \quad (20a)$$

or, (fig. 4b) in a form that is more elegant also as regards the graphic construction,

$$A_a = -\frac{1}{a'} \left(\frac{b' \sin(A_{1,0} + A_{4,0})}{b \sin A_{1,0} \sin A_{4,0}} \right) = -\frac{h_{[m],A_1+A_4}}{h_{a,1} \cdot h_{[m],4}} \quad (20b)$$

This formula is essentially given already by [10]. If some angle is greater than 90°, its cotangent becomes negative; that is directly obvious in the graphic construction, since then the height found in the drawing lies opposite

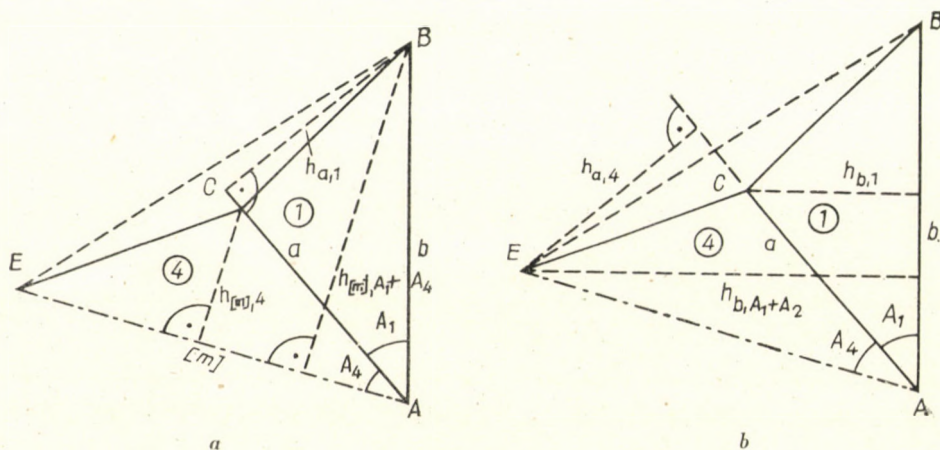


Fig. 4

the complement of the angle (Fig. 5). In the end, the equations (17a) and (17b) assume the form

$$\begin{aligned} & -\left(\frac{1}{h_{a,A_1}} + \frac{1}{h_{a,A_4}}\right)v_a + \frac{1}{h_{b,1}}v_b - \left(\frac{1}{h_{c,B_1}} + \frac{1}{h_{c,B_2}}\right)v_c + \\ & + \frac{1}{h_{d,2}}v_d - \left(\frac{1}{h_{e,D_2}} + \frac{1}{h_{e,D_3}}\right)v_e - \left(\frac{1}{h_{f,E_3}} + \frac{1}{h_{f,E_4}}\right)v_f + \\ & + \frac{1}{h_{g,3}}v_g + \frac{1}{h_{[m],4}}\Delta m + L_1 = 0, \end{aligned} \quad (21a)$$

where

$$L_1 = \sum_{n=1}^{n=4} \left(C_{n,0} + \frac{1}{3} \varepsilon_n \right) - 360^\circ = \delta C,$$

is furnished by the formula

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{r-1}}, \quad (24)$$

which equals the value furnished by (11), whereas the mean error of the non-measured unknown is

$$\mu_{[m]} = \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{P_{[m]}}} = \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{[MM2]}}, \quad (25)$$

where $[MM2]$ is the coefficient of Δm after the last reduction in the course of reducing the normal equations.

The advantage of this last method as related to the previous ones is that it furnishes directly the value of the non-measured unknown as well as the mean error of the same. Furthermore, the residuals of the individual measurements are readily obtained by the aid of a slide rule. If it suffices to have the results to three significant digits, the whole set of calculations can be performed with the slide rule. In deriving our formulae, we have expressly taken as a basis the formulae published by MURPHY, although the results obtained are the same within the accuracy of computation, whichever method published in literature is adopted.

Let us note further that the formulae given by MURPHY are easily retraced to Hammer's relations, published by that author in 1911. Both have the serious drawback that the determination of the coefficients necessitates the computation of every angle of every triangle involved, whereas in the more up-to-date procedures only the angles figuring in the equation of condition have to be known. Also, the determination of the coefficients is better performed with the directly measured sides, as this results in a considerable simplification and acceleration of the work of computation [3, 7]. For instance, according to HAMMER, equation (4a) becomes

$$\Delta C_1 = \frac{\cot B_{1,0} + \cot A_{1,0}}{b'} v_b - \frac{\cot A_{1,0}}{a'} v_a - \frac{\cot B_{1,0}}{c'} v_c. \quad (26)$$

The last two right-side terms of formula (26) coincide with the appropriate terms of MURPHY's equation (4a). It is apparent in Fig. 2. that

$$\frac{\cot B_{1,0} + \cot A_{1,0}}{b'} = \frac{b' \frac{1}{h_{b,1}}}{b'} = \frac{1}{h_{b,1}}, \quad (27)$$

and

$$\frac{\operatorname{cosec} A_{1,0}}{a'} = \frac{\frac{a'}{h_{b,1}}}{a'} = \frac{1}{h_{b,1}}, \quad (28)$$

whence

$$\frac{\cot B_{1,0} + \cot A_{1,0}}{b'} = \frac{\operatorname{cosec} A_{1,0}}{a'}, \quad (29)$$

proving our starting assumption; this was, however, only to be expected since both authors take as a starting point the cosine theorem written up for the same triangle. Consequently, also the coefficients of the series expansion have to be equal. This can be proved in the same manner also concerning the rest of the equations.

MURPHY proposes [13] a further solution, in which the series expansion is developed so that instead of the angles the spherical excess of the appropriate triangles is introduced into the expressions of the coefficients. Accordingly, here the determination of the coefficients necessitates the knowledge of a much smaller number of angles. However, considerable surplus work is involved in the determination of the spherical excess to the required accuracy, and also the auxiliary computations indicated by the formulae are quite cumbersome. Moreover, as TÁRCZY-HORNOCH has shown [10], if the triangle sides are short, the numbers have to be determined to many decimal places, and the method fails completely for plane triangles. For instance, in our case the coefficient v_b of relation (17a) could be rewritten thus:

$$\frac{\operatorname{cosec} A_{1,0}}{a'} = \frac{b'}{a' b' \sin A_{1,0}} = \frac{b'}{2 T_1} = \frac{b'}{2 \varepsilon_1 R^2}, \quad (30)$$

where T_1 is the area of the triangle denoted 1, and R is the radius of the reference sphere. The coefficient of v_a is given by

$$-\left(\frac{\cot A_{1,0} + \cot A_{4,0}}{a'} \right) = -\frac{a' \cdot \varepsilon_{A_1 + A_4}}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_4 \cdot R^2}, \quad (31)$$

where $\varepsilon_{A_1 + A_4}$ is the triangle including the angle $(A_1 + A_4)$ and ε_4 is the spherical excess of the triangle denoted 4. Instead of the described procedures, it is much more expedient to read the heights of the triangles off a simple sketch drawn to scale and to introduce these into the coefficients [10], as was done, as a matter of fact, in equations (20) and (21) of the present paper. Professor TÁRCZY-HORNOCH constructs in his sketch the heights of the triangles defined by directly measured sides, whereas in our case we have taken for the summated terms, whose angles do not occur in a common triangle, the appropriate

height of a triangle to be constructed by a simple procedure. The former method is simpler as regards the graphic work; there is no significant difference as to computation work. The procedure of construction advanced in [10] is more elegant, but our method is not less clear and considerably more rapid than any of MURPHY's cited methods.

*

Let us consider now the numerical example given by MURPHY. In the notation of the sketch shown as Fig. 2., the measurement results are as follows:

$a =$	84 608,74 feet	$=$	25 788,702 metres
$b =$	134 940,65 "	$=$	41 129,842 "
$c =$	114 222,50 "	$=$	34 814,961 "
$d =$	132 891,44 "	$=$	40 505,244 "
$e =$	84 569,14 "	$=$	25 776,632 "
$f =$	76 682,23 "	$=$	23 372,705 "
$g =$	124 997,15 "	$=$	38 099,069 "
$h =$	133 322,98 "	$=$	40 636,778 "
$i =$	116 659,62 "	$=$	35 557,794 "
$j =$	123 484,12 "	$=$	37 637,898 "
$k =$	52 558,54 "	$=$	16 019,817 "
$l =$	149 557,77 "	$=$	45 585,134 "

The approximate value of the non-measured unknown, $[m]^\circ = 116\ 104,55\ \text{ft} = 35\ 388,609\ \text{m}$. It is most expedient to calculate the spherical excesses involved in the computations by making use of the angles figuring in the equations of condition and of the appropriate side lengths. For instance, in the case of Triangle 1, we have where R is the radius of the reference sphere belonging to the geographical latitude $\varphi = -36^\circ 48'$, to be taken from the appropriate tables. The spherical excesses of the rest of the triangles can be computed in a similar fashion. The approximate angles furnished by the cosine theorem and the spherical excesses are:

$C_{1,0} =$	$84^\circ 04' 16,80''$	$1/3\varepsilon_1 =$	$0,75''$
$C_{2,0} =$	$82^\circ 26' 58,01''$	$1/3\varepsilon_2 =$	$0,76''$
$C_{3,0} =$	$101^\circ 31' 43,89''$	$1/3\varepsilon_3 =$	$0,50''$
$C_{4,0} =$	$91^\circ 56' 58,78''$	$1/3\varepsilon_4 =$	$0,51''$
$E_{3,0} =$	$41^\circ 31' 22,12''$	$1/3\varepsilon_3 =$	$0,50''$
$E_{4,0} =$	$46^\circ 44' 40,77''$	$1/3\varepsilon_4 =$	$0,51''$
$E_{5,0} =$	$66^\circ 51' 52,94''$	$1/3\varepsilon_5 =$	$1,06''$
$E_{6,0} =$	$84^\circ 44' 35,22''$	$1/3\varepsilon_6 =$	$0,48''$
$E_{7,0} =$	$120^\circ 07' 21,00''$	$1/3\varepsilon_7 =$	$0,41''$

Accordingly, our equations of the residuals become (all coefficients have been multiplied with 10^5):

$$-2,1025 v_a + 1,4038 v_b - 2,1741 v_c + 1,3877 v_d - 2,2985 v_e - 2,6998 v_f + 1,9672 v_g + \\ + 1,7905 \Delta m + 0,0 = 0,$$

$$+ 1,3049 v_a + 1,3309 v_e + 0,3103 v_f - 1,6539 v_g + 0,9943 v_h - 2,3355 v_i + 2,0225 v_j - 2,7854 v_k \\ + 2,8334 v_l - 3,6797 \Delta m - 2,4192 = 0.$$

The coefficients of the residual equations have been computed to five significant digits for the sake of comparison only, for otherwise three would have been sufficient. To get the dimensions straight, we have immediately multiplied the absolute terms of the equations with q'' . The normal equations will be:

$$\begin{aligned} 29,48548 k_1 - 9,89393 k_2 + 1,7905 \Delta m + 0 &= 0, \\ - 9,89393 k_1 + 32,62604 k_2 - 3,6797 \Delta m - 2,4192 &= 0, \\ + 1,7905 k_1 - 3,6797 k_2 &= 0. \end{aligned}$$

After the solution of the normal equations, the Gaussian procedure of elimination furnishes the following values

$$\begin{aligned} \Delta m &= -0,58801 \text{ feet}, & P_{[m]} &= 0,43220, \\ k_2 &= +0,020767, \\ k_1 &= +0,042679. \end{aligned}$$

The residuals and the corrected terms become:

$$\begin{aligned} v_a &= -0,0895 + 0,0271 = -0,06 \text{ ft} \\ v_b &= +0,0599 = +0,06 \text{ ft} \\ v_c &= -0,0930 = -0,09 \text{ ft} \\ v_d &= +0,0593 = -0,06 \text{ ft} \\ v_e &= -0,0980 + 0,0275 = -0,07 \text{ ft} \\ v_f &= -0,1156 + 0,0064 = +0,05 \text{ ft} \\ v_g &= +0,0827 - 0,0342 = +0,05 \text{ ft} \\ v_h &= +0,0206 = +0,02 \text{ ft} \\ v_i &= -0,0485 = -0,05 \text{ ft} \\ v_j &= +0,0418 = +0,04 \text{ ft} \\ v_k &= -0,0578 = -0,06 \text{ ft} \\ v_l &= +0,0587 = +0,06 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a' + v_a = a &= 84\,608,68 \text{ feet} = 25\,788,683 \text{ metres} \\ b' + v_b = b &= 134\,940,71 \text{ ,,} = 41\,129,861 \text{ ,,} \\ c' + v_c = c &= 114\,222,41 \text{ ,,} = 34\,814,933 \text{ ,,} \\ d' + v_d = d &= 132\,891,50 \text{ ,,} = 40\,505,263 \text{ ,,} \\ e' + v_e = e &= 84\,569,07 \text{ ,,} = 25\,776,610 \text{ ,,} \\ f' + v_f = f &= 76\,683,12 \text{ ,,} = 23\,372,672 \text{ ,,} \\ g' + v_g = g &= 124\,997,20 \text{ ,,} = 38\,099,084 \text{ ,,} \\ h' + v_h = h &= 133\,323,00 \text{ ,,} = 40\,636,784 \text{ ,,} \\ i' + v_i = i &= 116\,659,57 \text{ ,,} = 35\,557,779 \text{ ,,} \\ j' + v_j = j &= 123\,484,16 \text{ ,,} = 37\,637,910 \text{ ,,} \\ k' + v_k = k &= 52\,558,48 \text{ ,,} = 16\,019,798 \text{ ,,} \\ l' + v_l = l &= 149\,557,83 \text{ ,,} = 45\,585,152 \text{ ,,} \end{aligned}$$

and

$$[m]^\circ + \Delta m = [m] = 116\,103,96 \text{ feet} = 35\,388,429 \text{ metres.}$$

As to the mean error of the observation of unit weight and of the non-measured unknown we get

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{r-1}} = \pm 0,222 \text{ feet} = \pm 0,068 \text{ metres}$$

$$\mu_{[m]} = \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{P_{[m]}}} = \pm 0,340 \text{ feet} = \pm 0,104 \text{ metres.}$$

The supplements of the individual angles can be determined by equations [4] and [16]:

$$\begin{array}{ll}
 \Delta C_1 = +0,48'' & \text{and } C_{1,0} + 1/3 \varepsilon_1 + \Delta C_1 = C_1 = 57^\circ 20' 43,36'' \\
 \Delta C_2 = +0,48'' & C_{2,0} + 1/3 \varepsilon_2 + \Delta C_2 = C_2 = 82^\circ 26' 59,25'' \\
 \Delta C_3 = +0,76'' & C_{3,0} + 1/3 \varepsilon_3 + \Delta C_3 = C_3 = 101^\circ 31' 45,15'' \\
 \Delta C_4 = -1,72'' & C_{4,0} + 1/3 \varepsilon_4 + \Delta C_4 = C_4 = 91^\circ 56' 57,57'' \\
 \Delta E_3 = -0,36'' & E_{3,0} + 1/3 \varepsilon_3 + \Delta C_3 = C_3 = 41^\circ 31' 22,26'' \\
 \Delta E_4 = +1,01'' & E_{4,0} + 1/3 \varepsilon_4 + \Delta C_4 = C_4 = 46^\circ 44' 42,29'' \\
 \Delta E_5 = +0,03'' & E_{5,0} + 1/3 \varepsilon_5 + \Delta C_5 = C_5 = 66^\circ 51' 54,03'' \\
 \Delta E_6 = +0,44'' & E_{6,0} + 1/3 \varepsilon_6 + \Delta C_6 = C_6 = 84^\circ 44' 36,14'' \\
 \Delta E_7 = +3,87'' & E_{7,0} + 1/3 \varepsilon_7 + \Delta C_7 = C_7 = 120^\circ 07' 25,28''
 \end{array}$$

The calculation of the rest of the angles will be refrained from, since with the given angles and lengths the coordinates of all points can be determined. To check the calculation, we can introduce the adjusted values into anyone of the outlined equations of condition: within the accuracy of calculation, the equations must reduce to zero. Whichever one of the cited procedures is chosen, the result will be identical within the accuracy of calculation.

In the last decade, literature on this topic reflects a considerable advance in this respect and elegant solutions were proposed for the simplification of computations. The reason why we have nevertheless adopted in the present paper MURPHY's and HAMMER's solution, respectively, was that in this way we could easier prove the advantages of the advocated method and compare the results with those of the named authors.

REFERENCES

1. WARCHALOWSKI, E.: Triangulation d'un type nouveau. *Publications of the Polish Geodetic Institute*, Warsaw, 1948.
2. RINNER, K.: Geometrie mit Strecken. *Schweizerische Z. f. Vermessung und Kulturtechnik*, 1950.
3. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Ausgleichung von Streckennetzen. *Acta Techn. Hung.* **VIII**.
4. HUBENY, K.: Die Ausgleichung von Streckennetzen mit direkt gemessenen Seiten. *Österr. Z. f. Vermessungswesen*, 1950.
5. HAZAY, I.: Ausführung der statischen Koordinatenausgleichung. *Acta Techn. Hung.* **XXIII**.
6. HOVÁNYI, L.: A kiegyenlítés szempontjából legkedvezőbb feltételi egyenlet megállapítása tiszta hosszmeréses diagonális rendszerben (The finding of the equation of condition most favourable for adjustment in a diagonal system consisting purely of measured lengths). *VI. Oszt. Közl.* **XXIV**.
7. WOLF, H.: Die Ausgleichung von Streckennetzen. *Z. f. Vermessungswesen*, 1958.
8. MURPHY, B. T.: The use of concluded lengths in trilateration adjustment. *Empire Survey Review*, **XV** (1960).
9. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Least Squares Adjustment of Linear Dimensions in a Geodetic Quadrilateral. *Empire Survey Review*, **XV** (1960).
10. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Further remarks to least squares adjustment of linear dimensions in a geodetic quadrilateral. *Empire Survey Review*, **XVI** (1961).
11. HAZAY, I.: *Geodéziai Kézikönyv. (Handbook of Geodesy)*, Vol. I., Budapest, 1956.
12. HAMMER, E.: Zur Ausgleichung von Streckennetzen *Z. f. Vermessungswesen*, 1911.
13. MURPHY, B. T.: The selection of pole and condition equation in the least squares adjustment of linear dimension in a geodetic quadrilateral. *Empire Survey Review*, **XV** (1960).
14. ARNOLD K.: *Zur Fehlertheorie der streckenmessenden Triangulation*. Berlin, 1952.

ZUR AUSGLEICHUNG VON STRECKENNETZEN

F. HALMOS

ZUSAMMENFASSUNG

Der Verfasser befaßt sich mit den Problemen und einzelnen Verfahren der Ausgleichung von Streckennetzen, untersucht die Möglichkeiten der Ausgleichung eines nur aus Streckenmessungen bestehenden Netzes (Abb. 1.). Außer des bekannten Verfahrens von MURPHY werden folgende Fragen erläutert:

1. Die Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen mit Hilfe der aus der Schlußlinie bezogenen Gleichung.

2. Die Ausgleichung nach der sogenannten 5. Ausgleichsgruppe (bedingte Beobachtungen mit Unbekannten), wo die nicht gemessene [m] Strecke als Unbekannte einbezogen ist.

Das zweite Verfahren ist besonders dann vorteilhaft, wenn diese Strecke in weiterem wichtige Rolle spielt, und dabei auch der mittlere Fehler dessen benötigt wird.

Es wird ein Verfahren angegeben, wo die Koeffizienten nicht mathematisch, sondern graphisch abgeleitet werden, nur für die in die Bedingungsgleichung einbezogenen Winkel sind die genauen Werte mathematisch zu berechnen.

Die Ableitungen werden mit einem Zahlenbeispiel ergäntzt.

SUR LA COMPENSATION DES RÉSEAUX DE TRILATÉRATION

F. HALMOS

RÉSUMÉ

L'auteur traite des problèmes relatifs aux différents procédés utilisés pour la compensation des réseaux de trilatération. Il examine les possibilités de compensation d'un réseau composé uniquement de mesures des longueurs. Outre le procédé connu de MURPHY, il étudie les questions suivantes:

1. Compensation sur la base d'observations conditionnelles;

2. Compensation sur la base du 5^e groupe de compensation (observations conditionnelles avec inconnues), où le réseau non mesuré (m) est considéré comme inconnu. Le second procédé présente des avantages particuliers quand ce réseau continue à jouer un rôle important par la suite, et la connaissance de son erreur moyenne arithmétique se révèle également nécessaire.

L'auteur fait connaître un procédé, grâce auquel les coefficients sont déduits non plus mathématiquement, mais par la voie graphique; les valeurs exactes ne sont calculées mathématiquement que pour les angles considérés dans l'équation de condition.

Les déductions sont complétées par un exemple numérique.

К ВОПРОСУ ОБ УРАВНЕНИИ СЕТЕЙ С ИЗМЕРЕНИЕМ ДЛИНЫ

Ф. ХАЛЬМОШ

РЕЗЮМЕ

Автор занимается проблемами некоторых методов, используемых при уравнивании сети с измерением длины. Исследуется возможность уравнивания сети, состоящей полностью из измерений длины. Кроме известного метода *Мюрфи*, анализируются следующие вопросы:

1. Уравнение на основе условных наблюдений, при помощи уравнения, выведенного из замыкающей линии.

2. Уравнение на основе так называемой пятой уравнивающей группы (условные наблюдения с неизвестными), где измеренная сеть (m) рассматривается как неизвестная. Второй метод эффективен особенно в том случае, когда эта сеть играет в дальнейшем важную роль и наряду с тем необходимо знать также и среднюю погрешность этой сети.

Автор описывает метод, по которому коэффициенты выводятся не математически, а графически, и математически вычисляются только точные значения углов, уже учтенных в условном уравнении.

Для иллюстрации изложенного приводится числовой пример.

DIE ABGEÄNDERTE METHODE ZUR BEARBEITUNG DER TELLURISCHEN SCHNELLREGISTRIERUNGEN, VON 1960 AN, IM OBSERVATORIUM BEI NAGYCEK

J. VERÓ

GEOPHYSIKALISCHES FORSCHUNGLABORATORIUM DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN,
SOPRON

[Eingegangen am 6. März 1962]

Es wird nach der Besprechung der Nachteile der bisherigen Bearbeitungsmethode der Schnellregistrierungen eine neue Methode auf Grund von neueren Gesichtspunkten (Untersuchung der Regelmässigkeit, der Perioden, Möglichkeit der Anwendung von Lochkarten) erörtert. Danach wird ein Beispiel zur Benützung der Daten vorgeführt und die charakteristischen Kurven der Verteilung der Pulsationen in einem Jahr (1960) mitgeteilt.

Die Einrichtungen und die Bearbeitungsmethoden der Registrierungen des im I. G. J. bei Nagycenk errichteten Erdstromobservatoriums wurden im Jahre 1958 bereits veröffentlicht [1]. Die Bearbeitung der langsamen Registrierungen wird seitdem unverändert durchgeführt, dagegen wurde die Methode der Bearbeitung der Schnellregistrierungen von 1960 an verändert.

Nach der früheren Methode wurde die Anzahl der Pulsationen in bestimmten Amplituden-Intervallen ($0-0,1$; $0,1-1,0$; und > 2 mV/km) pro je 10 Minuten ermittelt, daneben charakterisierten wir das Auftreten von fünf Frequenzgruppen ($0-8''$, $8-15''$, $15-30''$, $30-60''$, $1-2'$) mit je einer Charakterzahl. Als Anfang war diese Methode günstig: wir konnten damit den Tagesgang der Amplituden der Pulsationen allgemein, sowie den Tagesgang der Aktivität der einzelnen Gruppen gut bestimmen. Für weitere detaillierten Untersuchungen ist aber diese Methode nicht mehr so geeignet, besonders nicht für eine ausführliche Untersuchung des Frequenzspektrums. Auch kann man die regelmäßigen Variationen — deren Wichtigkeit neuerdings stark betont wird [2] — von den Unregelmässigen nicht gut unterscheiden und die Einzelercheinungen (z. B.: pt, ssc, usw.) nicht gut wahrnehmen. Die genaue Abgrenzung der Frequenzgruppen war mehr subjektiv, und eine Änderung der Person des Auslesers am Ende des Jahres 1958 machte sich in den Ergebnissen schon fühlbar, besonders in der ersten Gruppe mit Perioden von $0-8''$, bei der Beurteilung der wegzulassenden Variationen gewittriger Herkunft.

Im Jahre 1959 wurden zur Bestimmung der absoluten Ellipse des Observatoriums aus den Registrierungen von zwei Jahren 30 000 Auslesungen gemacht und nach Jahres- und Tageszeit sowie nach Frequenzen gruppiert [4, 3]. Dadurch gelangten wir gleichzeitig zu einem Frequenzspektrum der

Pulsationen [3]. Diese Ergebnisse überzeugten uns, daß es sich lohnt, die Schnellregistrierungen in bezug auf das Spektrum der Pulsationen in verschiedenen Zeitabschnitten zu untersuchen. Natürlich ist es auch weiterhin notwendig, dabei auch die Amplituden, die Charaktereigenschaften der Regelmäßigkeit und die Phasenverhältnisse beider Komponenten anzugeben. Nicht zuletzt soll vor Augen gehalten werden, daß das ganze Material für etwaige spätere Bearbeitungen auf Lochkarten darstellbar sei. So entstand das neue Bearbeitungsblatt (siehe I. Tabelle), das wir von dem Bericht des Jahres 1960 an benützen.

Aus der Kolonne »Zeitpunkt« ist es ersichtlich, daß an Stelle der bisherigen Abständen von je 10 Minuten jetzt je 15 Minuten gewählt wurden; nach unseren Erfahrungen kann diese Vergrößerung zugelassen werden, um noch einwandfrei charakterisierende Werte zu erhalten. Aus jeder Viertelstunde wird nun ein oder werden unter Umständen mehrere kleinere geeignete Abschnitte von einigen Minuten ausgewählt, und die Auslesungen werden hier vorgenommen. Wir stellen hier die vorkommenden Perioden fest und verzeichnen die kürzeste und längste, unter Umständen für mehrere Periodengruppen. Wir müssen unbedingt mehrere Periodengruppen wählen, wenn wir (zwei oder mehr) solche Periodenbänder finden, von denen die maximale Periode des einen Bandes sich mit mehr als 50% von der minimalen Periode des anderen Bandes unterscheidet; wir können eventuell auch Bänder mit einer kleineren Differenz als 50% in den Extremwerten der Perioden voneinander unterscheiden. (Siehe Typ B.)

Zuerst werden diese Werte bestimmt und die in Kolonne »Periode« eingetragen. Auf Grund dieser Perioden können dann die Typen festgestellt werden. Diese Typen sind die folgenden:

1. *O* Oszillationen: Der Unterschied zwischen den Extremwerten der Perioden ist nicht größer als 10%, und die rein sinusoidale Form wird durch die kleinperiodischen Variationen nicht merklich verzerrt. Wenigstens 3 Pulsationen müssen diese Bedingungen erfüllen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß mit den *O* Pulsationen gleichzeitig andere Gruppen mit *wesentlich* größeren oder kleineren Perioden vorkommen, die getrennt auszulesen und zu behandeln sind. (Siehe unten.)

2. *Q* Quasioszillationen: Der Unterschied zwischen den Extremwerten der Perioden ist größer als 10%, aber kleiner als 50% bzw. die sinusoidale Form erscheint mehr verzerrt.* Im übrigen gelten die gleichen Bedingungen wie bei den *O* Pulsationen.

3. *W* »Wellen«: Der Unterschied der Extremwerte der Perioden kann ganz beliebig groß sein, nur darf die verzerrte Sinusoidalform keine Spitzen bzw. Knickungen haben. Wenn eine gewisse Gruppe von Pulsationen den

* Auf die genauere Abgrenzung der Verzerrungen wollen wir in einer besonderen Studie noch zurückkehren.

Bedingungen bei O oder Q nicht entspricht, dann wird sie in diese bzw. in die folgende T Gruppe eingereicht auch dann, wenn sie auf Grund der Extremwerte der Perioden sonst zu den obigen Gruppen gehören sollte. Das ist sehr oft dann der Fall, wenn die Amplitude sehr klein ist, weil in diesem Falle die meistens anwesenden kleinen unregelmäßigen Variationen vorherrschen und die sinusoidale Form stark verzerren.

4. T : Alle übrigen unregelmäßigen Variationen mit Ausnahme der folgenden Einzelercheinungen.

5. pt »Pulsation-trains«: Variationen in der Viertelstunde des pt -Ausbruches.

6. I Impulse: Von ihrer Umgebung stark getrennte Ausschläge.

7. ssc »Stormy sudden commencement«.

8. S Stürme: Der Unterschied von Typ T ist auch auf den Schnellregistrierungen leicht erkennbar: Die Stürme zeigen entweder eine sehr starke Aktivität im kleinperiodischen Bereich (etwa 5 sec oder weniger) oder sehr starke Variationen in einem außerordentlich breiten Frequenzbereich (bis mehrere Minuten).

Wir verwenden auch zugesetzte Buchstaben, und zwar dann, wenn zwei oder mehr Periodengruppen gemischt vorkommen.

a) D bedeutet das gleichzeitige Auftreten von zwei Periodenbändern, zwischen deren Perioden der Unterschied von einer Größenordnung besteht, meistens kommt es nach pt -s bei nächtlichen Variationen des Typs T vor (z. B.: TD : 5–6'' und 70–100'').

b) H bedeutet Wellen mit Perioden von mehreren Minuten, meistens mit O , Q , W auftretend (z. B.: O , H 20–23'' und 3–4').

c) B bedeutet eine Mischung von Perioden, von denen die maximale Periode der einen von der minimalen Periode der anderen weniger als 50% abweicht, d. h., die Perioden sind nicht sehr unterschiedlich; meistens kommt dieser Fall so vor, daß die eine Gruppe in der einen Komponente, die andere in der anderen Komponente Übergewiegend ist.

d) C bedeutet bei Typ O , Q , W eine Erscheinungsform, in welcher die Einhüllungskurve auch ziemlich regelmäßig sinusoidal ist.

Wenn keine Pulsationen vorhanden sind, bleibt die fragliche Zeile leer.

In die Kolonne »Amplitude« werden die Amplituden über 2 mm mit einer Genauigkeit von 1 mm (entspricht für 0,2 mV/km), darunter mit $\frac{1}{2}$ mm (entspricht für 0,1 mV/km) eingetragen. Im Fall von Variationen mit Perioden kleiner als 1 min wird entsprechend den Vorschlägen von MAPLE [2] nur die drittgrößte Amplitude eingeführt. Bei längeren Perioden und bei I , pt verzeichnen wir die größte Amplitude. Wenn zwei Amplitudengruppen vorhanden sind, dann wird natürlich jeder ein Amplitudenwert zugeordnet.

Die Kolonne »Phase« bedeutet die Zeitdifferenz vom Extremwert der Nordkomponente bis zum Extremwert der Ostkomponente, selbstverständlich

nur dort, wo diese zu bestimmen möglich ist. In der Kolonne *K* bezeichnen wir die den Intervallen von 3 Stunden zukommenden Werte $K_{\text{tell.}}$.

In der Kolonne »Gewicht« stehen die durch die folgende Formel (wo P_{min} und P_{max} die Grenzen der Perioden sind):

$$S = 10 \frac{P_{\text{min}}}{P_{\text{max}}}$$

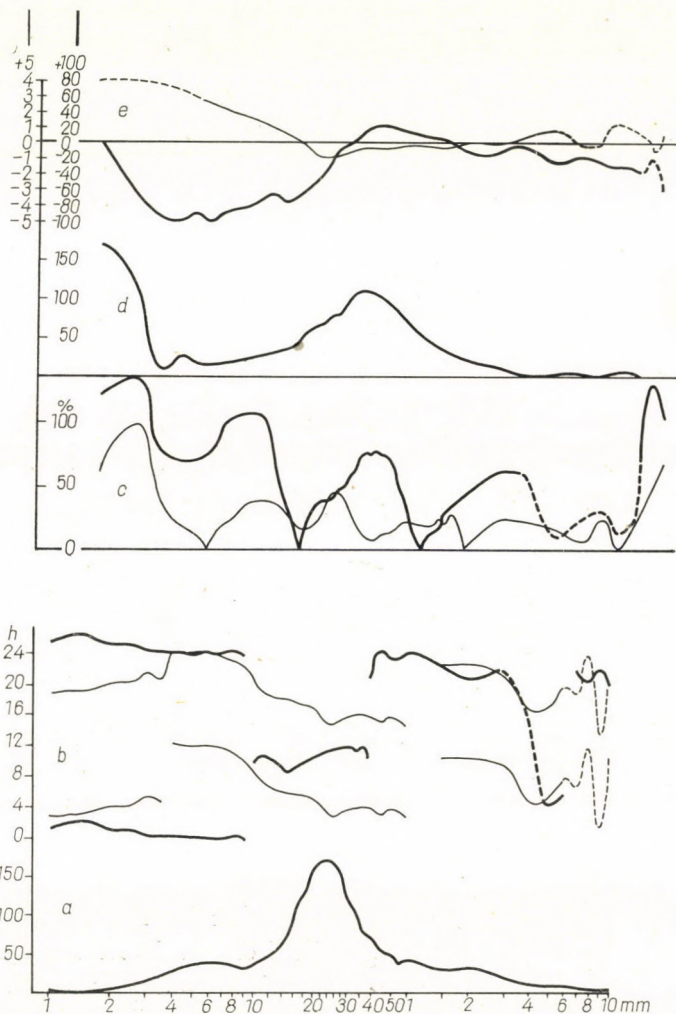
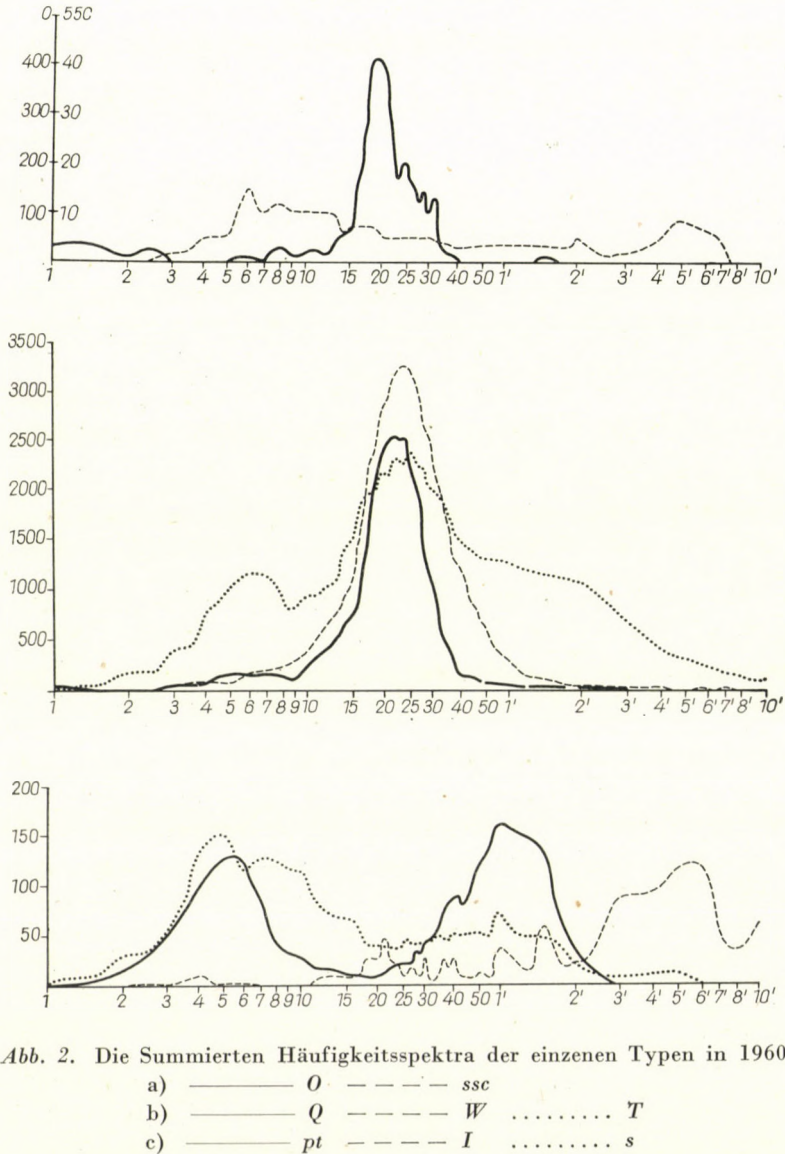


Abb. 1. a) Das Spektrum des Jahres 1960. Die Häufigkeit der einzelnen Perioden in ‰
 b) Die Zeitpunkte der Maxima der ersten (dicke Linie) und zweiten (dünne Linie) harmonischen
 Glieder des Tagesganges. c) Die Amplituden dieser beiden harmonischen Glieder im ‰ des
 Jahresmittels. d) Die Regelmäßigkeitsindizes (*R*). e) Die Parameter *a* und *b* des Zusammen-
 hanges zwischen den im Text definierten Häufigkeiten *N* und den entsprechenden *K* in
 relativen Einheiten

berechneten Werte. Wenn mehrere Periodengruppen vorhanden sind (im Falle von D , H und B) und deren Anzahl n ist, dann wird das Gewicht der einzelnen Gruppen:

$$S = \frac{10}{n} \frac{P_{\min}}{P_{\max}}$$

Mit dem Gewicht versuchen wir zu berücksichtigen, daß bei Variationen mit stärker wechselnden Perioden die Verlässlichkeit und so das Gewicht einer



gewissen Periode kleiner ist als z. B. bei Oszillationen mit einer einzigen Periode.

Auf der rechten, größeren Seite unterscheidet das Bearbeitungsblatt verschiedene Perioden. Hier werden für die in der Kolonne »Periode« angegebenen Intervalle die Gewichtszahlen der einzelnen mit Buchstaben bezeichneten Typen mit verschiedenen Farben eingeführt. Diese Zahlen werden 3stündlich, täglich, 2monatlich, typenweise, nach den einzelnen K Indizes oder nach irgendwelchem anderen Kennwert summiert, und so erhält man das Spektrum der einzelnen Zeitintervalle oder anderer Gruppierungen.

Seit 1960 verwenden wir diese neue Methode, aber es ist geplant, auch das ganze Material rückgängig bis 1957 aufzuarbeiten.

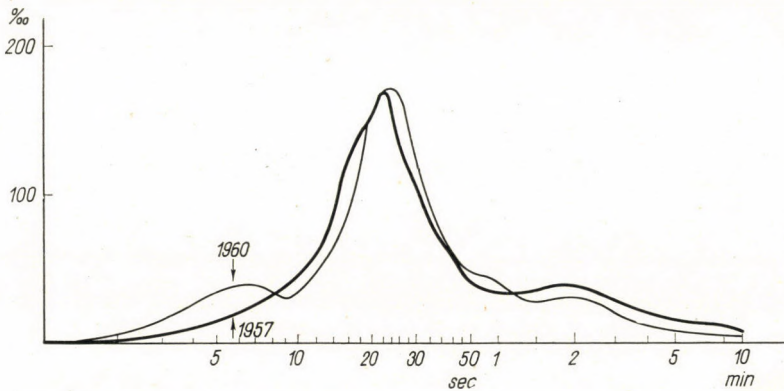


Abb. 3. Die Häufigkeitsspektren im Jahre 1957 und 1960 (in ‰)

Außer den Daten des Berichtes vom Jahre 1960 wollen wir die Brauchbarkeit der Methode noch an einigen weiteren Beispielen erläutern und zwar Grund der Ergebnisse des Jahres 1960 und des teilweise schon aufgearbeiteten Materials des Jahres 1957.

In Abb. 1. geben wir die Änderungen einiger Kennzahlen als Funktion der Periode an (1960):

- a) Das Frequenzspektrum des ganzen Jahres.
- b) Die Zeitpunkte der Maxima der I. und II. harmonischen Glieder (berechnet aus den Häufigkeiten der einzelnen Perioden in den 8 dreistündigen Intervallen des Tages).
- c) Die Amplituden dieser beiden harmonischen Glieder.
- d) Die »Regelmäßigkeitsindizes« R berechnet nach der Formel

$$R = 3S_O + 2S_Q + S_W$$

(wobei S_O , S_Q und S_W die perzentuellen Anteile der entsprechenden Typen an der Summe der Häufigkeiten der einzelnen Perioden sind.)

e) Die Parameter der quadratischen Gleichung zwischen den Häufigkeiten N und den entsprechenden K Indizes; wobei N durch die Beziehung

$$N = f(K) = aK^2 + bK + c$$

gegeben ist. In Abb. 1. sind die einzelnen Frequenzbänder gut getrennt [3].

Abb. 2. gibt die Spektren der einzelnen Typen. In diesem Zusammenhang ist es erwähnenswert, daß die Spektren bei Q und W mit einer Resonanzkurve nicht erfaßbar sind, weil die theoretischen Kurven, berechnet aus den Maxima und aus dem relativen Häufigkeitspunkt von 0,7, in den von Maxima entlegenen Punkten zu hohe Häufigkeitswerte geben.

Abb. 3 gibt als Vergleich die bereits ermittelten Spektren vom Jahre 1957 und vom Jahre 1960.

SCHRIFTTUM

1. ÁDÁM, A.—VERŐ, J.: Das Erdstrom-Observatorium bei Nagycenk (Ungarn). *Geofisica pura e applicata*. **39** (1958—1), 126.
2. MAPLE, E.: Geomagnetic Oscillation at Middle Latitude. *Journ. of Geophys. Res.* **64** (1959), 1395.
3. VERŐ, J.: Ein Versuch zur Trennung der einzelnen Frequenzbänder der Erdstromvariationen. *Geofisica pura e appl.*, **49** (1961—II), 83.
4. VERŐ, J.: Die Bestimmung der tellurischen Stationsellipsen. *Gerlands Beiträge* **69** (1960), 257.

THE MODIFIED METHOD FOR THE TREATMENT OF THE FAST TELLURIC RECORDINGS OF 1960 STARTED IN THE OBSERVATORY OF NAGYCEK

J. VERŐ

SUMMARY

After discussing the disadvantages of the present treatment of fast recordings, a method established on the basis of new considerations (regularity, analysis according to periods, aptitude for automatic processing) is introduced. Example is given for the utility of the data, and the characteristic curves of a one-year period (1960), for the distribution of the pulsations are presented.

UNE MÉTHODE MODIFIÉE POUR L'ÉLABORATION DES ENREGISTREMENTS TELLURIQUES RAPIDES DE 1960, COMMENCÉS À L'OBSERVATOIRE DE NAGYCEK

J. VERŐ

RÉSUMÉ

Après discussion des désavantages des anciennes méthodes d'élaboration des enregistrements rapides, une méthode basée sur des considérations nouvelles (régularité, examen suivant les périodes, applicabilité au calcul mécanique) est indiquée par l'auteur. Il présente un exemple illustrant les domaines d'application des données, et donne les courbes caractéristiques de la distribution des pulsations pour une période d'une année (1960).

ИЗМЕНЕННЫЙ МЕТОД ОБРАБОТКИ ЗАПИСЕЙ ВЫСТРОЙ РЕГИСТРАЦИИ
ТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ТОКОВ 1960 Г., НАЧАТОЙ В ОБСЕРВАТОРИИ С. НАДЫЦЕНКЕ

И. ВЕРЁ

РЕЗЮМЕ

Перечислив недостатки применявшегося до настоящего времени способа обработки записей выстрой регистрации, автор описывает метод, основывающийся на новых соображениях (регулярности, исследовании по периодам, возможности применения механической обработки). Затем приводится пример использования данных и указываются характерные кривые распределения пульсаций за круглогодовой период (1960 г.).

BERICHT DES OBSERVATORIUMS BEI NAGYCEK (UNGARN) ÜBER DIE ERGEBNISSE DER ERDSTROMREGISTRIERUNGEN IM JAHRE 1960

A. TÁRCZY-HORNOCH

ORD. MITGLIED DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

[Eingegangen am 6. März 1962]

Wie in unserem Bericht über das Jahr 1959 (Acta Technica, Series Geodaetica et Geophysica, Tomus 3, S. 229—308) werden auch jetzt sieben Arten von Tabellen veröffentlicht. Sie enthalten:

I. Die auf die allgemeine Tätigkeit bezüglichen Kennzahlen K_t in Zeitabschnitten von je drei Stunden, sowie die für die tägliche Tätigkeit der einzelnen Frequenzklassen charakteristischen Kennzahlen K_1-K_5 .

Die K_t -Skala ist linear; 1,8 mV/km entspricht einem Grad. Die K_1-K_5 Skalen sind die folgenden:

Frequenzklasse	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. zwischen 0 und 2 Min.	—	0,2	0,4	0,7	1,3	1,8	2,3	2,9	4,1	5,4
2. „ 2 „ 6 „	—	0,9	1,3	1,8	2,3	2,9	3,4	4,1	5,6	9,0
3. „ 6 „ 12 „	—	1,6	2,2	2,5	3,2	3,8	4,5	5,6	8,3	12,0
4. „ 12 „ 24 „	—	3,4	4,3	5,4	7,0	8,5	10,1	12,4	15,1	20,2
5. „ 24 „ 60 „	—	2,9	4,3	6,7	8,8	11,0	13,1	19,1	23,4	33,9

Alle diese Werte sind genau so wie in 1959 in 10^{-4} V/km Einheit angegeben. Die in Klammern gesetzten Werte sind aus unvollständigem Beobachtungsmaterial extrapolierte Werte: An Stelle der nicht beobachteten Stunden wurden die Mittel der beobachteten Stunden gesetzt.

II. Die Ergebnisse der Ermittlung der D , Q , q -Tage, wobei die Tage mit den Extremwerten von $(K_{t(0)} + K_{t(N)})$ angegeben wurden.

III. Die Monats- und Jahreswerte für die einzelnen Stunden in *Lokalzeit*. Auch die Jahresdurchschnittswerte für die durchschnittlichen, gestörten und ruhigen Tage werden angegeben.

Die horizontalen Reihen 1—5 enthalten die Durchschnittsamplituden der fünf Frequenzklassen in 10^{-5} V/km.

Die Reihe 6 enthält die durchschnittlichen Feldintensitäten in 10^{-5} V/km. Die Feldintensität ist auf die langperiodische Variation korrigiert.

Die Reihe 7 gibt die Totalvariationen und deren Summen an.

Die Reihen 8—13 enthalten die prozentuellen Häufigkeiten der in den entsprechenden Stunden vorherrschenden Frequenzklassen (8—12) bzw. der stürmischen Stunden (13) während des Monates. Als gestörte Tage gelten bei uns jene, an denen K_t höchstens einmal einen Minimalwert 3 erreicht. Als ruhige Tage betrachten wir jene Tage, bei denen K_t ständig unter 3 bleibt. An gestörten Tagen ist die herrschende Frequenz nur in Prozenten der sturmfreien Stunden ausgedrückt. Der prozentuelle Anteil der Stürme wurde im Vergleich zu den sturmfreien Stunden angegeben.

IV. Die Richtungen (φ) der dreistündlichen mittleren Amplituden. Wenn die mittleren Amplituden in einem beliebigen dreistündigen Intervall in der Nord-Komponente a_N , in der Ost-Komponente a_O sind, dann ist diese Richtung φ durch die Beziehung:

$$\varphi = \arctan \frac{a_O}{a_N}$$

gegeben, wobei die Nord-Richtung 0° , die Ost-Richtung 90° ist.

V. Die Ergebnisse der harmonischen Analysen der aus je einem Monat berechneten durchschnittlichen täglichen Feldstärkengänge.

VI. Die Zusammenstellung a) der Zeitpunkte in LZ und b) der Kennwerte der Störungen nach der auf Seite 150 verzeichneten Systematik.

VII. Die Ergebnisse der schnellen Registrierungen werden hier etwas anders als in den bisherigen Berichten bearbeitet (Vgl. J. VERŐ »Die abgeänderte Methode zur Bearbeitung der tellurischen Schnellregistrierungen von 1960 an im Observatorium bei Nagycenk« in diesem Heft.) In den Diagrammen geben wir die täglichen Häufigkeitsverteilungen der Perioden von 2; 6; 10; 15; 20; 25; 30; 40 sec; 1; 1,5; 2; 5 min, die mittleren Amplituden der Periodengruppen 0—1 und 1—2 min und die Periodenspektren für das ganze Intervall in je zweimonatigen Zeitabschnitten an. Im Jahresdurchschnitt werden neben diesen drei Diagrammenarten auch die Periodenspektren für die einzelnen acht dreistündigen Tagesintervalle angegeben. Die Häufigkeiten sind auch hier in Promill, die Amplituden in μ V/km angegeben.

Die Tabellen wurden von J. VERŐ jun. zusammengestellt.

Die Registrierungen im Observatorium wurden mit zwei Registrier-einrichtungen Typ GMG T9/1956 durchgeführt. Die Einrichtungen wurden für den Bedarf des Observatoriumsbetriebes entsprechend umgebaut. Eine ausführliche Beschreibung der Instrumente befindet sich in der Arbeit von A. ÁDÁM und J. VERŐ »Das Erdstrom-Observatorium bei Nagycenk (Ungarn)« *Geofisica pura e applicata* **39** (1958/I.), 126—151.

ANHANG

Tabellen und Abbildungen

S. 112—183.

Systematik der Störungen

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------|
| I. Stürme | VI. 1,5 Wellen |
| II. Kleinere Störungen ohne Bai | VII. Zwei Wellen |
| III. Kleinere Störung mit Bai | VIII. Regelmäßige Variationen |
| IV. Bai ohne Störung | IX. Kurze Pulsationen |
| V. Starker Einzelimpuls | X. Nadeln |

I.	A: von 0-2 ^h Dauer B: „ 2-6 ^h „ C: „ 6- „	Richtung des Anfangsimpulses in den Gruppen I-VIII und X		
II.	In den Gruppen II-VII u. X werden folgende Verhältnisse der zwei Komponenten angegeben	N O a + + b + - c - + d - - e + 0 f - 0 g 0 + h 0 -		
III. 1. Teil (Puls.)	α (N = 0,9-1,1 · O) β (N = 0,7-0,9 · O) γ (N = 0,4-0,7 · O) δ (N < 0,4 · O)		In den Gruppen III-2. Teil bis VIII. sind die Phasensituationen folgend dargestellt A (O geht vor um 90°) B („ „ „ 45°) C („ „ „ 15°) D („ „ „ 0°) E (O geht nach um 15°) F („ „ „ 45°) G („ „ „ 90°)	
2. Teil (Bai)	ε (N = 0) ζ (N = 1,1-1,5 · O) η (N = 1,5-2,5 · O) θ (N > 2,5 · O) ι (O = 0)			
IV.	Amplitude in mV/km			
V.				
VI.				
VII.				
VIII.		β (Periode von 2- 6 Min) γ („ „ 6-12 „) δ („ „ 12-24 „)		
IX.				
X.				

Dauer in Zehntelstunden

I.

Die Kennzahlen K_t und K_1-K_5

Jan. 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	10111000	4	3	2	2	2	1
2.	00011111	5	0	0	4	0	0
3.	11112111	9	1	1	1	0	2
4.	11126312	17	4	3	4	1	4
5.	24346335	30	2	3	4	3	7
6.	43221211	16	2	1	4	3	2
7.	11122121	11	1	1	3	2	2
8.	01112112	9	2	2	4	1	2
9.	01110000	3	3	1	3	0	1
10.	01679969	47	5	5	2	5	8
11.	53497952	44	6	5	6	6	7
12.	52324526	29	7	3	6	7	4
13.	12112165	19	4	2	2	3	3
14.	66996599	59	4	6	6	8	7
15.	98444521	37	4	3	5	6	6
16.	10001024	8	3	1	3	1	2
17.	42129621	27	5	2	4	5	4
18.	22364433	27	4	4	6	7	5
19.	31113222	15	5	2	4	3	2
20.	13444423	25	3	4	5	4	5
21.	96468799	58	6	5	6	5	8
22.	73476333	36	4	4	5	4	6
23.	22667454	36	4	4	3	4	7
24.	22344332	23	3	4	4	6	6
25.	22133141	17	3	2	6	4	2
26.	12223111	13	3	2	4	3	1
27.	43134101	17	3	3	5	3	3
28.	12133142	17	1	1	4	6	1
29.	13435312	22	3	3	6	3	4
30.	10113000	6	4	0	2	1	0
31.	01132111	10	1	2	4	2	0

Monatsdurchschnitte: $K(N)$ 2,660
 $K(O)$ 1,996
 $K(1)$ 3,32
 $K(2)$ 2,61
 $K(3)$ 4,06
 $K(4)$ 3,49
 $K(5)$ 3,61

Febr. 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	00245312	17	2	2	4	4	3
2.	12145595	32	3	3	4	4	6
3.	32257456	34	4	4	4	5	6
4.	54445254	33	3	4	4	4	6
5.	42349834	37	5	4	5	3	7
6.	24343413	24	2	3	5	6	5
7.	32322211	16	4	3	4	6	1
8.	11265321	21	4	3	4	4	3
9.	22113132	15	3	1	3	2	3
10.	12234110	14	1	3	5	2	2
11.	00133122	12	1	2	3	4	2
12.	211210	(9)	3	2	2	2	2
13.							
14.							
15.	341	(21)	3	3	3	4	6
16.	42039925	34	3	2	3	3	8
17.	33546445	34	6	5	5	5	6
18.	45463262	32	3	3	4	7	5
19.	12345397	34	7	4	3	6	6
20.	55223514	27	3	3	3	3	6
21.	23453633	29	6	5	6	4	5
22.	12434235	24	4	3	3	4	4
23.	11223331	16	4	2	3	3	2
24.	00111001	4	4	2	1	1	1
25.	10121013	9	2	2	3	0	1
26.	00153231	15	1	1	3	2	3
27.	34549544	38	4	4	6	5	6
28.	12231100	10	7	2	3	2	2
29.	32244313	22	3	2	2	3	5

Monatsdurchschnitte $K(N)$ 2,564
 $K(0)$ 2,210
 $K(1)$ 3,51
 $K(2)$ 2,85
 $K(3)$ 3,64
 $K(4)$ 3,64
 $K(5)$ 4,15

März 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	23233345	25	4	3	3	2	6
2.	45334235	29	3	3	3	3	6
3.	22534232	23	3	3	4	5	4
4.	31232733	24	4	2	4	4	4
5.	11223254	20	2	2	5	3	3
6.	23252242	22	4	3	4	3	2
7.	10114111	10	4	2	3	2	0
8.	11223413	17	3	3	3	2	3
9.	21274323	24	3	2	4	5	4
10.	12346452	27	4	4	5	6	3
11.	53469563	41	7	6	7	7	3
12.	31223311	16	7	5	6	2	2
13.	01222132	13	4	2	4	2	2
14.	11122521	15	4	1	4	3	2
15.	20134573	25	0	2	4	2	6
16.	89643367	46	4	5	6	4	7
17.	33542255	29	5	3	4	4	5
18.	22443202	19	7	3	4	4	3
19.	21244200	15	5	3	4	4	4
20.	11221101	9	2	2	4	2	1
21.	01225200	12	6	3	4	3	2
22.	01223112	12	4	3	5	2	0
23.	20122102	10	2	2	3	1	1
24.	42233525	26	3	2	3	3	4
25.	20132010	9	2	2	3	1	2
26.	41122110	12	5	2	2	2	2
27.	11233000	10	5	2	1	1	2
28.	01125334	19	3	4	4	4	3
29.	42342312	21	3	3	4	3	4
30.	41224225	22	3	2	3	2	4
31.	53379999	54	4	6	6	9	9

Monatsdurchschnitte: $K(N)$ 2,504
 $K(O)$ 2,056
 $K(1)$ 3,84
 $K(2)$ 2,83
 $K(3)$ 3,96
 $K(4)$ 3,22
 $K(5)$ 3,31

April 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	99999999	72	8	9	9	9	9
2.	77666452	43	3	5	7	7	6
3.	99976483	55	4	5	7	9	7
4.	15547328	35	4	6	6	6	6
5.	48654954	45	5	4	7	6	6
6.	11332625	23	5	4	5	3	3
7.	22112775	27	4	3	4	2	6
8.	23232241	19	6	3	4	3	4
9.	24433111	19	4	3	4	5	3
10.	34635687	42	3	5	6	7	6
11.	64344343	31	4	5	5	6	4
12.	88753225	40	6	7	6	5	6
13.	34443133	25	4	4	6	6	5
14.	43452124	25	7	6	5	4	4
15.	24743521	28	4	4	4	5	6
16.	34337777	41	6	6	6	5	6
17.	67334345	35	5	6	6	5	6
18.	74434231	28	6	5	6	6	6
19.	22222100	11	7	4	3	2	1
20.	00112000	4	2	1	2	1	0
21.	00022010	5	3	1	2	1	0
22.	21122210	11	1	2	4	3	1
23.	12333115	19	2	4	4	4	1
24.	69455259	45	5	4	4	6	7
25.	89364646	46	5	5	5	6	8
26.	53233212	21	3	2	5	3	3
27.	31112119	19	1	0	3	3	3
28.	96577466	50	4	5	5	3	8
29.	86454343	37	3	2	4	5	6
30.	45339999	51	9	9	9	9	8

Monatsdurchschnitte: $K(N)$ 3,743
 $K(0)$ 3,262
 $K(1)$ 4,43
 $K(2)$ 4,30
 $K(3)$ 5,10
 $K(4)$ 4,83
 $K(5)$ 4,83

Mai 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	99977635	55	5	6	8	8	5
2.	23333231	20	4	4	6	5	2
3.	13222211	14	5	3	4	2	2
4.	00011113	7	3	1	3	2	2
5.	12222013	13	5	0	3	2	2
6.	44445288	39	6	6	5	7	6
7.	85569855	51	6	8	8	7	8
8.	59998997	65	8	9	8	9	7
9.	96655321	37	4	6	7	5	6
10.	23523222	21	5	4	6	3	4
11.	47882254	40	4	4	5	6	6
12.	25547322	30	4	6	5	5	6
13.	23433314	23	8	4	5	4	3
14.	23333211	18	5	3	3	4	5
15.	11344221	18	4	2	3	2	3
16.	11128999	40	6	4	4	4	8
17.	83849221	37	3	3	3	4	6
18.	12211211	11	4	1	3	1	3
19.	12222110	11	3	2	3	2	3
20.	12112101	9	0	0	3	1	1
21.	11111210	8	0	2	4	2	2
22.	11111511	12	3	1	3	2	2
23.	11123959	31	3	2	4	5	6
24.	53623345	31	3	3	4	4	6
25.	52323342	24	3	2	4	0	6
26.	44332244	26	7	2	4	3	6
27.	53122222	19	3	1	3	1	6
28.	12121118	17	5	1	3	3	3
29.	99749857	58	3	4	5	8	8
30.	54232312	22	3	4	6	5	5
31.	12258936	36	3	3	6	4	6

Monatsdurchschnitte: $K(N)$ 3,072
 $K(O)$ 2,998
 $K_{(1)}$ 4,13
 $K_{(2)}$ 3,26
 $K_{(3)}$ 4,55
 $K_{(4)}$ 3,87
 $K_{(5)}$ 4,65

Juni 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	56645332	34	3	4	4	5	6
2.	20021220	9	3	0	6	3	3
3.	10120254	15	3	2	4	3	2
4.	18674769	48	4	5	6	7	6
5.	95444333	35	3	4	6	3	7
6.	53334322	25	3	4	6	3	6
7.	3333311	(19)	5	4	6	5	4
8.	354334	(29)	5	5	7	6	7
9.	63533331	27	3	3	4	3	6
10.	12213222	15	4	2	3	1	4
11.	12122110	10	2	3	3	3	2
12.	12223221	15	2	2	3	3	3
13.	01111221	9	2	1	3	1	3
14.	21214211	14	2	2	4	1	5
15.	11122121	11	1	2	3	2	3
16.	13211110	10	2	0	3	1	2
17.	21011221	10	3	1	3	2	2
18.	32133223	19	3	3	4	3	5
19.	33333233	23	4	4	4	3	5
20.	23112201	12	2	2	4	1	2
21.	33232422	21	3	3	4	3	6
22.	04222222	16	3	2	4	2	4
23.	63122312	20	3	3	3	2	4
24.	22323132	18	4	3	3	2	6
25.	33344655	33	7	6	5	5	6
26.	45423334	28	6	5	6	4	6
27.	69773697	54	7	7	7	6	8
28.	85993342	43	8	8	7	7	7
29.	33632399	38	5	5	7	5	6
30.	67336397	44	6	5	5	6	8

Monatsdurchschnitte

$K(N)$	2,620
$K(O)$	2,557
$K(1)$	3,70
$K(2)$	3,33
$K(3)$	4,57
$K(4)$	3,37
$K(5)$	4,47

Juli 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	76547352	39	6	4	5	4	6
2.	43434212	23	5	4	5	5	4
3.	14324324	23	6	4	4	3	4
4.	44333432	26	5	4	5	5	5
5.	23444232	24	7	4	7	3	5
6.	33332211	18	4	5	6	3	3
7.	11112121	10	4	2	5	2	1
8.	11111110	7	3	3	4	1	0
9.	11121101	8	4	4	3	0	1
10.	22121123	14	6	4	5	2	2
11.	22243344	24	5	4	4	3	5
12.	22335332	23	4	5	4	3	6
13.	32322554	26	6	5	6	6	4
14.	14434899	42	4	5	7	4	7
15.	67456999	55	7	8	8	7	9
16.	97434443	38	6	7	7	8	8
17.	36232422	24	5	4	6	3	3
18.	53335513	28	6	5	5	4	4
19.	02447553	30	6	5	6	4	6
20.	73234436	32	7	4	5	3	5
21.	34213221	18	6	4	6	1	2
22.	12323312	17	7	4	5	3	3
23.	42222111	15	7	5	6	3	2
24.	32235432	24	7	6	5	5	3
25.	12111111	9	5	6	5	2	0
26.	11111124	12	3	4	5	4	2
27.	32221311	15	3	4	6	4	1
28.	03133214	17	7	5	5	2	2
29.	53334698	41	6	6	7	6	5
30.	74224432	28	5	5	6	4	4
31.	67556544	42	7	6	7	7	5

Monatsdurchschnitte: $K(N)$ 2,585
 $K(O)$ 2,593
 $K_{(1)}$ 5,26
 $K_{(2)}$ 4,68
 $K_{(3)}$ 5,48
 $K_{(4)}$ 3,68
 $K_{(5)}$ 3,77

Aug. 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	22234213	19	7	5	6	4	2
2.	24322224	21	5	4	5	2	3
3.	21121201	10	2	3	5	3	2
4.	12222110	11	2	3	5	2	1
5.	11111110	7	3	3	3	1	0
5.	01122122	11	3	3	5	2	2
7.	43112430	18	5	3	5	2	2
8.	02232524	20	4	4	6	3	4
9.	42334111	19	3	3	4	1	3
10.	22332233	20	4	4	4	3	3
11.	36555422	32	6	4	6	4	4
12.	533432	(26)	6	5	5	3	5
13.	21224221	16	6	5	5	2	2
14.	12223735	25	6	5	5	4	3
15.	43121222	17	3	3	5	1	2
16.	21122999	35	5	4	5	4	6
17.	99978	(67)	7	7	8	6	9
18.	32111	(13)	3	3	5	3	2
19.	11444947	34	5	3	7	5	6
20.	34934343	33	3	4	5	3	6
21.	54965463	42	7	6	6	4	4
22.	43232262	24	7	5	6	3	4
23.	22323221	17	8	7	7	3	0
24.	12232121	14	7	4	5	2	1
25.	11121111	9	4	2	3	0	1
26.	00122111	8	3	2	4	1	0
27.	42223369	31	4	4	5	5	3
28.	33424311	21	4	3	5	3	1
29.	98965856	56	6	7	8	6	6
30.	48734531	35	4	5	5	4	7
31.	43223123	20	4	4	5	3	2

Monatsdurchschnitte:

$K(N)$	2,775
$K(O)$	2,392
$K(1)$	4,67
$K(2)$	4,10
$K(3)$	5,26
$K(4)$	2,97
$K(5)$	3,13

Sept. 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	00111112	7	7	5	4	1	0
2.	01216578	30	4	4	6	4	3
3.	93944221	34	4	5	5	4	6
4.	25659999	54	6	6	7	4	8
5.	99994796	62	7	8	8	8	8
6.	75433225	31	7	7	7	3	4
7.	44458466	41	8	6	6	4	5
8.	32333321	20	5	4	5	3	2
9.	22232114	17	5	4	6	2	2
10.	22222422	18	5	3	5	3	2
11.	36223224	24	6	4	5	2	3
12.	31222211	14	6	3	5	1	2
13.	43432213	22	6	5	6	2	3
14.	82221111	18	4	3	5	1	3
15.	01122110	8	3	2	4	2	1
16.	10112111	8	5	3	4	1	1
17.	11032215	15	6	4	3	1	2
18.	34444310	23	7	5	6	4	3
19.	11223210	12	6	3	3	3	1
20.	10221012	9	6	3	4	2	1
21.	21022221	12	4	4	5	2	1
22.	21122533	19	4	3	4	2	2
23.	32242112	17	3	4	5	3	2
24.	45342433	28	6	5	6	4	4
25.	12121122	12	7	4	5	1	2
26.	11221234	16	5	3	5	3	2
27.	62211121	16	4	3	5	1	2
28.	11121101	8	2	2	4	1	0
29.	10122314	14	5	3	4	3	2
30.	93344397	42	5	5	6	4	6

Monatsdurchschnitte: $K(N)$ 2,538
 $K(O)$ 2,183
 $K_{(1)}$ 5,27
 $K_{(2)}$ 4,10
 $K_{(3)}$ 5,20
 $K_{(4)}$ 2,63
 $K_{(5)}$ 2,77

Okt. 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	45365579	44	6	5	6	6	5
2.	25254993	39	4	4	6	3	5
3.	32243211	18	4	3	5	2	1
4.	21124699	34	5	4	6	4	7
5.	72444358	37	6	6	6	6	2
6.	89999999	71	9	9	9	9	9
7.	99999979	70	8	8	8	8	9
8.	74465386	43	7	6	6	3	6
9.	34443879	42	5	5	5	3	5
10.	32121112	13	4	3	4	2	2
11.	43333412	23	3	3	5	2	2
12.	11132124	15	5	3	3	1	1
13.	21121114	13	0	2	4	1	0
14.	21132001	10	0	2	5	1	1
15.	12445364	29	4	4	5	4	5
16.	31223102	14	7	3	5	2	1
17.	12232211	14	5	4	4	3	2
18.	33343298	35	4	4	4	4	5
19.	12333124	19	5	3	3	1	4
20.	01122224	14	2	2	4	2	2
21.	21222013	13	3	3	3	0	1
22.	30121010	8	1	0	1	0	0
23.	10121113	10	4	4	3	1	0
24.	00010965	21	4	4	5	2	5
25.	12768999	51	5	6	7	6	6
26.	98899964	62	7	6	7	7	8
27.	43555789	46	6	4	7	6	5
28.	46568493	45	6	5	6	5	6
29.	73359784	46	7	6	7	5	7
30.	35567444	38	7	5	7	5	5
31.	6234 85	(37)	7	6	7	4	4

Monatsdurchschnitte : $K(N)$ 3,752
 $K(O)$ 3,211
 $K(1)$ 4,85
 $K(2)$ 4,25
 $K(3)$ 5,26
 $K(4)$ 3,48
 $K(5)$ 3,90

Nov. 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	21223216	19	8	6	7	2	6
2.	12233135	20	4	4	6	2	5
3.	32124115	19	4	4	6	3	3
4.	55553762	38	5	4	7	6	8
5.	42223121	17	3	3	5	1	3
6.	01122012	9	2	2	5	2	1
7.	12121000	7	2	2	5	2	0
8.	00222111	9	2	2	4	1	0
9.	21121102	10	3	3	3	1	2
10.	00322211	11	4	2	4	1	1
11.	34564333	31	3	5	6	4	4
12.	30225499	34	6	6	7	6	3
13.	99999999	72	9	9	9	9	9
14.	97784495	53	7	7	9	6	6
15.	44436999	48	3	4	5	5	8
16.	99679832	53	8	7	8	8	7
17.	52443481	31	7	4	4	2	3
18.	33111000	9	0	2	3	1	2
19.	01245312	18	4	4	5	3	2
20.	21232221	15	2	3	5	3	2
21.	22667897	47	6	6	6	5	6
22.	79533335	38	6	5	6	3	6
23.	12211111	10	1	2	5	2	1
24.	44211147	24	4	4	6	5	2
25.	65264647	40	6	5	6	5	6
26.	32222124	18	1	3	4	3	3
27.	31222385	26	7	5	6	6	2
28.	83425210	25	4	3	5	2	6
29.	31222123	16	4	3	3	3	2
30.	23212196	26	6	6	5	3	4

Monatsdurchschnitte: $K(N)$ 3,079
 $K(O)$ 2,725
 $K_{(1)}$ 4,37
 $K_{(2)}$ 4,17
 $K_{(3)}$ 5,50
 $K_{(4)}$ 3,50
 $K_{(5)}$ 3,77

Dez. 1960

Tag	K	Summe	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
1.	99989998	70	7	7	8	6	8
2.	44459444	38	5	5	7	5	6
3.	13131211	13	6	4	5	3	2
4.	11112311	11	4	2	4	3	2
5.	11112142	13	2	3	5	3	2
6.	11126336	23	5	5	6	5	4
7.	11235279	30	6	4	6	4	5
8.	45572411	29	5	7	7	5	3
9.	23554553	32	6	7	7	5	4
10.	32122215	18	3	2	4	4	3
11.	01112214	12	4	2	4	3	1
12.	21222293	23	4	3	5	2	6
13.	52222010	14	2	2	3	2	2
14.	01144301	14	3	3	5	3	1
15.	21224989	37	2	2	6	5	7
16.	74544112	28	2	3	5	3	6
17.	11111112	9	4	2	3	0	2
18.	33442554	30	4	5	6	4	5
19.	53322223	22	5	4	5	4	2
20.	22264145	26	7	4	5	4	4
21.	32233845	30	8	5	4	3	5
22.	33453324	27	6	4	5	3	4
23.	312 6222	(21)	6	4	6	6	3
24.	12125354	23	7	3	4	5	4
25.	41221114	16	7	3	4	2	2
26.	52433222	23	6	4	6	3	2
27.	14556999	48	7	5	6	8	7
28.	33247531	28	5	4	5	4	4
29.	33242932	28	6	4	4	5	5
30.	12232262	20	7	4	5	3	3
31.	11335561	25	5	4	6	3	4

Monatsdurchschnitte: $K(N)$ 2,992
 $K(O)$ 2,441
 $K(1)$ 5,03
 $K(2)$ 3,87
 $K(3)$ 5,20
 $K(4)$ 3,81
 $K(5)$ 3,81

II.

Die ermittelten D , Q , und q Tage

	D	Q	q
Jan.	10, 11, 14, 21, 22	1, 2, 8, 9, 30	3, 7, 16, 26, 31
Febr.	3, 5, 17, 19, 27	11, 12, 24, 25, 28	1, 9, 10, 23, 26
März	2, 11, 16, 17, 31	7, 20, 23, 25, 27	13, 19, 21, 22, 26
April	1, 3, 5, 28, 30	9, 19, 20, 21, 22	6, 8, 23, 26, 27
Mai	1, 7, 8, 16, 29	4, 18, 19, 20, 21	3, 5, 15, 22, 28
Juni	4, 27, 28, 29, 30	2, 11, 13, 16, 17	3, 10, 12, 15, 20
Juli	14, 15, 16, 29, 31	7, 8, 9, 10, 25	21, 23, 26, 27, 28
Aug.	17, 19, 20, 21, 29	3, 4, 5, 25, 26	6, 13, 15, 18, 24
Sept.	3, 4, 5, 7, 30	1, 15, 16, 20, 28	12, 17, 19, 21, 25
Okt.	6, 7, 25, 26, 29	14, 20, 21, 22, 23	10, 12, 13, 16, 17
Nov.	13, 14, 15, 16, 21	6, 7, 8, 9, 18	5, 10, 20, 23, 29
Dez.	1, 2, 15, 18, 27	3, 4, 5, 11, 17	10, 13, 14, 25, 30

III. Die Durchschnittswerte

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jan. 1960. Nord-													
1.	0	1	0	1	0	1	1	3	5	4	1	0	0
2.	6	15	12	11	13	15	16	15	23	21	20	19	15
3.	31	36	30	34	42	31	36	46	50	40	46	39	31
4.	34	73	58	49	69	76	60	79	89	65	119	88	78
5.	104	55	128	127	73	58	79	34	35	104	58	151	164
6.	+13	+1	0	+7	-4	-11	+11	+18	+37	+38	+8	-53	-88
7.	92	90	108	125	124	128	115	116	151	143	158	172	166
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—
10.	13	16	7	7	19	7	13	19	19	16	6	3	3
11.	39	45	42	36	33	57	36	45	51	39	65	48	39
12.	48	39	51	57	48	36	51	36	27	45	29	49	55
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
Ost-													
1.	3	2	2	6	6	15	15	19	19	20	16	20	20
2.	14	14	12	13	14	22	18	20	27	24	23	26	20
3.	16	27	25	25	30	28	27	50	35	27	30	27	28
4.	68	56	76	46	42	57	68	46	74	53	98	53	49
5.	65	46	76	68	80	69	37	43	31	94	33	112	94
6.	+38	+31	+9	+7	+15	+7	+4	-1	+9	+69	+86	+52	+6
7.	88	80	84	98	94	100	106	109	121	118	118	129	118
8.	—	—	—	—	—	—	3	6	—	—	—	—	3
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—
10.	—	3	—	—	13	3	—	19	13	10	6	—	10
11.	61	58	61	39	26	39	54	29	65	32	65	46	32
12.	39	39	39	61	61	58	43	46	19	58	29	54	52
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3

der langsamen Registrierungen

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
Komponente												
5	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0,9	10^{-5} V/km
24	21	13	12	10	12	9	9	9	8	8	14,0	
46	38	40	28	30	26	28	31	25	25	30	34,9	
78	78	59	91	46	40	40	61	47	70	51	66,6	
164	78	115	85	93	118	97	75	104	90	109	95,6	
-47	+13	+15	+6	+25	+12	-4	+22	+1	-9	-12		
165	161	139	118	104	104	90	101	96	97	106	2965	10^{-4} V/km
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	%
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	
16	3	13	3	19	13	13	3	10	7	10	10,8	
42	58	32	49	39	36	29	55	39	45	45	43,5	
42	36	55	48	42	51	58	42	51	48	45	45,4	
—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	

Komponente

24	24	16	12	8	8	3	8	2	2	3	11,3	10^{-5} V/km
23	19	21	18	10	11	12	15	9	14	20	17,3	
26	19	21	30	23	26	22	18	23	28	27	26,6	
55	55	63	80	56	66	43	64	51	47	49	59,0	
110	111	115	75	107	124	119	102	141	133	111	86,9	
-5	+8	-8	-2	-49	-63	-60	-46	-40	-39	-29		
129	129	119	110	103	99	89	102	96	101	112	2567	10^{-4} V/km
—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	0,6	%
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	
6	—	—	—	3	—	—	3	3	10	3	4,4	
42	36	46	54	48	48	32	46	54	32	39	45,2	
52	61	54	46	46	52	63	51	43	58	58	49,5	
—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Febr. 1960. Nord-													
1.	0	0	2	1	1	3	5	18	12	5	5	3	2
2.	8	11	12	16	12	15	20	24	27	20	17	19	21
3.	26	25	30	32	35	31	25	33	46	45	33	32	38
4.	49	67	54	52	58	67	62	73	118	112	82	111	160
5.	101	60	92	119	66	74	62	61	25	50	113	146	110
6.	+19	+17	-20	-33	0	-2	-1	+31	+49	+29	-53	-96	-94
7.	99	80	96	115	97	116	106	150	173	153	151	175	199
8.	—	—	—	—	—	—	—	8	8	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.	8	4	15	12	12	18	—	8	12	8	8	4	8
11.	46	57	42	34	46	46	61	42	62	53	42	39	57
12.	46	39	43	54	42	36	39	42	18	39	50	57	35
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ost-													
1.	1	1	3	5	8	12	18	23	24	19	24	26	24
2.	14	16	17	15	13	17	21	26	26	23	21	20	28
3.	19	24	26	34	37	34	26	33	39	35	24	26	21
4.	78	62	81	66	56	38	55	73	87	63	57	99	91
5.	77	82	84	74	57	89	60	53	46	75	111	101	106
6.	-8	-10	-24	-21	-32	-30	-20	-32	+22	+76	+63	+58	+10
7.	109	88	99	110	95	111	104	127	139	128	143	146	140
8.	—	—	—	—	—	—	12	4	4	4	—	—	4
9.	—	—	—	—	—	—	4	4	—	—	—	—	—
10.	4	—	—	4	12	15	—	4	8	4	4	—	4
11.	46	54	61	50	50	15	42	53	53	35	46	54	38
12.	50	46	39	46	38	70	42	35	35	57	50	46	54
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------	--

Komponente

4	3	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2,9	10^{-5} V/km
27	15	16	12	13	10	15	11	6	11	13	15,5	
62	29	29	37	19	30	29	30	26	19	27	32,0	
67	66	79	69	42	36	51	35	61	49	51	69,7	
169	171	137	71	133	117	89	83	74	105	92	96,7	
-61	-39	+17	+36	+41	+36	+51	+38	+36	+35	-37		
188	157	145	113	110	101	91	85	94	94	101	2985	10^{-4} V/km
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,7	%
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	0,3	
8	8	—	19	4	4	22	12	12	4	8	9,1	
35	22	55	52	37	35	39	30	42	30	46	43,7	
53	70	45	29	59	61	39	58	46	66	42	46,2	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	

Komponente

34	30	23	11	9	3	0	3	3	3	3	13,0	10^{-5} V/km
27	19	20	17	15	16	10	15	12	19	15	18,4	
37	26	27	22	29	22	26	21	25	28	19	27,5	
72	56	64	50	46	43	45	66	82	45	52	63,2	
101	104	115	118	134	161	135	98	114	110	143	97,7	
-9	-24	+9	+42	-3	-3	+11	-25	-26	-5	-18		
142	136	131	122	119	123	108	106	114	126	124	2887	10^{-4} V/km
8	8	4	—	—	—	—	—	—	—	—	2,0	%
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	
8	8	4	4	15	—	—	—	4	—	—	4,2	
42	23	26	33	30	39	35	30	42	39	27	40,1	
42	61	66	63	55	61	65	70	54	61	73	53,4	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
März 1960. Nord-													
1.	0	1	0	0	1	6	6	5	8	4	3	2	2
2.	9	9	15	15	16	23	21	22	22	16	13	17	16
3.	19	24	28	30	42	36	40	49	41	42	45	34	29
4.	50	48	60	52	61	52	65	88	96	70	92	98	86
5.	83	96	98	60	46	45	45	44	41	64	94	94	94
6.	+16	+8	-15	+19	+7	-9	+24	+81	+97	+25	-90	-164	-189
7.	105	86	95	86	106	108	133	153	146	146	164	149	153
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	3	—	3	—	3	—	—	—	—
10.	—	3	10	10	16	19	16	13	10	13	6	3	—
11.	38	45	45	38	45	48	42	68	65	42	52	48	52
12.	62	52	45	52	36	33	39	19	22	45	42	49	45
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
Ost-													
1.	3	2	1	6	6	13	21	24	28	29	21	29	25
2.	14	12	13	14	17	19	20	20	21	23	26	24	26
3.	24	28	28	31	33	31	32	42	28	25	32	32	27
4.	36	41	51	42	54	51	50	26	49	51	51	76	55
5.	109	73	60	58	43	48	51	65	56	53	86	53	65
6.	-14	+9	-2	-9	-4	-10	-3	+13	+47	+83	+69	+29	-6
7.	96	80	80	78	89	97	103	96	98	112	135	118	115
8.	—	—	—	—	—	3	10	—	13	10	—	3	—
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3
10.	3	6	6	13	6	10	13	22	6	6	6	3	6
11.	35	35	45	45	56	45	39	22	42	42	39	49	42
12.	62	59	49	42	38	42	38	56	45	42	55	42	48
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------	--

Komponente

1	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1,8	10^{-5} V/km
19	21	17	12	13	8	10	8	8	5	8	14,2	
37	43	39	40	35	28	31	25	28	25	27	34,0	
72	62	76	64	48	26	42	46	78	46	76	64,6	
123	93	88	103	89	150	71	123	97	82	78	83,3	
-109	-35	+27	+79	+60	+50	+41	+68	+7	+3	-4		
155	130	133	134	101	89	105	94	98	93	95	2856	10^{-4} V/km
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	%
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	
6	19	16	16	16	10	10	—	13	3	3	9,6	
29	36	39	45	39	16	39	45	48	42	45	43,9	
62	45	45	39	45	74	48	55	39	52	52	45,6	
3	—	—	—	—	—	3	—	—	3	—	0,5	

Komponente

25	32	26	10	10	4	2	2	5	2	3	13,9	10^{-5} V/km
26	23	24	22	17	16	11	17	15	11	14	18,7	
25	32	46	32	33	21	26	27	32	31	29	30,4	
61	56	49	63	52	49	50	53	59	42	34	50,0	
67	81	89	112	94	97	75	112	112	126	155	80,8	
-8	-19	-20	-22	+22	-39	-23	-41	-23	-11	-18		
128	111	137	120	104	89	108	109	107	129	105	2543	10^{-4} V/km
3	3	10	—	—	—	—	—	—	—	—	2,3	%
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	
—	16	16	3	10	3	6	6	19	3	3	8,0	
42	39	32	45	42	42	45	35	29	23	16	37,8	
49	42	42	52	48	55	46	59	52	71	81	51,0	
3	—	—	—	—	—	3	—	—	3	—	0,5	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
April 1960. Nord-													
1.	1	2	6	7	8	9	10	10	13	7	5	3	3
2.	17	17	24	21	25	31	33	35	58	30	19	22	21
3.	34	37	30	41	36	50	56	62	56	35	43	41	39
4.	96	105	78	47	108	115	130	132	99	74	82	149	84
5.	235	134	227	166	80	105	90	60	77	98	83	81	136
6.	-4	-7	+15	+2	-19	-29	+78	+97	+61	-6	-131	-213	-157
7.	209	188	182	203	208	229	273	245	235	233	212	216	201
8.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.	-	-	4	3	-	-	4	-	3	-	-	3	-
10.	3	7	-	10	3	8	11	7	10	10	21	-	3
11.	46	45	42	24	60	46	53	57	42	32	42	56	34
12.	48	45	50	60	34	42	25	32	42	54	34	41	63
13.	3	3	4	3	3	4	7	4	3	4	3	-	-
Ost-													
1.	5	6	11	9	17	19	22	28	32	25	23	24	29
2.	19	22	22	27	30	32	37	54	59	31	33	29	38
3.	33	28	38	43	36	41	42	40	45	34	49	62	53
4.	74	94	73	83	89	73	42	65	62	78	52	121	73
5.	130	111	167	127	134	105	117	94	87	78	116	86	122
6.	-35	+16	-26	-13	-9	+2	+29	+65	+63	+71	+58	+21	-2
7.	176	172	175	198	204	224	228	212	214	228	211	222	196
8.	-	-	-	-	-	-	3	3	3	7	3	-	3
9.	-	-	-	-	-	3	7	3	7	3	3	-	-
10.	-	3	3	7	3	7	3	7	7	3	7	3	10
11.	40	53	34	37	37	30	34	36	35	39	30	47	28
12.	57	40	60	53	57	57	50	48	48	45	54	50	59
13.	3	4	3	3	3	3	3	3	-	3	3	-	-

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------	--

Komponente

3	5	3	3	2	1	1	0	0	5	1	4,5	10^{-5} V/km
17	21	17	15	15	15	12	12	10	14	11	21,2	
35	36	40	45	30	35	37	33	34	33	31	39,4	
89	98	57	88	93	115	73	57	78	76	93	92,2	
105	59	127	62	77	95	156	103	112	181	139	116,1	
-119	-41	-24	+84	+114	+95	+53	+46	+28	+73	+1		
212	212	201	200	205	179	163	137	146	177	140	4803	10^{-4} V/km
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	%
—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9	
7	10	7	17	—	3	3	7	3	3	3	6,5	
46	59	39	49	40	57	37	39	47	34	60	45,2	
43	28	47	31	53	37	57	50	50	62	37	44,4	
4	3	3	3	7	3	3	4	—	—	—	3,0	

Komponente

28	26	22	13	12	9	3	3	3	8	4	15,8	10^{-5} V/km
28	29	26	27	23	22	17	12	17	20	20	28,1	
34	31	45	37	37	42	41	24	35	29	32	38,9	
82	92	93	67	82	81	106	97	94	97	119	82,8	
121	72	96	129	131	156	99	85	116	147	101	113,6	
-21	-14	-58	-24	-24	-19	-15	-7	-32	-5	-23		
221	244	236	221	220	206	187	137	171	191	176	4867	10^{-4} V/km
3	7	3	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	%
3	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	1,5	
—	3	10	3	—	3	3	—	3	—	3	3,8	
36	44	39	32	37	40	40	53	40	40	47	38,8	
55	36	41	55	56	54	54	47	57	60	50	51,6	
3	7	7	7	7	3	3	—	—	—	—	2,8	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mai 1960. Nord-													
1.	1	3	1	5	8	13	8	7	7	3	2	4	1
2.	11	13	13	18	24	23	22	24	31	23	12	15	16
3.	32	39	31	35	46	48	50	37	37	40	47	32	32
4.	68	51	77	52	55	79	77	73	95	71	60	78	96
5.	113	98	69	75	84	89	95	126	68	105	70	115	120
6.	-36	+4	+22	+1	+27	+64	+87	+59	+13	-68	-151	-170	-145
7.	147	129	122	116	119	173	178	179	141	147	123	135	162
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	3	—	4	—	—	—	—
10.	3	6	3	7	11	11	10	8	4	13	10	3	—
11.	40	39	50	43	36	46	31	38	53	40	46	40	45
12.	54	52	44	46	53	39	53	50	39	44	41	57	52
13.	3	3	3	4	—	4	3	4	—	3	3	—	3
Ost-													
1.	4	5	4	7	13	21	36	40	34	26	28	31	20
2.	16	14	17	15	25	21	24	20	46	34	36	31	30
3.	30	26	33	36	40	32	22	28	33	33	28	43	34
4.	66	64	75	50	53	37	42	48	66	44	98	65	82
5.	105	96	81	80	69	86	72	101	68	150	52	105	117
6.	-25	+3	+4	-26	+19	+16	+59	+69	+84	+63	+3	-30	+19
7.	148	134	139	118	122	135	131	165	157	144	133	168	185
8.	—	—	—	—	—	7	17	27	13	3	4	3	3
9.	—	—	—	—	3	—	—	—	7	—	—	—	—
10.	3	3	6	—	6	7	3	—	3	—	4	7	3
11.	45	45	45	52	43	23	24	27	37	14	59	33	39
12.	49	49	46	45	48	60	53	43	40	80	29	57	52
13.	3	3	3	3	—	3	3	3	—	3	4	—	3

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------	--

Komponente

4	1	0	0	0	0	0	0	1	3	2	3,2	10^{-5} V/km
16	11	5	7	8	2	5	8	9	9	9	14,0	
41	32	37	32	30	31	28	29	24	27	27	35,3	
85	66	84	73	58	56	42	59	58	69	82	69,3	
128	124	98	123	86	98	118	130	116	106	123	103,1	
-49	-16	+61	+82	+84	+54	+35	-7	+15	+30	+6		
155	146	157	123	108	120	103	121	136	130	129	3294	10^{-4} V/km
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	%
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	
10	10	3	3	10	13	—	3	—	—	7	6,2	
39	30	30	45	23	26	32	23	43	37	35	37,9	
48	53	60	45	57	55	65	74	50	60	58	52,0	
3	7	7	7	10	6	3	—	7	3	—	3,6	

Komponente

24	13	14	11	9	1	2	1	5	3	3	14,8	10^{-5} V/km
25	19	20	17	13	11	13	9	13	12	9	20,3	
38	29	39	40	32	32	32	23	28	34	31	32,4	
67	75	96	56	53	65	41	72	58	63	72	61,4	
144	128	118	204	125	123	126	107	143	127	127	110,5	
+21	-24	-29	-33	-35	-56	-45	-35	-26	+2	+1		
184	176	185	158	151	155	123	120	141	133	119	3523	10^{-4} V/km
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,3	%
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	
—	3	3	—	—	6	6	3	—	3	—	2,9	
35	27	37	29	22	35	19	35	39	35	45	35,2	
59	63	53	65	68	53	72	62	55	59	55	54,8	
3	7	7	6	10	6	3	—	6	3	—	3,4	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Juni 1960. Nord-

1.	1	4	3	7	15	11	11	12	10	7	7	4	2
2.	13	15	18	20	25	30	25	31	27	22	17	16	13
3.	31	44	31	35	37	42	37	40	48	41	46	34	37
4.	41	62	55	40	75	94	86	66	83	61	77	48	62
5.	136	149	136	192	130	104	135	110	80	114	95	144	125
6.	+10	+19	-5	-26	+44	+88	+57	+78	+12	-32	-110	-178	-117
7.	129	114	110	130	145	169	155	167	158	152	114	120	134
8.	—	—	—	—	3	—	—	3	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	3	—	3	3	—	—	—	—
10.	7	3	7	3	10	7	4	—	10	—	17	—	3
11.	35	35	41	28	24	45	42	34	40	27	30	38	37
12.	55	52	52	69	63	45	50	57	47	70	53	62	60
13.	3	—	—	—	—	—	4	3	—	3	—	—	—

Ost-

1.	4	6	7	9	10	15	27	34	28	27	26	31	21
2.	16	15	21	17	22	22	23	30	31	38	28	27	26
3.	33	45	31	29	33	34	30	36	56	47	46	26	38
4.	43	45	53	52	61	45	66	47	75	71	68	60	73
5.	123	114	107	116	110	87	71	80	79	97	132	180	129
6.	-1	-9	-16	-13	-52	-14	+47	+77	+69	+56	+26	-21	+4
7.	124	118	104	132	128	111	123	156	156	161	143	158	151
8.	—	—	—	—	—	—	11	10	3	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
10.	—	7	—	—	3	10	7	7	10	3	3	—	—
11.	35	24	38	31	34	38	39	40	50	37	23	24	30
12.	62	69	62	69	63	52	39	40	37	57	74	76	67
13.	3	—	—	—	—	—	4	3	—	3	—	—	—

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------	--

Komponente

4	3	1	1	1	1	0	3	4	4	1	4,9	10^{-5} V/km
14	12	12	9	8	8	7	12	14	14	10	16,4	
33	43	32	34	31	30	28	31	41	32	32	36,2	
62	69	64	55	41	59	62	68	50	90	84	64,8	
135	71	118	79	91	73	77	109	101	145	102	115,4	
-76	-7	+22	+68	+88	+52	+30	+36	+19	+22	+12		
128	113	104	107	86	94	91	111	108	123	113	2975	10^{-4} V/km
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2	%
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	
-	18	3	-	3	3	-	7	10	4	-	5,0	
37	41	35	47	40	40	40	40	28	36	50	37,1	
63	41	62	53	57	54	60	53	62	60	50	56,7	
-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0,6	

Komponente

18	21	16	8	8	5	5	9	4	7	6	14,8	10^{-5} V/km
24	27	23	22	22	17	15	19	15	15	14	22,1	
42	35	33	35	34	31	34	31	35	36	28	35,6	
68	75	59	58	43	62	62	55	75	82	69	61,2	
137	87	141	139	123	155	164	202	81	145	101	120,8	
+1	+1	-21	-20	-37	-25	-42	-47	+18	-1	+21		
167	140	140	135	133	138	137	134	130	134	119	3271	10^{-4} V/km
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1	%
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	
7	-	3	-	3	-	3	-	7	4	-	3,4	
30	48	24	23	17	33	31	27	34	25	53	32,8	
60	52	73	77	80	64	66	73	59	71	47	62,0	
-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0,6	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Juli 1960. Nord-													
1.	8	11	13	17	21	19	17	14	12	16	16	11	9
2.	20	23	26	30	30	35	35	30	24	27	26	25	24
3.	38	37	46	52	50	56	46	66	50	52	45	45	38
4.	66	78	43	42	73	86	82	70	95	60	62	49	86
5.	116	119	160	101	75	101	101	60	44	45	71	75	72
6.	-13	-12	-17	+1	+14	+77	+42	+86	+33	-31	-96	-132	-119
7.	146	163	150	152	165	200	185	174	152	144	132	147	153
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—
9.	—	—	3	6	10	—	3	—	—	—	—	3	—
10.	10	10	19	19	23	16	13	32	26	23	19	16	6
11.	38	52	23	19	38	52	52	32	48	45	43	29	52
12.	52	38	55	56	29	32	32	36	26	29	38	52	42
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ost-													
1.	12	14	17	20	24	30	33	37	32	36	36	29	31
2.	23	29	31	31	30	31	33	35	31	33	33	33	31
3.	42	48	49	53	43	48	38	47	44	41	41	41	41
4.	74	78	88	56	50	53	42	69	59	76	79	61	80
5.	89	120	54	78	69	54	73	33	64	56	68	105	142
6.	-11	-14	+9	-11	-39	+14	+63	+104	+108	+93	+59	+29	+12
7.	148	177	148	157	152	163	166	161	161	164	180	176	181
8.	—	—	—	—	—	—	6	13	10	6	6	3	10
9.	—	—	3	6	3	—	3	3	—	—	—	—	—
10.	16	19	13	13	13	19	13	16	10	10	6	10	—
11.	39	39	52	32	35	42	26	42	38	49	46	32	32
12.	45	42	32	49	49	39	52	26	42	35	42	55	58
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------	--

Komponente

8	5	4	6	3	1	3	2	6	7	7	9,7	10^{-5} V/km
26	20	19	20	19	14	16	19	23	24	19	23,9	
41	52	43	44	44	34	34	30	38	34	44	43,9	
89	58	68	76	56	46	55	58	48	52	56	64,8	
87	78	81	69	59	82	78	78	86	209	120	90,2	
-78	-32	+15	+84	+85	+72	+17	-8	+7	0	-5		
145	150	144	149	121	109	114	104	131	143	159	3528	10^{-4} V/km
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	%
-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	1,3	
19	19	19	13	19	23	6	10	10	10	13	16,4	
43	33	38	35	43	36	52	42	45	32	26	39,5	
38	48	43	52	35	38	42	48	45	58	55	42,5	
-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	0,2	

Komponente

32	24	25	22	18	13	10	6	10	13	12	22,3	10^{-5} V/km
34	34	31	28	29	23	20	20	24	25	26	29,2	
43	52	44	35	38	36	41	38	39	38	55	43,2	
98	72	59	101	60	59	66	63	77	64	61	68,6	
90	116	126	97	137	139	148	103	91	101	115	94,3	
-7	-15	-48	-68	-64	-74	-74	-57	-10	+5	-6		
181	187	198	186	168	168	154	136	157	149	174	4001	10^{-4} V/km
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	%
-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	1,0	
6	16	13	3	6	10	3	16	6	3	10	10,4	
46	32	26	52	39	35	32	32	42	42	35	38,2	
42	52	61	45	55	52	65	52	49	52	49	47,5	
-	-	-	-	-	3	-	-	-	3	3	0,4	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aug. 1960. Nord -													
1.	1	11	7	5	12	11	14	20	15	11	12	9	8
2.	15	26	19	19	24	28	34	40	26	26	26	24	24
3.	36	44	41	40	37	42	56	61	59	41	57	44	40
4.	55	46	51	67	59	61	55	63	67	48	63	58	73
5.	59	96	86	55	82	84	86	85	27	65	50	53	68
6.	+5	-41	+25	-22	-1	+33	+64	+130	+44	-97	-146	-190	-140
7.	123	127	121	123	154	145	167	185	149	140	136	130	162
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	3	—	—	3	3	—	3	—	—	—
10.	24	14	17	10	17	24	38	27	39	16	16	19	16
11.	45	34	38	49	41	45	31	40	55	49	52	45	45
12.	31	49	42	38	42	31	25	30	6	32	32	36	39
13.	—	3	3	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—
Ost-													
1.	7	12	9	8	11	17	31	43	36	31	36	30	34
2.	20	22	21	19	23	24	32	35	37	35	30	30	31
3.	34	39	43	35	33	33	39	54	47	37	45	45	36
4.	50	62	44	38	49	49	39	55	59	49	77	45	49
5.	61	65	60	44	121	52	59	38	60	79	55	68	95
6.	+46	-7	+25	+22	+17	+39	+66	+114	+130	+59	-12	-53	-31
7.	115	115	116	105	120	98	127	169	159	159	150	139	169
8.	—	—	—	—	—	3	17	20	19	3	3	3	6
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—
10.	3	10	7	17	7	24	17	17	13	10	10	10	10
11.	59	44	38	41	52	38	39	30	36	35	42	35	36
12.	38	41	52	42	41	35	24	33	29	52	45	52	48
13.	—	3	3	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------	--

Komponente

7	5	4	6	4	4	2	3	4	4	2	7,6	10^{-5} V/km
23	20	18	17	19	16	20	16	18	14	13	21,8	
39	44	50	44	36	35	39	33	34	32	37	42,7	
53	58	61	47	50	50	38	50	83	58	26	55,8	
77	50	41	56	110	79	71	83	60	101	98	71,8	
-67	+12	+29	+82	+94	+51	+23	+17	+31	+8	+12		
123	115	130	112	117	108	92	117	112	108	95	3091	10^{-4} V/km
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	%
—	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	0,8	
16	13	17	20	10	20	20	17	7	17	27	19,8	
36	49	40	44	37	33	40	33	50	33	40	41,8	
48	32	40	30	53	47	40	50	43	50	33	36,8	
—	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—	0,8	

Komponente

27	22	16	17	16	11	6	6	8	8	7	18,7	10^{-5} V/km
31	29	27	26	25	20	21	20	16	19	18	25,4	
38	40	44	38	34	31	32	43	43	34	40	39,1	
53	57	59	31	55	66	61	67	85	67	48	54,5	
83	51	54	118	138	106	70	83	64	62	68	73,1	
-49	-41	-28	-52	-55	-8	-30	-41	-28	-25	+31		
149	126	140	146	169	133	114	126	124	124	109	3198	10^{-4} V/km
6	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	3,6	%
—	3	—	3	—	—	—	—	—	—	—	0,4	
13	10	10	7	—	3	3	13	10	7	10	10,0	
29	45	57	24	33	43	54	43	43	53	53	41,8	
52	36	30	60	67	54	43	44	47	40	37	43,4	
—	3	3	3	—	—	—	—	—	—	—	0,8	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sept. 1960. Nord-													
1.	6	8	7	7	17	14	23	20	10	14	15	14	12
2.	19	25	21	19	25	29	32	34	30	25	28	33	27
3.	34	35	31	46	44	56	53	62	45	47	44	49	56
4.	37	32	41	52	43	54	46	56	55	50	105	77	59
5.	88	190	120	104	89	33	64	41	66	85	47	58	59
6.	+29	+6	+16	-4	-9	+22	+65	+103	+62	-65	-147	-203	-153
7.	148	150	126	128	133	148	162	175	164	149	175	166	166
8.	—	—	—	—	—	—	3	3	—	3	—	—	—
9.	—	—	3	—	3	—	3	7	3	—	—	7	3
10.	13	20	13	30	17	30	37	37	17	20	10	13	20
11.	33	23	24	37	47	47	27	30	50	34	63	40	44
12.	54	57	60	33	33	23	30	20	27	40	27	40	33
13.	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3	—	—	—
Ost-													
1.	13	13	13	13	20	28	34	35	34	27	35	37	32
2.	26	26	19	20	23	25	28	32	26	26	32	37	29
3.	34	31	37	33	38	37	27	31	37	41	41	47	37
4.	47	47	34	51	59	49	30	34	35	47	79	63	46
5.	94	95	81	92	50	43	70	49	52	55	63	49	64
6.	+24	+27	+15	0	-1	+22	+31	+92	+122	+77	+51	-8	-50
7.	154	120	107	118	116	119	123	149	148	140	161	150	137
8.	—	—	—	—	3	3	27	13	13	13	—	10	10
9.	3	—	—	—	—	—	—	3	—	—	3	7	—
10.	13	13	17	17	10	20	13	7	14	17	13	17	10
11.	44	27	30	43	44	44	23	34	40	33	54	30	40
12.	40	60	53	40	43	33	37	40	30	34	30	36	40
13.	—	—	—	—	—	—	—	3	3	3	—	—	—

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------	--

Komponente

10	8	8	5	3	2	5	7	4	4	7	9,9	10 ⁻⁵ V/km
27	20	25	20	18	16	18	17	14	21	23	23,6	
47	39	46	33	33	34	35	34	42	35	38	42,5	
69	67	56	58	56	38	44	47	43	54	55	53,8	
49	41	85	28	41	50	64	64	77	86	94	71,8	
-86	+3	+37	+79	+33	+42	+69	+21	+32	+16	+28		
153	146	154	120	101	100	128	117	121	137	148	3414	10 ⁻⁴ V/km
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	%
—	3	—	—	—	3	—	—	—	3	—	1,6	
23	13	23	40	3	23	20	20	20	13	20	20,5	
50	60	40	40	67	47	43	40	30	44	30	41,2	
27	24	37	20	30	27	37	40	50	37	50	35,8	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	0,5	

Komponente

31	28	28	28	17	7	9	7	10	9	14	21,8	10 ⁻⁵ V/km
30	28	30	28	23	19	21	18	19	22	27	25,6	
37	34	43	38	31	34	46	45	35	43	38	37,3	
65	66	58	52	67	54	50	71	63	45	49	52,6	
53	27	25	46	55	75	97	53	75	91	123	65,7	
-30	-21	-21	-37	-57	-50	-63	-23	-48	-62	-31		
134	131	144	130	127	116	148	134	134	141	151	3231	10 ⁻⁴ V/km
7	20	10	7	—	—	—	—	—	—	—	5,8	%
—	—	—	3	—	—	—	—	3	3	—	1,0	
13	10	20	17	7	13	10	13	10	10	7	13,0	
47	47	27	46	63	43	40	44	40	34	40	39,8	
33	23	43	27	30	44	50	43	47	50	53	39,9	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	0,5	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Okt. 1960. Nord-													
1.	0	5	4	8	6	13	16	19	17	13	19	21	20
2.	14	19	19	22	22	25	30	31	35	27	36	38	37
3.	41	33	32	42	38	44	42	48	62	50	49	70	50
4.	35	56	70	63	47	52	59	71	63	64	99	88	85
5.	194	113	118	79	116	83	61	72	34	62	66	63	84
6.	+44	+30	-27	-43	-19	-27	+16	+36	+62	+35	-97	-132	-142
7.	124	109	121	123	116	125	129	172	161	142	160	186	176
8.	—	—	—	—	—	—	6	3	—	—	—	—	3
9.	—	—	3	—	—	—	3	—	7	—	3	3	—
10.	6	3	6	16	13	10	26	16	41	14	13	21	10
11.	32	48	52	48	48	42	33	48	31	62	64	31	53
12.	62	49	39	36	36	45	29	27	14	21	20	42	34
13.	—	—	—	—	3	3	3	6	7	3	—	3	—
Ost-													
1.	8	7	10	12	16	19	30	32	28	34	32	39	35
2.	20	17	24	24	26	28	27	27	32	27	32	36	29
3.	42	32	30	38	34	43	41	30	44	47	52	43	51
4.	56	45	57	61	47	53	39	42	63	59	92	82	43
5.	150	116	162	91	55	59	76	68	28	34	41	84	101
6.	-22	+13	-31	-69	-44	-39	+1	+50	+69	+101	+118	+48	+15
7.	111	104	96	122	96	130	114	136	126	133	162	170	158
8.	—	—	—	—	—	3	6	16	10	7	3	14	7
9.	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—
10.	6	3	3	19	3	10	10	3	20	23	13	3	20
11.	39	42	36	32	62	48	42	32	50	44	57	40	33
12.	52	55	61	49	32	36	39	43	13	23	24	40	40
13.	—	—	—	—	3	3	3	6	7	3	—	3	—

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------

Komponente

11	8	8	3	4	2	3	5	8	4	7	9,2	10^{-5} V/km
32	25	33	22	15	23	18	21	24	26	20	25,4	
51	46	40	41	38	45	39	38	40	43	43	44,5	
95	70	72	103	80	61	69	80	77	80	49	71,1	
66	91	107	117	141	245	206	202	233	181	200	122,0	
-68	-10	+122	+55	+34	+27	+45	-1	+70	-1	-13		
153	155	155	139	119	138	135	149	166	145	152	3448	10^{-4} V/km
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	%
—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	3	1,0	
7	13	7	14	10	10	7	13	7	10	17	12,9	
57	37	41	41	40	33	40	40	43	43	27	43,1	
30	50	49	45	50	57	53	47	50	47	53	41,1	
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,3	

Komponente

32	22	19	13	14	14	11	13	19	21	14	20,3	10^{-5} V/km
29	28	32	23	22	21	20	21	30	22	30	26,1	
40	38	38	35	43	40	39	45	48	37	43	40,5	
51	89	46	62	99	103	116	81	91	78	71	67,5	
75	66	147	124	101	153	149	118	191	135	179	104,0	
-38	-24	+14	+5	+31	-37	+9	-38	-59	-50	-25		
147	145	150	140	126	140	108	145	152	144	129	3178	10^{-4} V/km
7	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3,2	%
—	—	—	—	—	—	—	3	3	—	3	0,6	
7	7	17	3	3	3	10	13	3	—	7	8,7	
40	50	31	47	50	54	47	44	60	43	37	44,2	
43	40	52	50	47	33	43	40	34	57	53	42,0	
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,3	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Nov. 1960. Nord-

1.	7	2	9	8	5	6	7	15	19	15	15	10	10
2.	21	14	22	25	23	24	29	27	36	26	25	26	26
3.	44	39	38	49	45	43	50	55	61	63	46	65	40
4.	44	56	58	51	67	75	49	44	71	81	74	81	83
5.	79	113	73	144	65	45	30	49	33	32	53	42	60
6.	+51	-1	-52	-32	-69	-11	+1	+16	+82	+58	-20	-76	-61
7.	169	154	133	131	113	110	121	149	204	165	166	143	174
8.	—	—	—	—	—	—	—	4	4	—	—	—	3
9.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—
10.	22	4	11	11	15	24	22	25	33	15	16	29	7
11.	30	52	41	52	50	40	52	32	44	63	56	45	55
12.	44	37	44	33	27	36	22	35	15	18	24	18	28
13.	4	7	4	4	8	—	4	4	4	4	4	4	7

Ost-

1.	10	8	9	9	5	16	19	26	29	25	27	20	23
2.	24	18	21	26	21	31	29	28	30	26	30	24	25
3.	59	39	67	38	44	44	59	40	37	35	37	58	33
4.	52	61	40	86	54	71	54	60	51	68	77	46	69
5.	77	73	53	89	41	65	58	29	66	47	53	46	33
6.	-29	+41	-24	-35	-56	-19	-16	-5	+12	+56	+16	+28	+36
7.	133	142	112	127	93	106	123	146	169	134	149	140	160
8.	—	—	—	—	—	4	—	7	4	11	4	4	7
9.	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	—
10.	11	—	19	11	12	8	19	10	7	7	12	18	14
11.	44	54	35	33	53	49	42	46	33	56	56	33	48
12.	45	38	42	52	27	35	31	34	52	22	24	41	24
13.	—	8	4	4	8	4	4	3	4	4	4	4	7

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
Komponente												
8	9	5	5	8	1	4	3	5	9	11	8,3	10^{-5} V/km
27	31	19	19	22	27	13	14	16	22	18	23,0	
44	41	38	37	56	28	31	33	37	55	28	44,5	
49	98	55	46	32	53	66	48	89	67	55	62,1	
95	54	36	80	114	95	32	133	74	81	193	75,1	
-28	-37	-8	+47	+8	+39	+6	+23	+40	+26	-4		
153	141	126	118	106	93	98	109	125	118	162	3280	10^{-4} V/km
—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—	0,6	%
—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	0,3	
18	8	24	22	10	14	15	7	4	11	4	15,0	
32	61	44	26	37	38	54	36	44	41	37	44,7	
43	23	28	48	50	42	27	50	52	44	52	35,0	
7	8	4	4	—	3	4	7	—	4	7	4,4	

Komponente

26	23	20	15	18	12	8	7	12	14	10	16,2	10^{-5} V/km
21	23	20	18	23	46	19	25	23	23	22	24,8	
35	28	32	29	59	36	37	44	39	69	36	43,0	
39	47	40	33	54	68	55	68	100	65	53	58,7	
60	92	71	125	98	75	89	140	107	112	125	76,0	
-4	+24	+32	+6	-36	-16	+40	+35	-42	-6	-38		
139	140	130	125	126	132	132	126	138	153	145	3220	10^{-4} V/km
11	4	4	—	3	—	—	—	—	—	—	2,6	%
—	—	4	—	—	3	—	—	—	4	—	0,6	
4	4	7	4	17	14	4	11	7	7	—	9,5	
39	31	37	36	33	41	44	36	43	41	37	41,7	
39	53	44	56	47	42	52	46	50	44	56	41,5	
7	8	4	4	—	—	—	7	—	4	7	4,1	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Dez. 1960. Nord-													
1.	1	2	2	3	4	8	8	25	29	22	17	20	17
2.	9	12	16	17	17	25	27	31	38	37	33	38	29
3.	33	39	33	48	47	42	55	56	39	49	69	64	55
4.	63	56	63	79	72	51	84	61	81	75	76	104	112
5.	93	109	67	44	53	80	22	79	36	34	41	49	56
6.	-12	-21	-2	-14	-14	-26	+17	+31	-9	+4	+8	-37	-5
7.	105	109	104	106	122	124	150	148	164	176	180	189	184
8.	—	—	—	—	—	—	—	3	10	—	—	—	6
9.	—	—	—	—	—	—	3	3	3	7	3	3	—
10.	3	10	13	6	20	6	19	10	6	17	23	16	6
11.	52	35	48	62	53	39	59	39	68	53	54	59	62
12.	45	55	39	32	27	55	16	45	13	23	20	22	26
13.	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—
Ost-													
1.	5	3	5	5	13	24	25	35	37	32	30	33	42
2.	15	10	13	13	17	21	27	29	36	37	34	39	35
3.	35	38	25	37	34	34	50	59	37	48	46	45	34
4.	45	81	55	57	48	64	58	66	80	52	70	64	55
5.	95	68	73	53	121	83	53	41	48	76	46	59	82
6.	+2	-11	+1	-12	-24	-9	+5	+17	+37	+60	+53	+12	+25
7.	98	92	100	88	99	124	146	149	165	155	159	152	166
8.	—	—	—	—	—	—	3	6	10	—	7	6	19
9.	—	—	—	—	3	—	—	—	3	7	3	6	—
10.	3	3	—	6	3	6	16	19	3	20	7	6	3
11.	36	55	48	58	39	55	46	46	52	47	50	40	30
12.	61	42	52	36	55	39	32	29	32	27	33	42	48
13.	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	—

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. summe	
Komponente												
20	12	8	8	3	2	3	3	3	5	1	9,4	10 ⁻⁵ V/km
35	23	22	26	14	13	13	17	13	11	12	22,0	
56	42	37	47	31	35	33	37	30	33	31	43,4	
77	66	89	84	70	60	62	63	63	73	57	72,5	
93	99	81	142	99	99	156	147	145	168	98	87,1	
+26	+15	-2	+50	-14	-1	+24	+3	+16	-26	-10		
180	145	134	138	124	97	124	125	119	118	97	3259	10 ⁻⁴ V/km
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9	%
—	—	3	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	
10	3	3	13	6	13	3	10	—	3	6	9,4	
48	52	62	29	36	51	48	23	45	55	49	49,2	
39	45	32	58	58	36	49	67	55	42	45	39,4	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	

Komponente												
37	38	28	23	12	8	9	9	9	10	6	19,8	10 ⁻⁵ V/km
31	26	20	19	19	13	19	19	19	17	14	22,7	
49	30	34	30	28	28	34	31	29	28	29	36,4	
41	67	58	52	57	45	45	84	44	57	65	58,7	
112	89	119	132	117	95	122	93	146	130	122	90,5	
+26	+12	+25	-7	+24	-25	-63	-40	-61	-24	-25		
156	131	129	125	107	101	106	123	126	115	109	3018	10 ⁻⁴ V/km
6	10	3	10	3	—	—	—	—	—	—	3,5	%
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9	
16	—	—	3	3	6	—	—	3	—	3	5,4	
19	48	55	36	23	36	32	36	29	39	45	41,6	
59	42	42	51	71	58	68	64	68	61	52	48,5	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Jahr 1960. Nord-

1.	2	4	4	6	8	10	11	14	14	10	10	8	7
2.	13	17	18	20	21	25	27	28	31	25	23	24	22
3.	33	36	33	33	42	43	46	52	50	45	48	46	40
4.	53	60	59	54	65	71	71	73	84	69	83	85	88
5.	116	111	114	104	80	75	72	68	47	72	69	89	96
6.	+10	0	-5	-12	-4	+14	+39	+64	+45	-24	-86	-122	-118
7.	138	125	124	128	134	147	155	167	165	157	156	161	169
8.	—	—	—	—	—	—	1	2	2	1	—	—	1
9.	—	—	1	1	1	—	2	1	3	1	1	2	—
10.	9	8	10	12	15	15	18	17	19	16	14	11	7
11.	39	42	41	39	44	46	43	43	51	41	50	43	48
12.	51	49	47	47	39	38	34	35	24	39	34	43	43
13.	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1

Ost-

1.	6	6	8	9	13	19	26	31	30	28	28	29	28
2.	18	18	19	20	22	24	27	30	33	30	30	30	29
3.	33	34	35	37	36	37	36	41	40	37	39	41	37
4.	57	61	62	57	56	54	49	52	63	64	75	69	64
5.	98	88	87	80	73	69	66	57	57	74	71	87	96
6.	-3	+8	-5	-14	-17	-2	+22	+47	+64	+72	+49	+14	+3
7.	125	118	114	121	117	127	133	147	151	148	154	156	157
8.	—	—	—	—	—	2	10	11	9	5	3	4	6
9.	1	—	—	1	1	—	1	1	2	1	1	1	1
10.	5	6	6	9	8	12	10	12	10	10	8	6	8
11.	43	44	43	41	44	39	38	37	44	38	46	38	36
12.	50	49	50	48	46	46	39	37	34	44	41	50	48
13.	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe	
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------	--

Komponente

7	5	4	3	2	1	2	2	3	4	3	5,9	10^{-5} V/km
24	20	18	16	15	14	13	14	14	15	14	19,6	
44	41	39	39	35	33	33	32	33	32	33	39,2	
74	71	69	71	57	53	53	56	61	68	63	66,2	
107	84	93	85	94	109	102	111	107	129	120	93,8	
-64	-15	+26	+63	+54	+44	+33	+21	+25	+15	-2		
159	145	144	132	116	114	112	114	122	124	125	3327	10^{-4} V/km
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	%
-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	0,7	
12	12	11	16	10	12	10	9	8	7	10	12,0	
41	45	41	41	40	36	43	37	42	40	41	42,4	
44	41	46	42	49	49	46	53	49	52	47	43,4	
2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1,2	

Komponente

28	25	21	15	13	8	6	6	8	8	7	16,9	10^{-5} V/km
28	25	25	22	20	20	17	17	17	18	19	23,2	
37	33	37	34	35	32	34	33	34	36	34	35,8	
64	67	61	60	60	64	62	70	73	62	62	62,1	
96	85	102	113	116	121	116	108	117	117	123	92,5	
-10	-12	-13	-18	-24	-35	-30	-31	-31	-18	-13		
157	149	154	143	137	133	126	125	133	136	131	3289	10^{-4} V/km
5	5	3	2	1	-	-	-	-	-	-	2,8	%
1	1	-	1	-	-	-	-	1	1	1	0,7	
7	6	9	4	6	5	4	7	6	4	4	7,2	
37	39	36	38	37	41	38	38	40	37	40	39,7	
48	47	50	53	55	53	57	54	52	57	54	48,3	
2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1,3	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----

Jahr 1960. Gestörte Tage.

1.	6	12	13	19	14	17	16	21	24	21	28	21	22
2.	24	26	29	44	37	36	43	55	82	42	44	45	44
3.	53	55	57	89	66	68	48	91	90	68	77	82	69
4.	83	141	88	105	88	126	113	132	128	99	144	168	164
5.	277	196	401	234	227	200	184	110	50	151	101	81	130
6.	-14	+21	+15	-10	-11	-11	+43	+32	+44	+49	-39	-115	-111
7.	238	286	279	283	264	299	333	324	317	360	319	277	346
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9.	—	—	—	—	—	—	4	4	11	8	4	3	—
10.	3	7	12	30	16	9	4	22	27	12	12	21	3
11.	34	52	35	22	32	44	40	52	46	42	56	52	63
12.	63	41	53	48	52	47	52	22	14	38	28	24	34
13.	3	15	12	7	12	13	16	26	19	19	12	7	7

Ost-

1.	13	16	24	26	26	26	37	39	41	39	43	42	42
2.	31	32	42	49	39	49	86	61	86	53	51	53	55
3.	73	55	90	73	48	60	65	83	87	41	95	103	67
4.	68	105	57	145	99	86	102	120	77	75	141	135	119
5.	205	223	358	207	266	171	126	74	110	182	90	142	214
6.	-47	+22	-87	-53	+3	+39	+77	+95	+75	+107	+71	+10	+47
7.	229	306	277	301	272	297	275	297	306	310	347	313	347
8.	—	—	—	—	—	—	—	4	4	4	4	—	—
9.	—	—	—	—	3	—	—	—	7	4	4	—	—
10.	6	7	11	14	3	7	12	25	18	4	18	17	7
11.	29	42	14	28	34	37	46	42	26	28	30	37	34
12.	65	51	75	58	60	56	42	29	45	60	44	46	59
13.	3	10	11	7	10	15	15	25	15	20	11	7	7

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------

Nord-Komponente

14	9	9	9	8	1	4	5	7	8	11	13,3	10^{-5} V/km
38	28	30	28	26	34	20	17	24	24	22	35,1	
73	58	71	55	66	44	55	44	48	60	41	63,7	
124	152	154	167	105	155	92	106	122	146	102	125,1	
158	97	141	184	205	231	374	284	292	279	336	205,2	
+3	-99	+14	+115	+55	+35	+41	-35	+51	-45	-28		
301	310	335	299	264	239	229	221	227	248	248	6845	10^{-4} V/km
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,0	%
—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	—	1,5	
7	8	8	4	7	—	—	4	6	7	—	9,5	
52	54	42	55	22	31	31	39	32	37	40	41,9	
41	38	50	41	71	66	69	57	62	56	60	47,1	
15	23	12	11	15	7	3	7	—	—	3	11,0	

Komponente

34	28	26	25	20	22	20	11	16	18	17	27,2	10^{-5} V/km
37	34	38	39	32	53	35	23	34	30	35	44,8	
55	45	50	53	82	58	46	42	51	80	46	64,4	
109	174	116	91	157	139	137	139	112	130	103	113,9	
169	97	213	308	196	283	439	187	319	200	283	211,0	
-78	-11	-14	-13	-16	-74	-79	-26	+28	-32	-44		
315	301	320	317	293	301	317	216	268	283	247	7054	10^{-4} V/km
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,7	%
—	—	—	—	—	4	—	—	—	—	—	0,9	
4	8	8	—	11	4	—	3	3	6	—	8,2	
44	46	31	33	33	33	13	52	39	29	33	33,8	
52	46	61	67	56	59	87	45	58	65	67	56,4	
15	25	12	11	15	7	3	7	—	—	3	10,6	

Uhr Param.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Jahr 1960. Ruhige Tage.													
1.	2	2	3	4	5	6	3	8	5	4	5	4	5
2.	11	15	16	18	16	18	16	23	16	15	16	17	16
3.	27	30	31	33	32	30	38	37	35	34	33	34	35
4.	31	50	34	38	41	42	45	45	50	54	48	47	41
5.	44	25	45	24	22	35	21	32	22	26	44	46	39
6.	+2	+5	+3	+9	+27	+37	+58	+73	+44	-31	-110	-152	-123
7.	74	69	63	65	60	74	82	92	89	78	82	80	80
8.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
9.	—	—	4	9	2	—	—	4	—	—	—	2	—
10.	20	17	15	24	18	16	28	15	16	22	7	11	15
11.	32	55	35	45	49	55	44	46	60	54	49	51	50
12.	48	28	46	22	31	29	28	35	24	22	44	36	35
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ost-													
1.	2	4	3	5	9	9	12	20	17	19	17	19	19
2.	14	15	11	13	15	14	13	15	15	18	21	18	17
3.	26	27	27	28	26	24	23	25	27	26	33	31	28
4.	36	48	37	35	30	24	20	26	36	37	41	47	34
5.	36	28	32	21	28	38	36	28	27	33	39	33	42
6.	-3	-6	0	-12	-21	-20	+14	+39	+58	+51	+38	+7	-5
7.	67	66	54	55	50	52	61	75	73	76	84	83	75
8.	—	—	—	—	2	2	11	11	13	4	—	4	7
9.	—	—	2	4	—	—	—	—	—	—	2	2	—
10.	4	9	11	18	9	13	13	9	7	11	13	7	16
11.	50	58	52	47	44	29	30	34	49	45	47	51	44
12.	46	33	35	31	45	56	46	46	31	40	38	36	33
13.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Mittel bzw. in 7. Summe
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------------------------

Nord-Komponente

3	2	2	1	1	0	2	2	1	0	2	3,1	10^{-5} V/km
16	14	12	11	9	10	11	8	10	11	12	14,2	
34	32	31	29	28	26	29	21	24	29	32	31,1	
46	44	38	46	31	28	33	30	27	31	36	39,8	
31	24	26	18	30	36	21	49	40	44	28	32,2	
-70	+3	+34	+58	+42	+27	+12	+17	+11	+13	+11		
75	64	62	59	54	49	55	56	55	59	64	1640	10^{-4} V/km
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	%
2	-	2	-	-	2	-	-	-	2	-	1,2	
20	9	27	20	17	22	11	-	11	12	21	16,4	
45	58	33	60	37	40	60	42	42	30	44	46,5	
33	33	38	20	46	36	29	58	47	56	35	35,8	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	

Komponente

17	13	12	11	6	3	2	4	2	4	4	9,5	10^{-5} V/km
20	19	17	18	13	13	11	10	9	14	17	14,9	
21	26	26	28	27	25	26	24	24	26	28	26,5	
44	43	39	43	39	38	35	28	34	45	44	36,7	
28	24	35	32	49	50	48	62	42	36	27	35,6	
-17	-13	-8	-10	-20	-16	-22	-12	-15	-2	-5		
76	71	75	76	78	66	67	69	61	66	82	1657	10^{-4} V/km
4	11	7	2	-	-	-	-	-	-	-	3,2	%
-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	-	0,6	
7	7	7	7	11	9	4	7	13	9	9	9,6	
49	51	44	56	42	40	40	31	36	47	56	44,6	
40	31	42	31	47	51	56	62	51	40	35	42,0	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	

IV.

Richtung der dreistündlichen mittleren Amplituden

Uhr		0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	Mittel
Jan.	1.	86	87	80	85	85	89	90	82	85
	2.	51	51	50	50	46	54	52	61	51
	3.	35	38	40	34	32	37	38	46	37
	4.	50	37	39	37	34	46	51	41	42
	5.	33	40	37	37	37	45	49	52	42
	T.	41	38	41	38	37	43	45	46	41
Febr.	1.	63	79	62	80	84	88	77	86	77
	2.	56	46	45	49	49	55	49	56	50
	3.	41	47	43	38	33	42	38	45	41
	4.	53	42	40	36	37	38	52	48	42
	5.	44	40	47	43	36	42	54	54	45
	T.	47	44	41	41	38	46	51	50	44
März	1.	85	73	75	83	86	87	90	90	85
	2.	50	44	43	57	53	56	61	62	53
	3.	49	41	38	37	38	44	42	49	42
	4.	39	42	27	34	38	41	54	34	38
	5.	41	45	53	37	35	47	40	57	44
	T.	42	41	34	39	39	44	47	50	42
April	1.	68	62	68	79	83	80	81	66	74
	2.	48	49	49	52	58	59	53	58	53
	3.	44	44	36	51	48	46	46	46	45
	4.	41	43	25	39	42	46	49	48	42
	5.	35	46	52	47	46	53	44	40	44
	T.	38	44	42	45	47	48	48	49	45
Mai	1.	74	58	79	84	84	90	90	64	78
	2.	51	44	50	63	60	67	65	52	55
	3.	41	40	34	42	44	48	45	50	43
	4.	46	37	33	44	44	46	48	42	42
	5.	46	43	40	47	46	56	46	49	47
	T.	47	42	42	48	50	51	49	45	47
Juni	1.	66	45	70	78	82	87	78	61	72
	2.	49	40	46	59	63	66	63	48	54
	3.	46	40	45	46	44	44	43	47	45
	4.	43	37	39	47	48	45	43	45	43
	5.	39	36	35	49	47	57	64	44	46
	T.	45	40	42	53	51	54	54	48	48
Juli	1.	54	52	68	68	76	78	78	60	66
	2.	50	43	48	52	55	57	53	49	51
	3.	49	45	39	41	46	42	52	49	45
	4.	54	40	35	38	43	48	50	52	47
	5.	34	36	39	50	56	60	60	37	46
	T.	46	42	44	51	51	53	55	48	49
Aug.	1.	58	52	66	72	76	74	68	66	68
	2.	47	43	47	51	53	55	50	50	49
	3.	43	43	38	38	43	42	45	49	42
	4.	46	36	39	45	41	42	55	48	44
	5.	38	44	39	51	50	56	48	37	46
	T.	43	38	42	48	48	52	49	49	46

Uhr		0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	Mittel
Sept.	1.	56	58	59	66	72	77	60	67	66
	2.	48	43	42	48	49	52	49	49	47
	3.	45	36	30	42	37	43	51	45	41
	4.	49	47	32	39	43	47	54	46	44
	5.	34	39	45	41	44	39	51	48	42
	T.	42	41	40	43	41	47	49	46	43
Okt.	1.	71	61	60	63	67	73	76	71	66
	2.	51	48	42	43	43	47	45	50	46
	3.	44	42	37	40	41	44	46	45	42
	4.	45	45	36	43	36	39	55	49	44
	5.	45	37	46	40	45	44	33	40	40
	T.	41	44	36	43	42	45	42	42	42
Nov.	1.	55	55	60	62	70	72	75	54	63
	2.	47	47	43	46	49	45	59	51	47
	3.	54	43	39	37	38	43	52	51	44
	4.	52	48	45	39	34	40	49	46	43
	5.	37	37	54	48	41	51	49	45	45
	T.	40	43	42	42	43	48	52	47	44
Dez.	1.	70	71	57	58	67	74	72	71	65
	2.	47	41	42	45	46	47	49	54	46
	3.	43	38	44	38	37	37	41	42	40
	4.	45	40	42	36	33	34	43	41	39
	5.	41	43	46	56	49	49	42	44	46
	T.	42	42	45	41	42	42	43	46	43
Jahr	1.	62	60	66	72	77	79	76	66	71
	2.	50	45	46	51	51	54	53	52	50
	3.	45	41	38	38	40	43	47	47	42
	4.	47	41	36	41	40	43	50	46	43
	5.	39	36	44	47	44	51	47	45	44
	T.	43	42	42	44	45	48	49	47	45
D	1.	60	57	63	61	66	70	80	63	64
	2.	53	49	52	50	49	53	58	55	52
	3.	53	39	46	47	40	44	44	50	45
	4.	36	46	44	40	42	41	50	44	42
	5.	42	44	42	52	52	53	46	41	46
	T.	45	46	43	45	45	46	50	48	46
Q	1.	41	57	72	80	78	82	70	69	72
	2.	43	38	39	50	50	56	48	50	46
	3.	37	40	34	42	36	43	45	42	40
	4.	46	36	30	40	43	43	48	52	43
	5.	40	47	50	42	45	57	57	44	48
	T.	42	38	39	45	45	52	52	49	45

V.

*Harmonische Analyse der aus je einem Monat gerechneten durchschnittlichen täglichen
Feldstärkengänge*

	A_1	φ_1	A_2	φ_2	A_3	φ_3	A_4	φ_4	A_5	φ_5	A_6	φ_6
Nord-Komponente												
Jan.	12	49	20	262	21	86	17	300	10	113	6	338
Febr.	29	129	42	258	26	99	15	321	2	125	12	45
März	45	111	70	273	48	101	31	311	8	163	14	105
April	62	120	79	274	48	107	17	340	24	247	7	319
Mai	45	114	76	297	56	125	6	336	6	267	9	320
Juni	44	110	68	290	41	138	5	36	3	84	14	28
Juli	27	106	68	286	34	117	1	149	8	247	4	12
Aug.	42	120	72	293	51	150	21	16	19	271	2	243
Sept.	53	112	66	287	46	136	29	359	5	231	8	185
Okt.	34	140	40	275	53	113	30	313	9	73	6	62
Nov.	13	150	33	221	32	105	10	326	5	180	14	55
Dez.	11	230	8	281	6	140	9	343	1	342	2	154
Jahr	33	117	53	280	35	118	10	340	3	266	4	77
Ost-Komponente												
Jan.	39	336	25	91	15	40	12	228	16	63	4	31
Febr.	24	269	15	148	22	23	14	222	7	53	2	104
März	26	324	16	163	19	48	10	238	3	174	9	355
April	36	336	26	198	12	57	4	331	1	141	5	335
Mai	41	350	14	196	18	154	2	38	8	227	9	21
Juni	26	341	21	179	24	129	1	239	9	201	5	291
Juli	59	346	34	171	20	119	11	341	12	273	7	284
Aug.	51	17	25	230	27	113	15	18	13	203	8	160
Sept.	53	353	16	199	28	81	19	334	9	80	6	85
Okt.	42	293	26	184	39	55	4	194	13	40	2	218
Nov.	21	258	14	143	11	19	17	28	15	50	4	145
Dez.	35	302	9	81	17	74	3	265	3	163	6	351
Jahr	33	333	17	173	17	75	5	312	2	26	2	0

Amplituden (A) in 10^{-5} V/km.
Phasenwinkel (φ) in $^{\circ}$.

VI/a

Die Zeitpunkte der Störungen

Jan. 1960

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
10. 7h 30	4. 0h 45	12. 22h 00	3. 17h 45	5. 3h 00			29. 16h 30	1. 22h 30	4. 9h 15
	4. 23 15	13. 2 30	3. 22 45	12. 20 00				1. 23 15	25. 22 30
	12. 20 15	16. 22 15	4. 21 15	16. 23 30				6. 23 15	31. 11 45
	15. 22 00	27. 1 45	7. 18 15	19. 23 30				10. 0 15	
	29. 23 00		12. 14 00	20. 10 30				10. 0 45	
			13. 4 00	27. 12 30				10. 1 45	
			14. 23 30	28. 11 30				15. 21 45	
			16. 2 45	28. 20 15				15. 23 30	
			16. 18 15	29. 3 00				31. 22 30	
			21. 2 15	31. 5 15					
			21. 20 30						
			28. 3 15						

Febr.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
	5. 21h 30	3. 22h 30	4. 6h 00	1. 14h 00			5. 1h 30	11. 1h 30	9. 13h 30
	9. 1 30	3. 23 30	4. 20 00	2. 4 30			10. 5h 15	15. 22 00	
	23. 22 15	4. 2 30	6. 17 30	9. 18 30				16. 2 15	
	24. 23 30	9. 3 00	6. 23 30	16. 10 00				16. 22 15	
	25. 1 00	11. 2 00	8. 1 00	16. 21 45				24. 22 30	
	25. 22 45	16. 2 30	11. 11 30	18. 15 30				25. 18 15	
	29. 1 30	19. 18 30	17. 19 00?	21. 2 30				25. 22 15	
		20. 23 00	20. 17 15	26. 18 45				26. 1 00	
		22. 20 30	21. 17 15	27. 21 30				26. 2 00	
		29. 3 15	23. 17 00					29. 3 00	
			24. 10 00						
			28. 16 15						

März

i.	ii.	iii.	iv.	v.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
	2. 20h 45	2. 2h 30	1. 15h 45	4. 10h 30				7. 22h 15	2. 18h 15
	7. 21 30	2. 23 00	2. 13 45	7. 12 30				7. 22 30	
	7. 21 45	3. 23 45	2. 20 00	14. 17 00				7. 23 00	
	8. 1 00	4. 22 45	3. 0 30	18. 2 15				7. 23 15	
	8. 4 15	11. 2 15	6. 20 30	19. 10 15				8. 0 30	
	9. 0 00	12. 0 00	15. 9 30?	19. 10 30				8. 2 30	
	12. 20 30	12. 22 30	16. 0 30?	25. 0 15				8. 2 45	
	13. 22 15	13. 21 45	17. 21 00	27. 10 30				11. 21 00	
	19. 0 30	15. 13 30	20. 9 30	29. 10 15				13. 3 30	
	23. 0 45	16. 23 30	22. 23 30	29. 16 00				13. 5 00	
	23. 22 45	18. 23 15	28. 22 30					13. 5 30	
	29. 23 15	26. 0 30	30. 18 30					13. 6 30	
	29. 23 30	30. 22 30						18. 1 30	
		31. 0 00						21. 0 30	
		31. 1 00						21. 1 30	
								23. 0 30	
								24. 1 45	
								27. 20 30	
								29. 22 45	
								31. 0 30	

April

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
3. 0h 00	9. 0h 45	7. 22h 45	4. 22h 00?	3. 18h 00			7. 8h 15	5. 23h 00	4. 6h 30
6. 17 30	10. 0 45	8. 2 30	5. 9 45	3. 19 30			13. 15 15	7. 0 15	4. 14 45
27. 21 00	18. 22 30	10. 2 00	8. 4 00	5. 21 00				7. 0 45	17. 17 15
	21. 0 30	14. 22 00	8. 18 00?	6. 12 30				9. 0 30	
	25. 23 30	25. 22 45	9. 15 30	7. 16 15				12. 23 30	
		27. 0 00	11. 14 30	10. 2 30				18. 22 15	
		29. 0 30	11. 22 30	12. 20 45				19. 20 00	
		30. 0 00	17. 1 00?	13. 14 15				25. 20 15	
			17. 3 00	16. 19 45				26. 0 00	
			18. 10 15	19. 1 30					
			19. 17 30						
			20. 12 30						
			23. 22 15						
			24. 22 45						

Mai

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
8. 5h 15	4. 21h 00	1. 22h 00	4. 16h 00	5. 4h 00				14. 0h 30	16. 13h 00
11. 5 30	5. 22 00	7. 23 15	8. 0 15?	11. 20 30				19. 0 00	22. 2 30
16. 15 00	11. 22 45	23. 21 30	12. 23 45?	15. 11 15				19. 23 00	28. 1 15
23. 15 30	14. 22 45	26. 22 30	18. 16 30	22. 15 45				21. 0 15	
28. 21 15	17. 22 30		21. 15 00	24. 2 30				24. 20 00	
	24. 19 00		25. 18 45	24. 2 45				24. 20 45	
	24. 23 30		26. 20 00	27. 10 30				26. 22 00	
	25. 23 30		27. 13 45	31. 9 45					
			27. 14 15	31. 10 30					
			28. 14 00						
			30. 23 15						

Juni

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
4. 3h 45	6. 21h 00	21. 1h 15	2. 2h 15	2. 1h 15				5. 20h 15	
27. 4 45	10. 20 30	22. 3 30	5. 19 00	2. 15 00				11. 19 45	
29. 20 45	11. 20 30	23. 1 00	9. 19 30	9. 17 30				13. 2 30	
30. 18 30	12. 14 30	23. 1 45	12. 1 00	17. 5 45				15. 2 30	
	14. 20 00	24. 20 30	13. 18 00	29. 18 45				16. 0 15	
	17. 1 00		13. 23 30					19. 20 45	
	17. 23 45		14. 15 30					21. 22 45	
	19. 21 30		15. 12 30					21. 23 15	
	19. 23 45		18. 2 30?					23. 20 30	
	20. 17 30		20. 16 15						
	22. 21 00		24. 12 30						
	26. 23 15		24. 14 30						
	27. 0 00		25. 12 15						
			25. 21 15?						

Juli

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
1. 13h 15	2. 1h 30	11. 22h 00	1. 19h 00	2. 14h 15				4. 21h 30	1. 20h 15
14. 5 45	3. 17 00	13. 1 15	2. 22 00	7. 13 45				9. 19 00	17. 9 15
14. 18 00	5. 1 30	17. 17 30	7. 0 45	7. 18 45				11. 1 15	24. 8 00
	7. 23 30	18. 0 00	9. 10 00	11. 6 15				11. 17 45	29. 15 30
	8. 21 30	20. 0 30	10. 18 15	18. 19 30				11. 23 30	
	8. 22 00	20. 23 00	11. 20 00	22. 8 45				17. 16 30	
	9. 23 30	31. 23 30	17. 1 15	28. 5 45				26. 21 00	
	10. 2 45		17. 3 00	29. 2 30				28. 0 45	
	10. 20 45		18. 12 30						
	10. 23 15		18. 14 45						
	13. 21 15		19. 12 00						
	17. 22 30		24. 17 00						
	24. 1 00		25. 16 15						
	24. 1 30		30. 1 00?						
	24. 21 45		30. 20 00						
	25. 21 30		31. 2 45?						
	28. 21 30								
	28. 23 30								

Aug.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
14. 16h 15	2. 22h 30	1. 23h 30	3. 1h 30	5. 15h 30				3. 16h 30	
16. 16 15	5. 1 00	2. 22 45	4. 18 30	6. 12 00				3. 17 15	
19. 17 15	5. 2 00	8. 21 30	7. 17 30	7. 2 00				4. 14 45	
29. 1 30	5. 20 45	8. 23 15	16. 12 45	13. 12 30				5. 2 30	
	6. 1 45	12. 17 45	21. 19 00?	14. 14 00				5. 19 30	
	6. 2 30	16. 21 00	22. 20 00?	20. 1 15				23. 0 30	
	7. 1 30	17. 0 45	25. 15 30	24. 3 30				23. 18 45	
	10. 0 45	19. 22 30	27. 21 30?	26. 15 30				24. 18 30	
	10. 1 30	19. 23 00	31. 18 30	27. 13 00				26. 18 00	
	13. 20 45	20. 22 30		28. 9 30					
	16. 1 15	27. 1 00							
	21. 23 30	31. 22 15							
	24. 1 15								
	24. 1 30								
	24. 20 30								
	25. 14 30								
	26. 19 45								
	27. 22 00								

Sept.

I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
4. 3h 30	1. 22h 45	4. 23h 30	2. 13h 00	6. 1h 00			17. 2h 15	4. 1h 15	11. 12h 15
4. 12 45	2. 23 00	5. 23 45	3. 7 30	9. 10 15				4. 1 30	22. 15 00
	8. 19 45	6. 23 15	7. 17 15	19. 14 15				5. 23 30	26. 17 15
	9. 23 15	7. 22 00	7. 19 15	23. 2 45				8. 1 30	29. 9 30
	11. 21 15	9. 23 30	11. 3 00?	23. 19 00				8. 1 45	
	12. 20 30	11. 22 15	12. 23 30	25. 5 30				9. 1 00	
	13. 21 15	13. 2 00	13. 4 15	26. 7 45				12. 19 00	
	14. 21 00	14. 0 15	14. 3 30	26. 21 15				15. 5 00	
	14. 21 45	23. 23 30	15. 11 15					28. 23 00	
	15. 16 30	27. 0 00	15. 20 15						
	15. 18 45	29. 22 00	16. 21 00						
	16. 0 30	30. 1 30	17. 11 30						
	16. 1 45	30. 19 45	21. 9 30						
	17. 21 30		22. 15 00						
	21. 19 30		25. 7 30						
	25. 20 00		26. 20 30						
	26. 2 15		29. 14 45						
	26. 20 45								
	28. 22 00								
	29. 1 45								

Nov.

I.	II.	III.	IV	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
10. 8h 15	1. 22h 15	1. 22h 30	4. 20h 15	1. 13h 00				8. 15h 30	8. 8h 30
	2. 21 30	1. 22 45	5. 14 30	3. 1 45					8. 12 15
	3. 22 45	2. 20 45	15. 3 00	12. 14 30					
	4. 0 30	3. 21 00	17. 17 00	19. 5 00					
	7. 2 30	3. 23 30	22. 3 00	21. 22 45					
	9. 0 30	3. 23 45	22. 18 15	24. 5 15					
	9. 0 45	4. 19 00	25. 4 00	30. 20 00					
	9. 22 15	6. 21 30	26. 4 00						
	14. 23 45	14. 20 15	26. 20 45						
	21. 0 00	17. 20 30	28. 1 00						
	22. 22 15	21. 19 15	28. 5 45						
	22. 22 45	22. 23 15	28. 14 00						
	24. 3 15	25. 21 45	29. 1 00						
	26. 22 00	25. 23 00	29. 18 30						
	26. 23 30	25. 23 45							
	28. 0 30	29. 22 45							
	29. 2 15	29. 23 45							
	29. 2 30								
	29. 2 45								
	29. 22 15								
	29. 23 15								
	29. 23 30								
	30. 2 15								

Dez.									
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
	9. 23h 15	6. 21h 30	2. 13h 30	5. 20h 45				4. 23h 30	22. 9h 30
	12. 1 00	7. 21 30	2. 21 30	5. 23 00				4. 23 45	
	13. 20 45	12. 19 00	3. 4 45	19. 2 45				5. 0 15	
	17. 20 45	13. 1 15	6. 13 00	24. 14 30				12. 21 15	
	18. 19 30	17. 21 30	7. 19 00	25. 21 00				13. 1 45	
	29. 22 00	18. 0 30	7. 22 30?	29. 9 45				13. 2 30	
		22. 23 30	9. 15 15					22. 23 45	
		24. 22 30	9. 21 30					30. 22 45	
		24. 23 30	10. 0 30						
		25. 20 30	10. 21 15						
		28. 16 00	12. 1 30?						
			15. 1 30						
			18. 3 45						
			18. 20 45						
			19. 22 00						
			20. 20 00						
			27. 8 00						
			27. 16 15?						
			28. 11 30						
			28. 20 30						
			29. 16 30						
			30. 18 30						
			31. 18 45						

VI/b.

Die Kennwerte der Störungen

Uhr Kennwerth	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	Summe
------------------	-----	-----	-----	------	-------	-------	-------	-------	-------

I.

A	—	1	—	—	1	1	—	—	3
B	—	1	1	—	—	2	—	—	4
C	2	4	1	—	1	4	3	2	17
a	1	4	—	—	2	2	1	2	12
b	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c	—	—	1	—	—	1	—	—	2
d	1	—	—	—	—	1	2	—	4
Summe	2	6	2	—	2	7	3	2	24

II.

a	17	1	—	—	—	—	4	17	39
β	20	1	1	—	3	2	19	57	103
γ	19	—	—	—	—	4	6	52	81
δ	1	—	—	—	—	—	5	8	14
ε	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ζ	17	1	—	—	—	—	1	7	26
η	4	2	—	—	—	—	—	2	8
θ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ι	—	—	—	—	—	—	—	—	—
a	54	5	—	—	2	5	16	94	176
b	2	—	1	—	—	—	—	3	6
c	—	—	—	—	—	1	11	21	33
d	6	—	—	—	1	1	6	12	26
0-2 · 0,1 St. .	28	1	1	—	2	4	13	47	96
3-5	29	3	—	—	1	4	19	67	123
6-10	19	1	—	—	—	—	6	27	53
11-	2	—	—	—	—	—	—	6	8
Summe	80	5	1	—	3	8	38	147	282

III.

0-1,8 mV/km .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,8-3,6	3	1	—	—	—	—	1	5	10
3,6-5,4	6	1	—	—	—	—	1	21	29
5,4-7,2	11	1	—	—	1	2	4	15	34
7,2-9,0	3	—	—	—	—	—	—	10	13

Uhr Kennwert	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	Summe
-----------------	-----	-----	-----	------	-------	-------	-------	-------	-------

III.

9,0—	7	—	—	—	—	2	9	20	38
<i>a</i>	3	—	—	—	—	1	2	12	18
<i>β</i>	4	—	—	—	—	—	1	10	15
<i>γ</i>	1	—	—	—	—	—	—	9	10
<i>δ</i>	3	—	—	—	—	—	—	5	8
<i>ε</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>ζ</i>	5	—	—	—	—	2	2	12	21
<i>η</i>	5	2	—	—	1	—	6	12	26
<i>θ</i>	9	—	—	—	—	1	2	7	19
<i>ι</i>	—	1	—	—	—	—	2	2	5
<i>a</i>	25	2	—	—	1	1	4	38	71
<i>b</i>	2	—	—	—	—	—	—	3	5
<i>c</i>	2	—	—	—	—	1	7	26	36
<i>d</i>	1	—	—	—	—	2	2	2	7
<i>e</i>	—	1	—	—	—	—	—	1	2
<i>f</i>	—	—	—	—	—	—	2	1	3
<i>g</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>h</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>A</i>	1	—	—	—	—	—	1	6	8
<i>B</i>	8	1	—	—	1	2	5	20	37
<i>C</i>	4	—	—	—	—	—	—	4	8
<i>D</i>	2	—	—	—	—	1	1	11	15
<i>E</i>	2	—	—	—	—	—	—	6	8
<i>F</i>	8	1	—	—	—	1	5	16	31
<i>G</i>	4	—	—	—	—	—	—	1	5
0-3 · 0,1 St.	3	—	—	—	1	1	1	10	16
4-5	15	1	—	—	—	1	12	36	65
6-8	11	1	—	—	—	2	2	24	40
9-	1	1	—	—	—	—	—	1	3
Summe	31	3	—	—	1	4	15	71	125
%	39	67	—	—	33	50	39	49	44

IV.

0-1,8 mV/km	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,8-3,6	7	1+1	1	4	6	6	5	5	35+1
3,6-5,4	1+1	5	—	4+1	2	7	9	3+1	31+3

Uhr Kennwert	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	Summe
-----------------	-----	-----	-----	------	-------	-------	-------	-------	-------

IV.

5,4-7,2	3+1	3	1	1	6	5	10+1	6	35+2
7,2-9,0	1	2+1	-	1	5	2	3	2	16+1
9,0-	2+7	3	2	2	3	7+1	6+5	3+4	28+17
α	3+1	1	-	4	6	9+1	9+2	7	39+4
β	5+2	3	-	-+1	1	6	7	2	24+3
γ	2	1	-	-	1	-	4	4+1	12+1
δ	-	-	1	1	-	1	3	-	6
ϵ	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ζ	1+2	3	1	5	8	8	2+2	3+1	31+5
η	-+3	4+1	1	1	5	3	5+1	2	21+5
θ	2	2	-	1	-	-	2	1+3	8+3
ι	1+1	-+1	1	-	1	-	1+1	-	4+3
a	9+7	7+1	3	8	12	15+1	23+1	12+4	89+14
b	1	4	-	-	2	-	1	-+1	8+1
c	-	3	-	-	-	2	3+4	2	10+4
d	3+1	-	-	4+1	7	10	5	5	34+2
e	-	-+1	1	-	1	-	-	-	2+1
f	1+1	-	-	-	-	-	1+1	-	2+2
g	-	-	-	-	-	-	-	-	-
h	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	1+1	-	1	1	-	-	2	1	6+1
B	6+3	1	1	7	5	10+1	15+1	11+2	56+7
C	1	3	-	2+1	5	6	4	4	25+1
D	-	1+1	-	2	7	7	6+1	2+1	25+3
E	4+2	3	-	-	2	1	3	-	13+2
F	-+2	5	1	-	2	3	2+1	1+1	14+4
G	1	-	-	-	-	-	-+2	-	1+2
2-3 · 0,1 St.	5+1	1	1	4+1	8	8	5	7+1	39+3
4-5	5+5	4+2	-	5	5	9+1	15+1	8+2	51+11
6-8	3+2	7	2	2	9	8	13+5	3+2	47+9
9-	1+1	2	1	1	-	2	-	1	8+1
Summe	14	14	4	12	22	27	33	19	145
+?	9	2	-	1	-	1	6	5	24

Nach dem +- Zeichen stehende Zahlen sind mit unbestimmten Pulsationen behafteten Bais.

Uhr Kennwert	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	Summe
V.									
0-1,8 mV/km .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,8-3,6	1	3	—	1	2	4	3	—	14
3,6-5,4	7	6	1	6	4	2	3	2	31
5,4-7,2	2	1	3	5	5	1	2	5	24
7,2-9,0	3	1	—	4	5	—	2	2	17
9,0-	2	—	—	—	1	3	6	1	13
<i>a</i>	4	2	—	3	3	1	—	2	15
<i>β</i>	2	2	1	—	—	5	10	5	25
<i>γ</i>	1	—	—	1	3	—	2	2	9
<i>δ</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>ε</i>	—	—	—	—	1	—	—	1	2
<i>ζ</i>	2	3	—	3	2	2	2	—	14
<i>η</i>	3	—	1	5	6	2	1	—	18
<i>θ</i>	2	4	2	4	2	—	—	—	14
<i>ι</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>a</i>	6	7	2	13	10	6	8	7	59
<i>b</i>	—	—	—	1	2	—	—	—	3
<i>c</i>	—	1	—	—	—	—	1	—	2
<i>d</i>	8	3	2	2	4	4	7	2	32
<i>e</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>f</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>g</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>h</i>	—	—	—	—	1	—	—	1	2
<i>A</i>	—	—	1	—	2	—	—	—	3
<i>B</i>	8	6	1	8	7	5	3	4	42
<i>C</i>	3	1	—	4	6	3	3	2	22
<i>D</i>	3	2	2	3	1	2	6	2	21
<i>E</i>	—	—	—	—	—	—	2	1	3
<i>F</i>	—	1	—	1	—	—	2	—	4
<i>G</i>	—	1	—	—	—	—	—	—	1
1 · 0,1 St.	12	11	4	13	13	7	15	10	85
2	3	—	—	3	4	3	1	—	14
Summe	15	11	4	16	17	10	16	10	99

Uhr Kennwert	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	Summe
-----------------	-----	-----	-----	------	-------	-------	-------	-------	-------

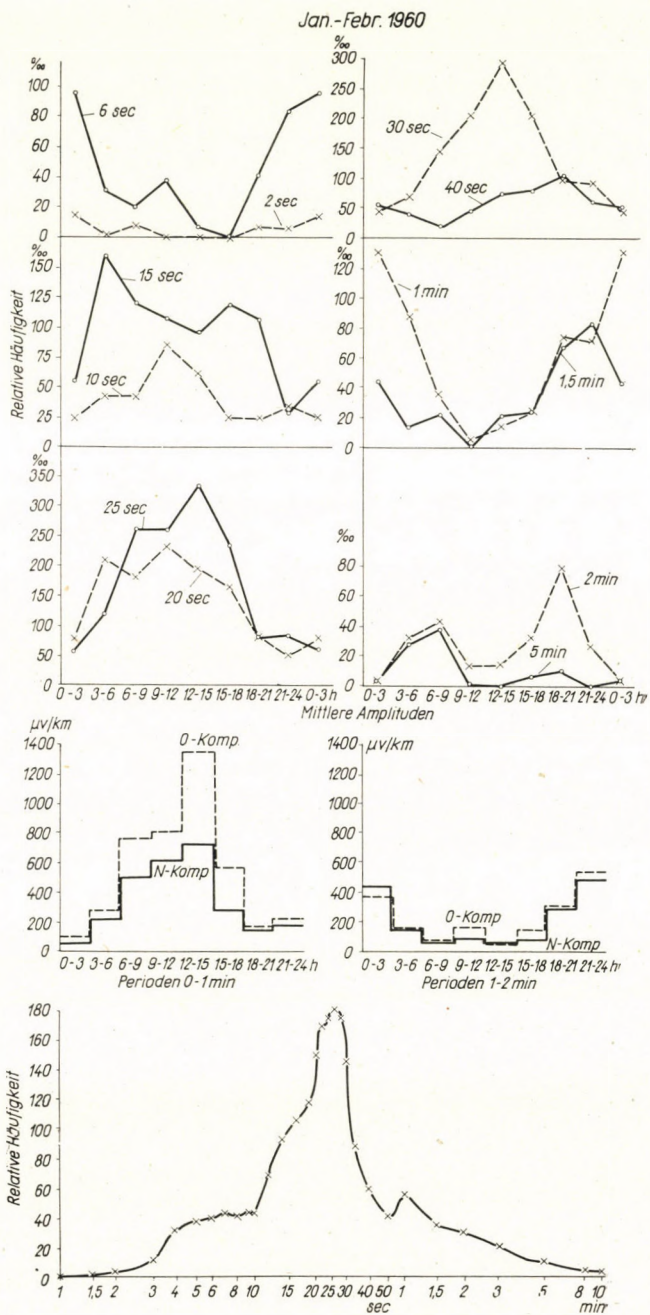
VIII-IX.

VIII.	2	2	1	—	—	1	—	—	6
IX.	37	5	1	—	1	5	17	32	98

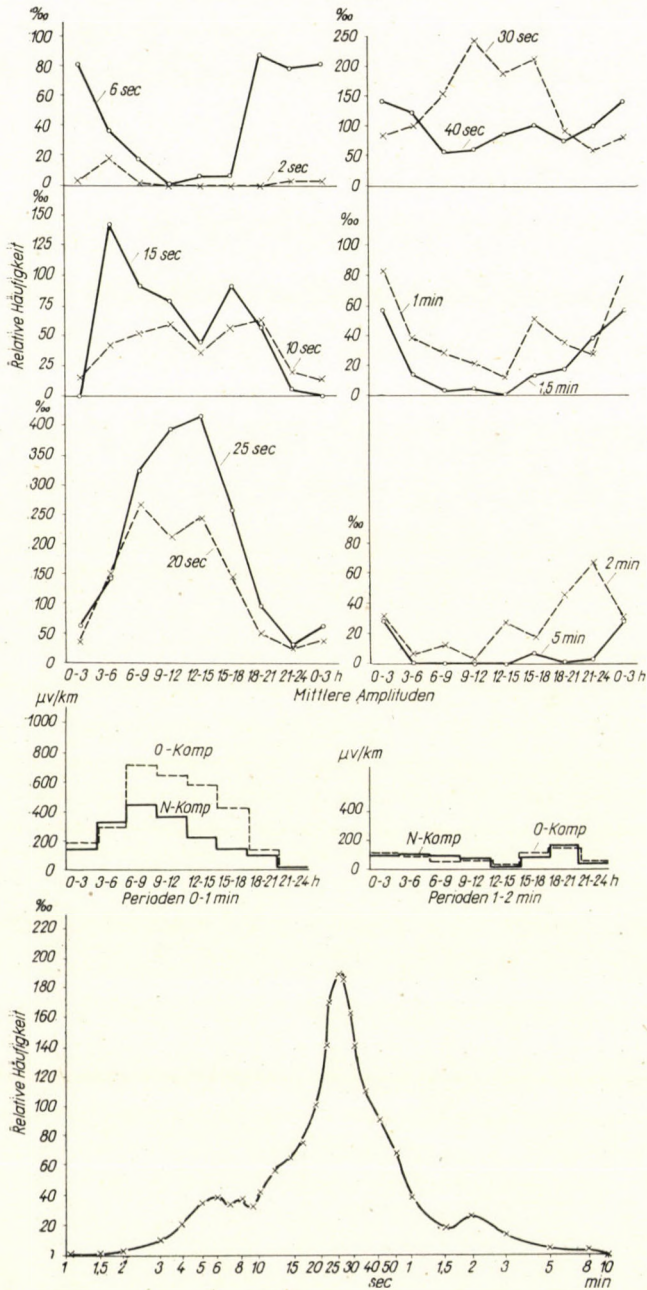
X.

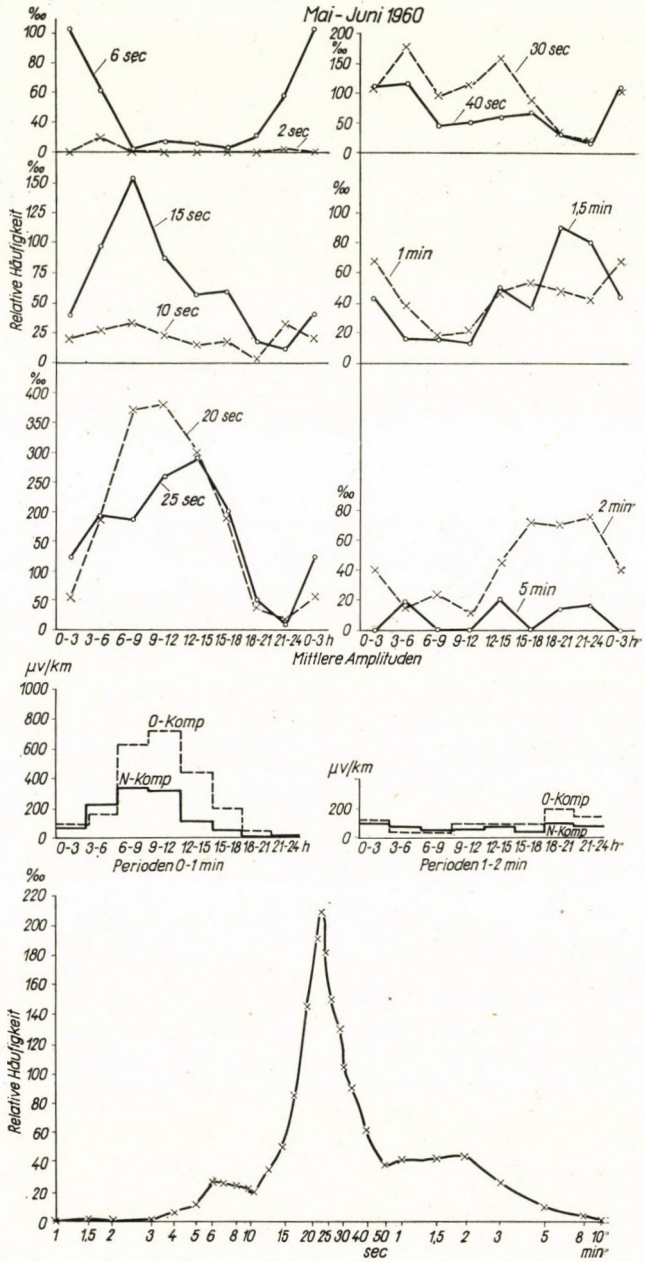
-0-1,8 mV/km .	1	—	—	—	—	—	—	1	2
1,8-3,6	1	—	2	3	4	1	2	—	13
3,6-5,4	—	—	—	1	1	2	—	—	4
5,4-7,2	—	—	—	1	—	—	—	—	1
7,2-9,0	—	—	1	—	—	—	—	—	1
9,0-	—	—	—	—	1	1	—	—	2
<i>a</i>	1	—	—	1	1	—	—	—	3
<i>β</i>	—	—	1	—	1	1	1	—	4
<i>γ</i>	—	—	—	1	1	1	1	—	4
<i>δ</i>	—	—	—	1	1	1	—	—	3
<i>ε</i>	—	—	—	—	—	—	—	1	1
<i>ζ</i>	1	—	—	—	2	—	—	—	3
<i>η</i>	—	—	2	1	—	—	—	—	3
<i>θ</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>ι</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>a</i>	—	—	2	3	—	2	—	—	7
<i>b</i>	—	—	—	—	1	—	—	—	1
<i>c</i>	1	—	—	—	1	—	1	—	3
<i>d</i>	1	—	1	2	4	2	1	—	11
<i>e</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>f</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>g</i>	—	—	—	—	—	—	—	1	1
<i>h</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe	2	—	3	5	6	4	2	1	23

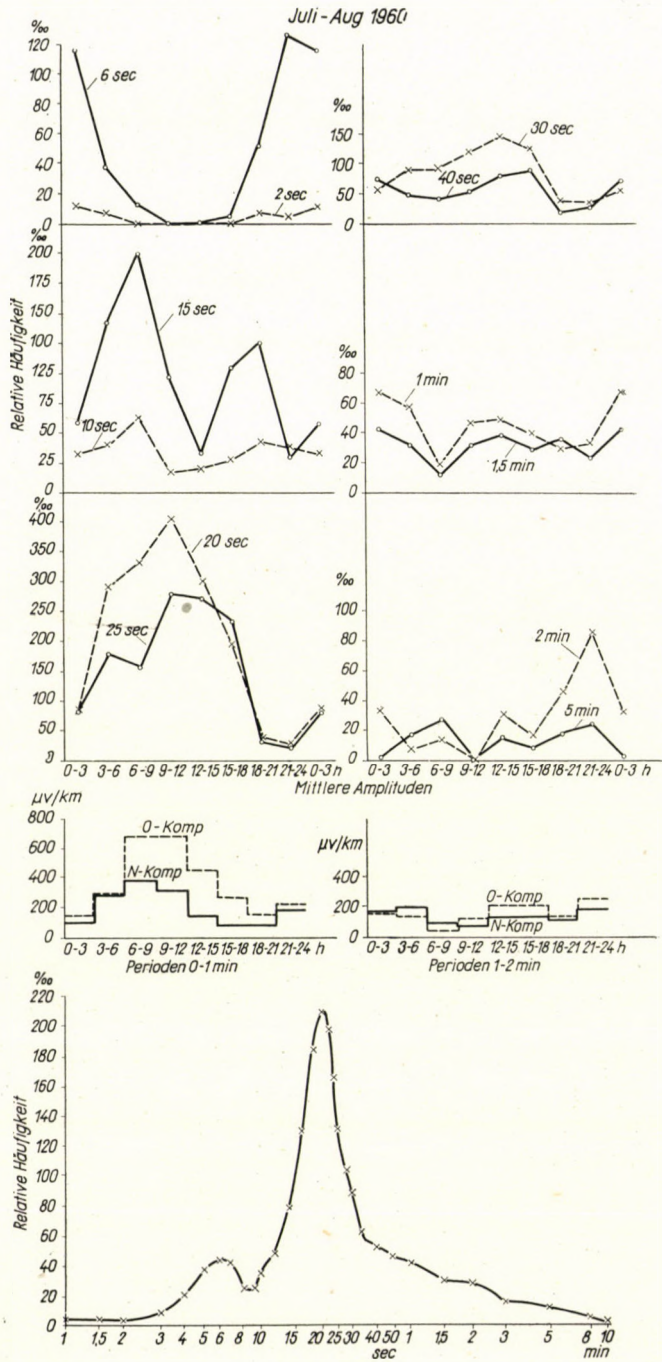
VII. Ergebnisse der Schnellregistrierungen für das Jahr 1960. (Erläuterungen siehe am Schluß, S. 216)

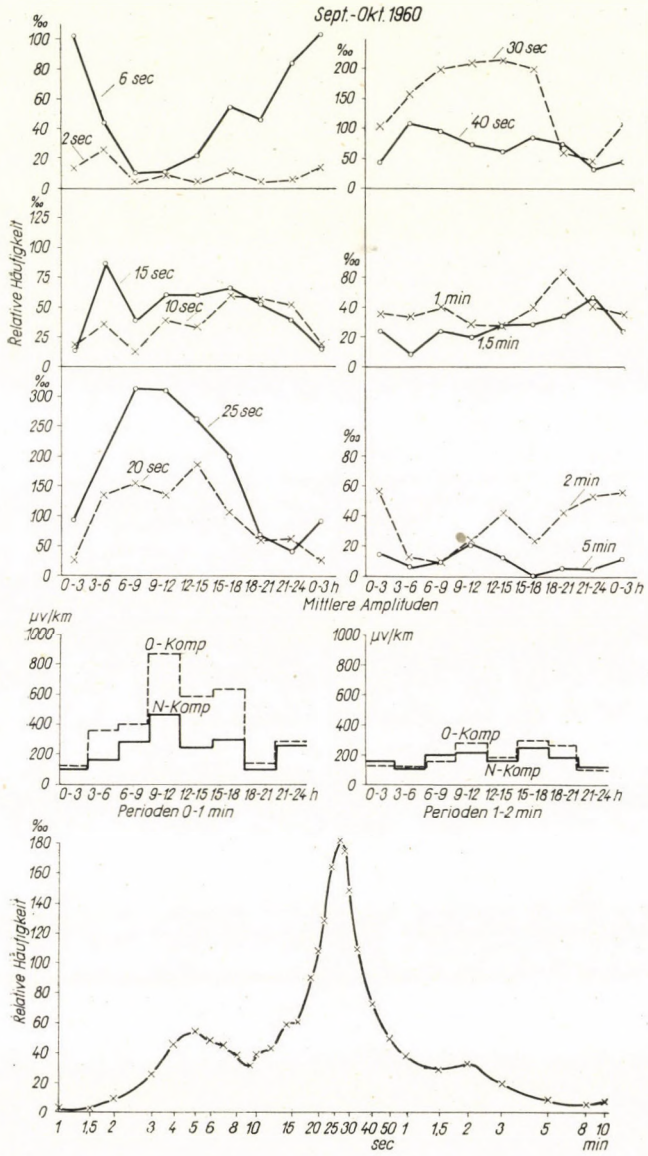


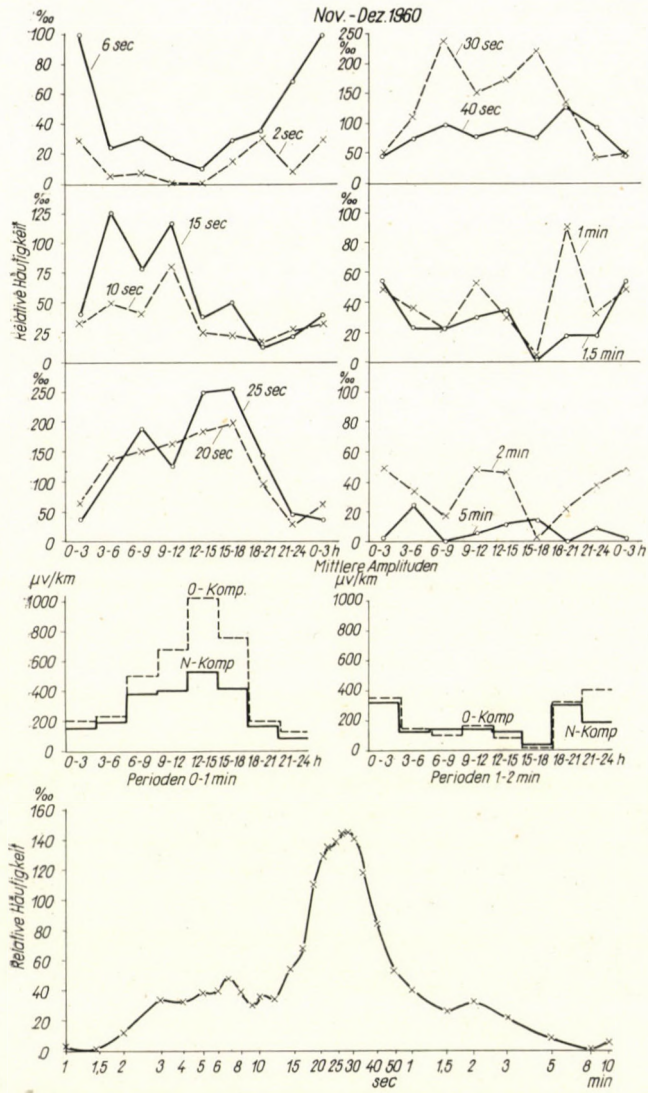
März-Apr. 1960

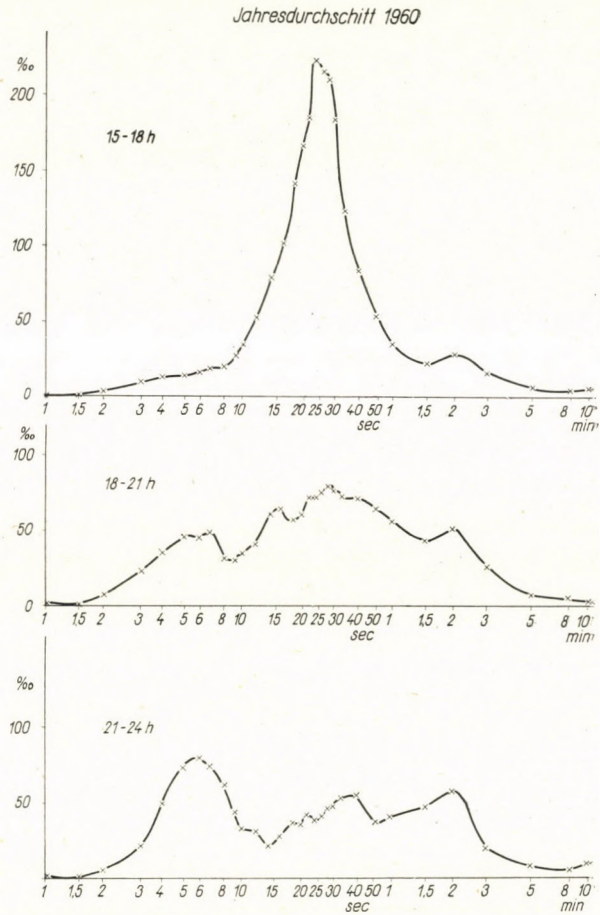






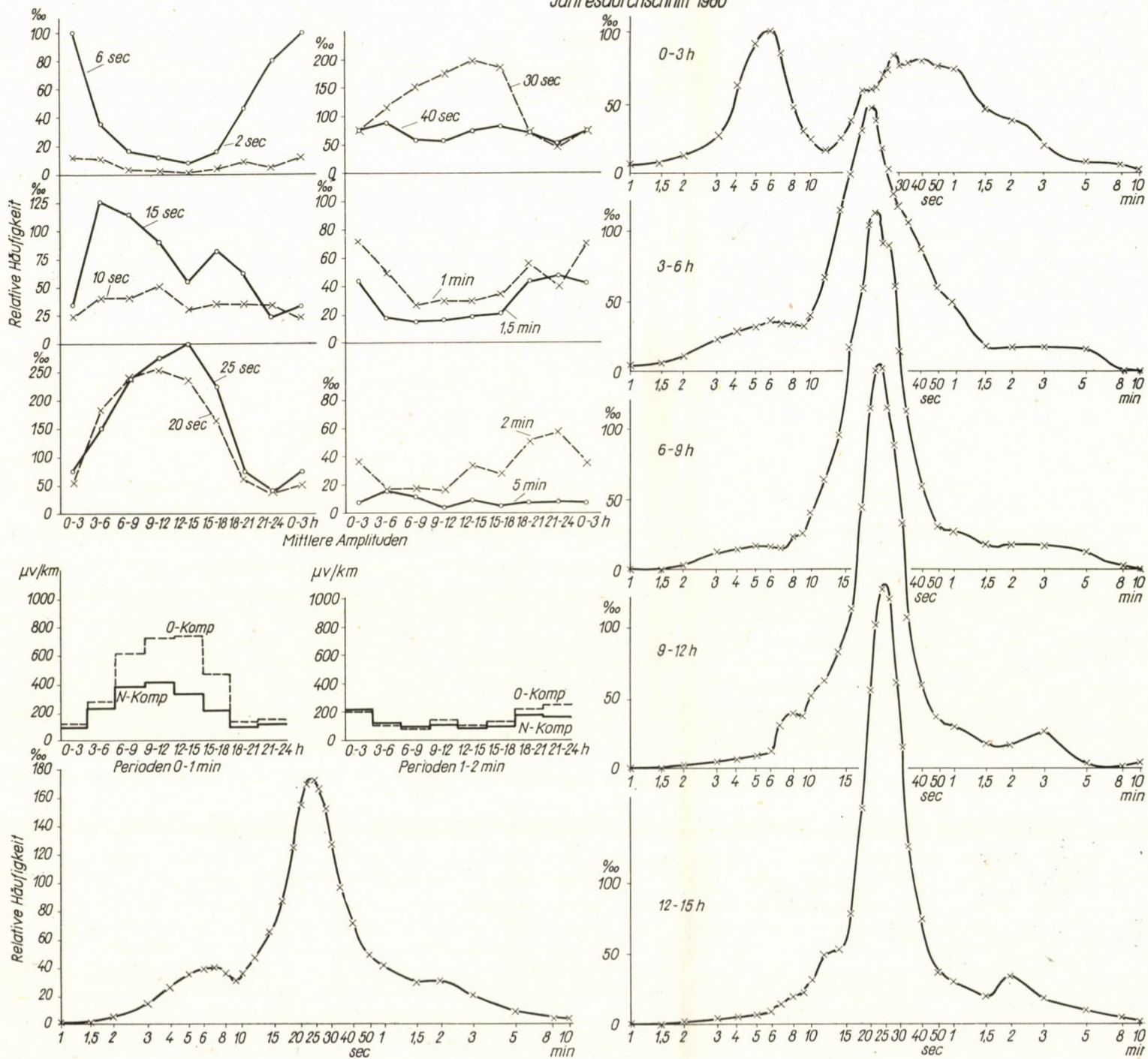




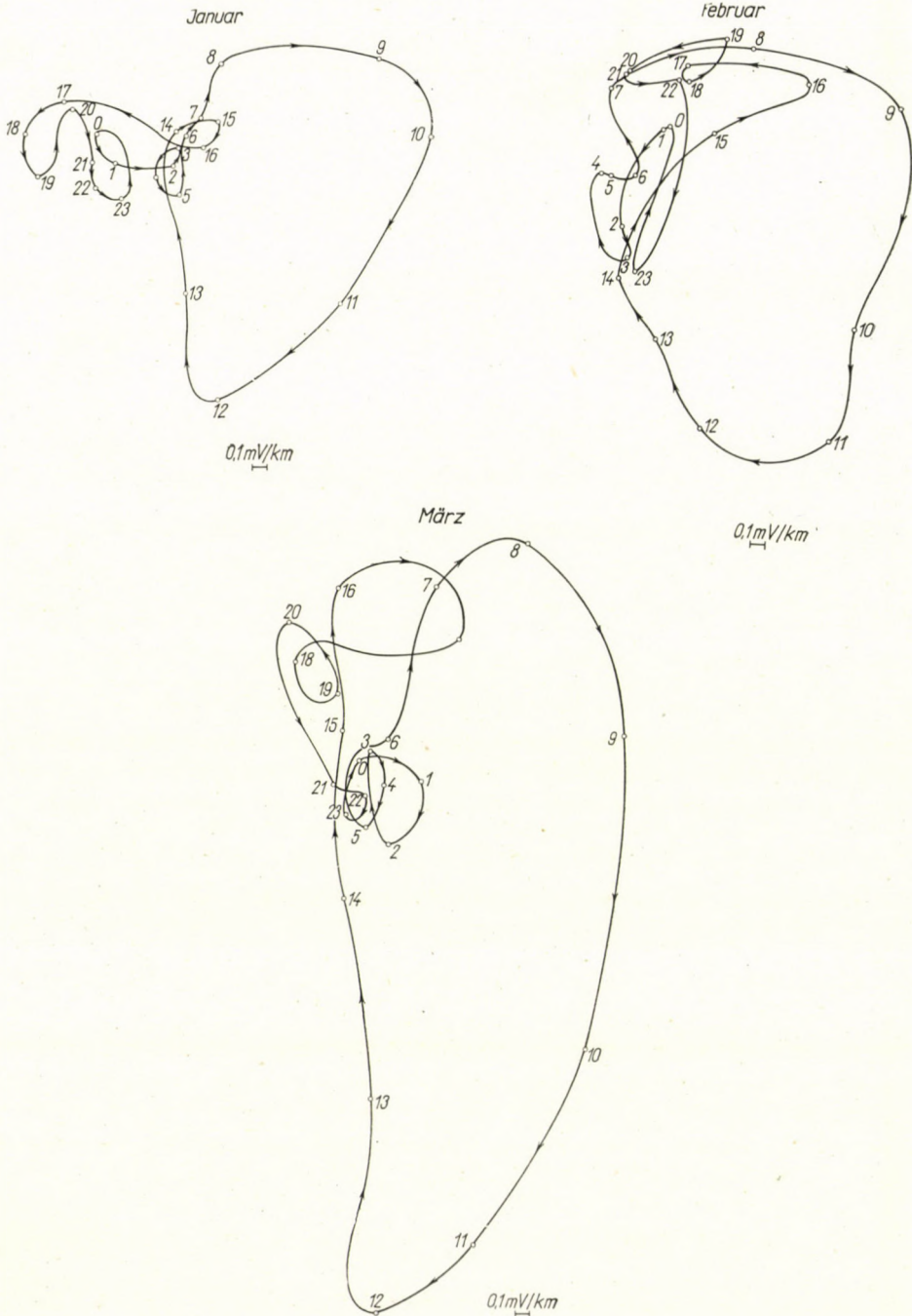


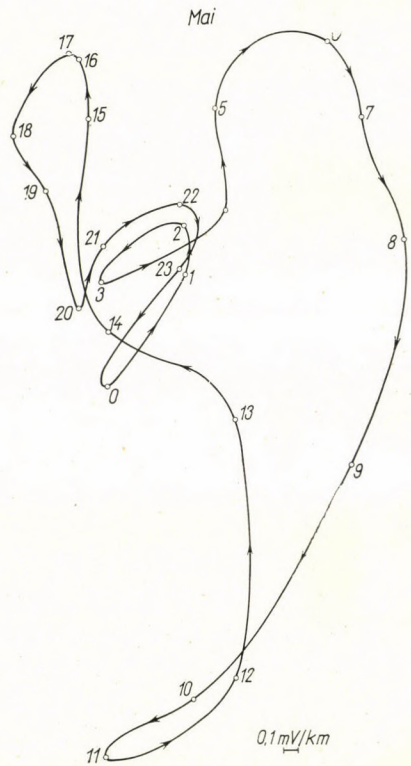
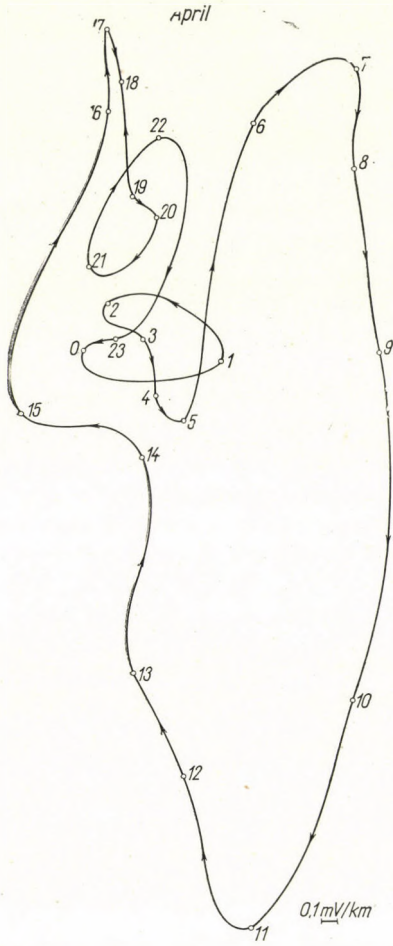
Ergebnisse der Schnellregistrierungen für das Jahr 1960. In jedem zweimonatigen Abschnitt geben die oberen sechs Abbildungen die relativen durchschnittlichen Häufigkeiten der untersuchten Perioden im Laufe des Tages an; dann folgen die Mittelwerte der 3stündigen Amplituden der Perioden von 0—1 bzw. von 1—2 min des 2monatigen Intervalls. Zuletzt geben wir das Periodenspektrum für den ganzen Abschnitt an. Im Jahresdurchschnitt geben wir neben diesen auch die Periodenspektren des Jahresmittels für die einzelnen dreistündigen Intervalle

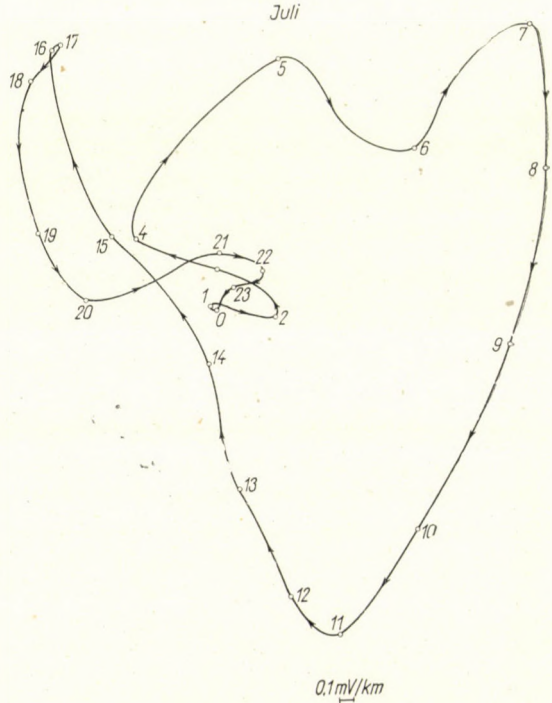
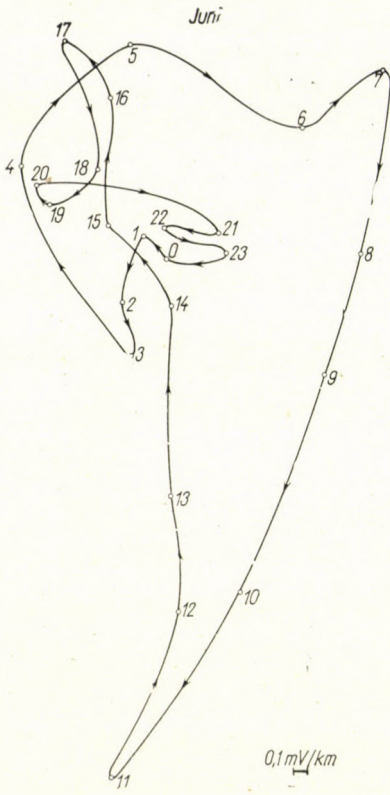
Jahresdurchschnitt 1960

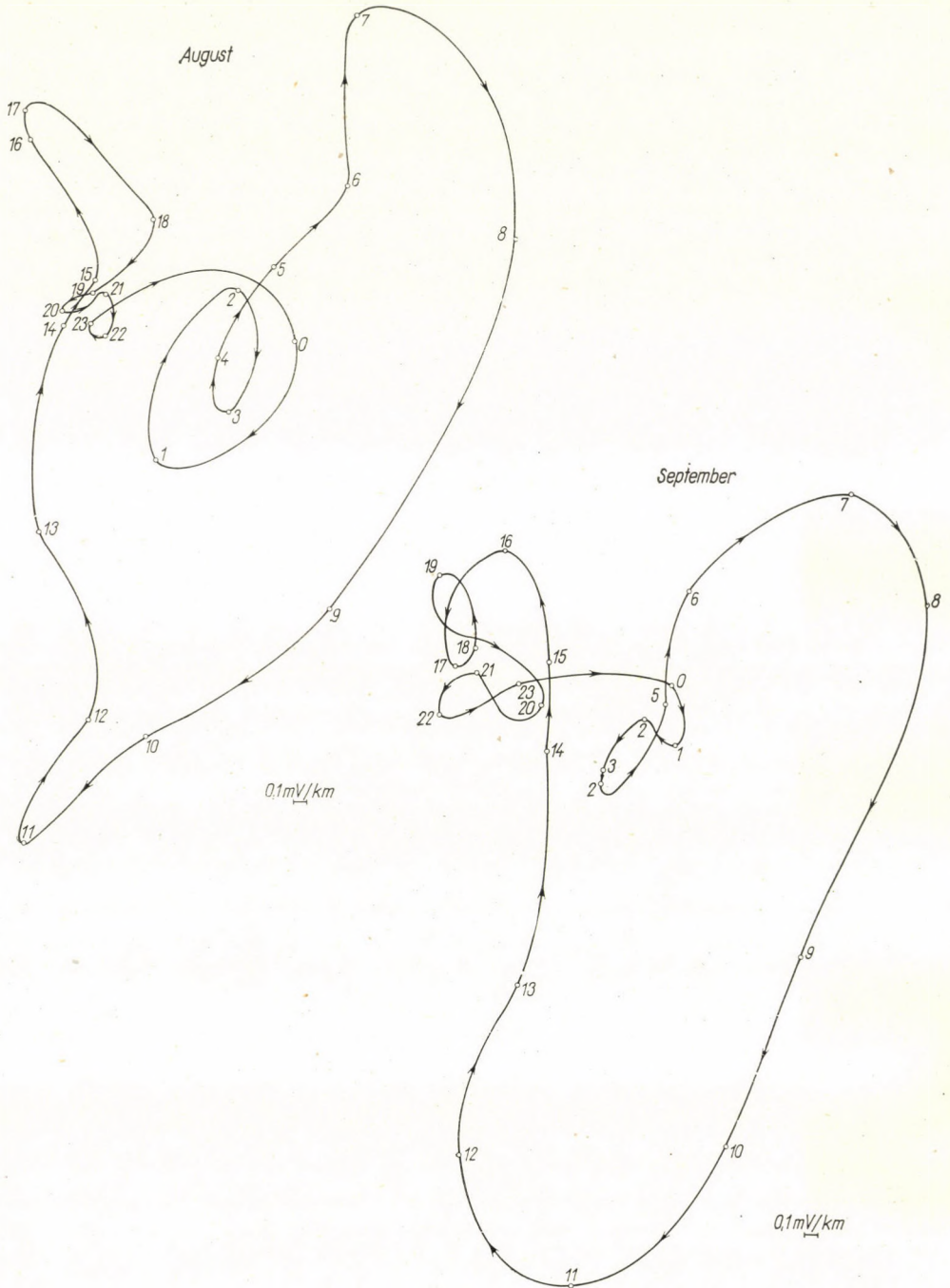


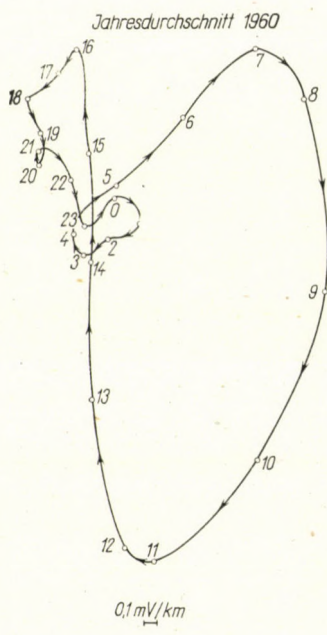
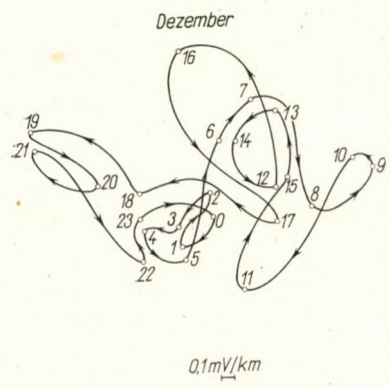
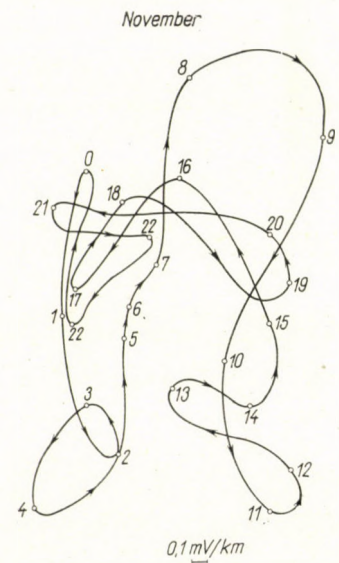
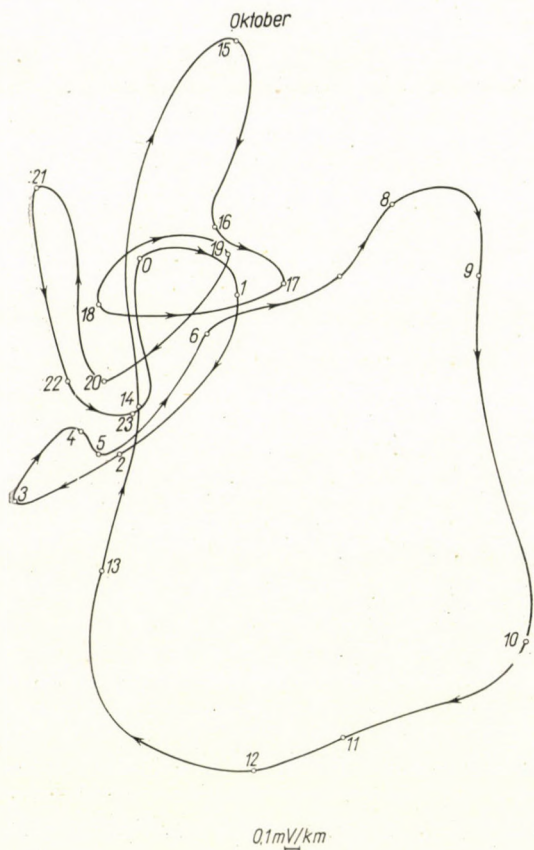
Vektordiagramme der täglichen Feldstärkengänge in den einzelnen Monaten und im Jahr 1960

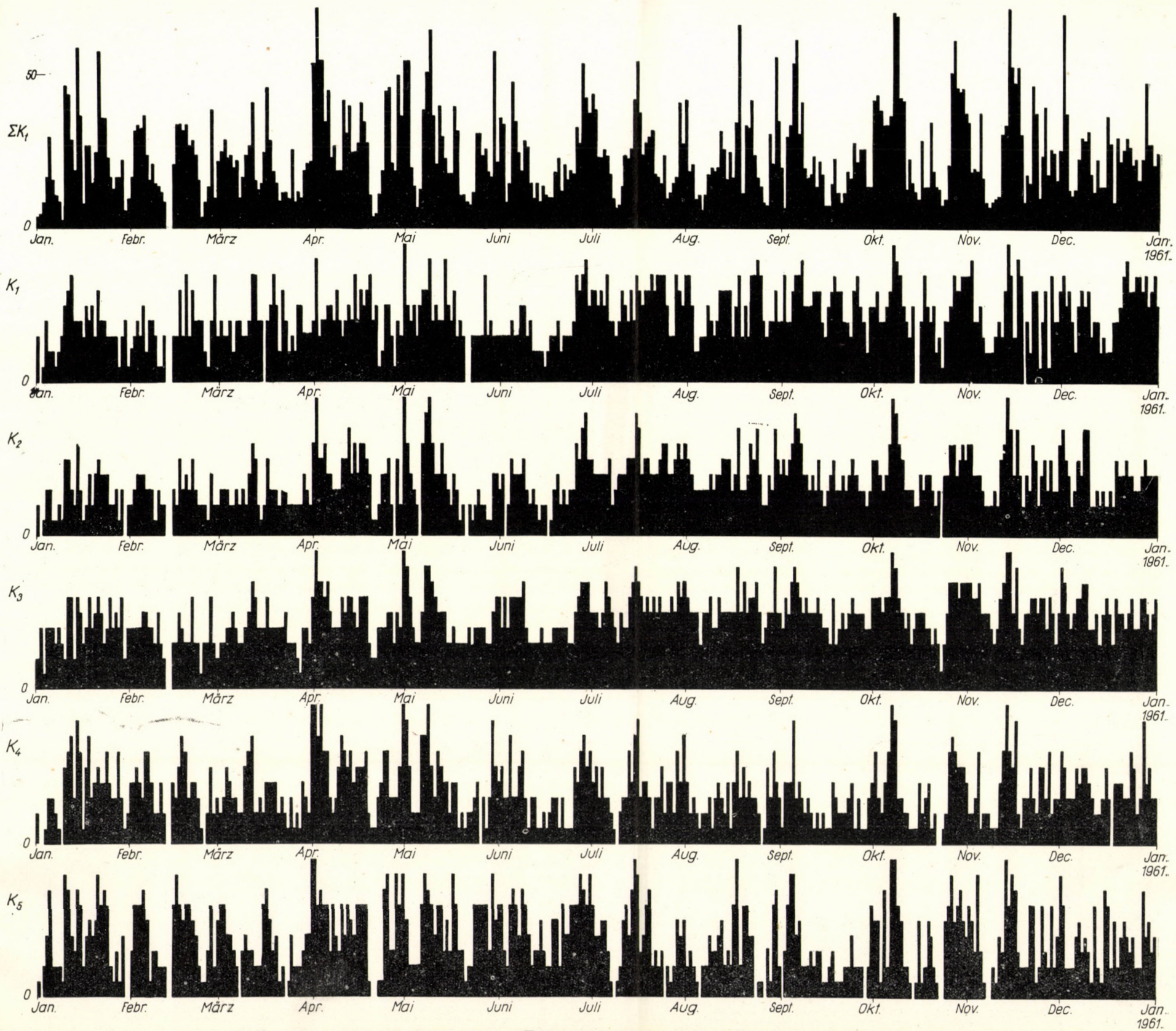












Die Summe der tellurischen Charakterzahlen (ΣK_t) und die Charakterzahlen in den 5 Frequenzklassen ($K_1 - K_5$)

THE USE OF DIMENSIONAL WEIGHTS IN ADJUSTING CALCULATIONS

Prof. I. HAZAY

DR. TECHN. SC.

TECHNICAL UNIVERSITY OF BUILDING AND COMMUNICATION HIND CHAIR OF GEODESY

[Manuscript received 26. April 1962]

The development of electronic length-measurements will very soon lead to the necessity of drawing measurements of different types (e.g. direction- and length-measurements) into a common adjustment. This problem has become actual throughout the world, more and more people being interested in it. In Hungary, the problem has already been solved for several decades. The solution was to consider the weight in adjustment not as an abstract number, as was generally usual at that time, but as a quantity of dimension. The dimension of the weight is the inverse to the dimension of the mean-error square. Accordingly, in adjustment, we try to find the minimum of the square-sum $[pvv]$ as that of a dimensionless quantity. In the study, statements are made as to the concept of the weight of dimension.

In this paper I wish to come-back to a problem with which I have already dealt some years ago. The initiative to take up this question again was provided by J. E. LILLY's (from the Geodetic Survey of Canada) publication on the "Least squares adjustment of dissimilar quantities" in the 1961, July issue of the "Empire Survey Review" (London). In his introduction the author states the following: "*With the development of electronic methods of measuring lengths, the problem of adjusting a triangulation network in which both lengths and angles have been measured is receiving considerable attention. In the past, very few sides of the network have been measured, and these sides have been measured to such accuracy that the measured lengths have been accepted as absolute control. With the tellurometer, lengths can be measured much more quickly than by invar tape, but to lower accuracy. The problem is to adjust a network involving measured lengths and directions (or angles), allowing both lengths and directions to take corrections . . . The problem of dimensions arises immediately. The fundamental concept of least squares is that the sum of the squares of the residuals shall be a minimum (or, if weights are used, the sum of the weighted squares of the residuals shall be a minimum). If some of the residuals have the dimension of angles and some have the dimension of length, what possible meaning can be ascribed to the expression 'sum of the squares of the residuals'?*"

To solve this problem, the author suggests the introduction of a conception, which he calls reduced residual, by which he understands the ratio of the residual to the probable error. He goes on defining the principle of least squares: "*The most probable values of a set of measured quantities are those*

for which the sum of the squares of the reduced residuals is a minimum." He then proves that this is identical with the use of the weighted squares of the residuals, provided that the weights, instead of pure numbers, are considered as some dimensional quantities. "The weight of a measurement of a direction or angle might be expressed in sexagesimal seconds⁻², in centesimal seconds⁻², or in radians⁻², while the weight of a measurement of a length might be expressed in feet⁻², in centimetres⁻², or in the inverse second power of any other unit of length." The author points out the apparent contradiction between this definition and the definition and explanation of weights as given in certain textbooks (he refers here to some well known textbooks).

Generally, the problems do not arise in one place only, but as indicated by the above quoted paper, they appear here and there, simultaneously or with a slight difference in time. In Hungary, this problem arose as early as 1932–1935, during the triangulation of Budapest. In the municipal triangulation network of lower order a number of control points were fixed by carrying out in addition to the measurements of direction also measurements of lengths and these latter were considered quantities in which a certain error is involved and which have to be corrected in the course of adjustment. The problem of dimensions arises immediately when observations of various dimensions are included in a general adjustment. Having been a member of the triangulation committee in Budapest, I was confronted already at that time with the task of studying and solving this problem. There was only one possible solution: weight is not a pure number, but a dimensional quantity.

Unfortunately, my pertaining statements were published in Hungarian only, in a handbook. This might be the explanation for the fact that they remained unknown abroad, though it is quite possible that had my arguments been published in one of the world languages, they still would have not reached the author from whose work I have just quoted.

Now that the problem has become apparently more important, as it seems, all over the world by the development of electronic methods of measuring lengths (as mentioned by Mr. LILLY) I believe that it would be topical if we too would again take up this problem. It is quite probable that this will not be a waste, as the problem and its solution are very likely not generally known by our Hungarian experts either; lying forgotten in a practical handbook published in 1938 [1] and hidden in another handbook which had been published in 1956 [2]. In both handbooks the concepts are simple and not in the least conspicuous and it might well be that the readers have not noticed that in the few lines the solution of a problem is hidden which has now, after several decades, again arisen and which, for those who are not familiar with the lines mentioned, still awaits its solution.

On page 3 of the work [1] published in 1938 we find the following lines (in Hungarian):

"Mean square error is inversely proportional to reliability. For practical calculations it seemed expedient to introduce a quantity which is directly proportional to reliability. This quantity is the weight.

The weight is inversely proportional to the mean square error: $p = c^2/\mu^2$, where c^2 is always a positive pure number. The weight is thus a positive quantity of the same dimension as the reciprocal value of the mean square error, thus, if the mean square error is given in millimetres, then $1/p$ is a quantity expressed in square millimetres."

In the other handbook [2] there is a somewhat more detailed explanation on pages 148 and 149 (also in Hungarian):

"Weight is inversely proportional to the mean square error :

$$p = \frac{\mu_0^2}{\mu^2}$$

(note: the quantity μ_0^2 in this expression is the same as that denoted with c^2 in handbook [1]). In this equation μ_0^2 is always a positive pure number and μ^2 is the square of the mean square error. Thus weight has the same dimension as the reciprocal value of the square of the mean square error and is a positive quantity." . . . "When weight is equal with unity,

the numerical value of $\mu_0 =$ the numerical value of μ or, in other words, the value of μ_0 is the same as the numerical value of the mean square of $p_0 = 1$ unit weight observation. The value μ_0 is called the mean square error of the weight unit. The mean square error of the weight unit is a quantity without dimension.

According to the conception of the weight for any two quantities :

$$p_i : p_k = \mu_k^2 : \mu_i^2,$$

from which it follows that

$$\mu_i = \frac{\mu_k \sqrt{p_k}}{\sqrt{p_i}}.$$

If the weight of quantity k is the unity, then

$$\mu_i = \frac{\mu_k \sqrt{1}}{\sqrt{p_i}}.$$

Taking into consideration that the numerator in the formula is the product of the mean square error of a quantity with unit weight and of the square root of the unit weight and that the dimension of one factor is the same as the dimension of the reciprocal value of the other factor, the numerator is indeed

the mean square error of the weight unit, i.e. the dimensionless μ_0 value. Thus it might be written :

$$\mu_i = \frac{\mu_0}{\sqrt{p_i}} .$$

Hence it follows that the mean square error of any quantity might be obtained by dividing the mean square error of the weight unit by the square root of the weight of the same quantity. If the weight of this quantity is 1, then of course the numerical value of its mean square error is equal to the mean square error of the weight unit, the only difference being that, by dividing with the root of the unit weight a dimensional quantity is obtained. Thus the only difference between the mean square error of the weight unit and the mean square error of observations of unit weight (quantity of unit weight) is, though both have the same numerical value, that the first is a dimensionless, the second a dimensional quantity. The fact that the mean square error of the weight unit has no dimension, while weight is a dimensional quantity, makes it possible to include into the determination of one or more unknowns by adjustment measurements of different types (e.g. measurement of angles and lengths) and to determine the mean square error of each observation."

After having quoted some of my earlier statements, but before discussing more recent investigations, I should like to mention the fact that we too were fairly late in noticing the problem of the dimension of the weight, namely only then, when it came to the solution of the simultaneous adjustment of observations of different types. This immediately raised the problem in its full strength. As a matter of fact this could have been noticed much earlier, because for many years triangulation points had been determined by the measurement of directions and from the adjustment the mean square error of the unit weight observation was obtained, according to the then valid conception of weights, of course, in seconds. The mean square error of the coordinates was calculated from this by division with the square root of the weight of the coordinates, as a dimensionless number, and the result was considered to have the dimension of length. No notice was paid to the chaos of dimensions.

Let us now consider the value

$$[pvv] = \text{minimum} \quad (1)$$

according to the dimensional conception of weights. It is obvious that, as the individual v^2 values are quantities of the same dimension as the square of the dimension of the corresponding observations, while the dimension of the pertaining weights is the inverse the respective square dimension, thus the sum $[pvv]$ is a dimensionless quantity. (As I have learnt later, Gauss

has already suggested that, in the simultaneous adjustment of observations of different types, this value must be taken as having no dimension [4]), just as the mean square error due to adjustment of the value which was called above weight unit is also a dimensionless quantity. This can be calculated from the formula:

$$\mu_0 = \sqrt{\frac{[pvv]}{f}}. \quad (2)$$

(In this formula f is the number of surplus observations, thus a dimensionless number.) From the above value of μ_0 the mean square error of any observation or of any other quantity determined by adjustment can be calculated by the following formula:

$$\mu_i = \frac{\mu_0}{\sqrt{p_i}}, \quad (3)$$

which has — as it is apparent from the aforesaid — the same dimension as the observation or the quantity determined by adjustment.

Subjecting the conception of dimensional weight to a thorough scrutiny, it can be stated that the quotations from handbooks [1] and [2] are in need of certain supplementations.

If the weight is provided with a dimension, then theoretically it has to be equal too a unit measurement of defined quantity. According to this conception too there are several possibilities of defining the weight.

1. It can be postulated that *the weight shall be the reciprocal value of the square of the mean square error* :

$$p_i = \frac{1}{\mu_i^2}, \quad (4)$$

when the weight unit is the dimensionless weight of such a fictitious, dimensionless quantity which has dimensionless mean square error equal to unity. This weight unit, assumed (imagined) prior to adjustment on the basis of the given mean square errors of the observations, must be rejected after adjustment, because, according to Eq. (2) a μ_0 value generally differing from unity is obtained for it from adjustment. This value has been called so far the mean square value of the weight unit. In other words, it follows generally that the mean square error of the weight unit chosen prior to adjustment is not the unity, thus the weight unit chosen does not satisfy the definition of Eq. (4). This is obviously due to the fact that the mean square errors of the observations determined prior to adjustment can be considered only as *approximate (preliminary)* values and the final mean square errors of the yet unadjusted observations (which shall be called the mean square errors

of yet unadjusted observations after adjustment) are also determined by the adjustment. In practice this of course causes no trouble, because we correct our weight unit assumption after adjustment and in the following we take as weight unit the quantity which occupies the place corresponding to unity in the series of mean square errors obtained after adjustment. A shift in the basis of comparison involves naturally a shift in the whole series of weights. If μ_0 is the mean error of the quantity which was incorrectly assumed prior to adjustment as the weight unit, then in the new series of weights the weight of this is

$$p_0 = \frac{1}{\mu_0^2}. \quad (5)$$

Accordingly, the values of all weights as assumed prior to adjustment change in the same proportion, thus the value of the correct weights of the observations prior to adjustment is:

$$p'_i = \frac{p_i}{\mu_0^2}. \quad (6)$$

The mean square errors of the observations, as determined prior to adjustment, naturally change in accordance with the changes in weight and the mean square errors after adjustment of unadjusted observations are obtained from the following formula:

$$\mu'_i = \frac{1}{\sqrt{p_i}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{p_i}{\mu_0^2}}} = \frac{\mu_0}{\sqrt{p_i}}. \quad (7)$$

Eq. (7) takes us back to the usual calculation of adjustments, according to which the post-adjustment mean square errors of the unadjusted observations are calculated from the μ_0 value with a weight as determined prior to adjustment.

It can be seen that assuming the weight as the reciprocal value of the square of the mean square error does not disturb the usual method of adjustment, only the value μ_0 must receive from the theoretical viewpoint an other denomination instead of the incorrect "mean square error of the weight unit".

Adjustment can be carried out with weights determined as the reciprocal value of the second power of the mean square errors, but in a number of cases these are fractions with which calculation is rather uncomfortable. The results of adjustment do not change if the weights of all quantities in

the calculation are multiplied with a c positive number, and accordingly, the calculation is carried out not with the weights but instead with a $\bar{p}_i = cp_i$ value, *i.e.* a multiple or a fraction of the weights. In this case the

$$[cpvv] = [\bar{p}vv] = \text{minimum.} \quad (8)$$

condition is satisfied which of course leads to the same set of residuals as when the $[pvv] = \text{minimum}$ condition is met. Consequently, instead of the μ_0 value the

$$\bar{\mu}_0 = \sqrt{\frac{[cpvv]}{f}} = \sqrt{\frac{[\bar{p}vv]}{f}} \quad (9)$$

value is obtained, from which the mean square error of any quantity in the adjustment can be calculated with the help of the following equation:

$$\mu_i = \frac{\bar{\mu}_0}{\sqrt{cp_i}} = \frac{\bar{\mu}_0}{\sqrt{\bar{p}_i}}. \quad (10)$$

It follows from Eq. (9) that using weights multiplied by c , the $\bar{\mu}_0$ values are equal to the μ_0 values multiplied by \sqrt{c} , while in Eq. (10) the \sqrt{c} value is in the denominator, *i.e.* using weights multiplied by c has no effect on the mean square errors.

Keeping the definition of weights in Eq. (4), the $\bar{p}_i = cp_i$ value might perhaps be called the "weight ratio".

2. The weight might be defined by the formula

$$p_i = \frac{\mu_0^2}{\mu_i^2}, \quad (11)$$

where μ_0 is actually the mean square error of the weight unit (a dimensionless quantity). The value of this quantity prior to adjustment is, however, unknown; it becomes known only from the adjustment as a function of the weight unit chosen. Thus prior to adjustment only an approximate (preliminary) value can be used instead of the μ_0 value, which should be called (μ_0). Thus the weights prior to adjustment are calculated from the formula

$$p_i = \frac{(\mu_0)^2}{\mu_i^2}, \quad (12)$$

in which — as mentioned above — the μ_i value is also an *approximate (preliminary)* value: the mean square error of the observation prior to adjustment.

The true (adjusted) mean square error of the weight unit μ_0 is obtained from the adjustment with the help of Eq. (2). In order to keep the weights, as determined by Eq. (12), unchanged, it is necessary that the preliminary μ_i value of the mean square errors of the observations shall change into the final μ'_i values of the adjusted mean square errors of the unadjusted observations by a proportional change which is equal to the ratio of the (μ_0) value to the μ_0 value, that is to say

$$\mu'_i = \frac{\mu_0}{(\mu_0)} \mu_i. \quad (13)$$

Accordingly, it follows from Eq. (12) that

$$P_i = \frac{\frac{\mu_0^2}{(\mu_0)^2} (\mu_0)^2}{\frac{\mu_0^2}{(\mu_0)^2} \mu_i^2} = \frac{\mu_0^2}{\mu_i'^2}. \quad (14)$$

Eq. (14), just as Eq. (7) takes us back to the usual formula

$$\mu'_i = \frac{\mu_0}{\sqrt{P_i}}. \quad (15)$$

The final result of adjustment is in all cases the same, whether the weight is determined in its first form, according to Eq. (4), or in its second form, according to Eq. (11), or the calculations are carried out with a multiple or a fraction of the weight determined by Eq. (4) (with a weight ratio). The condition that the weight shall be a dimensional quantity is also fulfilled in all cases. While Eq. 4 furnishes an absolute value for the weight which is, just as the mean square error a quantity of general validity, the weight determined by Eq. (11) can be considered as a quantity only within the conditions of a given adjustment.

As already mentioned with respect to the first definition, when weight is defined according to Eq. (4) it is not correct to call the μ_0 value the mean square error of the weight unit; this does neither reflect the dimensionless character of μ_0 , the fact that it is really a simple ratio of two quantities. As for all observations and quantities to be determined in the adjustment, the equation

$$\mu_i \sqrt{P_i} = \mu_0 \quad (16)$$

is valid, the μ_0 value might perhaps be called *the mean square error constant*, though other, more suitable denotations for this value could be found.

Two further statements should be made in connection with the dimensional weights. First: *if observations of different characters are included in the adjustment, then the weights (or their multiple or fraction) must always be determined from concrete mean square errors.* Second: *adjustment is always carried out in such a way that the condition $[pvv] = \text{minimum}$ (or theoretically, in certain cases, $[cpvv] = \text{minimum}$) should be fulfilled, even in those cases when prior to adjustment all weights are equal (thus their product with c can be considered the unity).* The $[vv]$ value is namely a dimensional quantity and according to all that had been said in connection with Eq. (1) the theory of dimensional weights seeks to find the minimum of a dimensionless function. This theoretical requirement of course does not change the practical implementation, because the dimensional units can take the place of factors in the $[vv]$ sum.

When dealing with the problem of weights, it must be noticed that the weights assumed for the implementation of the adjustment (or weight ratios) — whether the weights are dimensional or dimensionless quantities — have a considerable effect on the results of the adjustment. As the determination of the mean square error and thus of the weight of observations includes a fair amount of uncertainty in practice and often is accompanied by random determinations, the most probable (most reliable) results of the adjustment still may become in certain cases quite illusive.

In the following two example shall be given for the simultaneous adjustment of observations of different types.

Though — as already mentioned — generally no difference is made in practice between the weight and its multiple (or fraction) used and neither is there any difference made between the mean square error of the weight assumed prior to adjustment and its multiple (or fraction), in the following examples nevertheless different symbols shall be used for the sake of a sharp differentiation between the theoretical conception. Therefore the mean square error and weight of observations prior to adjustment, and the product of the latter with c shall be called μ , p respectively \bar{p} ; the post-adjustment mean square error and weight of unadjusted observations μ' respectively p' ; the mean square error and weight of the adjusted results μ'' respectively p'' ; the mean square error of the weight unit assumed prior to adjustment, *i.e.* the mentioned value of the mean square error constant μ_0 , and its multiple (or fraction) $\bar{\mu}_0$. The reciprocal of the square of seconds, as used in the weights is sec^{-2} .

Example 1. shall be solved with the first definition of weight. Example 2. in different variations according to the second definition of weight.

Example 1

In the triangle shown in Fig. 1 the length of all the three sides and all three angles were measured. Observations and their mean square error prior to adjustment μ are included in Table I, in columns 2 and 3. It should be mentioned that the kilometre mean square error of the measurement of length was taken as $\mu_{km} = \pm 0,05$ m and from this the mean square error of the lengths measured was calculated from the formula

$$\mu_i = \mu_{km} \sqrt{t_i},$$

in which t_i is the respective length in kilometres.

From the mean square errors given in Table I, the weights can be calculated with equation [4]:

$$P_a = P_b = P_c = \frac{1}{100} \text{ sec}^{-2},$$

$$p_a = \frac{1}{81} \text{ cm}^{-2}, \quad p_b = \frac{1}{58} \text{ cm}^{-2}, \quad p_c = \frac{1}{74} \text{ cm}^{-2}.$$

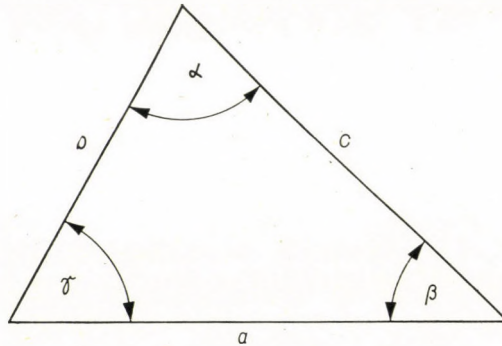


Fig. 1

It is expedient to calculate with weights multiplied with $c = 100$. Accordingly, the multiple of the weights (the weight ratios) are:

$$\bar{p}_a = \bar{p}_b = \bar{p}_c = 1, \quad \bar{p}_a = 1,23, \quad \bar{p}_b = 1,72, \quad \bar{p}_c = 1,35.$$

In accordance with $f = 3$ surplus observation the following three equations of condition might be written:

$$\frac{a}{b} \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} - 1 = 0,$$

$$\frac{a}{c} \frac{\sin \gamma}{\sin \beta} - 1 = 0,$$

$$a + b + c - 180^\circ = 0.$$

I have called in my earlier work [1] the type of equation corresponding to the first two equations "length equations". These differs from the usual side equations in so far that the sides (lengths) are also adjusted. Table II. shows the coefficients and absolute terms for the linear form of the two length equations. The lengths must be taken into consideration in the same dimension in which their mean square error is given, thus in the present case in centimetres. Column lg contains the logarithms of sinus of the angle values, while column Δ the logarithmic table differences, for lengths corresponding to 1 cm and for the angles those corresponding to the sinus of 1". The absolute terms of the equations are:

$$l_1 = 5,349\ 1788 - 5,349\ 1507 = + 281,$$

$$l_2 = 5,457\ 9291 - 5,457\ 9166 = + 125.$$

Table I

	Observation	Mean square error prior to adjustment μ	Residual v	Adjusted observations	Mean square error of unadjusted observations after adjustment μ'	Mean square error of adjusted observations μ''
α	74°12' 0"	±10"	+0,757"	74°12' 0,757"	±6,0"	±4,0"
β	43°32'56"	±10"	-7,415"	43°32'48,585"	±6,0"	±3,0"
γ	62°15'14"	±10"	-3,345"	62°15'10,655"	±6,0"	±3,7"
a	3243,22 m	±9,0 cm	-4,44 cm	3243,1756 m	±5,4 cm	±4,2 cm
b	2322,08 m	±7,6 cm	+2,82 cm	2322,1082 m	±4,6 cm	±3,9 cm
c	2982,93 m	±8,6 cm	+1,61 cm	2982,9461 m	±5,2 cm	±5,0 cm

Table II

	Observation	lg	Δ		Observation	lg	Δ
a	324 322	5,510 9764	13,4	b	232 208	5,365 8772	18,7
β	43°32'56"	9,838 2024	22,1	α	74°12'0"	9,983 2735	6,0
		5,349 1788				5,349 1507	
a	324 322	5,510 9764	13,4	c	298 293	5,474 6431	14,6
γ	62°15'14"	9,946 9527	11,1	α	74°12'0"	9,983 2735	6,0
		5,457 9291				5,457 9166	

The linear equations of condition are shown in Table III. Of course the correlates are inscribed into column 1. only after the solution of the normal equations. Residuals resulted by the adjustment are given in column 4 of Table I. The next column shows the adjusted observations.

The $[cpvv] = [\bar{p}vv] = \text{minimum}$ and the $\bar{\mu}_0$ value calculated from it:

$$\bar{\mu}_0 = \sqrt{\frac{[\bar{p}vv]}{f}} = \sqrt{\frac{108,2}{3}} = \pm 6,00 \text{ (dimensionless).}$$

Column 6 of Table I shows the mean square error μ' of the yet unadjusted observations calculated according to Eq. (10) after the adjustment. The p' weights calculated

Table III

$\bar{p} =$	1	1	1	1.23	1.72	1.35	
k	v_α	v_β	v_γ	v_a	v_b	v_c	l
-0,259	-6,0	+22,1		+13,4	-18,7		+281
-0,149	-6,0		+11,1	+13,4		-14,6	+125
-1,691	+1	+1	+1				+ 10

from them (again with respect to the unadjusted observations) are:

$$p'_\alpha = p'_\beta = p'_\gamma = \frac{1}{36} \text{ sec}^{-2},$$

$$p'_a = \frac{1}{29,2} \text{ cm}^{-2} \quad p'_b = \frac{1}{20,8} \text{ cm}^{-2} \quad p'_c = \frac{1}{26,6} \text{ cm}^{-2}.$$

Comparison of the data in columns 3 and 6 of Table I shows that the ratio of the μ and μ' values is 1: μ_0 , or

$$\mu'_i = \mu_0 \mu_i,$$

while the comparison of the p and p' weights in Ex. 1 is a proof of Eq. (6). Having used the factor $c = 100$, from $\bar{\mu}_0 = 6,00$

$$\mu_0 = \frac{\bar{\mu}_0}{\sqrt{c}} = \frac{6,00}{10} = 0,6$$

and its square $\mu_0^2 = 0,36$.

The mean square error of the adjusted observations are included in the last column of Table I. Accordingly, the weights after adjustment are the following:

$$p''_\alpha = \frac{1}{16,0} \text{ sec}^{-2}, \quad p''_\beta = \frac{1}{9,0} \text{ sec}^{-2}, \quad p''_\gamma = \frac{1}{13,7} \text{ sec}^{-2}.$$

$$p''_a = \frac{1}{17,6} \text{ cm}^{-2} \quad p''_b = \frac{1}{15,2} \text{ sec}^{-2} \quad p''_c = \frac{1}{25,0} \text{ cm}^{-2}.$$

Example 2

The height of the fixed point P should be determined in relation to point A (Fig. 2). For this end the distance of P from A (a) and B (b) is measured., as well as the angle of elevation of the direction towards P at A (α) and at B (β). The difference of height, m , at points A and B is measured by levelling. In Fig. 2. the arrow on the dotted line between A and B represents the direction of the elevation. Adjustment shall be carried out in several variations. As all variations of the solution gives, in accordance with the exactness of the calculation, the same adjusted results, Table IV. summarizes the observations, the mean square errors of the yet unadjusted observations before and after adjustment, the residuals and the adjusted observations and their mean square errors.

All variations of the solution give the same M value for the height of point P , namely

$$M = 47,578 \text{ m} \pm 11,6 \text{ m}.$$

a) The first solution shall be carried out by the method of unconditioned observations, seeking the minimum of the quadratic sum on the basis of the original residuals. The weights

Table IV

Observation L	Residual v	Mean square error of unadjusted observation		Adjusted observations and their mean square error		
		before μ	after μ'	$L+v$	μ''	
		adjustment				
a	105,14 m	+11,9 mm	± 20 mm	$\pm 25,7$ mm	105,1519 m	$\pm 22,7$ mm
b	67,43 m	-19,1 mm	± 20 mm	$\pm 25,7$ mm	67,4109 m	$\pm 17,1$ mm
α	24°20'40"	+4,0"	± 10 "	$\pm 12,8$ "	24°20'44,0"	$\pm 12,2$ "
β	36° 0'10"	-3,3"	± 10 "	$\pm 12,8$ "	36° 0' 6,7"	$\pm 12,4$ "
m	1,400 m	+1,6 mm	± 5 mm	$\pm 6,4$ mm	1,4016 m	$\pm 6,2$ mm

shall be according to the following formula

$$P_i = \frac{(\mu_0)^2}{\mu_i^2} = \frac{400}{\mu_i^2},$$

which results in

$$p_a = p_b = 1 \text{ mm}^{-2}, \quad p_\alpha = p_\beta = 4 \text{ sec}^{-2}, \quad p_m = 16 \text{ mm}^{-2}.$$

$M_0 = 47,5$ m value shall be the preliminary value for the height of point P . The observation equations

$$M = a \tan \alpha,$$

$$M = -m + b \tan \beta,$$

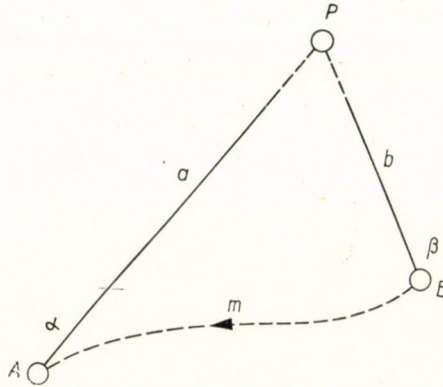


Fig. 2.

which by expansion will be reduced to linear form:

$$\tan \alpha v_a + \frac{a}{\rho'' \cos^2 \alpha} v_a = \delta M + M_0 - a \tan \alpha,$$

$$-v_m + \tan \beta v_b + \frac{b}{\rho'' \cos^2 \beta} v_\beta = \delta M + M_0 - (b \tan \beta - m).$$

(ρ'' was introduced into the equations to convert the residual angles into second values.) On the left sides of the above equations there is more than one residual. Leaving always one without a factor on the left side, the others must be brought on the right side as unknowns, and an equation of identity, must be written for each. The residual equations are thus the following:

$$v_a = \frac{1}{\tan \alpha} \delta M - \frac{a}{\rho'' \cos \alpha \sin \alpha} v_a + \frac{M_0 - a \tan \alpha}{\tan \alpha},$$

$$v_a = v_a,$$

$$v_b = \frac{1}{\tan \beta} \delta M - \frac{b}{\rho'' \cos \beta \sin \beta} v_\beta + \frac{v_m}{\tan \beta} + \frac{M_0 - (b \tan \beta - m)}{\tan \beta},$$

$$v_\beta = v_\beta$$

$$v_m = v_m$$

Substituting the corresponding numerical values, the residual equations are given numerically in Table V.

Adjustment resulted in $\delta M_0 = +78,56$ mm and in the residuals in Table IV, further in the value

$$\mu_0 = \pm 25,63.$$

The mean square error of the unadjusted observations after adjustment, calculated with Eq. (10). is also included in Table IV.

Table V

	δM	v_α	v_β	v_m	l	Weight p
v_a	+2,210 19	-1,357 24			-156,017	1
v_b	+1,376 24		-0,687 45	+1,376 24	-132,105	1
v_α		+1			0	4
v_β			+1		0	4
v_m				+1	0	16

Solution of the normal equations resulted the mean square errors of the observations α , β and m after adjustment. The mean square errors of a and b after adjustment were also calculated. (The mean square errors after adjustment are also to be found in Table IV.)

b) This solution also involves the method of unconditioned observations, but the terms on the left side of the linear observation equation of solution a) are reduced to fictitious residuals

$$\lambda_1 = \tan \alpha v_a + \frac{a}{\rho'' \cos^2 \alpha} v_\alpha,$$

$$\lambda_2 = -v_m + \tan \beta v_b + \frac{b}{\rho'' \cos^2 \beta} v_\beta.$$

The weight of the above shall now be determined:

$$\frac{1}{p_1} = \tan^2 \alpha \frac{1}{p_a} + \left(\frac{a}{\rho'' \cos^2 \alpha} \right)^2 \frac{1}{p_\alpha},$$

$$\frac{1}{p^2} = \frac{1}{p_m} + \tan^2 \beta \frac{1}{p_b} + \left(\frac{b}{\rho'' \cos^2 \beta} \right)^2 \frac{1}{p_\beta}.$$

Substitution of the pertaining numerical values and assuming a $(\mu_0)^2 = 100$ value, the weights are:

$$p_1 = \frac{100}{119,5943} \text{ mm}^{-2}, \quad p_2 = \frac{100}{261,1375} \text{ mm}^{-2}.$$

The residual equations and the weights in decimal fractions are summed up in Table VI. Adjustment resulted in the variation $\delta M = +78,42$ mm (thus $M = M_0 + \delta M = +47,578$ m) and $\mu_0 = \pm 12,812$.

The λ values can be solved into the original residual observations. Bearing in mind the above formulas of λ :

$$v_a = p_1 \lambda_1 \tan \alpha \frac{1}{p_a}, \quad v_\alpha = p_1 \lambda_1 \frac{a}{\rho'' \cos^2 \alpha} \frac{1}{p_\alpha},$$

$$v_b = p_2 \lambda_2 \tan \beta \frac{1}{p_b}, \quad v_\beta = p_2 \lambda_2 \frac{b}{\rho'' \cos^2 \beta} \frac{1}{p_\beta},$$

$$v_m = p_2 \lambda_2 \frac{1}{p_m}.$$

Within the exactness of calculation the same system of residual values is obtained as already given in Table IV. The post-adjustment mean square errors of the yet unadjusted observations are also in accordance with Table IV.

c) The method of conditioned observations is very well suited for the solution of the task. There is one surplus observation, thus one equation of condition is sufficient:

$$M_A + a \tan \alpha = M_A - m + b \tan \beta.$$

Table VI

	δM	l	Weight p
λ_1	+1	-70,59	0,836 16
λ_2	+1	-95,99	0,382 94

The usual form of the linear equation of condition is:

$$\tan \alpha v_a + \frac{a}{\rho'' \cos^2 \alpha} v_a - \tan \beta v_b - \frac{b}{\rho'' \cos^2 \beta} v_b + v_m + l = 0,$$

where l is a pure term

$$l = a \tan \alpha + m - b \tan \beta.$$

Table VII

p	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{100}$	
k	v_a	v_b	v_m	v_α	v_β	l
+0,066 713	+0,452 45	-0,726 62	+1	+0,614 09	-0,499 51	-25,4

The numerical residual equation is given in Table VII. The value $(\mu_0)^2 = 1$ was used for the determination of the weights. This solution of the adjustment also leads to the residual observations of Table IV, within the exactness of calculation. Adjustment results in $\mu_0 = \pm 1,30$. The mean square error of all adjusted observations was also calculated (see last column in Table IV.).

d) Finally, the task was solved on the basis of fictitious observations by the method of independent conditioned observations.

The fictitious observations were:

$$L_1 = a \tan \alpha = 47,5706 \text{ m},$$

$$L_2 = b \tan \beta - m = 47,5960 \text{ m}.$$

The weight of fictitious observations are given by the following formula

$$\frac{1}{p_1} = \tan^2 \alpha \frac{1}{p_a} + \frac{a}{\rho''^2 \cos^4 \alpha} \cdot \frac{1}{p_a},$$

$$\frac{1}{p_2} = \tan^2 \beta \frac{1}{p_b} + \frac{b^2}{\rho''^2 \cos^4 \beta} \cdot \frac{1}{p_\beta} + \frac{1}{p_m}.$$

Using the mean square error prior to adjustment of the observations given in Table IV and assuming a $(\mu)^2 = 25$ value, the weights of the fictitious observations are:

$$p_1 = 0,209 04 \text{ mm}^{-2}, \quad p^2 = 0,095 73 \text{ mm}^{-2}.$$

Adjustment results in $\mu_0 = 6,50$ and $M = 47,5784 \pm 11,7$ mm.

The two examples quoted are of different character. In the solution of Example 2 the three main groups of adjustment were used including fictitious residuals, i.e. fictitious observations. All solutions have proved that without exception the dimensions take the right form, thus furnishing evidence to the statement that weight must be a dimensional quantity.

REFERENCES

1. HAZAY, I.: Kiegyenlítő számítás a geodéziai gyakorlatban (Adjusting calculations in geodesical practice) Budapest, 1938.
2. Geodéziai Kézikönyv I. kötete (Szerkesztette és a "Kiegyenlítő számítás" c. részt írta: HAZAY I. (Handbook of Geodesy, Vol. I. Edited by Hazay, I.; Chapter I. HAZAY, I. "Adjusting Calculations") Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, 1956.
3. LILLY, I. E.: Least squares adjustment of dissimilar quantities. *Empire Survey Review*. XVI (1961).
4. WILSKI, P.: Carl Friedrich Gauss über Ausgleichung mit Gewichten in verschiedenen Maßeinheiten. *Mitteilungen aus dem Markscheidewesen*, Freiburg, 1922.

VERWENDUNG VON DIMENSIONSGEWICHTEN IN DEN AUSGLEICHRECHNUNGEN

I. HAZAY

ZUSAMMENFASSUNG

Die Entwicklung der elektronischen Längenmessung macht es sehr bald nötig, verschiedenartige Messungen (z. B. Richtungs- und Längenmessungen) in eine gemeinsame Ausgleichung einzubeziehen. Dieses Problem wurde in der ganzen Welt aktuell, und man faßt sich damit in der letzteren Zeit immer mehr. In Ungarn hat man das Problem schon vor einigen Jahrzehnten gelöst. Die Lösung besteht darin, daß man das Gewicht in der Ausgleichung nicht als eine unbenannte Zahl, wie das vorher im allgemeinen üblich war, sondern als eine Dimensionsgröße betrachtet. Die Dimension des Gewichts ist die Inverse der Dimension des Mittelfehler-Quadrats. Dementsprechend sucht man in der Ausgleichung das Minimum der Quadratsumme $[pvr]$ als einer dimensionslosen Größe. Die Studie enthält einige Feststellungen bezüglich des Begriffs des Dimensionsgewichts.

L'APPLICATION DE POIDS À DIMENSION DANS LES CALCULS DE COMPENSATION

I. HAZAY

RÉSUMÉ

Le développement des mesures électroniques de longueur rend bientôt nécessaire d'effectuer des mesures de différents sortes (par ex. des mesures de direction et de longueur) dans une même compensation. Ce problème est devenu d'actualité sur le plan mondial, et ces derniers temps, on s'en occupe toujours davantage. En Hongrie, il se trouve résolu depuis quelques dizaines d'années. La solution consiste à considérer le poids dans la compensation non comme un nombre astrait, mais comme une quantité à dimension. La dimension du poids est l'inverse de la dimension de l'erreur moyenne quadratique. On cherche par conséquent, au cours de la compensation, le minimum de la somme quadratique $[pvr]$ en tant que quantité sans dimension. L'étude fait certaines constatations relatives à la notion du poids sans dimension.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗМЕРНЫХ ВЕСОВ ПРИ ВЫЧИСЛЕНИЯХ, СВЯЗАННЫХ С УРАВНИВАНИЕМ

И. ХАЗАЙ

РЕЗЮМЕ

Развитие электронного способа дальногоизмерения все в большей мере требует вовлечения в совместное уравнивание различных видов измерений (например, измерений направления, дальногоизмерений). Эта проблема стала актуальной во всем мире и за последнее время она рассматривается во все более широких кругах. В Венгрии этот вопрос был решен уже десятки лет тому назад. Решение заключается в том, что в уравнивании, в отличие от принятой раньше практики, вес считается не отвлеченным числом, а размерной величиной. Размерность веса представляет собой обратную величину размерности среднеквадратичной погрешности. В соответствии с этим в уравнивании находится минимум суммы квадрата $[pvr]$ как минимум безразмерной величины. В работе даются указания по понятию размерного веса.

PUNKTABSEIGERUNG IN SCHIEFEN, DEFORMIERTEN SCHÄCHTEN

GY. ALPÁR und F. HALMOS

GEODÄTISCHES FORSCHUNGLABORATORIUM DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN,
SOPRON (UNGARN)

[Eingegangen am 2. März 1962.]

Im vorliegenden Aufsatz wird ein Verfahren zum Abloten eines Punktes in einem deformierten Schacht beschrieben, wobei mehrere Möglichkeiten zur Lösung der Aufgabe untersucht wurden. Unter Berücksichtigung der Gesichtspunkte der Wirtschaftlichkeit und der Genauigkeit wird die mehrstufige Lösung mit Hilfe von je zwei Lotes zur geeignetsten Methode erklärt. Die Verbindung der einzelnen Lote wird mit Hilfe von Streckenvierecken durchgeführt. Es werden die Fragen der Genauigkeitsprüfung des Verfahrens, die Anordnungsmöglichkeiten, sowie die Probleme der Ausgleichung erörtert. Mit den bei der Ausgleichung zugelassenen Einschränkungen wird auch ein äußerst leicht verwendbares Annäherungsverfahren vorgeführt, das innerhalb der Grenzen der Vernachlässigbarkeit mit den Ergebnissen der strengen Methode übereinstimmt. Auf Grund der Untersuchungen und der praktischen Erfahrungen läßt sich feststellen, daß bei sechsmaligen Umhängen und unter Voraussetzung einer Gesamtablotungstiefe von 300 m der mittlere Fehler des Ablotens etwa ± 10 mm beträgt.

Vor einigen Monaten hatten wir, in Verbindung mit einer konkreten Aufgabe, das Abloten eines Punktes in einem deformierten Schacht vorzunehmen, in dem ein sechsmaliges Umhängen des Lotes erforderlich war. Wie bekannt, müssen in einem solchen Fall auch zum Abloten eines Punktes mindestens zwei Lote angewendet werden, und so werden letzten Endes die bei den Schachtlotungen üblichen Messungen durchgeführt, nur wird dabei die infolge der ungünstigen Messungsverhältnisse ungenaue Richtungsübertragung weggelassen. Während der Planung der äußerst mühsam aussehenden Messungsaufgabe wurden außer dem vorerwähnten mechanischen Verfahren auch andere Methoden geprüft. Bei verhältnismäßig kurzen Tiefenabständen des Lotes infolge des Umhängens schien es zweckmäßig, die optischen Lotabseigerungen anzuwenden, bei dem übrigens die im folgenden beschriebene Methode unverändert angewendet werden kann. Da der untere Abschnitt des alten, holzausgebauten Schachtes stark verwässert, die zu unserer Verfügung stehende Schachtabteilung aber äußerst eng: 80×120 cm war, so wählten wir das einfachere mechanische Abloten des Punktes. Bei den Messungen mußte die noch erreichbare extreme Genauigkeit des Ablotens angestrebt werden, da die Meßergebnisse zur Orientierung mit Hilfe eines Einrechnungszuges kurzer Schlußlinie als Grundlage dienten. Übrigens kann das von uns angewendete Verfahren auch bei der Orientierung auf Grund

eines beliebigen Prinzipes zum Abloten eines Punktes an einem deformierten Schacht mit Vorteil angewendet werden. Weiter stellte jedoch — eben infolge des engen Querschnittes — die Orientierung des umgehängten Lotpaares ein Problem dar, da obwohl auf die Richtungsübertragung letzten Endes verzichtet wurde, zur Koordinatenübertragung an den Umhänge-Etagen bzw. zu deren Berechnung —, wenn auch mit einer ermäßigten Genauigkeit — diese doch gesichert werden mußte. Infolge der kurzen Seitenlängen erschien hier zur Koordinatenübertragung mit einer Genauigkeit von 1 mm je Umhänge-Etage eine Orientierungsgenauigkeit von 1' noch als genügend, doch

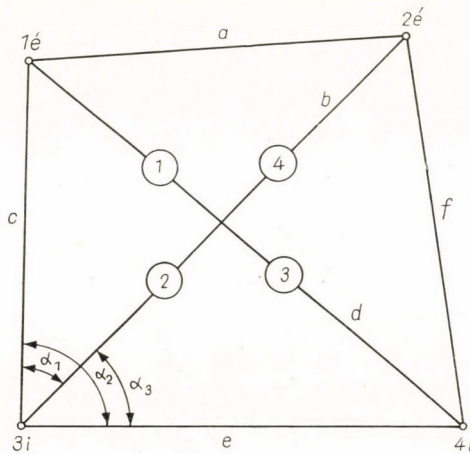


Abb. 1

wäre infolge der knappen Raumverhältnisse die Lösung der Richtungsübertragung mit Hilfe eines Winkelmeßgerätes noch bei diesen mäßigen Genauigkeitsanforderungen äußerst schwierig — in einzelnen Fällen sogar völlig unmöglich — gewesen. Auf diese Weise gelangten wir zu einer Lösung der Koordinatenübertragung, die lediglich auf Längenmessungen beruht, und die im folgenden ausführlicher beschrieben werden soll.

Bei der von uns angewendeten und auch in der Praxis gut bewährten Meßanordnung wurden je Umhänge-Etage horizontale Distanzen zwischen vier Loten in jeder Kombination gemessen. An den Umhänge-Etagen konnten wir nämlich in dem geringen Überdeckungsabschnitt der beiden »ankommenden« und der beiden »angehenden« Loten stets zwischen vier Lotdrähten Distanzen nach Abb. 1. messen, und hieraus wurde gerade das bekannte Simplex der Streckennetze, das Diagonal-Viereck erhalten. So wurde nicht allein die wegen des Raum Mangels problematische Winkelmessung durch die einfacher durchführbare Längenmessung ersetzt, sondern wir gelangten durch die im Streckennetz-Simplex bestehende Bedingung an jeder Umhänge-Etage zu einer nützlichen Kontrolle.

Auf Grund der obigen prinzipiellen Überlegungen führten wir unsere praktischen Messungen folgendermaßen durch. Nach vorhergegangenen Versuchsmessungen wurden die Stellen der Umhänge-Etagen bestimmt. An diesen Stellen wurden zu den Messungen Dreierbühnen-Beläge angefertigt. Die unterste Bühne war die Fahrbühne der Beobachter. Die mittlere Bühne diente zur Aufnahme der die Dämpfungsf Flüssigkeit für die ankommenden Lote enthaltenden Gefäße, und die oberste Bühne diente zum Einklemmen der angehenden Lote. Es wurde dabei mit größter Sorgfalt vorgegangen, damit die drei Bühnen voneinander unabhängig seien, und Erschütterungen von der einen Bühne nicht auf die andere übertragen werden. Das Absenken und Einspannen der Lote wurde im Hinblick auf die knappen Raumverhältnisse mit den einfachsten Vorrichtungen vorgenommen. Zur Bestimmung der Ruhelage der Lote kam wegen des Raummangels die Beobachtung der Schwingungen nicht in Betracht. Aus diesem Grunde wurde eine einfache Flüssigkeitsdämpfung angewendet, die bei den auch sonst kurzen Lotabständen (25—100 m) eine hinreichende Genauigkeit sicherte. Gegen die schwingungserregende Wirkung des herabtropfenden Wassers wurde die Oberfläche der Flüssigkeit mit einer Sägemehlschicht bestreut. Mit Rücksicht auf die äußerst schweren Meßverhältnisse wurde jeder Lotabschnitt mit eigens angebrachten Loten abgesteckt. Auf diese Weise wurde von der Schachtoöffnung bis zur Schachtsohle ein zusammenhängendes Lotsystem erhalten, das die kontinuierliche und schnelle Durchführung der Messungen sowie die unverzügliche Vollziehung der etwa erforderlichen Wiederholungen und Kontrollen ermöglichte. Die Längenmessungen wurden mit kurzen versteiften Stahlbändern (Taschen-Federmeßband) durchgeführt, die auf einem mit einer Libelle horizontal eingestellten Richtscheit den Lotdrähten angenähert wurden. Die Lotdrähte hatten einen Durchmesser von 0,5 mm, und so konnten die Längenablesungen unmittelbar auf die Mitte des Drahtes und in der Regel an beiden Enden der Entfernung gleichzeitig vorgenommen werden. Jede Längenmessung wurde im allgemeinen dreimal wiederholt, doch wurde bei Abweichungen, größer als 1 mm mit einer neuen Meßserie begonnen. Es sei an dieser Stelle erwähnt, daß die Längenmessung am leichtesten zwischen den angehenden Drähten durchzuführen war, da diese in der Nähe der Einspannung als unbeweglich betrachtet werden konnten, und so konnte das Meßgerät mit den Drähten sogar in Kontakt gebracht werden. Eine schwierigere Aufgabe stellte die Messung bei den ankommenden Drähten dar, wo infolge der stets unvollkommenen Dämpfung mit geringeren Schwingungen zu rechnen war. Diese mußten daher im Laufe der Messungen gemittelt werden. Diese Verhältnisse wurden im Laufe der Berechnungen bei den später noch ausführlicher zu beschreibenden Meßgewichten berücksichtigt. Jedenfalls erhielten wir eine gut brauchbare Kontrolle durch den Umstand, daß die zwischen den ankommenden Drähten am schwierigsten zu messenden Längen

mit den an der nächst oberen Etage zwischen den gleichen Drähten in der Nähe der Einspannung gemessenen Längen übereinstimmen mußten.

*

Im Laufe der Ausarbeitung der Meßergebnisse wurde vorangehend untersucht, welche Fehlerfortpflanzung in Verbindung mit dem Abloten

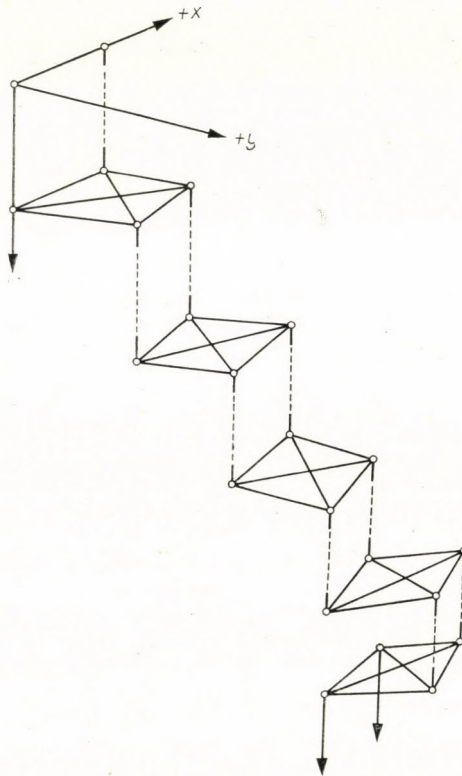


Abb. 2

erwartet werden kann. Wollten wir jedoch die Fehlerfortpflanzung auf Grund der den durchgeführten Messungen entsprechenden Funktionsform untersuchen, so müßten wir äußerst verwickelte Rechnungen durchführen. Dies gilt auch für den Fall, wenn wir auf Grund der Meßverbesserungen den mittleren Fehler des Punkt-Ablotens nach der Ausgleichung berechnen wollen. Für praktische Zwecke können durch Wiederholung des ganzen Meßprozesses zuverlässige Daten für die Genauigkeit des Ablotens erhalten werden. Für Orientierungszwecke erschien es jedoch als zweckmäßig, bei gewissen vereinfachenden Voraussetzungen eine näherungsweise Berechnung des Punktab-

seigerungsfehlers vorzunehmen, die bei der Planung der weiteren Messungen als Anhaltspunkt dienen kann.

Als vereinfachende Annahme wurde eingeführt, daß die Fehlerfortpflanzung der Längenmessungen bei der Verknüpfung der Diagonalen-Quadrate untersucht wurden, wobei die Punktabseigerungsfehler (die sogenannten Ablotfehler) der einzelnen Lotabschnitte als von diesen unabhängige Fehler betrachtet wurden. In Abb. 2 wurde die tatsächliche Meßanordnung schematisch dargestellt. Unserer ersten vereinfachenden Voraussetzungen entsprechend ([1]; Formel (28) auf S. 329 und Formel (48) auf S. 331.) wurden für

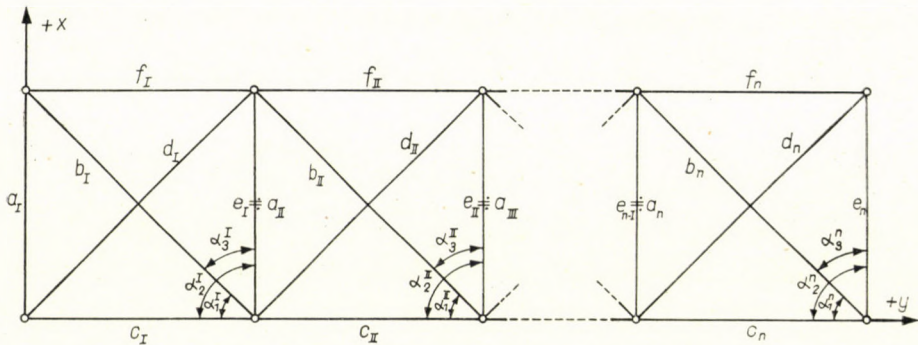


Abb. 3

die nach Abb. 3 verknüpften Diagonalen-Quadrate die nachstehenden Fehlerbeziehungen in der Längs- und Querrichtung angeschrieben:

$$\mu_{y'} = \pm \mu_0 \sqrt{0,903 n - 0,024} \doteq 0,95 \mu_0 \sqrt{n} \quad (1)$$

und

$$\mu_{x'} = \pm \mu_0 \sqrt{0,228 n^3 - 0,422 n^2 - 0,780 n + 0,388} \doteq 0,48 \mu_0 \sqrt{n^3}, \quad (2)$$

wo $\mu_{y'}$ den Punktfehler in der Längsrichtung, $\mu_{x'}$ den Punktfehler in der Querrichtung, μ_0 den mittleren Fehler der Längeneinheit und n die Anzahl der verknüpften Figuren bedeutet. Der Merkwürdigkeit halber wollen wir hier bemerken, daß falls an Stelle der Diagonalen-Vierecke einfache Dreiecke angewendet worden wären, so würde sich ein mit wesentlich größerem Koeffizient rasch ansteigender — bei mehreren Umhängen somit gefährlicher — Fehler in der Querrichtung ergeben, der auf Grund von ([1]; Tafel S. 332 und [2]; Formel (46) auf S. 16) etwa das 2,9fache des vorigen betrüge. Der Vorteil der von uns gewählten Meßmethode ist auch hieraus ersichtlich.

Zur Bestimmung der aus dem Punktabseigerungsfehler entstehenden Richtungsverdrehung wurde von einem durchschnittlichen Punktabseigerungs-

fehler ε ausgegangen. Auf Grund der Abb. 4 ergibt sich nämlich für kleine ε -Werte die Verdrehung einer abgeloteten Seite zu

$$d\alpha = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{a},$$

wo $d\alpha$ die Verdrehung der abgeloteten Seite, ε_1 und ε_2 die wahren Punkt-abseigerungsfehler und a die abgelotete Seitenlänge bedeutet. Stillschweigend wurde hier vorausgesetzt, daß ε_1 und ε_2 senkrecht zur Seite a sind. Gehen wir an Stelle von ε_1 und ε_2 zu den mittleren Fehler der Punktabseigerung über, so erhalten wir

$$\mu_\alpha = \pm \frac{1}{a} \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2}$$

und für $\mu_1 = \mu_2 = \mu$

$$\mu_\alpha = \pm \varrho \frac{\sqrt{2}}{a} \mu. \quad (3)$$



Abb. 4

Da die Verdrehung einer Seite den ganzen nachfolgenden Teil des Netzes belastet, so gestaltet sich die Fehlerfortpflanzung der Verdrehung der offenen Polygonzüge entsprechend, und so ergibt sich für die Gesamtverdrehung des Netzes in der Richtung x nach ([3]; S. 32):

$$\mu_{x''} = \pm A \frac{\mu_\alpha}{\varrho} \sqrt{\frac{n}{3}}. \quad (4)$$

wo $\mu_{x''}$ die Gesamtverdrehung des Netzes in der Richtung x ; $A = na$ und n die Anzahl der verknüpften Figuren bedeutet. Wird die Beziehung (3) in Gl. (4) eingesetzt, so erhalten wir nach den erfolgten Vereinfachungen:

$$\mu_{x''} = \pm \mu \sqrt{\frac{2}{3} n^3}. \quad (5)$$

Schließlich können wir mit dem durchschnittlichen Punktabseigerungsfehler die Verschiebungen $\mu_{y'''}$ und $\mu_{x'''}$ der Endpunkte des Netzes anschreiben:

$$\mu_{y'''} = \mu_{x'''} = \pm \mu \sqrt{n+1}. \quad (6)$$

Unter dem Wurzelzeichen steht hier $(n+1)$, da die letzte Seite des Raumnetzes noch auf die Anschluß-Etage abgelotet werden muß.

Unter Beachtung des vorangehenden ergeben sich die an der Anschluß-Etage zu erwartenden mittleren Koordinatenfehler zu

$$\mu_y = \pm \sqrt{\mu_{y'}^2 + \mu_{y''}^2} \doteq \pm \sqrt{0,9 n \mu_0^2 + (n+1) \mu^2} \quad (7)$$

und

$$\mu_x = \pm \sqrt{\mu_{x'}^2 + \mu_{x''}^2} \doteq \pm \sqrt{0,23 n^3 \mu_0^2 + (0,667 n^3 + n + 1) \mu^2}.$$

In unserem Falle beträgt der aus der Wiederholung unserer Messungen errechnete mittlere Fehler der Längeneinheit: $\mu_0 = \pm 0,5$ mm/m und der durchschnittliche Punktabseigerungsfehler: $\mu = \pm 0,5$ mm.

Unserer Meßanordnung entsprechend ist $n = 6$; die auf der Anschluß-Etage zu erwartenden mittleren Koordinatenfehler ergeben sich somit zu

$$\mu_y \doteq \pm 1,76 \text{ mm}$$

und

$$\mu_x \doteq \pm 7,00 \text{ mm}.$$

Auf Grund des vorangehenden ist es leicht ersichtlich, daß die auf der Anschluß-Etage aus unseren Messungen berechneten vorläufigen Längenmessungs- und Punktabseigerungsfehler mittlere richtungsgebundene Punktfelder (8) unter ± 10 mm ergeben, die auch unseren Zwecken entsprechen.

*

In Verbindung mit der Ausarbeitung der Meßdaten tauchten mehrere Lösungsmöglichkeiten auf. Dank der bestehenden Bedingung und der Verknüpfung der Figuren besteht eine Möglichkeit zur Ausgleichung. Bei der Untersuchung des Problems wurde eine für die Praxis gut brauchbare, einfache Lösung gesucht. So wurde von der auf dem Bogenschnitt beruhenden Koordinatenausgleichung, womit die mittleren Koordinatenfehler der Endpunkte nach der Ausgleichung unmittelbar bestimmt werden können, wegen der mit den vielen Unbekannten verbundenen großen Rechenarbeit Abstand genommen. Über die Ausgleichung der Streckennetze mit der Methode der bedingten Beobachtungen sind mehrere Arbeiten bekannt (siehe z. B. [4] bis [7]). Einfacher gestalten sich jedoch die in den Aufsätzen [5] und [6] beschriebenen Verfahren, wo eine Möglichkeit besteht, die Koeffizienten der Verbesserungsgleichungen auf einfache Weise graphisch zu bestimmen.

Im ersten Schritt der Ausgleichung mußten wir die Gewichtsverhältnisse unserer Messungen ermitteln. Unsere Längenmessungen konnten von diesem Gesichtspunkte aus in drei Gruppen eingeteilt werden. Die genauesten waren die zwischen den angehenden Drähten in der Nähe der Einspannung gemessenen Entfernungen, etwas ungenauer waren die Längen, die zwischen einem angehenden und einem ankommenden Draht gemessen wurden, und

die geringsten Gewichte kamen den Entfernungen zu, die zwischen zwei ankommenden Drähten gemessen wurden. Auf Grund der Wiederholung der Messungen wurden die folgenden Gewichtsverhältnisse festgestellt:

$$p' : p'' : p''' = 9 : 4 : 1 .$$

Da die zwischen den gleichen Drähten an zwei verschiedenen Etagen gemessenen Entfernungen bei geringen Lotabständen miteinander übereinstimmen mußten — diese Bedingung wurde bereits im Laufe der Messungen zur Kontrolle der etwaigen groben Meßfehler verwendet —, tauchte die Frage auf, ob diese Bedingung gesondert eingeführt werden soll, oder aber die beiden fraglichen Messungen, unter Berücksichtigung ihrer Gewichte, zu einer fiktiven Messung zusammengefaßt werden sollen, wodurch die Anzahl der Netz-Bedingungen — und damit auch die Anzahl der Normalgleichungen — auf die Hälfte herabgesetzt werden kann. Wenn somit nach dem vorangehenden das Gewicht einer angehenden Seite 9 und das Gewicht der gleichen, aber ankommenden Seite an der unteren Etage 1 beträgt, so ergibt sich für den reziproken Gewichtswert der aus ihnen gebildeten fiktiven Messung:

$$\frac{1}{p_f} = \left(\frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{p'} + \frac{1}{p''}} \right)^2 \doteq \frac{1}{4}, \quad (8)$$

d. h. $p_f \doteq 4$

Glücklicherweise stimmen somit die Gewichte der fiktiven Messungen mit den Gewichten der übrigen Messungen der Figuren (d. h. mit den Gewichten der Längen, die zwischen einem angehenden und einem ankommenden Draht gemessen wurden, siehe Abb. 1) überein, und so kann die Ausgleichung nach gleichen Gewichten vorgenommen werden.

Da diese letztere Lösung zugelassen und wesentlich einfacher ist, wurde die Berechnung auf Grund dieser Lösung durchgeführt. So konnten je Figur, der Abb. 1 entsprechend, Bedingungen vom nachstehenden Typ angeschrieben werden:

$$a_1 + a_3 - a_2 = 0 .$$

Diese auf die Winkel bezügliche Bedingung kann in den gemessenen Längen ausgedrückt und auf Grund von ([6]; Beziehung 4c) in der nachstehenden linearen Form angeschrieben werden (zweckmäßigerweise wird jedes Glied mit 10^5 multipliziert):

$$\begin{aligned} & - \frac{10^5}{h_{a,1}} v_a + \frac{10^5 h_{f,4}}{h_{b,1} h_{f,3}} v_b - \frac{10^5 h_{d,4}}{h_{c,1} h_{d,2}} v_c + \frac{10^5}{h_{d,2}} v_d - \\ & - \frac{10^5 \cdot h_{f,4}}{h_{e,2} \cdot h_{f,3}} v_e - \frac{10^5}{h_{f,3}} v_f - \frac{10^5}{\varrho} \Delta a = 0 , \end{aligned} \quad (9)$$

wo v_a, v_b, v_c, \dots die Verbesserungen der Längen a, b, c, \dots sind. In den Symbolen $h_{a,1}, h_{f,4}, h_{b,1}, \dots$ bedeuten die sich im Index befindenden Zahlen die Dreiecksnummern, die Buchstaben die Basen, das ganze Symbol bezeichnet die sich auf diese Dreiecke und diese Basen bezogenen Höhen; ferner bedeutet Δa den Widerspruch und ρ die analytische Winkleinheit. In den für das ganze Netz auf diese Weise angeschriebenen Bedingungsgleichungen kommen gemeinsame Verbesserungen nur bei den anschließenden Seiten vor, es besteht somit eine ziemlich lose Verknüpfung zwischen den einzelnen Figuren. Infolge dessen sind die Koeffizienten der auf Grund der Verbesserungsgleichungen angeschriebenen Normalgleichungen entlang der Hauptdiagonalen der Matrix in Dreierreihen angeordnet, wie dies nachstehend gezeigt wird:

$$\begin{aligned}
 [aa]k_1 + [ab]k_2 & & + \Delta a_I & = 0 \\
 [ab]k_1 + [bb]k_2 + [bc]k_3 & & + \Delta a_{II} & = 0 \\
 [bc]k_2 + [cc]k_3 + [cd]k_4 & & + \Delta a_{III} & = 0 \\
 [cd]k_3 + [dd]k_4 + [de]k_5 & & + \Delta a_{IV} & = 0 \\
 [de]k_4 + [ee]k_5 + [ef]k_6 & + \Delta a_V & = 0 \\
 [ef]k_5 + [ff]k_6 & + \Delta a_{VI} & = 0.
 \end{aligned}$$

In unserem Falle führte diese Lösung zu der Berechnung von 6 Korrelaten, und dank der obigen Form des Gleichungssystems wurde die Berechnung infolge der zahlreichen Koeffizienten vom Werte 0 noch weiter vereinfacht. Die mit der Ausgleichung verbundenen Rechnungen können in der Folge in bereits bekannter Weise durchgeführt werden. Nach erfolgter Berechnung des mittleren Fehlers des Messungen mit Einheitsgewicht können die mittleren Fehler der Koordinaten auf Grund der auf die Funktionen der ausgeglichenen Werte bezüglichen Beziehungen berechnet werden.

Zur Untersuchung von noch weiteren Vereinfachungsmöglichkeiten wurde von der Idealisierung der sich anschließenden Figuren ausgegangen. Wenn es nämlich verwirklicht werden kann, daß das Netz aus gleichseitigen, rechtwinkligen Diagonalenvierecken aufgebaut wird, so können die Koeffizienten der Verbesserungsgleichungen (9) wesentlich einfacher berechnet werden. Für eine solche idealisierte Figur kann die Verbesserungsgleichung — entsprechend den Bezeichnungen der Gl. (9) — in der nachstehenden Form angeschrieben werden (die Koeffizienten wurden wieder mit 10^5 multipliziert):

$$-10^5 v_a + \sqrt{2} \cdot 10^5 v_b - 10^5 v_c + \sqrt{2} \cdot 10^5 v_d - 10^5 v_e - 10^5 v_f - \Delta l = 0, \quad (10)$$

wo Δl den Widerspruch in Längeneinheiten bedeutet.

In diesem Fall können die Korrelaten der Normalgleichungen in Abhängigkeit von den Koeffizienten und den Widersprüchen in einfacher Weise

angeschrieben werden. In unserem Fall konnten wir die Einhaltung der obigen idealen Figuren nicht einmal annähernd sichern, doch wollten wir für spezielle Fälle, der Vollständigkeit halber, auch diese Möglichkeit erwähnen. In der Folge wurde noch untersucht, welche Vernachlässigung die Vereinfachung bedeutet, wenn die einzelnen Figuren gesondert ausgeglichen werden, und die gemeinsamen Seiten aus der Ausgleichung der vorigen Figur unverändert in die Ausgleichung der nachfolgenden Figuren eingeführt werden. In diesem Fall zerfällt nämlich das Normalgleichungssystem, wobei die einzelnen Korrelaten unmittelbar berechnet werden können, wodurch eine weitere

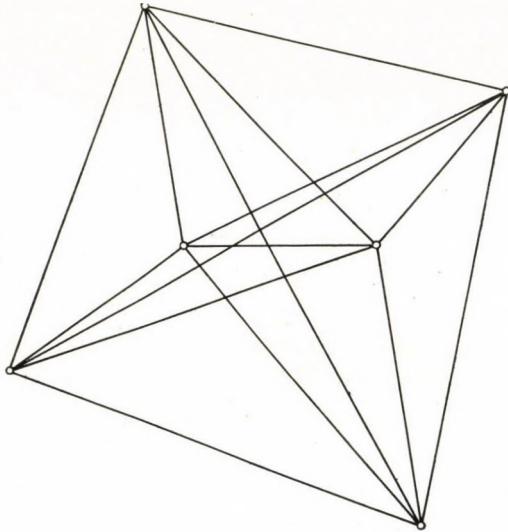


Abb. 5

Vereinfachung erreicht werden kann. Diese Untersuchung wurde in der Weise durchgeführt, daß die auf unseren Fall bezügliche konkrete Aufgabe sowohl mit Hilfe der gemeinsamen Ausgleichung wie auch nach der letzteren Methode gelöst wurde. Zwischen den nach den beiden Methoden abgeleiteten Koordinaten der Endpunkte des Netzes ergab sich in x ein Unterschied von 0,16 mm und in y 0,06 mm, welche Abweichungen vollständig vernachlässigt werden können. Wir wollen jedoch bemerken, daß sich diese Daten auf 6 Figuren und äußerst sorgfältige Messungen beziehen. Die größte Längenverbesserung betrug in unserem Falle 0,46 mm, und die durchschnittliche Längenverbesserung 0,2 mm.

Es sei noch schließlich bemerkt, daß die Auswertung der Messungen, insbesondere bei kurzen Strecken, auch graphisch gelöst werden kann. In diesem Fall können in den bei den neuen Punkten entstehenden Fehlerdrei-

ecken die wahrscheinlichsten Koordinaten der Punkte durch Abschätzung ermittelt werden. Die Genauigkeit dieses Verfahrens hängt verständlicherweise in hohem Maße von dem Maßstabverhältnis der Auswertung ab.

Aus all dem ist es ersichtlich, daß die Ausgleichung nach der vorgeführten Methode nach gewissen Umformungen zu einer den Streckennetzen ähnlichen Aufgabe führt, wobei selbstverständlich die wesentlich geringeren Maße und die bei den Berechnungen erforderte relativ höhere Genauigkeit beachtet werden muß.

Auf Grund der im Laufe der Ausgleichung gewonnenen Erfahrungen tauchte in Verbindung mit der Meßanordnung auch das Problem auf, ob bei der Anwendung von mehreren Loten die Genauigkeit der Übertragung etwa gesteigert werden könnte. Auf Grund der Abb. 5 ist es leicht einzusehen, daß bereits bei Anwendung von 3—3 Loten die an einer Etage entstehenden Figuren infolge der wesentlichen Zunahme der Anzahl von Bedingungen bedeutend bestimmter werden. In dem Fall der Abb. 5 können nämlich gegenüber der bisherigen einen Bedingung je Figur bereits 9 Bedingungen angeschrieben werden. Eine solche Anordnung würde jedoch praktisch zur Folge haben, daß die Anzahl der notwendigen Umhängeoperationen zunehmen würde. Damit würde aber auch die Anzahl der ohnehin umständlichen Messungen und damit auch die Meßzeit erheblich zunehmen. Gleichzeitig wird bei mehreren Umhängen auch die Genauigkeit verringert.

*

In Zusammenhang mit dem oben beschriebenen Verfahren wollen wir schließlich noch erwähnen, daß unbeachtet der Methode der Orientierung des Untergrund-Koordinatensystems die Punktabseigerung trotzdem gelöst werden muß. So bietet das von uns angegebene Verfahren sogar bei der Orientierung mit Hilfe der modernen Kreiselinstrumente die einzige Möglichkeit des genauen Anschlusses der Koordinatensysteme durch einen deformierten Schacht.

SCHRIFTTUM

1. HOFMANN, W.: Die freie Diagonalen-Viereckskette mit direkt gemessenen Strecken. *Z. für Vermessungswesen*, **83** (1958), 325—333.
2. ARNOLD, K.: Zur Fehlertheorie der streckenmessenden Triangulation. Berlin, 1952.
3. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Kiegyenlítőszámítás. (Ausgleichsrechnung). Budapest 1957.
4. WOLF, H.: Die Ausgleichung von Streckennetzen. *Zeitschr. f. Vermessungswesen*. **83** (1958), 337—346.
5. HALMOS, F.: A hosszhalózatok kiegyenlítéséhez. (Zur Ausgleichung von Streckennetzen). *VI. Oszt. Közl.* **XXX** (1962).
6. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Weitere Beiträge zur Ausgleichung von Streckennetzen. (Streckenmeßkurs München, 1961.)
7. Ховани, Л.: Уравнивание соединительных треугольников по принципу линейно-угловой «сети». *Acta Techn. Hung.* **XXXVII** (1961) 309—322.
8. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Zur Berechnung der mittleren Fehlerellipse beim einfachen Vorwärtseinschnitt, *Z. f. Vermessungswesen* 1958, 395—412 bzw. A középhibaellipszis kiszámításáról egyszerű elmetszésnél. *VI. Oszt. Közl.* **XXIV** (1960) 261—289.

POINT-PROJECTION DOWN AN OBLIQUE MINE-SHAFT

GY. ALPÁR—F. HALMOS

SUMMARY

A procedure is presented for the point-projection down an oblique mine-shaft, examining several possibilities for same. Considering economy and preciseness aspects, the multilevel solution with 2—2 plumb-lines was found to be the most satisfactory one. The co-measuring of the individual plumb-lines is made with longitudinal network quadrangles. Questions related to preciseness control with this procedure, arrangement possibilities and arising adjustment problems are discussed. With the permissible restrictions for the latter, a very easily applicable approximation procedure is also shown, agreeing with the results of the strict method within the limits of negligibility. According to theoretical investigations and practical experience, it can be stated that the mean error of the point-projection — assuming an overall plumbing depth 300 m besides a sixfold re-hanging — may be estimated at ± 10 mm.

PROJECTION DE POINTS LE LONG D'UN Puits DE MINE OBLIQUE

G. ALPÁR—F. HALMOS

RÉSUMÉ

Les auteurs présentent un procédé pour la projection de points de long d'un puits oblique, en examinant plusieurs possibilités au cours de l'étude. Compte tenu de certaines considérations économiques ou relatives à la précision, les auteurs optent pour la solution à plusieurs niveaux, avec deux lignes à plomb. La mesure des distances des lignes se fait directement, dans un réseau. Les auteurs examinent les questions du contrôle de précision du procédé, ainsi que les possibilités d'arrangement et les problèmes de compensation pouvant se présenter. Avec les restrictions admissibles, ils donnent, pour ce dernier problème, une méthode approchée très facilement applicable, dont les résultats concordent presque parfaitement avec ceux de la méthode exacte. Sur la base de recherches théoriques et d'expériences pratiques, on peut établir qu'avec une resuspension à six fois, l'erreur moyenne de la projection de points peut être évaluée à ± 10 mm, en supposant une profondeur totale de prise d'aplomb de 300 mètres.

ПРОЕКЦИЯ ПУНКТА НА НАКЛОННУЮ ШАХТУ

Д. АЛЬПАР — Ф. ХАЛЬМОШ

РЕЗЮМЕ

В статье описывается новый прием проекции пункта на наклонную шахту, причем рассматривается ряд возможностей. Наиболее подходящим способом с точки зрения экономичности и точности является решение вопроса применяя по два многоэтажных отвеса. Связывание отдельных отвесов осуществляется при помощи квадратов продольной сети. Рассматриваются вопросы точности приема, возможности установок, а также возникающие проблемы уравнивания. Для уравнивания предлагается приближенный способ, который, при допускаемых ограничениях, применяется весьма легко и результаты которого, в пределах пренебрегаемых погрешностей совпадают с результатами строгого метода. Данные теоретических исследований и практического опыта показывают, что при 6-тикратной перевеске и при предполагаемой глубине отвешивания, равной 300 м, средняя погрешность проекции пункта составляет около ± 10 мм.

STEIGERUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT IM MARKSCHEIDEWESEN

Prof. Dr. Ing. habil. K. NEUBERT
BERGAKADEMIE FREIBERG

[Eingegangen am 3. Sept. 1962]

Es wird ein Überblick der wesentlichen Neuerungen während der letzten 15 Jahre im bergmännischen Vermessungswesen gegeben, wobei insbesondere die Forschungsergebnisse beim Markscheideinstitut der Bergakademie Freiberg angesprochen werden.

Zuerst wird auf die Vorteile und Anwendungsgrenzen der elektromagnetischen Streckenmessung eingegangen, nachdem auf die Erfolge photogrammetrischer Meßmethoden hingewiesen wurde. Nach einer kurzen Erwähnung der Vereinfachungen in der Winkelmessung und Auswertung mit elektronischen Rechenautomaten wird die Überlegenheit der Kompensatornivelliere aufgezeigt.

Für Nachtragungsarbeiten unter Tage wurden optische Streckenmeßverfahren mit dem Hängetheodolit in Verbindung mit Dimeßkeil entwickelt. Die besten Ergebnisse wurden mit Reflexdimeßblättern erzielt. Zur Verbesserung der Lattenablesung wird Koinzidierung mit Lichtspalt anstelle rechteckiger Striche empfohlen. Unter schwierigen Grubenverhältnissen lassen sich mit dem Kleindiktaphon beachtliche Einsparungen nachweisen. Auch auf dem Gebiet der Kartierung sind durch automatische Übertragung der Koordinaten über elektronische Rechenmaschinen in Kartiergeräte umfangreiche zeitliche Vorteile zu erreichen. Die Zulage des bergmännischen Reißwerks muß künftig auf pausfähigen Zeichenträgern geschehen, da der bisher geforderte Aufwand nicht mehr tragbar ist. Zur raschen Herstellung von Flachrissen, Anschauungs- und Raumbildern wurde ein Universaldarstellungsgesetz nach dem Baukastenprinzip entwickelt. Einfach in der Bedienung stehen die gewünschten Darstellungen in kürzester Zeit zur Verfügung.

In fast allen Zweigen der Technik wurden in den hinter uns liegenden 15 Jahren intensiver Aufbauarbeit beachtliche Erfolge im Ablauf alt gewohnter Arbeitsprozesse erreicht. Regelung und Automatisierung haben teilweise einen Umfang angenommen, der vor kurzem kaum vorstellbar war. In der Montanindustrie steht in vorbildlicher Weise der Braunkohlentagebau an der Spitze in der Anwendung der neuen Technik, während der Tiefbau infolge der viel schwierigeren Probleme diesem Siegeszug nicht ganz standhalten konnte. Auch markscheiderische Arbeiten lassen sich nicht ohne weiteres automatisieren. Ähnliche Schwierigkeiten bestehen auf dem Gebiet der Geodäsie [1].

Bei Übertagemessungen sind Teilerfolge zu verzeichnen. Sowohl die terrestrische als auch die Aerophotogrammetrie lassen gegenüber der bisher angewendeten Methode der punktweisen Erfassung beträchtliche Vereinfachun-

* Vortrag gehalten am 10. August 1962 in der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest.

gen erkennen. Bedeutungsvoll sind ferner die Ergebnisse auf dem Gebiet der Längenmessung mit Hilfe der Wellentechnik. Radarmethoden nach dem Shoran-, Hiran- und Deccaverfahren haben es ermöglicht, Streckenmessungen großen Stils in kürzester Zeit für riesige Gebiete mit der erforderlichen Genauigkeit durchzuführen.

Große Vorteile sind besonders für Kombinate des Braunkohlenbergbaus in nächster Zeit zu erwarten. Während die Photogrammetrie bereits wesentliche Arbeitserleichterungen nachweisen konnte, wurde die elektrische Streckenmessung auf Zweckmäßigkeit ihres Einsatzes untersucht.

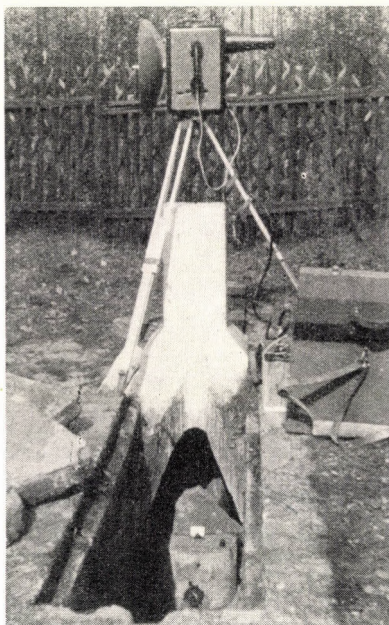


Bild 1. Tellurometernaufstellung bei Basismessungen

Im Rahmen eines Forschungsauftrages [2] wurden mehr als 1000 Streckenmessungen unter verschiedenen äußeren Bedingungen ausgeführt, wovon 620 Messungen in Braunkohlentagebauen und 270 zu Eichzwecken stattfanden. Während der 15 000 km Transportwege und einer Gesamtbetriebszeit von 450 Stunden traten nur unbedeutende Mängel auf, die ohne nennenswerte Schwierigkeiten behoben werden konnten. Das Tellurometer ist inzwischen in mehrfacher Hinsicht verbessert worden: 1. volltransistorisiert, womit Gewichtsverringerung verbunden ist, 2. Sende- und Empfangsgeräte sind austauschbar, so daß der Empfangsapparat auch als Sendestation verwendet werden kann. Diese Ausrüstung wird in den USA als *Microdist* und weiter vervollkommenet als *Electrotape* bezeichnet.

Aus den bisher mit dem Tellurometer gemachten Erfahrungen wird von WADLEY [3] folgende Fehlerformel angegeben

$$m = \pm (5 \text{ cm} + 3 \cdot 10^{-6} D),$$

während bei unbeeinflussten Eichmessungen (Bild 1) eine entfernungsabhängige Genauigkeit nicht nachgewiesen werden konnte (Tabelle I).

Tabelle I
Genauigkeit kurzer
Tellurometerstrecken

Streckenlänge (m)	m_e (cm)
192,0	$\pm 2,0$
192,0	$\pm 1,3$
216,0	$\pm 2,3$
384,0	$\pm 5,6$
408,0	$\pm 1,1$
600,0	$\pm 2,0$
1440,6	$\pm 2,0$
1488,6	$\pm 1,9$
2881,3	$\pm 1,7$
2929,2	$\pm 1,4$
4369,9	$\pm 1,3$
5810,5	$\pm 4,2$
8000	$\pm 2,4$

Für den mittleren Fehler ergibt sich

$$m_e = \pm (2,2 \pm 0,4) \text{ cm.}$$

Folgende Längsfehler lassen sich im Vergleich mit Tachymetermessungen (mittlerer Längenmeßfehler für Tachymeter $m_e = \pm 0,15 \text{ m}/100 \text{ m}$) herleiten

$$m_{L\text{Tach}} = \pm m_e \sqrt{\frac{L}{100}} \quad (\text{Tabelle II})$$

und

$$m_{L\text{Tell}} = \pm m_e \sqrt{n}.$$

Vergleiche der Streckenmessung mit Bala und Tellurometer für Entfernungen von 419 bis 12 182 m ergaben einen mittleren Fehler von $\pm 5,9 \text{ cm}$ (Tabelle III).

Tabelle II

Längsfehler von beiderseits angeschlossenen Tachymeter-
und Tellurometerzügen in Zugmitte

L (m)	s (m)	n	m_{LTach} (m)	m_{LTell} (m)	$m_{LTach} - m_{LTell}$ (cm)
500	250	2	$\pm 0,33$	$\pm 0,03$	30
700	350	2	0,40	0,03	37
1000	333	3	0,47	0,03	44
1200	300	4	0,52	0,04	48
1400	280	5	0,56	0,04	52
1600	320	5	0,60	0,04	56
1800	300	6	0,64	0,05	59
2000	286	7	0,67	0,05	62

Es bedeuten:

L = Zuglänge

s = Polygonseitenlänge

n = Anzahl der Polygonseiten

$$m_{LTach} = \pm 0,15 \sqrt{\frac{L}{100}}$$

$$m_{LTell} = \pm 0,02 \sqrt{n}$$

$m_e = \pm 0,15$ pro 100 m für Tachymeter

$m_e = \pm 0,02$ für Tellurometer

Tabelle III

Ergebnisse der Streckenmessung mit Bala und Tellurometer

Nr.	S_B Bala (m)	S_T Tellurometer (m)	$S_T - S_B$ (cm)	Bemerkungen
1	838,29	,34	+ 5	S_B mit Basislatte direkt gemessen
2	1469,12	,05	- 7	
3	601,84	,75	- 9	
4	601,15	,13	- 2	
5	1012,75	,74	- 1	
6	436,51	,46	- 5	
7	1070,37	,41	+ 4	
8	618,76	,84	+ 8	
9	419,37	,30	- 7	
10	12182,95	,94	- 1	S_B aus Koordina- ten des Bala- zuges berechnet
11	5410,30	,47	+17	
12	6878,86	,85	- 1	
13	2885,40	,40	0	
14	3892,75	,82	+ 7	

Für kurzzeitige Polygonzüge können mit dem Tellurometer Längengenauigkeiten von 1 : 5000 bis 1 : 10 000 erreicht werden. In Verbindung mit dem Kleinkreisgerät und langseitiger Polygonierung läßt sich ein Punktfeld mit hohen Genauigkeitsansprüchen in denkbar kurzer Zeit schaffen. Untersuchungen in dieser Hinsicht sind z. Z. im Gange.

Zusammenfassend kann bereits jetzt gesagt werden, daß die elektromagnetische Streckenmessung beim Einsatz in Großtagebaubetrieben bei fast allen Wetterverhältnissen und für unbegrenzte Reichweiten mit großem wirtschaftlichem Vorteil eingesetzt werden kann. Für die Durchführung der

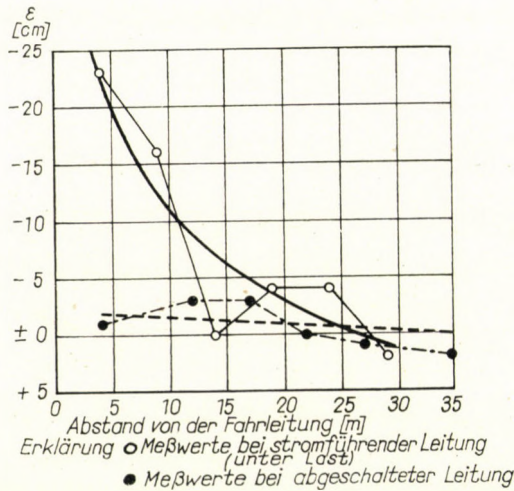


Bild. 2. Meßwerte bei stromführender und bei abgeschalteter Leitung

Messung sind 1 Ingenieur und 1 Techniker erforderlich, evtl. noch 1 Feldbuchführer. Die eigentliche Meßzeit dauert höchstens 10 Minuten. Gegenüber einem Basislattenzug ergeben sich Zeiteinsparungen von 60 bis 80%. Die Durchführung der Berechnung einer Strecke dauert etwa 20 Minuten. Dieser Aufwand kann durch Programmierung in Rechenautomaten noch beachtlich verringert werden.

Die angegebenen Genauigkeiten lassen sich garantieren, wenn die Frequenz in etwa Vierteljahresabständen mit einer Normalfrequenz verglichen wird. Eingehende Untersuchungen über äußere Einflüsse haben ergeben, daß sich die systematischen Fehler bei entsprechender Disposition weitgehend ausschalten lassen (Bild 2). Angaben über Auswahl der Strecken und optimale Anwendungsbereiche machen das Tellurometer zu einem wertvollen Entfernungsmessgerät für den Bergbau.

Vereinfachungen in der Winkelmessung bestehen in der photographischen Registrierung und in der halbautomatischen Einstellung des Zieles mit Hilfe

des elektrischen Auges. Eine vollautomatische Punktfestlegung wird mit dem Microwave Position Fixing System erreicht, einem elektronischen Theodolit mit Winkelmeßgenauigkeit von $1'$, der in den USA entwickelt wurde. Hierbei werden die Winkelwerte über Lochstreifen in elektronischen Rechenautomaten ausgewertet, während die Darstellung über elektronisch gesteuerte Kartierungsgeräte erfolgt.

Für die Höhenmessung sind während der letzten Jahre mehrere Kompensatornivelliere entwickelt worden, die etwa die gleiche Genauigkeit wie Feinnivelliere garantieren und darüber hinaus eine Zeiteinsparung von etwa 35% mit sich bringen. Über die Vorteile des in der DDR von den Zeiss-Werken

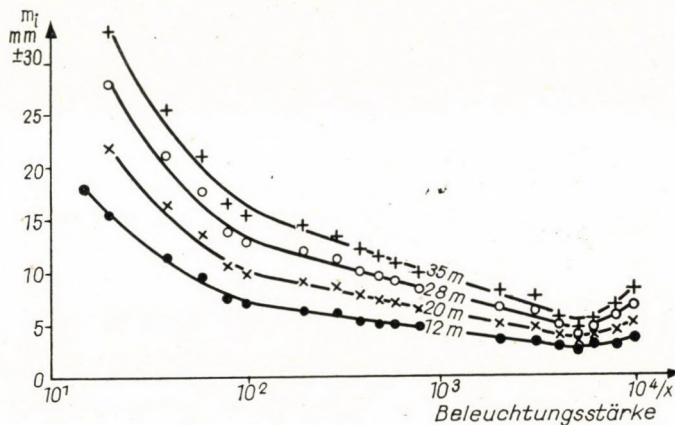


Bild 3. Koinzidenzfehler an der Dimeßhandlatte in Abhängigkeit von der Beleuchtungsstärke

entwickelten KONI 007 sind bereits an mehreren Stellen Veröffentlichungen erschienen (z. B. [4]), so daß hier keine näheren Ausführungen gegeben werden. Als vollautomatisches Gerät sei hier noch der Profilaufnehmer mit Servomechanismus aus der SU genannt, der jedoch z. Z. noch nicht die für viele Arbeiten geforderte Genauigkeit liefert.

Die Meßtechnik unter Tage ist dagegen einer Automatisierung nur schwer zugänglich. Andererseits erfordern die großen Fortschritte im Streckenaufahren und in der Gewinnungstechnik neue Wege im Vermessungswesen. Während um die Jahrhundertwende die monatlichen Auffahrungen bei etwa 30 m lagen, bewegen sich die Spitzenleistungen heute z. T. um 1000 m. Bei einem Arbeitsrhythmus von 4 Dritteln mit Ablösung vor Ort steht für die Durchführung vermessungstechnischer Arbeiten keine Pause offen. Wenn eine Störung des Leistungsablaufes nicht geduldet wird, sieht sich der Markscheider vor ein schwieriges Problem gestellt.

Für Nachtragungs- und Verbindungszüge wurde ein optisches Streckenmeßverfahren ausgearbeitet, dessen Anwendung auch bei ungünstigen Gruben-

verhältnissen die erforderliche Genauigkeit garantiert. Es ist einfach in der Handhabung, erfordert geringeren Personalaufwand und liefert in kürzester Zeit die benötigten Meßdaten [5]. Der Hängetheodolit Th 6.1 der Freiburger Präzisionsmechanik wurde mit einem Vorsatzdimeßkeil ausgestattet. Die Verwendung der Dimeßhandlatte von Zeiss, Jena, ergab die geringsten Koinzidenzfehler bei Beleuchtungsstärken von 5000 lx (Bild 3), während elektrische

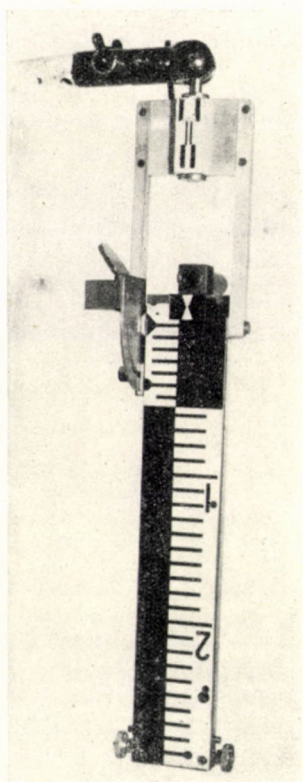


Bild. 4. Grubenmeßlatte mit Reflexfolie für Doppelbildmessung

Grubenkopflampen nur Lattenbeleuchtungsstärken von 350 bis 450 lx erreichen. Für die Doppelbildmessung wurde deshalb eine reflektierende Distanzhängeplatte entwickelt (Bild 4). Untersuchungen verschiedener Reflexfolien ergaben die günstigsten Koinzidenzfehler für den Beleuchtungsstärkebereich von 30 bis 100 lx. Die Abhängigkeit des Rückstrahlwertes vom Lichteinfallwinkel ist in Bild 5 dargestellt. Aus diesem Grunde wurde die Lichtquelle am Theo 6.1 fest angebracht (Bild 6), womit außerdem der Gehilfe für das Anleuchten der Latte entfällt. Die Bestimmung der Seitenlänge in einer Richtung mit einer Doppelkoinzidenz ergab unter Verwendung der Dimeßhandlatte eine mittlere innere Genauigkeit von 1 : 6100, während die äußere Genauigkeit mit 1 : 2000

bis 1 : 3000 (Tabelle IVa) angegeben werden kann. Im Zuge der Polygonmessung können nach dieser Methode auch Kleinpunkte polar bestimmt werden, z. B. Einmessen der Abbaufont durch freihändiges Anhalten der Hängelatte. Bei den bisher bekannten optischen Distanzverfahren mußten die Zwischenabstände mit dem Meßband ermittelt werden. Mit diesem Dualismus geht der Vorteil optischer Abstandsmessung verloren. Durch diese neue Einrichtung konnte die Meßzeit um 20% verkürzt und ein Drittel der benötigten Arbeitskräfte eingespart werden. Sehr vorteilhaft wirkt sich die schlagwettersichere

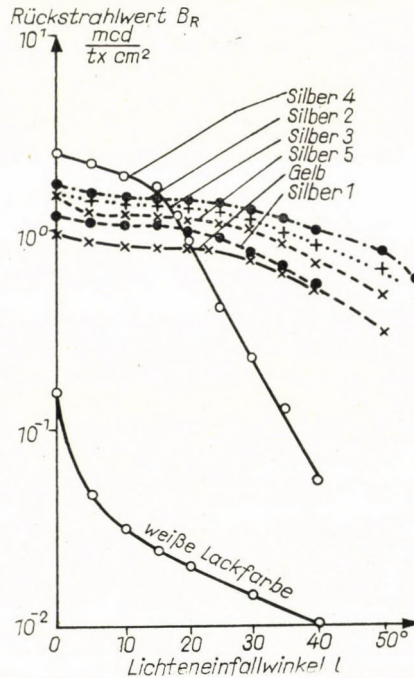


Bild 5. Rückstrahlwert B_R in Abhängigkeit vom Lichteinfallwinkel i bei einem Beobachtungswinkel $\gamma = 1,15^\circ$ für verschiedene Reflexstoffe

elektrische Innenbeleuchtung beim Hängetheodolit 6.1 aus (Bild 7), die nachträglich vorgesehen werden kann. Durch Druck auf den Drahtauslöser wird während der Ablesung die Beleuchtung eingeschaltet. Als Stromquelle dienen 2 Knöpfzellen NiCd-Sammler von 450 mAh Ladung.

Eine Erhöhung der Genauigkeit für Hauptzüge muß in der Herabsetzung von Fehlereinflüssen durch den Beobachter angestrebt werden. Die unpersönliche Distanzstreuung kann auf 1 : 20 000 für eine Bezugslänge von 50 m eingengt werden (Tabelle IVb), wenn eine Lattenteilung mit Symmetrieeinstellung verwendet wird. Untersuchungen haben ergeben, daß keilförmige Teilstriche für Hauptteilung und für Nonius die Gewähr für Einhaltung der

unteren Genauigkeitsgrenze von 1 : 10 000 geben (Bild 8). Es ist zu erwarten, daß künftig Hauptzüge nur noch mit der optischen Distanzmessung ausgeführt werden. Diese Genauigkeit reicht im bewegten Gebirge völlig aus, da schon nach kurzer Zeit horizontale Punktwanderungen von mehreren Zentimetern eintreten können.

Eine mit geringem Aufwand zu erzielende Einsparung von Arbeitskräften kann bei allen Vermessungsarbeiten durch die Verwendung eines umhängbaren Kleindiktaphons erreicht werden. Besonders wertvoll ist diese

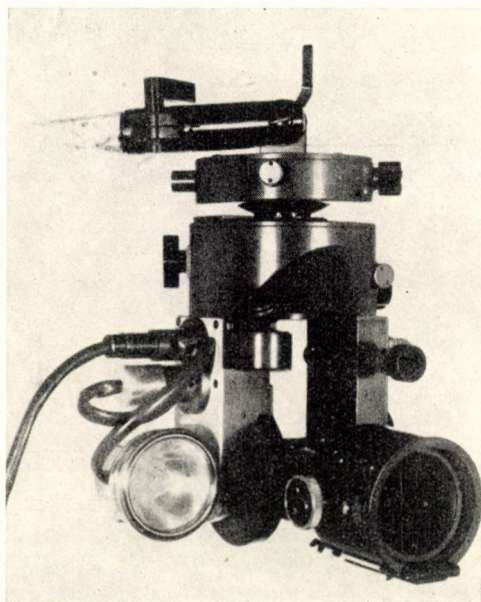


Bild 6. Hängetheodolit Th 6.1 mit Dimeßkeil und Grubenkopflampe

Neuerung bei gefährvollen Messungen z. B. der Erforschung von Ursachen, die zu Gebirgsschlägen führen, sowie bei Arbeiten in Schächten.

Auf dem Gebiet der Automatisierung von Rechenvorgängen sind bisher beachtliche Erleichterungen zu verzeichnen. Lochkarten- und Sortiermaschinen stehen den Markscheidereien auf verschiedenen Werken zur Verfügung. Die Programmierung häufig anfallender markscheiderischer Rechnungen für elektronische Rechenmaschinen liegt bereits vor.

Die automatische Übertragung berechneter Koordinaten in Kartiergeräte ist in letzter Zeit gelungen. Diese Technik wurde in Verbindung mit der Photogrammetrie entwickelt.

Fortschritte auf dem Gebiet der Kartierung sind mit Hilfe des Gravur- und Ritzverfahrens erreicht worden und versprechen auch Vorteile für das markscheiderische Reißwesen.

Die z. Z. noch geltenden Markscheiderordnungen verlangen vom Markscheider die Darstellungen des Grubengebäudes im Zulegerißwerk. Von dieser Urkunde werden 2 Kopien aller Reißplatten hergestellt, wovon sich die eine als Aufsichtsrubenbild bei der Bergbehörde und die zweite als Werksgruben-

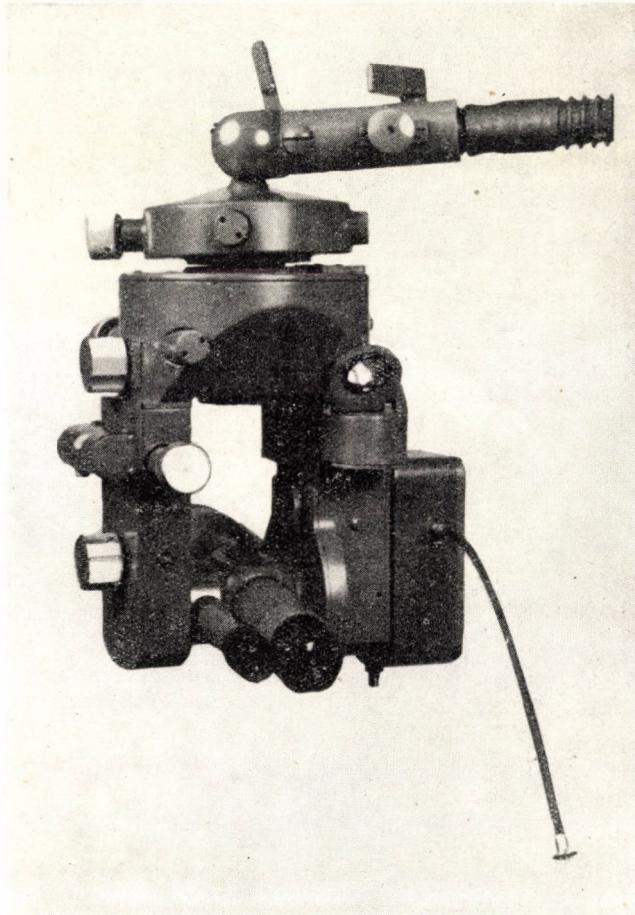


Bild 7. Hängetheodolit Th 6.1 mit schlagwetterischerer elektrischer Innenbeleuchtung

bild bei der technischen Werkleitung befinden. Der bisher getriebene Zeichen-
aufwand ist in der bestehenden Form nicht mehr tragbar, da die benötigten
Zeichenkräfte kaum zur Verfügung stehen. Das bergmännische Reißwerk muß
deshalb durch moderne Herstellungs- und Vervielfältigungsverfahren rationali-
siert werden. Die in der Kartographie gemachten Fortschritte wurden ein-
gehend studiert, um entscheiden zu können, bis zu welchem Grade eine Nutz-
anwendung für die anders gearteten Aufgaben in Frage kommt [6]. Die Zulage

Tabelle IV

Koinzidenzstreuung für ≈ 36 m Entfernung bei Verwendung

a) Dimeßhandlatte

Beobachter	Mittlere Koinzidenzstreuung m_K	Maximale Koinzidenzstreuung	Mittlerer Fehler	
			\bar{m}_i	\bar{M}_i
A	$\pm 6,6$ mm	18 mm	$\pm 6,7$ mm	$\pm 2,1$ mm
B	4,2	21	6,5	2,1
C	5,3	15	5,9	1,8
D	6,0	24	6,5	2,1
E	6,4	20	8,4	2,7
F	6,5	16	10,1	3,2
G	5,7	15	8,8	2,8
H	4,8	13	4,8	1,5
I	5,2	20	6,1	1,9
J	6,0	14	6,9	2,2
K	5,8	14	5,6	1,8
L	7,8	18	15,6	4,9
Mittel:	$\pm 5,9$ mm	17 mm	$\pm 8,1$ mm	$\pm 2,6$ mm
	$\triangle 1 : 6100$			

b) Keildimeßlatte

A	$\pm 1,1$ mm	3 mm	$\pm 6,4$ mm	$\pm 2,0$ mm
B	1,1	3	3,8	1,2
C	1,1	3	3,4	1,1
D	1,6	4	5,1	1,6
E	1,5	4	4,4	1,4
F	1,3	4	5,8	1,8
G	1,8	5	6,2	2,0
H	0,7	2	5,4	1,7
I	1,8	4	5,3	1,7
J	2,0	5	6,2	2,0
K	1,3	3	5,3	1,7
L	2,1	5	9,1	2,9
Mittel:	$\pm 1,5$ mm	4 mm	$\pm 5,7$ mm	$\pm 1,8$ mm
	$\triangle 1 : 23\ 800$			

auf den Plastfolien Astralon und Ekalon haben sich für die Ansprüche an das bergmännische Reißwerk mit den laufenden Nachtragungsarbeiten als vollwertig erwiesen, so daß die mühevollte Herstellung auf Zeichenkarton für die beiden Kopien künftig entfallen kann. Die Anwendung wenig aufwendiger

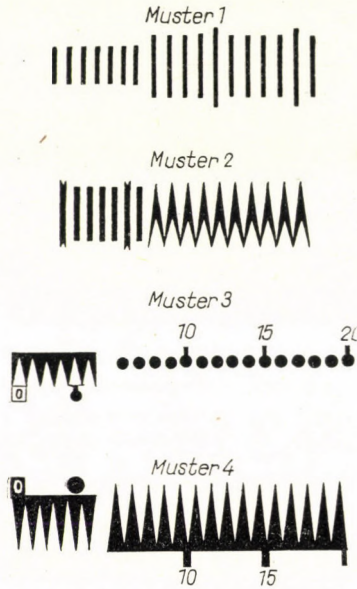


Bild 8. Verschiedene Ausführungen der Dimeblattenteilung

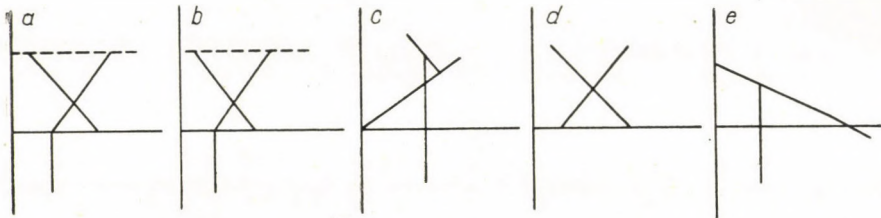


Bild 9. Schematische Bauweise der Gerätetypen

Vervielfältigungsmethoden mit garantiert fehlerfreier Übertragung vom Original zeigt die Entwicklung in nächster Zukunft, der die Markscheiderordnung Rechnung tragen muß. Die Anwendung der positiven Foliengravur einschließlich der vorhandenen Gravurgeräte bringt eine Leistungssteigerung bis zu 30%. Es wird nicht mehr mit Tusche sondern mit einem Stichel gearbeitet. Mühelos läßt sich eine bessere Schärfe und eine größere Gleichmäßigkeit bei weniger qualifizierten Kräften erreichen. Besondere Vorteile bietet dieses Verfahren für alle Darstellungen im Rahmen des Lagerstättenarchivs.

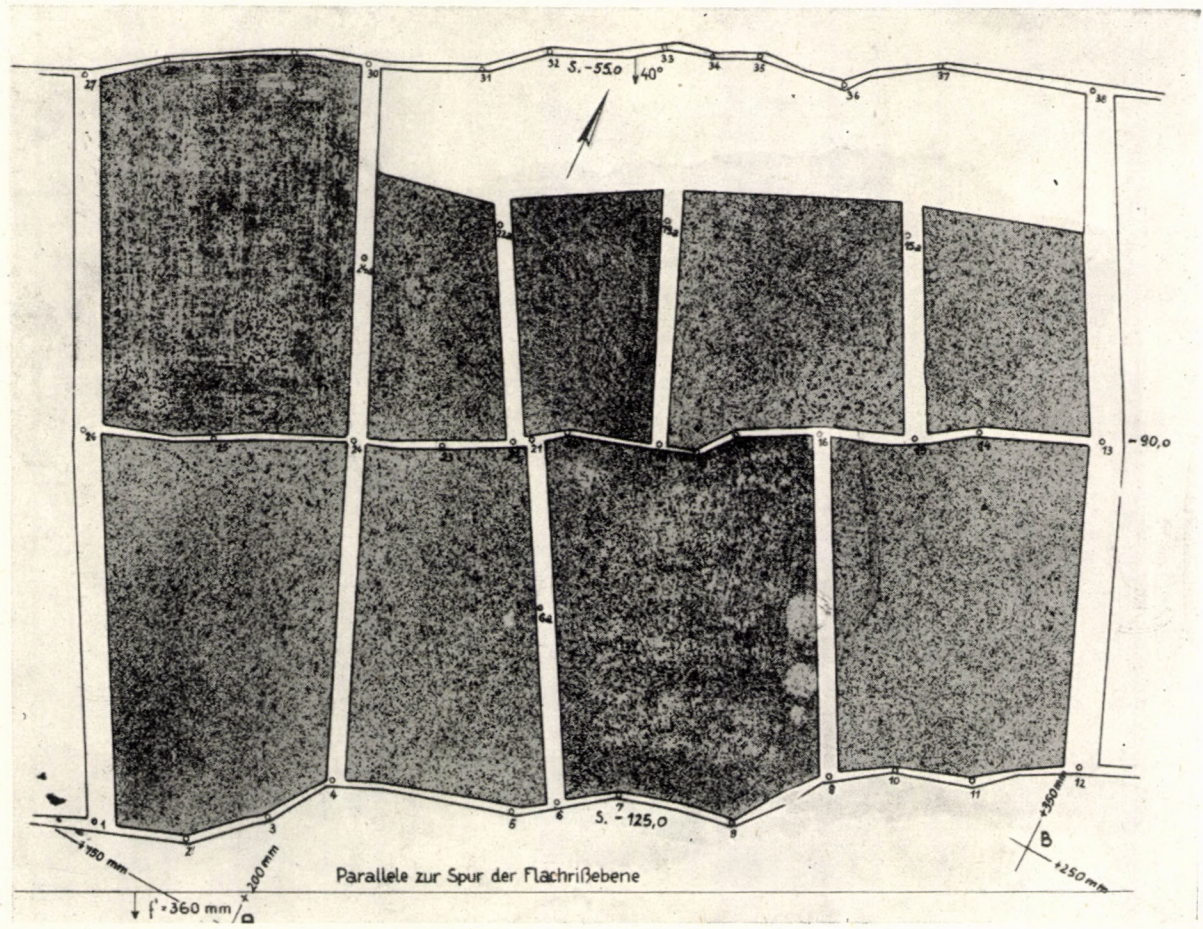


Bild 10. Beispiel einer Flachrißkonstruktion

Die allgemein üblichen Rißprojektionen einschließlich Schnittherstellung vermitteln dem im Rißlesen weniger geübten Bergmann oft nur einen unzureichenden Einblick in die Lagerungsverhältnisse. Eine Brücke wird durch Anfertigen von Anschauungs- und Raumbildern geschlagen, um bei Planungsbesprechungen schneller zum Ziel zu gelangen. Die Herstellung ist vielfach unterblieben, da sie aufwendig war.

Beim Markscheideinstitut wurde deshalb ein Universaldarstellungsgerät entwickelt, das nach dem Baukastenprinzip sowohl Anschauungsbilder in

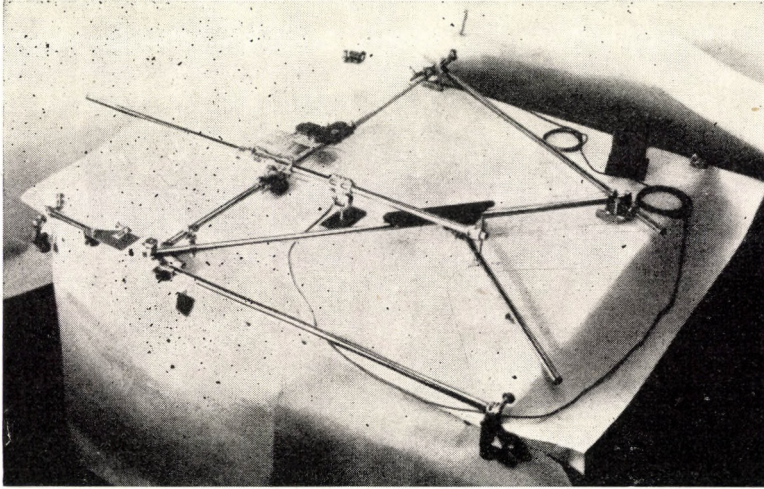


Bild 11. Anordnung für Herstellung orthogonaler Flachrisse

parallelperspektivischer und zentralperspektivischer Projektion als auch Flachrißdarstellungen und Raumbilder als Anaglyphen herzustellen gestattet (Bild 9) [7]. Darüber hinaus ist der Apparat auch als Pantograph zu verwenden. Die Punktunsicherheit liegt bei 0,1 bis maximal 0,3 mm, so daß die Darstellungen mit dem Gerät für den heute wieder bedeutsam gewordenen Flachriß neuer Konstruktion Rißcharakter besitzen (Bild 10). Umgekehrt kann aus dem Flachriß mechanisch der Grundriß hergestellt werden (Bild 11).

Für die Anfertigung parallelperspektivischer Anschauungsbilder ist das Prinzip nach LI-TSIAN-SIAN bisher allen anderen Bauweisen infolge der Unkompliziertheit überlegen. Der einzige Nachteil besteht in der manuellen Verschiebung des Originals bei Höhenänderung, worunter die Genauigkeit leidet. Dieser Mangel ist bei dem neuen Gerät behoben, womit nicht nur eine Genauigkeitssteigerung sondern auch ein Zeitgewinn verbunden ist (Bild 12).

Für die Herstellung von Anaglyphenbildern konnte das von SCHULZE [8] aufgezeigte Prinzip durch linienweises Abfahren verbessert werden. Auch besteht die Möglichkeit, beide Teilbilder gleichzeitig zu entwickeln. Das Ana-

glyphenraumbild kann sowohl in echter Schrägsicht (Bild 13) als auch in der dzG-G-Projektion (Bild 14) angefertigt werden. Weit über die Anwendung des Bergbaus hinaus verdient die einfache Herstellung von zentralperspek-

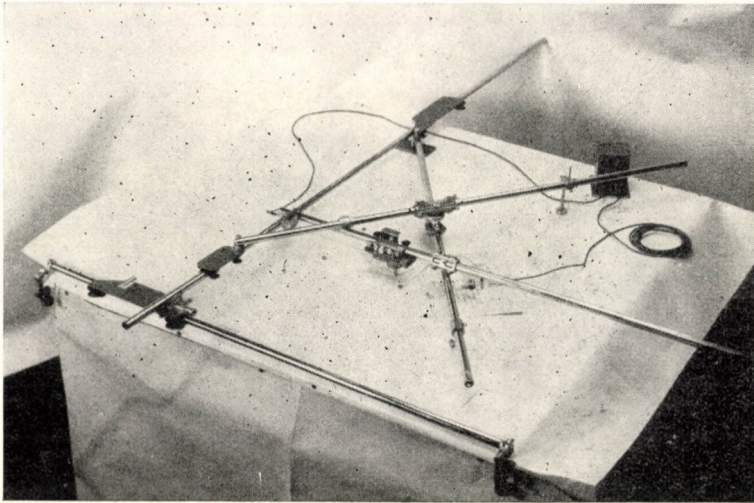


Bild 12. Anordnung für Herstellung parallelperspektivischer Anschauungsbilder

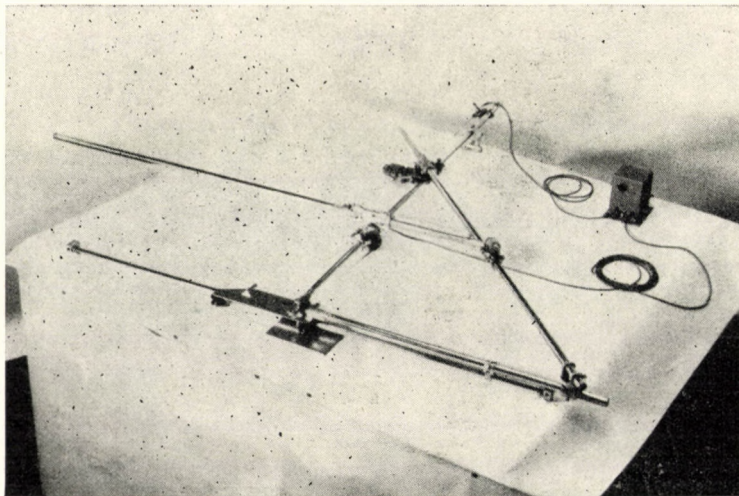


Bild 13. Anordnung für Herstellung echter Schrägsichtanaglyphen

tivischen Anschauungsbildern auf mechanische Weise besondere Beachtung (Bild 15). Der Grundriß wird sohlenweise abgefahren. Für die Umstellung ist eine Ablesemarke am Laufwagen zu bedienen.

Es wurde infolge mehrerer Nachteile für die Übertragung nicht das Prinzip des Bowdenzuges gewählt. Viel vorteilhafter erwies sich ein elektro-

magnetischer Auslöser mit Schalter im Körper aus organischem Glas, das mit Fadenkreuz zum Abfahren ausgestattet ist. Mit Hilfe einer Federtrommel paßt sich die Kabellänge dem Zug durch den Zeichenstift an. Die Trommel ist ferner

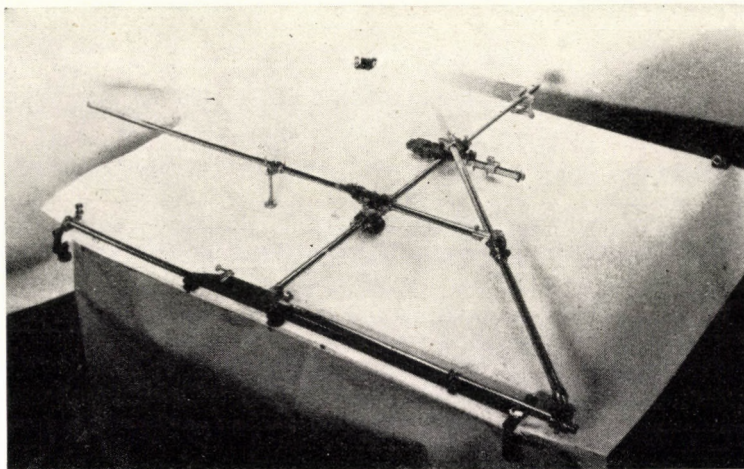


Bild 14. Anordnung zur Herstellung von Anaglyphenraumbildern in der dzg—g-Projektion

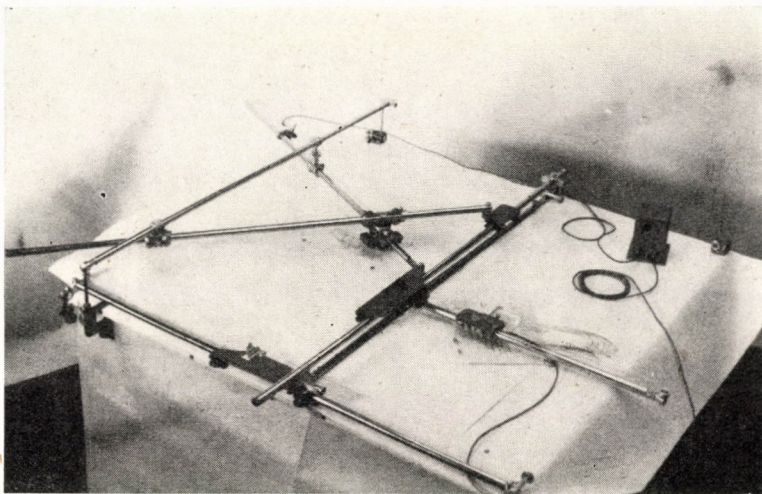


Bild 15. Anordnung für zentralperspektivische Anschauungsbilder

mit einer Kontrolllampe versehen, wodurch visuell die Tätigkeit des Elektromagneten erkannt wird.

Das neue Gerät besitzt gegenüber allen anderen bisher bekannten Konstruktionen den Vorzug der einfachen mechanischen Herstellung von wertvollen Veranschaulichungen komplizierter Lagerungsverhältnisse auf universel-

ler Grundlage. Darüber hinaus dürfte es eine wertvolle Hilfe für Architekten-, Projektierungs- und Planungsbüros verschiedener Sparten sein. Mit einer wenig vorgebildeten Kraft läßt sich meist in knapp zwei Stunden die Darstellung durchführen.

Ich hoffe, mit diesen kurz gefaßten Ausführungen einige Hinweise gegeben zu haben, die dem Markscheider gestatten, seine ihm obliegenden Arbeiten schneller, bequemer, jedoch mit der erforderlichen Genauigkeit und Zuverlässigkeit durchführen zu können.

LITERATUR

1. PESCHEL, H.: Automatisierung vermessungstechnischer Arbeiten. *Freib. Forsch.-H. A 185* (1960), 36—50.
PESCHEL, H.: Moderne Technologie der geodätischen Arbeit. *Vermess.-Techn. 9* (1961), 161—165.
2. MEIXNER, H.: Untersuchung und Anwendung elektrischer Längenmeßgeräte in Braunkohlengroßtagebauen. Forschungsbericht Bergakademie Freiberg 1961 (unveröffentlicht).
3. WADLEY, T. L.: The Tellurometer System of Distance Measurement. *Emp. Surv. Rev. XIV* (1957), 110—111, 146—160.
4. NEUBERT, K. und W. WERRMANN: Erprobung der Funktionstüchtigkeit des KONI 007 durch Untersuchungen im Markscheideinstitut und im praktischen Einsatz. *Vermess.-Techn. 10* (1962), 69—75.
5. WORDELMANN, H.: Untersuchungen zur Verbesserung der optischen Streckenmessung unter Tage. Diss. Bergakademie Freiberg 1961 (unveröffentl.).
6. LAHR, E.: Untersuchung über die Anwendung rationeller Kartierungs- und Vervielfältigungsmethoden im markscheiderischen Reißwerk. Markscheiderische Probearbeit 1961 (unveröffentlicht).
7. ROUTSCHEK, H.: Mechanische Hilfsmittel zur Konstruktion von Flachrissen und zentralperspektivischen Anschauungsbildern. Forschungsbericht Bergakademie Freiberg 1961 (unveröffentlicht).
8. SCHULZE, G.: Das Anaglyphenbild im Bergbau unter besonderer Berücksichtigung mechanisch-graphischer Konstruktionshilfen und einfacher Vervielfältigungsmethoden. (Dissertation Bergakademie Freiberg 1960). *Freib. Forsch.-H. A 216* (1962).

INCREASE OF ECONOMY IN MINING GEODESY

K. NEUBERT

SUMMARY

This is a recapitulation of the essential improvements introduced in mining geodesy during the last 15 years. Special attention is paid to the research results achieved at the Institute of Mining Geodesy of the Mining Academy in Freiberg.

In the first place, the advantages and application limits of electromagnetic length-measurements are discussed, after pointed out the results of photogrammetrical measuring methods. After a short glance at the simplifications in angular measurements and evaluation by electronic computers, the superiority of compensating leveling instruments is pointed out.

For subsurface geodetic work, optical sectional measuring procedures have been developed, using hanging theodolites in connection with double measuring wedges. The best results were obtained with reflex double measuring laths. In order to improve lath-reading, coincidence with light-slits instead of rectangular marks are recommended. In difficult underground conditions, remarkable economy can be achieved with miniature dictaphones. Also in the field of cartography, considerable time-saving can be reached through automatic transportation of coordinates by way of electronic computers into the cartographic instruments.

In future, the graphic supplements must be prepared on such drawing-materials which can be photocopied, since the expenditures required until now are no more bearable. For the presentation of plane drawings, illustrative and plastic reproductions, an universal demonstration instrument has been developed, according to the "Baukasten" principle. It is simple to handle, and the figures required stand at disposal in the shortest time.

AUGMENTATION DE L'ÉCONOMIE EN GÉODÉSIE MINIÈRE

K. NEUBERT

RÉSUMÉ

L'auteur donne un aperçu des innovations essentielles faites en géodésie minière au cours des 15 dernières années, eu égard surtout aux résultats des recherches effectuées par l'Institut de Géodésie Minière de l'Académie des Mines de Freiberg.

Après examen de l'efficacité des méthodes photogrammétriques, l'auteur expose les avantages et possibilités d'application de la mesure électromagnétique des distances. Il offre ensuite un court aperçu des simplifications de la mesure des angles et des calculs à l'aide de calculatrices électroniques, et souligne enfin la supériorité des niveaux à lunette automatiques.

Pour les travaux de contrôle souterrains, il a été développé un procédé optique de mesure des distances avec des théodolites suspendus, munis de lames prismatiques. Les meilleurs résultats sont obtenus avec des mires réfléchissantes. Pour améliorer la lecture de la mire, la coïncidence des fentes lumineuses paraît préférable aux traits rectangulaires. Dans les conditions souvent difficiles des mines, on peut faire des économies considérables avec des dictaphones miniatures. Un gain de temps important peut être également réalisé lors de l'établissement des plans, en rapportant les points par coordinatographes automatiques, à l'aide de calculatrices électroniques. En outre, les annexes des croquis doivent être exécutées sur du papier calque, afin d'éviter les frais de reproduction devenus difficiles à supporter. Pour l'établissement rapide des plans et des modèles spatiaux, on a développé un instrument universel fonctionnant selon le principe des «boîtes de construction». D'un maniement simple, il produit les figures voulues en un temps minime.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ

К. НАЙБЕРТ

РЕЗЮМЕ

Дается обзор усовершенствований, осуществленных за последние 15 лет в маркшейдерии, причем основное внимание уделяется достижениям исследовательских работ маркшейдерского института при Горной академии в г. Фрейберге.

Указав на результаты фотограмметрических методов измерения, автор, прежде всего, подчеркивает преимущества электромагнитных методов дальнего измерения и описывает область их применения. После краткого перечисления упрощений, осуществленных в измерении угла и в интерпретации материалов путем применения электронных вычислительных автоматов, рассматривается вопрос о выгоде нивелиров-компенсаторов.

Для целей подземных контрольных работ были разработаны оптические методы дальнего измерения с использованием подвешенного теодолита, связанного с двойным мерным клином. Наилучшие результаты получаются при помощи двойной рефлексной мерной рейки. Для улучшения отсчетов с рейки, вместо прямоугольных делений предлагается применять диафрагмы. При наличии тяжелых горных условий, применение малогабаритного диктофона позволяет достигнуть в значительной экономии. В области картирования также получают хорошие и современные достижения путем переноса координат на картировочные приборы через электронные вычислительные машины. Чертежи горных работ должны составляться в дальнейшем на копируемых основаниях, так как применявшийся до настоящего времени способ оказался слишком дорогим. Для быстрого составления планов, обзорных и пространственных карт, было разработано универсальное устройство изображения по блочной системе. Требуемые изображения строятся таким образом быстро и просто.

DIE KÜNSTLICHEN SATELLITEN UND DIE MASSEFUNKTIONEN DER ERDE¹

Prof. K. LEDERSTEGER²

[Eingegangen am 3. Sept. 1962]

Nach einer kurzen Schilderung der Hauptprobleme der Satellitengeodäsie wird der Zusammenhang zwischen den Bahnstörungen der künstlichen Satelliten und den Massefunktionen der Potentialentwicklung des Erdkörpers dargelegt. Die Kritik der empirisch abgeleiteten Massefunktionen hat eine auf dem Außenraumpotential beruhende Theorie der hydrostatischen Gleichgewichtsfiguren zur Voraussetzung. Diese Theorie gestattet erstmalig die Definition und Berechnung mehrparametrischer Gleichgewichtsfiguren. Der scheinbare Widerspruch zwischen der statischen und der dynamischen Abplattung erklärt sich einfach daraus, daß die Normalfigur der Erde nicht einparametrisch ist. Hieraus kann auch das auf der klassischen Theorie beruhende irige Ergebnis widerlegt werden, daß zwischen der tatsächlichen und der hydrostatischen Abplattung eine beträchtliche Differenz klafft. Eine Analyse der Wiechert-Modelle lehrt, daß die Massefunktion J_4 unabhängig von der Parameterzahl des Normalsphäroides nahe bei $-3 \cdot 10^{-6}$ liegen muß, während J_6 von der Größenordnung $1 \cdot 10^{-8}$ ist und sich daher einer Bestimmung aus den künstlichen Satelliten entzieht. Die ungeraden Massefunktionen müssen sehr nahe der jeweils folgenden geraden Massefunktion liegen. Es sind also J_3 und J_4 noch revisionsbedürftig, während J_5 und J_6 vernachlässigt werden dürfen. Bei der Regularisierung der Erdkruste müssen die Trägheitsmomente C und A damit die statische Abplattung J_2 erhalten bleiben, um die nötige Konstanz des Drehimpulses ωC zu garantieren. Hingegen kann sich das polare Trägheitsmoment C je nach der angenommenen Konstitution des Erdinneren bis zu 1% ändern. Dies genügt, um in naher Zukunft durch einen kritischen Vergleich mechanischer und seismischer Ergebnisse das Dichtegesetz der Normalfigur der Erde zu finden. Ein dreiparametrisches, ein sechsparametrisches und ein achtparametrisches Modell des Normalsphäroides werden kurz besprochen.

a) Die Hauptprobleme der Satellitengeodäsie und die Elemente der Satellitenbahnen

Die Satellitengeodäsie, die Lehre von der wissenschaftlichen Auswertung der künstlichen Satelliten für geodätische Zwecke, hat sich bereits zu einer vielversprechenden Disziplin entwickelt. Die geodätische Ausbeute der künstlichen Satelliten ist teils mehr geometrischer, teils streng physikalischer Natur. In geometrischer Hinsicht handelt es sich vor allem um die Schaffung eines

¹ Erweiterte Fassung eines Vortrages, gehalten am 10. August 1962 in der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest.

² Dr. techn. h. c., Dr. phil. Karl Ledersteger, o. Prof. und Vorstand des Institutes für Höhere Geodäsie an der Technischen Hochschule, wirkl. Mitglied der Österr. und korr. Mitglied der Bayer. Akademie der Wissenschaften, Wien IV, Karlsplatz 13.

Systemes geozentrischer Polarkoordinaten der Beobachtungsstationen, also im Grunde um die Lösung eines parallaktischen Problemes, wie es gleicherweise bei den geodätischen Methoden der Mondparallaxe auftritt, nämlich bei den Verfahren der Sternbedeckungen durch den Mond sowie bei der chronokinematographischen, spektrophotometrischen und photoelektrischen Methode der geodätischen Sonnenfinsternis-Beobachtungen. Es ist klar, daß die künftigen »geodätischen« Satelliten, die sich in mindestens 1000 km über der Erdoberfläche nahezu in Kreisbahnen bewegen werden, bei der Lösung des genannten Problemes eine wesentlich größere Genauigkeit erwarten lassen als die Mondmethoden. Mit den geozentrischen Polarkoordinaten wird gleichzeitig auch das wichtige Problem der geodätischen Verbindung der Kontinente über die Ozeane hinweg befriedigend gelöst werden können, wenn auch der Verfasser der Meinung ist, daß in dieser Hinsicht die auf gravimetrischer Grundlage beruhende »absolute Lotabweichungsausgleichung« [1] eine größere Genauigkeit verbürgt.

Die bisherigen »atmosphärischen« Satelliten, deren Hauptaufgabe in der Erforschung der oberen Schichten der Atmosphäre und der kosmischen Strahlungsgürtel liegt, wozu natürlich sehr langgestreckte Bahnen erforderlich sind, liefern gleichfalls wichtige physikalische Daten für die Lösung des Problemes der Erdfigur. Denn die Satelliten bewegen sich im Gravitationsfeld des Erdkörpers und daher können die Koeffizienten der Potentialentwicklung, welche reine Funktionen der Massenordnung im Erdkörper sind, aus den Bahnstörungen der Satelliten ermittelt werden.

Um dies in ganz großen Zügen verständlich zu machen, gehen wir von der Annahme aus, die Erde wäre eine homogene oder geschichtete Kugel und hätte daher auf den Satelliten dieselbe Wirkung wie die im Schwerpunkt konzentrierte Gesamtmasse. Überdies sei keine Atmosphäre vorhanden, so daß sich der Satellit ungehindert in einer Keplerschen Ellipse bewegen kann. Ferner habe der Satellit im Augenblick seiner Loslösung von der Trägerrakete eine Anfangsgeschwindigkeit v_p senkrecht zur Verbindungslinie mit dem Erdzentrum. Dann ist der so definierte Startpunkt der eine Endpunkt der Bahnachse und die Bahn ist ein Kreis, wenn folgende Anfangsgeschwindigkeit vorliegt:

$$v_0 = \sqrt{\frac{k^2 E}{r}} \quad \text{mit } r = R + h. \quad (1)$$

Hierin bedeutet $k^2 = 66,7 \text{ g}^{-1} \text{ cm}^3 \text{ sec}^{-2}$ die Gravitationskonstante, $E = 5976,3 \cdot 10^{24} \text{ g}$ die Erdmasse, r den geozentrischen Radiusvektor des Startpunktes, $R = 6371,2 \text{ km}$ den Radius der Erdkugel und h die Höhe des Startpunktes über der Erdoberfläche. Man nennt v_0 die Kreisbahngeschwindigkeit oder die erste kosmische Geschwindigkeit. Für $h = 200 \text{ km}$ ist $v_0 = 7,8 \text{ km/sec}$ und sinkt natürlich langsam mit zunehmender Höhe. Wird $v_p > v_0$,

so steigt der Satellit im diametralen Punkt zu immer größeren Höhen auf; die Bahn wird eine Ellipse, von der ein Brennpunkt im Erdzentrum liegt, und der Startpunkt ist das Perigäum (erdnächster Punkt), das zweite Ende der Achse das Apogäum (erdfernster Punkt). Wird die Geschwindigkeit im Perigäum

$$v_F = v_0 \sqrt{2}, \quad (2)$$

so geht die Ellipse in eine Parabel über; der Satellit entweicht aus dem Anziehungsbereich der Erde, weshalb man v_F die zweite kosmische Geschwindigkeit oder die Fluchtgeschwindigkeit nennt. Für $h = 200$ km ist die Fluchtgeschwindigkeit 11,0 km/sec. Ist die Perigäumsgeschwindigkeit größer als die Fluchtgeschwindigkeit, so geht die Bahnkurve in eine Hyperbel über. Da selbstverständlich zum Entweichen aus dem Anziehungsbereich der Erde dieselbe Energie verbraucht wird, kann man aus der restlichen kinetischen Energie

$$\frac{m}{2} \sqrt{v_P^2 - v_F^2}$$

die sogenannte Restgeschwindigkeit

$$v_R = \sqrt{v_P^2 - v_F^2} \quad (3)$$

berechnen. Ist z. B. in 200 km Höhe $v_P = 12$ km/sec, so resultiert eine Restgeschwindigkeit von 4,8 km/sec. Hat ein Flugkörper den Anziehungsbereich der Erde verlassen und ist von der Sonne eingefangen worden, so wird er zum künstlichen Planeten, dessen Anfangsgeschwindigkeit sich aus der mitgenommenen Erdgeschwindigkeit von nahezu 30 km/sec und aus der Restgeschwindigkeit vektoriell zusammensetzt. Addieren sich diese beiden Geschwindigkeiten, so wird der Startpunkt im Sonnensystem das Perihel einer elliptischen Bahn, die in ihrem Aphel die Marsbahn erreichen kann; subtrahieren sie sich, so wird der Startpunkt zum Aphel der Planetenbahn, welche in ihrem Perihel gegebenenfalls die Venusbahn schneidet. Nähere Angaben zu den Grundlagen der Ballistik der Flugkörper finden sich in einer erweiterten Fassung des Berner Vortrages vom 4. Nov. 1961 [2].

Beschränkt man das Attraktionspotential der Erde auf die zonalen Kugelfunktionen P_i

$$A = \frac{k^2 E}{r} \left[1 - \sum_{i=2}^{\infty} J_i \left(\frac{R}{r} \right) P_i(\cos \vartheta) \right], \quad (4)$$

wobei R den Äquatorradius der rotationssymmetrischen Erde, ϑ die geozentrische Poldistanz und die J_i die Massefunktionen darstellen, so resultiert die reine Keplerbewegung nur dann, wenn alle Massefunktionen verschwin-

den, wie es allein für die homogene oder geschichtete Kugel der Fall ist. Diese Bewegung des klassischen Zweikörperproblem es ist durch sechs Elemente vollständig bestimmt. Die Bahnebene kann bezüglich des Äquators durch die Länge Ω des aufsteigenden Knotens, d. h. durch dessen Abstand vom Frühlingspunkt, und durch die Neigung i , den Winkel, welchen die Bahnebene mit der Äquatorebene in der Knotenlinie einschließt, bestimmt werden. Die Bahnellipse ist durch die große Halbachse und durch die Exzentrizität festgelegt. Die Lage der Ellipse in der Bahnebene wird durch das Argument ω des Perigäums, den in der Bewegungsrichtung gezählten Winkelabstand des Perigäums vom aufsteigenden Knoten definiert und schließlich stellt der für eine willkürliche Epoche gegebene Winkelabstand des Satelliten vom Perigäum, die wahre Anomalie $v(t)$, die Beziehung zur Zeit her.

Durch das Auftreten der Massefunktionen J_i , welche in erster Linie durch die Abplattung des Erdkörpers, besser gesagt durch die Schichtung der Flächen gleicher Dichte im Erdkörper bedingt sind, erfährt nun die rein elliptische Bewegung gewisse Störungen. Überdies ist das Gravitationsfeld der Erde unter dem Einfluß von Sonne und Mond zeitlich veränderlich. Von allen weiteren störenden Einflüssen, wie z. B. von der Störung durch die Planeten, darf abgesehen werden. Hingegen ist die Abbremsung der erdnahen Satelliten durch den Luftwiderstand ein sehr wichtiger Faktor, der sich begrifflicherweise am stärksten in der Nähe des Perigäums auswirkt. Die Verminderung der Geschwindigkeit im Perigäum hat eine Verkürzung der Bahnachse und gemäß dem dritten Keplergesetz eine Verkürzung der Umlaufzeit zur Folge. Dies erklärt das scheinbare Paradoxon, daß die ausgebrannte und stärker abgebremste Rakete allmählich immer schneller um die Erde läuft als der Satellit, dafür aber auch früher in den tieferen Schichten der Atmosphäre verglüht.

Durch die genannten störenden Einflüsse werden ähnlich wie beim Mehrkörperproblem der klassischen Himmelsmechanik die Bahnelemente Funktionen der Zeit und man führt deshalb die sogenannte oskulierende Bahnellipse ein, welche der Satellit beschreiben würde, wenn der augenblickliche Orts- und Geschwindigkeitsvektor die Ausgangsdaten für eine störungsfreie Bewegung um den Erdschwerpunkt abgeben würde. Die gänzlich anders gearteten Größenverhältnisse der Störkräfte und die möglichen großen Bahnneigungen haben jedoch völlig neue Entwicklungen notwendig gemacht, die sich hauptsächlich durch die verschiedenen Annäherungen unterscheiden, deren Frage auch heute noch nicht restlos geklärt ist. Unsere späteren Betrachtungen sollen zur Klärung dieser wichtigen Frage beitragen. Ohne auf die überaus schwierigen mathematischen Entwicklungen der neuen Störungstheorie einzugehen, sei bloß festgestellt, daß man säkulare, langperiodische und kurzperiodische Änderungen der Bahnelemente unterscheidet. Die Drehung der Bahnebene oder der Knotenlinie ist säkularer Natur und eine Funktion der Bahnneigung und der Perigäumshöhe. Der Knoten bewegt sich rück-

läufig, also in westlicher Richtung, solange die Neigung kleiner als 90° ist. Diese Bewegung ist ein Maximum für $i = 0$ und verschwindet für $i = 90^\circ$. Um eine Vorstellung über die Größenordnung der Drehung der Bahnebene zu gewinnen, sei angegeben, daß sie bei verschwindender Neigung und in der Perigäumshöhe von 300 km $- 8,5^\circ$, in der Perigäumshöhe von 900 km nur mehr $- 6,3^\circ$ im Tage beträgt. Als langperiodisch gilt der Umlauf des Perigäums oder die Drehung der Apsidenlinie, also die Änderung des Arguments des Perigäums. Diese verschwindet für $i = 63^\circ 26'$ und ist für kleinere Neigungen positiv und für größere Neigungen negativ. Sie ist gleichfalls von der Perigäumshöhe abhängig: für $h = 300$ km schwankt sie von $i = 0^\circ$ bis $i = 90^\circ$ zwischen $+17,0^\circ$ und $-4,3^\circ$ im Tage, für $h = 900$ km analog zwischen $+12,6^\circ$ und $-3,2^\circ$ pro Tag. Im ersteren Falle ergeben sich für den Umlauf der Apsidenlinie Perioden zwischen 21 Tagen und ∞ . Als kurzperiodisch gelten schließlich Änderungen von der Periode der Erdrotation und des Satellitenumlaufs, der z. B. für die Kreisbahn in 200 km Höhe $88^m 21^s$ beträgt.

Diese Bahnstörungen werden fast ausschließlich durch die Massefunktionen J_i verursacht, wenn man vom Einfluß des Luftwiderstandes und von den Störungen durch Sonne und Mond absieht. Die Massefunktionen mit geradem Index verursachen die säkulare Drehung der Bahnebene und der Apsidenlinie. Man kann diese Änderungen in der Form:

$$\begin{aligned}\dot{\Omega}_{\text{säk}} &= c_{21} J_2 + c_{22} J_2^2 + c_{41} J_4 + \dots \\ \dot{\omega}_{\text{säk}} &= d_{21} J_2 + d_{22} J_2^2 + d_{41} J_4 + \dots\end{aligned}\quad (5)$$

darstellen, wobei die Koeffizienten Funktionen der Bahnelemente Achse a , Exzentrizität e und Neigung i sind. Die zonalen Glieder mit ungeradem Index bewirken die langperiodischen Störungen der Elemente Ω , ω , e und i . Führt man noch den Halbparameter der Bahnellipse $p = a(1 - e^2)$ und die mittlere Bewegung n des Satelliten in seiner Bahn ein:

$$n^2 a^3 = k^2 E, \quad (6)$$

so findet man unter Beschränkung auf die drei ersten Massefunktionen nach MERSON [3] und KING-HELE [4] folgende Ausdrücke:

$$\begin{aligned}\dot{\Omega} &= -n \left(\frac{R}{p}\right)^2 \cos i \left[\frac{3}{2} J_2 - \frac{3}{2} J_3 \frac{R}{p} \frac{e \sin \omega}{\sin i} \left(1 - \frac{15}{4} \sin^2 i\right) - \right. \\ &\quad \left. - \frac{9}{4} J_2^2 \left(\frac{R}{p}\right)^2 \left(1 - \frac{19}{12} \sin^2 i\right) - \frac{15}{4} J_4 \left(\frac{R}{p}\right)^2 \left\{1 + \frac{3}{2} e^2\right\} \right].\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \dot{\omega} = n \left(\frac{R}{p} \right)^2 & \left[3 J_2 \left(1 - \frac{5}{4} \sin^2 i \right) + \frac{3}{2} J_3 \frac{R}{p} \cdot \frac{\sin i \sin \omega}{e} \right] \cdot \\
 & \cdot \left(1 - \frac{7}{4} \sin^2 i \right) + \left(\frac{7}{4} \sin^2 i - \frac{3}{4} \right) e^2 \cos 2\omega \Bigg] ; \\
 & \cdot \left\{ 1 - \frac{5}{4} \sin^2 i + e^2 \left(\frac{35}{4} - \frac{35}{4} \sin^2 i - \frac{1}{\sin^2 i} \right) \right\} - \\
 & - \frac{15}{2} J_4 \left(\frac{R}{p} \right)^2 \left\{ 1 - \frac{31}{8} \sin^2 i + \frac{49}{16} \sin^4 i + \right. \\
 & \left. + \sin^2 i \cos 2\omega \left(\frac{3}{8} - \frac{7}{16} \sin^2 i \right) \right\} .
 \end{aligned} \tag{7}$$

Berechnungen der Massefunktionen J bis einschließlich J_6 wurden bereits wiederholt aus verschiedenen Kombinationen von Satelliten vorgenommen. KING-HELE [4] hat aus den Satelliten Sputnik 2, Vanguard 1 und Explorer 7 eine Neubestimmung der geraden Massefunktionen durchgeführt:

$$\begin{aligned}
 J_2 &= (+1082,79 \pm 0,15) \cdot 10^{-6} \\
 J_4 &= (-1,4 \pm 0,2) \cdot 10^{-6} \\
 J_6 &= (+0,9 \pm 0,8) \cdot 10^{-6}.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Für die ungeraden Massefunktionen J_3 und J_5 fanden O'KEEFE, ECKELS und SQUIRES [5]:

$$\begin{aligned}
 J_3 &= (-2,4 \pm 0,3) \cdot 10^{-6} \\
 J_5 &= (-0,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-6}.
 \end{aligned} \tag{8a}$$

An diesen Ergebnissen fällt sofort auf, daß die mittleren Fehler von J_5 und J_6 ebenso groß sind wie die ausgewiesenen Werte. Die Unsicherheit dieser Massefunktionen erhellt auch daraus, daß KOZEI (1960) für $J_5 = (-2,3 \pm \pm 0,2) \cdot 10^{-6}$ berechnet hat, während KING-HELE ein Jahr früher für J_6 den Wert $(-0,1 \pm 1,5) \cdot 10^{-6}$ fand, obwohl diese Funktion wesentlich positiv ist. Schon aus diesen Angaben scheint klar hervorzugehen, daß die Bestimmungen von J_5 und J_6 kaum mehr als reell bezeichnet werden können. Aber auch der Wert von J_4 ist noch nicht gesichert. Es seien hierfür folgende weitere Bestimmungen angeführt, die sämtlich aus dem Jahre 1960 stammen:

$$\begin{aligned}
 \text{BUCHAR: } J_4 &= (-1,1 \pm 0,5) \cdot 10^{-6} \\
 \text{KOZEI: } &(-2,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-6} \\
 \text{SCHONGOLOWITSCH: } &(-4,1 \pm 0,7) \cdot 10^{-6}.
 \end{aligned} \tag{8b}$$

Befriedigende Übereinstimmung weisen bisher nur die Bestimmungen von J_2 und J_3 auf.

Im Hinblick auf die bisherigen Resultate hat übrigens KING-HELE die Frage aufgeworfen, ob die höheren Massefunktionen J_i unabhängig von n von der Ordnung $0,2 \cdot 10^{-6}$ sind, oder ob sie, wie JEFFREYS vermutet, etwa wie $1/i$ abnehmen. Nach Meinung des Verfassers ist diese Fragestellung irreführend. Man muß vielmehr scharf zwischen den geraden und den ungeraden Massefunktionen unterscheiden und zunächst die Abnahme der geraden Massefunktionen im Falle des hydrostatischen Gleichgewichtes theoretisch untersuchen. Diese Untersuchung erfordert aber eine Neubegründung der Theorie der Gleichgewichtsfiguren auf dem Außenraumpotential, wie sie der Verfasser in einer Reihe von Publikationen versucht hat. Da aber hierin seit seinem letzten Budapester Vortrag [6] nicht unbeträchtliche Fortschritte erzielt werden konnten, sei es gestattet, die wesentlichen Züge dieser Theorie nach ihrem neuesten Stande darzulegen.

b) Die neue Theorie der hydrostatischen Gleichgewichtsfiguren

Die Begründung der Theorie der Gleichgewichtsfiguren auf dem Außenraumpotential hat drei Prinzipien zur Voraussetzung:

1. Nach dem bekannten Satz von STOKES—POINCARÉ gibt es zu einer mit der Winkelgeschwindigkeit ω um eine feste Achse rotierenden Masse E unendlich viele Massenordnungen, für welche eine die gesamte Masse umschließende Niveauläche S und das Potential im Außenraum von S unverändert bleiben. Man nennt dann die Größen E , ω und S die Stokesschen Elemente und alle Bestimmungstücke des Schwerfeldes, wie die Massefunktionen J_i und die Parameter der Schwereverteilung auf S , Stokessche Konstanten. Diese Unbestimmtheit des Stokesschen Satzes muß im Falle des hydrostatischen Gleichgewichtes aufgehoben sein, d. h. es gibt zu den Elementen E und S , wenn überhaupt möglich, so nur eine einzige Massenordnung im hydrostatischen Gleichgewicht. Die früheren Stokesschen Konstanten sind nicht mehr Integralinvarianten für unendlich viele mögliche Massenordnungen, sondern streng eindeutige Funktionen der Elemente E und S , zu denen jetzt auch die Rotationsgeschwindigkeit zählt. Mithin ist das Dichtegesetz der Gleichgewichtsfiguren streng individuell.

2. Um vom Außenraum her jede beliebige innere Niveauläche mit all ihren geometrischen und physikalischen Daten bestimmen zu können, ist es erforderlich, daß man die Niveaulächen wie die Schalen einer Zwiebel der Reihe nach abheben kann, wodurch eine Reihe von Gleichgewichtsfiguren mit abnehmenden Dimensionen und abnehmender Masse entsteht. Dies sei

als das Prinzip der Entblätterung bezeichnet. Es muß also nachweisbar sein, daß die zwischen zwei beliebigen Niveaulächen einer Gleichgewichtsfigur eingeschlossene Masse auf die Punkte des Innenraums der kleineren der beiden Niveaulächen keine Anziehungskraft ausübt, obwohl diese Masse heterogen ist und die beiden begrenzenden Niveaulächen keine homothetischen Ellipsoide sind.

3. Das hydrostatische Gleichgewicht ist bekanntlich dadurch definiert, daß die inneren Niveaulächen mit den Flächen gleicher Dichte zusammenfallen. Hieraus folgt bereits, daß die freie Oberfläche einer Gleichgewichtsfigur selbst Niveauläche und zwar *die* oder *eine* der Flächen geringster Dichte sein muß. Diese Gleichgewichtsbedingung muß als eine Gleichung zwischen den geometrischen und physikalischen Parametern der Figur formuliert werden können, ähnlich wie es MACLAURIN für die homogenen Ellipsoide mit seiner berühmten Gleichgewichtsbedingung:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\omega^2 a^3}{k^2 E} = \frac{4}{5} e + \frac{22}{35} e^2 + \frac{2}{5} e^3 + \dots \quad (9)$$

gelungen ist, worin a und e die Äquatorachse und die Abplattung bedeuten. Es ist aber selbstverständlich auch denkbar, daß man die Gleichgewichtsbedingung durch eine charakteristische geometrische Eigenschaft ersetzen kann. So oder so muß es jedenfalls möglich sein, die freie Oberfläche aus der Schar der äußeren Niveaulächen herauszuheben.

Auf die Beweisführung für die drei Prinzipien können wir hier natürlich nicht eingehen. Das Prinzip der Entblätterung und die strenge Eindeutigkeit des Dichtegesetzes lassen sich verhältnismäßig leicht aus den Wavreschen Schichtungssätzen [7] nachweisen [8]. Wie sich die MacLaurinsche Gleichgewichtsbedingung verallgemeinern läßt, wird aus den folgenden Betrachtungen verständlich werden.

Wir gehen vom Schwerepotential des tatsächlichen Erdkörpers aus und wollen dieses in einen Normal- und einen Störungsteil zerlegen: $W = U + T$. Diese Zerlegung ist aber keineswegs willkürlich, wie es BRUNS und HELMERT mit ihren Niveausphäroiden 2. und 4. Ranges gemacht haben. Vielmehr haben wir die Potentialfunktion U so zu wählen, daß sie auch sämtliche mögliche Gleichgewichtsfiguren umfaßt:

$$U = \frac{k^2 E}{r} \left[1 - \sum_{i=1}^{\infty} J_{2i} \left(\frac{a}{r} \right)^{2i} P_{2i}(\cos \vartheta) + \frac{\omega^2 a^3}{3k^2 E} \left(\frac{r}{a} \right)^3 (1 - P_2) \right]. \quad (10)$$

Diese Kugelfunktionsentwicklung unterscheidet sich von (4) durch die Mit-

nahme des Potentials der Fliehkraft sowie durch die Beschränkung auf die geraden zonalen Kugelfunktionen, was zur Folge hat, daß neben der Rotations-symmetrie auch Symmetrie zur Äquatorebene vorliegt, wie es nach dem Theorem von LICHTENSTEIN für die Gleichgewichtsfiguren notwendig ist.

Die tatsächliche Erde befindet sich nicht vollends im hydrostatischen Gleichgewicht. Darum tritt eine Restfunktion T auf, in welcher die ungeraden zonalen Kugelfunktionen und die längenabhängigen Glieder zusammengefaßt sind. Versteht man unter Massenstörungen allgemein die Abweichungen vom Gleichgewicht, so ist das Auftreten der Störfunktion T wohl ein Beweis für das Vorhandensein von Massenunregelmäßigkeiten, keineswegs aber der vollständige Potentialausdruck dieser Massenstörungen. Vielmehr steckt deren Einfluß natürlich auch in den Trägheitsmomenten und in sämtlichen geraden Massefunktionen J_{2i} . Man nimmt mit gutem Rechte an, daß die Massenunregelmäßigkeiten der Erde auf die Kruste beschränkt sind. Dann kann durch bestimmte Massenumlagerungen in der Kruste, einen sogenannten Regularisierungsprozeß, erreicht werden, daß die Restfunktion T exakt verschwindet, wobei aber auch die Massefunktionen in U kleine Änderungen erfahren. Es wird sich später klar zeigen, daß eine solche Regularisierung auf unendlich viele Weisen möglich ist. Zunächst müssen wir aber trachten, einen Einblick in den systematischen Aufbau der Gleichgewichtsfiguren zu gewinnen.

Die einfachsten Gleichgewichtsfiguren sind die ∞^2 homogenen MacLaurinschen Ellipsoide. Jedes Ellipsoid $S(a, e)$ ist für eine bestimmte Rotationsgeschwindigkeit eine homogene Gleichgewichtsfigur der gegebenen Masse $[E, a, e]$. Ihr Dichtegesetz hat entsprechend der strengen Eindeutigkeit zwei Konstanten, nämlich die spezifische Konstante ϱ und die Achse a , da ja stets unendlich viele volumgleiche Ellipsoide existieren. Mithin kann die Figur etwa auch durch E und das Dichtegesetz bestimmt werden, also durch $[E, a, \varrho]$.

Es folgen die ∞^3 heterogenen einparametrischen Gleichgewichtsfiguren, deren Oberfläche durch die Äquatorachse, die Abplattung und den Darwinschen Formparameter f_4 , eine Größe 4.O. gekennzeichnet ist, welche die Abweichung vom achsengleichen Rotationsellipsoid charakterisiert. Wieder kann die Festlegung durch E und S , also durch $[E, a, e, f_4]$ oder durch E und die drei Konstanten des Dichtegesetzes

$$\varrho = \varrho_{\max} \left[1 - \nu \left(\frac{x}{a} \right)^2 \right]^2, \quad (11)$$

d. h. durch $[E, a, \varrho_{\max}, \nu]$ erfolgen. In (11) bedeutet ϱ_{\max} die Dichte im Schwerpunkt und x den Äquatorradius der laufenden inneren Niveauläche. ϱ_{\max} und ν sind die beiden spezifischen Konstanten des Dichtegesetzes. In einem rechtwinkligen Koordinatensystem mit den drei Achsen a , e und f_4 ist jede

dieser Gleichgewichtsfiguren durch einen Punkt repräsentiert. Legt man etwa eine Parallele zur f_4 -Achse, so entsteht eine lineare Reihe einparametrischer Gleichgewichtsfiguren, in welcher ausgehend vom homogenen Ellipsoid, das wegen $f_4 = 0$ auch als nullparametrische Figur bezeichnet werden darf, mit wachsendem Absolutbetrag des stets negativen Formparameters die Massenkonzentration gegen den Schwerpunkt zunimmt, bis schließlich für

$$f_4 = -\frac{3}{2}e^2$$

die zweite Grenzfigur, ein sogenanntes Sphäroid der größten Massenkonzentration erreicht wird. In diesen Sphäroiden der größten Massenkonzentration wird die Oberflächendichte

$$\varrho_{\min} = \varrho_{\max} (1 - \nu)^2 \quad (11a)$$

ein absolutes Minimum. Sie dienen auch als Prüfstein für das Dichtegesetz, weil ihre Oberflächendichte in der Poincaréschen Ungleichung, der Bedingung dafür, daß in der ganzen Flüssigkeit Druck herrscht:

$$\omega^2 \leq 2\pi k^2 \varrho_{\min}, \quad (12)$$

gerade das Gleichheitszeichen befriedigen muß. Speziell für die Rotationsgeschwindigkeit der Erde ist $\varrho_{\min} = 0,013$. Man sieht also, daß die Konstante ν für die homogenen Ellipsoide Null ist, während sie für die Sphäroide der größten Massenkonzentration knapp unter 1 liegt. In der betrachteten Figurenreihe (a, e) mit konstantem a und e ist die mittlere Dichte ϱ_m nahezu konstant, während das Verhältnis ($\varrho_{\max} : \varrho_m$) von 1 bis über 4 ansteigt.

Die Potentialfunktion U definiert allgemein die Rotations-Niveausphäroide vom Range ∞ . Vernachlässigt man die Glieder 6.O. wegen ihrer Kleinheit — für die Erde ist z. B. $ae^3 \sim 2$ dm —, so resultiert das bekannte HELMERTSCHE Gleichungssystem, das unabhängig vom Gleichgewicht gilt. Eine Analyse der Figurenreihen mit gemeinsamer äußerer Niveaufläche lehrt nun, daß an der Oberfläche der einparametrischen Gleichgewichtsfiguren die Änderung des Formparameters im Außenraum verschwindet, oder daß dort ebenso wie für die homogenen Ellipsoide die Ableitung df_4/da den rechtseitigen Grenzwert Null besitzt. Diese charakteristische Eigenschaft ersetzt die im Helmert-System fehlende Gleichgewichtsbedingung und kann leicht in eine Bestimmungsgleichung für die Massefunktion J_4 transformiert werden. Auf dieser, zunächst allerdings noch hypothetischen Grundlage findet man für die einparametrischen Gleichgewichtsfiguren folgendes Lösungssystem in

Näherung 4.0. [9]:

$$\begin{aligned}
 1) \gamma_0 &= \frac{k^2 E}{a^2} \left[1 + e - \frac{3}{2} \bar{\varepsilon} + e^2 - \frac{8}{7} e \bar{\varepsilon} + \frac{25}{28} \bar{\varepsilon}^2 \right] \\
 2) \beta &= \frac{5}{2} \bar{\varepsilon} - e - \frac{57}{14} e \bar{\varepsilon} + \frac{235}{56} \bar{\varepsilon}^2 \\
 3) \beta_4 &= \frac{75}{16} \bar{\varepsilon}^2 - \frac{5}{4} e \bar{\varepsilon} - \frac{1}{2} e^2 \\
 4) \varrho_m &= \frac{3E}{4\pi} \frac{1}{a^3 (1-e)} \\
 5) J_2 &= \frac{1}{3} \left[2e - \bar{\varepsilon} - e^2 + \frac{13}{14} e \bar{\varepsilon} + \frac{25}{56} \bar{\varepsilon}^2 \right] \\
 6) J_4 &= -\frac{4}{5} e^2 + \frac{6}{7} e \bar{\varepsilon} - \frac{5}{14} \bar{\varepsilon}^2 \\
 7) W_0 &= \frac{k^2 E}{a} \left[1 + \frac{\bar{\varepsilon}}{3} + \frac{e}{3} + \frac{2}{15} e^2 - \frac{1}{6} e \bar{\varepsilon} + \frac{5}{24} \bar{\varepsilon}^2 \right] \\
 8) \varepsilon &= \frac{\omega^2 a}{\gamma_0} \quad \text{oder} \quad \bar{\varepsilon} = \frac{\omega^2 a^3}{k^2 E} = \varepsilon \left(1 + e - \frac{3}{2} \varepsilon \right) \\
 9) f_4 &= \frac{5}{4} \bar{\varepsilon} \left(e - \frac{5}{4} \bar{\varepsilon} \right); \quad h = \frac{a}{4} f_4 \sin^2 2\varphi.
 \end{aligned} \tag{13}$$

Hierin stellt noch

$$\gamma = \gamma_0 \left(1 + \beta \sin^2 \varphi - \frac{1}{4} \beta_4 \sin^2 2\varphi \right) \tag{14}$$

die Schwereverteilung auf der Oberfläche, W_0 deren Potentialwert und h die mit der geographischen Breite variierende, stets negative Erhebung der freien Oberfläche über das achsengleiche Rotationsellipsoid dar.

Das System (13) ermöglichte die Ableitung des Dichtegesetzes (11) aus den Sphäroiden der größten Massenkonzentration [10]. Ferner läßt sich zeigen, daß dieses Dichtegesetz einerseits streng mit der geometrischen Eigenschaft $df_4/da = 0$ der Oberfläche gekoppelt ist, während andererseits jede andere Wahl der beiden Exponenten 2 des Dichtegesetzes ausscheidet. Damit aber ist das obige dritte Prinzip bewiesen. Übrigens ist in jüngster Zeit auch die Verallgemeinerung der MacLaurinschen Gleichgewichtsbedingung für die einparametrischen Figuren gelungen. Setzt man formal an:

$$\bar{\varepsilon} = xe + ye^2 + \dots, \tag{15}$$

so muß dieser Wert jeweils für ∞^2 Figuren derselbe sein, genauso, wie (9) für alle homogenen MacLaurinschen Ellipsoide gilt. Dies aber besagt, daß y eine eindeutige Funktion von x sein muß. Während sich x von den homogenen Ellipsoiden bis zu den Sphäroiden der größten Massenkonzentration zwischen 0,8 und 1,45830 bewegt, ergibt sich für y nach Berichtigung eines Gedankenfehlers in der unter [2] zitierten Arbeit:

$$y \left(1 - \frac{5}{2} x \right) = 2,948631 x - 4,068182 x^2 + 0,389610 x^3 - 0,583321, \quad (16)$$

womit die Gleichgewichtsbedingung für die Sphäroide der größten Massenkonzentration die Gestalt annimmt:

$$\bar{e} = 1,45830 e + 1,40852 e^2. \quad (17)$$

Jede der ∞^3 Flächen $S(a, e, f_4)$, für welche f_4 zwischen Null und $-3/2 e^2$ liegt, ist für einen bestimmten Wert der Rotationsgeschwindigkeit in aller Strenge eine einparametrische Gleichgewichtsfigur, womit gemeint ist, daß keine höheren Formparameter f_6, f_8, \dots auftreten. Damit verschwinden aber selbstverständlich nicht auch die höheren Massefunktionen J_6, J_8, \dots . Diese sind dann wegen der Eindeutigkeit des Dichtegesetzes bei entsprechender Weiterentwicklung eindeutig berechenbar. Dieselbe Fläche kann auch als Näherung 4.O. für zahllose höherparametrische Gleichgewichtsfiguren aufgefaßt werden, in welchem Falle aber die höheren Massefunktionen empirisch ermittelt werden müssen: dies ist zwar theoretisch aus den Bahnstörungen der künstlichen Satelliten möglich, praktisch aber wegen der Kleinheit dieser Massefunktionen undurchführbar. Auch die Definition der mehrparametrischen Gleichgewichtsfiguren aus E und S versagt aus demselben Grunde. Wir müssen daher mit den Konstanten des eindeutigen Dichtegesetzes operieren und definieren wie folgt:

1. Die mehrparametrischen Gleichgewichtsfiguren bestehen aus verschiedenen Teilen, die gegeneinander durch Niveaulächen begrenzt sind.

2. Jeder dieser Teile ist entweder homogen oder heterogen, in welchen Fällen er ein Dichtegesetz der Gestalt (11), jedoch eine andere Abplattungsfunktion als die entsprechende einparametrische Figur besitzt. Jeder Teil hat also ein Dichtegesetz mit 2 oder 3 Konstanten.

3. An den Trennungsflächen der einzelnen Teilen tritt ein Wechsel des Dichtegesetzes ein, wobei ein Dichtesprung möglich ist. Es liegt dann in der Trennungsfläche eine Diskontinuitätsfläche der Dichte vor.

4. Bei Entblätterung der Figur bis zur innersten Trennungsfläche resultiert ein null- oder einparametrischer Kern.

5. Aus Stabilitätsgründen kann die Dichte nach innen niemals abnehmen.

Damit ist der Stufenaufbau der Gleichgewichtsfiguren deutlich erkennbar. Die ∞^4 zweiparametrischen Gleichgewichtsfiguren $[E, a, e, f_4, f_6]$ haben ein Dichtegesetz mit 4 Konstanten. Wegen $4 = 2 + 2$ handelt es sich um die sogenannten Wiechertschen Modelle, die aus einem homogenen Mantel und einem homogenen Kern bestehen. Es folgen die ∞^5 dreiparametrischen Figuren $[E, a, e, f_4, f_6, f_8]$, deren Dichtegesetz 5 Konstanten aufweist und welche daher wegen $5 = 2 + 3$ aus einem homogenen Mantel und einem heterogenen Kern oder umgekehrt aus einem homogenen Kern und einem heterogenen Mantel bestehen. Das allgemeinste zweiteilige Modell ist vierparametrisch und hat 6 Konstanten seines Dichtegesetzes, besteht also aus einem heterogenen Mantel und einem ebensolchen Kern ($6 = 3 + 3$). Vierparametrisch ist aber auch das einfachste dreiteilige Modell ($6 = 2 + 2 + 2$) usw.

c) Das Normalsphäroid der Erde

Nunmehr sind wir in der Lage, an das Problem der hydrostatischen Normalfigur der Erde, des sogenannten Normalsphäroides, heranzutreten, welches die Grundlage für eine kritische Beurteilung der aus den künstlichen Satelliten abgeleiteten Massefunktionen sowie der Abplattung abgeben muß. Vorerst haben wir die Frage der Regularisierung der Massen in der Erdkruste zu klären. Nehmen wir idealisierend an, daß sich der Erdkörper bis zur Manteloberfläche streng im hydrostatischen Gleichgewicht befindet, so können wir die gesamte Kruste abheben, um sie zweiteilig, bestehend aus einem homogenen Weltmeer und einer heterogenen festen Kruste wieder aufzubauen. Von den 5 Konstanten des Dichtegesetzes sind aber drei gegeben, nämlich die Dichte des Meerwassers, etwa 1,028, die mittlere Tiefe der Lithosphäre von 2456 m aus dem Hauptglied der bekannten PREYSCHEN Entwicklung [11], und schließlich die Tiefe der Manteloberfläche, der idealisierten Mohorovicic-Fläche mit 33 km. Läßt man diese empirischen Daten gelten, so stehen noch zwei Konstanten frei zur Verfügung, d. h. es gibt noch immer ∞^2 Möglichkeiten für das Regularisierungsgesetz. Eine bisher nicht beachtete Forderung für die Regularisierung ist aber, daß durch die vorgenommenen Massenverschiebungen der Drehimpuls der Erde ωC nicht geändert werden darf. Ein Blick auf die Potentialfunktion U lehrt ferner, daß das Normalsphäroid in Näherung 4.O. am besten durch $[E, \omega, a, J_2]$ definiert wird. Wir werden demnach fordern, daß bei der Regularisierung auch die Massefunktion 2.O., die sogenannte statische Abplattung

$$J_2 = \frac{1}{Ea^2} \left[C - \frac{1}{2} (A + B) \right] \quad (18)$$

erhalten bleibt. Die Regularisierung hat demnach so zu erfolgen, daß das Hauptträgheitsmoment C um die Rotationsachse und das arithmetische Mittel der beiden äquatorialen Trägheitsmomente unverändert bleiben, während selbstverständlich die Differenz $(B - A)$ verschwindet. Setzen wir dann das Normalsphäroid als einparametrische Gleichgewichtsfigur voraus, so ist damit bereits auch über die Massenfunktionen J_4 und J_6 (bei entsprechender Entwicklung!) theoretisch verfügt, ohne daß wir zunächst wissen, wieweit sich diese theoretischen Werte gegebenenfalls von den tatsächlichen Werten unterscheiden können.

Für die statische Abplattung legen wir den von COOK [12] angegebenen Wert $J_2 = 10\,8310 \cdot 10^{-8}$ zugrunde. Neben dieser Größe, welche vor den künstlichen Satelliten nur mit mäßiger Genauigkeit aus den Ungleichheiten der Mondbewegung abgeleitet werden konnte, steht noch die aus der Präzessionskonstante ableitbare dynamische Abplattung

$$H = \frac{C - A}{C} = 32\,7237 \cdot 10^{-8} \quad (19)$$

zur Verfügung; der ausgewiesene Zahlwert wurde von BULLARD [13] unter Benützung des Wertes der Mondmasse von SPENCER—JONES ($m = 1 : 81,271$) gewonnen. Aus J_2 und H lassen sich die beiden Trägheitsmomente der tatsächlichen Erde berechnen, wenn man die Erdmasse und den Äquatorradius der Erde kennt. Mit $E = 5976,318 \cdot 10^{24}$ g und $a = 6\,378\,290$ m finden wir aus (18) das Massenmoment K_2 und die Differenz der Trägheitsmomente:

$$K_2 = J_2 a^2 = \frac{C - A}{E} = 44063,31 \cdot 10^{10} \text{ cm}^2, \quad (20a)$$

$$C - A = 263,34 \cdot 10^{40} \text{ g cm}^2$$

und zusammen mit (19) schließlich

$$C = 80472,66 \cdot 10^{40} \text{ g cm}^2. \quad (20b)$$

Da für die einparametrischen Gleichgewichtsfiguren die Identität der Reihen

$$(\omega, K_2) \equiv (\omega, H) \equiv (\omega, C) \quad (21)$$

gilt, kann das als einparametrische Gleichgewichtsfigur vorausgesetzte Normalsphäroid entweder aus $[E, \omega, a, J_2]$ oder aus $[E, \omega, a, H]$ oder aber aus

$[E, \omega, a, C]$ berechnet werden. Dabei muß die primär unbekannte Erdmasse entweder als bekannt vorausgesetzt oder durch die Schwere γ_0 im Äquator ersetzt werden.

Gemäß der Definition $[\gamma_0, \omega, a, J_2]$ finden wir aus (13) mit den Ausgangsdaten

$$\begin{aligned} \gamma_0 &= 978,037 \text{ gal}; \quad \omega^2 = 5,317496 \cdot 10^{-9} \text{ sec}^{-2}; \\ a &= 6,37829 \cdot 10^8 \text{ cm}; \quad J_2 = 10\,8310 \cdot 10^{-8} \end{aligned} \quad (22)$$

folgende Lösung für das einparametrische Normalsphäroid:

$$\begin{aligned} E &= 5976,318 \cdot 10^{24} \text{ g}; \quad e = 33\,5289 \cdot 10^{-8} = 1 : 298,25; \\ f_4 &= -426 \cdot 10^{-8} \text{ oder } h = -679 \sin^2 2 \varphi \text{ cm}; \quad \beta = 53\,0379 \cdot 10^{-8}; \\ \beta_4 &= +3613 \cdot 10^{-8}; \quad \varepsilon = 34\,6782 \cdot 10^{-8}; \quad \bar{\varepsilon} = 34\,6147 \cdot 10^{-8} \\ \varrho_m &= 5,5168; \quad K_2 = 44063,31 \cdot 10^{10} \text{ cm}^2; \quad J_4 = -332 \cdot 10^{-8}; \\ W_0 &= 62638,52 \cdot 10^7 \text{ cm}^2 \text{ sec}^{-2}. \end{aligned} \quad (23)$$

Die zugehörige Reihe (ω, K_2) führt über das homogene Ausgangsellipsoid $a_h = 5\,812413 \text{ m}$, $e_h = 32\,6598 \cdot 10^{-8}$ auf $H = 32\,6065 \cdot 10^{-8}$ und $C = 2/5$. $Ea_h^2 = 80761,91 \cdot 10^{10} \text{ g cm}^2$, was im Widerspruch zu (19) und (20b) steht. Besonders bemerkenswert ist, daß am homogenen Ausgangsellipsoid dieser Reihe, obwohl dessen Achse um rund 566 km kürzer ist, das Trägheitsmoment C des Normalsphäroides bequem abgelesen werden kann.

Wegen der Ungenauigkeit der aus der Mondbewegung abgeleiteten statischen Abplattung hat man es früher stets vorgezogen, von der dynamischen Abplattung auszugehen. Mit den Ausgangsdaten $[\gamma_0, \omega, a, H]$ findet man unmittelbar $\varepsilon = 34\,6782 \cdot 10^{-8}$. Sodann muß die dynamische Abplattung mittels des Rückganges auf das homogene Ellipsoid am Anfang der Reihe $(\omega, H) \equiv (\omega, K_2)$ durch das Massenmoment K_2 ersetzt werden. Zu H gehört die geometrische Abplattung $e_h = 32\,7773 \cdot 10^{-8}$ und man findet mit dem internationalen Näherungswert für die Erdmasse $E = 5976,51 \cdot 10^{24} \text{ g}$ aus $\bar{\varepsilon}$ die Achse $a_h = 5,819462 \cdot 10^8 \text{ cm}$ und sodann $K_2 = 44328,86 \cdot 10^{10} \text{ cm}^2$, woraus sich die statische Abplattung $J_2 = K_2/a^2$ des Normalsphäroides mit $10\,8963 \cdot 10^{-8}$ ergibt. Damit liefert die 5. Gleichung (13) die geometrische Abplattung $e = 33\,6272 \cdot 10^{-8}$ und schließlich die 1. Gleichung eine zweite Näherung für die Erdmasse $E = 5976,259 \cdot 10^{24} \text{ g}$. Eine Wiederholung der Rechnung mit diesem Werte liefert bereits die Endergebnisse, weil sich dabei E nur mehr um $3 \cdot 10^{20}$ ändert. Die Resultate dieser Lösung sind, soweit sie

hier interessieren:

$$\begin{aligned} E &= 5976,259 \cdot 10^{24} \text{ g}; e = 33\,6267 \cdot 10^{-8} = 1 : 297,38; \\ J_2 &= 10\,8960 \cdot 10^{-8}; K_2 = 44327,64 \cdot 10^{10} \text{ cm}^2; \\ C &= 80954,90 \cdot 10^{40} \text{ g cm}^2; (C - A) = 264,91 \cdot 10^{40} \text{ g cm}^2. \end{aligned} \quad (24)$$

Eine dritte Lösung beruht auf der Definition $[E, \omega, a, C]$, für welche die Erdmasse vorweggenommen und für C der aus der statischen und dynamischen Abplattung empirisch gewonnene Wert (20b) zugrundegelegt wird. Die einparametrische Figurenreihe (ω, C) beginnt mit dem homogenen Ellipsoid: $a_h = 5,801995 \cdot 10^8 \text{ cm}$, $e_h = 32\,4794 \cdot 10^{-8}$ und liefert über K_2 für die Figur mit der Achse a :

$$\begin{aligned} K_2 &= 43663,32 \cdot 10^{10} \text{ cm}^2; J_2 = 10\,7327 \cdot 10^{-8}; \\ H &= 32\,4267 \cdot 10^{-8}; e = 33\,3681 \cdot 10^{-8} = 1 : 299,69. \end{aligned} \quad (25)$$

Die drei einparametrischen Gleichgewichtsfiguren (23), (24) und (25) müßten streng zusammenfallen, wenn das Normalsphäroid der Erde einparametrisch wäre. Daß dies nicht der Fall ist, beweist schon die Existenz des Weltmeeres, besonders aber die Zweiteilung der Festerde in Mantel und Kern, wobei die Kernoberfläche nach dem seismischen Befund in einer Tiefe von 2900 km liegt. Übrigens ergibt sich die starke Diskrepanz zwischen den empirischen Werten für die statische und dynamische Abplattung auch unmittelbar aus dem homogenen Ellipsoid $[E, K_2, H] \equiv [E, K_2, C]$, welches mit (19) und (20) auf eine abweichende Rotationsgeschwindigkeit führt: $\omega^2 = 5,365489 \cdot 10^{-9} \text{ sec}^{-2}$.

Diese Diskrepanz hat zu einem verhängnisvollen Fehlschluß bezüglich der Abplattung geführt. HENRIKSEN [14] und O'KEEFE [15] dachten der statischen und dynamischen Abplattung am besten gerecht zu werden, wenn sie der Ableitung des hydrostatischen Normalsphäroides den auf beiden Größen beruhenden Wert für das Trägheitsmoment C zugrunde legen. Beide haben daher die »hydrostatische Abplattung« auf der Grundlage der klassischen Theorie und im Anschluß an W. DE SITTER [16] und SPENCER—JONES [17] aus dem polaren Trägheitsmoment C abgeleitet und hierfür 1 : 300,0, resp. 1 : 299,8 gefunden. Es entspricht dies unserer dritten Lösung (25), welche aber ohne Zweifel wesentlich korrekter ist. O'KEEFE hat seiner hydrostatischen Abplattung ferner die »tatsächliche« Abplattung des Erdkörpers 1 : 298,25 gegenübergestellt und daraus den Schluß gezogen, die Abweichungen der wirklichen Erde vom hydrostatischen Gleichgewicht wären derart groß, daß es sinnlos erscheinen muß, der Berechnung der Undulationen des Geoides das hydrostatische Normalsphäroid als Bezugsfläche zugrunde zu legen.

Zur Klärung dieser wichtigen Frage ist vor allem festzustellen, daß die oben gefundenen Werte (23)–(25) sämtlich hydrostatische Abplattungen sind und zwar die Abplattungen einparametrischer Gleichgewichtsfiguren. Wir dürfen also nur fragen, ob eine dieser drei Abplattungen hinreichend mit der Abplattung des wahren, mehrparametrischen Normalsphäroides übereinstimmt oder nicht. Was schließlich die »tatsächliche« Abplattung der Erde betrifft, so kann hierunter nur die Abplattung des dem wirklichen Geoid zugeordneten Helmertschen Niveausphäroides verstanden werden. In Anbetracht der fast vollständig gleichen Zunahme der Abplattung der Niveauflächen und Niveausphäroide bei wachsender Erhebung über die Oberfläche der Erde darf man von der Schwierigkeit absehen, daß das Geoid nicht die gesamte Erdmasse umschließt, und erhält die tatsächliche Abplattung durch eine Auflösung des Helmertsystems auf Grund der Daten $[E, \omega, a, J_2, J_4]$:

$$2e = 3J_2 + \bar{e} + 2e^2 - 2e\bar{e} + \frac{5}{4}J_4. \quad (26)$$

Berücksichtigt man die Unsicherheit der für J_4 aus den künstlichen Satelliten erhaltenen Resultate: $-4,1 \cdot 10^{-6} \leq J_4 \leq -1,1 \cdot 10^{-6}$, so liegt der Reziprokwert der tatsächlichen Abplattung zwischen den Grenzen:

$$298,29 \geq e^{-1} \geq 298,12. \quad (27)$$

Da das Normalsphäroid einerseits definitionsgemäß dieselbe statische Abplattung besitzt wie die wirkliche Erde und andererseits die durch die Regularisierung bewirkte Änderung der Massefunktion J_4 kaum die empirische Unsicherheit erreichen kann, erkennt man, daß die tatsächliche und die hydrostatische Abplattung auch unabhängig von der Parameterzahl des Normalsphäroides praktisch völlig zusammenfallen müssen. Gleichung (26) lehrt übrigens, daß die Differenz zwischen der tatsächlichen und der hydrostatischen Abplattung stets nahezu $\frac{5}{8}$ des Unterschiedes zwischen den Werten von J_4 vor und nach der Regularisierung beträgt.

d) Die Massefunktionen J_3 bis J_6

Bleiben wir zunächst bei den geraden Massefunktionen:

$$J_2 = K_2/a^2; \quad K_2 = -\frac{1}{E} \int P_2 l^2 dm = (C - A) : E; \quad (28)$$

$$J_4 = K_4/a^4; \quad K_4 = -\frac{1}{E} \int P_4 l^4 dm; \dots$$

unter l die geozentrischen Radienvektoren der Massenelemente dm verstanden, so ist festzuhalten, daß sich gemäß unserer Definition des Normalsphäroides die Massefunktion J_2 bei der Regularisierung überhaupt nicht ändert, während sich die Massefunktionen J_4, J_6, \dots sicherlich nur um wenige Prozente ändern können, wenn die Massenunregelmäßigkeiten auf die Erdkruste beschränkt sind. Der Prozentsatz steigt offensichtlich mit wachsendem Index an, während die Massefunktionen selbst rapide abnehmen. Wollen wir aber die Frage untersuchen, wie weit sich die theoretischen Werte des einparametrischen Modelles des Normalsphäroides für eine kritische Prüfung der empirischen Bestimmungen der tatsächlichen Massefunktionen eignen, so müssen wir die Änderungen der theoretischen Werte beim Übergang vom einparametrischen zu mehrparametrischen Modellen studieren. So wäre z. B. zu prüfen, ob der einparametrische Wert (23) für $J_4 = -3,32 \cdot 10^{-6}$ im wirklichen, mehrparametrischen Normalsphäroid auf etwa $-1,4 \cdot 10^{-6}$ ansteigen kann, wodurch die empirische Bestimmung (8) gerechtfertigt wäre.

Derzeit sind wir noch nicht in der Lage, für beliebige mehrparametrische Gleichgewichtsfiguren die höheren Massefunktionen bequem zu berechnen. Aber schon das Studium der zweiparametrischen sphäroidischen Gleichgewichtsfiguren, der sogenannten Wiechertschen Modelle, gewährt einen tiefen Einblick in das Verhalten der Massefunktionen J_4 und J_6 . Wie schon bekannt, gibt es für die gegebene Masse $E \propto a^4$ Wiechertmodelle. Es genügt aber, die Untersuchung auf die lineare Reihe der Modelle mit den gemeinsamen Ausgangsdaten

$$\begin{aligned} E &= 5975,033 \cdot 10^{24} \text{ g}; \quad \omega^2 = 5,317496 \cdot 10^{-9} \text{ sec}^{-2}; \\ a &= 6,375834 \cdot 10^8 \text{ cm}; \quad J_2 = 10836 \cdot 910^{-8} \text{ oder} \\ (C - A) &= 263,22 \cdot 10^{40} \text{ g cm}^2 \end{aligned} \quad (29)$$

zu beschränken, welche der früher berechneten [18] »Festerde« entnommen sind. Als zusätzlicher freier Parameter gilt die Äquatorachse a' des Kernes.

Erweitert man das für die einparametrischen Figuren gültige Gleichungssystem (13) um die Glieder 6.O.:

$$\begin{aligned} 3 J_2 &= \left[2e - \bar{\varepsilon} - e^2 + \frac{13}{14} e\bar{\varepsilon} + \frac{25}{56} \bar{\varepsilon}^2 \right] + \frac{59}{2156} e^2 \bar{\varepsilon} - \\ &\quad - \frac{3215}{2156} e\bar{\varepsilon}^2 + \frac{2525}{4312} \bar{\varepsilon}^3; \\ J_4 &= \left[-\frac{4}{5} e^2 + \frac{6}{7} e\bar{\varepsilon} - \frac{5}{14} \bar{\varepsilon}^2 \right] + \frac{4}{5} e^3 - \frac{5589}{2695} e^2 \bar{\varepsilon} + \end{aligned}$$

$$+ \frac{818}{539} e\bar{e}^2 + \frac{215}{2156} \bar{e}^3; \quad (13a)$$

$$J_6 = \frac{8}{7} e^3 - \frac{340}{231} e^2 \bar{e} + \frac{200}{231} e\bar{e}^2 - \frac{125}{462} \bar{e}^3,$$

$$f_4 = \left(\frac{5}{4} e\bar{e} - \frac{25}{16} \bar{e}^2 \right) - \frac{1709}{616} e^2 \bar{e} + \frac{895}{176} e\bar{e}^2 - \frac{75}{154} \bar{e}^3;$$

$$f_6 = 0,$$

so findet man für die einparametrische Figur mit den Ausgangsdaten (29):

$$\begin{aligned} e &= 33\,5230 \cdot 10^{-8}; & J_4 &= -319 \cdot 10^{-8}; \\ J_6 &= +0,8 \cdot 10^{-8}; & f_4 &= -357 \cdot 10^{-8}. \end{aligned} \quad (30)$$

Die Ausgangsfigur unserer linearen Reihe von Wiechert-Modellen ist durch verschwindenden Kernradius ($a' = 0$) gegeben. Eine Teilmasse E_1 erfüllt homogen als Mantel die ganze Figur, während die Restmasse $E_2 = (E - E_1)$ fiktiv im Mittelpunkt konzentriert ist. Man hat also:

$$(C - A) = J_2 E a^2 = \frac{1}{5} E_1 a^2 (2e - e^2) = J_{21} E_1 a^2, \quad (31a)$$

da ja die Masse E_2 zu den Trägheitsmomenten und höheren Massenmomenten nichts beiträgt. Es folgt sofort

$$J_2 = J_{21} (E_1 : E) \text{ und analog: } J_4 = J_{41} (E_1 : E); \quad J_6 = J_{61} (E_1 : E). \quad (31b)$$

Dabei sind die Massefunktionen J_{21} , J_{41} und J_{61} nach den für das homogene Ellipsoid gültigen Formeln

$$J_{21} = \frac{1}{5} (2e - e^2); \quad J_{41} = -\frac{12}{35} (e^2 - e^3); \quad J_{61} = +\frac{8}{21} e^3 \quad (32)$$

zu berechnen. Mit der Abplattung (30) erhält man in erster Näherung:

$$J_{21} = 13\,3867 \cdot 10^{-8}; \quad J_{41} = -384 \cdot 10^{-8}; \quad J_{61} = +1,5 \cdot 10^{-3}$$

und aus der 1. Gleichung (31b): $(E_1 : E) = 0,809524$, also in weiterer Folge

$$J_2 = 10\,8369 \cdot 10^{-8}; \quad J_4 = -311 \cdot 10^{-8}; \quad J_6 = +1,2 \cdot 10^{-8}. \quad (33)$$

Aus einer Weiterentwicklung für die Niveausphäroide findet man, gänzlich unabhängig vom Gleichgewicht, für die Abplattung und die beiden Formparameter die Bestimmungsgleichungen:

$$\left. \begin{aligned} 2e &= (3J_2 + \bar{\varepsilon} + 2e^2 - 2e\bar{\varepsilon} + 1,25J_4) + (0,8215J_6 + \\ &\quad + 2,3928J_4e + 0,6249J_4\bar{\varepsilon} + 0,9715e^3 + 0,5509e^2\bar{\varepsilon} - \\ &\quad - 0,3572e\bar{\varepsilon}^2); \\ f_4 &= (4,375J_4 - 2,5e\bar{\varepsilon} + 3,5e^2) + (6,3J_6 + 3,6e^3 - \\ &\quad - 1,5e^2\bar{\varepsilon} + 1,25e\bar{\varepsilon}^2 + 17,8747J_4e - 2,1875J_4\bar{\varepsilon}); \\ f_6 &= -2,8755J_6 - 5,2500J_4\bar{\varepsilon} + 2,1875J_4\bar{\varepsilon} - 0,9e^3 + \\ &\quad + 2e^2\bar{\varepsilon} - 1,25e\bar{\varepsilon}^2. \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

Führt man die Werte (33) in diese Gleichungen ein, so findet man:

$$e = 33\,5235 \cdot 10^{-8}; \quad f_4 = -320 \cdot 10^{-8}; \quad f_6 = -0,85 \cdot 10^{-8}. \quad (35)$$

Da e gegenüber der Näherungsannahme nur um $5 \cdot 10^{-8}$ gestiegen ist, erübrigt sich eine Wiederholung der Rechnung und die Werte (33) und (35) sind definitiv. Aus

$$E_1 = 0,809524 E = \frac{4}{3} \pi a^3 (1 - e) \varrho_M \quad (36)$$

folgt noch die Manteldichte $\varrho_M = 4,470$.

Mit wachsenden Kernradius a' sinkt in der Reihe die Manteldichte, bis schließlich für $\varrho_M = \varrho_{\min} = 0,013$ die zweite Grenzfigur der Reihe erreicht ist. Die allgemeine Lösung sei am Beispiel der Figur $a' = 3,47829 \cdot 10^8$ cm, entsprechend der bekannten Kerntiefe 2900 km, gezeigt. Der erste Teil des Lösungsweges (Näherung 4.O.) ist bereits in [18] beschrieben worden. Man identifiziert die Oberflächenabplattung mit dem aus der einparametrischen Figur $[E, \omega, a, J_2]$ hervorgegangenen Wert ($e = 33\,5230 \cdot 10^{-8}$). Sodann wählt man eine Näherung für die Teilmasse E_1 der »Mantelfigur«. Im Kern ist dann zusätzlich die Masse

$$E_2 = E - E_1 \quad (a)$$

homogen zu verteilen und man findet für die Differenz der Trägheitsmomente

$$\begin{aligned} (C - A) &= (C - A)_1 + (C - A)_2 = \frac{1}{5} E_1 a^2 (2e - e^2) + \\ &\quad + \frac{1}{5} E_2 a'^2 (2e_k - e_k^2) = J_{21} E_1 a^2 + J_{22} E_2 a'^2, \end{aligned} \quad (b)$$

welche Gleichung die Abplattung e_k der Kernoberfläche liefert. Andererseits setzt sich die Kernmasse E_k aus E_2 und dem innerhalb des Kernes liegenden Teil E'_1 von E_1 zusammen:

$$E'_1 = \left(\frac{a'}{a}\right)^3 \frac{1-e_k}{1-e} E_1; \quad E_k = E_2 + E'_1. \quad (c)$$

Nach dem Prinzip der Entblätterung ist der Kern ein MacLaurinsches Ellipsoid der Rotationsgeschwindigkeit ω und man findet aus

$$\bar{\varepsilon}' = \frac{\omega^2 a'^3}{k^2 E_k} = \frac{4}{5} e_k + \frac{22}{35} e_k^2 \quad \text{oder} \quad e_k = 1,25 \bar{\varepsilon}' - \frac{11}{14} e_k^2 \quad (d)$$

abermals die Abplattung der Kernoberfläche. Stimmen die beiden Werte nicht überein, so ist die Rechnung mit einer besseren Wahl für E_1 zu wiederholen.

Die aus der Teilmasse E_1 aufgebaute »Mantelfigur« ist natürlich kein MacLaurinsches Ellipsoid, weil die Oberfläche des Wiechertmodelles zweiparametrig ist und weil sie bei Vernachlässigung der Formparameter nur für eine andere Rotationsgeschwindigkeit ein MacLaurinsches Ellipsoid sein könnte.

Die Gleichung (b) kann nun in Erweiterung von (31b) geschrieben werden:

$$\begin{aligned} J_2 &= J_{21} \frac{E_1}{E} + J_{22} \left(\frac{a'}{a}\right)^2 \frac{E_2}{E} \quad \text{und ganz analog} \\ J_4 &= J_{41} \frac{E_1}{E} - J_{42} \left(\frac{a'}{a}\right)^4 \frac{E_2}{E} \\ J_6 &= J_{61} \frac{E_1}{E} + J_{62} \left(\frac{a'}{a}\right)^6 \frac{E_2}{E} \end{aligned} \quad (e)$$

Damit aber können aus (34) wieder e , f_4 und f_6 berechnet werden. Weicht der neue Abplattungswert stärker vom angenommenen Ausgangswert ab, so muß damit die Rechnung wiederholt werden.

Für die Berechnung der Grenzfigur $\varrho_M = \varrho_{\min}$ liegt umgekehrt nach (36) die Teilmasse E_1 fest und (b) liefert das Produkt

$$a'^2 (2e_k - e_k^2),$$

aus welchem zusammen mit (c) und (d) in sukzessiver Approximation a' und e_k hervorgehen.

Wir stellen die Resultate unserer Reihe von Wiechert-Modellen mit den Ausgangsdaten (29) zusammen und stellen die einparametrische Festerde zum Vergleich voran. Der Vollständigkeit halber werden noch die Dichte des Kernes, ρ_k , sowie die Trägheitsmomente C_M und C_K von Mantel und Kern angeführt. Sie ergeben sich aus den bekannten Ellipsoidformeln.

	Einparam. Festerde	Wiechert-Modelle		
		$a' = 0$	$a' = 3478,3$ km	$a' = 5810,6$ km
e	335230,56	335235,55	335243,31	$335271,05 \cdot 10^{-8}$
J_4	- 318,51	- 310,86	- 298,06	- $251,68 \cdot 10^{-8}$
J_6	+ 0,84	+ 1,20	+ 1,11	+ $0,76 \cdot 10^{-8}$
f_4	- 356,56	- 320,10	- 264,97	- $61,16 \cdot 10^{-8}$
f_6	0,00	- 0,85	- 0,83	- $0,29 \cdot 10^{-8}$
e_k			196905,2	$326548,6 \cdot 10^{-8}$
ρ_M		4,470	4,247	0,013
ρ_K			12,087	7,291
C_M		78653,17	71113,70	$82,88 \cdot 10^{40}$
C_K		0,00	10290,82	$80649,66 \cdot 10^{40}$
C		78653,17	81404,52	$80732,54 \cdot 10^{40}$

Es zeigt sich also, daß in der Reihe der Wiechertschen Modelle, welche der einparametrischen Festerde zugeordnet ist, sowohl die Oberflächenabplattung wie auch die Massefunktion J_4 nur ganz geringfügig um eine Größe 5.0. anwachsen. In Übereinstimmung mit (26) beträgt die Zunahme in e rund $40 \cdot 10^{-8}$ und die Abnahme des Absolutbetrages von J_4 rund $60 \cdot 10^{-8}$. Im Wiechertmodell mit der Kerntiefe 2900 km ist der Absolutbetrag von J_4 nur um rund $33 \cdot 10^{-8}$ kleiner als für die einparametrische Festerde. Es ist klar, daß dies ein Extremum darstellt, d. h. daß für das wirkliche mehrparametrische Normalsphäroid mit dieser Kerntiefe der Unterschied kleiner sein muß. Mithin haben wir für diese Figur $|J_4| \sim 3 \cdot 10^{-6}$ zu erwarten, welche Abschätzung gleicherweise für die Massefunktion J_4 der wirklichen Erde gelten muß. Mithin sind die aus den künstlichen Satelliten bisher abgeleiteten Werte von $|J_4|$ mit Ausnahme des Ergebnisses von SCHONGOLOWITSCH sicherlich zu klein, dieses selbst aber zu groß.

Ferner erkennen wir klar, daß die Massefunktion J_6 von der Größenordnung $1 \cdot 10^{-8}$ ist und sich daher bereits einer empirischen Bestimmung aus den künstlichen Satelliten entzieht. Die Abnahme der geraden Massefunktionen erfolgt in geometrischer Progression. Für die einparametrische Fest-

erde haben wir

$$J_2 = 10\,8369 \cdot 10^{-8}; \quad J_4 = -331,5 \cdot 10^{-8}; \quad J_6 = 0,84 \cdot 10^{-8},$$

also:

$$J_2 = 340 |J_4| \quad \text{und} \quad |J_4| = 379 J_6. \quad (37)$$

Aus diesem Sachverhalt könnte man ähnliche Schlüsse für die Massefunktionen mit ungeradem Index ziehen. Weil aber diese einzig und allein durch die Massestörungen in der Erdkruste bedingt sind, werden sie nicht jeweils in der Mitte zwischen den beiden benachbarten geraden Massefunktionen liegen, sondern immer nahe der nächstfolgenden geraden Massefunktion. Tatsächlich führen die Bestimmungen aus den künstlichen Satelliten für J_3 und J_4 auf Größen derselben Ordnung. Dasselbe muß aber auch für J_5 bezüglich J_6 gelten, was besagt, daß auch J_5 in den Formeln ebenso wie J_6 unterdrückt werden darf.

Damit dürfte das Problem der Massefunktionen bereits weitgehend abgeklärt sein. Die Massefunktionen J_3 und J_4 sind von der Größenordnung $3 \cdot 10^{-6}$ und ihre empirischen Ableitungen noch revisionsbedürftig. Hingegen lassen sich die Massefunktionen J_5 und J_6 überhaupt nicht mehr aus den Bahnstörungen der künstlichen Satelliten erfassen.

e) Das Problem des inneren Aufbaues der Erde

Wir haben gesehen, daß die höheren Massefunktionen J_4, J_6, \dots des als einparametrische Gleichgewichtsfigur vorausgesetzten Normalsphäroides der Erde $[E, \omega, a, J_2]$ mit jeder gewünschten Genauigkeit theoretisch berechnet werden können, sofern nur die Kugelfunktionsentwicklung des Potentials genügend weit vorgetrieben wird. Das Studium der Wiechertschen Modelle zeigte aber, daß im mehrparametrischen Falle schon die Änderungen der Massefunktion J_4 derart subtil sind, daß selbst eine völlig fehlerfreie Bestimmung dieser Größe aus den künstlichen Satelliten keinen klaren Hinweis auf die tatsächliche Parameterzahl des wirklichen Normalsphäroides liefert. Anders ist dies mit den Trägheitsmomenten C und A , welche aus der statischen und dynamischen Abplattung mit höchster Sicherheit ermittelt werden können. In diesem Sinne ist die statische Abplattung J_2 das wichtigste physikalische Ergebnis der künstlichen Satelliten. Freilich gestatten auch die Trägheitsmomente noch keinen eindeutigen Schluß auf die innere Konstitution der hydrostatischen Normalfigur der Erde. Nur aus dem Zusammenspiel von Mechanik und Seismik wird das Problem der Normalfigur allmählich befriedigend geklärt werden können. Dies ist aber von fundamentaler Bedeutung für die Lösung des Problems der tatsächlichen Erdfigur oder des Problems der

Undulationen des Geoides. Nur bezüglich des hydrostatischen Normalsphäroides gewinnen die Massestörungen der Erdkruste einen streng physikalischen Sinn. Erst wenn ein ausreichendes Modell des Normalsphäroides gefunden ist, können absolute Geoidundulationen berechnet werden und lassen sich J_3 und die Differenz des empirischen und theoretischen Wertes von J_4 in aller Strenge zur Deutung der Anomalien des irdischen Gravitationsfeldes heranziehen.

Somit erscheint es notwendig, vom einparametrischen Modell (23) zu immer komplizierten Modellen fortzuschreiten. Nachdem das Modell (23) auf ein um fast 300 Einheiten 10^{40} gcm^2 zu großes Trägheitsmoment C geführt hat, ist es von vornherein aussichtslos, mit einem dreiparametrischen Modell, bestehend aus einer homogenen Wasserhülle und einer darunterliegenden einparametrischen Festerde, eine genügende Reduktion von C zu erzielen. Denn der Ozean stellt, wie bereits im Abschnitt (c) einleitend bemerkt wurde, nur eine dünne Wasserhaut von etwa 2456 m Dicke dar. Wäre aber die Festerde tatsächlich einparametrisch, so würde dieses Modell eine interessante Umkehrung gestatten [19]. Wir nehmen an, es läge keine einzige Echolotung vor, so daß wir keine Ahnung von der mittleren Tiefe der Lithosphäre hätten. Dann könnten wir für diese eine Reihe äquidistanter Werte wählen, den Einfluß des Ozeans auf die Trägheitsmomente abziehen und die einparametrische Festerde aus $[E', \omega, a', J_2']$ oder aus $[E', \omega, a', H']$ oder aber aus $[E', a', J_2', H']$ berechnen. Zu jeder dieser Figuren ergäbe sich beziehungsweise ein Wert für H' , J_2' oder ω , und man fände durch Interpolation mit dem richtigen Wert jedes dieser drei Parameter die mittlere Meerestiefe mit der erstaunlichen Genauigkeit von etwa 0,5 m. Im Falle der dreiparametrischen Erde könnte also aus rein astronomischen Daten, nämlich aus der statischen und der dynamischen Abplattung, die mittlere Meerestiefe ohne eine einzige Echolotung gefunden werden.

Das nächste Modell [18] ist bereits sechsparametrisch, bestehend aus einem homogenen Weltmeer der Tiefe 2456 m, einem heterogenen Mantel und einem ebensolchen Kern mit der Tiefe der Kernoberfläche in 2900 km. Nach Abhebung des Weltmeeres verbleibt eine vierparametrische Festerde, für welche neben der Masse E' nur die vier Bestimmungsstücke ω , J_2' und die Äquatorradien a und a' der Mantel- und der Kernoberfläche vorliegen. Es bleiben somit noch ∞^2 Lösungen, deren Bereich durch drei Figurenreihen begrenzt ist: eine lineare Reihe mit homogenen Kern, eine lineare Reihe mit homogenem Mantel und eine Reihe mit verschwindendem Dichtesprung an der Kernoberfläche. Der Gültigkeitsbereich hat dementsprechend drei Ecken: die beiden erstgenannten Reihen schneiden sich in dem eindeutig definierten Wiechertmodell, welches das größte Trägheitsmoment C aufweist; die zweite und dritte Reihe liefern als Schnittpunkt eine Figur mit homogenem Mantel und mit dem Dichtesprung Null; schließlich schneiden sich die erste und dritte

Reihe in der Grenzfigur mit homogenem Kern und verschwindendem Dichtesprung, welche innerhalb der Gesamtheit aller Lösungen das minimale Trägheitsmoment C aufweist. Dieses ist aber merkwürdigerweise nahezu identisch mit dem C -Wert der tatsächlichen Erde. Es scheint somit das Normalsphäroid der Erde durch einen minimalen Drehimpuls, gleichzeitig aber durch einen homogenen Kern der Dichte 8,8 ausgezeichnet zu sein. Dies steht im Widerspruch zu den fast allgemein anerkannten Ergebnissen der seismischen Forschung, die einen Dichtesprung von 3—4 Einheiten an der Kernoberfläche und eine starke Dichtezunahme im Kern als erwiesen betrachtet.

Die einfachste Erklärung dieses Widerspruches scheint darin zu liegen, daß das sechsexparametrische Modell noch nicht genügt. Aus dieser Überlegung heraus wurde in jüngster Zeit ein achtparametrisches Modell untersucht. Dieses Modell besteht aus Kruste, Mantel und Kern, wobei die Kruste mit der Mächtigkeit von 33 km aus zwei homogenen Teilen zusammengesetzt ist, nämlich aus dem Weltmeer mit der Dichte 1,028 und der Tiefe 2456 m und einer festen Kruste der Dichte 2,67. Nach Abhebung der Kruste verbleibt abermals ein vierparametrischer Erdkörper, der genau so wie im vorhergehenden Falle berechnet werden kann. Von dieser noch unveröffentlichten Arbeit seien nur die wichtigsten Ergebnisse angeführt.

Im Wiechert-Modell steigt trotz der geringen Krustendichte das gesamte Trägheitsmoment gegenüber dem vorhergehenden Fall um $23 \cdot 10^{40}$ g cm² an. Dies ist darauf zurückzuführen, daß sich die Manteldichte etwas größer, die Kerndichte etwas kleiner ergibt, wodurch natürlich der Dichtesprung an der Kernoberfläche von 7,840 auf 7,695 sinkt. In der zweiten Grenzfigur mit homogenem Mantel und $\Delta \rho = 0$ nimmt das Trägheitsmoment C um $51 \cdot 10^{40}$ g cm² zu, während in der dritten Grenzfigur mit dem minimalen Trägheitsmoment die Zunahme $\Delta C = 41 \cdot 10^{40}$ g cm² beträgt. Diese Zunahme ist nicht sehr groß und könnte noch aus der Unsicherheit in der statischen und dynamischen Abplattung erklärt werden. Aber diese Figur ist jetzt bereits physikalisch unmöglich, weil die Oberflächendichte des Mantels ($\rho_0 = 2,342$) schon unter der angenommenen Krustendichte liegt. Der Gültigkeitsbereich der ∞^2 Lösungen erstreckt sich gar nicht mehr bis zum Schnittpunkt der beiden Figurenreihen mit homogenem Kern und mit $\Delta \rho = 0$, sondern wird linksseitig durch den Vertikalschnitt mit der Oberflächendichte des Mantels $\rho_0 = 2,67$ begrenzt. Dieser Vertikalschnitt liegt aber sehr nahe dem Vertikalschnitt der einparametrischen Festerde: $\rho_0 = 2,685$. Die einparametrische Festerde, welche natürlich wieder der Reihe $\Delta \rho = 0$ angehört, führt für die Gesamterde auf das Trägheitsmoment $C = 80798 \cdot 10^{40}$ g cm², während die zweite Grenzfigur dieses Schnittes mit homogenem Kern das Trägheitsmoment $C = 80709 \cdot 10^{40}$ g cm² und den Dichtesprung $\Delta \rho = 1,559$ an der Kernoberfläche aufweist. Aber selbst dieses Resultat ist gegenüber (20b) um $\Delta C = +236 \cdot 10^{40}$ g cm² zu groß. Mithin ist dieses Modell überhaupt

unbrauchbar und wir erkennen, daß hier noch mannigfache Probleme ihrer Lösung harren.

Abschließend sei noch eine Bemerkung hinsichtlich des Verhältnisses der vorliegenden Ausarbeitung des Budapester Vortrages zur erweiterten Fassung des Berner Vortrages gestattet. Die vielfache Überdeckung der Vortragsthemen zwang zu mancherlei Wiederholungen. Hingegen konnte diesmal der erste Teil wesentlich kürzer gefaßt werden, während bei der Diskussion der Massefunktionen seit dem Berner Vortrag beträchtliche Fortschritte erzielt werden konnten, was auch mancherlei Berichtigungen der früheren Ausführungen ermöglichte. Außer dem achtparametrischen Modell des Normalsphäroides ist auch die Untersuchung der Wiechertmodelle völlig neu, was eine breitere Darstellung nötig machte.

SCHRIFTTUM

1. LEDERSTEGER, K.: Die Bestimmung des mittleren Erdellipsoides und der absoluten Lage der Landstriangulationen. *Sonderheft 12 der Österreichischen Zeitschrift f. Vermessungswesen*, 1951.
2. LEDERSTEGER, K.: Die geodätischen Probleme der künstlichen Satelliten (Satellitengeodäsie). *Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie*, 1962.
3. MERSON, R. H.: The Motion of a Satellite in an Axisymmetric Gravitational Field. *Geophysical Journal*, **4** (1961), 17—52.
4. KING-HELE, D. G.: The Earth's Gravitational Potential, Deduced from the Orbits of Artificial Satellites. *Geophysical Journal*, **4** (1961), 3—16.
5. O'KEEFE, ECKELS and SQUIRES: The Gravitational Field of the Earth. *Astronom. Journal*, **64** 245—253.
6. LEDERSTEGER, K.: Neue Forschungen zur Theorie der heterogenen sphäroidischen Gleichgewichtsfiguren. *Acta Techn. Hung.*, **37** (1961).
7. WAVRE, R.: *Figures Planétaires et Géodésie*. Paris 1932, chapitre III.
8. LEDERSTEGER, K.: Zur Begründung einer Theorie der hydrostatischen Gleichgewichtsfiguren auf dem Außenraumpotential. *Sitzungsberichte der Bayer. Akad. d. Wiss.*, München. 1962.)
9. LEDERSTEGER, K.: Die heterogenen sphäroidischen Gleichgewichtsfiguren und das Normalsphäroid der Erde. *Geofisica pura e applicata*, **44** (1959), 1—19.
10. LEDERSTEGER, K.: Zur Frage des Dichtegesetzes der einparametrischen heterogenen Gleichgewichtsfiguren. *Schweiz. Zeitschrift f. Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie*, (1960), 100—115.
11. PREY, A.: Darstellung der Höhen- und Tiefenverhältnisse der Erde durch eine Entwicklung nach Kugelfunktionen bis zur 16.0. *Abh. Ges. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl.*, **N. F. II** (1922).
12. COOK, A. H.: Developments in Dynamical Geodesy. *Geophys. Journal*, **3**, No 3 (1959).
13. BULLARD, E. C.: The Figure of the Earth. *Monthly Not. Royal Astr. Soc.*, Suppl. Vol. **V**, No. 6 (1948).
14. HENRIKSEN, S. W.: The hydrostatic flattening of the earth. *Annals of IGY*, **12** (1960), 197—198.
15. O'KEEFE, J. A., ECKELS, A., SQUIRES, R. K.: The gravitational field of the earth. *Astr. Journal*, **64** (1959). Discussion of a paper by W. A. HEISKANEN. *Journal of Geophysical Research*, **66** (1961).
16. DE SITTER, W.: On the flattening and the constitution of the earth. *Bull. of the Astr. Inst. of the Netherlands*, **II** (1924), 97—108.
17. HAROLD SPENCER—JONES: The earth as a planet. *University of Chicago Press*, 1954, 1—41.

18. LEDERSTEGER, K.: Der physikalische Zusammenhang zwischen der statischen Abplattung und dem inneren Aufbau der Erde auf der hypothetischen Grundlage einer sechs-parametrischen Gleichgewichtsfigur. *Geofisica pura e applicata*, **51** (1962), 1—27.
19. LEDERSTEGER, K.: Das Normalsphäroid der Erde als zweiteilige Gleichgewichtsfigur und die mittlere Tiefe der Lithosphäre. *Sitzungsberichte der Österr. Akad. d. Wiss.*, **169**, (1961), 225—239.

ARTIFICIAL SATELLITES AND THE MASS FUNCTIONS OF THE EARTH

Prof. K. LEDERSTEGER

SUMMARY

After a short description of the main problems of satellite geodesy the connection between the perturbations of satellite orbits and the mass functions of potential development is demonstrated. A critical examination of the empirically deduced mass functions presumes a theory of hydrostatic equilibrium figures based on the external potential. This theory for the first time permits the definition and calculation of multi-parameter equilibrium figures. The seeming contradiction between the static and dynamic flattening is simply explained by the fact that the normal spheroid of the earth is not one-parametric. This also allows to refute the erroneous result of a considerable difference between the real and the hydrostatic flattening. An analysis of the Wiechert-models shows that the massfunction J_4 independent of the number of parameters of the normal spheroid lies near to $-3 \cdot 10^{-6}$, while J_6 is of the order $1 \cdot 10^{-8}$ and therefore, impossibly can be gained from artificial satellites. The odd mass functions always lie near the following even mass function. Therefore, J_3 and J_4 must still be revised, while J_5 and J_6 can already be neglected. Regularizing the earth's crust the moments of inertia C and A and consequently the static flattening J_2 must remain unchanged to guarantee the necessary constancy of the twist ωC . Contrariwise the moment of inertia C can be changed by up to 1% with an assumed inner constitution of the earth. That will do for a critical comparison of mechanic and seismic results for finding in the near future the densitylaw of the normal spheroid. Three models with three, six and eight form-parameters are briefly discussed.

LES SATELLITES ARTIFICIELS ET LES FONCTIONS DE MASSE DE LA TERRE

K. LEDERSTEGER

RÉSUMÉ

Après une brève esquisse des problèmes fondamentaux de la géodésie des satellites, l'auteur expose la relation entre les anomalies de l'orbite des satellites artificiels et les fonctions de masse figurant dans la série du potentiel terrestre. La critique des fonctions de masse déduites empiriquement a une condition préalable, basée sur la théorie du potentiel dans l'espace extérieur des figures d'équilibre hydrostatique. C'est cette théorie qui admet la définition et la détermination des figures d'équilibre à plusieurs paramètres. La contradiction apparente entre l'aplatissement statique et dynamique s'explique tout simplement par le fait que la figure normale de la Terre n'est pas une forme à un seul paramètre. Par là, on peut aussi réfuter ce résultat erroné déduit de la théorie classique, qui veut qu'il existe un écart considérable entre l'aplatissement effectif et hydrostatique. L'analyse du modèle de Wiechert montre qu'indépendamment de la quantité des paramètres de la sphéroïde normale, la fonction de masse J_4 doit être près de $-3 \cdot 10^{-6}$, tandis que l'ordre de grandeur de J_6 est de $1 \cdot 10^{-8}$, de sorte qu'il n'est pas déterminable par les satellites artificiels. Les fonctions de masse impaires touchent de près les fonctions paires qui les suivent. Alors J_3 et J_4 doivent être révisés, tandis que J_5 et J_6 peuvent être négligés. Lors de la régularisation de la croûte terrestre, les moments d'inertie C et A , et par eux l'aplatissement statique J_2 doivent être conservés, afin de garantir l'invariabilité indispensable du moment de rotation ωC . Par contre, le moment d'inertie polaire C peut être modifié à 1% près selon la structure supposée d'intérieur de la Terre. C'est suffisant pour trouver, dans le proche avenir, la loi de répartition de la densité dans la figure normale de la Terre, par comparaison critique des résultats mécaniques et séismiques. Pour terminer, l'auteur traite des modèles à 3, 6 et 8 paramètres de la sphéroïde normale.

ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ И ФУНКЦИИ МАССЫ ЗЕМЛИ

Проф. К. ЛЕДЕРШТЕГЕР

РЕЗЮМЕ

После краткого изложения основных проблем спутниковой геодезии, в работе рассматривается вопрос о зависимости возмущений орбиты спутника от массовой функции образования потенциала. Критическое изучение экспериментально выведенных функций массы требует допущения теории о схеме гидростатического равновесия, основывающейся на внешнем потенциале. Эта теория позволяет определять и вычислять многопараметрические схемы равновесия. Кажущееся противоречие между статическим и динамическим сжатиями объясняется просто тем, что нормальный сфероид Земли является не однопараметрическим. Это дает возможность также и опровергнуть ошибочные данные о значительной разнице между фактическим и гидростатическим сжатиями. Анализ модели Вихерта показывает, что функция массы J_4 , независящая от числа параметров нормального сфероида, близка к 3×10^{-6} , в то время, как функция J_6 имеет значение порядка 1×10^{-8} , следовательно ее нельзя получить при помощи искусственных спутников. Несчетные функции массы располагаются всегда близко к следующей счетной функции массы. Поэтому в J_3 и J_4 нужно вводить поправки, в то время, как значениями J_5 и J_6 можно пренебречь. Придавая земной коре регулярную форму, моменты инерции C и A , следовательно также и статическое сжатие J_2 должны оставаться неизменными, чтобы обеспечить необходимое постоянство кручения ωC . Но момент инерции C , при предполагаемом внутреннем строении Земли, наоборот, может изменяться не более чем на 1%. Это достаточно для критического сопоставления механических и сейсмических данных чтобы в ближайшее время найти закономерность по плотности нормального сфероида. Кратко описываются три модели с тремя, шестью и восемью параметрами конфигурации.

Printed in Hungary

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki szerk. szűz: Farkas Sándor

A kézirat nyomdába érkezett: 1963. II. 21. — Terjedelem: 22,75 (A/5) ív. 64 ábra, 3 melléklet

63.56728. Akadémiai Nyomda — Felelős vezető: Bernát György

INDEX

<i>Report of the Hungarian National Committee of IUGG for the 13 General Assembly Berkeley, 1963 — Rapport du Comité National Hongrois de l'IUGG pour la 13^e Assemblée Générale Berkeley, 1963 — Bericht des Ungarischen Nationalkomitees der IUGG für die 13. Generalversammlung Berkeley, 1963. — Доклад Венгерского Национального Комитета ИОГГ для Конгресса в Беркелей 1963 г.</i>	
<i>Regőczi, E.:</i> Les travaux géodésique en Hongrie 1960—1962	3
<i>Renner, J.:</i> Gravity Research in Hungary in the Years 1960—1962	9
<i>Egyed, L.—Kiss, Z.:</i> Investigations on Seismology and the Physics of the Interior of the Earth in Hungary 1960—1962	13
<i>Béll, B.:</i> Main Results of Meteorological Research in Hungary in the Years 1960—1962	23
<i>Barta, Gy.:</i> Magnetic and Telluric Research in Hungary in the Years 1960—1962	41
<i>Németh, E.:</i> Les recherches hydrologiques en Hongrie 1960—1962	49
<i>Pantó, G.:</i> Investigations on Volcanology in Hungary, 1960—1962.....	74
* * *	
<i>Wittke, H.:</i> Polygonale Knotenpunkte — Nodal Points of Traverses — Points nodaux des cheminements polygonaux — <i>Витткэ, X.:</i> Полигонометрические узлы	81
<i>Hazay, I.:</i> Antwort auf den Diskussionsbeitrag von Prof. H. Wittke — Reply to the Contributions of Prof. H. Wittke — Réponse à l'intervention du Prof. H. Wittke — <i>Хазай, И.:</i> Ответ на выступление проф.-а Витткэ	82
<i>Halmos, F.:</i> On the Adjustment of Trilateration Networks — Zur Ausgleichung von Streckennetzen — Sur la compensation des réseaux de trilatération — <i>Хальмош, Ф.:</i> К вопросу об уравнении сетей с измерением длины	83
<i>Verő, J.:</i> Die abgeänderte Methode zur Bearbeitung der tellurischen Schnellregistrierungen, von 1960 an, im Observatorium bei Nagycenk — The Modified Method for the Treatment of the Fast Telluric Recordings of 1960 Started in the Observatory of Nagycenk — Une méthode modifié pour l'élaboration des enregistrements telluriques de 1960, commencées à l'observatoire de Nagycenk — <i>Верэ, И.:</i> Измененный метод обработки записей скоростной регистрации теллурических токов 1960 г., начатой в обсерватории с Надьценке	101
<i>Tárczy-Hornoch, A.:</i> Bericht des Observatoriums bei Nagycenk (Ungarn) über die Ergebnisse der Erdstromregistrierungen im Jahre 1960 — Report on the Nagycenk Observatory (Hungary) on the Results of Earth Current Recordings in the Year of 1960 — Rapport de l'Observatoire de Nagycenk (Hongrie) sur les résultats des enregistrements de courants telluriques dans 1960 — <i>Тарци-Горнох, А.:</i> Отчет обсерватории Надьценк (Венгрия) о результатах регистрирования земных токов в 1960 г.	109

- Hazay, I.*: The Use of Dimensional Weights in Adjusting Calculations — Verwendung von Dimensionsgewichten in den Ausgleichrechnungen — L'application de poids á dimension dans les calculs de compensation — *Хазай, И.*: Применение размерных весов при вычислениях, связанных с уравниванием 185
- Alpár, Gy.—Halmos, F.*: Punktabseigerung in schiefen, deformierten Schächten — Point-Projection Down an Oblique Mine-Shaft — Projection de points le long d'un puits de mine oblique — *Альпар, Д.—Хальмош, Ф.*: Проекция пункта на наклонную шахту 201
- Neubert, K.*: Steigerung der Wirtschaftlichkeit im Markscheidewesen — Increase of Economy in Mining Geodesy — Augmentation de l'économie en géodésie minière — *Найберт, К.*: Повышение экономичности маркшейдерских работ 213
- Ledersteger, K.*: Die künstlichen Satelliten und die Massfunktionen der Erde — Artificial Satellites and the Mass Functions of the Earth — Les satellites artificiels et les fonctions de masse de la Terre — *Ледерштегер, К.*: Искусственные спутники и функции массы Земли 231

The Acta Technica publish papers on technical subjects in English, German, French and Russian.

The Acta Technica appear in parts of varying size, making up volumes. Manuscripts should be addressed to

Acta Technica
Nádor u. 7.
Budapest V.
Hungary

Correspondence with the editors and publishers should be sent to the same address.

The rate of subscription to the Acta Technica is 110 forints a volume. Orders may be placed with "Kultura" Foreign Trade Company for Books and Newspapers (Budapest I., Fő utca 32. Account No. 43-790-057-181) or with representatives abroad.

Les Acta Technica paraissent en français, allemand, anglais et russe et publient des travaux du domaine des sciences techniques.

Les Acta Technica sont publiés sous forme de fascicules qui seront réunis en volumes. On est prié d'envoyer les manuscrits destinés à la rédaction à l'adresse suivante:

Acta Technica
Nádor u. 7.
Budapest V.
Hongrie

Toute correspondance doit être envoyée à cette même adresse.

Le prix de l'abonnement est de 110 forints par volume.

On peut s'abonner à l'Entreprise pour le Commerce Extérieur de Livres et Journaux «Kultura» (Budapest I., Fő utca 32. Compte courant No. 43-790-057-181) ou à l'étranger chez tous les représentants ou dépositaires.

«Acta Technica» публикуют трактаты из области технических наук на русском, немецком, английском и французском языках.

«Acta Technica» выходят отдельными выпусками разного объема. Несколько выпусков составляют один том.

Предназначенные для публикации рукописи следует направлять по адресу:

Acta Technica
Nádor u. 7.
Budapest V.
Венгрия

По этому же адресу направлять всякую корреспонденцию для редакции и администрации.

Подписная цена «Acta Technica» — 110 форинтов за том. Заказы принимает предприятие по внешней торговле книг и газет «Kultura» (Budapest I., Fő utca 32. Текущий счет № 43-790-057-181) или его заграничные представительства и уполномоченные.

66,— Ft

Index: 26.025

ACTA
TECHNICA
ACADEMIAE SCIENTIARUM
HUNGARICAE

ADIUVANTIBUS

L. GILLEMOT, GY. HEVESI, I. RÁZSÓ,
K. SZÉCHY, G. TARJÁN

REDIGIT

A. GELEJI

TOMUS 43

FASCICULI 3—4



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST
1963

ACTA TECHN. HUNG.

ACTA TECHNICA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTŐSÉG ÉS KIADÓHIVATAL: BUDAPEST V., ALKOTMÁNY U. 21.

Az Acta Technica német, angol, francia és orosz nyelven közöl értekezéseket a műszaki tudományok köréből.

Az Acta Technica változó terjedelmű füzetekben jelenik meg, több füzet alkot egy kötetet.

A közlésre szánt kéziratok a következő címre küldendők:

Acta Technica
Budapest V., Nádor u. 7.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi és kiadóhivatali levelezés.

Az Acta Technica előfizetési ára kötetenként belföldre 80 forint, külföldre 110 forint. Megrendelhető a belföld számára az „Akadémiai Kiadó”-nál (Budapest V., Alkotmány utca 21. Bankszámla 05-915-111-46), a külföld számára pedig a „Kultúra” Könyv- és Hírlap Külkereskedelmi Vállalatnál (Budapest I., Fő utca 32. Bankszámla: 43-790-057-181) vagy annak külföldi képviselőinél és bizományosainál.

Die Acta Technica veröffentlichen Abhandlungen aus dem Bereiche der technischen Wissenschaften in deutscher, französischer, englischer oder russischer Sprache.

Die Acta Technica erscheinen in Heften wechselnden Umfanges. Mehrere Hefte bilden einen Band.

Die zur Veröffentlichung bestimmten Manuskripte sind an folgende Adresse zu senden

Acta Technica
Nádor u. 7.
Budapest V.
Ungarn

An die gleiche Anschrift ist auch jede für die Schriftleitung und den Verlag bestimmte Korrespondenz zu richten.

Abonnementspreis pro Band: 110 Forint. Bestellbar bei dem Buch- und Zeitungs-Außenhandels-Unternehmen »Kultúra« (Budapest I., Fő utca 32. Bankkonto Nr. 43-790-057-181) oder bei seinen Auslandsvertretungen und Kommissionären.

ТОЧНОСТЬ ПОДЗЕМНОГО ПРИМЫКАНИЯ, ПРОИЗВОДИМОГО СОЕДИНИТЕЛЬНЫМ ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНИКОМ ХАНСЕНА

Л. ХОВАНИ

КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

КАФЕДРА ГЕОДЕЗИИ И МАРКШЕЙДЕРИИ, ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЯЖЕЛОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ, МИШКОЛЬЦ, ВЕНГРИЯ

[Поступило 4 декабря 1961 г.]

Специальная литература о соединительных четырехугольниках чаще всего занимается вопросом наивыгоднейших форм соединительных четырехугольников.

Однако специалистов, занимающихся этими вопросами на практике, кроме проблемы наивыгоднейшей формы соединительного четырехугольника, интересует и другое. Во-первых, с какой точностью должны быть измерены углы соединительных четырехугольников, чтобы не была превышена целесообразно допустимая и являющаяся результатом примыкания средняя ошибка ориентирования, т. е. возможность простого определения средней погрешности примыкания при известных средних погрешностях углов.

В работе рассматриваются крупные достижения в этой области, далее автор предлагает новый, простой и быстрый метод приближения для определения заданных средних погрешностей углов.

В зависимости от формы околоствольной выработки подземное примыкание к отвесам может быть произведено и соединительным четырехугольником по схеме, приведенной на фиг. 1 и 2.

В шахту спускаем два отвеса: A и B . В околоствольном дворе известным способом фиксируем точки C и D . Задача состоит в определении координат точек C поверхности и дирекционного угла (CD).

Для осуществления примыкания соединительным четырехугольником Хансена необходимо измерить углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ и β_4 , далее расстояние между фиксированными точками \overline{CD} и для контроля — расстояние между отвесами \overline{AB} .

При вычислении, приняв точку C за начало координат и проведя эту условную систему координат через точку D , во-первых, определим координаты x' и y' отвесов в этой системе координат. Далее вычислим дирекционный угол (AB)' отвесов в условной системе координат и расстояние $\overline{A'B'}$. В заключение определим координаты точек C и D и дирекционный угол (CD) в системе координат, принятой на поверхности.

Ошибка ориентировки $\pm \mu_{(CD) \text{ ориент.}}$ подземной стороны \overline{CD} (в дальнейшем — средняя ошибка примыкания) складывается, как известно, из трех частей: из ошибки примыкания на поверхности, ошибки проектирования и ошибки подземного примыкания. Следовательно:

$$\mu_{(CD) \text{ ориент.}}^2 = \mu_{(AB) \text{ поверх.}}^2 + \mu_{\epsilon}^2 + \mu_{(AB)' \text{ шахта}}^2$$

Где: $\mu_{(AB) \text{ поверх.}}$ — ошибка примыкания на поверхности, μ_{ϵ} — ошибка проектирования, $\mu_{(AB)' \text{ шахта}}$ — ошибка подземного примыкания.

В дальнейшем не будем рассматривать погрешности примыкания на поверхности и проектирования. Наша задача сводится к исследованию точности подземного примыкания.

Точность примыкания соединительным четырехугольником, как известно, зависит также и от формы четырехугольника. Изысканием наивыгоднейшей формы соединительных четырехугольников занималось много исследователей.

Однако, специалистов, занимающихся этими вопросами на практике, кроме проблемы наивыгоднейшей формы соединительного четырехуголь-

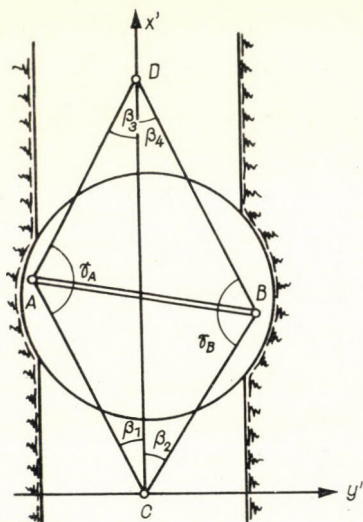


Рис. 1

ника, интересует и другое. Во-первых, с какой точностью должны быть измерены углы соединительного четырехугольника, чтобы не была превышена случайная, целесообразно допускаемая и являющаяся результатом примыкания средняя ошибка ориентировки, т. е. возможность простого определения средней ошибки примыкания при известных средних погрешностях углов.

Для решения задачи воспользуемся фиг. 1.

Дирекционный угол стороны примыкания \overline{CD} как известно:

$$(CD) = (AB)_{\text{поверх.}} - (AB)_{\text{шахта}} .$$

Где:

$(AB)_{\text{поверх.}}$ — дирекционный угол отвесов в системе координат, принятой на поверхности,

$(AB)'_{\text{шахта}}$ — дирекционный угол отвесов в условной системе координат.

Поскольку определение дирекционного угла отвесов (AB) в системе координат, принятой на поверхности, не зависит от определения дирекционного угла $(AB)'$, то погрешность подземного примыкания можно выразить следующим образом:

$$\mu_{(CD)_{\text{шахта}}} = \mu_{(AB)'_{\text{шахта}}} \quad (1)$$

Следовательно, определение средней ошибки $\mu_{(CD)_{\text{шахта}}}$ расстояния \overline{CD} при подземном примыкании ведет к вычислению погрешности $\mu_{(AB)'}$

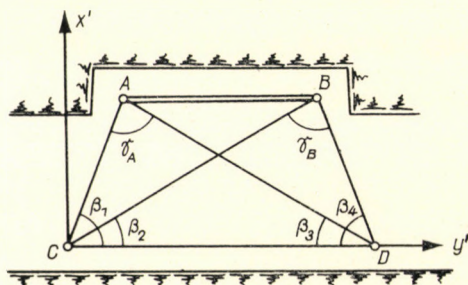


Рис. 2

определения координат отвесов засечкой вперед в условной системе координат.

Как уже было сказано выше, имеется несколько зависимостей для определения средней ошибки подземного примыкания.

Погрешность подземного примыкания может быть определена как средняя ошибка зависимости между непосредственно измеренными величинами. Из приведенных схем на фиг. 1 и 2 следует, что:

$$\begin{aligned} \mu_{(AB)'}^2 = & \left(\frac{\partial (AB)'}{\partial \beta_1} \right)^2 \mu_{\beta_1}^2 + \left(\frac{\partial (AB)'}{\partial \beta_2} \right)^2 \mu_{\beta_2}^2 + \left(\frac{\partial (AB)'}{\partial \beta_3} \right)^2 \mu_{\beta_3}^2 + \\ & + \left(\frac{\partial (AB)'}{\partial \beta_4} \right)^2 \mu_{\beta_4}^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Значение $(AB)'$ в условной системе координат:

$$(AB)' = \arctg \frac{y'_B - y'_A}{x'_B - x'_A}. \quad (3)$$

С помощью отдельных частных производных, далее, выразив координаты измеренными величинами при равных средних ошибках углов, т. е. $\mu_{\beta_1} =$

$= \mu_{\beta_2} = \mu_{\beta_3} = \mu_{\beta_4} = \mu_{\beta}$ и $\overline{CD} = d = 1$, может быть выведена следующая зависимость для определения средней погрешности подземного примыкания. ([1] стр. 442):

$$\mu_{(AB)'} = \mu_{\beta} \sqrt{\frac{[x_B(1-y_A) - x_A(1-y_B)]^2 [(y_A^2 + x_A^2)x_B^2 + (y_B^2 + x_B^2)x_A^2] + (y_A x_B - y_B x_A)^2 \{[(1-y_A)^2 + x_A^2]^2 x_B^2 + [(1-y_B)^2 + x_B^2]^2 x_A^2\}}{x_A x_B c^2}} \quad (4)$$

где:

$$c^2 = (x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2.$$

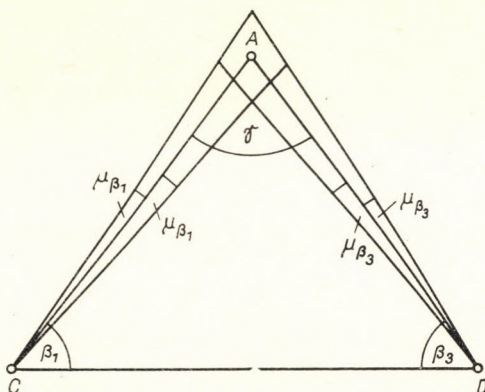


Рис. 3

Очевидно, что полученная таким образом формула сложна и не может быть использована для практического определения точности примыкания. Весьма большим недостатком этой формулы, кроме ее громоздкости, является и то, что она исходит из равенства средних погрешностей углов. Это последнее условие, имея ввиду ошибки теодолита, не выполняется.

Советский профессор *Оглоблин* весьма остроумно вычисляет среднюю погрешность подземного примыкания на основании погрешностей M_A и M_B определения положения отвесов засечкой вперед. Ошибки определения положения точек определяются им решением засечки вперед без повторных приемов измерения ([2] стр. 115—119).

Если, в соответствии со схемой на фиг. 3, из данных точек C и D засечем точку A при углах β_1 и β_3 , то вследствие средних погрешностей углов μ_{β_1} и μ_{β_3} в точке A образуется четырехугольник. Имея ввиду, что величины средних погрешностей измеренных углов минутного порядка, этот четырехугольник можно принять за параллелограмм. Как видно из фиг. 4, расстояния между параллельными сторонами определяются величинами

$$\mu_c = \widehat{\mu}_{\beta_1} \cdot \overline{CA} \quad \text{и} \quad \mu_D = \widehat{\mu}_{\beta_3} \cdot \overline{DA}, \quad (5)$$

а угол γ — разницей направлений $(AC) - (AD)$. Далее из приведенных схем видно, что:

$$a' = \frac{\mu_c}{\sin \gamma} \quad \text{и} \quad b' = \frac{\mu_D}{\sin \gamma}. \quad (6)$$

После подстановки получаем:

$$a' = \frac{\mu''_{\beta_1} \cdot \overline{CA}}{\varrho'' \cdot \sin(\beta_1 + \beta_3)} \quad \text{и} \quad b' = \frac{\mu''_{\beta_3} \cdot \overline{DA}}{\varrho'' \cdot \sin(\beta_1 + \beta_3)}. \quad (7)$$

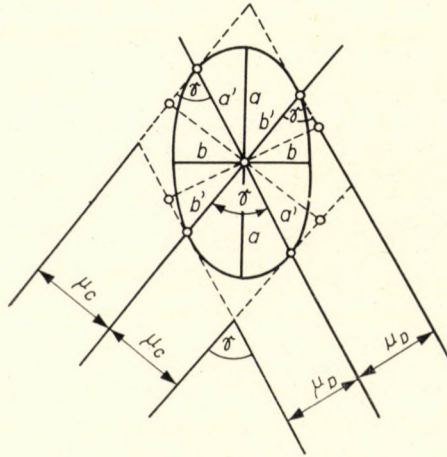


Рис. 4

Средняя погрешность точки, как известно:

$$M = \sqrt{a'^2 + b'^2} = \frac{\sqrt{\overline{CA}^2 \mu''_{\beta_1}^2 + \overline{DA}^2 \mu''_{\beta_3}^2}}{\varrho'' \cdot \sin(\beta_1 + \beta_3)}. \quad (8)$$

Принимая средние погрешности углов равными, т. е.

$$\mu_{\beta_1} = \mu_{\beta_3} = \mu_{\beta}.$$

Получаем, что:

$$M = \frac{\mu''_{\beta}}{\varrho'' \cdot \sin(\beta_1 + \beta_3)} \sqrt{\overline{CA}^2 + \overline{DA}^2}. \quad (9)$$

Выразив стороны \overline{CA} и \overline{DA} из треугольника ACD и подставив эти значения, получаем:

$$M_A = \frac{\overline{CD} \cdot \mu''_{\beta}}{\varrho'' \cdot \sin^2(\beta_1 + \beta_3)} \cdot \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_3}. \quad (10)$$

Но:

$$\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_3 = 1 - \cos(\beta_1 - \beta_3) \cos(\beta_1 + \beta_3),$$

Таким образом, средняя погрешность определения положения точки выражается следующей зависимостью:

$$M_A = \frac{\overline{CD} \cdot \mu''_{\beta}}{\varrho'' \cdot \sin^2(\beta_1 + \beta_3)} \sqrt{1 - \cos(\beta_1 - \beta_3) \cos(\beta_1 + \beta_3)}. \quad (11)$$

Профессор *Оглоблин*, полученные в точках *A* и *B* погрешности M_A и M_B , рассматривает как ошибку проектирования при ориентировке подземной съемки ([2] стр. 88), исходя из чего погрешность подземного примыкания выразится так:

$$\mu_{(AB)'} = \pm \frac{\varrho''}{AB} \sqrt{\frac{M_A^2 + M_B^2}{2}}. \quad (12)$$

Очевидно, что формула *Оглоблина* для определения случайной погрешности подземного примыкания значительно проще, чем предыдущая [4]. Кроме вычисления заданной погрешности определения положения точки дается возможность сравнительно простого определения заданной средней ошибки μ_{β} угла.

Однако, с принципиальной точки зрения средняя погрешность определения положения точки не безупречна. Сохраняя обозначения фиг. 4, погрешность определения положения точки составит:

$$M = \sqrt{a'^2 + b'^2} = \sqrt{a^2 + b^2}. \quad (13)$$

Следовательно, при превращении эллипса в окружность, т. е. при

$$a = b = e,$$

получаем значение средней ошибки точки:

$$M = e\sqrt{2}. \quad (14)$$

Эта средняя величина погрешности точки решением засечки вперед больше средней ошибки координаты в любой свободно выбранной системе координат ([3] стр. 402—403.).

Советский ученый *Белокрыс* вычислением определяет большую и малую ось эллипсов погрешностей точек *A* и *B*, затем, построив эллипсы,

вычисляет перпендикулярную к стороне AB погрешность примыкания по формуле:

$$\mu_{(AB)'} = \pm \frac{e''}{AB} \sqrt{m_A^2 + m_B^2}. \quad (15)$$

Мысль *Белокрыса*, несомненно, хорошая. Однако строгой и ее назвать нельзя, т. к. ошибку координаты в направлении, перпендикулярном к стороне AB , определяет точка пересечения кривой основания, а не эллипса.

Недостатком этого способа, кроме построения эллипсов, является и то, что он подразумевает известную среднюю погрешность угла. Таким образом, при рассмотрении вопроса с вышеуказанных точек зрения выясняется, что этот способ по сравнению со способом *Оглоблина* имеет следующий недостаток: не дает возможность определения заданных средних погрешностей углов при данном количестве приемов измерения положения точек.

Сопоставив способы *Оглоблина* и *Белокрыса*, предлагаем следующее решение определения заданных средних погрешностей углов при допустимой средней ошибке примыкания с удовлетворяющей практику точностью.

Из фиг. 4 видно, что величина средней погрешности, возникающей в направлении, перпендикулярном к касательной эллипса, определяется величиной перпендикулярного к касательной расстояния. Далее, имея ввиду свойства эллипса, следует, что половина большой оси a наибольшая из всех перпендикуляров к касательной.

Следовательно, если для удовлетворения требования точности выберем пол-оси эллипса погрешности, то требование со всех других точек зрения будет удовлетворено. Зная значения e_A и e_B , средняя ошибка примыкания с достаточным приближением может быть вычислена из формулы:

$$\mu_{(AB)'} = \pm \frac{e''}{AB} \sqrt{e_A^2 + e_B^2}. \quad (16)$$

Это более точное приближение, чем приведенное нами в предыдущих работах [6]. Величины e_A и e_B представляют собой радиусы окружностей, проведенных через точки A и B большой осью эллипса. Таким образом, e есть средняя погрешность определения положения точки в определенном направлении, которая должна быть выдержана при измерениях ([3] стр. 403). Если принять, что эти погрешности в точках A и B , координаты которых найдены решением засечки вперед, равны, т. е.

$$e_A = e_B = e,$$

то получим следующую весьма простую зависимость для определения по-

грешности подземного примыкания:

$$\mu''_{(AB)'} = \pm \frac{\varrho'' e \sqrt{2}}{AB}. \quad (17)$$

Отсюда:

$$e = \frac{\mu''_{(AB)'} \overline{AB}}{\varrho'' \cdot \sqrt{2}}. \quad (18)$$

Далее рассмотрим возможность вычисления необходимых средних погрешностей μ_{β_1} , μ_{β_2} , μ_{β_3} и μ_{β_4} , измерения углов β_1 , β_2 , β_3 и β_4 при точках *C* и *D* для достижения желаемой точности примыкания.

Сохраняя обозначения схемы на фиг. 4 и принимая во внимание правило сопряженных диаметров эллипса, имеем:

$$\begin{aligned} a^2 + b^2 &= (a')^2 + (b')^2 \\ 2ab &= 2a' b' \sin \gamma. \end{aligned} \quad (19)$$

Но:

$$a' = \frac{\mu_C}{\sin \gamma} \quad \text{и} \quad b' = \frac{\mu_D}{\sin \gamma}.$$

Подставляя полученные значения в уравнения (19), получим:

$$\begin{aligned} a^2 + b^2 &= \frac{\mu_C^2 + \mu_D^2}{\sin^2 \gamma} \\ 2ab &= \frac{2\mu_C \cdot \mu_D}{\sin^2 \gamma}. \end{aligned} \quad (20)$$

После сложения и вычитания двух уравнений и извлечения квадратного корня имеем, что ([3] стр. 397).

$$\begin{aligned} \sqrt{a^2 + 2ab + b^2} = a + b &= \frac{|\sqrt{\mu_C^2 + \mu_D^2 + 2\mu_C \mu_D \cdot \sin \gamma}|}{\sin \gamma} \\ \sqrt{a^2 - 2ab + b^2} = a - b &= \frac{|\sqrt{\mu_C^2 + \mu_D^2 - 2\mu_C \cdot \mu_D \cdot \sin \gamma}|}{\sin \gamma}. \end{aligned} \quad (21)$$

Сложив уравнения (21), получим выражение для половины большой оси:

$$a = \frac{|\sqrt{\mu_C^2 + \mu_D^2 + 2\mu_C \cdot \mu_D \cdot \sin \gamma}| + |\sqrt{\mu_C^2 + \mu_D^2 - 2\mu_C \cdot \mu_D \cdot \sin \gamma}|}{2 \sin \gamma}. \quad (22)$$

После подстановки $\cos^2 \gamma = 1 - \sin^2 \gamma$ квадрат половины большой оси эллипса выразится следующим образом:

$$a^2 = \frac{\mu_C^2 + \mu_D^2 + \left| \sqrt{\mu_C^4 + \mu_D^4 - 2\mu_C^2 \cdot \mu_D^2 + 4\mu_C^2 \cdot \mu_D^2 \cdot \cos^2 \gamma} \right|}{2 \sin^2 \gamma} \quad (23)$$

Из фиг. 3 и 4 значения линейных ошибок μ_C и μ_D :

$$\mu_C = \pm \frac{\mu_{\beta_1}''}{\varrho''} CA \quad \text{и} \quad \mu_D = \pm \frac{\mu_{\beta_3}''}{\varrho''} DA \quad (24)$$

Из вышеприведенных зависимостей видно, что для достижения одинаковых по величине линейных (поперечных) ошибок на перпендикулярах к направлениям обеих засечек, угол при длинной стороне должен измеряться с большей точностью, чем при короткой. Практически это означает, что в целях уменьшения ошибки e точность измерения углов в направлении большей стороны должна быть повышенной по сравнению с точностью измерения углов в направлении меньшей стороны.

Пусть будет $\mu_C = \mu_D = \mu_h$, тогда предыдущее выражение a^2 упростится следующим образом ([3] стр. 401—402):

$$a^2 = \frac{2\mu_h^2 \left(\frac{+}{-} \right) 2\mu_h^2 \cos \gamma}{2 \sin^2 \gamma} = \frac{\mu_h^2 (1 \left(\frac{+}{-} \right) \cos \gamma)}{\sin^2 \gamma} \quad (25)$$

При $\gamma < 90^\circ$:

$$a = \frac{\mu_h \cdot \sqrt{1 + \cos \gamma}}{\sin \gamma} = \mu_h \sqrt{2} \frac{\cos \frac{\gamma}{2}}{2 \sin \frac{\gamma}{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2}} = \frac{\mu_h}{\sqrt{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2}} \quad (26a)$$

При $\gamma > 90^\circ$:

$$a = \frac{\mu_h \sqrt{1 - \cos \gamma}}{\sin \gamma} = \mu_h \sqrt{2} \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{2 \sin \frac{\gamma}{2} \cos \frac{\gamma}{2}} = \frac{\mu_h}{\sqrt{2} \cos \frac{\gamma}{2}} \quad (26\epsilon)$$

Таким образом, величина необходимой погрешности μ_h при принятом $a = e_A$:

$$\mu_h = e_A \sqrt{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \quad \text{или} \quad \mu_h = e_A \sqrt{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2} \quad (27)$$

Необходимые средние погрешности измерения углов при определяемых

точках в соответствии с выражением (24) при $\gamma < 90^\circ$ будут:

$$\mu''_{\beta_1} = \varrho'' \frac{e_A \cdot \sqrt{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}{\overline{CA}} \quad \text{и} \quad \mu''_{\beta_3} = \frac{\varrho'' e_A \sqrt{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}{\overline{DA}}. \quad (28)$$

При $\gamma > 90^\circ$:

$$\mu''_{\beta_1} = \frac{\varrho'' e_A \sqrt{2} \cdot \cos \frac{\gamma}{2}}{\overline{CA}} \quad \text{и} \quad \mu''_{\beta_3} = \frac{\varrho'' e_A \cdot \sqrt{2} \cos \frac{\gamma}{2}}{\overline{DA}}. \quad (29)$$

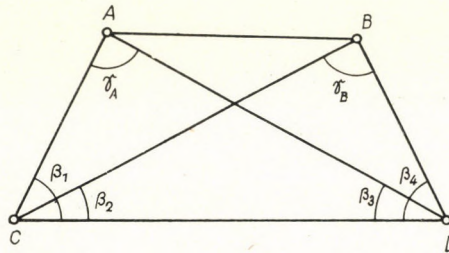


Рис. 5

Следовательно, в каждом отдельном случае заданные средние погрешности углов при известных величинах e вычисляются, или составляется простая таблица, или строится график по e , γ и расстояниям.

Пример. Перед ориентировкой было произведено изучение местных условий, на основании которого данные соединительного четырехугольника для подземного примыкания в соответствии с фиг. 5 следующие:

$$\gamma_A \doteq \gamma_B \doteq 88^\circ; \quad \overline{CA} \doteq \overline{DB} \doteq 3,4 \text{ м}; \quad \overline{CB} \doteq \overline{DA} \doteq 6,3 \text{ м}; \quad \overline{AB} \doteq 4 \text{ м}.$$

Допустимая средняя погрешность подземного примыкания $\mu_{(AB)} = \mu_{(CD)} = \pm 30''$.

Задавшись, таким образом, средней погрешностью подземного примыкания, при определении положения отвесов A и B с помощью засечки вперед средняя наблюдаемая ошибка определения положения точки $e_A = e_B = e$ найдется по формуле (18):

$$e = \frac{\mu''_{(AB)} \cdot \overline{AB}}{\varrho'' \sqrt{2}} = \frac{30'' \cdot 4000}{206265'' \sqrt{2}} = 0,42 \text{ мм}.$$

Заданные средние ошибки измерения углов β_1 , β_2 , β_3 и β_4 при определяю-

щих точках по формуле (28)

$$\mu''_{\beta} = \frac{\varrho'' \cdot e \sqrt{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2}}{\text{длина засечки}}$$

будут:

$$\mu_{\beta_1} = \mu_{\beta_1} = \frac{\varrho'' \cdot e \sqrt{2} \cdot \sin 44^\circ}{\overline{CA} = \overline{DB}} = \frac{206265 \cdot 0,42 \cdot 1,41 \cdot 0,695}{3400} = \pm 25''.$$

$$\mu_{\beta_2} = \mu_{\beta_2} = \frac{\varrho'' \cdot e \sqrt{2} \cdot \sin 44^\circ}{\overline{CB} = \overline{DA}} = \frac{206265 \cdot 0,42 \cdot 1,41 \cdot 0,695}{6300} = \pm 14''.$$

Возможность применения этого способа приближений подтверждается вышеизложенным числовым примером. Несколькими простыми операциями с помощью логарифмической линейки за несколько минут можно получить с удовлетворяющей практику точностью ответ на вопрос: с какой точностью должны быть измерены углы β , чтобы величина средней погрешности подземного примыкания не превышала бы заданную допустимую погрешность.

При известных средних ошибках углов засечки вперед из выражений (28) и (29) для μ_{β} вычисляем средние погрешности e_A и e_B определения точки. В каждом конкретном случае из двух ошибок определения положения одной точки для вычисления погрешности примыкания должна быть выбрана большая из ошибок. Погрешность примыкания вычисляется по формуле (16).

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркшейдерское дело. Учебник. Углетехиздат. Москва, 1959.
2. Оглоблин, Д. Н.: Маркшейдерские работы при подземной разработке месторождений. III том. Metallurgizdat, 1953.
3. TÁRCSZY-HORNOSI, A. Zur Berechnung der mittleren Fehlerellipse beim einfachen Vorwärtseinschnitt. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 1957.
4. Белокрыс, А. П.: Ответ на отзыв проф. Д. Н. Оглоблина о статье «Вопросы ориентировки шахт», помещенной в № 12 журнала «Уголь» за 1950 г. Исследования по вопросам маркшейдерского дела. Сборник XXIX. Углетехиздат, 1954.
5. KONRÁD, Ö. Irányelvek a bányaműveletekkel kapcsolatos kőzetmozgások bányamérési eljárással történő megfigyelésére (Руководство по наблюдению с помощью маркшейдерии движения пород при горных работах). *Bányászati Lapok* 1951.
6. NOVÁNYI L. A kapcsoló négyszöggel történő bányabeli csatlakozás pontossága (Точность подземного примыкания, производимого соединительным четырехугольником). *Bányászati Lapok* 1962.

ON THE ACCURACY OF JUNCTIONS IN MINES EXECUTED BY USING HANSEN'S INTERPOLATION QUADRANGLE

L. HOVÁNYI

SUMMARY

Referring to interpolation quadrangles the problem dealt with in literature concerns mostly their most advantageous forms.

However, engineers working in practice are interested, in addition to the most advantageous forms of interpolation quadrangles, in other questions, too. First of all, the problem arises what degree of accuracy should be applied when measuring the angles of interpolation quadrangles so that the mean error of reference arising from joining should not exceed the permissible degree. Furthermore, that in the case of known mean angle errors the determination of the mean error of reference arising from junction should be as simple as possible.

The better known international results concerning this problem are analysed from the latter point of view. Finally, referring to the determination of mean angle errors to be observed, a newer simple and quick approximate method is also presented.

DIE GENAUIGKEIT DES IM BERGWERK MIT HILFE DES HANSENSCHEN EINSCHALTUNGS-VIERECKES DURCHGEFÜHRTEN ANSCHLUSSES

L. HOVÁNYI

ZUSAMMENFASSUNG

Die Fachliteratur befaßt sich hinsichtlich der Einschaltungs-Vierecke meistens mit deren vorteilhaftesten Formen.

Die praktischen Fachmänner sind aber neben den vorteilhaftesten Formen der Einschaltungs-Vierecke auch an weiteren Umständen interessiert. In erster Linie an der Genauigkeit, mit der die Winkel der Einschaltungs-Vierecke zu messen sind, um einen noch zulässigen Orientierungs-Mittelfehler, der sich aus dem Anschluß ergibt, nicht zu überschreiten, bzw. um im Falle bekannter Winkel-Mittelfehler den Anschluß-Mittelfehler auf einfache Weise bestimmen zu können.

Im Aufsätze werden die diesbezüglichen bekannteren, internationalen Ergebnisse nach dem letzteren Gesichtspunkte analysiert. Nachher wird zur Bestimmung der einzuhaltenden Winkel-Mittelfehler eine neuere, einfache und schnelle Annäherungsmethode gegeben.

LA PRÉCISION DU RATTACHEMENT D'UN RÉSEAU SOUTERRAIN À L'AIDE DU QUADRILATÈRE DE HANSEN

L. HOVÁNYI

RÉSUMÉ

La littérature étudie, en général, les formes les plus favorables des quadrilatères de rattachement. Mais les spécialistes s'intéressent également à la précision que l'on doit atteindre dans l'observation des angles pour ne pas dépasser une erreur moyenne admissible de l'orientation, due au rattachement, ou pour pouvoir déterminer, par une méthode simple, l'erreur moyenne d'orientation du rattachement quand les erreurs moyennes des angles sont connus. C'est sous ce dernier rapport que l'article examine les résultats internationaux les plus connus. Ensuite, l'auteur donne une nouvelle méthode d'approximation rapide pour déterminer les erreurs moyennes d'angles qui doivent être observées.

A COMPREHENSIVE MAP OF THE MAGNETIC MASSES IN HUNGARY AND ITS INTERPRETATION*

K. POSGAY

In the first part of his study, the author discusses the computation procedures facilitating the interpretation of geomagnetic surveys. He also presents some Hungarian examples in order to illustrate the errors arising from the necessary approximations.

He explains the procedure by which he constructed, on the basis of the reconnaissance isoanomaly map of the vertical intensity, a comprehensive map of the magnetic masses in Hungary. For the construction he developed a method by which he endeavoured to take the bedding conditions of the magnetic masses, the accuracy and rate of detail of the anomaly map into consideration.

The procedure employed has made a novel-type investigation of the magnetic masses possible. The results are illustrated by the author on four maps. The first map shows all the masses determined. On the second map, those masses can be seen which lie in the depth of layers younger than Sarmatian. On the third map, the masses lying in the depth of layers older than Sarmatian, but younger than Mesozoic, — on the fourth, those in the depth of layers Mesozoic or older, are open to study.

Introduction

The geomagnetic reconnaissance survey of Hungary is now completed. The resulting isoanomaly map of the vertical intensity can give an important aid to the regional geological interpretation of the country. Therefore, it is necessary to mould this valuable survey material into a shape as illustrative and easy to be handled as possible. This has been our aim when we carried out the work that is published here below.

In the planning of this work, we tried to take the given factors, namely, the expectable bedding conditions of the magnetic masses, the degree of detail of the anomaly map and the modest possibilities given for such a large-scale work, into consideration.

General part

Usually there are two ways of facilitating the interpretation of the magnetic anomaly maps:

1. to convert the results into such *an anomaly map which makes its study easier*, or

* Paper read by the author at the International Symposium of the Society of Hungarian Geophysicists on the 20—25th September, 1961.

2. to compute depth, susceptibility and other data of the *masses producing the individual anomalies*, and possibly to represent them in a map-like form.

1. The theoretical basis for the first method is the assumption that the field can be described by a harmonic function, i.e. that a further expression can be determined from any solution of the Laplace-equation. Accordingly, the knowledge of a single component in a plane (the vertical intensity, for example) suffices to determine the magnetic potential or its derivative of any direction and order.

The anomalies may be easier to study if they are projected *to a plane perpendicular to the geomagnetic field* [1] or if a pseudo-gravitational map is constructed [2]. On such maps, the anomalies appear over the magnetic masses and their interpretation becomes simpler.

The study of regional effects will become easier if the anomaly map is converted to a *higher level* [3, 4].

The effect of shallow masses becomes manifest if the anomalies are converted to a *shallow-depth level* [3, 5]. Similarly to the map of gravitational derivatives, certain details of the magnetic anomaly map can be emphasized by determining and representing the different derivatives of the magnetic field force.

By an analytical continuation of the magnetic field towards the deep, the *relief of the magnetic basement* can be traced, if the depth of the basement rock producing the magnetic anomalies is known (e.g. from deep boreholes) [3]. The first step in this procedure is the determination of the magnetic intensity in the depth of the magnetic basement. The relief of the basement can be determined from the residual anomaly of the latter. Slight changes in the dip of the magnetic basement, not appearing on the magnetic anomaly map, must be considered (by use of deep boreholes, for example).

2. Another method for the interpretation of the magnetic anomaly maps is that the more important data of the masses producing the anomaly (i.e. depth, size, susceptibility) are computed, and conclusions are drawn with their aid, further the basis of an analysis of shape, constitution and ranges of the anomalies.

In all these investigations, the magnetic mass is mostly approximated through simple geometrical forms [7, 8, 9], or it is assumed that its effect may be approximated by the effect of a magnetic pole, dipole or series thereof [10, 11]. In most cases the places of the characteristic or extreme values of the anomalies [7, 8] or the projection of the tangents to the anomaly curves [12, 13, 14] are used. The analysis can also be accomplished by use of families of theoretical anomaly curves [9, 15].

The interpretation of the magnetic anomaly map of the country seems to be an extremely important and, at the same time, interesting question. From the foregoing introduction it follows that there are several ways to

promote this interpretation. According to our opinion, these possibilities should be exploited. We believe that the interpretation could be made more positive by the different projection methods. Among others, it would be worth while to construct the pseudo-gravitational gradient map; further an anomaly map converted to a shallower level in order to study the shallow masses, and one converted to a level some thousands of meters high, for a study of the regional relations.

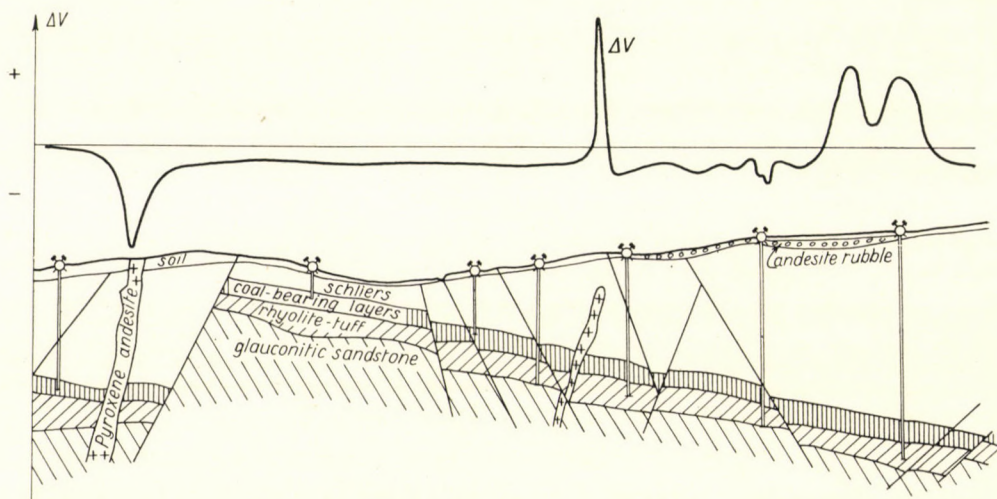


Fig. 1. Profile near Nagybátony, drawn on the basis of drilling data, surface geological and magnetic observations (after Zsille). At several places, negative vertical anomalies were determined over andesite veins

We think that a still greater interest may be aroused by a comprehensive map of the agent masses, also showing the approximate depth of the surface of the magnetic masses. Therefore we attempted, in the first line, the construction and interpretation of the comprehensive map of the magnetic masses in Hungary.

The problem of an interpretation of the magnetic anomalies is, theoretically, an undetermined task, soluble only by approximating assumptions. The accuracy limits of the interpretation are represented exactly by these *approximations*. In order to illustrate the problem, we wish to mention some Hungarian examples.

With a great part of the depth-computation procedures, we may assume that the remanent magnetic field of the masses could be neglected, or that its direction coincides with that of the geomagnetic field. These assumptions are, according to literature, fulfilled in many cases, but cases can be found where the own magnetic field of the mass surpasses the geomagnetic field

several times, and even the directions of both are different [16, 17]. In many cases the own magnetic field is reversed to the geomagnetic field, causing a negative anomaly. This can be explained, in many cases, by a mutual effect of a successive cooling of the magnetic masses [18], but the direction of the remanent magnetization of the rocks can also be related to a polwandering and to a change in the direction of the geomagnetic field [19].

Fig. 1 represents an example of an area which is well known geologically and in regard to mining [20]. The negative anomalies appear over andesite

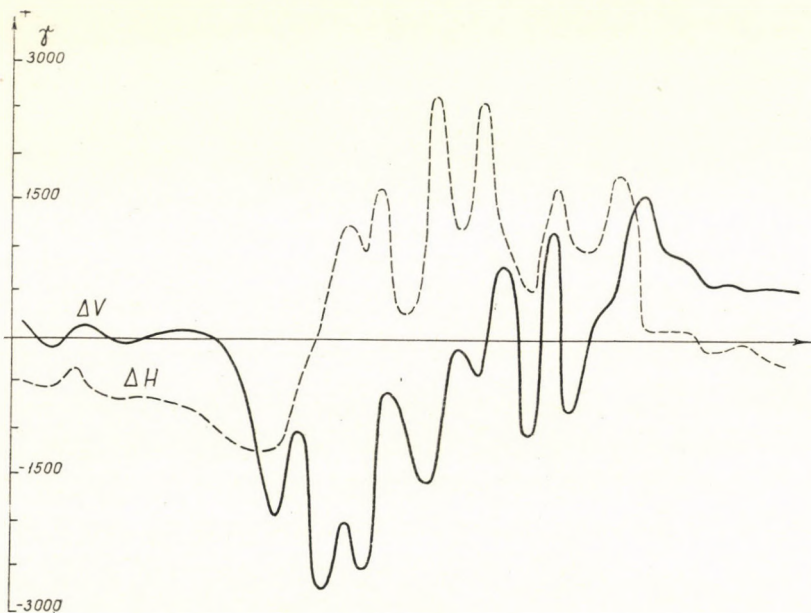


Fig. 2. ΔV and ΔH curve, characteristic for magnetic anomalies in the Dunazug-Mountains. The positive anomaly appears to the N of the negative one (after Zsille)

veins. The small extension, mostly isolated, rapidly changing negative anomalies in Transdanubia, are similar. It is probable that the own magnetization of the rocks plays a great role also in the anomalies measured over the area of the Dunazug-Mountains [21, 22]. Here, namely, the positive anomaly appears systematically to the N of the negative anomalies (e.g. Fig. 2).

As shown also by the examples presented, it can occur, even in our country's relations, that the own magnetic field of the masses strongly influences the induced magnetic field, making the calculations inaccurate.

A significant error in the computations may also be caused by the fact that the *shape of the magnetic masses* cannot always be approximated by simple geometrical forms, further by *changes of susceptibility inside the mass* [23, 24]. On the profile from around Komló, shown on Fig. 3, it can be seen

that the shape of the anomaly was formed, partly by a thinning-out of the mass, partly (on the W part) by its weathered zone, i.e. by its being inhomogeneous [25].

When estimating the accuracy of depth-computations, we must also take the density of the survey network into consideration. It is probable that,

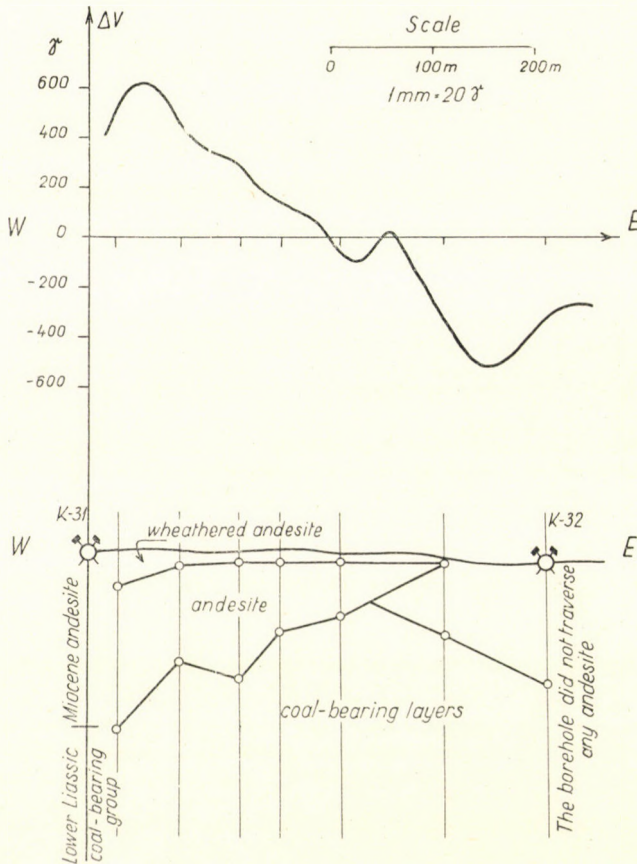


Fig. 3. Comparative profile of borehole-, surface geological, geoelectrical and magnetic data observed around Komló (after KOMÁROMY). The decrease in vertical intensity shows a relation to the thinning-out of the magnetic mass, respectively, to the thickening of its weathered zone (on the western side)

in many cases, the field of masses of smaller extension reaching into near-surface strata is not determined, or the magnetic field of larger extension masses is determined inaccurately. A good example for this case is given on Fig. 4, published after I. B. HAÁZ. In the regional survey only masses of larger extension and of greater depth appeared; the effect of masses reaching near the surface became visible only in the detailed survey. [26].

When planning the comprehensive map of the magnetic masses in Hungary, we tried to bring the studies described into harmony with the possibilities and to develop the appropriate procedure for the construction of the map by taking these into consideration.

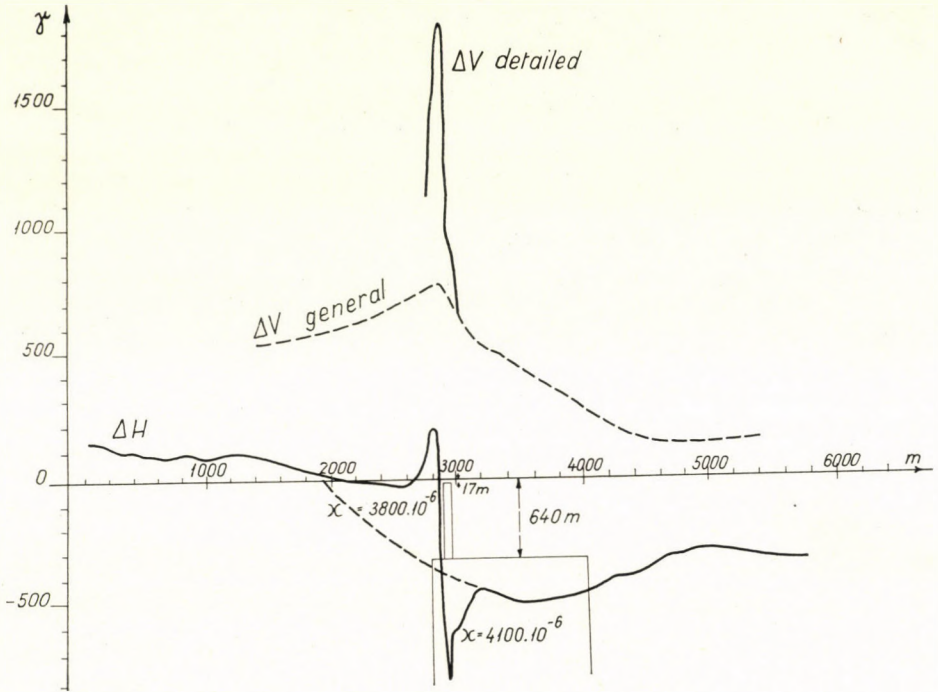


Fig. 4. Vertical and horizontal geomagnetic anomaly values observed around Lake Velence in regional and detailed surveys, and the magnetic formations calculated with their use (after I. B. HAAZ). It has not been possible to conclude, from the results of the regional survey, the nearsurface magnetic mass.

Construction of the comprehensive depth-map of magnetic masses

The approximate depth of the masses producing the individual anomalies has been determined from each anomaly separately. The depth-map was constructed on the basis of depth values obtained in this way, also taking the shape of the anomalies into consideration (Fig. 5).

The depth-computations were executed for every anomaly showing a difference in intensity of at least $30 \div 40 \gamma$ on the general anomaly map of the vertical intensity (scale = 1 : 200 000), obtained for this purpose from the Geomagnetic Department of the Hungarian State Geophysical Institute Roland Eötvös. In the case of larger anomalies, the depth was computed for several

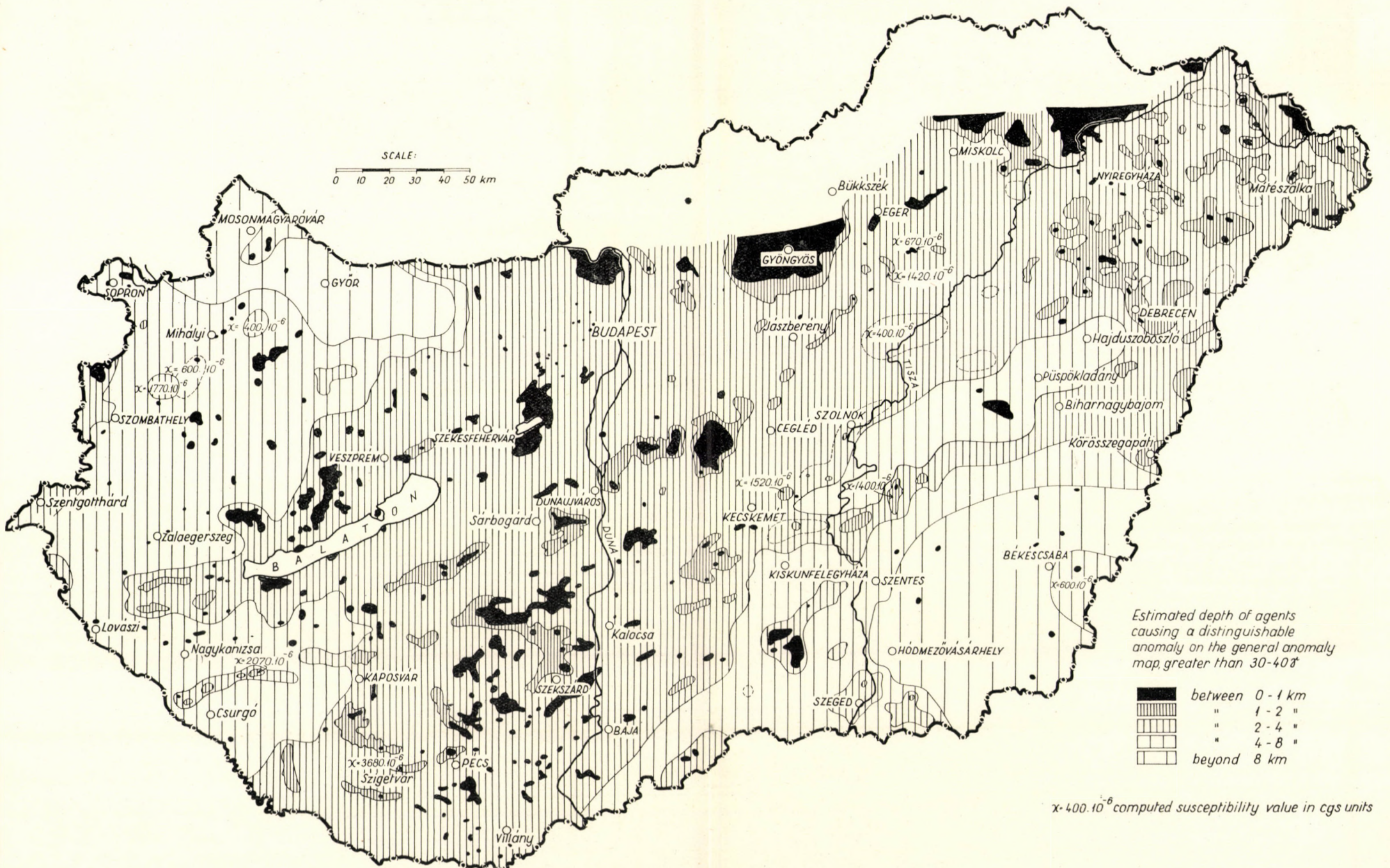


Fig. 5. General depth-map of the magnetic masses of Hungary.



Fig. 6. General map of the magnetic masses in layers younger than Sarmatian

points. The depth-computations were also made from the independent negative anomalies, i.e. from those without any positive anomaly. The number of depth-determinations touches 800. The depth-map, in this way, shows the approximate depth of all those magnetic masses, of susceptibility different from their environment, which appear on the anomaly map of the vertical geomagnetic intensity with an anomaly exceeding $30 \div 40 \gamma$.

For the computations, the *method of tangents* was applied. This procedure was worked out on an empirical basis. *According to practical Soviet research scientists, its accuracy is about $15 \div 20\%$. Theoretically, this value cannot be verified. According to theoretical investigations, an error of $20 \div 50\%$ can be expected, but this error can exceed, in unfavourable cases, even 100% [13].* Such an unfavourable theoretical value is obtained when the mass is of spherical shape or when it can be approximated by a horizontal cylinder of oblique magnetization. These approximating results, on the other hand, give considerably greater depth values even when compared with other usual approximation methods [27]. In theoretically established procedures, rough errors may arise, even in the case of correct approximations, if the assumptions do not agree with reality. The possibilities of error also mentioned in the preceding chapter, such as the negligence or incorrect consideration of an irregular shape of the magnetic masses, of their self-magnetization and of the latter's direction, of susceptibility changes inside the mass, of details of the anomaly map in general surveys, may induce serious errors. Inasmuch as we try to take certain individual factors into consideration, the depth-computation work slows down [14]. Our opinion is that the circumstances and our possibilities justify the simple and quick procedure chosen.

In the case of some anomalies, the depths were checked with the aid of *sets of theoretical curves represented on a bilogarithmic scale* [9], and also the approximate *susceptibility* of the masses determined. These susceptibility values are represented on the maps.

When constructing the depth-map of the masses, we departed from the usual procedure and tried to take the bedding conditions of the masses and the shape of the anomalies into consideration. *With the usual procedures, we interpolate linearly or nearly linearly between the computed depth values.* This procedure, according to our opinion, is suitable only when the magnetic anomalies are caused by changes of level of a large-extension block of strata or by magnetic masses attached to it. Such a favourable case is when the sediment-covered basement itself is magnetizable, or when, simultaneously with the breaking-up of the basement, magnetic formations densely intruded into it and were deposited on the base formed in this way.

A comparison of the computed depth data with the geological data showed that a considerable part of the magnetic anomalies are caused by magnetic formations intruding into young Tertiary sediments. In the case

of such bedding conditions, the map constructed with the previously mentioned procedure has *no practical value*.

Therefore we tried to develop the construction procedure according to *conditions prevailing in our country*. Apart from the computed depth data, *also the shape of the anomalies was approximately considered*. The edge of the mass was assumed at the value of 0.5–0.9 of the maximal difference in intensity, readable from the anomaly map. Where the computed depth values and the extension of the anomaly permitted drawing the conclusion, that the horizontal extension of the mass is smaller than the depth of the surface of the mass, the edge of the mass was marked at a value greater than 0.7. Where the masses had a large extension and a shallow depth, the edge was marked with values smaller than 0.7. The delineated contour was shifted towards N, proportionally to the depth computed, in order to take the inclination into consideration. If the horizontal extension of the mass was smaller than the calculated depth, the extent of the shift was a few tenth of the depth. If the horizontal extension of the mass was greater than the calculated depth, the contour line was shifted towards N by a $1/4$ or $1/2$ part of the depth, — with very broad anomalies and small depths, however, by the value of the depth or eventually by its multiple.

This procedure may give correct results in the case of such prismatic masses which have near-vertical sides, a homogeneous susceptibility and an own magnetic field, which is negligible or identical with the geomagnetic field. Therefore, the contour was not shifted to N in the case of independent negative anomalies or of such anomalies where it is highly probable that the own magnetic field of the mass cannot be neglected and does not coincide with the present direction of the geomagnetic field.

As already mentioned, the depth-determinations furnish an approximate depth value only. Consequently we choose the contour lines with a great difference in depth, since denser contour lines would have had no practical meaning. On the anomaly map, contour lines of values of 1, 2, 4 and 8 kms can be seen. The individual contour lines indicate that, inside them, *the computed depth of the masses is identical or smaller than the depth shown by the contour lines*. In some places, the contour lines were constructed — lacking the possibility of depth-calculations — based on the character of the anomaly features. For example, there are no data for the depth of the deep zone around about the maximum at Gyula. The surface of the mass causing the Gyula maximum was determined to be approximately as deep as 7 kms. It was assumed that this mass causes an anomaly, because its environment is less magnetizable; that is, a magnetizable material of considerable mass can be found — outside the 8 km contour chosen — only at a depth greater than the latter. The depth was not determined in the 4–8 km interval on that section of this deep zone, which is nearer to the inner parts of the country. Here,

and in similar places, the 8 km contour line was only drawn according to the character of the anomaly pattern.

A *negative anomaly* may indicate an own magnetic field [17, 20] as well as a zone which is less magnetizable than its environment (for example, it is weathered) [28], or there is a lack of magnetizable materials. In many cases, mainly where there are eruptive masses at a small depth, it was not possible to discriminate between the possibilities. In such cases we also characterized the negative or relatively negative zones by the depth calculated from the neighbouring anomalies.

In many places, chiefly around lake Balaton, some independent, quickly changing negative anomalies appear. From these, too, the depths were computed and presented in the same way as in the case of positive anomalies.

On account of the aforesaid, the construction cannot be regarded as an unequivocal operation. The procedure developed also contains several subjective features and errors arising from these. It was our intention to describe the ways of construction in order to make it possible also to judge the error associated with the approximations made. We think it necessary to remark that, when interpreting geophysical measurements, subjective approximations are needed anyway, since the number of unknown factors always surpasses those from which determination is possible. On account of the approximations necessary in the course of the interpretation of magnetic surveys, the depth-map will be less accurate than, for example, a seismic contour map would be, on account of the approximations used in seismics. The great gap between contour lines on Fig. 5 is in accordance with this, well illustrating it. Besides this, we would like to remark that *it was possible, with the aid of the procedure developed, to construct a comprehensive map that makes a quite novel interpretation of the magnetic anomalies possible, furnishing many interesting and new data in geological relations, too.*

Interpretation

A systematization of the computed depth-data gives a further possibility of interpreting the magnetic anomaly pattern. As a result of the systematization, we constructed some further maps. On Fig. 6, those masses can be seen which, very probably, lie in the depth of *Postsarmatian* beds. On Fig. 9, the masses lying in the depth range of layers *older than Sarmatian, but younger than Mesozoic* are represented. On Fig. 12, those masses are delineated which can be found in the depth of *Mesozoic or older* layers.

For the construction of Fig. 6, we employed the "Isopach Map of Postsarmatian Sediments" published by Dr. GYÖRGY KERTAI in 1957 [29] and the "Geological Map of Hungary, scale 1 : 300 000", compiled by the Hungarian State Geological Institute.

In the *Bakony Mountains*, the interpretation of the anomalies is evident. Over large areas, they can be identified as *Pliocene basalts*. In some places, the basalts give rise to independent negative anomalies. It is to be assumed that they have significant own magnetic field with a polarity contrary to the present geomagnetic field.

In other parts of the country, the interpretation of the masses lying in the Postsarmatian layers is not so unambiguous. Although there are some tuff occurrences among Pannonian sediments in several places, it is possible, accord-

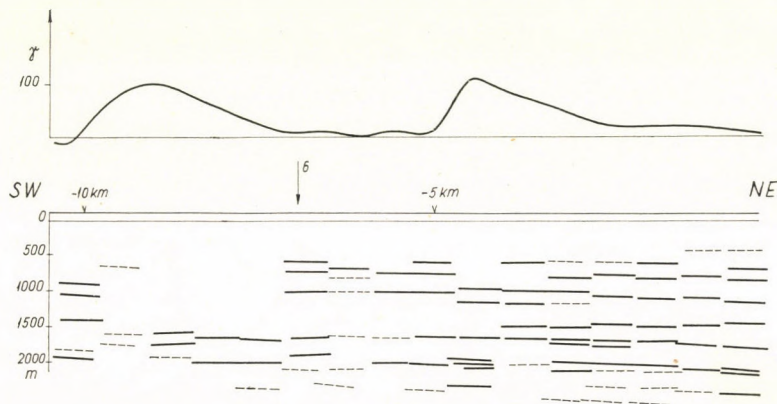


Fig. 7. A part of the reflexion seismic cross-section Tét-3. Above, the anomaly curve of the vertical intensity (From Report N^o 61.)

ing to Prof. VADÁSZ, that these are of a secondary character. Basalt in deep boreholes was observed only around Mihályi ([30]-p. 122).

The magnetic masses in the Postsarmatian sediments on the *Little Hungarian Plain* and its neighbourhood lie in NE—SW (abt. 49°—229°) oriented zones. Some of them crop out to the surface and can be identified with the basalts (or basalt-tuffs) indicated on the surface geological map. To the E of Szany, around Malomsok and Marcaltő, the basalt determined in the course of a reflexion survey can similarly be identified with a large-extension magnetic mass [31]. The waves refracted on the basalt surface excel by their high velocity on the seismograms. Their registration area is identical with the area of the magnetic anomaly. The refracting boundary was also determined by shallow drilling: the basalt was reached at a depth of 36 m. It is possible that the magnetic masses arranged in NE—SW oriented zones in the Little Hungarian Plain and its environment, visible on Fig. 6, are identical with basalts. The zonal arrangement of the masses and the near-parallelism of the zones also supports this assumption. Namely according to geomechanics, the maximal shearing stresses develop along parallel surfaces, and the breaking up of the material takes place along parallel fracture systems.

From the arrangement of the masses in parallel zones, it is probable that they can be identified with magmatic formations *intruded along parallel fault systems*, — in this case, *basalts*. On the seismic cross sections, only some minor disturbances appear along the indicated faults in the younger sediments. The most striking disturbance is present on the section shown in Fig. 7. On the site of one of the magnetic anomalies, the nearsurface boundary elements are missing. A more general characteristic is the cross-section in Fig. 8. There are some disturbances in the area of the magnetic anomaly, but it can be stated that these faults in younger sediments cannot be traced by our present interpretation method. It is possible that there was no considerable vertical displacement along the faults, simultaneously with magmatism.

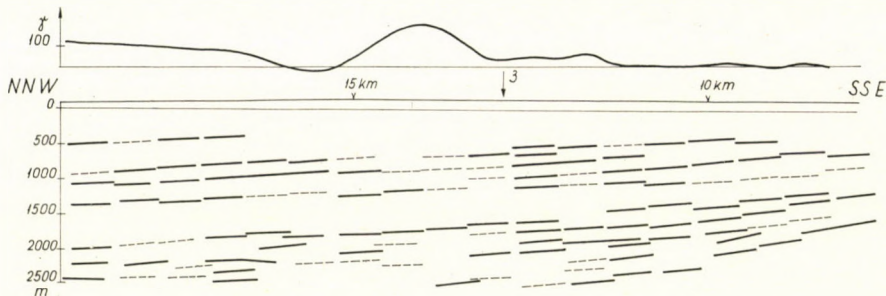


Fig. 8. A part of the reflexion seismic cross-section Tét-6. Above, the anomaly curve of the vertical intensity (From Report N^o 61.)

In the part of Transdanubia lying *to the S of Lake Balaton*, the magnetic masses in the depth of the younger layers are generally situated along two E—W lines. Many of them show independent negative anomalies.

In the *SE part of the country*, the masses of largest extension are similarly situated along a NE—SW (abt. 43° — 223°) zone passing near Kiskunmajsza and traceable to the NE up to the Hortobágy. The zonal arrangement is not so striking as in the Little Hungarian Plain; still a tectonical relation may be assumed. On this account, *the question arises, whether or not the Pliocene vulcanism was active over a much larger area than was assumed until now*. When pondering this question, it must be taken into consideration, apart from possibilities of error mentioned in the first part of this study, that magnetic anomalies may be caused not by magnetic rocks only. An enrichment in magnetizable materials can be imagined also through water transportation (the presence of metamorphic rocks at the depth in question is, according to KERTAI's map, improbable); as for the causes of the negative anomalies, on the other hand, can be of various kinds.

The rests of *Miocene—Oligocene—Eocene* magmatism can be traced nearly all over the country. They cover large areas even on the surface, con-

siderably modifying the magnetic field. In the Dunazug, Börzsöny, Cserhát, Mátra, Eperjes-Tokaj mountains and in their surroundings, some important anomalies can be found. These are mainly caused by Middle Miocene products [21, 22, 28].

Large masses of Miocene volcanic formations accumulated in the *N part of the Tiszántúl* [32, 33]. We compared the depth data computed here with several comprehensive maps and constructed in this way the general map of the magnetic bodies lying in the depth of Miocene, Oligocene and Eocene beds (Fig. 9). In this we made use of the contour lines of the Neotertiary basin presented on the map "Inner Carpathian Flysch-like Formations

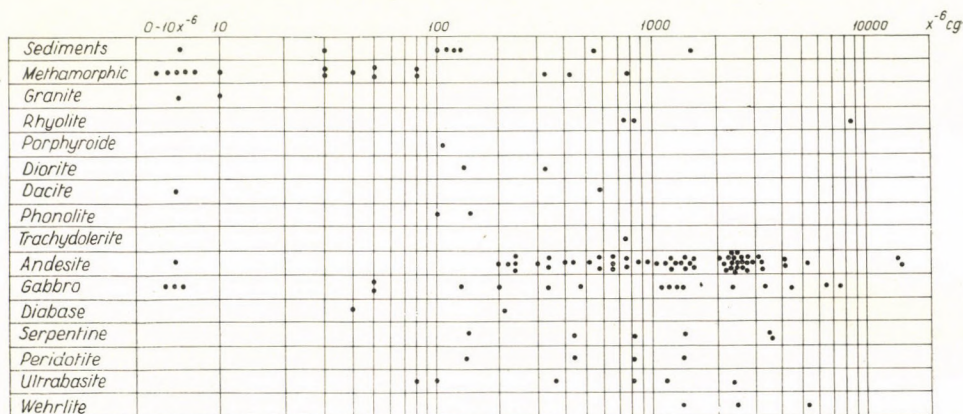


Fig. 10. Susceptibility values of Hungarian rocks (after data collected by I. B. HAÁZ)

of the Great Hungarian Plain" by Dr. LÁSZLÓ KÖRÖSSY [34], the "Geological and Sediment-thickness map of the North-Hungarian and South-Slovakian Paleogene Basin" by Dr. GÁBOR CSIKY [35] and Dr. GYÖRGY KERTAI's map already mentioned. The greatest part of the magnetic bodies are probably identical with *Miocene magmatic formations*.

A range of magnetic anomalies of considerable length passes along *Sárszentmiklós* and *Örkény*. The age of the rhyolite eruption at *Sárszentmiklós* is not finally decided yet [36]. Probably it belongs to the Miocene. According to the kind information from Dr. GÁBOR CSIKY, the magnetic agents around *Örkény* may be identified with Miocene volcanic rocks. From the *Szekszárd* deep borehole we may conclude to a Helvetian stratovolcanoe. According to Prof. VADÁSZ ([30]-p. 438), from the large-extension Helvetian rhyolite-tuff material in the Transdanubian basin sediments, the conclusion may be drawn that possibly further eruption centers exist. It is possible that a part of these are to be sought in the area of the masses disclosed in the NW of *Szekszárd*. Against this assumption is the fact that from the boreholes deepened



Fig. 9. General map of the magnetic masses in the depth of the Miocene, Oligocene and Eocene layers

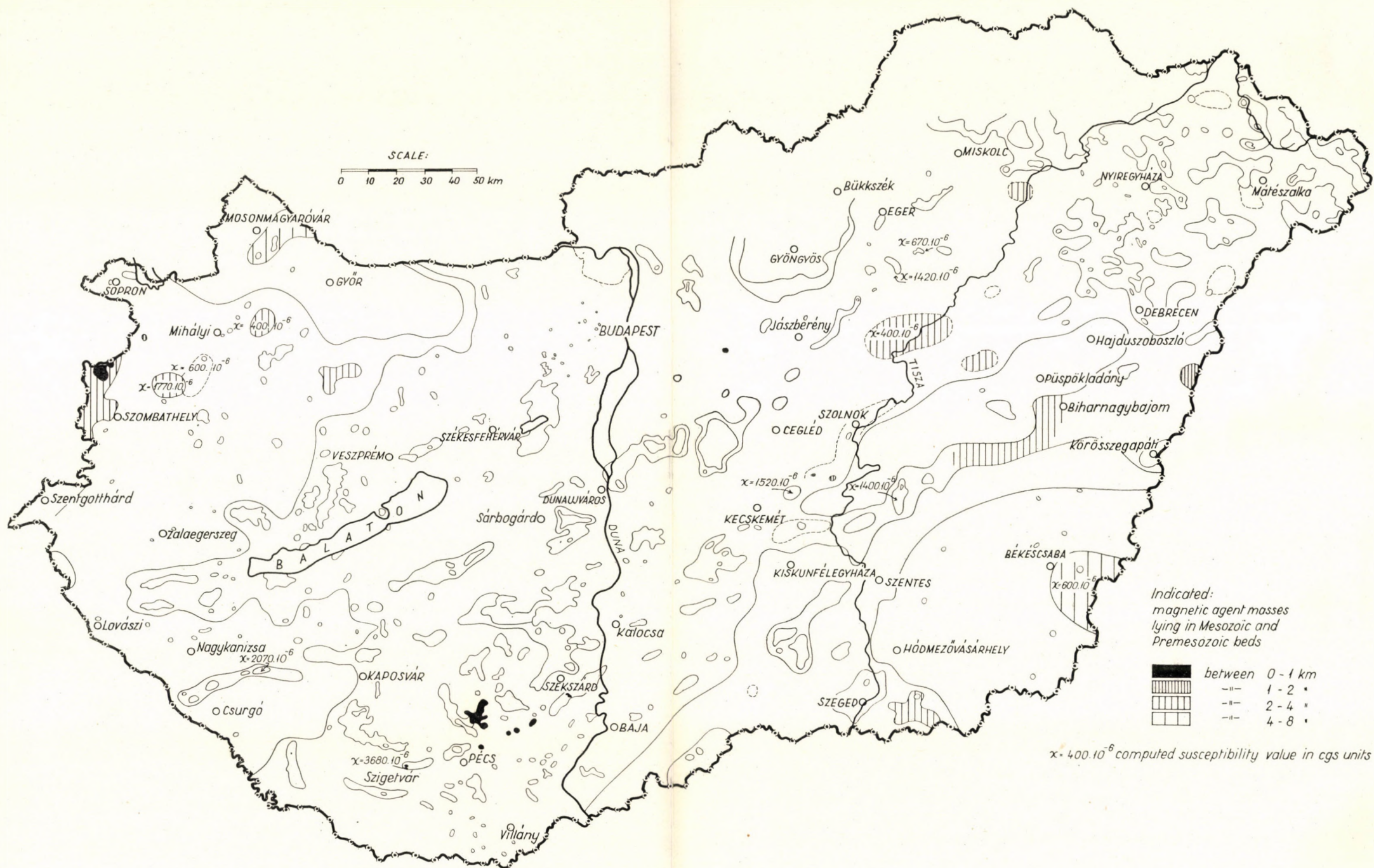


Fig. 12. General map of the magnetic masses in Mesozoic and Pre-Mesozoic layers

in this area only acidic volcanic products, rhyolites are known. The susceptibility of rhyolites is generally very low, $20-100 \cdot 10^{-6}$ [37]. The assumption is supported by the fact that the susceptibility of the Hungarian rhyolites, according to data collected by Dr. I. B. HÁÁZ, may reach the value of $700 \cdot 10^{-6}$ or even $1800 \cdot 10^{-6}$ (Fig. 10). Besides this, it is assumable that a more basic, e.g. *andesite volcanism* was active in the area of *rhyolite-volcanism*

In the area of the *andesite* occurrence around *Komló*, also detailed magnetic surveys were carried out [25]. It was possible to delineate the occurrences by magnetic measurements.

An overwhelming part of the magnetic masses around *Lake Velence* are identifiable with *Eocene andesites* [26, 38]. These are situated in a fairly broad extension along a definite SSW—NNE (abt. $12^\circ-192^\circ$) oriented main line. In the results of the detailing survey, an E—W direction can also be observed.

On the basis of drilling data [39], also the magnetic masses around *Hahót-Ederics* can be identified with *Upper Eocene andesites*. They are arranged in the E—W Zones.

Many large anomalies appear on the anomaly map of the vertical intensity of the geomagnetic field, which refer to magnetizable masses at a great depth. The computed depth of several bodies reaches 4—5 kms. The greatest depth was obtained for the mass causing the Gyula magnetic (and gravitational) maximum. The depth of its surface can be estimated for 7 kms. On account of the great depth, there are only hypotheses concerning the quality of the masses.

In an earlier study [40] it was already stated that the anomaly map reflects, in the first place, the effect of the crystalline basement, the magnetic effect of volcanic and Paleozoic rocks being superposed upon the former. In fact, agents causing anomalies of considerable extension can be found in the depth of *Mesozoic and still older* basement, though, according to the present investigations we may assume that the majority of the anomalies are caused by *Cainozoic* eruptive rocks. Consequently, the basement in places, has an important role in shaping the anomaly pattern; although this pattern does not reflect the ranges or the surface of the basement. Over the *granite outcrops* of Velence, of Pécs or Mórágý, no considerable anomalies due to the granite were observed. It is probable that *serpentinites*, *some phyllites*, *diabases* and *gabbros* may be considerably magnetizable. A part of the magnetic bodies in the depth of *Mesozoic* and older layers were produced by a relatively young, e.g. *Cretaceous*, magmatism. Such are, for example, the *trachydolerite* around Zengővárkony, also indicated by the detailing survey, and probably the *diabase* around Szolnok-Törtel. It can also be assumed that some *gneisses* of the basement may play a role in the shaping of the magnetic anomaly pattern. As to the gravitational (and magnetic) maximum at Ferencszállás, for example, stretching into Yugoslavia, one may assume that this is caused by *gneisses* [41]. There is a relation in the regional gravitational

pattern between the Ferencszállás and the Nagyikinda structures [33]. (As to the beyond-the-frontier part of the magnetic anomaly pattern, we have no informations about it. Its study could furnish further data concerning this question). The borehole at Nagyikinda hit gneiss at a depth of 2200 m. The basement contour determined in the seismic refraction profile Tor-2 crossing the Ferencszállás structure can well approach the approximately designed contour of the magnetic bodies. It is highly probable that the magnetic anomaly is caused by the basement which is characterized by a boundary velocity of 6300 m/s in the seismic survey (Fig. 11).

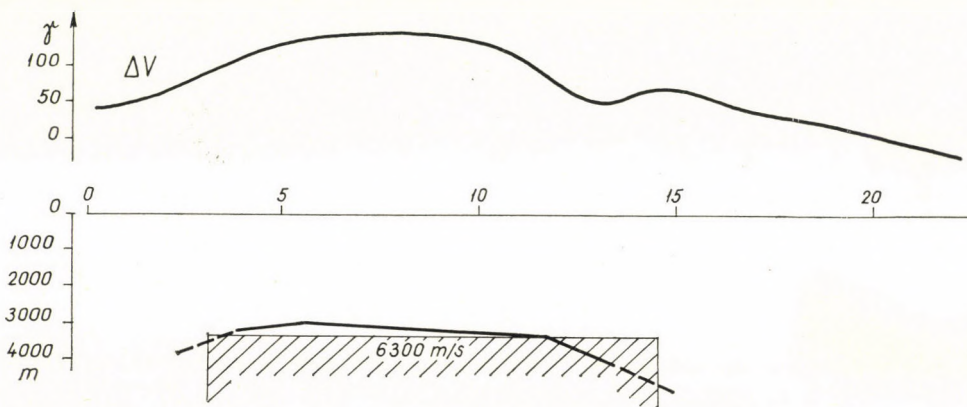


Fig. 11. The basement contour determined in the profile Tor-2 by seismic refraction method, — anomaly curve of the vertical magnetic intensity, and cross-section of the magnetic body defined by the approximation method mentioned

The base of departure in the construction of the general map of the masses in the depth of the Mesozoic and older sediments (Fig. 12) was — apart from the maps already mentioned — the map “The Pre-Tertiary Basin Bottom of the Little Hungarian Plain” by L. KŐRÖSSY [42], further the comprehensive maps from a part of the Little Plain by J. LÁNYI and from the Eastern Mecsek by GY. SZÉNÁS [43, 44].

This treatise does not go into more details. We do hope that we succeeded — in spite of this — in demonstrating that the analysis and interpretation of the map of the vertical magnetic intensity contains possibilities which may be helpful in enriching our knowledge of the geological conditions of the country. A further examination of the results, by means of a comparison with the results of other methods, seems to us extremely desirable.

Finally, we wish to make use of this opportunity to thank I. B. HAÁZ, chief of the Geomagnetic Department of the Hungarian State Geophysical Institute Roland Eötvös, and the other colleagues for helping us in our work and for their benevolent support.

REFERENCES

1. HENDERSON, R. G.—ZIETZ, I.: Graphical calculation of total intensity anomalies of three-dimensional bodies. *Geophysics XXII* (1957), 887—904.
2. BARANOV, V.: A new method for interpretation of aeromagnetic maps: pseudo-gravimetric anomalies. *Geophysics XXII* (1957), 359—383.
3. PETERS, L. J.: The direct approach to magnetic interpretation and its practical application. *Geophysics XIV* (1949), 290—320.
4. HENDERSON, R. G.—ZIETZ, I.: The upward continuation of anomalies in total magnetic intensity fields. *Geophysics XIV* (1949), 517—534.
5. KÖHLER, K.: Grundlagen für die Auswertung von magnetischen Anomalien (Fundamental for the interpretation of magnetic anomalies). *Freiberger Forschungshfte C. 41*. Geophysik, 1958.
6. HENDERSON, R. G.—ZIETZ, I.: The computation of second vertical derivatives of geomagnetic fields. *Geophysics XIV* (1949), 509—516.
7. EGYED, L.: The determination of an infinite inclined dike from the results of gravity and magnetic surveys. *Geophysics XIII* (1948), 437.
8. HAÁZ, I. B.: Gravitációs és mágneses hatású réteg dőlésének és sűrűségének, illetve mágnesezhetőségének meghatározása (Determination of dip, density, resp. susceptibility of a layer of gravitational and magnetic effect). *Geofizikai Közlemények* 1955, 45.
9. DE GERY, J.—NOUDY, H.: Sur l'interprétation des anomalies gravimétriques et magnétiques (Interpretation of gravitational and magnetic anomalies). *Geophysical Prospecting* (1957), 421.
10. HENDERSON, R. G.—ZIETZ, I.: Analysis of total magnetic intensity anomalies produced by point and line sources. *Geophysics XIII* (1948), 428.
11. SMELLIE, D. W.: Elementary approximations in aeromagnetic interpretation. *Geophysics XXI* (1956), 1021—1040.
12. AGOCS, W. B.: Results of airborne magnetometer profile from Brouville, Texas, to Guatemala City. *Geophysics XXIII* (1958), 726—737.
13. Дьячков, Н. П.: Способ касательных и его теоретическое обоснование. Прикладная геофизика. Сборник статей, выпуск 26, 1950 г. стр. 90. (Diachkov, N. P.: Method of tangents and its theoretical foundations).
14. Вейнберг, А. К.: Графический способ определения глубины намагниченных тел. Известия Академии наук СССР, серия геофизическая № 1. 1961 г. стр. 60—68. (Weinberg, A. K.: Graphical method for the determination of the depth of magnetized bodies).
15. HUTCHINSON, R. D.: Magnetic analysis by logarithmic curves. *Geophysics XXIII* (1958), 749—769.
16. AFFLECK, I.: Interrelationships between magnetic anomaly components. *Geophysics XXIII* (1958), 738—748.
17. GIRDLER, R. W.—PETER, G.: An example of the importance of natural permanent magnetization in the interpretation of magnetic anomalies. *Geophysical Prospecting VIII* (1960), 474.
18. NEUMANN: Irreguläre geomagnetische Anomalien und ihre Bedeutung für die Geologie (Irregular geomagnetic anomalies and their significance for geology). *Geophysik und Geologie*, 1960, Folge 2, S. 63.
19. RUNCORN, S. K.: Magnetization of rocks. Flügge-Bartels: Handbuch der Physik, Band XLVII, Geophysik I. Springer-Verlag, 1956.
20. ZSILLE, A.: Jelentés az 1958. évben Nagybátony környékén végzett részletes földmágneses mérések eredményeiről (Report on the results of the detailed geomagnetic survey made in 1958 around Nagybátony). Geofizikai Intézet Adattára, 1958—1959.
21. ZSILLE, A.: Jelentés a Dunazug hegységben az 1956. évben végzett földmágneses mérések eredményeiről (Report on the results of the geomagnetic survey carried out in 1956 in the Dunazug Mountains). Geofizikai Intézet Adattára, 1956.
22. ZSILLE, A.: Jelentés az 1957. évben a Dunazug hegységben végzett földmágneses mérések eredményeiről (Report on the results of the geomagnetic survey carried out in 1957 in the Dunazug Mountains). Geofizikai Intézet Adattára, 1957.
23. TAYLOR, L.—RENS, H.: Magnetic properties of „granite” wash and unweathered granite. *Geophysics XIII* (1948), 163.
24. HOWELL, L. G.—MARTINEZ, I. D.—STATHAM, E. H.: Some observations on rock magnetism. *Geophysics XXIII* (1958), 285—298.
25. KOMÁROMY, I.: A Komló környékén 1955—56-ban végzett földmágneses mérések ered-

- ményeinek vizsgálata (An examination of the results of the geomagnetic survey carried out in 1955–56 around Komló). Geofizikai Intézet Adattára, 1955–56.
26. HAÁZ, I. B.—KOMÁROMY, I.: Jelentés a Velencei hg. vidékén az 1952. évben végzett földmágneses mérések eredményeiről (Report on the results of the geomagnetic survey carried out in 1952. in the environment of the Velence Mountains). Geofizikai Intézet Adattára, 1952.
 27. MÜLLER, K.: Regionale magnetische Untersuchung und tektonischer Bau der kleinen Donautiefenebene (Regional investigation and tectonic structure of the Little Danubian Plain). *Geofysikální sborník* (1958), 72–98.
 28. KOMÁROMY, I.: Jelentés a Nagybörzsöny környékén 1954. évben végzett földmágneses mérések eredményeiről (Report on the results of the geomagnetic survey carried out in 1954 around Nagybörzsöny). Geofizikai Intézet Adattára, 1954.
 29. KERTAI, GY.: A magyarországi medencék és a kőolajtelepek szerkezete a kőolajkutatás eredményei alapján (The structure of the Hungarian basins and petroleum deposits, on the basis of prospecting for oil). *Földt. Közlöny* (1957), 383.
 30. VADÁSZ, E.: Magyarország földtana (Geology of Hungary). Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960.
 31. Országos Kőolaj és Gázipari Tröszt Kőolajipari Szeizmikus Kutatási Üzem 61. sz. jelentése az 1960. évben Tét környékén végzett reflexiós és refrakciós szeizmikus mérésekről (Report No. 61. on the reflexion and refraction seismic survey carried out in 1960 around Tét). Budapest, 1961.
 32. KÖRÖSSY, L.: A Tiszántúl északi részén végzett kőolajkutatás földtani eredményei (Geological results of the prospecting for oil on the N part of the Tiszántúl). *Földtani Közlemények*, 1956.
 33. SCHEFFER, V.: Adatok a Kárpátmedencék regionális geofizikájához (Contributions to the regional geophysics of the Carpathian basins). *Geofiz. Közl.* 1957.
 34. KÖRÖSSY, L.: A Nagy Magyar Alföld flis jellegű képződményei (Flysh-like formations of the Great Hungarian Plain). *Földt. Közl.* 1959, 115.
 35. CSIKY, G.: Az északmagyarországi szénhidrogénkutatások kőolajföldtani eredményei (Petroleum-geological results of the prospecting for hydrocarbons in North-Hungary). *Földt. Közl.* 1961, 95.
 36. BALOGH, K.—HORUSITZKY, F.—KRETZOI, M.—NOSZKY, J.—RÓNAI, A.—SZENTES, F.: Magyarázó Magyarország 1 : 300 000-es földtani térképéhez (Explanatory text to the geological map, scale 1 : 300 000, of Hungary), p. 71. Budapest, 1958.
 37. EGYED, L.: Geofizikai alapismeretek (Fundamentals of Geophysics), p. 319. Budapest, 1955.
 38. FEKETE, J.: Jelentés a Báró Eötvös Loránd Geofizikai Intézet által 1936. január 30—február 5. és február 17—18. között Pátka—Lovasberény—Seregélyes—Sáros vidékén végzett földmágneses mérésekről (Report on the geomagnetic surveys carried out by the Geophysical Institute Baron Roland Eötvös between 30, January—5, February and 17—18, February, 1936, in the area Pátka—Lovasberény—Seregélyes—Sáros). 1936.
 39. SZÉKYNÉ, FUX, V.: Adatok a Dunántúli Medence harmadkori vulkánosságához (Data to the Tertiary volcanism of the Transdanubian Basin). *Földt. Közl.*, 1957, 63.
 40. SCHEFFER, V.—KÁNTÁS, K.: A Dunántúl regionális geofizikája (Regional geophysics of Transdanubia). *Földt. Közl.*, 1949, 327.
 41. KÁDÁR, I.: Fáziskorrelációs refrakciós mérések eredményei Délkelet-Magyarország nagy-szerkezetének kutatásánál (Results of phase-correlation refraction surveys for the exploration of large structural relations of Southeast-Hungary). *Magyar Geofizika*, 1961, 33.
 42. KÖRÖSSY, L.: Adatok a Kisalföld mélyföldtanához (Data to the deep geology of the Little Plain). *Földt. Közl.* 1958.
 43. LÁNYI, J.: A magyar Kisalföld mélyszerkezete a geofizikai mérések alapján (The deep structure of the Little Hungarian Plain on the ground of geophysical exploration). *Geofiz. Közl.*, 1959.
 44. SZÉNÁS, GY.: Adatok a Keleti Mecsek szerkezetéhez geofizikai kutatások alapján (Contributions to the structure of the Eastern Mecsek on the ground of geophysical exploration). Cand. diss. 1956. Library of the Geophysical Institute in Budapest.

EINE ÜBERSICHTSKARTE DER MAGNETISCHEN MASSES IN UNGARN UND IHRE INTERPRETATION

K. POSGAY

ZUSAMMENFASSUNG

Im ersten Teil seines Aufsatzes beschäftigt sich der Verfasser mit den Berechnungsverfahren, die die Interpretation der geomagnetischen Messungen erleichtern. Dann führt er einige ungarische Beispiele an, um die Fehler zu illustrieren, die infolge der nötigen Annäherungen auftreten.

Er beschreibt ein Verfahren, mit dem er eine Übersichtskarte der magnetischen Massen auf Grund der Übersichtskarte der vertikalen magnetischen Isoanomalien von Ungarn konstruiert hat. Für die Zwecke der Konstruktion entwickelte er eine Methode, bei der er bestrebt war, die Lagerungsverhältnisse der magnetischen Massen, die Genauigkeit und Ausführlichkeit der Anomalienkarte in Betracht zu ziehen.

Das angewandte Verfahren ermöglicht eine neuartige Untersuchung der magnetischen Massen. Die Ergebnisse sind vom Verfasser auf vier Karten dargestellt worden. Auf der ersten sind alle bestimmten magnetischen Massen zu sehen. Auf der zweiten sind die Massen, die in der Tiefe von Schichten jünger als sarmatisch liegen, dargestellt. Auf der dritten sind die Massen in der Tiefe von Schichten älter als sarmatisch, aber jünger als mesozoisch, auf der vierten die Massen in der Tiefe von Schichten mesozoisch oder älter dargestellt.

CARTE GÉNÉRALE ET INTERPRÉTATION DES MASSES MAGNÉTIQUES EN HONGRIE

K. POSGAY

RÉSUMÉ

L'auteur traite d'abord des procédés de calcul qui facilitent l'interprétation des mesures magnétiques, et présente des exemples pour illustrer les erreurs dues aux approximations nécessaires.

Il expose ensuite le procédé lui ayant servi pour établir la carte générale des masses magnétiques en Hongrie, sur la base de la carte des isoanomalies de l'intensité verticale du champ magnétique. Pour la confection de la carte, l'auteur a développé une méthode tenant compte des conditions de gisement des masses magnétiques, ainsi que de la précision et de l'échelle de la carte des anomalies.

Le procédé adopté a rendu possible un nouveau mode d'examen des agents magnétiques. Les résultats sont illustrés sur quatre cartes. La première met en vue toutes les masses déterminées, la deuxième représente les masses situées au niveau des couches plus jeunes que le Sarmatien. Sur la troisième carte, on trouve les masses situées au niveau des couches antérieures au Sarmatien, mais plus jeunes que le Mésozoïque, tandis que sur la quatrième sont représentées les masses situées à la profondeur des couches mésozoïques ou encore plus anciennes.

ОБ ОБЗОРНОЙ КАРТЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНЫХ ВОЗМУЩАЮЩИХ ТЕЛ НА ТЕРРИТОРИИ ВЕНГРИИ И О ЕЕ ИСТОЛКОВАНИИ

К. ПОЖГАЙ

РЕЗЮМЕ

В первой части работы излагаются способы вычисления, облегчающие интерпретацию данных магнитометрической съемки, затем приводятся фактические примеры для иллюстрации погрешностей, возникающих вследствие необходимых приближений.

Дается описание метода, использованного автором для построения обзорной карты магнитных возмущающих масс Венгрии на основании обзорной карты изоаномал вертикальной напряженности магнитного поля. При разработке предлагаемого метода автор старался учесть элементы залегания возмущающих тел, а также точность и степень детальности карты аномалий.

Рассматриваемый метод построения карты позволяет истолковать магнитные возмущающие тела по-новому. Полученные результаты приведены на четырех картах. На первой из них изображены все определенные массы. На второй приведены массы, соответствующие глубинам залегания после-сарматских слоев. На третьей карте показаны возмущающие массы, залегающие в интервале глубин досарматских, но послемезозойских отложений, а на четвертой — массы, соответствующие глубинам мезозойских или еще более древних слоев.

THE DISTRIBUTION OF THE QUANTITIES OF CHARGE TRANSPORTED BY POINT DISCHARGE

P. BENCZE

GEOPHYSICAL RESEARCH LABORATORY OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES, SOPRON

[Manuscript received March 20, 1962]

The annual variation of the quantities of negative and positive charges transported by point discharge, recorded on the atmospheric electric station of the Geophysical Observatory near Nagycenk (Hungary), resp. that of their ratio is explained by the variation of the thunderstorm activity during the year. On the basis of this theory a latitude variation and a period of about 11 years of the point discharge currents are postulated.

On the atmospheric electric station of the Geophysical Observatory near Nagycenk (Hungary) we record the point discharge currents, too (BENCZE and MÄRCZ, 1962). The measuring apparatus consists of a stainless steel point which is attached isolated to the top of a 4.5 m long iron mast on the roof of the station and of a recording instrument. The point is 8 m above the ground. It is connected to the recorder by means of a shielded cable. The registration is accomplished by a fluid damped galvanometer, type Schlumberger—Picard, of sensitivity $2.1 \cdot 10^{-9}$ A/mm, whose sensitivity can be regulated in four steps. The deflections of the galvanometer are recorded on a 10 cm wide, light sensitive paper. A 110 V/3 W synchronous motor is provided for advancing the paper. The recording speed is 2.1 cm/hour. The time-signals are given by a pendulum clock, closing the circuit of the timing lamp.

The charge-sensitivity of the equipment in the stage used is $3.6 \cdot 10^{-3}$ millicoulomb/mm².

The preparation of the records is performed by means of a planimeter. We obtained on the basis of one year recording in the period between July 1960—June 1961 for the ratio of the quantities of negative to positive charge transported by point discharge, the following monthly values:

1960						1961					
July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Febr.	March	Apr.	May	June
1.6	3.5	0.9	1.0	3.7*	—	1.0*	0.9*	2.3	1.2	1.3	2.3

in agreement with the value of about 2 : 1 published in the literature. (The values marked by asterisks are computed only from few data.) In the following table the monthly totals for negative and positive charges are shown.

Month	Negative (millicoul.)	Positive (millicoul.)
1960 July	5.83	3.69
August	11.87	3.39
September	9.62	10.74
October	4.06	4.27
November	1.43	0.39
December	0.02	—
1961 January	0.12	0.12
February	0.24	0.27
March	3.35	1.47
April	6.19	5.15
May	9.63	7.22
June	15.66	6.78

If we assume that point discharge currents generally run with thunderstorm activity and disturbed weather the quantities of negative and positive charges, and to a certain degree their ratio, too, have to change with the isoceraunic

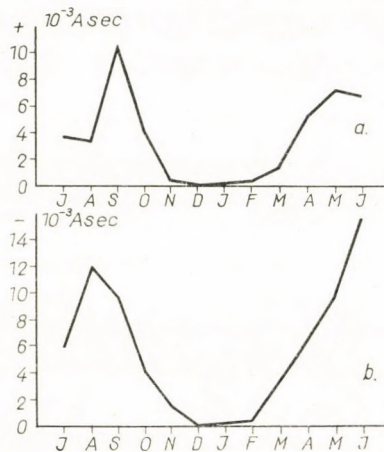


Fig. 1. Annual variation of the quantities of positive (a) and negative (b) charge transported by point discharge

level. This is proved by the appearance of an annual variation (Fig. 1). In the late spring and summer months with recurring thunderstorm activity the quantity of negative and positive charge transported, resp., the value of their ratio increases. In consequence of the space variation of the isoceraunic level these quantities must have a latitude variation, too. This variation

may be estimated by means of charts representing the world distribution of thunderstorm days. (World Meteorological Organization, 1950.) In Fig. 2 the meridian section corresponding to the longitude of the observatory ($16^{\circ}43' E$) is shown. According to this, for example, as the number of thunderstorm days per year is in the latitude of the observatory ($47^{\circ}38' N$) on the average 24 (the isoceraunic level of Hungary is 22), while in the equatorial thunderstorm zone it is 180–200, the quantities of negative and positive charges in the equatorial thunderstorm zone must be eight times of that measured in the latitude of the observatory their ratio remaining the same. (The deviation from this regularity may be attributed, either to the insufficient sensitivity

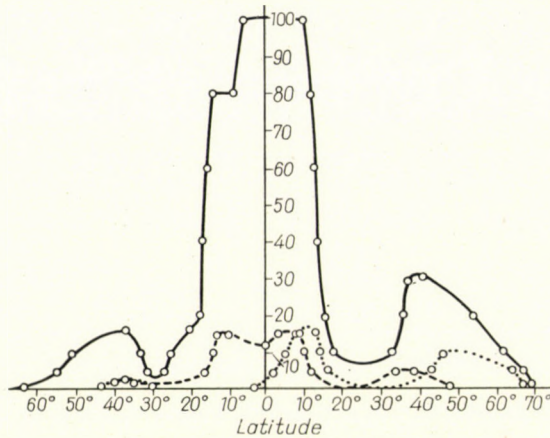


Fig. 2. Latitude variation of thunderstorm activity

- average number of thunderstorm days for July
- average number of thunderstorm days for Oct.
- average number of thunderstorm days per year

of the recording equipments or to local disturbances.) Thus the annual variation is possibly caused by the variation of the thunderstorm activity (see on Fig. 2. the seasonal variation of the frequency of thunderstorms along the meridian). Naturally reliable data can only be obtained on atmospheric electrically undisturbed places. Considering, that thunderstorm activity is dependent on solar activity, the quantities of negative and positive charges have to change with sunspotnumbers, consequently they must have a period of about 11 year, too.

REFERENCES

- BENCZE, P. and MÁRCZ, F.: 1962. In preparation.
World Meteorological Organization 1950 N^o. 21.

DIE VERTEILUNG DER DURCH SPITZENENTLADUNGEN TRANSPORTIERTEN
ELEKTRISCHEN LADUNGEN

P. BENCZE

ZUSAMMENFASSUNG

Der jährliche Gang der an der luftelektrischen Station des Geophysikalischen Observatoriums bei Nagycenk (Ungarn) registrierten, durch Spitzenentladung transportierten Ladungen und der ihrer Verhältnisse wird mit der Änderung der Gewittertätigkeit erklärt. Auf Grund dieser Hypothese muß auch eine Änderung mit der geographischen Breite und eine 11jährige Periode der Spitzenströme auftreten.

DISTRIBUTION DES CHARGES TRANSPORTÉES PAR DÉCHARGES DE POINTE

P. BENCZE

RÉSUMÉ

La variation annuelle des charges transportées par décharges de pointe, enregistrées à la station d'électricité atmosphérique de l'observatoire Géophysique de Nagycenk (Hongrie), ainsi que celle de leur rapport sont expliquées par la variation de l'activité orageuse. D'après cette hypothèse, il faut qu'il se présente une variation dépendant de la latitude géographique, et une période de 11 ans de courants de décharge de pointe.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ, ТРАНСПОРТИРУЕМЫХ
РАЗРЯДАМИ С ОСТРИЯ

П. БЕНЦЕ

РЕЗЮМЕ

Годовой ход зарядов, транспортируемых разрядами с острия и зарегистрированных на атмосферноэлектрической станции Геофизической обсерватории в с. Надьценк (Венгрия), и годовое изменение их отношений объясняется изменением грозовой активности. В соответствии с этой гипотезой, кроме того должны иметь место изменения с географической широтой и 11-летний период пиковых токов.

A STRICT DETERMINATION OF RELATIVE ORIENTATION ELEMENTS OF PHOTOGRAM-PAIRS

F. HALMOS

GEODETICAL RESEARCH LABORATORY OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SC.

[Manuscript received March 23, 1962]

The relative (mutual) orientation elements of obliqueaxis aerial photograms are determined by the author in totally exact mathematical relations. The data necessary for the analytical solutions are taken from photogram-co-ordinates measured with a precise stereocomparator or co-ordinatometer. The required basis of adjustment is that the related rays on the photogram-pairs should lie in the same plane. In the system of linear equations, suitable for computations, the measured co-ordinates are given corrections, — the unknowns, suitable complementary values. The minimum principle of Gauss is strictly respected by the procedure. The computations are based on measuring the co-ordinates of n points on both photograms. On this basis, the 5 unknowns and their mean errors are determined. Further adjustment is derived by introducing in a simple way fictitious corrections from the so-called V. adjustment group into the II. adjustment group, i.e. to the adjustment of intermediary observations. It is not necessary at all to determine the corrections for the individual co-ordinates.

At the end of his study, the author lays emphasis on the significance of the application of analytical solutions and of automatic electronic computing machines in photogrammetry.

As a consequence of the development of computing technique, analytical solutions gain an ever increasing field in photogrammetry. By applying electronic computing machines, a large number of tasks can be solved with a considerably higher accuracy and greater economy. Besides this, an important role is also played by the economization of expenditures, ensured by computing machines. The latter make possible the simple and quick solution of a large number of complicated systems of equations. On the other hand, surplus measurements — otherwise assured by the photograms — may be involved in the solution of individual problems, thus having a free scope for increasing the reliability of the determinations, by the application of adjusting computations. At the same time, there are considerably less sources of error in the solutions, reducing the direct work of the evaluation to a minimum.

The basic of analytical solutions is the point-by-point interpretation. With the new precision stereocomparators (Nistri-Stereocomparator TA3, Wild-Stereocomparator STK-1, Zeiss Precision Stereocomparator, etc.), the axes of the images of the points are given with an accuracy of a few microns. The co-ordinates furnished by the stereocomparators are fed into pre-programmed automatic computers, connected to the former, by which the transformation computations, the different correction computations of the image-axes (changes caused by distortions, regular film defects, earth curvature and refraction), finally the adjustment operations prescribed according to the

program are accomplished. All these apparatuses prove, in themselves, that — besides the results of up-to-date physics and chemics — a decisive role is also played by automatized mathematics.

A basic task of photogrammetry is the determination of the relative (mutual) orientation elements of photogram pairs. Today, the solution of this problem is achieved, in an exact photogrammetrical interpretation, mostly analytically. Here, a suitable application is attained by pre-programmed automatic computing machines [1, 2, 3, 4]. On determining the relative (mutual) orientation elements, the analytical procedure has the special advantage of not needing to repeat the whole orientation operation several times over by successive approximations in order to eliminate residual errors. The procedure furnishes in a single operation all the unknowns by which — apart from errors in co-ordinate-measurements and other errors of photographic recording — the elements to be set are given in mathematically closed relations. In principle, unlimited number of points and at any position can be involved in the determination. The procedure, in general, independens on the topography of the area recorded. While with optical-mechanical orientation the interpreter is influenced, to a certain extent, by the previous setting, here the execution of further operations, after the co-ordinates had been measured, is made according to mathematically prescribed connexions.

In the present study we disclose a procedure, by which the co-ordinates of the points to be found on both photograms are measured with high-precision stereocomparators of co-ordinatometers, and by which we wish to derive the relative (mutual) orientation elements of the pair of images from the data obtained in this way. The procedure is related to the LOBANOV method described in this recently published study [4]. The procedure gives a strict determination of the relative orientation elements for perspective photograms of oblique axes. In photogrammetry, generally photograms with near-vertical axes prevail; still for the solution of certain special problems perspective photograms of strong inclination are also used. The interpretation of oblique-axis photograms raises some new problems, for the analytical solution of which a possibility is given by electronic computing machines. The basic task of the interpretation of photogram-pairs can be solved as follows.

On Fig. 1 let the projection centers of the pair of photograms K' , K'' be marked by $0'$, $0''$, — two corresponding points by P' and P'' , — the photogram basis by B . Let us measure the co-ordinates (x, y) of n points on the pair of photograms in the system of co-ordinates represented on the figure. Let X' , Y' , Z' and X'' , Y'' , Z'' — represented on the figure — be the system of co-ordinates of the interpretation; while κ' , φ' , ω' , resp. κ'' , φ'' , ω'' are the temporarily unknown elements of the relative orientation (rotation of image, the lengthwise and crosswise inclination of images). If the vectors of the straight lines drawn from the projection centers $0'$ and $0''$ towards the image-points are

marked by \bar{r}' and \bar{r}'' , and the base-vector by \bar{b} , then for every point, the following condition can be written, to be satisfied in course of adjustment (Fig. 1):

$$F = (\bar{b}, \bar{r}', \bar{r}'') \tag{1}$$

The system of co-ordinate-axes will be positioned in X', Y', Z' such a way that X' will fall into the basis of the photograms, the plane $X'Z'$ so that it will be approximately vertical or perpendicular to the plane of the left-hand photogram. The two systems of co-ordinates fixed in O' and O'' are parallel to each

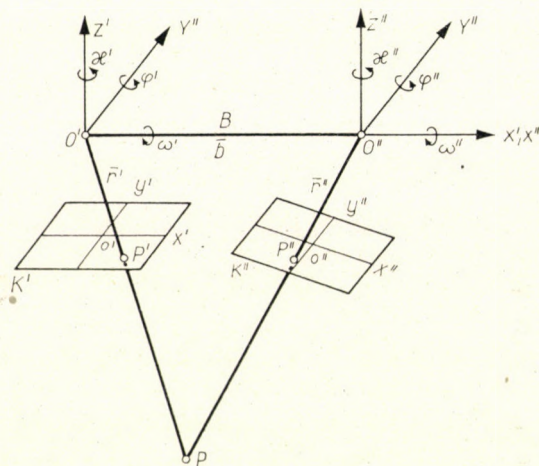


Fig. 1

other. Relation (1) can be expressed, on the basis of corresponding co-ordinates, in the following determinant form by substituting the co-ordinates corresponding to each vector:

$$F = \begin{vmatrix} B & 0 & 0 \\ X' & Y' & Z' \\ X'' & Y'' & Z'' \end{vmatrix} = Y' Z'' - Z' Y'' = 0 \tag{2}$$

If

$$\begin{aligned} \bar{r}'_i &= a' x'_i + b' y'_i - c' f \\ \bar{r}''_i &= a'' x''_i + b'' y''_i - c'' f \end{aligned} \tag{3}$$

then

$$\begin{aligned} X'_i &= a'_1 x'_i + b'_1 y'_i - c'_1 f \\ Y'_i &= a'_2 x'_i + b'_2 y'_i - c'_2 f \\ Z'_i &= a'_3 x'_i + b'_3 y'_i - c'_3 f \end{aligned} \tag{3a}$$

and

$$\begin{aligned} X_i'' &= a_1'' x_i'' + b_1'' y_i'' - c_1'' f \\ Y_i'' &= a_2'' x_i'' + b_2'' y_i'' - c_2'' f \\ Z_i'' &= a_3'' x_i'' + b_3'' y_i'' - c_3'' f \end{aligned} \quad (3b)$$

where f is a constant of the aerial photographic camera (focus distance), x_i'', y_i'', x_i', y_i' the image-co-ordinates measured, and $a_1', a_2', a_3', b_1', b_2', b_3' - c_1', c_2', c_3'$ direction cosines which can be expressed with ω', φ' and κ' -s in the following way:

$$\begin{aligned} a_1' &= \cos \varphi' \cos \kappa' - \sin \varphi' \sin \kappa' \sin \omega' \\ a_2' &= \cos \omega' \sin \kappa' \\ a_3' &= \sin \varphi' \cos \kappa' + \cos \varphi' \sin \kappa' \sin \omega' \\ b_1' &= -\cos \varphi' \sin \kappa' - \sin \varphi' \cos \kappa' \sin \omega' \\ b_2' &= \cos \omega' \cos \kappa' \\ b_3' &= -\sin \varphi' \sin \kappa' + \cos \varphi' \cos \kappa' \sin \omega' \\ c_1' &= -\sin \varphi' \cos \omega' \\ c_2' &= -\sin \omega' \\ c_3' &= \cos \varphi' \cos \omega' \end{aligned} \quad (4)$$

Similarly, for values twice marked equations (4) can be written.

The value of one of the six orientation angles is to be taken arbitrarily in the given system of co-ordinates, — in our case $\omega' = \omega''$; accordingly, five unknowns appear in our general equation form:

$$\Phi(\kappa', \varphi', \kappa'', \varphi'', \omega'') = Y' Z'' - Z' Y'' \quad (5)$$

For the determination of the five unknowns, the co-ordinates of 5 points will be measured and, with their aid, the unknowns can be determined on the basis of 5 equations which can be set up. It is advisable, especially with photographs of oblique axes — but even with vertical ones — to make the necessary measurements for several points and to determine by adjustment the orientation unknowns on the basis of excess observations. In order to compute the unknowns on the basis of the corresponding equations we must of course, expand relation (5) in series. During the expansion in series, the approximating values are noted by 0-marks, while the changes presenting themselves during adjustment are marked by $\delta\kappa, \delta\varphi, \delta\omega$. Since our measured values proper are the co-ordinates of the points, accordingly the corrections are to be applied, during adjustment, to these; or, if the corrections of some their functions are taken, also the weight corresponding to this function must be taken into consideration. In a contrary case, the minimum condition of the sum of quad-

rates of corrections does not refer to the corrections of the measured values; in adjustment, however, corrections are allowed to be used to measured values only (5), and if this is not respected the basic laws of adjustment are seriously offended. Accordingly, the expansion in series is executed, besides the approximating values, also in the places of measured values. Considering the ones carried out in (1), we obtain:

$$\begin{aligned} \Phi(\kappa', \varphi', \kappa'', \varphi'', \omega'') &= Y' Z'' - Z' Y'' = \\ &= (a'_2 x'_i + b'_2 y'_i - c'_2 f)(a''_3 x''_i + b''_3 y''_i - c''_3 f) - \\ &- (a'_3 x'_i + b'_3 y'_i - c'_3 f)(a''_2 x''_i + b''_2 y''_i - c''_2 f). \end{aligned} \quad (6)$$

The a' , b' , c' etc. members of relation (6) contain the individual orientation unknowns (considered according to (4)), and the x'_i, y'_i, x''_i, y''_i values are the measured co-ordinates to which the corrections will be applied. Substituting the values of (4) into function (6) and differentiating according to the individual variables, the following values will be obtained:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi'} &= - [(-\cos \varphi' \cos \kappa' - \sin \varphi' \sin \kappa' \sin \omega') x'_i + \\ &+ (-\cos \varphi' \sin \kappa' - \sin \varphi' \cos \kappa' \sin \omega') y'_i + \\ &+ f \sin \varphi' \cos \omega'] Y''_i = - [a'_1 x'_i + b'_1 y'_i - c'_1 f] Y''_i. \end{aligned} \quad (7)$$

Similarly:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi''} &= Y'_i X''_i = C, & \frac{\partial \Phi}{\partial \omega''} &= Y'_i (E'' - F'') = E \\ \frac{\partial \Phi}{\partial \kappa'} &= Z''_i B' - Y''_i C' = B, & \frac{\partial \Phi}{\partial \kappa''} &= Y'_i C'' - Z'_i B'' = D \end{aligned} \quad (7a)$$

where

$$\begin{aligned} E'' &= Y''_i \cos \varphi' \\ F'' &= x''_i c''_2 \sin \kappa' - y''_i c''_2 \cos \kappa' + f \cos \omega'' \\ B' &= b'_2 x'_i - a'_2 y'_i \\ B'' &= b''_2 x''_i - a''_2 y''_i \\ C' &= b''_3 x''_i - a''_3 y''_i \\ C'' &= b''_3 x''_i - a''_3 y''_i \end{aligned} \quad (8)$$

Further:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \Phi}{\partial x'_i} &= a'_2(a''_3 x''_i + b''_3 y''_i - c_3 f) - a'_3(a''_2 x''_i + b''_2 y''_i - c_2 f) = \\
 &= a'_2 Z''_i - a'_3 Y''_i = a'_1 \\
 \frac{\partial \Phi}{\partial y'_i} &= b'_2 Z''_i - b'_3 Y''_i = a'_2 \\
 \frac{\partial \Phi}{\partial x''_1} &= a''_3 Y'_i - a''_2 Z'_i = a''_1 \\
 \frac{\partial \Phi}{\partial y''_i} &= b''_3 Y'_i - b''_2 Z'_i = a''_2 .
 \end{aligned} \tag{7b}$$

(Here, a'_1, a'_2, \dots , etc. are not identical with the values in (3a) and (3b).

In expansion in series, neglecting the higher order members, we obtain the following linear equations suitable for adjustment:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi'} \delta \varphi' + \frac{\partial \Phi}{\partial \kappa'} \delta \kappa' + \frac{\partial \Phi}{\partial \varphi''} \delta \varphi'' + \frac{\partial \Phi}{\partial \omega''} \delta \omega'' + \frac{\partial \Phi}{\partial x'_i} v_{x'_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial y'_i} v_{y'_i} + \\
 + \frac{\partial \Phi}{\partial x''_i} v''_{x_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial y''_i} v''_{y_i} + \Phi_0 = 0
 \end{aligned} \tag{9}$$

where $\delta \varphi', \delta \kappa', \delta \varphi''$ etc. are thus the complementary values to the individual orientation elements as to unknowns; $v_{x'_i}, v_{y'_i}, \dots$ are the corrections to the co-ordinates measured, and Φ_0 the value of the function in place of approximation ($\varphi'_0, \kappa'_0, \varphi''_0, \dots$). Putting the corrections ahead and using symbolical denotations, the following general correction equations are obtained, if the measuring of co-ordinates was made for n points:

$$\begin{aligned}
 a'_1 v_{x'_1} + a'_2 v_{y'_1} + a''_1 v_{x''_1} + a''_2 v_{y''_1} + A_1 \delta \varphi' + B_1 \delta \kappa' + C_1 \delta \varphi'' + \\
 + D_1 \delta \kappa'' + E_1 \delta \omega'' + I_1 = 0 \\
 b'_1 v_{x'_2} + b'_2 v_{y'_2} + b''_1 v_{x''_2} + b''_2 v_{y''_2} + A_2 \delta \varphi' + B_2 \delta \kappa' + C_2 \delta \varphi'' + \\
 + D_2 \delta \kappa'' + E_2 \delta \omega'' + I_2 = 0 \\
 c'_1 v_{x'_3} + c'_2 v_{y'_3} + c''_1 v_{x''_3} + c''_2 v_{y''_3} + A_3 \delta \varphi' + B_3 \delta \kappa' + C_3 \delta \varphi'' + \\
 + D_3 \delta \kappa'' + E_3 \delta \omega'' + I_3 = 0 \\
 \vdots
 \end{aligned} \tag{10}$$

Hence, the adjustment belongs to the so-called V. adjustment group: adjustment of direct measurements with conditions and with not measured

unknowns ([6] pp. 187–189). The notations used in (10) offer themselves according to the meaning. Since all corrections occur in one equation only, it would be suitable to accomplish the adjustment with the so-called fictitious measurement results ([7] pp. 262–263, resp. [8] pp. 185–187). Let us introduce, accordingly the following fictitious corrections:

$$\begin{aligned} a'_1 v_{x'_1} + a'_2 v_{y'_1} + a''_1 v_{x''_1} + a''_2 v_{y''_1} &= -\lambda_1 \\ b'_1 v_{x'_2} + b'_2 v_{y'_2} + b''_1 v_{x''_2} + b''_2 v_{y''_2} &= -\lambda_2 \\ c'_1 v_{x'_3} + c'_2 v_{y'_3} + c''_1 v_{x''_3} + c''_2 v_{y''_3} &= -\lambda_3. \end{aligned} \quad (11)$$

As to the accuracy of the measurement of the co-ordinates, we may lay down different terms. For example, by considering the effects arising from the shrinking of the film, from objective-distortion, from different influences of error of the measurement of co-ordinates, etc. The determination of weights is generally empirical. A substantial discrimination between the reliability of the individual measured values can seldom be made, especially when equal attention is to be paid to careful measuring at each point. The factors originating from external circumstances and greatly influencing the accuracy can be taken, of course, in every case into consideration. For simplicity's sake, let us assume that the measurement of the co-ordinates has been carried out at each point with equal accuracy. Accordingly, the weightreciprocals of the fictitious corrections will be as follows:

$$\begin{aligned} \frac{1}{P_{\lambda_1}} &= a_1'^2 + a_2'^2 + a_1''^2 + a_2''^2 \\ \frac{1}{P_{\lambda_2}} &= b_1'^2 + b_2'^2 + b_1''^2 + b_2''^2 \\ \frac{1}{P_{\lambda_3}} &= c_1'^2 + c_2'^2 + c_1''^2 + c_2''^2. \\ &\vdots \end{aligned} \quad (12)$$

Substituting into equations (10), the solution goes over to the adjustment of the next observations (II. adjustment group):

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= A_1 \delta\varphi' + B_1 \delta\kappa' + C_1 \delta\varphi'' + D_1 \delta\kappa'' + E_1 \delta\omega'' + l_1; \text{ weight } P_{\lambda_1} \\ \lambda_2 &= A_2 \delta\varphi' + B_2 \delta\kappa' + C_2 \delta\varphi'' + D_2 \delta\kappa'' + E_2 \delta\omega'' + l_2; \text{ weight } P_{\lambda_2} \\ \lambda_3 &= A_3 \delta\varphi' + B_3 \delta\kappa' + C_3 \delta\varphi'' + D_3 \delta\kappa'' + E_3 \delta\omega'' + l_3; \text{ weight } P_{\lambda_3} \end{aligned} \quad (13)$$

Taking the weights into consideration, the normal equations will be as follows:

$$\begin{aligned}
 [PAA]\delta\varphi' + [PAB]\delta\kappa' + [PAC]\delta\varphi'' + [PAD]\delta\kappa'' + [PAE]\delta\omega'' + [PAI] &= 0 \\
 [PAB]\delta\varphi' + [PBB]\delta\kappa' + [PBC]\delta\varphi'' + [PBD]\delta\kappa'' + [PBE]\delta\omega'' + [PBI] &= 0 \\
 [PAC]\delta\varphi' + [PBC]\delta\kappa' + [PCC]\delta\varphi'' + [PCD]\delta\kappa'' + [PCE]\delta\omega'' + [PCI] &= 0 \\
 [PAD]\delta\varphi' + [PBD]\delta\kappa' + [PCD]\delta\varphi'' + [PDD]\delta\kappa'' + [PDE]\delta\omega'' + [PDI] &= 0 \\
 [PAE]\delta\varphi' + [PBE]\delta\kappa' + [PCE]\delta\varphi'' + [PDE]\delta\kappa'' + [PEE]\delta\omega'' + [PEI] &= 0
 \end{aligned} \tag{14}$$

By solving the system of normal equations of 5 unknowns, the wanted, complementary values their weights and the fictitious corrections λ are obtained. In their knowledge, the mean error of the unit weight observations, further the reliability index of the unknowns can also be calculated. In fact, there is no need for the corrections of the individual measurements, since the immediate goal is the determination of the orientation unknowns, — these, however, can be determined on the basis of the equations (14). Moreover their mean errors can be computed by the derivation of the index of the unit weight observations. The mean error of the unit weight observations is:

$$\mu_0 = \pm \sqrt{\frac{[P\lambda\lambda]}{n-q}} = \pm \sqrt{\frac{[p' v' v'] + [p'' v'' v'']}{n-q}} \tag{15}$$

where n is the number of the equations of conditions, q is the number of unknowns not measured. In the right hand side of relation (15), the mean error was also expressed by the corrections of the co-ordinates, indicating that $[P\lambda\lambda]$ calculated with fictitious corrections is equal to $[p' v' v'] + [p'' v'' v'']$. In our case $p' = p'' = 1$. Also the relation of the computation of the original corrections is known [7]. For example:

$$\begin{aligned}
 v_{x_1'} &= -P_{\lambda_1} \cdot a_1' \lambda_1; & v_{x_2'} &= -P_{\lambda_2} \cdot b_1' \lambda_2 \\
 v_{y_1'} &= -P_{\lambda_2} \cdot a_2' \lambda_1; & v_{y_2'} &= -P_{\lambda_2} \cdot b_2' \lambda_2.
 \end{aligned} \tag{16}$$

In principle, however, these are not needed, and hence we may leave their numerical value out of consideration, except if, in a certain given case, their order of magnitude is of interest.

The values of the orientation unknowns and their mean errors are:

$$\begin{aligned}
 \varphi' &= \varphi'_0 + \delta\varphi', & \mu_{\varphi'} &= \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{P_{\delta\varphi'}}} \\
 \kappa' &= \kappa'_0 + \delta\kappa', & \mu_{\kappa'} &= \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{P_{\delta\kappa'}}} \\
 \varphi'' &= \varphi''_0 + \delta\varphi'', & \mu_{\varphi''} &= \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{P_{\delta\varphi''}}} \\
 \kappa'' &= \kappa''_0 + \delta\kappa'', & \mu_{\kappa''} &= \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{P_{\delta\kappa''}}} \\
 \omega'' &= \omega''_0 + \delta\omega'', & \mu_{\omega''} &= \pm \frac{\mu_0}{\sqrt{P_{\delta\omega''}}}
 \end{aligned} \tag{17}$$

where $P_{\delta\varphi'}$, $P_{\delta\kappa'}$, ... are the weights of the unknowns derived from the solution of the normal equations. At the same time, the greatness of the mean errors decides the accuracy with which our procedure furnishes the elements of relative orientation, further the question whether the results are suitable or not for further interpretation. If the complementary values obtained during adjustment are considerably high, so that according to our aims the second order members cannot be neglected when expanding into series, then the adjustment will be repeated with the values in (17) obtained by the first adjustment.

Besides this, in order to judge whether the adjustment is correct, we may also use the y parallaxes (crosswise parallaxes), deriving these by calculation for every point ([1], formulas 16 and 17); or, what is practically the same, we can control the equation of condition in equation 2 by the final computed values, i.e. to check whether the complanarity of the related imagerays is ensured or not.

Hence

$$\frac{(a'_2 x'_i + b'_2 y'_i - c'_2 f)}{(a'_3 x'_i + b'_3 y'_i - c'_3 f)} - \frac{(a''_2 x''_i + b''_2 y''_i - c''_2 f)}{(a''_3 x''_i + b''_3 y''_i - c''_3 f)} = \delta l = 0 \tag{18}$$

Inasmuch as the δl values calculated according to (18) do not exceed the errors of the coordinate measurement, the adjusted values can be accepted. In general, the second or third approximation is already suitable.

Summing up, the strict determination of the relative (mutual) orientation elements, in case of greatly inclined pairs of photograms, consists of the following working processes:

1. Measuring of the image co-ordinates of n points on the pairs of photograms.

2. Approximate determination of the orientation unknowns with the aid of 5 well-chosen points.
3. Calculation of the coefficient and weights necessary for equation (13).
4. Solution of the normal equations according to (14); determination of the unknowns.
5. Checking computations according to equation (18).
6. Determination of the mean errors of the unit weight observation and of the unknowns.

If a better approximation is necessary, steps 3, 4 and 5 are repeated with the new approximation values.

A precise determination of the relative orientation elements is of great importance, not only from theoretical but also from a practical point of view. By applying automatic computing machines, the analytical solutions show several advantages in practice not only in regard to accuracy, but also to economy. All the investigations made in recent times arrived to the result that — beside the increase of the accuracy of the interpretative instruments — it is the application of analytical method that opens a possibility for the augmentation of the accuracy of photogrammetrical interpretation. As against the classical solutions, it gives the wanted values in a mathematically precise way, depending on the accuracy of the measurement. Possibility is given to take these corrections into consideration — e.g. in determining the orientation unknowns — which can be considered with the optical-mechanical solutions, in an experimentally roughly approximating way (image-shrinking, objectiv-distortion, effect of earth-curvature and photographic refraction in vertical photograms). At the same time in principle an unlimited number of points can be involved in the interpretation. Also the increase in accuracy is considerable. For the orientation unknowns, this can be put as high as 20–30%. If we consider in what measure the reliability of further detailed interpretation of images depends on the accuracy of these elements, the importance and economical significance of the application of analytical solutions, i.e. of strict adjustment, is beyond question. It is natural that, in order to apply the analytical methods for this purpose, the computing machines are indispensable, with which computation programs for several days can be solved in a few minutes. Their other great advantage is, that the execution of the operations requires only welltrained operators. It is of special importance that the execution of a programmed photogrammetrical task limits to a minimum the expectation time i.e. the calculation of the elements do not further delay the interpreter and interpretations [9, 10]. In consequence of the use of the achievements of modern techniques in photogrammetry, the remark of Gruber, undoubtedly valid in its time, namely that a man who calculates much, thinks little, will be attributed by specialists more and more to the past. Today, the individual rather directs the calculations in principle and the mechanical work is

done by electronic computing machines. With the aid of the latter, great masses of calculations can be made in a short time, with ever less sources of error.

The importance of our solution is further increased by the fact that it gives a possibility to judge the acceptability of any approximating solution. We shall return to this at a later date.

REFERENCES

1. Лобанов, А. Н.: Определение элементов взаимного ориентирования перспективных аэроснимков. *Геодезия и Аэрофотосъемка* 1960, стр. 83—90.
2. SCHMID, H.: Eine allgemeine analytische Lösung für die Aufgabe der Photogrammetrie. *Bildmessung und Luftbildwesen* 1958, S. 103—113 und 1959, S. 1—12.
3. HOFMANN, O.: Orientierungsverfahren. *Zeiss Nachrichten* 1959, Sonderband II. S. 528—580.
4. RINNER, K.: Zur analytischen Behandlung photogrammetrischer Aufgaben. *Bildmessung und Luftbildwesen* 1956, S. 1—10 und 44—56.
5. TÁRCZY-HORNOCH, A.: A mérési javítások segítségével történő középhibasámításról és az észlelt értékek függvényéhez tartozó javítási egyenletek használatáról (On mean error calculation with the aid of measurement corrections, and on the use of correction equations related to the function of observed values). *Geodézia és Kartográfia*, 1958, pp. 105—110.
6. HAZAY, I.: *Geodéziai Kézikönyv, I. kötet* (Geodetic Handbook, vol. I.). Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest, 1956.
7. TÁRCZY-HORNOCH, A.: *Kiegyenlítőszámítás* (Adjustment Calculation). Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, Budapest, 1957.
8. JORDAN—EGGERT: *Handbuch der Vermessungskunde, Bd. I.: Ausgleichsrechnung*. Metzlersche Verlags-Buchhandlung, Stuttgart, 1948.
9. Лобанов, А. Н.: Строгий способ определения элементов взаимного ориентирования аэроснимков при помощи электронной вычислительной машины. *Геодезия и Аэрофотосъемка*, 1959, стр. 65—78.
10. SZANGOLIES, K.: Die Verwendung von Rechenautomaten für die photogrammetrische Auswertung. Lecture delivered on the 22nd Course of Photogrammetry, Budapest, 1961.

EINE STRENGE BESTIMMUNG DER GEGENSEITIGEN ORIENTIERUNGSELEMENTE
VON BILDPAAREN

F. HALMOS

ZUSAMMENFASSUNG

Die gegenseitigen (relativen) Orientierungselemente von schiefachsigen Luftaufnahmen sind vom Verfasser in mathematisch völlig exaktem Zusammenhang bestimmt. Die für die analytische Lösung nötigen Angaben werden aus den Photogrammkoordinaten genommen, die mit einem präzisen Stereokomparator oder Koordinatometer erhalten werden. Die Ausgleichung ist auf der Komplanarität der zusammengehörigen Strahlen auf den Bildpaaren begründet. Im linearen Gleichungssystem, das für die Berechnungen geeignet ist, erhalten die ausgemessenen Koordinaten Verbesserungen, die Unbekannten — entsprechende Ergänzungswerte. Das Verfahren hält sich streng an das Gaußsche Minimumprinzip. Die Berechnungen begründen sich auf der Ausmessung der Koordinaten von n Punkten auf beiden Aufnahmen. Auf deren Grund werden die 5 Unbekannten und die mittleren Fehler der letzteren bestimmt. Die weitere Ausgleichung wird durch Einführung von fiktiven Verbesserungen auf einfachem Wege von der sogenannten V. Ausgleichungsgruppe auf die II. Ausgleichungsgruppe, d. h. auf vermittelnde Beobachtungen zurückgeführt. Eine Bestimmung der Verbesserungen der einzelnen Koordinaten ist gar nicht nötig.

Am Ende des Aufsatzes wird die Bedeutung der Anwendung von analytischen Lösungen und von elektronischen Rechenautomaten in der Fotogrammetrie hervorgehoben.

DÉTERMINATION EXACTE DES ÉLÉMENTS D'ORIENTATION RELATIVE DES PAIRES DE PHOTOGRAMMES

F. HALMOS

RÉSUMÉ

Les éléments de l'orientation relative d'aérophotogrammes d'axes obliques sont déterminés par une relation mathématiquement exacte. Les éléments nécessaires pour la solution analytique sont tirés de coordonnées de photogrammes, obtenues par un stéréocomparateur ou un coordinomètre de précision. La compensation est basée sur la complanarité des rayons correspondants sur les paires de photos. Dans le système d'équations linéaire approprié pour le calcul, on fait des corrections aux coordonnées mesurées et les inconnues reçoivent des valeurs complémentaires. Le principe de minimum de Gauss est rigoureusement respecté par le procédé. Les calculs sont basés sur le mesurage des coordonnées de n points sur les deux photogrammes; sur cette base, l'auteur détermine les 5 inconnues et leurs erreurs moyennes. Par introduction de corrections fictives, la compensation suivante est ramenée, d'une façon simple, du groupe de compensation V. au groupe de compensation II., c'est-à-dire à la compensation des observations indirectes. La détermination des corrections de chaque coordonnée n'est pas nécessaire. A la fin de l'étude, l'auteur souligne l'importance de l'application des solutions analytiques et des calculatrices électroniques dans la photogrammétrie.

СТРОГОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ВЗАИМНОЙ ОРИЕНТИРОВКИ ПАР АЭРОСЪЕМОК

Ф. ХАЛЬМОШ

РЕЗЮМЕ

Определяются элементы взаимной (относительной) ориентировки кривоосных аэросъемок в совершенно точном математическом соотношении. Необходимые для аналитического решения данные принимаются из координат съемок, полученных на точном стереокомпараторе или на координатометре. Выравнивание основано на том, что принадлежащие вместе лучи на парах съемок должны находиться в одной плоскости. В пригодной для расчетов линейной системе уравнений измеренные координаты получают поправки, а неизвестные соответствующие добавки. Метод строго соблюдает принцип минимума Гаусса. Расчеты основаны на измерении координат n точек на обеих съемках. При помощи этих координат определяются пять неизвестных и их средние ошибки. Дальнейшее выравнивание при введении фиктивных поправок сводится с т. н. V-й группы выравнивания простым способом к II-й группе выравнивания, т. е. к выравниванию посредничающих наблюдений. В определении поправок отдельных координат нет необходимости. В конце статьи подчеркивается значение применения аналитических решений и электронных вычислительных машин в фотограмметрии.

DETERMINATION OF THE APPROXIMATE VELOCITY-DEPTH FUNCTION FROM REFRACTION TRAVEL-TIME CURVES

O. ÁDÁM and E. KILÉNYI

ROLAND EÖTVÖS HUNGARIAN STATE GEOPHYSICAL INSTITUTE, BUDAPEST

[Manuscript received February, 1962]

In the areas of deep sedimentary basins the evaluation of seismic refraction measurements, for want of reflection surveying or velocity logging, difficulties are met with in consequence of the lack of average velocity data. Authors give a new method for the determination of a velocity-depth function of the form of $V = Az^{1/n}$, computed from the refraction travel-time curves. The method is based on the fact that the initial part of the time-distance diagram is curved, hence, there are no head-waves, but direct-waves.

In most cases the sedimentary complex overlying the basement may be divided into two parts, both characterized by different velocity gradients. From the data of the lower part a velocity-depth function can be derived which approximates the whole sedimentary complex. The applicability of the method is demonstrated by several examples.

Introduction

Generally, in areas of sedimentary basins, the vertical velocity distribution can be well characterized by velocity-depth functions. These may be derived from the results of velocity logging, in the course of analyzing the reflection average velocity curves and, in some favourable cases, from the refraction travel-time curves of good approximation.

The analysis of the data of velocity logging and reflection average velocity curves in deep sedimentary basins generally shows that a velocity function in the simple form of a power function of

$$V = Az^{1/n} \quad (1)$$

gives a good approximation of the measured data [1, 2]. If this relation is valid, the seismic refraction time-distance diagrams are curved and their equation is

$$T = bx^{\frac{n-1}{n}} \quad (2)$$

In analyzing the above equation in several exploration areas it was observed that the refraction travel-time curves plotted in a $\lg-\lg$ co-ordinate system could be divided into two or three parts which could well be approximated by straight lines embracing wide distances.

Characteristic travel-time curves

That part of the travel-time curve shown in a \lg — \lg co-ordinate system in Fig. 1 which extends as far as the arrival of the basement can be divided into two straight sections. The identical part of the travel-time curve shown in Fig. 2 representing the overlaying sedimentary complex can be divided into three sections.

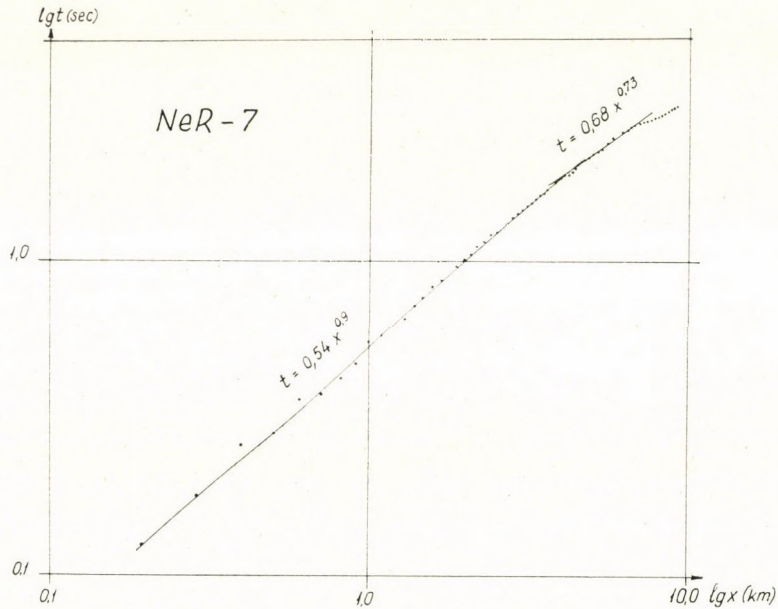


Fig. 1

The first section of the travel-time curve may be approximated by the equation

$$T_1 = b_1 x^{n'}; \quad n' = \frac{n-1}{n}, \quad (3)$$

the second by

$$T_2 = b_2 x^{k'}; \quad k' = \frac{k-1}{k}, \quad (4)$$

and the third by

$$T_3 = b_3 x^{l'}; \quad l' = \frac{l-1}{l}. \quad (5)$$

Assuming the validity of the laws of geometrical optics the evaluation of the first section of the travel-time curves can be made from (1) equation

corresponding to the parameter equations of the ray path in the following way:

$$T = \frac{2n}{A^n p^{n-1}} \int_0^{\pi/2} \sin^{n-2} \theta d\theta = \frac{n\pi^{1/2}}{A^n p^{n-1}} \frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \quad (6)$$

$$x = \frac{2n}{A^n p^n} \int_0^{\pi/2} \sin^n \theta d\theta = \frac{n\pi^{1/2}}{A^n p^n} \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2} + 1\right)} \quad (7)$$

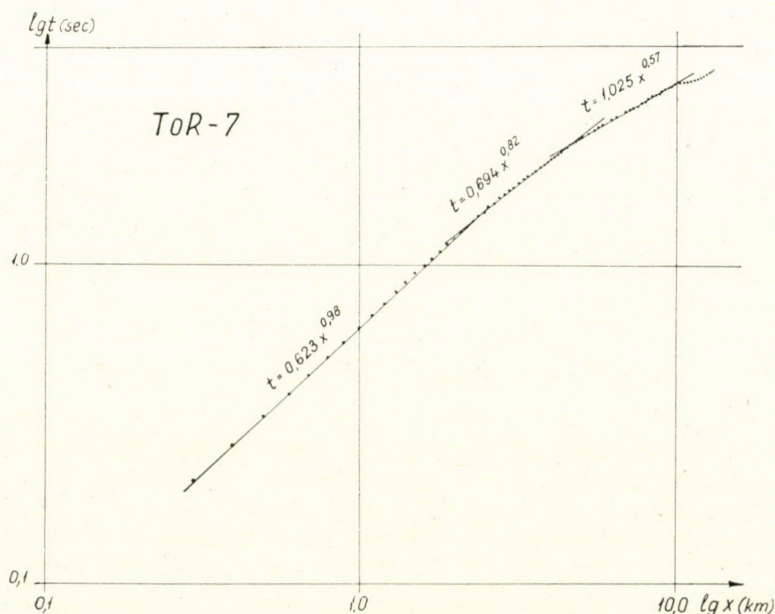


Fig. 2

The above equations may be solved in the case of $n > 1$ for any value of n . The elimination of parameter p from the equations (where $p = \frac{\sin \theta}{V}$) results in the equation of the travel-time curve of the direct wave, i.e.

$$T = \frac{n\pi^{1/2}}{A} \frac{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \left[\frac{x \Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{n\pi^{1/2} \Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)} \right]^{\frac{n-1}{n}} = b_1 x^{\frac{n-1}{n}} \quad (8)$$

The value of A can be determined from the above equation. The corresponding general mathematical tables [5] contain the values of the I -functions.

When analyzing the second section of the travel-time curves, two cases occur the most frequently. In the first case the straight section characterizing the overburden (direct wave) is followed by a smaller curvature, then by a second straight section having a different dip. This phenomenon refers to a large

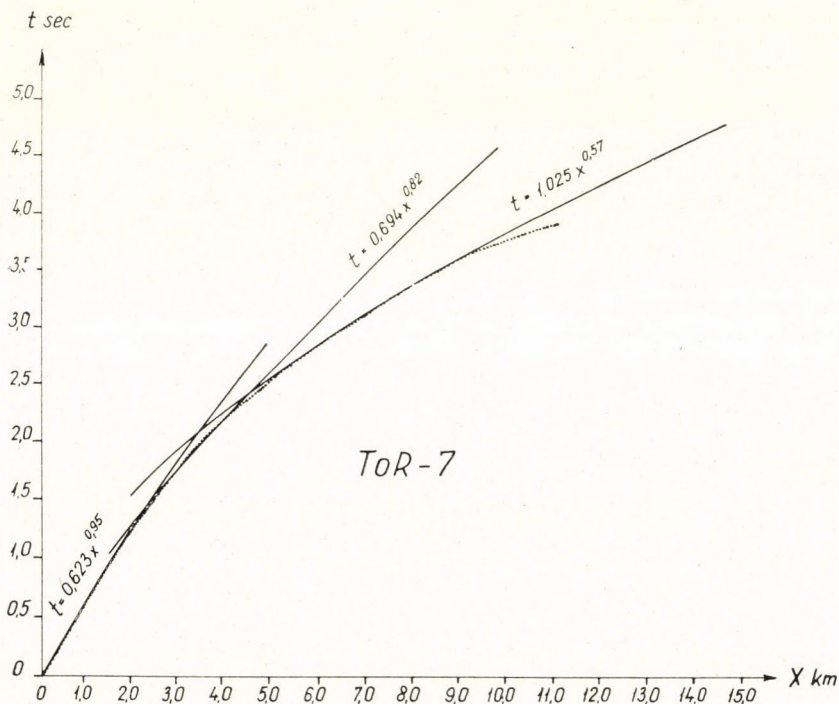


Fig. 3

velocity difference on the boundary of the two layers, while under the interface the velocity of the seismic waves continues with the depth to increase. In the second, more frequent case, two straight sections of a different dip may be distinguished (no curved section exists or may be neglected, hence, no head-wave can be observed), i.e. on the interface there is no great velocity difference. In the lower layer, however, the seismic ray path is determined by a different velocity-depth function.

In Figs. 1 and 2 the basement is indicated by a curved section in the travel-time curves only consequently, no velocity jump exists in the overburden.

In Fig. 3 the first arrivals of the shot point of 90,0 km of the profile ToR-7 are approximated in three stages, according to Fig. 2. The equations

computed by the method of the least squares are as follows

$$T_1 = 0,623 x^{0,98}$$

$$T_2 = 0,694 x^{0,82}$$

$$T_3 = 1,025 x^{0,57}$$

As shown in Fig. 3 the approximation is satisfactory.

Fig. 4 represents the simplified velocity-depth functions corresponding to the two above-mentioned travel-time curves. We have denoted the respective cases by "a₁" and "a₂".

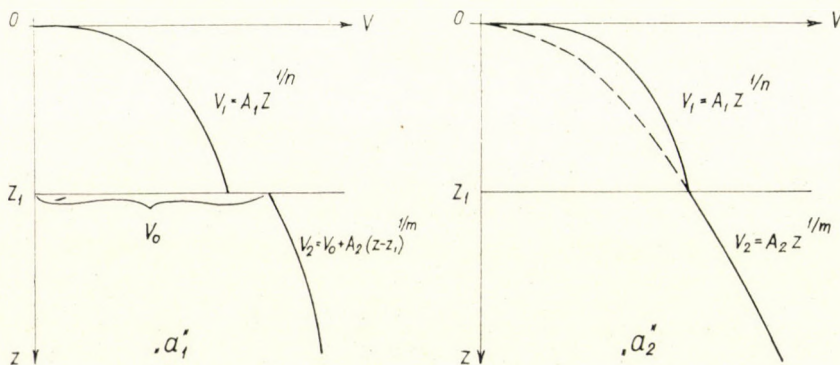


Fig. 4

In case "a₁" the velocity of propagation in the overbunden is equal to

$$V_1 = A_1 z^{1/n}$$

while in the lower complex it is

$$V_2 = V_{02} + A_2 (z - z_1)^{1/m}$$

and

$$V_{z_1} = A_1 z_1^{1/n} < V_{02}$$

where z₁ is the depth of the boundary between the two layers. If the interface of the two layers is horizontal or almost horizontal the following relations can be written:

$$T = t_a + t_b + t_c; \quad t_a = t_c$$

$$T = \frac{2n}{A_1^n p^{n-1}} \int_0^{\Theta_1} \sin^{n-2} \Theta d\Theta + \frac{2m V_{02}^{m-1}}{A_2^m \sin^{m-1} \Theta_{02}} \int_{\Theta_{02}}^{\pi/2} \frac{(\sin \Theta - \sin \Theta_{02})}{\sin \Theta} d\Theta \quad (9)$$

and $x = x_a + x_b + x_c$; $x_a = x_c$

$$x = \frac{2n}{A_1^n p^n} \int_0^{\theta_1} \sin^n \theta d\theta + \frac{2m V_{02}^m}{A_2^m \sin^m \theta_{02}} \int_{\theta_{02}}^{\pi/2} \sin \theta (\sin \theta - \sin \theta_{02})^{m-1} d\theta. \quad (10)$$

In the case of „ a_2 ” and under the same conditions, the generalized velocity-depth function for the two layers is as follows:

in the overburden

$$V_1 = A_1 z^{1/n}$$

in the lower complex

$$V_2 = A_2 z^{1/m}$$

at the interface of the two layers, at a depth of z_1

$$V_1(z_1) = A_1 z_1^{1/n} = A_2 z_1^{1/m} = V_2(z_1).$$

In this case the parametric equations of the ray path can be written in the following form:

$$T = \frac{2n}{A_1^n p^{n-1}} \int_0^{\theta_1} \sin^{n-2} \theta d\theta + \frac{2m}{A_2^m p^{m-1}} \int_{\theta_1}^{\pi/2} \sin^{m-2} \theta d\theta \quad (11)$$

$$x = \frac{2n}{A_1^n p^{n-1}} \int_0^{\theta_1} \sin^n \theta d\theta + \frac{2m}{A_2^m p^m} \int_{\theta_1}^{\pi/2} \sin^m \theta d\theta. \quad (12)$$

Eliminating parameter p from the equations, the equation of a high-degree parabola determining the travel-time curve is obtained. The parabola may have a discontinuity depending on the depth z_1 . Consequently, the determination of the characteristics of the deeper layer (A_2 and m) is complicated and uncertain. It is clear from these relations that the characteristics of the second section of the travel-time curves — exponent k and ordinate section b_2 — depend not only on the lower layer but also on the overburden. Therefore, the later part of the travel-time curve is also suitable for the determination of an approximate velocity-depth function, expressed in the form of a power function and valid for the whole sedimentary complex. It may be assumed that also the second section of the travel-time curve corresponds to the “direct” wave. Therefore, developing equation (4) we have

$$T_k = \frac{k\pi^{1/2}}{A_k} \frac{\Gamma\left(\frac{k-1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} \left\{ \frac{x_k \Gamma\left(\frac{k}{2} + 1\right)}{k\pi^{1/2} \Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \right\}^{\frac{k-1}{k}} \quad (13)$$

from which the velocity function, approximately valid for the whole layer is

$$V_k = A_k z^{1/k}$$

The division of the overburden into three sections demonstrates a further approximation.

Model computations

In order to prove the validity of the above assumptions we have examined two cases represented in Fig. 5. Model "a₁" was simplified by assuming $V(z_1) = V_{02}$ i.e.

$$z = 1,5 \text{ km} \quad V_1(1,5) = 3,67 \text{ km/sec} = V_{02}$$

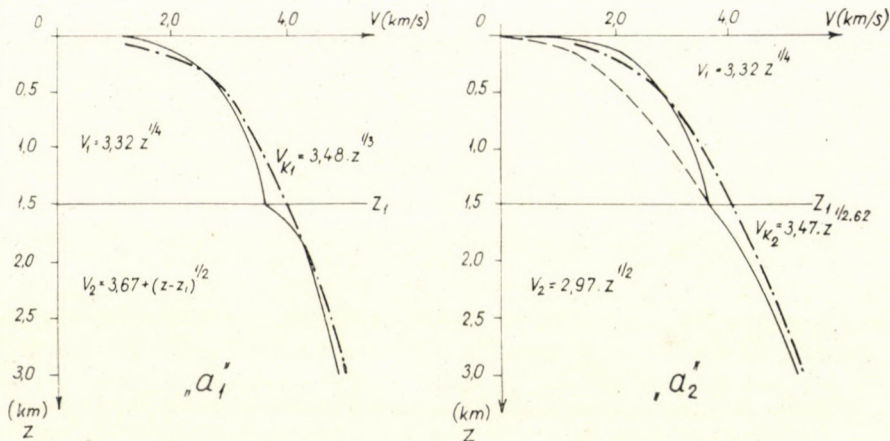


Fig. 5

The computed travel-time curve corresponding to this case is demonstrated in a logarithmic coordinate system in Fig. 6.

The travel-time curve corresponding to model "a₂" was determined by equations (11) and (12), assuming that

$$V_1(1,5) = 3,67 \text{ km/sec} = V_2(1,5)$$

The corresponding travel-time curve is represented in a logarithmic scale in Fig. 6, denoted by "a₂".

The velocity functions computed for both models are plotted in Fig. 5 in linear scale and in Fig. 7 on a logarithmic scale. The figures show that the

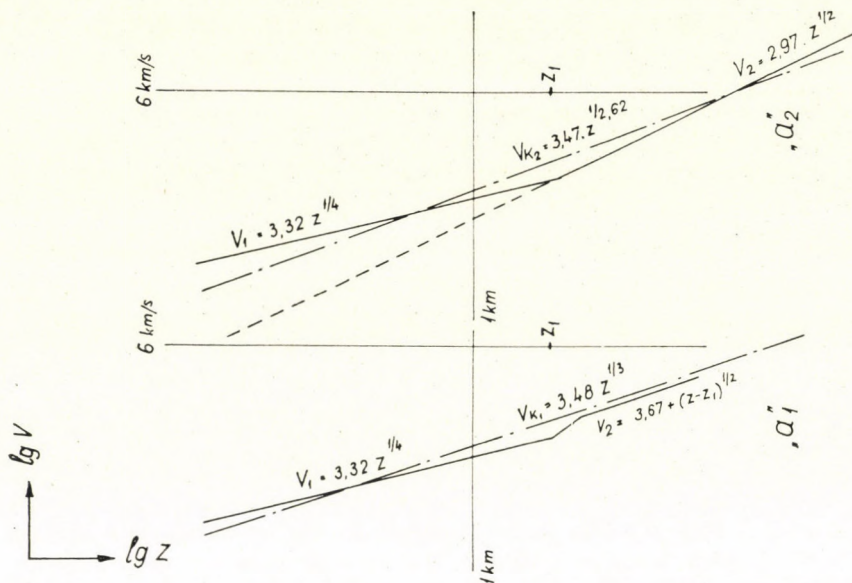


Fig. 7

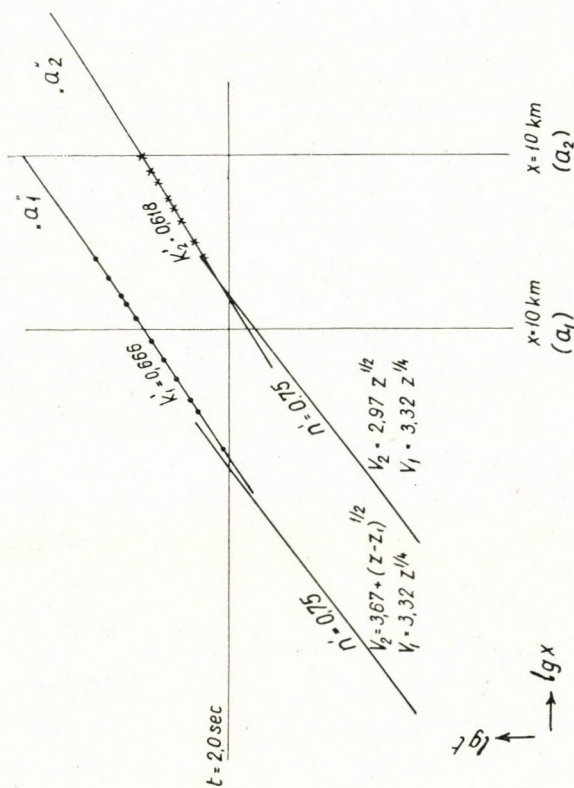


Fig. 6

Table I

z (km)	A	n	$V_k = 3,48 z^{1/3}$
a_1	0,25—3,0	3,46	3,52
	0,50—3,0	3,36	2,89
	0,75—3,0	3,39	3,03
$V_k = 3,47 z^{1/2,62}$			
a_2	0,25—3,0	3,44	3,48
	0,50—3,0	3,34	2,82
	0,75—3,0	3,30	2,59

approximation in both cases is reasonable. Further, it is evident that the approximating function is influenced mostly by the lower layer. In order to prove this establishment we have approximated the velocity distribution of

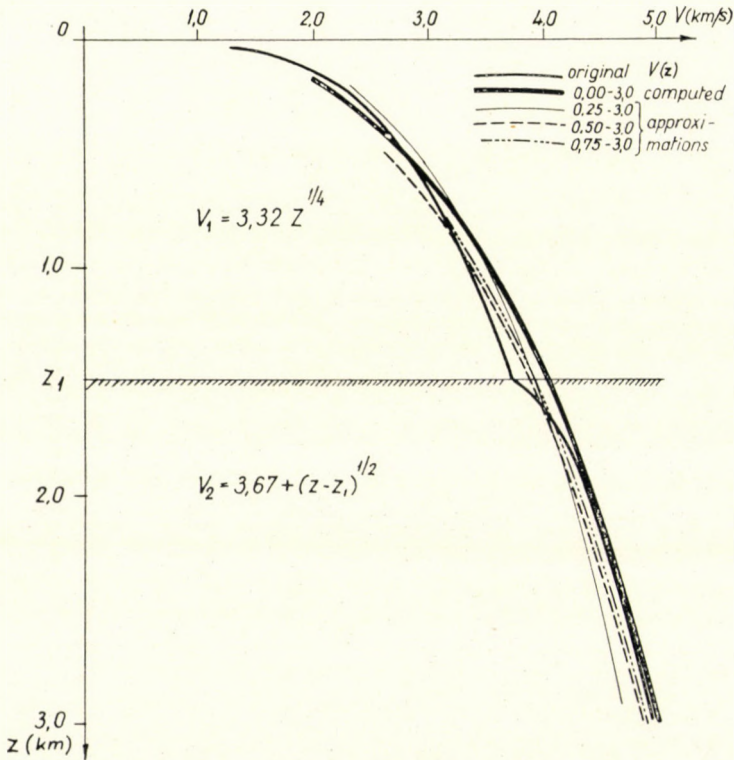


Fig. 8

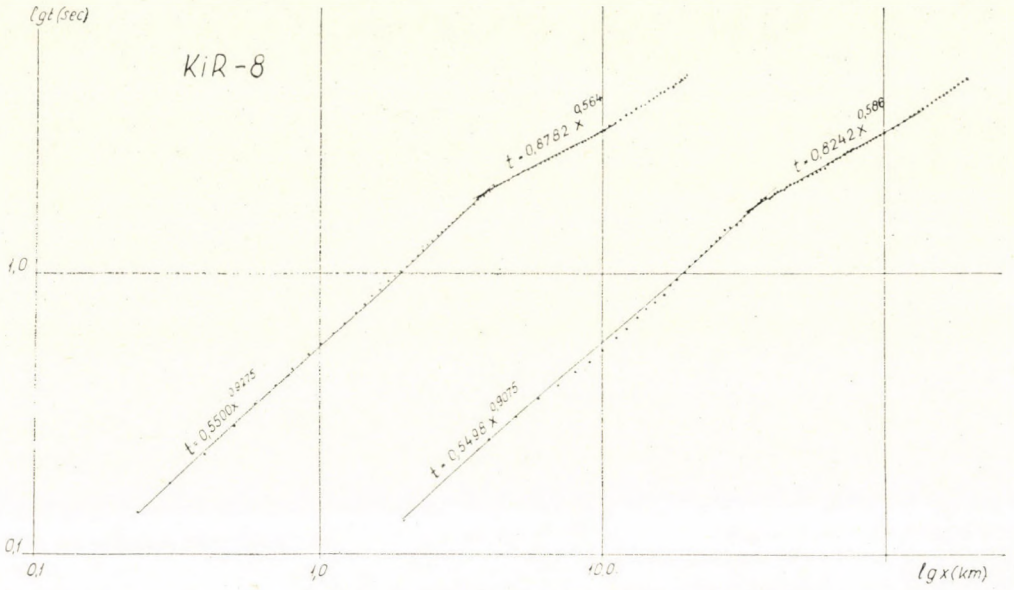


Fig. 9

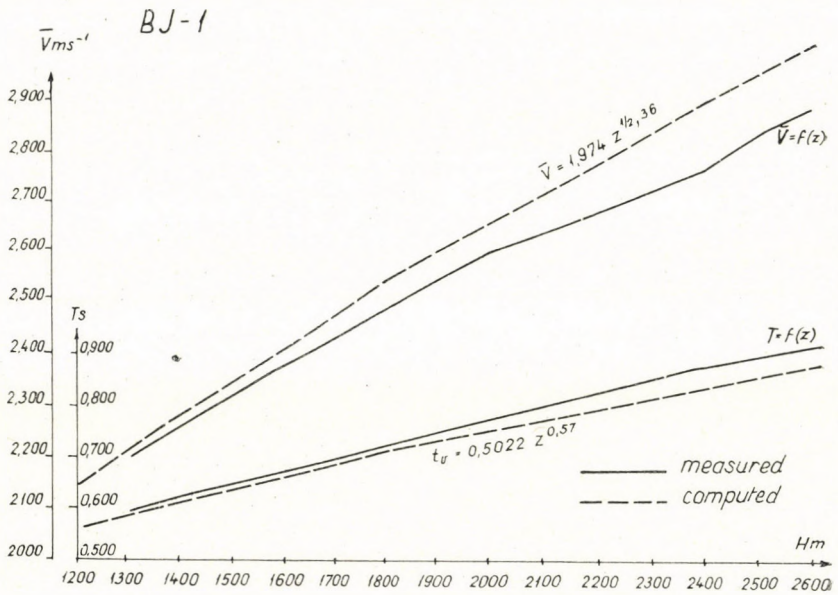


Fig. 10

the model by power functions, applying the method of the least squares so that the more curved section of the upper layer was omitted step by step from the computation. The results are summarized in Table I and for the case " a_1 " demonstrated in Fig. 8.

The value k of the approximation may be determined the most appropriately if the effect of the upper 750 m layer is omitted. This means that the velocity function gives a good approximation for the lower layer which was the original estimation. The velocity for the upper layer can always be computed from the data of the direct wave.

The validity of the method has been proved by two practical cases. The sections determined by shooting — countershooting of two refraction profiles was examined. In the neighbourhood of or along these profiles there are deep holes and the data of seismic logging was also at our disposal. An interesting feature of both travel-time curves represented in a bilogarithmic co-ordinate system is that no definite velocity jump appears as an effect of the basement. The travel-time curves are shown in Figs. 9 and 11, while the corresponding average velocity-depth functions are plotted together with the data of seismic logging of BJ-1 and GB-17, respectively, in Figs. 10 and 12. In Fig. 10 the travel-time curve of the vertical depth is plotted, too.

It can be established that in both cases the approximation is adequate. The maximum deviation of the computed and measured values is, in the case of profile KiR-9 and the deep hole GB-17 less than in the case of profile KiR-8 and the deep hole BJ-1, but in both cases it is less than 5 per cent. It is remarked that the sign of the relative error is positive which can also be seen from the model computations.

The positive sign is still more accentuated in the practical examples. This is due to virtual anisotropy as the results obtained from measurements in a vertical direction have been compared with the computations.

Conclusions

It has been proved that the travel-time curves can be used with good approximation for the determination of the velocity function characteristic for the sedimentary complex as a whole. The velocity-depth function can be transformed by a simple computation [3] into a time-depth function necessary for the construction of a refraction interface. This is important for areas where no deep-hole data exist. The given approximations are also important in areas where the effect of a thick low-velocity layer lying between the surface and the reference level is to be corrected [6]. Using this approximation the accuracy of time corrections can be increased by the determination of the data of low velocity layers.

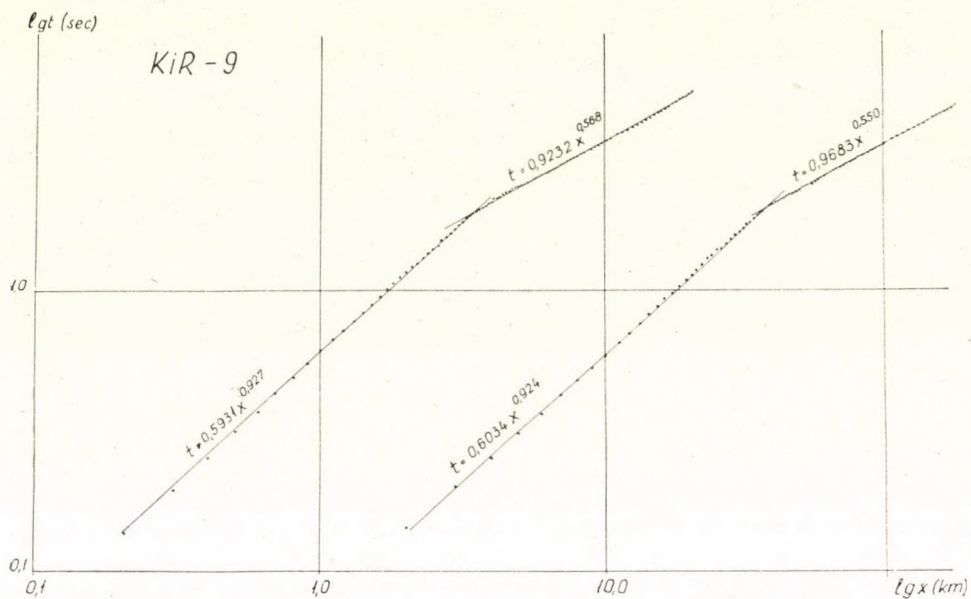


Fig. 11

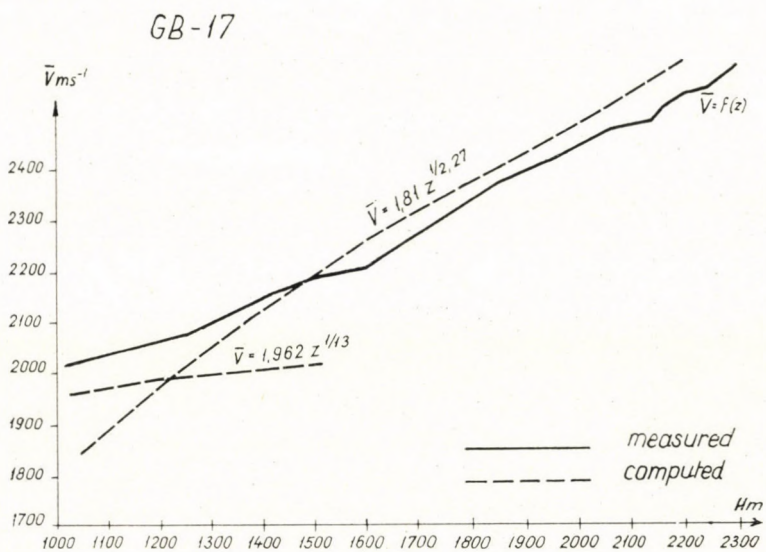


Fig. 12

REFERENCES

1. FAUST, L. Y.: Seismic velocity as a function of depth and geologic time. *Geophysics XVI* (1951).
2. POSGAY, K.: The velocity conditions of the Sung Liao plain. In manuscript.
3. KAUFMAN, H.: Velocity functions in seismic prospecting. *Geophysics XVIII* (1953).
4. GOGUEL, J. M.: Seismic refraction with variable velocity. *Geophysics XVI* (1951).
5. Mining Manual, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1956.
6. ACHESON, C. H.: The correction of seismic time maps for lateral variation in velocity beneath the low velocity layer. *Geophysics XXIV* (1959).

BESTIMMUNG EINER ANNÄHERNDEN GESCHWINDIGKEITSFUNKTION
AUS REFRAKTIONS-LAUFZEITKURVEN

O. ÁDÁM und E. KILÉNYI

ZUSAMMENFASSUNG

In Gebieten über sedimentären Becken von beträchtlicher Tiefe stößt die Auswertung der refraktionsseismischen Messungen wegen Mangel an Geschwindigkeitsangaben — falls keine Reflexionsmessung oder Tiefbohrung zur Verfügung steht — auf Schwierigkeiten. Im vorliegenden Artikel wird eine neue Methode dargelegt, mit deren Hilfe eine annähernde Geschwindigkeitsfunktion in der Form $V = Az^{1/n}$ aus den Refraktions-Laufzeitkurven bestimmt werden kann. Die Grundlage der Methode besteht in der Tatsache, daß der Anfangsabschnitt der Laufzeitkurven gekrümmt ist, man also mit keiner refraktierten Welle, sondern mit eintauchender, direkter Welle zu tun hat. In den meisten Fällen läßt sich die über dem Grundgebirge liegende Formation in zwei, durch verschiedene Geschwindigkeitsgradienten charakterisierte Teile trennen und auf Grund des zweiten Abschnittes eine die ganze Formation annähernde Geschwindigkeitsfunktion ableiten. Die Brauchbarkeit der Methode wird durch praktische Beispiele bestätigt.

DÉTERMINATION DE FONCTIONS APPROXIMATIVES DE LA VITESSE A PARTIR
DES COURBES DE PROPAGATION DES ONDES RÉFRACTÉES

O. ÁDÁM—E. KILÉNYI

RÉSUMÉ

L'interprétation des mesures sismiques utilisant les ondes réfractées, effectuées sur des bassins couverts de vastes couches sédimenteuses, rencontre des difficultés à défaut de données concernant les valeurs de la vitesse, à moins qu'on dispose des mesures de la réflexion ou des résultats d'un sondage.

L'article fait connaître une nouvelle méthode permettant de déterminer directement la fonction approximative de la forme $V = Az^{1/n}$, à partir des courbes de propagation des ondes réfractées. La méthode est basée sur le fait que la section initiale des courbes n'étant pas linéaire, on a affaire à des ondes non pas réfractées, mais immergeantes, directes. Dans la plupart des cas, les couches recouvrant les assises se divisent en deux parties caractérisées par des gradients de vitesse différents, et sur la base de la deuxième partie, on peut déduire une fonction qui caractérise approximativement l'ensemble des couches. L'utilité de la méthode est démontrée par des exemples pratiques.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИБЛИЖЕННОЙ СКОРОСТНОЙ ФУНКЦИИ ПО ГОДОГРАФАМ
ПРЕЛОМЛЕННЫХ ВОЛН

О. АДАМ, и Э. КИЛЕНИ

РЕЗЮМЕ

В районах глубоких осадочных бассейнов, в которых не проводились работы методом отраженных волн или не имеются данных глубоких скважин, интерпретация результатов метода преломленных волн, вследствие отсутствия сведений о скоростях распространения упругих волн, наталкивается на затруднения. В данной работе излагается новый метод, позволяющий определить непосредственно по годографам преломленных волн, приближенную зависимость скоростей от глубин вида $V = Az^{1/m}$. В основе метода лежит факт, что начальный участок годографа является кривой, следовательно тут мы имеем дело не с преломленной, а с проникающей, прямой волной. В большинстве случаев толща, залегающая над фундаментом, разделяется на две части, характеризующиеся различными градиентами скоростей и на основании данных, характерных для более глубокой части толщи, можно определить зависимость скоростей от глубин, приближающую всю осадочную толщу. Применяемость метода подтверждается практическими примерами.

ACCURACY TEST AND MOST FAVOURABLE WEIGHT DISTRIBUTION OF UNDERGROUND ORIENTATION BY HANSEN'S TWO POINT PROBLEM

A. TÁRCZY-HORNOCH

MEMBER OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
RESEARCH LABORATORY FOR GEODESY OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES,
SOPRON (HUNGARY)

[Manuscript received 21 May, 1962]

The orientation of the underground co-ordinates may be made with the aid of two plumb-bobs by means of Hansen's two point problem, too. The accuracy, which can be reached through this, depends on which side of the quadrilateral is chosen for connection.

In this study the mean errors are given 1. from the components of the single part-errors perpendicular to the straight connecting the two wires, 2. from the indirect equations corresponding to the direction of intersection, and 3. by direct calculation of the mean error of the connection angle. The most favourable weight distributions connected with these are also discussed.

Plotting proper diagrams is very practicable for determining any probable mean errors to be expected.

Orientation by Hansen's two point problem is worthy of attention — because as it is known — with this method there is no need to fasten the wires to two plumbing points and otherwise to mark the plumbing points physically, too. The angles — as is common knowledge — may also be measured between the points marked near the wires, and these angle values may be corrected one by one by means of the state of rest of the wires determined according to Brathuhn's scale in the eye-piece, as well as of the marked point also to be seen on the scale in the eye-piece, with the aid of the small angle between them are to be determined according to the scale in the eye-piece. For this very reason connection with Hansen's two point problem is worthy of consideration.

On the accuracy of the connection and orientation by Hansen's two point problem, L. HOVÁNYI has recently published a noteworthy study [1], in which two former accuracy tests were analysed. We agree with his remarks on these accuracy computations, such as 1. that the point mean square error gives $\sqrt{2}$ times more directional error with shaft plumbing than the normal (this is the reason why in our study 1957 [2] we distinguished linear point mean square error independent of direction from that dependent on direction (pp. 273—274); with the connection as quadrilateral, apparently the perpendicular to the straight line connecting the two plumbing points in the horizontal projection was taken into consideration); further 2. that the radii perpendicular to the connecting straight line of the mean error ellipse are not quite apt to express the directional mean square error of the underground

connection: the perpendicular distances of the pedal curve are more appropriate for this. Therefore, we find that the new method suggested by HOVÁNYI is better and more expedient than those quoted by him.

However, if we try, to solve the problem according to the principle exactly, we can go further.

Strictly speaking, Hoványi's computation also gives a slightly different value, because with the relation in his equation (25) (Fig. 1) the major axes

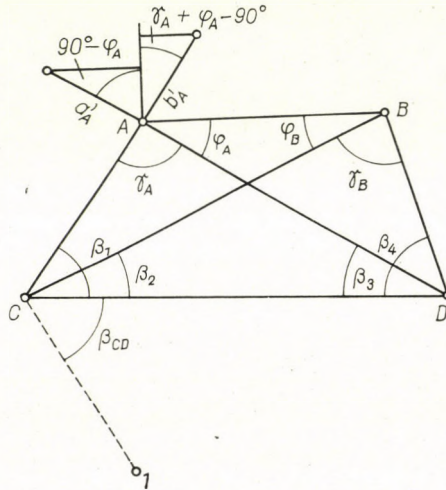


Fig. 1

of the mean error ellipses of points A and B bisect (in case $\gamma < 90^\circ$) angles γ , and so is not generally perpendicular to \overline{AB} . Then the same axes in the perpendicular position to \overline{AB} are taken by him to deduce the directional mean error of connection in direction (AB) (see his formulae (16)–(17)), though, taken strictly, only the components perpendicular to \overline{AB} should be taken. The difference depends on the shape of the connection quadrilateral, and is in many cases negligible (less than the connection quadrilateral in Fig. 2), yet it is worth trying even if only for the matter of principle, to get a precise solution.

In Fig. 1, in point A let a'_A be the mean error in the length of \overline{DA} because of the error of angle β_1 , and b'_A that along the length of \overline{CA} because of the error of angle β_3 . (These are — as is well-known — the conjugate semi-diameters of the mean error ellipse of point A , but as there is no need of this notion of mean error ellipse in our study, we can drop it. We omitted to mark the conjugate semi-diameters denoting the mean errors in the opposite direc-

tion as well.) Since (cf. [2; equations 1–2] and [1; equations 6–7]):

$$a'_A = \frac{\widehat{\mu}_{\beta_1} \overline{CA}}{\sin \gamma_A} \quad \text{and} \quad b'_A = \frac{\widehat{\mu}_{\beta_3} \overline{DA}}{\sin \gamma_A} \quad (1)$$

therefore, the K components perpendicular to \overline{AB} in point A :

$$K_{a'_A} = \frac{\overline{CA} \cdot \sin \varphi_A}{\sin \gamma_A} \widehat{\mu}_{\beta_1} \quad K_{b'_A} = \frac{\overline{DA} \cdot \sin (\gamma_A + \varphi_A)}{\sin \gamma_A} \widehat{\mu}_{\beta_3}. \quad (2)$$

Similarly in point B :

$$K_{a'_B} = \frac{\overline{CB} \cdot \sin (\gamma_B + \varphi_B)}{\sin \gamma_B} \widehat{\mu}_{\beta_2} \quad K_{b'_B} = \frac{\overline{DB} \cdot \sin \varphi_B}{\sin \gamma_B} \widehat{\mu}_{\beta_4}.$$

Values φ_A and φ_B may be taken with appropriate accuracy from a sketch or computed with a slide-rule. (So here their differential errors are negligible.)

$$\sin \varphi_A = \frac{\overline{DB}}{\overline{AB}} \sin (\beta_4 - \beta_3) \quad \sin \varphi_B = \frac{\overline{CA}}{\overline{AB}} \sin (\beta_1 - \beta_2).$$

For this computation the approximate value of \overline{AB} measured between the as not yet fastened wires is also suitable. φ_A and φ_B may be computed more precisely with Hansen's method. These mean error components are independent of each other, and so according to the law of compounding of errors, their squares may be put together. Therefore, the square of the directional mean error $\mu_{(AB)}$ of the underground connection is:

$$\begin{aligned} \widehat{\mu}_{(AB)}^2 = & \left\{ \frac{(\overline{CA} \sin \varphi_A \widehat{\mu}_{\beta_1})^2 + (\overline{DA} \sin (\gamma_A + \varphi_A) \widehat{\mu}_{\beta_3})^2}{\sin^2 \gamma_A} + \right. \\ & \left. + \frac{(\overline{CB} \sin (\gamma_B + \varphi_B) \widehat{\mu}_{\beta_2})^2 + (\overline{DB} \sin \varphi_B \widehat{\mu}_{\beta_4})^2}{\sin^2 \gamma_B} \right\} \frac{1}{\overline{AB}^2}. \end{aligned}$$

Let the single sides be expressed as a function of \overline{AB} , then we get the following expression also valid for angular dimensions:

$$\begin{aligned} \mu_{(AB)}^2 = & \left(\frac{\sin \varphi_A \sin \varphi_B}{\sin \gamma_A \sin (\beta_1 - \beta_2)} \right)^2 \mu_{\beta_1}^2 + \left(\frac{\sin (\gamma_A + \varphi_A) \sin (\gamma_B + \varphi_B)}{\sin \gamma_A \sin (\beta_4 - \beta_3)} \right)^2 \mu_{\beta_3}^2 + \\ & + \left(\frac{\sin (\gamma_A + \varphi_A) \sin (\gamma_B + \varphi_B)}{\sin \gamma_B \sin (\beta_1 - \beta_2)} \right)^2 \mu_{\beta_2}^2 + \left(\frac{\sin \varphi_A \sin \varphi_B}{\sin \gamma_B \sin (\beta_4 - \beta_3)} \right)^2 \mu_{\beta_4}^2. \quad (4) \end{aligned}$$

The coefficients of the single angular errors can be quickly computed with slide-rule. The advantage is, that if the angular errors are substituted in seconds, the directional error required is obtained in seconds, too. However, our formula (4) directly shows that the greater the coefficient of an angular error is, the greater effect it has on direction (AB), that is to say, it is so much more to the purpose to measure it more precisely. So, if $\sin(\gamma_A + \varphi_A) > \sin \varphi_A$ and $\sin(\gamma_B + \varphi_B) > \sin \varphi_B$ as in Fig. 1., it would be eppedient to measure angle β_2 more precisely than β_1 , and angle β_3 more than angle β_4 . This may be

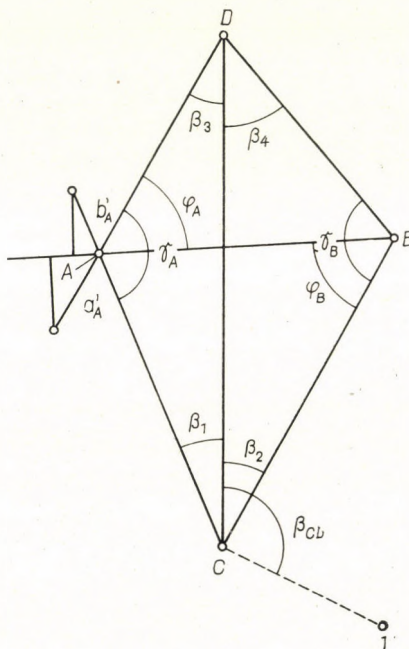


Fig. 2

stated without the most favourable weight distribution which will be discussed later. First of all we wish to deduce the similar relation referring to the case in Fig. 2.

Our relations (1) are also valid for the connection quadrilateral in Fig. 2, but the formula (2) is slightly modified:

$$\begin{aligned}
 K_{a'_A} &= \frac{\overline{CA} \cdot \sin \varphi_A}{\sin \gamma_A} \widehat{\mu}_{\beta_1} & K_{b'_A} &= \frac{\overline{DA} \cdot \sin(\gamma_A - \varphi_A)}{\sin \gamma_A} \widehat{\mu}_{\beta_3} \\
 K_{a'_B} &= \frac{\overline{CB} \cdot \sin(\gamma_B - \varphi_B)}{\sin \gamma_B} \widehat{\mu}_{\beta_2} & K_{b'_B} &= \frac{\overline{DB} \cdot \sin \varphi_B}{\sin \gamma_B} \widehat{\mu}_{\beta_4}.
 \end{aligned} \tag{2a}$$

Consequently here formula (4) is formed as follows:

$$\begin{aligned} \mu_{(AB)}^2 = & \left(\frac{\sin \varphi_A \cdot \sin \varphi_B}{\sin \gamma_A \cdot \sin (\beta_1 + \beta_2)} \right)^2 \mu_{\beta_1}^2 + \left(\frac{\sin (\gamma_A - \varphi_A) \sin (\gamma_B - \varphi_B)}{\sin \gamma_A \cdot \sin (\beta_3 + \beta_4)} \right)^2 \mu_{\beta_3}^2 + \\ & + \left(\frac{\sin (\gamma_A - \varphi_A) \sin (\gamma_B - \varphi_B)}{\sin \gamma_B \sin (\beta_1 + \beta_2)} \right)^2 \mu_{\beta_2}^2 + \left(\frac{\sin \varphi_A \cdot \sin \varphi_B}{\sin \gamma_B \sin (\beta_3 + \beta_4)} \right)^2 \mu_{\beta_4}^2. \end{aligned} \tag{4a}$$

As for this formula we may also state that the mean errors of the single angles have different effects — dependent on the shape of the figure — on the directional mean error, and so the most favourable weight distribution may be sensible and important.

Let the coefficient — to be computed with a slide-rule — of $\mu_{\beta_1}^2$ be marked with f_1^2 , that of $\mu_{\beta_2}^2$ with f_2^2 etc., further, the mean error of the single angular measurement be μ , the number of angle reiterations be p_1, p_2 etc. Then our equations (4) and (4a) resp. may be written as follows:

$$\mu_{(AB)}^2 = f_1^2 \frac{\mu^2}{p_1} + f_2^2 \frac{\mu^2}{p_2} + f_3^2 \frac{\mu^2}{p_3} + f_4^2 \frac{\mu^2}{p_4}. \tag{5}$$

For the most favourable weight distribution we form the Lagrange-ian function on the well-known manne (see e.g. in [3]), where C is a constant to be later obtained, while S denotes the number of the angular measurements, and so $[p] - S$ is actually equal to zero:

$$\mu_{(AB)}^2 = G = f_1^2 \frac{\mu^2}{p_1} + f_2^2 \frac{\mu^2}{p_2} + f_3^2 \frac{\mu^2}{p_3} + f_4^2 \frac{\mu^2}{p_4} + C^2 ([p] - S). \tag{6}$$

If we want that by the distribution of $S, \mu_{(AB)}^2$ to have its minimum value, then their differential quotients with respect to p must be equal to zero. Now let us form the single differential quotients with respect to p , let us make them equal to zero, and from them compute the single weights:

$$\begin{aligned} \frac{\partial G}{\partial p_1} = -f_1^2 \frac{\mu^2}{p_1^2} + C^2 = 0 & \quad p_1 = |f_1| \frac{|\mu|}{C} \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ \frac{\partial G}{\partial p_4} = -f_4^2 \frac{\mu^2}{p_4^2} + C^2 = 0 & \quad p_4 = |f_4| \frac{|\mu|}{C}. \end{aligned} \tag{7}$$

From this it becomes evident that at a given number S of measurements is the most effective, i.e. it gives the least mean error in the direction (AB) , if the number of measurements is proportional to coefficients f of the single angles.

How is one now to choose the number of measurements S so that — it being distributed in proportion to values f — the minimum mean error of (AB) should give just that mean error required by us? For this purpose let us form the sum of weights:

$$[P] = S = \frac{|\mu|}{C} [f].$$

Let the given value $|\mu| \cdot [f]$ be denoted by A , so

$$|\mu| \cdot [f] = A \quad (8)$$

then:

$$S = \frac{A}{C} \quad \text{resp.} \quad \frac{1}{C} = \frac{S}{A}.$$

Therefore, equations (7) may be written:

$$\begin{aligned} p_1 &= \frac{S \cdot |\mu|}{A} |f_1| \\ &\dots\dots\dots \\ p_4 &= \frac{S \cdot |\mu|}{A} |f_4|. \end{aligned} \quad (7a)$$

Let us substitute these weights into equation (5), then we get the following relation:

$$\mu_{(AB)}^2 = f_1^2 \frac{\mu^2 A}{S \cdot |\mu| \cdot |f_1|} + \dots + f_4^2 \frac{\mu^2 A}{S \cdot |\mu| \cdot |f_4|} = \frac{A^2}{S}.$$

From this the number of measurements S necessary to take the mean error $\mu_{(AB)}$ for granted:

$$S = \frac{A^2}{\mu_{(AB)}^2} \quad (9)$$

which is being known, weights $p_1 \dots p_4$ may also be calculated numerically. The obtained values will be rounded off to equal numbers (completing upwards).

Let us take HOVÁNYI's example having the most favourable weight distribution and assuming that the mean error of the single angular measurement is $\pm 10''$. Provided that up-to-date guided centralization is in use — which is the most desirable for these measurements — they can easily be insured. In this case the mean errors of the single angular measurements may also be taken as equal. In our case:

$$\begin{aligned} \gamma_A = \gamma_B = 88^\circ, \quad \overline{CA} = \overline{DB} = 3,4 \text{ m}, \quad \overline{CB} = \overline{DA} = 6,3 \text{ m}, \\ \overline{AB} = 4,0 \text{ m} \quad \text{and} \quad \mu_{(AB)} = \pm 30''. \end{aligned}$$

In our formula the distances are needed only for calculating angles φ_A and φ_B in equations (3). However, this as well as the other angles may also be taken

with the required accuracy from a drawing true to dimensions. According to this

$$\gamma_A = \gamma_B = 88^\circ, \quad \beta_2 = \beta_3 = 28^\circ, \quad \beta_1 = \beta_4 = 64^\circ \quad \text{and} \quad \varphi_A = \varphi_B = 28^\circ.$$

So coefficients f in equations (4) and (5) resp.:

$$f_1 = \frac{0,469^2}{0,999 \cdot 0,588} = 0,375, \quad f_2 = \frac{0,899^2}{0,999 \cdot 0,588} = 1,376,$$

$$f_3 = f_2 = 1,376, \quad f_4 = f_1 = 0,375.$$

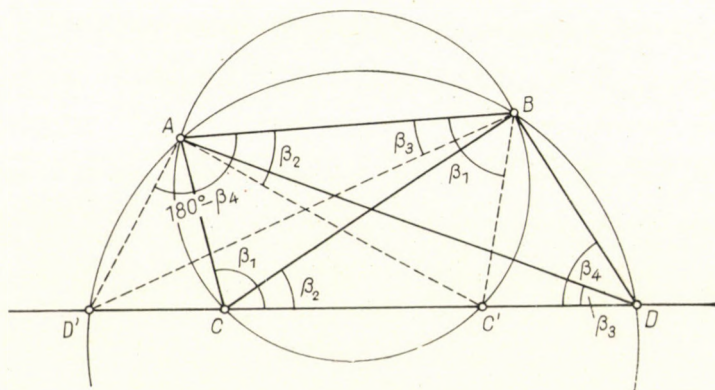


Fig. 3

With these according to equation (8) $A = 35,02$ and so in equation (9)

$$S = \frac{35,02^2}{30^2} = 1,36,$$

with which the single weights according to equation (7a)

$$p_1 = 0,15, \quad p_2 = 0,53, \quad p_3 = 0,53, \quad p_4 = 0,15.$$

As can be seen, the weights are less than one, i.e. with a single angular measurement a greater accuracy than necessary can be obtained.¹ But this advantageous

¹ In angular values

$$\mu_{\beta_1} = \mu_{\beta_4} = \frac{\pm 10''}{\sqrt{0,15}} = \pm 26'' \quad \mu_{\beta_2} = \mu_{\beta_3} = \frac{\pm 10}{\sqrt{0,53}} = \pm 14''$$

correspond to the above values. These are in keeping with the values of HOVÁNYI's example, since here the major axis of the error ellipse is almost perpendicular to \overline{AB} . Because of the most favourable weight distribution here, a little greater μ_{β_1} is allowed for. With connection figure of a different shape these differences may be considerably greater.

case does not always occur and especially with smaller β angles the most favourable weight distribution may have the considerable advantages. A wire distance of 4m cannot always be reached.

It should to be noted, that in addition to the above solution others may also be possible. So e.g. when we determined (Fig. 3) the so-called Collins points C' and D' resp. by means of β_1 and β_2 , and β_3 and β_4 resp., then these lie on the straight \overline{CD} . The conjugate semi-diameters a' and b' of the mean error ellipses of points C' and D' with the mean errors of β_1 and β_2 , and β_3 and β_4 resp. can easily be given (in the sense of Fig. 1.). From these the components perpendicular to $\overline{C'D'}$ can be computed. In the usual way by means of these the mean error of the direction of $\overline{C'D'}$, and so that of \overline{CD} may be given in relation to the direction (AB) which is fundamentally the same as when we compute the mean error of (AB) in relation to (CD) , similarly to the above solution.

Another method for the solution is possible by applying the adjustment equations of surplus observations to the case of nonsurplus ones. It is known (cf. [4; pp. 160–163]) that from $(CD) - (CA) = \beta_1$ etc. taking the approximate co-ordinates $x_C^0, y_C^0, x_D^0, y_D^0$ and corrections $\delta x_C, \delta y_C, \delta x_D, \delta y_D$ and having expanded the arctan values in series, we may write:

$$\begin{aligned}
 & \varrho'' \left\{ \frac{\sin (CD)_0}{\overline{CD}_0} - \frac{\sin (CA)_0}{\overline{CA}_0} \right\} \delta x_C - \varrho'' \frac{\sin (CD)_0}{\overline{CD}_0} \delta x_D - \\
 & \quad - \varrho'' \left\{ \frac{\cos (CD)_0}{\overline{CD}_0} - \frac{\cos (CA)_0}{\overline{CA}_0} \right\} \delta y_C + \\
 & \quad + \varrho'' \frac{\cos (CD)_0}{\overline{CD}_0} \delta y_D + \{(CD)_0 - (CA)_0 - \beta_1\} = 0 \\
 & \varrho'' \left\{ \frac{\sin (CD)_0}{\overline{CD}_0} - \frac{\sin (CB)_0}{\overline{CB}_0} \right\} \delta x_C - \varrho'' \frac{\sin (CD)_0}{\overline{CD}_0} \delta x_D - \\
 & \quad - \varrho'' \left\{ \frac{\cos (CD)_0}{\overline{CD}_0} - \frac{\cos (CB)_0}{\overline{CB}_0} \right\} \delta y_C + \\
 & \quad + \varrho'' \frac{\cos (CD)_0}{\overline{CD}_0} \delta y_D + \{(CD)_0 - (CB)_0 - \beta_2\} = 0 \\
 & \varrho'' \frac{\sin (DC)_0}{\overline{DC}_0} \delta x_C - \varrho'' \left\{ \frac{\sin (DC)_0}{\overline{DC}_0} - \frac{\sin (DA)_0}{\overline{DA}_0} \right\} \delta x_D - \\
 & \quad - \varrho'' \frac{\cos (DC)_0}{\overline{DC}_0} \delta y_C + \varrho'' \left\{ \frac{\cos (DC)_0}{\overline{DC}_0} - \frac{\cos (DA)_0}{\overline{DA}_0} \right\} \delta y_D + \\
 & \quad + \{(DA)_0 - (DC)_0 - \beta_3\} = 0
 \end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned} \varrho'' \frac{\sin (DC)_0}{DC_0} \delta x_C - \varrho'' \left\{ \frac{\sin (DC)_0}{DC_0} - \frac{\sin (DB)_0}{DB_0} \right\} \delta x_D - \\ - \varrho'' \frac{\cos (DC)_0}{DC_0} \delta y_C + \varrho'' \left\{ \frac{\cos (DC)_0}{DC_0} - \frac{\cos (DB)_0}{DB_0} \right\} \delta y_D + \\ + \{(DB)_0 - (DC)_0 - \beta_4\} = 0. \end{aligned}$$

For machine calculation

$$\begin{aligned} \frac{y_D^0 - y_C^0}{CD_0} \text{ instead of } \sin (CD)_0 \\ \frac{x_D^0 - x_C^0}{CD_0} \text{ instead of } \cos (CD)_0 \text{ etc.} \end{aligned}$$

may be written.

When the four unknowns are determined taking the possible different measuring weights by using Gauss's method of solution of normal equations into consideration, i.e. when the coefficients of δx_C are marked with a , those of δx_D with b etc., the equations

$$[aa] \delta x_C + [ab] \delta x_D + [ac] \delta y_C + [ad] \delta y_D + [al] = 0$$

.....

are evolved, and at the same time the mean errors of the C and D co-ordinates may also be determined. When the approximate co-ordinates referred to the co-ordinates with y -axis which are laid through C_0 and D_0 , and by means of mean errors μ_{x_C} and μ_{x_D} the mean error of direction (CD) may immediately be given:

$$\mu_{(CD)} = \frac{\sqrt{\mu_{x_C}^2 + \mu_{x_D}^2}}{CD} \tag{10a}$$

This method is not quick, but it can be programmed well.

*

However, it must be stated, that each formula given above has a rather limited validity. The method becomes impracticable e.g. when angles β_1 and β_4 are not measured between the given sides, but between \overline{CA} and \overline{CB} , and between \overline{DA} and \overline{DB} resp., for in this case angles β_1 and β_4 are obtained from the sum of the two angles. For this reason the components in equations (2) are not independent of each other and so their squares cannot be put together according to equations (4) and (4a) resp. in order to get the mean error of direction (AB) . For the same reason the solution given in equation (10a) cannot be used either.

In the above case the right solution is obtained by returning to the true errors. Denoting them with ε , our equation (1) with the angular measurement according to Fig. 3 will be:

$$a'_A = \frac{(\widehat{\varepsilon}_{\beta_1} + \widehat{\varepsilon}_{\beta_2}) \overline{CA}}{\sin \gamma_A} \quad b'_A = \frac{\widehat{\varepsilon}_{\beta_3} \overline{DA}}{\sin \gamma_A}$$

and the components perpendicular to \overline{AB} according to equations (2):

$$\begin{aligned} K_{a'_A} &= \frac{\overline{CA} \cdot \sin \varphi_A}{\sin \gamma_A} (\widehat{\varepsilon}_{\beta_1} + \widehat{\varepsilon}_{\beta_2}) & K_{b'_A} &= \frac{\overline{DA} \cdot \sin (\gamma_A + \varphi_A)}{\sin \gamma_A} \widehat{\varepsilon}_{\beta_3} \\ K_{a'_B} &= \frac{\overline{CB} \cdot \sin (\gamma_B + \varphi_B)}{\sin \gamma_B} \widehat{\varepsilon}_{\beta_2} & K_{b'_B} &= \frac{\overline{DB} \cdot \sin \varphi_B}{\sin \gamma_B} (\widehat{\varepsilon}_{\beta_3} + \widehat{\varepsilon}_{\beta_4}). \end{aligned}$$

Since these are true errors, the true error $\varepsilon_{(AB)}$ of direction (AB) :

$$\begin{aligned} \widehat{\varepsilon}_{(AB)} &= \frac{[K_A] - [K_B]}{\overline{AB}} = \\ &= \frac{1}{\overline{AB}} \left[\left(\overline{CA} \frac{\sin \varphi_A}{\sin \gamma_A} \right) \widehat{\varepsilon}_{\beta_1} + \left(\overline{CA} \frac{\sin \varphi_A}{\sin \gamma_A} - \overline{CB} \frac{\sin (\gamma_B + \varphi_B)}{\sin \gamma_B} \right) \widehat{\varepsilon}_{\beta_2} + \right. \\ &\quad \left. + \left(\overline{DA} \frac{\sin (\gamma_A + \varphi_A)}{\sin \gamma_A} - \overline{DB} \frac{\sin \varphi_B}{\sin \gamma_B} \right) \widehat{\varepsilon}_{\beta_3} - \left(\overline{DB} \frac{\sin \varphi_B}{\sin \gamma_B} \right) \widehat{\varepsilon}_{\beta_4} \right]. \end{aligned}$$

Now assuming accidental errors — permitted by angular measurements — we can turn to the squares of the mean errors in the usual way, where the coefficients in brackets of ε_β correspond here to values f of equation (5).

Thus:

$$\begin{aligned} \mu_{(AB)}^2 &= \frac{1}{\overline{AB}^2} \left[\left(\overline{CA} \frac{\sin \varphi_A}{\sin \gamma_A} \right)^2 \mu_{\beta_1}^2 + \left(\overline{CA} \frac{\sin \varphi_A}{\sin \gamma_A} - \overline{CB} \frac{\sin (\gamma_B + \varphi_B)}{\sin \gamma_B} \right)^2 \mu_{\beta_2}^2 + \right. \\ &\quad \left. + \left(\overline{DA} \frac{\sin (\gamma_A + \varphi_A)}{\sin \gamma_A} - \overline{DB} \frac{\sin \varphi_B}{\sin \gamma_B} \right)^2 \mu_{\beta_3}^2 + \left(\overline{DB} \frac{\sin \varphi_B}{\sin \gamma_B} \right)^2 \mu_{\beta_4}^2 \right]. \quad (4b) \end{aligned}$$

If the angular mean errors are substituted in seconds, $\mu_{(AB)}$ also refers to seconds. \overline{CA} , \overline{DA} , \overline{CB} and \overline{DB} can also here be expressed by means of \overline{AB} , in which case denominator \overline{AB}^2 likewise disappears. With the most favourable weight distribution taking the marks

$$\left(\frac{\overline{CA} \frac{\sin \varphi_A}{\sin \gamma_A}}{\overline{AB}} \right)^2 = f_1^2 \dots$$

equations (5)–(9) may also be applied. In given cases this method of angular measurement may be of advantage, since the coefficients of $\mu_{\beta_2}^2$ and $\mu_{\beta_3}^2$ in (4b) are formed by the difference in the two terms.

But the methods made more accurate in the first part of this study are limited also because they give only the mean error of the \overline{CD} side related to the \overline{AB} side, and therefore, they are right only when the underground traverse is connected with angle β_{CD} in Figs. 1 and 2 resp. or from D with angle β_{DC}

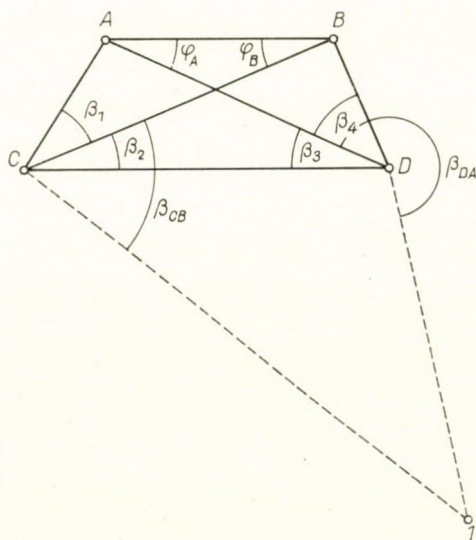


Fig. 4

(not marked) to \overline{CD} , that is to say, it is oriented by the aid of this side. But, if the traverses to be oriented are connected in points C or D to A or B , the given formulae are not correct. Nevertheless, in many cases points A or B may be advantageous for the orientation of the traverse, because in given cases it may be made more accurate without surplus work. Similar statement may be referred to the measurement of angles β_1 and β_4 according to Figs. 1 or 4, where the composition of errors of the single angles change. Viz. we must not forget that the quadrilateral obtained by measurements is not similar to the figure given in nature, therefore, the differences from their single sides, i.e. the errors are different. For the orientation of the traverse a side with a minor mean error is more suitable.

The first question is how to precisely determine the mean error of orientation in these cases, and how to find the side with the minor mean error.

When the traverse is oriented by means of angles φ_B or φ_A of Fig. 1, then this means that in C and D resp. angles β_{CB} and β_{DA} resp. of the traverse

must be measured from B and A resp. to the first traverse point (Fig. 4). Of course in this case these exact angles φ_B and φ_A resp. are needed and so we have to find what effect the errors of the measured angles $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ and β_4 have on angles φ_B and φ_A resp. Here it is not permitted to take — besides \overline{CD} the measured \overline{AB} — into the computation, because both are deformed by different errors.

In case when, on the other hand, the traverse is connected from C to A or from D to B , the angles of the traverse be measured are β_{CA} and β_{DB} (Fig. 5.).

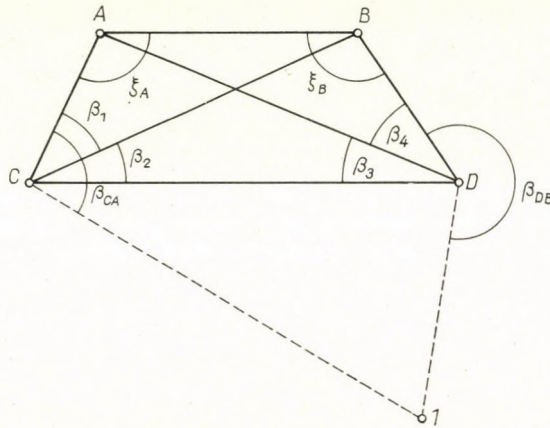


Fig. 5

It should be added that further alternatives arise when in case of Figs. 4 and 5 angles β_1 and β_4 , or one of them are measured in the sense of Fig. 1, further, when in each case even the figure in Fig. 2 is taken into consideration, one sort of which is shown in Fig. 6.

When the traverse is oriented by means of angle φ_B of Fig. 4, then the following relation may be deduced:

$$\begin{aligned} \frac{\sin(\varphi_B + \beta_1)}{\sin \varphi_B} &= \cos \beta_1 + \cot \varphi_B \sin \beta_1 = \frac{\overline{BC}}{\overline{AC}} = \\ &= \frac{\sin(\beta_3 + \beta_4) \sin(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3)}{\sin \beta_3 \cdot \sin(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4)} = k'. \end{aligned}$$

Hence

$$\tan \varphi_B = \frac{\sin \beta_1}{k' - \cos \beta_1} = \frac{\sin \beta_1}{\frac{\sin(\beta_3 + \beta_4) \sin(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3)}{\sin \beta_3 \cdot \sin(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4)} - \cos \beta_1} \quad (11)$$

and (since $\varphi_B \leq 180^\circ$, its arctan value being unequivocal):

$$\varphi_B = \arctan \frac{\sin \beta_1}{k' - \cos \beta_1} = \arctan \frac{\sin \beta_1}{\frac{\sin(\beta_3 + \beta_4) \sin(\beta_1 + \beta_2 + \alpha_3)}{\sin \beta_3 \sin(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4)} - \cos \beta_1} \quad (11a)$$

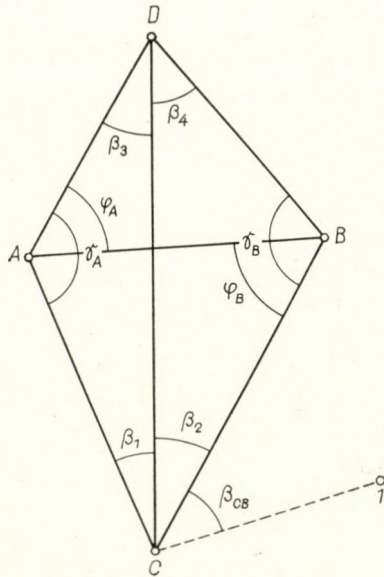


Fig. 6

Now, when using relations

$$\frac{\partial \tan \varphi_B}{\partial \varphi_B} \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_1}, \quad \frac{\partial \tan \varphi_B}{\partial \varphi_B} \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_2} \dots$$

we compute the differential quotients

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_1} &= k' \frac{\sin^2 \varphi_B}{\sin \beta_1} \left\{ \cot \beta_1 - \cot(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) - \frac{1}{k' \sin \beta_1} \right\} = f_1 \\ \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_2} &= k' \frac{\sin^2 \varphi_B}{\sin \beta_1} \{ \cot(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4) - \cot(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) \} = f_2 \\ \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_3} &= k' \frac{\sin^2 \varphi_B}{\sin \beta_1} \{ \cot(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4) + \cot \beta_3 - \cot(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) - \cot(\beta_3 + \beta_4) \} = f_3 \\ \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_4} &= k' \frac{\sin^2 \varphi_B}{\sin \beta_1} \{ \cot(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4) - \cot(\beta_3 + \beta_4) \} = f_4 \end{aligned} \quad (11b)$$

then

$$\mu_{\varphi_B}^2 = f_1^2 \mu_{\beta_1}^2 + f_2^2 \mu_{\beta_2}^2 + f_3^2 \mu_{\beta_3}^2 + f_4^2 \mu_{\beta_4}^2 \quad (12)$$

The relation corresponding to equation (12) which has previously been given [5; p. 121 equation 23, Vol. XVIII p. 325 resp.] this time is given here without misprint. In the next part of our study it will be completed by the most favourable weight distribution. Here, too, the greater the f coefficients are, the greater is the effect of the angular error in the connection angle, therefore it is more practicable to measure the angle in question the more precisely. Here the most favourable weight distribution may also be made in the sense of equations (5)–(9).

When the orientation is made by angles ξ_A and β_{CA} in Fig. 5, we can start out from the following relations:

$$\begin{aligned} \frac{\sin(\xi_A + \beta_1)}{\sin \xi_A} &= \frac{\overline{AC}}{BC} = \cos \beta_1 + \cot \xi_A \sin \beta_1 = \\ &= \frac{\sin \beta_3 \sin(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4)}{\sin(\beta_3 + \beta_4) \sin(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3)} = k \end{aligned}$$

and

$$\tan \xi_A = \frac{\sin \beta_1}{\frac{\sin \beta_3 \sin(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4)}{\sin(\beta_3 + \beta_4) \sin(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3)} - \cos \beta_1}. \quad (13)$$

Hence, similarly to the former:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \xi_A}{\partial \beta_1} &= k \frac{\sin^2 \xi_A}{\sin \beta_1} \left\{ \cot \beta_1 + \cot(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) - \frac{1}{k \cdot \sin \beta_1} \right\} = f_1 \\ \frac{\partial \xi_A}{\partial \beta_2} &= k \frac{\sin^2 \xi_A}{\sin \beta_1} \left\{ \cot(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) - \cot(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4) \right\} = f_2 \\ \frac{\partial \xi_A}{\partial \beta_3} &= k \frac{\sin^2 \xi_A}{\sin \beta_1} \left\{ \cot(\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) + \cot(\beta_3 + \beta_4) - \right. \\ &\quad \left. - \cot(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4) - \cot \beta_3 \right\} = f_3 \\ \frac{\partial \xi_A}{\partial \beta_4} &= k \frac{\sin^2 \xi_A}{\sin \beta_1} \left\{ \cot(\beta_3 + \beta_4) - \cot(\beta_2 + \beta_3 + \beta_4) \right\} = f_4. \end{aligned} \quad (14)$$

Here also the most favourable weight distribution can be made according to equations (5)–(9). (See [5; p. 121 equation 21 and Vol. XVIII p. 325.]

For orientation we can make use of angles φ_A and ξ_B , too. With non-symmetrical connection quadrilaterals these, too, are of importance. We must leave this, however, out of consideration, since the symmetrical position is more useful, if only because of the simplification of the computation. We will rather examine how to determine the mean error of angle φ_B or that of another angle used for connection in the case of equations (10) or of equation of similar

structure. For this purpose we fixed the following one to be the simplest method. When e.g. we try to find the mean error of φ_B then on the basis of Fig. 4 the following relation may be written:

$$\varphi_B = (BA) - (BC) = (BA) - \arctan \frac{y_C^0 + \delta y_C - y_B}{x_C^0 + \delta x_C - x_B}.$$

From this, after having expanding it into series, when the angle corresponding to co-ordinates x_C^0 and y_C^0 is marked with $\varphi_B^0 = (BA) - (BC)_0$, the angular variation corresponding to δx_C and δy_C with $\delta\varphi_B$, we obtain the following formula:

$$\delta\varphi_B = \varphi'' \frac{\sin(BC)_0}{BC_0} \delta x_C - \varphi'' \frac{\cos(BC)_0}{BC_0} \delta y_C = a_5 \delta x_C + c_5 \delta y_C. \quad (15)$$

If this equation in the following form

$$\varphi'' \frac{\sin(BC)_0}{BC_0} \delta x_C - \varphi'' \frac{\cos(BC)_0}{BC_0} \delta y_C - \delta\varphi_B = a_5 \delta x_C + c_5 \delta y_C - \delta\varphi_B = 0 \quad (15a)$$

is connected with equations (10), we have 5 equations with 5 unknowns. If from these the unknowns are computed by Gauss's method of solution of normal equations so that $\delta\varphi_B$ should be left as the last one, then the denominator of the last reduction will give its weight and, the mean error of $\delta\varphi_B$ and thus that of φ_B will also be given with the aid of the mean error of the single angular measurements by various precise ones resp. with the mean error of the weight unit.

But it is still simpler to express δx_C with equation (15) as a function of $\delta\varphi_B$ and δy_C and as substitute for δx_C in equation (10). So only four unknowns are left, leaving $\delta\varphi_B$ as the last unknown, we obtain its weight and mean error directly. Thus the forced conditioned adjustment may come into use again.²

It is apparent that the method given above can be used with angular measurements shown either in Fig. 1 or in Fig. 4, as well as in the case when we have surplus observations. Therefore, this is a general method with the indirect observations to determine the mean error of the functions of the adjusted values, in such a way that one unknown in the indirect equations is expressed by the function and the other unknowns. The value of the function having been left to the last, its weight and mean error are directly obtained from the solution of normal equations. Thus, with the method of indirect observations

² E.g. in locating tunnels to determine the directional error of the side of triangle used for setting out angles, if the adjustment is made by the method of indirect observations.

the mean error of the function of the adjusted values can be calculated in a simple way, similarly to the method of condition measurements with unmeasured unknowns (cf. [6]).

Now let us see what differences may occur, when e.g. for orientation of underground traverse side CD in Fig. 1, or side \overline{CB} in Fig. 4, or side \overline{CA} in Fig. 5 resp. is used. In each of the three cases \overline{CD} does not intersect \overline{AB} . For the sake of perspicuity let the connective figure be a square and let equally precise angular measurement be assumed at each of the four angles.

In the case of Fig. 1 then $\beta_1 = \beta_4 = 90^\circ$, while $\beta_2, \beta_3, \gamma_A, \gamma_B, \varphi_A$ and φ_B are angles of 45° . In this case from equation (4)

$$\mu_{(AB)} = \mu_\beta \sqrt{1^2 + 2^2 + 2^2 + 1^2} = \mu_\beta \sqrt{10} \quad (16a)$$

is obtained.

In the case of Fig. 4, from equations (11b) and (12), since here β_1 and β_4 are also 45° , we have the following value:

$$\mu_{\varphi_B} = \mu_\beta \sqrt{1^2 + 0^2 + 1^2 + (-1)^2} = \mu_\beta \sqrt{3}. \quad (16b)$$

In the case of Fig. 5., since here ξ_A and ξ_B are angles of 90° , equations (13) and (14) give the following value:

$$\mu_{\xi_A} = \mu_\beta \sqrt{(-2)^2 + 0^2 + (-1)^2 + 1^2} = \mu_\beta \sqrt{6}. \quad (16c)$$

Comparing equations (16a), (16b) and (16c), we can see, that among the mean errors of orientation considerable differences occur with the same connective figure and the same measuring work, and that, at least with figures similar to a square, with which the two theodolite station points are on the same sides of the wires, it is more practicable not to measure the angles according to Fig. 1, but Fig. 4. Furthermore, for the orientation of underground co-ordinates it is preferable to use a plumb-bob laying diagonally to the station point of the theodolite.

In the case of a connective figure very similar to a square, still more advantageous conditions present themselves, if the two theodolite station points — similarly of Fig. 2 — lie on both sides of the planes of the plumb-bobs on the diagonal of the figure similar to a square.

In this case, viz. according to Fig. 6:

$$\begin{aligned} \frac{\sin(\beta_1 + \beta_2 + \varphi_B)}{\sin \varphi_B} &= \frac{\overline{CB}}{CA} = \sin(\beta_1 + \beta_2) \cot \varphi_B + \cos(\beta_1 + \beta_2) = \\ &= \frac{\sin \beta_4 \sin(\beta_1 + \beta_3)}{\sin \beta_3 \sin(\beta_2 + \beta_4)} = k' \end{aligned} \quad (17)$$

and thus:

$$\tan \varphi_B = \frac{\sin(\beta_1 + \beta_2)}{k' - \cos(\beta_1 + \beta_2)} = \frac{\sin(\beta_1 + \beta_2)}{\frac{\sin \beta_1 \sin(\beta_1 + \beta_3)}{\sin \beta_3 \sin(\beta_2 + \beta_4)} - \cos(\beta_1 + \beta_2)}.$$

Hence:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_1} &= k' \frac{\sin^2 \varphi_B}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} \left\{ \cot(\beta_1 + \beta_2) - \cot(\beta_1 + \beta_3) - \frac{1}{k' \sin(\beta_1 + \beta_2)} \right\} = f_1, \\ \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_2} &= k' \frac{\sin^2 \varphi_B}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} \left\{ \cot(\beta_1 + \beta_2) + \cot(\beta_2 + \beta_4) - \frac{1}{k' \sin(\beta_1 + \beta_2)} \right\} = f_2, \\ \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_3} &= k' \frac{\sin^2 \varphi_B}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} \{ \cot \beta_3 - \cot(\beta_1 + \beta_3) \} = f_3, \\ \frac{\partial \varphi_B}{\partial \beta_4} &= k' \frac{\sin^2 \varphi_B}{\sin(\beta_1 + \beta_2)} \{ \cot(\beta_2 + \beta_4) - \cot \beta_4 \} = f_4. \end{aligned} \quad (18)$$

Here again the mean error of angle φ_B can be calculated according to equation (12), while the most favourable weight distribution may be obtained by equations (5)–(9), as it has already been given in detail [5; pp. 125–126] for another angle of this connective figure.

In the case of connective square — equally precise angular measurements being assumed — here we have

$$\mu_{\varphi_B} = \mu_{\beta} \sqrt{(-0,5)^2 + (-0,5)^2 + (0,5)^2 + (-0,5)^2} = \pm \mu_{\beta} \quad (19)$$

and this means that *with connective figure the same accuracy is reached as if the connective angle φ_B had been directly measured.*

Unfortunately, this connective square in most cases has the disadvantage that the two instrument station points come near to the wires. When the two theodolite station points C and D are further removed and the quadrangle shape is abandoned, the error increases. When $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = 30^\circ$, in case of equally precise angular measurements we have $\mu_{\varphi_B} = \mu_{\beta} \sqrt{3} = 1,7 \mu_{\beta}$ which corresponds to the value of the connective square of (16b) according to Fig. 4, and so it must be considered rather advantageous. In case the greater distance of the wires is nearly perpendicular to the axis of the pitbottom, this latter connective figure may be of service.

The relations discussed on the previous pages are not given for the reason that with every connection by Hansen's two point problem the computation should be strictly made in the same way, not even then if the respective shaft plumbing is of great importance. It is, however, useful to know the precise methods in order that by their aid we might be able to find out the neglect of the various approximate methods. By always using symmetrical figures

the calculation is made essentially shorter, since then the orientation is the function of only two angles in the cases of Figs. 4 and 5, and of only one in that of Fig. 6, and thus the mean error to be expected may be taken from a properly plotted diagram. In this latter case the mean error of the direction to be used, as the function of angle β in the unit of the mean error of the single angular measurement, may be represented by one curve, while in the former case, as the function of angles β_1 and β_2 , by a set of curves. Here it would be practicable to relate the single curves to β_2 values ranging by each 5° . There is no objection to measuring the single angles corresponding to values f with different accuracy and to give the corresponding values in the diagram. However, from our investigations it can also clearly be seen that the connections according to Figs. 4 and 5 are more worthy of attention. If the figure is in the symmetrical position, the most favourable weight distribution gives the same weights to the single angles which is undoubtedly advantageous, as the calculation may be dispensed with.

For lack of space, further details cannot be given here.

REFERENCES

1. HOVÁNYI, L.: A kapcsoló négyszöggel történő bányabeli csatlakozás pontossága (Accuracy of the Junction in Mines with Connecting Quadrangles) *Bányászati Lapok*, 1962. pp. 329–334. and 392.
2. A középhiba ellipszis kiszámításáról egyszerű előmetszésnél (On Computation of Mean Square Error Ellipse with Intersection). VI. Oszt. Közl. XXIV (1959), 261–289.
3. A legkedvezőbb súlyelosztás és jelentősége geodéziai méréseknél (Most Favourable Weight Distribution and its Importance in Geodetic Observations). A Mérnöki Továbbképző Intézet Kiadványa, M. 75. (1949) Budapest.
4. GROSSMANN, W.: Grundzüge der Ausgleichsrechnung. 2. ed. Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1961.
5. Über das Schachtlotproblem. *A Bánya- és Kohómérnöki Osztály Közleményei*, XVII (1948—1949), 83—147. and XVIII. 325.
6. Über die Verwendung der bedingten Beobachtungen mit ungemessenen Unbekannten zu Genauigkeitsuntersuchungen. To be published in *Freiberger Forschungshefte*.

GENAUIGKEITSUNTERSUCHUNG UND GÜNSTIGSTE GEWICHTSVERTEILUNG BEI DER GRUBENORIENTIERUNG MIT HILFE DES HANSEN-VIERECKS ALS ANSCHLUSSFIGUR

A. TÁRCZY-HORNOCH

ZUSAMMENFASSUNG

Die Orientierung mit Hilfe von zwei Schachtloten kann auch mit dem Hansen-Viereck erfolgen. Die dabei erzielbare Genauigkeit hängt davon ab, an welche Seite des Vierecks angeschlossen wird.

Die mittleren Fehler werden in der Studie 1. aus den zur Verbindungslinie der Drähte normalen Komponenten der Einzelfehler, 2. aus den Vermittlungsgleichungen für die Richtungen der Vorwärtseinschnitte und 3. durch unmittelbare Berechnung des mittleren Fehlers des zum Anschluss dienenden Winkels angegeben. Es werden dabei auch die günstigsten Gewichtsverteilungen untersucht.

Zur Ermittlung der zu erwartenden mittleren Fehler können vorteilhaft entsprechende Graphikone entworfen werden.

ANALYSE DE LA PRÉCISION ET DISTRIBUTION OPTIMALE DES POIDS DANS LE RATTACHEMENT D'UN RÉSEAU SOUTERRAIN A L'AIDE DU QUADRILATÈRE DE HANSEN

A. TÁRCZY-HORNOCH

RÉSUMÉ

L'orientation des systèmes de coordonnées souterrains peut être effectuée à l'aide d'un quadrilatère de Hansen, en utilisant deux fils à plomb. La précision ainsi obtenue dépend du côté du quadrilatère, choisi pour réaliser le rattachement.

L'article déduit les erreurs moyennes: 1° à partir des composants des erreurs partielles isolées, perpendiculaires à la droite joignant les deux fils; 2° des équations de correction correspondant aux directions d'intersection; 3° par évaluation directe de l'erreur moyenne de l'angle servant au rattachement, et traite ensuite de la distribution la plus favorable des poids dans les cas analysés.

En vue de déterminer les erreurs moyennes à attendre, il est utile de dresser des nomogrammes convenables.

ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ И НАИБОЛЕЕ БЛАГОПРИЯТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕСА ПРИ ГОРНЫХ УВЯЗКАХ ТЕТРАГОНОМ ГАНЗЕНА

A. ТАРЦИ-ГОРНОХ

РЕЗЮМЕ

Ориентировка подземной системы координат посредством двух отвесов може осуществляться и с использованием тетрагона Ганзена. Достигаемая при этом точность зависит от того, какая сторона тетрагона используется для увязки.

Средние погрешности получаются 1. из компонент отдельных частных ошибок, перпендикулярных прямой между двумя проволоками, 2. по вспомогательным уравнениям, соответствующим направлениям прямой засечки и 3. путем непосредственного вычисления средней ошибки угла, служащего для увязки. Автор останавливается также и на рассмотрении наиболее благоприятного распределения веса.

Для определения ожидаемых средних погрешностей целесообразным представляется построить соответствующие графики.

ZUR AUSGLEICHUNG DES EINSCHNEIDENS MIT GEMESSENEN LÄNGEN NACH DER METHODE DER BEDINGTEN BEOBACHTUNGEN

A. TÁRCZY-HORNOCH

MITGLIED DER UNGARISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

[Eingegangen am 13. Juli 1962]

Es wird die von K. N. TERPUGOW angegebene Lösung erweitert *a)* für den Fall, daß die absoluten Glieder der zwei ersten Vermittlungsgleichungen nicht Null sind (wobei für die Berechnung der Näherungskordinaten des Neupunktes ein einfacher linearer Weg angegeben wird) und *b)* für die Berechnung mit Rechenmaschine, wobei die trigonometrischen Tafeln gänzlich ausgeschaltet werden. Das von TERPUGOW behandelte Rechenbeispiel wird nach beiden Verfahren durchgerechnet.

Es erschien vor kurzem eine interessante und bemerkenswerte Arbeit von K. N. TERPUGOW [1], die für das in unserem Titel aufgeworfene Problem, als Weiterführung früherer Lösungen, besonders für den Fall von drei gegebenen Festpunkten eine elegante und einfache Lösung gab. Unter der Voraussetzung, daß die Näherungskordinaten des Neupunktes mit Hilfe der zwei ersten gemessenen Seiten gerechnet werden, fehlen in den zwei ersten linear gemachten Verbesserungsgleichungen nach den vermittelnden Beobachtungen die absoluten Glieder, also es werden:

$$\cos a_1 \delta x + \sin a_1 \delta y = v_1$$

$$\cos a_2 \delta x + \sin a_2 \delta y = v_2$$

$$\cos a_3 \delta x + \sin a_3 \delta y + l_3 = v_3$$

Die zu suchenden Koordinatenzuschläge δx und δy des Neupunktes *P* (Abb. 1) können dann mit Hilfe der Längenverbesserungen v_1, v_2 der ersten zwei Verbesserungsgleichungen leicht ausgedrückt werden. Setzt man diese in die dritte Verbesserungsgleichung ein, so erhält man bei drei Längen eine einzige Bedingung, d.h. bei der Berechnung eine einzige Normalgleichung.

Bevor wir weitergehen, seien einige Druckfehler in der Terpugowschen Arbeit berichtigt. Auf S. 20 ist in Gl. (5) der Koeffizient von v_3 richtig $-\sin \gamma_1$, wobei $\gamma_1 = (PA) - (PB)$ ist. Weiters hat das absolute Glied ein positives Vorzeichen, also $+l_3 \sin \gamma_1$, in Gl (7) ist $v_3 = -K \sin \gamma_1$. Es ist folglich richtig:

$$-\sin \gamma_2 v_1 + \sin (\gamma_1 + \gamma_2) v_2 - \sin \gamma_1 v_3 + l_3 \sin \gamma_1 = 0$$

Da das Zahlenbeispiel richtig ist, sind diese nur als reine Druckfehler zu betrachten.

Die Brauchbarkeit der angegebenen schönen Lösung leidet aber daran, daß man mit den gemessenen zwei ersten Seiten die Näherungskordinaten des Neupunktes sehr genau berechnen muß, da sonst die absoluten Glieder der zwei ersten Verbesserungsgleichungen nicht Null werden. Dies erfordert in der Regel ein genaues Quadratwurzelnziehen mit ziemlich viel Stellen, was nicht besonders bequem ist.

Man kann sehr leicht Näherungswerte für die Koordinaten des Neupunktes wie folgt erhalten. Es bestehen die Gleichungen für die gemessenen

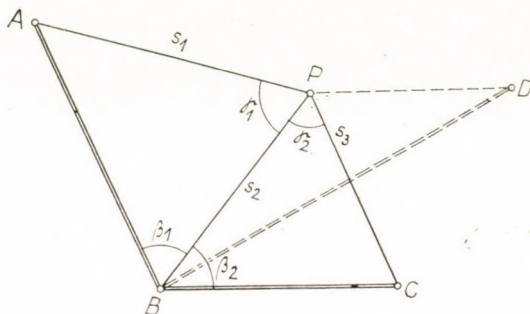


Abb. 1

Längen s_1 , s_2 und s_3 :

$$\begin{aligned} (x - x_A)^2 + (y - y_A)^2 &\doteq s_1^2 \\ (x - x_B)^2 + (y - y_B)^2 &\doteq s_2^2 \\ (x - x_C)^2 + (y - y_C)^2 &\doteq s_3^2 \end{aligned} \quad (1)$$

Durch Subtraktion der zweiten bzw. dritten Gl. aus der ersten erhalten wir:

$$\begin{aligned} 2(x_B - x_A)x + 2(y_B - y_A)y &= s_1^2 - s_2^2 + x_B^2 - x_A^2 + y_B^2 - y_A^2 \\ 2(x_C - x_A)x + 2(y_C - y_A)y &= s_1^2 - s_3^2 + x_C^2 - x_A^2 + y_C^2 - y_A^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Auf $x_A = 0$ und $y_A = 0$ bezogen wird daraus bei Beachtung, daß es sich hier um Näherungswerte x_0, y_0 handelt:

$$\begin{aligned} 2x_B x_0 + 2y_B y_0 &= s_1^2 - s_2^2 + x_B^2 + y_B^2 \\ 2x_C x_0 + 2y_C y_0 &= s_1^2 - s_3^2 + x_C^2 + y_C^2, \end{aligned} \quad (2a)$$

woraus die Näherungswerte x_0 und y_0 (auf A bezogen) leicht und ohne Zweiwertigkeit der Quadratwurzel berechnet werden können. Es genügt in der

Regel, die Näherungswerte nur in vollen Metern anzugeben und diese können — falls keine entsprechende Rechenmaschine zur Verfügung steht — aus Quadrattafeln entnommen werden.

Bei diesen Näherungswerten sind die absoluten Glieder der Verbesserungsgleichungen nicht Null, sondern l_1 und l_2 . Dementsprechend wird daraus die Bedingungsgleichung hier:

$$\begin{aligned} & - \sin \gamma_2 \cdot v_1 + \sin(\gamma_1 + \gamma_2)v_2 - \sin \gamma_1 v_3 + l_1 \sin \gamma_2 - \\ & - l_2 \sin (\gamma_1 + \gamma_2) + l_3 \sin \gamma_1 = 0 \end{aligned} \tag{3}$$

Folglich die Korrelate:

$$K = - \frac{[l \sin \gamma]}{[\sin^2 \gamma]} \tag{3a}$$

Die einzelnen l -Werte sind mit denselben $\sin \gamma$ -Werten zu multiplizieren wie die dazu gehörigen Verbesserungen v , sie haben aber entgegengesetzte Vorzeichen. Man kann folgende Regel leicht merken: Die zu einer Seite gehörige Verbesserung ist mit dem negativen Sinuswert jenes Winkels zu multiplizieren, der an diese Seite *nicht* angrenzt. Grenzen beide Winkel an eine Seite, d.h. ist diese Seite der gemeinsame Schenkel beider Winkel, so ist der positive Sinuswert der Summe der beiden Winkel zu nehmen. Ähnliches gilt bei der Berechnung der einzelnen Verbesserungen mit der Korrelate. Bei den absoluten Gliedern haben die Sinusse entgegengesetzte Vorzeichen.

Die den Näherungskordinaten entsprechenden Seiten, und so die absoluten Glieder für die drei Seiten, können bekanntlich auch ohne Wurzelziehen, mit trigonometrischen Tabellen gut gerechnet werden. Sie erfordern immerhin ein genaues Aufsuchen und Interpolation von trigonometrischen Funktionen, für die absoluten Glieder.

Wir können den erwähnten Nachteil entweder dadurch vermeiden, daß wir die kleinen Zuschläge Δx und Δy , die zur Tilgung von l_1 und l_2 erforderlich sind, aus den Beziehungen

$$\begin{aligned} (x_0 + \Delta x)^2 + (y_0 + \Delta y)^2 &= s_1^2 \\ (x_0 + \Delta x - x_B)^2 + (y_0 + \Delta y - y_B)^2 &= s_2^2 \end{aligned}$$

bzw. bei Vernachlässigung der kleinen Glieder zweiter Ordnung aus

$$\begin{aligned} 2 x_0 \Delta x + 2 y_0 \Delta y &= s_1^2 - (x_0^2 + y_0^2) \\ 2 (x_0 - x_B) \Delta x + 2 (y_0 - y_B) \Delta y &= s_2^2 - \{(x_0 - x_B)^2 + (y_0 - y_B)^2\} \end{aligned} \tag{4}$$

rechnen. Mit Rücksicht darauf, daß die Werte Δx , Δy kleine Größen sind, kann diese Berechnung sehr vereinfacht werden. Es genügt, die Koeffizienten in Metern, ja in zehn Metern anzugeben, und z. B. in den absoluten Gliedern s_1^2 bei Ermangelung einer entsprechenden Rechenmaschine einer Quadrattafel für ganze Meter s'_1 zu entnehmen, wobei hier die Bruchteile b des Meters durch das Zuschlagsglied $2s'_1 b$ berücksichtigt werden. Dadurch ist die Lösung auf den Fall mit $l_1 = l_2 = 0$ zurückgeführt.

Ein anderer Weg ist der, bei dem die Vermittlungsgleichungen selbst quadratisch angeschrieben werden. Bezeichnen wir die Näherungswerte der Koordinaten der Neupunkte wieder mit x_0 , y_0 , und deren gesuchte Zuschläge mit δx , δy , so besteht die Beziehung

$$(x_0 + \delta x - x_A)^2 + (y_0 + \delta y - y_A)^2 = (s_1 + v_1)^2$$

Daraus bei Vernachlässigung der kleinen Glieder zweiter Ordnung und Einführung der Bezeichnung $s_{0,1}$ für die Länge zwischen A und dem Punkt mit den Näherungskordinaten:

$$v_1 = \frac{x_0 - x_A}{s_1} \delta x + \frac{y_0 - y_A}{s_1} \delta y + \frac{s_{0,1}^2 - s_1^2}{2 s_1} \quad (5)$$

Da

$$\frac{x_0 - x_A}{s_1} = \cos \alpha_{0,1}, \quad \frac{y_0 - y_A}{s_1} = \sin \alpha_{0,1}$$

sind, also den Koeffizienten der üblichen Verbesserungsgleichungen entsprechen, so muß

$$\frac{s_{0,1}^2 - s_1^2}{2 s_1} = l_1 \quad (6)$$

sein. Ähnlich können wir auch die absoluten Glieder

$$\frac{s_{0,2}^2 - s_2^2}{2 s_2} = l_2, \quad \frac{s_{0,3}^2 - s_3^2}{2 s_3} = l_3 \quad (6a)$$

berechnen.

Wir können sogar bei elektronischen Rechenmaschinen noch weiter gehen und für die Lösung von der Form der Gl. (5) ausgehen, da man hier keine Werte aus trigonometrischen Tabellen in die Berechnung einzuführen braucht.

Bezeichnen wir in Gl. (5) den Koeffizienten von δx mit a_1 , jenen von δy mit b_1 , so entstehen — sinngemäß fortgesetzt die Gl.-en.:

$$\begin{aligned} v_1 &= a_1 \delta x + b_1 \delta y + l_1 \\ v_2 &= a_2 \delta x + b_2 \delta y + l_2 \\ v_3 &= a_3 \delta x + b_3 \delta y + l_3 \end{aligned} \tag{7}$$

Aus den ersten 2 Gl.-en. werden nun:

$$\begin{aligned} \delta x &= \frac{b_2(v_1 - l_1) - b_1(v_2 - l_2)}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \\ \delta y &= - \frac{a_2(v_1 - l_1) - a_1(v_2 - l_2)}{a_1 b_2 - a_2 b_1} \end{aligned} \tag{8}$$

In die dritte Gl. eingesetzt wird daraus in sehr anschaulichem Aufbau:

$$\begin{aligned} (a_3 b_2 - b_3 a_2) v_1 - (a_3 b_1 - b_3 a_1) v_2 + (a_2 b_1 - a_1 b_2) v_3 - \\ - (a_3 b_2 - b_3 a_2) l_1 + (a_3 b_1 - b_3 a_1) l_2 - (a_2 b_1 - a_1 b_2) l_3 = 0, \end{aligned} \tag{9}$$

woraus die Korrelate, mit deren Hilfe die Verbesserungen und nach Gl. (8) die Koordinatenzuschläge δx , δy berechnet werden. Diese Berechnung erfordert kein Quadratwurzelziehen und keine trigonometrischen Tafeln und kann gut programmiert werden. Sie folgt dem Grundsatz, daß im Falle, wenn keine Winkel gemessen werden, auch die Winkelfunktionen möglichst vermieden werden sollen.

Gl. (9) gilt natürlich auch bei verschieden genauen Beobachtungen, in welchem Falle die Korrelate sowie die Verbesserungen bekanntlich wie folgt ausgedrückt werden. Bezeichnen wir die Koeffizienten von v_1 mit a_1 usw., das absolute Glied mit L , so wird in diesem Falle

$$K = \frac{L}{\left[\frac{AA}{P} \right]} \quad \text{und} \quad v_1 = \frac{A_1}{P_1} K \quad \text{usw.} \tag{10}$$

Aus der allgemeinen Gl. (10) erhalten wir alle Sonderfälle, es können höchstens die einzelnen Koeffizienten noch etwas umgeformt werden.

Es mag bemerkt werden, daß man die Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen auch nach der Methode der Ausgleichung des Streckenviereckes angeben kann (Vgl. [2; S. 181. Gl. (3)]). Man braucht nur in der entsprechenden Bedingungsgleichung der angegebenen vielen Lösungen die

Verbesserungen der Seiten zwischen den gegebenen Punkten gleich Null setzen.* Doch ist der von TERPUGOW gewählte Weg etwas einfacher.

Die hier angegebenen Beziehungen sind grundsätzlich auch bei mehr als drei gegebenen Punkten gültig, indem wir dann z.B. zu den früheren zwei Punkten als dritten Punkt nicht C , sondern jetzt D nehmen und dementsprechend den Winkel zwischen (PB) und (PD) als γ_3 bzw. die gemessene Seite \overline{DP} als Seite s_3 ansehen usw. Doch hat das angegebene Verfahren nur bei drei Festpunkten einen Vorteil von wenigeren Normalgleichungen. Bei vier Punkten liefern die Ausgleichungen nach den vermittelnden Beobachtungen und nach den bedingten Beobachtungen gleich zwei Normalgleichungen, wobei aber bei den bedingten Beobachtungen die Koordinatenzuschläge eigens zu berechnen sind, und man deren mittlere Fehler nicht unmittelbar erhält.

*

Anhangsweise wollen wir das von TERPUGOW behandelte Beispiel nach dem vorgeschlagenen Wege berechnen.

Die durch die ursprünglichen Werte $x_A = +39\,308,76$ und $y_A = +53\,051,84$ auf $x_A = 0$ und $y_A = 0$ reduzierten Koordinaten sind:

	x	y	
A	0	0	$s_1 = 6672,34$
B	-7866,25	+2450,52	$s_2 = 7583,43$
C	-6569,25	+8957,78	$s_3 = 5664,26$

Nach Gl. (2a) werden:

$$\begin{aligned} -15\,730 x_0 + 4\,900 y_0 &= 54\,890\,000 \\ -13\,140 x_0 + 17\,920 y_0 &= 135\,830\,000 \end{aligned}$$

$$\text{Daraus } x_0 = -1461 \quad y_0 = +6511$$

Mit diesen Näherungswerten können wir nun nach Gl. (5)–(9) rechnen, wir können aber auch nach Gl. (4) die Näherungskordinaten für $l_1 = 0$ und $l_2 = 0$ ermitteln. Für den letzteren Fall werden aus Gl. (4) (die letzte Zahl in den Koeffizienten ausgerundet)

$$\begin{aligned} -2\,920 \Delta x + 13\,020 \Delta y &= -7521 \\ +12\,810 \Delta x + 8\,120 \Delta y &= -6314 \\ \Delta x &= -0,11 \quad \Delta y = -0,60 \end{aligned}$$

* Dabei ist es in der Regel besser, die Winkelbedingung im gegebenen Punkt B anzuschreiben, weil dann die komplizierteren Koeffizienten herausfallen.

Man erhält in diesem Falle mit den hiesigen Bezeichnungen (wobei z. B. $h_{s_1,B}$ den Abstand des Punktes B von der Seite s_1 usw. bedeutet) und mit den aus den gemessenen Seiten ermittelten Winkeln β_1^0 und β_2^0 die brauchbare Beziehung:

$$-\frac{1}{k_{s_1,B}} v_1 + \frac{h_{s_1,B}}{h_{s_1,B} h_{s_2,D}} v_2 - \frac{1}{h_{s_3,C}} v_3 + (BC) - (BA) - (\beta_1^0 + \beta_2^0) = 0$$

Folglich sind diese Näherungskordinaten (x_0) , (y_0) :

$$(x_0) = -1461,11 \quad (y_0) = 6510,40$$

oder im ursprünglichen System

$$\begin{aligned} (x_0) &= 39\,308,76 - 1461,11 = 37\,847,65 \\ (y_0) &= 53\,051,84 + 6510,40 = 59\,562,24 \end{aligned}$$

Im Beispiel von TERPUGOW hat x einen um 1 cm größeren Wert. Unser Wert entspricht genauer den Bedingungen, daß l_1 sowie l_2 Null seien.

Jetzt können wir im Sinne von TERPUGOW weiter rechnen.

Wenn wir l_1 und l_2 nicht Null machen, so entsprechen schon die Werte $x_0 = -1461$ und $y_0 = +6511$. Nach Gl.-en (6) u. (6a) werden die Widersprüche:

$$l_1 = +0,564 \quad l_2 = +0,416 \quad l_3 = -0,255$$

Wir berechnen weiters die Koeffizienten

$$\begin{aligned} a_1 &= -0,219 & a_2 &= +0,845 & a_3 &= +0,902 \\ b_1 &= +0,976 & b_2 &= +0,535 & b_3 &= -0,432 \end{aligned}$$

und:

$$\begin{aligned} A_1 &= a_3 b_2 - b_3 a_2 = +0,848 \\ A_2 &= a_3 b_1 - b_3 a_1 = +0,786 \\ A_3 &= a_2 b_1 - a_1 b_2 = +0,942 \end{aligned}$$

Es ergibt sich folglich die Gl. (9):

$$+0,848v_1 - 0,786v_2 + 0,942v_3 - 0,477 + 0,327 + 0,240 = 0$$

Daraus: $[AA] = +2,224$

Folglich werden:

die Korrelate

$$K = \frac{-0,477 + 0,327 + 0,240}{+2,224} = -0,0405$$

und die Verbesserungen

$$v_1 = -0,034 \quad v_2 = +0,032 \quad v_3 = -0,038$$

Aus Gl.-en (8):

$$\delta x = \frac{-0,320 + 0,375}{-0,942} = -0,058 \quad \delta y = \frac{-0,505 - 0,084}{-0,942} = -0,625.$$

Und endlich die Koordinaten:

auf $x_A = 0$, $y_A = 0$ bezogen:

$$x = -1461 - 0,058 = -1461,058$$

$$y = +6511 - 0,625 = +6510,375$$

bzw. im ursprünglichen System:

$$x = +37\ 848,702 \quad y = +59\ 562,215$$

Diese Werte stehen in guter Übereinstimmung mit den von TERPUGOV angegebenen.

Wir haben die ganze Berechnung ohne jede trigonometrische Tafel lediglich mit den vier rechnerischen Grundoperationen und mit Quadrierungen gelöst. Dadurch scheint dieses Verfahren zur maschinellen Berechnung besonders geeignet zu sein und berücksichtigt so weitgehend den Umstand, daß bei diesem Problem keine Winkel, sondern Längen gemessen wurden.

SCHRIFTTUM

1. K. H. Терпугов: Уравнивание линейных засечек по способу условных уравнений, *Геодезија и Картографија*, 1962, 19—22.
2. Further Remarks on Least Squares Adjustment of Linear Dimensions in a Geodetic Quadrilateral. *Empire Survey Review*. XVI (1961), 178—186.

ON THE ADJUSTMENT OF POINT INTERPOLATIONS BY MEASURED LENGTHS USING THE METHOD OF CONDITIONAL OBSERVATIONS

A. TÁRCZY-HORNOCH

SUMMARY

Author develops K. N. TERPUGOV's solution in two respects: a) if the absolute term of the first two intermediating equations is not equal to zero (then giving a simple linear method for the computation of the approximate co-ordinates of the new point); b) if a computer is used, for the calculation in which case the use of trigonometric tables can be entirely eliminated. Author performs the calculation of TERPUGOV's numerical example by using both suggested methods.

LA COMPENSATION DE L'INTERSECTION PAR DISTANCES MESURÉES SELON LA MÉTHODE DES OBSERVATIONS CONDITIONNÉES

A. TÁRCZY-HORNOCH

RÉSUMÉ

L'auteur développe la résolution de K. N. TERPUGOV pour les cas où: 1° les membres absolus des deux premières équations de correction ne sont pas égaux à zéro (pour ce cas, il présente une méthode linéaire simple pour le calcul des coordonnées approximatives du point nouveau); 2° on utilise une machine à calculer, ce qui évite l'emploi des tableaux de fonctions trigonométriques. L'auteur calcule l'exemple numérique de Terpugov selon les deux méthodes proposées.

ОБ УРАВНИВАНИИ УВЯЗОК С ЗАМЕРЕННЫМИ ДЛИНАМИ МЕТОДОМ
УСЛОВНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

А. ТАРЦИ-ГОРНОХ

РЕЗЮМЕ

Автором дается дальнейшее развитие метода *К. Н. Трепугова* а) для случая, когда абсолютный член первых двух вспомогательных уравнений не равняется нулю (при этом для вычисления приближенных координат нового пункта дается простой линейный способ) и б) для вычислений при помощи счетно-решающих машин, когда применение тригонометрических таблиц можно полностью исключить. Числовой пример *Трепугова* вычисляется автором при помощи обоих методов.

WEITERE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERWENDUNG DER SEKUNDENLIBELLEN

GY. ALPÁR

GEODÄTISCHES FORSCHUNGLABORATORIUM DER UNGARISCHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN, SOPRON (UNGARN)

[Eingegangen am 3. September 1962]

Auf Grund einer Untersuchung der Index-Rolle der Blase kann bewiesen werden, daß die für den Gebrauch der Sekundenlibellen von Wyss angegebene Methode prinzipiell nicht stichhältig ist. Diese Behauptung kann durch die Nichterfüllung der Bedingungen (1) und (2) (mit Ausnahme der ideell guter Libellen) auch mathematisch nachgewiesen werden. Von den bisherigen Libellenprüfmethoden wurde nicht berücksichtigt, daß bei einer gegebenen Libelle die relative Lage der zu den verschiedenen Blasenlängen gehörigen Kennlinien ebenfalls gegeben ist. Aus den angeführten Gründen kann als Endergebnis festgestellt werden, daß durch keine von den Libellenprüfmethoden wird es gesichert, daß mit Hilfe der mit größeren Krümmungsfehlern belasteten Libellen genaue Winkelmessungen durchgeführt werden können. Zum Schluß werden die Vernachlässigungsgrenzen der bekannten Verfahren untersucht, wobei es festgestellt wird, daß es — zum Unterschied von der bisherigen Praxis — zweckmäßig ist, die Libellen bei der noch zulässigen kürzesten Blasenlänge zu prüfen, da ihre Brauchbarkeit bereits auf diese Weise ermittelt werden kann.

Kürzlich wurden in der Fachliteratur neue Methoden mitgeteilt, mit deren Hilfe auch mittels der mit Krümmungsfehler belasteten Sekundenlibellen genaue Winkelmessungen vorgenommen werden können [1], [2], [3]. (Mit Hilfe der Sekundenlibellen werden nämlich — wie bekannt — im allgemeinen kleine Winkel unmittelbar gemessen. Die Einstellung der Libellenblase auf irgendeinen Index ist infolge der verhältnismäßig großen Schwingungsdauer praktisch äußerst schwierig durchzuführen.) Die in [1] und [3] beschriebenen Methoden lösen die Aufgabe mit Hilfe einer Eichkurve bzw. einer Tabelle. Mit Hilfe der Eichkurve bzw. der Tabelle wird zu einer beliebigen Ablesung des Blasenendes auf einfacher Weise ein Winkelwert erhalten, und so kann — unabhängig von der veränderlichen Blasenlänge — mit Hilfe einer einzigen Kurve bzw. Tafel der der Blasenausschlag entsprechende Winkelwert berechnet werden. In Verbindung mit diesen neuen Methoden müssen auch die weiteren Umstände der zur Bestimmung der fraglichen Eichkurven bzw. Tabelle durchgeführten Messungen berücksichtigt werden, da hieraus noch weitere Folgerungen gezogen werden können.

Die Prüfung der Sekundenlibellen wurde bis zur Zeit in der Weise vorgenommen, daß als Index der Libellen der Blasenmittelpunkt diente. Es steht dem jedoch prinzipiell nichts im Wege, irgendeinen anderen Teil der Blase, so z. B. eines ihrer Enden, als Index zu verwenden, doch wird wegen der Temperaturabhängigkeit der Blasenlänge, ferner im Hinblick auf meßtechnische Gesichtspunkte, in der Praxis beinahe ausnahmslos der Mittelpunkt

der Libellenblase als Index verwendet. (Eine interessante Ausnahme bildet der im Theodolit Th 3 der Zeiss Werke in Oberkochen angewendete automatische Höhenindex, wo das eine Blasenende der Indexlibelle bei der Ablesung des Höhenkreises als Index der Mikrometerskala dient. Hier wurde jedoch die Libelle mit einer besonderen Sorgfalt derart ausgebildet, daß die Länge der Libelle von der Temperatur praktisch unabhängig sei [4]. Ein ähnliches Prinzip wurde im Jahre 1932 von H. HECKMANN für Nivellierinstrumente ausgearbeitet, doch konnte sich diese Lösung nicht verbreiten ([5] S. 278—283). Im Hinblick auf die Prüfungen ist ein weiterer wesentlicher Umstand, daß unter normalen Meßbedingungen, wo die Bewegung der Libellenblase in laminarer Strömung bei verhältnismäßig geringen Reynolds-Zahlen vor sich geht, sich die Blase mit guter Näherung den starren Körpern ähnlich verhält und der Richtkraft der Schwere wie ein starrer Körper nachkommt. Obschon prinzipiell mit der Deformation der Blasenform infolge der Krümmungsfehler der Libelle gerechnet werden muß, wodurch eben die größte Abmessung, d.h. die Länge der Blase in dem höchsten Maße beeinflusst wird, doch erreicht dieser Effekt in der Praxis nie das Maß der Fehler, die bei den bisherigen Ablesungen der Blasenenden in Erscheinung traten. Entsprechend dem vorangehenden können somit die Enden der Blase keine voneinander unabhängige Bewegung ausführen, und daher *muß die ganze Blase als Index betrachtet werden*.

Die allgemein verbreitete Verwendung der Libellen entspricht in vollem Maße der oben erörterten Rolle der Blase als Index, indem der Mittelwert der auf der Libellenskala abgelesenen und zusammengehörigen Lagen des Blasenendes als Index verwendet wird. Im Anschluß hieran und zur Vermeidung jeglicher weiterer Erklärung wollen wir an die Debatte von ALBRECHT und MÜHLIG [6] verweisen, im Laufe deren sich dieses einfache Verfahren als stichhältig erwies. Es kann dies jedoch nicht behauptet werden von den in [1] beschriebenen, auch mathematisch nur näherungsweise gültigen Verfahren von WYSS, bei welchem er von der Voraussetzung ausgeht, daß aus den üblichen Prüfungsmessungen die Kennlinie des einen Blasenendes, oder die Kennlinie, die zu der Blasenlänge Null gehört, d.h. die Schleifkurve der Libelle berechnet werden kann. Diese Annahme ist aus dem Grunde nicht stichhältig, weil nach dem obigen die zusammengehörigen Blasenenden keine voneinander unabhängige Bewegung ausführen können, und so sind in konkretem Fall die von den Blasenenden beschriebenen Kurven, bei konstanter Blasenlänge, untereinander und mit der auf die Blasenmitte bezüglichen Kennlinie kongruent, d.h., sie enthalten keinerlei neue Informationen (Abb. 1).

Ferner dürfen wir nicht unberücksichtigt lassen, daß die Gleichung (8) von WYSS:

$$S(l_m) = \frac{1}{2} [E(l_k) + E(l_g)]$$

physikalisch nicht stichhältig ist, da die hier vorgeschriebene Mittelung der Blasenenden-Ablesungen — im Sinne unserer früheren auf die Index-Rolle der Blase bezüglichen Feststellungen — auf der Libellenskala, nicht aber an den Teilungen der Meßschraube des Libellenprüfers vorgenommen werden müssen. Diese letztere Annahme ist ohnehin nur eine Fiktion, da doch zu einer Blasenlage stets nur eine Ablesung der Meßschraube gehört. Dies hat aber zur Folge, daß — wenn auch dem Verfahren eine bloße mathematische Interpretation gegeben wird, wie dies von A. TÁRCZY-HORNOCH in seiner in [3] beschriebenen strengen Methode vorgeschlagen wird — mit Ausnahme der als Gerade erscheinenden Kennlinie der Libellen mit idealer Krümmung,

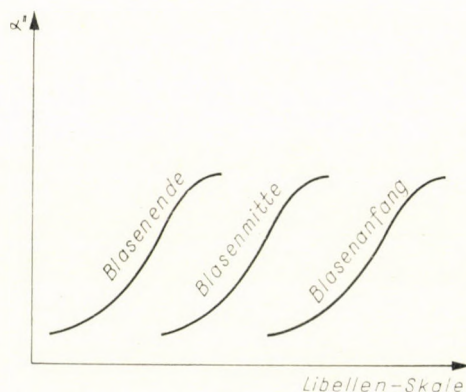


Abb. 1

bei Verwendung der Bezeichnungen von WYSS, nie eine Funktion $E(l)$ gefunden werden kann, bei der die WYSSsche Bedingung:

$$\frac{1}{2} [E(l_i) + E(l_i + b)] = E(l_i + b/2) \quad (1)$$

genau erfüllt werden könnte. (Hier bedeutet das in den Bezeichnungen von WYSS nicht vorkommende b die Blasenlänge in der Einheit der Libellenskala.) Die Formel (1) ist dem Fall der allgemeinen linearen Interpolation analog, es erübrigt sich somit jede weitere Erklärung.

Die Unerfüllbarkeit der Gleichung (1) enthält zugleich auch die Unerfüllbarkeit der Gleichung:

$$\frac{1}{2} [E(l_i) + E(l_i + b)] = S(l_{m,i}), \quad (2)$$

da ein zu einer Blasenmitte gehöriger, gemessener Funktionswert $S(l_m)$ in einer anderen Blasenlage mit einem zu einem Blasenende gehörigen, berech-

neten Funktionswert $E(l)$ zusammenfallen kann, und diese Bedingung kann wegen der Unerfüllbarkeit von (1) bereits bei einer einzigen (konstanten) Blasenlänge nur mit Vernachlässigungen erfüllt werden. Diese Vernachlässigungen haben dann die in [3] mit v' bezeichneten Verbesserungen zur Folge, die systematische Fehler sind, und die den Hauptgrund dafür darstellen, daß das WYSSsche Iterationsverfahren nicht konvergiert.

Es dürfte bereits aus den Untersuchungen von WANACH bekannt sein, daß in gleichen Libellenlagen die Ruhelage der Blase bei den Libellen mit unregelmäßiger Krümmung auch von der Blasenlänge abhängig ist [7; S. 222—223] (Abb. 2). Es ist hierauf zurückzuführen, daß auch unter sonst gleichen Prüfungsbedingungen für die nämliche Libelle bei verschiedenen Blasenlängen unterschiedliche Kennlinien erhalten werden, wie dies von

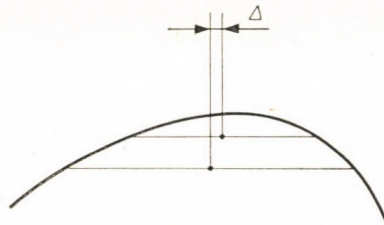


Abb. 2

R. BREIN [8] und auch von WYSS festgestellt wurde. Da sich diese Kennlinie im allgemeinen voneinander unterscheiden, können sie durch eine gemeinsame Kennlinie nur auf Kosten gewisser Vernachlässigungen gekennzeichnet werden. Andererseits wird von keinem der bisherigen Verfahren beachtet, daß bei einer gegebenen Schleifkurve auch die relative Anordnung der zu den verschiedenen Blasenlängen gehörigen Kennlinien gegeben ist. Diese Kurven können somit nicht ohne weiteres auf eine gemeinsame Ausgangsablesung der Meßschraube transformiert werden, und so wird bezüglich der systematischen Fehleranteile eine Vernachlässigung gemacht, wenn wir das Minimum der Quadratsumme der Abweichungen auch hierdurch sichern wollen. Daher muß auch bei der in [3] beschriebenen strengen Methode damit gerechnet werden, daß die bisher behandelten systematischen Abweichungen und die unvermeidlichen zufälligen Meßfehler voneinander nicht getrennt werden können, und aus diesem Grunde wird die gemeinsame Kennlinie, die mit dem Minimum der Quadratsumme der gleichzeitig auftretenden Abweichungen berechnet wurde, durch systematische Restfehler belastet. Würden als systematische Fehler lediglich die relativen Verschiebungen der zu den verschiedenen Blasenlängen gehörigen Kennlinien in Erscheinung treten, so könnten die zahlenmäßigen Werte dieser nach der in [3] beschriebenen Methode ungemessenen Unbekannten bestimmt werden. Das Problem ergebe jedoch

nicht einmal auf diese Weise eine vollständig strenge Lösung, da doch diese systematischen Abweichungen durch eine gemeinsame Kennlinie keineswegs eliminiert werden können, und so müßten wir zu dem in [2] beschriebenen, zu jeder Blasenlänge eine besondere Kennlinie zuordnenden Verfahren zurückkehren, wobei zur Berücksichtigung der momentanen Blasenlänge auch zwischen den Kennlinien interpoliert werden muß. Dies wird durch die in [3] beschriebene Methode vermieden, die bei Voraussetzung verhältnismäßig guter Libellen auch ohne Interpolation zwischen den Kennlinien eine brauchbare Methode liefert.

Infolge der Unerfüllbarkeit der Bedingungen (1) bzw. (2), ferner wegen der unterschiedlichen Form der zusammengehörigen Kennlinien müssen wir aber auch mit weiteren systematischen Abweichungen rechnen, und so wird die Brauchbarkeit der untersuchten neuen und im allgemeinen jeder Libellen-Prüfmethode allein durch die systematischen Fehler der mit den Libellen gemessenen Winkel bedingt. Obschon es zutrifft, daß diese letzteren auch durch die zufälligen Meßfehler beeinflusst werden, doch werden die nach der mehrmaligen Wiederholung der Prüfungsmessungen verbleibenden Fehler mit guter Näherung nur noch die das angewendete Verfahren belastenden systematischen Fehler ergeben, und so werden auch die Vernachlässigungsgrenzen bestimmt.

Bei den bisherigen Meßmethoden der Libellenprüfung wurde der in der Praxis fast ausschließlich vorkommende Fall, wo sich die Länge der Blase während der Winkelmessung mit der Libelle ändert, nicht immer berücksichtigt, er wurde sogar des öfteren gerade vermieden. In Abhängigkeit von den Eigentümlichkeiten der verschiedenen Anwendungsgebiete der Sekundenlibellen kann nämlich zwischen den beiden aufeinanderfolgenden Ablesungen der Blasenlage auch ein längeres Zeitintervall liegen, wobei sich die Länge der Blase in Abhängigkeit auch von dieser Zeitdauer im allgemeinen verändert. Von diesem Gesichtspunkt aus wäre somit die genaue Kenntnis der relativen Verschiebung der zusammengehörigen Kennlinien von Bedeutung, es liegt doch auf der Hand, daß ohne diese Kenntnis mit den mit Krümmungsfehlern belasteten Sekundenlibellen genaue Winkelmessungen nicht durchgeführt werden können. Zur Bestimmung der relativen Verschiebungen dürfte nach dem vorangehenden der Gedanke auf der Hand liegen, daß bei den Messungen der zu den verschiedenen Längen gehörigen Kennlinien der Libellen die verschiedenen Blasenlängen, ohne die Libelle zu abheben und den praktischen Meßbedingungen entsprechend, durch die Änderung der Temperatur des Prüfraumes verwirklicht werden sollen. Diese Methode empfiehlt sich jedoch in der Praxis dennoch nicht, da — obschon die Temperaturregelung des Prüfraumes, wenn auch nicht einfach, dennoch gelöst werden kann — eine Änderung der Temperatur den Libellenprüfer ebenso beeinflusst, wie sich die Temperaturänderung bei der Feldarbeit auf das ganze Instrument

auswirkt. Soll aber bei den Prüfungen eine Absonderung der Fehlerquellen erfolgen, was durchaus erwünschenswert ist, so dürfte diese Methode nicht zum Ziele führen. Bei der zur Zeit üblichen Prüfmethode muß die Libelle zur Veränderung der Blasenlänge vom Instrument abgehoben werden, bei ihrer Zurücksetzung kann jedoch auf Grund der bisherigen Erfahrungen die mit der früheren identische Lage mit einer mechanisch ausreichender Genauigkeit nicht gesichert werden. Die genaue Bestimmung der relativen Verschiebungen der Kennlinien stellt somit ein noch ungelöstes Problem dar, und so muß zu diesem Zwecke eine neue Lösung gefunden werden, insofern derartige Prüfungen notwendig sind.

Eine unmittelbare Folge der vorstehenden Erörterungen besteht darin, daß bei größeren Krümmungsfehlern und bei gegebenen Vernachlässigungsgrenzen die behandelten neuen Verfahren nicht angewendet werden können, d.h., *es wird durch keine Methode gesichert, daß mit Hilfe der mit größeren Krümmungsfehlern belasteten Libellen genaue Winkelmessungen durchgeführt werden können.* Zu der nämlichen Feststellung gelangte auch das Studium unter [3].

Schließlich ist auf Grund der obigen Erörterungen zu überlegen, daß — wenn auch aus den Kennlinien die sogenannte Schleifkurve oder eine Funktion $E(l)$, die die Durchführung von Messungen vorgeschriebener Genauigkeit mit Hilfe von mit größeren Krümmungsfehlern belasteten Libellen ermöglichte, nicht berechnet werden kann — auch aus einer einzigen Kennlinie Schlußfolgerungen für den Verlauf der zugehörigen übrigen Kennlinien gezogen werden können. *Je mehr eine Kennlinie von der idealen Geraden abweicht, um so mehr werden sich die zusammengehörigen Kennlinien voneinander unterscheiden und um so mehr werden sie gegeneinander verschoben sein, d.h. um so weniger können sie durch eine gemeinsame Charakteristik gekennzeichnet werden.*

Da die praktischen Erfahrungen eindeutig dafür sprechen, daß die zu den größeren Blasenlängen gehörigen Kennlinien gleichmäßiger verlaufen (auch WANACH gelangte in seinen theoretischen Untersuchungen zu diesem Ergebnis), so dürfte es zweckmäßig sein, die Libellen — zum Unterschied von der bisherigen Praxis — bei der für die Messungen noch zulässigen kürzesten Blasenlänge zu prüfen, denn wenn in diesem Fall die von der Unerfüllbarkeit der Bedingungen (1) bzw. (2) herrührenden Vernachlässigungen noch zulässig sind, so können wir dessen sicher sein, daß sich die Lage bei den Messungen mit größeren Blasenlängen noch günstiger gestaltet. Diese Feststellung kann selbstredend auch in der Weise nutzbar gemacht werden, daß in gegebenem Fall die kürzeste Blasenlänge bestimmt wird, bei der die erwähnten Vernachlässigungen noch zugelassen werden können.

Zur Abschätzung der zu erwartenden relativen Verschiebungen der zusammengehörigen Kennlinien können wir von den theoretischen Untersuchungen von WANACH [7; S. 234—236] ausgehen. Für die langperiodischen

Krümmungsfehler, die bei den noch zulässigen Abschlußfehlern der Bedingungen (1) bzw. (2) auftreten (die Kennlinie setzt sich aus höchstens 2–3 gleichmäßigen Abschnitten zusammen (können wir nämlich für die Verschiebung Δ der Blase von ihrer idealen Lage die nachstehende Beziehung anschreiben:

$$\Delta \doteq Rb, \quad (3)$$

wo R eine Kennzahl darstellt, die die Krümmungsverhältnisse der Libelle in der Blasenlage kennzeichnet, während b die Länge der Blase bedeutet. Diese auf Grund der geometrischen Modellversuche von WANACH angeschriebene, approximative Beziehung zeigt ebenfalls, daß das Maß der Verschiebung Δ von der Länge der Blase abhängt, was gleichbedeutend mit der Verschiebung der Kennlinien ist. Für die von WANACH noch als befriedigend bewerteten Libellen kann der Wert von R nach theoretischer Schätzung 0,03 nicht übertreffen (dies ist eine reine, dimensionslose Zahl), und so wird im extremen Fall bei den Libellen der obigen Kategorie eine Längenänderung der Blase während der Messung um 3 Skalenteile einen Fehler in der Winkelmessung von nahe 0,1 Skalenteil bedingen. Diese Daten stellen jedoch bloß geschätzte Werte dar und auch so beziehen sie sich nur auf stark vereinfachte Fälle. Nichtsdestoweniger eignen sich diese Daten dafür, um unsere Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit des Problems zu lenken.

Zum Schluß stellen wir fest, daß das Anwendungsgebiet der Libellen nur ein beschränktes sein kann, und daß bereits aus einer einzigen — allerdings der anzuwendenden kürzesten Blasenlänge zugehörigen — Kennlinie auf das zu erwartende Maß der Vernachlässigungen geschlossen werden kann. Es sei jedoch an dieser Stelle bemerkt, daß sich die erörterten Probleme lediglich auf die geometrischen Verhältnisse der Libellen bezogen. Auf die weiteren, im Hinblick auf die Messungen wichtigen Eigenschaften der Libellen wollen wir noch bei Gelegenheit eingehen.

SCHRIFTTUM

1. WYSS, N.: Neigungsbestimmungen mit Berücksichtigung systematischer Libellenfehler. *Schweizerische Zeitschrift f. Vermessungswesen, Kulturtechnik u. Photogrammetrie.* 1957, 153–164.
2. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Nagyérzékenységű libellák vizsgálata (Untersuchung von hochempfindlichen Libellen). *VI. Oszl. Közl. XXIII* (1959), 287–302.
3. TÁRCZY-HORNOCH, A.: Über die Messung mit Sekundenlibellen. *Vermessungstechnik* 1961, 363–370.
4. VOGEL, K. H.: Zeiss-Theodolit Th3 im Steinkohlenbergbau. *Zeiss-Werkzeitschrift* Nr. 43.
5. HECKMANN, H.: Ein neues Nivellierinstrument zum Messen mit Libellenausschlägen. *Zeitschrift für Vermessungswesen.* 1952, 278–280.
6. ALBRECHT, G.: Zur Theorie der Röhrenlibelle. *Zeitschrift für Vermessungswesen.* 1941, S. 70–72.
MÜHLIG, F.: Zur Theorie der Röhrenlibelle. Berichtigung zu dem Beitrag von G. Albrecht in Heft 3/1941 dieser Zeitschrift. *Zeitschrift f. Vermessungswesen.* 1941, 347.

7. WANACH, B.: Untersuchungen von Sekundenlibellen. *Zeitschrift für Instrumentenkunde*. 1926, 221—238.
8. BREIN, R.: Beitrag zur Libellenprüfung. *Mitteilung des Instituts für angewandte Geodäsie*, Frankfurt a. M. 1954. Reihe B. Nr. 21.

FURTHER INVESTIGATIONS ON THE USE OF ONE-SECOND LEVELS

GY. ALPÁR

SUMMARY

On ground of the investigations on the indexrole of the bubble, it can be proved that the method given by WYSS for the use of one-second levels is in principle not acceptable. This statement can be mathematically justified by the non-fulfilment of conditions (1) and (2) (except in the case of ideally good levels). The methods used up till now for the checking of levels did not take into consideration that, for a given level, the relative position of the characteristic curves referring to different bubble-lengths is also given. On account of the reasons mentioned, it can be stated, as a final result, that none of the level checking methods guarantees an accurate angular measurement with levels of fairly great curvature error. Finally, examining the neglecton limits of the known procedures, it can also be stated that deviating from the present practice, it is advisable to check the levels at the shortest bubble-length still to be thought of in the measurements, since their usability can even in this way be established.

NOUVEAUX EXAMENS RELATIFS A L'USAGE DES NIVEAUX A SECONDE

GY. ALPÁR

RÉSUMÉ

L'examen du rôle d'index de la bulle permet de prouver que la méthode préconisée par WYSS pour l'usage des niveaux à seconde n'est pas satisfaisante en principe. Cette constatation peut être mathématiquement démontrée par la réalisation des conditions (1) et (2), excepté le cas de niveaux de qualité idéale. Les méthodes de contrôle des niveaux n'avaient pas tenu compte du fait que pour un niveau donné, la position relative des courbes caractéristiques correspondant aux différentes longueurs de la bulle est elle-même déterminée. On peut donc constater, en définitive, qu'aucune des méthodes de contrôle ne nous assure la possibilité d'obtenir des mesures précises des angles en utilisant des niveaux entachés d'erreurs de courbure plus importantes. Enfin, en examinant les limites d'approximation des méthodes connues, on peut constater que contrairement à l'usage, il est préférable d'effectuer les mesures de contrôle avec la plus petite longueur de bulle possible, l'utilité du niveau pouvant être déjà déterminée à cette condition.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СЕКУНДНЫХ

УРОВНЕЙ

Д. АЛЬПАР

РЕЗЮМЕ

По результатам исследований, направленных на выяснение роли пузырька, как указателя, можно доказать принципиальную несостоятельность метода, предложенного Висс-ом для использования секундных уровней. Этот вывод (за исключением случая идеально хороших уровней) может быть математически подтвержден в связи с тем, что условия [1] и [2] не удовлетворяются. Применявшиеся до сих пор для изучения уровней методы не учитывали, что относительное положение характеристик, относящихся к различным длинам пузырька определенного уровня, является также заданным. По вышеприведенным причинам в итоге можно сказать, что ни один из методов изучения уровней не обеспечивает возможность проведения точных измерений угла при помощи уровней, характеризующихся значительными ошибками по кривизне. Наконец, изучая пределы пренебрежения, характерные для известных методов, автор утверждает, что в противоположность принятой до сих пор практике, целесообразным представляется изучать уровни при используемых еще в процессе измерений наименьших длинах пузырька, так как при этом уже может быть определена их применимость.

ОБ ИЗУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ЭНЕРГИИ

А. АДАМ — П. БЕНЦЕ

ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ВЕНГЕРСКОЙ АН, Г. ШОПРОН
(ВЕНГРИЯ)

[Поступило 3-го сентября 1962 года]

Предварительные исследования вариаций вертикальной электрической составляющей электромагнитного поля Земли частотами, входящими в диапазон звуковых частот или ниже его, проведенные на частотах 8, 21 и 86 гц показали, что на этих частотах амплитуды имеют неправильный суточный ход. Частота появления зарегистрированных вариаций имеет максимум во второй половине дня, что позволяет судить о зависимости ее от мировой грозовой активности. Среднее число периодов в пределах групп вариаций, зарегистрированных на частоте 86 гц больше чем для частот 8 и 21 гц, а в пределах частоты 86 гц это число оказывается большим в дневные часы чем до восхода и после захода солнца. Эти результаты объясняются зависимостью фактора добротности объемного резонатора ионосфера—Земля от частоты, а также изменением фактора добротности.

В развитии геофизических методов разведки всегда важную роль играли методы, в основе которых лежит изучение естественных полей.

В начальном этапе развития геофизической разведки на полезные ископаемые указанные методы явились почти единственным средством прикладной геофизики, а благодаря дешевизне и простоте их применения, при региональных съемках и в настоящее время используются также почти исключительно только эти методы. Именно указанные преимущества (дешевизна, простота, быстрота) поощряли исследователей приспособлять методы, основывающиеся на изучении естественных полей, к проведению детальных разведочных работ, путем их усовершенствования и развития. Весьма благоприятные возможности открываются в этом отношении перед геофизическими методами, использующими электромагнитное поле Земли [1, 2, 3]. В основе классического метода теллурических токов лежит сопоставление вариаций таких периодов (принимая наименьший период, получаемый еще без искажения, равным 10 сек.), при которых глубина исследования составляет не менее 1000 м. Это означает, что при использовании находящихся на теллурограмме вариаций других периодов (конечно речь может идти только о вариациях, периоды которых превосходят предельную частоту), можно судить об электрических свойствах слоев, залегающих на глубинах, больших указанного значения. Разработка магнитотеллурического метода, определяющего абсолютную величину горизонтальной проводимости путем привлечения одной или обеих горизонтальных магнитных составляющих, позволила уточнить предыдущий метод и расширить его возможности. Глу-

бины до 1000 м, представляющие собой большой интерес для геологоразведочных работ, могут детально исследоваться, только путем изучения вариаций с более короткими периодами, приходящими в диапазон звуковых частот или ниже его.

Изучение этих диапазонов является, впрочем, важной и интересной задачей даже с чисто научной точки зрения, с точки зрения общей геофизики, так как наши сведения об электромагнитном поле Земли пока весьма неполны. Рассматриваемый диапазон частот от нескольких десятых *гц* до сотни *гц* пока, за исключением некоторых попыток и отдельных измерений

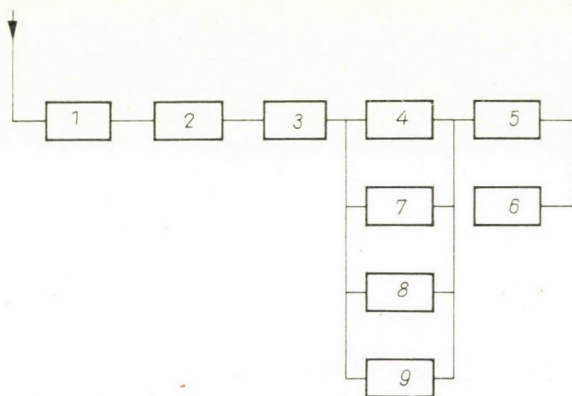


Рис. 1. Блок-диаграмма аппаратуры для регистрации вариаций вертикальной электрической составляющей электромагнитного поля Земли с звуковыми и более низкими частотами

[1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9], систематически не изучался. Интересным является и то, что для этого диапазона до сих пор не выяснен даже и вопрос об источнике электромагнитной энергии. Результаты проведенных до настоящего времени исследований электромагнитного спектра позволяют предполагать, что именно здесь имеется переход от вариаций гидромагнитного происхождения к вариациям земного происхождения, распространяющимся в пространстве между ионосферой и Землей как в объемном резонаторе. Для разработки методики частотного зондирования с использованием вариаций земного электромагнитного поля с звуковой частотой или ниже, необходимо знать эти вариации и изучать их форму, распределение во времени и взаимосвязь их компонентов. С учетом вышеизложенного и руководствуясь заданными условиями, мы приступили к регистрации вариаций земного электромагнитного поля с звуковой частотой и частотой ниже этого диапазона путем изучения вертикальной электрической составляющей этих вариаций.

Блок-диаграмма измерительной аппаратуры показана на рис. 1. Чувствительным элементом этой аппаратуры явилась антенна длиной в 63 м, установленная в горизонтальном положении на высоте 6,5 м над дневной

поверхностью. Следует отметить, что наиболее пригодной для подобных исследований является, благодаря своей почти кругообразной характеристике, вертикальная прутковая антенна, так как в этом случае прием не зависит от направления. С точки зрения эффективной высоты, определяющей чувствительность антенны, целесообразным представляется расположить антенну как можно выше. Ввиду того, что рассматриваемые вариации характеризуются довольно большой напряженностью поля (30—60 мкв), увеличивать высоту расположения антенны желательно и для уменьшения

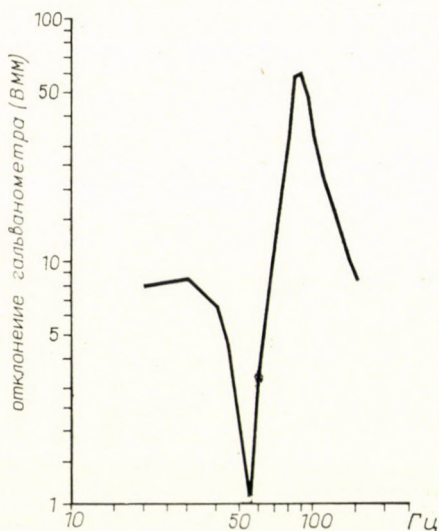


Рис. 2. Частотная характеристика измерительной аппаратуры с фильтром частоты 86 Гц

влияния искусственных электромагнитных шумов, в частности помех частот сетевого тока. В связи с этим снижение было нами заэкранировано. Измерительная аппаратура присоединяется к антенне, как в генератору большого внутреннего сопротивления, при помощи каскада усиления с большим входным импедансом, имеющего катодную связь. За ним следует фильтр диапазона 1,5 Гц, настроенный на частоту сети для исключения сетевых помех, приходящих через антенну. Фильтр работает с двойным Т-образным включением. Сигналы, освобожденные от сетевых частот, поступают на широкополосный каскад усиления, после чего при помощи обратной связи они дальше усиливаются на селективном каскаде, настроенном на соответствующим образом подобранную частоту. Селективное усиление является выгодным при небольших входных сигналах, так как отношение сигнал/шум оказывается благоприятным при подобных типах усилителей. В процессе наших исследований в схеме обратной связи усилителя применялись три контура фильтрации, настроенных на различные частоты, которые могли

включаться в каскад один за другим при помощи включателя. Три различные частоты были подобраны равными 8 гц, 21 гц и 86 гц. Частота 8 гц представляет собой измеренную основную частоту объемного резонатора ионосфера-Земля, а частота 86 гц является частотой, произвольно подобранной как частота, непременно отличающаяся от высших гармоник сетевых частот 75 гц и 100 гц. Для дальнейшего усиления применялся двухкаскадный усилитель. Для записи сигналов использовался фоторегистри-

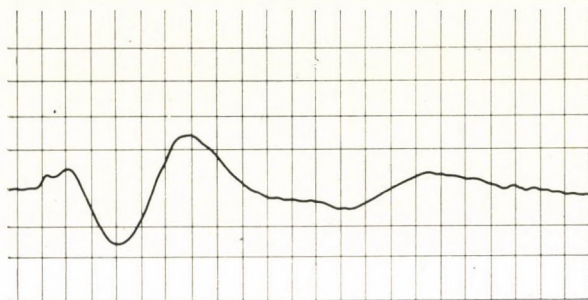


Рис. 3а

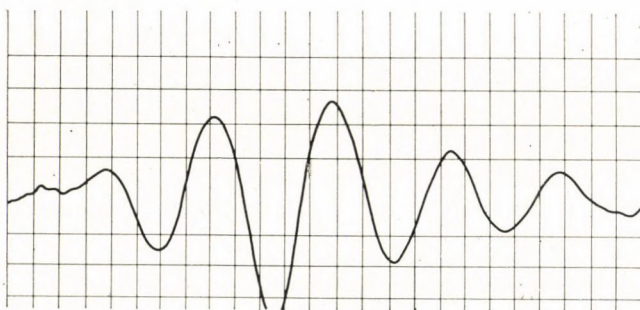


Рис. 3б

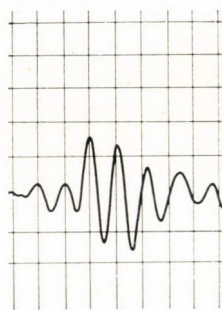


Рис. 3в

Рис. 3 а, б, в: а) запись, полученная с фильтром 8 гц; б) запись, полученная с фильтром 21 гц; в) запись, полученная с фильтром 86 гц

рующее устройство со скоростью лентопротяжного механизма равной 70 см/сек. Таким образом было удовлетворительно обеспечена регистрация даже и наибольших вариаций частотой 86 гц. Частотная характеристика всей аппаратуры с фильтром 86 гц показана на рис. 2.

Наши предварительные исследования имели двойную цель — изучать форму вариаций, появляющихся на рассматриваемых частотах, с одной стороны, и определить изменение этих вариаций во времени (амплитуда, частота), с другой. В соответствии с поставленной целью и руководствуясь возможностями имеющейся аппаратуры, 28—29 июня 1962 г. в течении 16 часов около каждого круглого часа регистрация проводилась 4—5 сек. Впрочем,

для систематического получения данных этот метод наблюдения может быть сделан более удобным путем автоматизации указанной почасовой регистрации [4], или же, если мы заинтересованы в изучении изменения во времени лишь одной из частот, то путем замены шлейфового осциллографа ламповым вольтметром [7]. На фиг. 3 а, б, в показаны записи на частотах 8 μ , 21 μ и 86 μ соответственно. Расстояние между соседними марками времени составляет 10 сек.

При обработке материалов для записей на 8 и 21 μ были определены период и амплитуда каждой вариации, а также и продолжительность регистрации, чтобы судить также и о степени активности, т. е. о частоте появления вариаций. При интерпретации записей 86 μ были отсчитаны периоды до-

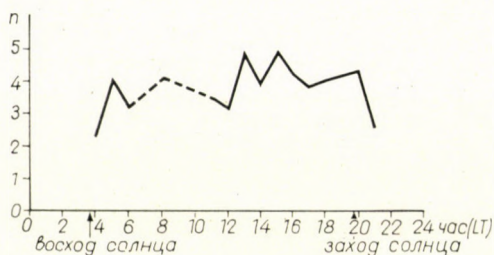


Рис. 4. Суточный ход среднего количества периодов, в пределах групп вариаций, зарегистрированных на частоте 86 μ

вольно резко разделяющихся между собой групп вариаций, так называемых «трейн»-ов, число периодов, приходящих в одну группу, амплитуда наибольшего отклонения и продолжительность регистрации. Таким образом, зная период группы вариаций и число периодов, в пределах одной группы можно было вычислить характерную среднюю частоту. Как это можно было установить уже при интерпретации и как видно из приведенных записей, формы появления вариаций близки для всех трех частот и вариации появляются в виде групп, состоящих из нескольких периодов. Число периодов в пределах одной группы составляет для вариаций частотой 8 и 21 μ в основном 2—3, а для вариаций частотой 86 μ — 4—5. На основании теории объемного резонатора такое явление объясняется тем, что вариации частотой 8 и 21 μ отражаются от слоя с меньшей плотностью электронов, следовательно меньшей проводимостью, в отношении которого коэффициент добротности является меньшим, а затухание электромагнитных волн — большим чем для случая вариаций частотой 86 μ . Для последних среднее число периодов в пределах одной группы оказалось большим в дневные часы (рис. 4). Это может быть также связано с увеличением проводимости ионосферы, следовательно с улучшением коэффициента добротности объемного резонатора. Для всех трех частот отмечается явление, указанное уже Кёнигом [8], а

именно, что в пределах одной группы вариаций продолжительность следующих один за другим периодов постепенно увеличивается. Суточное изменение средней амплитуды оказывается на всех трех частотах нерегулярным. (Принималась средняя величина максимальных амплитуд, входящих в группы вариаций частотой 86 гц (рис. 5)). Следует отметить, что имеющаяся

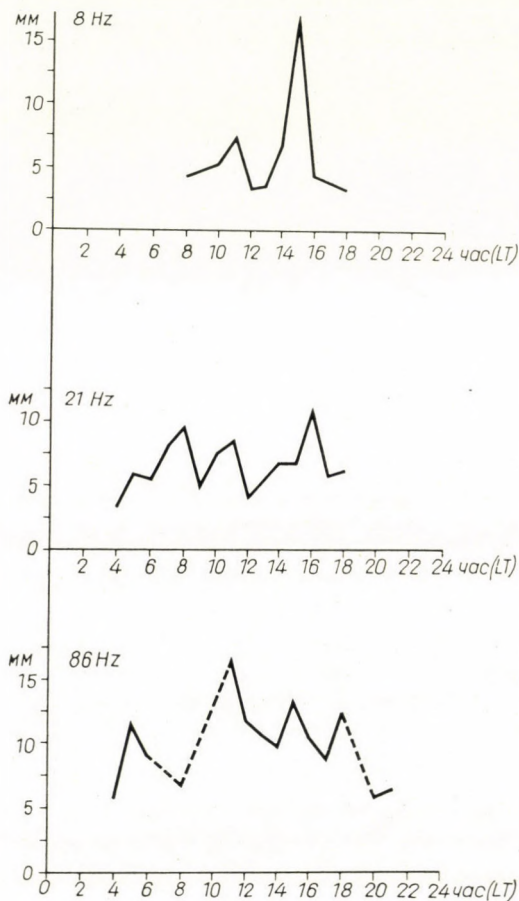


Рис. 5. Суточный ход средней амплитуды вариаций, зарегистрированных на частотах 8, 21 и 86 гц

на рисунках неправильность вызвана частично тем, что построения проводились по данным всего лишь двух суточных наблюдений, т. е. по недостаточному количеству данных. Суточный ход частоты появления вариаций имеет для всех трех частот максимумы в полдневные и послеобеденные часы (рис. 6). Это уже позволяет предполагать, что на этих частотах источником электромагнитной энергии является мировая грозовая активность, так как

упомянутый суточный ход имеет, как и суточный ход мировой грозовой активности, максимум во второй половине дня. Вопрос о том, является ли мировая грозвая активность на рассматриваемых частотах единственным источником электромагнитной энергии, требует, конечно, дальнейшего исследования, для

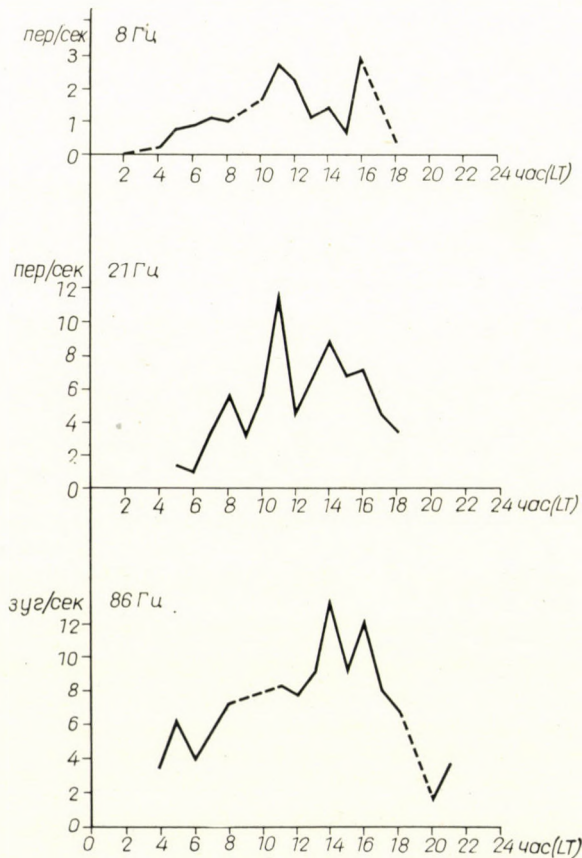


Рис. 6. Суточный ход частоты появления вариаций, зарегистрированных на частотах 8, 21 и 86 гц

чего необходимо регистрировать и систематически изучать остальные пять составляющих электромагнитного поля Земли.

Систематическое исследование всех этих вопросов будет проводиться в геофизической обсерватории в Надьценк в предстоящий период. Однако по нашему мнению уже и наши предварительные результаты могут представлять собой определенный интерес. Кроме того, дополнительной целью настоящей работы было обратить внимание остальных обсерваторий на эту до сих пор запущенную область.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эненштейн Б. С. и Аронов Л. Е.: Экспериментальные исследования естественного электромагнитного поля Земли в спектре частот от 2 до 300 гц. (*Известия Академии наук СССР, серия геоф.*, 1957 г., стр. 62.)
2. Владимиров Н. П. и Никифорова Н. Н.: О спектре вариаций естественного электромагнитного поля Земли. *Известия Академии наук СССР, серия геоф.*, 1959 г. стр. 1868.
3. Владимиров Н. П.: О возможности использования естественного электромагнитного поля Земли для геологической разведки. *Известия Академии наук СССР, серия геоф.* 1960 г. стр. 139.
4. AARONS, J.: Low-frequency electromagnetic radiation 10—900 cycles per second. *Journal of Geophysical Research* **61** (1956), 647.
5. MAPLE, E.: Sub-audio-frequency geomagnetic fluctuations at College, Alaska. *Transactions American Geophysical Union* **38** (1957), 399.
6. TEPLEY, L. R.: A comparison of sferics as observed in the very low-frequency and extremely low-frequency bands. *Journal of Geophysical Research* **64** (1959), 2315.
7. LARGE, M. I. and T. W. WORMELL: Fluctuations in the vertical electric field in the frequency range from 1 cycle per second to 500 cycles per second. In *Recent Advances in Atmospheric Electricity*. Pergamon Press, London, 1958.
8. KÖNIG, H.: Atmospherics geringster Frequenzen. *Zeitschrift für angewandte Physik* **XI** (1959), 264.
9. BLASER, M. and WAGNER, C. A.: Observations of earth-ionosphere cavity resonances. *Nature* **188** (1960), 638.

INVESTIGATION OF A LOW-FREQUENCY NATURAL ELECTROMAGNETIC
ENERGY-SOURCE

A. ÁDÁM and P. BENCZE

SUMMARY

A previous investigation of the subsound- and sound-frequency variations of the vertical electrical component of the terrestrial electromagnetic field on 8, 21 and 86 cps, showed that the daily variation of the amplitude on these frequencies is irregular. The frequency of the recorded variations indicates an afternoon maximum, that permits the conclusion of a relation to the worldwide storm activity. The average number of the periods within the variation groups recorded on 86 cps is greater than on 8 and 21 cps; besides this, even on 86 cps it is greater in the daytime hours than before sunrise and after sunset. These results can be explained by a frequency dependence of the Q-factor of the cavity-resonator Ionosphere-Earth, respectively, with a variation of the Q-factor.

UNTERSUCHUNG DER NIEDERFREQUENTEN NATÜRLICHEN
ELEKTROMAGNETISCHEN ENERGIEQUELLE

A. ÁDÁM und P. BENCZE

ZUSAMMENFASSUNG

Eine frühere Untersuchung der unterschallfrequenten und schallfrequenten Veränderungen der vertikalen elektrischen Komponente des terrestrischen elektromagnetischen Feldes, durchgeführt bei 8, 21 und 86 Hz, zeigte, daß die tägliche Veränderung der Amplitude bei diesen Frequenzen unregelmäßig ist. Die Häufigkeit der registrierten Veränderungen zeigt ein Nachmittagsmaximum, aus dem man auf einen Zusammenhang mit der Welt-Gewittertätigkeit schließen kann. Die Durchschnittszahl der Perioden in den bei 86 Hz registrierten Veränderungsgruppen ist größer, als die bei 8 und 21 Hz; dabei ist sie auch bei 86 Hz größer in den Tagesstunden als vor Sonnenaufgang und nach Sonnenuntergang. Diese Ergebnisse lassen sich mit einer Frequenzabhängigkeit des Gütefaktors des Kavität-Resonators Ionosphäre — Erde bzw. mit einer Veränderung des Gütefaktors erklären.

L'ANALYSE D'UNE SOURCE D'ÉNERGIE ÉLECTROMAGNÉTIQUE NATURELLE
À BASSE FRÉQUENCE

A. ÁDÁM—P. BENCZE

RÉSUMÉ

L'étude préliminaire (aux fréquences de 8, 21 et 86 Hz) des variations du composant électrique vertical du champ électromagnétique terrestre, à des fréquences inférieures, resp. égales à celles du son, a montré que la variation de l'amplitude diurne est irrégulière sur ces fréquences. Le nombre des variations enregistrées atteint son maximum l'après-midi, ce qui nous permet de conclure à leur rapport avec l'activité des orages mondiaux. A l'intérieur du groupe des variations enregistrées sur 86 Hz, le nombre moyen des périodes est plus grand que sur 8 et 21 Hz, tandis que sur 86 Hz, il est plus grand aux heures de jour qu'avant le lever et après le coucher du soleil. Ces résultats peuvent être expliqués par la dépendance en fréquence, resp. par la variation du facteur de qualité du résonateur à vide Terre—Ionosphère.

B) Ausgleichung der Vorwärts- und Rückwärtseinschnitte nach den bedingten Beobachtungen

1. *Ausgleichung des Vorwärtseinschnittes nach den bedingten Beobachtungen*

a) Beim Vorwärtseinschneiden des Punktes P mit Richtungen sind die Verbesserungsgleichungen bei vermittelnden Beobachtungen und drei gegebenen Punkten 1, 2, 3 (Abb. 1) bekanntlich (v sind die Verbesserungen der Richtungen):

$$\begin{aligned} v_1 &= a_1 \delta x + b_1 \delta y + l_1 \\ v_2 &= a_2 \delta x + b_2 \delta y + l_2 \\ v_3 &= a_3 \delta x + b_3 \delta y + l_3. \end{aligned} \tag{4}$$

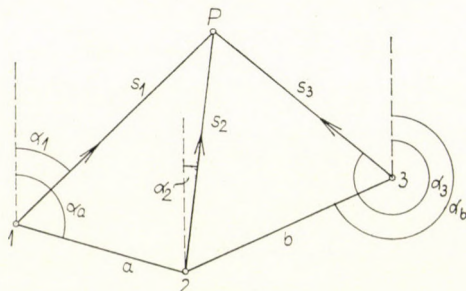


Abb. 1

Auf die übliche Auflösung dieser Gl. gehen wir nicht ein. Bei der Zurückführung werden aus den zwei ersten der Gl. (4)

$$\delta x = \frac{(v_1 - l_1) b_2 - (v_2 - l_2) b_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}, \quad \delta y = \frac{(v_2 - l_2) a_1 - (v_1 - l_1) a_2}{a_1 b_2 - a_2 b_1}. \tag{5}$$

Setzen wir diese in die dritte Gl. ein, so wird nach entsprechender Ordnung [die Bedingungsgleichung]:

$$\begin{aligned} & - (a_2 b_3 - a_3 b_2) v_1 + (a_1 b_3 - a_3 b_1) v_2 - (a_1 b_2 - a_2 b_1) v_3 + \\ & + (a_2 b_3 - a_3 b_2) l_1 - (a_1 b_3 - a_3 b_1) l_2 + (a_1 b_2 - a_2 b_1) l_3 = 0. \end{aligned} \tag{6}$$

Dabei bedeuten die l -Werte den Unterschied zwischen den den Näherungskoodinaten entsprechenden und gemessenen Richtungswinkeln. Bezeichnen wir die gemessenen Richtungswinkel mit $\alpha'_1, \alpha'_2, \alpha'_3$, die diesen entsprechenden Seitenlängen $1P = s'_1, 2P = s'_2, 3P = s'_3$, so sind bekanntlich:

$$a = -\rho \frac{\sin \alpha'}{s'} \quad b = \rho \frac{\cos \alpha'}{s'}$$

und, falls wir die den Näherungskoordinaten x_0, y_0 des Punktes P entsprechenden Richtungswinkel mit a_0 bezeichnen:

$$l = a_0 - a'.$$

Mit deren Hilfe erhält man nach Ordnung die Gleichung:

$$\frac{\sin(a'_3 - a'_2)}{s'_3 s'_2} v_1 - \frac{\sin(a'_3 - a'_1)}{s'_3 s'_1} v_2 + \frac{\sin(a'_2 - a'_1)}{s'_2 s'_1} v_3 - \\ - l_1 \frac{\sin(a'_3 - a'_2)}{s'_3 s'_2} + l_2 \frac{\sin(a'_3 - a'_1)}{s'_3 s'_1} - l_3 \frac{\sin(a'_2 - a'_1)}{s'_2 s'_1} = 0.$$

Multipliziert man die Gl. mit $s'_1 s'_2 s'_3$, so wird daraus:

$$s'_1 \sin(a'_3 - a'_2) v_1 - s'_2 \sin(a'_3 - a'_1) v_2 + s'_3 \sin(a'_2 - a'_1) v_3 - \\ - l_1 s'_1 \sin(a'_3 - a'_2) + l_2 s'_2 \sin(a'_3 - a'_1) - l_3 s'_3 \sin(a'_2 - a'_1) = 0. \quad (7)$$

Diese Gl. entspricht sinngemäß der Morpurgoschen Gl. (13) in [2; S. 55], doch wurde unsere Gl. in der Tat durch Zurückführung der Vermittlungsgleichungen mit δx , und δy nach Gl. (3) auf die der bedingten Beobachtungen hergeleitet, während jene auf anderem Wege durch Einführung von anderen Unbekannten als δx und δy ermittelt wurde, und auch die Koordinaten des Neupunktes — im Gegensatz zu unserer Gl. (5) — nur durch ein nochmaliges Durchrechnen des Vorwärtseinschnittes angegeben werden können. Ähnliches gilt von der darauf aufgebauten FÖRSTNERSCHEN Methode [3; S. 850]. Keine der beiden kann also im Sinne unserer hiesigen Einleitung als Zurückführung der Gleichungen der vermittelnden Beobachtungen auf jene der bedingten Beobachtungen angesehen werden, während unsere Gl. (6) und (7) in der Tat im Sinne der Gl. (3) hergeleitet wurden.

Die weitere Auflösung ist sowohl bei gleichen Gewichten als auch bei verschiedenen Gewichten bekannt. In Kenntnis der Richtungsverbesserungen berechnen wir die Koordinatenzuschläge zu den Näherungskoordinaten nach Gl. (5).

Berechnet man die Näherungskoordinaten von P mit den Richtungen aus 1 und 2, so werden $l_1 = l_2 = 0$. Folglich:

$$s'_1 \sin(a'_3 - a'_2) v_1 - s'_2 \sin(a'_3 - a'_1) v_2 + s'_3 \sin(a'_2 - a'_1) v_3 - \\ - l_3 s'_3 \sin(a'_2 - a'_1) = 0 \quad (7a)$$

bzw.

$$\delta x = \frac{v_1 b_2 - v_2 b_1}{a_1 b_2 - a_2 b_1}, \quad \delta y = \frac{v_2 a_1 - v_1 a_2}{a_1 b_2 - a_2 b_1}. \quad (5a)$$

Bei 4 Punkten bezeichnen wir den vierten als einen weiteren Punkt (3) mit der Seite (s_3) und man kann mit den Punkten 1 und 2 sinngemäß die bisherigen Gl. benutzen. Dies gilt auch für die folgenden Methoden.

In ähnlichem Sinne kann die Beziehung bei Winkelmessungen hergeleitet werden.

Weil bei den ursprünglich nicht linearen Vermittlungsgleichungen (wie auch beim Vorwärtseinschnitt) die beobachteten und die zu suchenden Werte verschieden geartete Größen (z. B. Richtungen und Koordinaten) sein können, kann die Ausschaltung der Unbekannten z. B. der Koordinaten im Sinne der Gl. (3) den Charakter der Gl. ändern. Die Gleichheit der Dimensionen beiderseits der Vermittlungsgleichungen muß aber immer bestehen: Winkel ist gleich Umwandlungsfaktormal das Verhältnis zweier Längen, oder Winkel ist gleich Winkel usw.

β) Man kann den Vorwärtseinschnitt auch durch unmittelbar aufgestellte Gleichungen der bedingten Beobachtungen ausgleichen. Aus Abb. 1 folgt die Bedingungsgleichung:

$$\frac{a \sin (\alpha_a - \alpha'_1 - v_1)}{\sin (\alpha'_1 + v_1 - \alpha'_2 - v_2)} = \frac{b \sin (\alpha'_3 + v_3 - \alpha_b)}{\sin (\alpha'_2 + v_2 - \alpha'_3 - v_3)}. \quad (8)$$

Durch Logarithmierung und bei Einführung der Tafeldifferenzen λ bei $\log \sin$ (wobei λ_{a-1} die Tafeldifferenz beim Winkel $\alpha_a - \alpha'_1$ bedeutet) erhält man:

$$\begin{aligned} &(\lambda_{a-1} + \lambda_{1-2}) v_1 - (\lambda_{1-2} + \lambda_{2-3}) v_2 + (\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b}) v_3 - \log a - \\ & - \log \sin (\alpha_a - \alpha'_1) + \log \sin (\alpha'_1 - \alpha'_2) + \log b + \log \sin (\alpha'_3 - \alpha_b) - \\ & - \log \sin (\alpha'_2 - \alpha'_3) = 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Die weitere Auflösung kann sowohl bei gleich genauen als auch bei verschiedenen genauen Messungen als bekannt vorausgesetzt werden. Auch die Berechnung bei Winkelmessungen an Stelle der Richtungsmessungen erfordert keine weitere Erklärung.

Die soeben behandelte Methode ist besonders einfach und übersichtlich, schon deshalb, weil man keine Näherungskordinaten des Neupunktes braucht. Es genügt die Koordinaten erst mit den ausgeglichenen Richtungen zu berechnen. Die trigonometrische Berechnung ist hier insofern ohne Nachteil, weil diese bei Winkel- bzw. Richtungsmessungen nicht zu umgehen ist. Andererseits hat hier die logarithmische Berechnung große Vorteile. Man könnte auch reine trigonometrische Tafeln mit deren Tafeldifferenzen benutzen, doch wäre die Berechnung nicht mehr so bequem. Bedenken wir, daß man in der Triangulierung niederer Ordnung, besonders bei Kleintriangulierungen, häufig einen Neupunkt aus drei gegebenen Punkten vorwärts einschneidet,

so kann an Stelle der verwendeten verschiedenen Näherungslösungen die einfache strenge Lösung nach Gl. (9) vorteilhaft erscheinen. Berechnet man zum Schluß den Vorwärtseinschnitt selbst mit Logarithmentafel, so braucht man die Logarithmen der Funktionen der ausgeglichenen Winkel nicht eigens aufzuschlagen: aus den Werten für die gemessenen Größen können sie mit den ausgeschriebenen Tafeldifferenzen und den berechneten v -Werten unmittelbar angegeben werden.

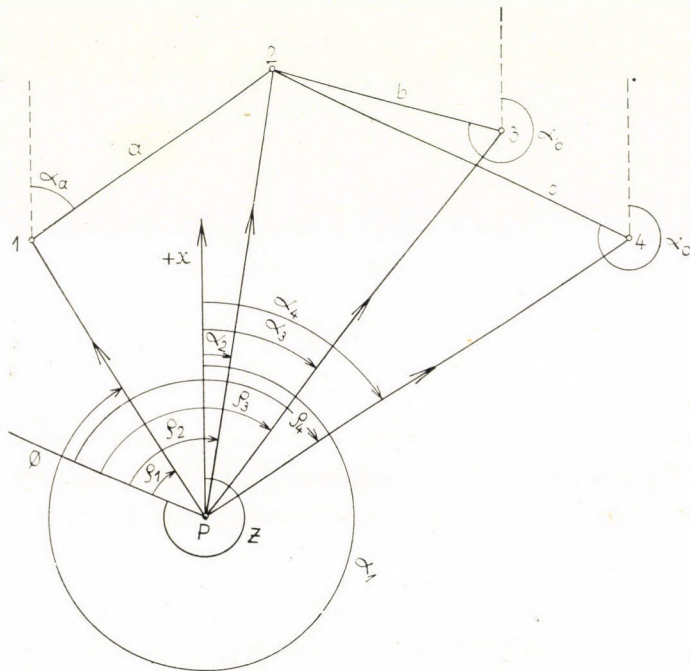


Abb. 2

2. Ausgleichung des Rückwärtseinschnittes nach bedingten Beobachtungen

a) Beim Rückwärtseinschneiden mit Richtungen sind nach Abb. 2 im Falle von 4, nach gegebenen Punkten 1, 2, 3, 4 gemessenen Richtungen die Verbesserungsgleichungen der vermittelnden Beobachtungen bekanntlich:

$$\begin{aligned}
 v_1 &= a_1 \delta x + b_1 \delta y - \delta z + l_1 \\
 v_2 &= a_2 \delta x + b_2 \delta y - \delta z + l_2 \\
 v_3 &= a_3 \delta x + b_3 \delta y - \delta z + l_3 \\
 v_4 &= a_4 \delta x + b_4 \delta y - \delta z + l_4
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Dabei bedeuten, wie bekannt, bei a_0 näherungsweise Richtungswinkel der einzelnen Richtungen von P nach den gegebenen Punkten:

$$a = \varrho \frac{\sin a_0}{s'} \quad b = -\varrho \frac{\cos a_0}{s'}, \quad (11)$$

weiter $z = z_0 + \delta z$ den Winkel der 0-Richtung der Richtungsmessungen von der positiven x -Achse (Orientierungswinkel), ϱ' die gemessenen Richtungswerte von dieser 0-Richtung (nicht zu verwechseln mit dem Umwandlungsfaktor ϱ der Gl. (11)). Dann liefert beim aus den Näherungskordinaten gerechneten Richtungswinkel a_0 :

$$l = a_0 - (z_0 + \varrho')$$

die absoluten Glieder. Man kann aber auch mit $z_0 = 0$, d.h. mit $\delta z = z$ rechnen. Subtrahiert man die vierte der Gl. (10) von den übrigen, so erhalten wir:

$$\begin{aligned} v_1 - v_4 &= (a_1 - a_4) \delta x + (b_1 - b_4) \delta y + l_1 - l_4 = 0 \\ v_2 - v_4 &= (a_2 - a_4) \delta x + (b_2 - b_4) \delta y + l_2 - l_4 = 0 \\ v_3 - v_4 &= (a_3 - a_4) \delta x + (b_3 - b_4) \delta y + l_3 - l_4 = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Bezeichnen wir jetzt:

$$\begin{aligned} a_1 - a_4 &= A_1 & a_2 - a_4 &= A_2 & a_3 - a_4 &= A_3 \\ b_1 - b_4 &= B_1 & b_2 - b_4 &= B_2 & b_3 - b_4 &= B_3 \\ l_1 - l_4 &= L_1 & l_2 - l_4 &= L_2 & l_3 - l_4 &= L_3 \end{aligned} \quad (13)$$

so werden im Sinne der Gl. (6):

$$\begin{aligned} &-(A_2 B_3 - A_3 B_2) (v_1 - v_4) + (A_1 B_3 - A_3 B_1) (v_2 - v_4) - \\ &-(A_1 B_2 - A_2 B_1) (v_3 - v_4) + (A_2 B_3 - A_3 B_2) L_1 - \\ &-(A_1 B_3 - A_3 B_1) L_2 + (A_1 B_2 - A_2 B_1) L_3 = 0. \end{aligned}$$

Daraus wird:

$$\begin{aligned} &-(A_2 B_3 - A_3 B_2) v_1 + (A_1 B_3 - A_3 B_1) v_2 - (A_1 B_2 - A_2 B_1) v_3 + \\ &+ \{(A_2 B_3 - A_3 B_2) - (A_1 B_3 - A_3 B_1) + (A_1 B_2 - A_2 B_1)\} v_4 + \\ &+ (A_2 B_3 - A_3 B_2) L_1 - (A_1 B_3 - A_3 B_1) L_2 + (A_1 B_2 - A_2 B_1) L_3 = 0. \end{aligned}$$

Durch Einsetzen der Gl. (13) und (11) erhalten wir daraus nach entsprechender Ordnung:

$$\begin{aligned}
 & \left\{ \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_2^0)}{s_4' s_2'} - \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_3^0)}{s_4' s_3'} - \frac{\sin(\alpha_3^0 - \alpha_2^0)}{s_3' s_2'} \right\} v_1 + \\
 & + \left\{ \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_3^0)}{s_4' s_3'} - \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_1^0)}{s_4' s_1'} + \frac{\sin(\alpha_3^0 - \alpha_1^0)}{s_3' s_1'} \right\} v_2 + \\
 & + \left\{ \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_1^0)}{s_4' s_1'} - \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_2^0)}{s_4' s_2'} - \frac{\sin(\alpha_2^0 - \alpha_1^0)}{s_2' s_1'} \right\} v_3 + \\
 & + \left\{ \frac{\sin(\alpha_3^0 - \alpha_2^0)}{s_3' s_2'} - \frac{\sin(\alpha_3^0 - \alpha_1^0)}{s_3' s_1'} + \frac{\sin(\alpha_2^0 - \alpha_1^0)}{s_2' s_1'} \right\} v_4 - \\
 & - \left\{ \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_2^0)}{s_4' s_2'} - \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_3^0)}{s_4' s_3'} - \frac{\sin(\alpha_3^0 - \alpha_2^0)}{s_3' s_2'} \right\} L_1 - \\
 & - \left\{ \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_3^0)}{s_4' s_3'} - \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_1^0)}{s_4' s_1'} + \frac{\sin(\alpha_3^0 - \alpha_1^0)}{s_3' s_1'} \right\} L_2 - \\
 & - \left\{ \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_1^0)}{s_4' s_1'} - \frac{\sin(\alpha_4^0 - \alpha_2^0)}{s_4' s_2'} - \frac{\sin(\alpha_2^0 - \alpha_1^0)}{s_2' s_1'} \right\} L_3 = 0. \quad (14)
 \end{aligned}$$

Bezeichnen wir $\sin(\alpha_4^0 - \alpha_2^0)/s_4' s_2' = f_{4-2}$, $\sin(\alpha_4^0 - \alpha_3^0)/s_4' s_3' = f_{4-3}$ usw., so wird daraus

$$\begin{aligned}
 & (f_{4-2} - f_{4-3} - f_{3-2}) v_1 + (f_{4-3} - f_{4-1} + f_{3-1}) v_2 + (f_{4-1} - f_{4-2} - \\
 & - f_{2-1}) v_3 + (f_{3-2} - f_{3-1} + f_{2-1}) v_4 - (f_{4-2} - f_{4-3} - f_{3-2}) L_1 - \\
 & - (f_{4-3} - f_{4-1} + f_{3-1}) L_2 - (f_{4-1} - f_{4-2} - f_{2-1}) L_3 = 0. \quad (14a)
 \end{aligned}$$

Sämtliche Koeffizienten bestehen aus verschiedenen Zusammensetzungen von nur sechs f -Werten, was die Berechnung erleichtert. Wurden die Näherungskordinaten mit den drei ersten Richtungen berechnet, so sind $l_1 = 0$, $l_2 = 0$, $l_3 = 0$ und mithin $L_1 = L_2 = L_3 = -l_4$, und so bleibt an Stelle der drei Ausdrücke für L nur ein Ausdruck für l_4 übereinstimmend mit dem Koeffizienten von v_4 , aber mit entgegengesetztem Vorzeichen. Bemerkenswert ist in Gl. (14), daß in den Koeffizienten der Verbesserungen die der Verbesserung entsprechende Richtung nicht erscheint; bei den ersten drei Verbesserungen sind die Sinusse der durch die übrigbleibenden Richtungen gebildeten Winkel, also die Sinusse von $(\alpha_3^0 - \alpha_2^0)$, $(\alpha_3^0 - \alpha_1^0)$, $(\alpha_2^0 - \alpha_1^0)$ bei den Verbesserungen der ersten und dritten Richtung negativ, bei der zweiten Verbesserung positiv, während der Koeffizient von v_4 durch die algebraische

Summe dieser drei Sinusse mit entgegengesetztem Vorzeichen gebildet wird. Erwähnenswert ist weiters, daß die algebraische Summe der vorkommenden Richtungen in den einzelnen Koeffizienten Null ist, z. B. für v_1 : $(a_4^0 - a_2^0) - (a_4^0 - a_3^0) - (a_3^0 - a_2^0) = 0$.

Die Koordinatenzuschläge δx und δy können wir nach Gl. (5) bzw. (5a) berechnen, falls wir an Stelle a, b usw. nach Gl. (13) A, B usw. und an Stelle von v_1 hier $v_1 - v_4$ bzw. statt v_2 hier $v_2 - v_4$ setzen.

Bei mehr als 4 Richtungen bezeichnen wir die weiteren Punkte mit $(4)_1, (4)_2$ usw., die dazugehörigen Richtungen mit $(a_4)_1, (a_4)_2 \dots$ die Seiten mit $(s_4)_1, (s_4)_2, \dots$, in welchem Falle sich die weiteren Bedingungsgleichungen im Sinne der Gl. (14) sofort ergeben. Dies gilt auch für die weiter angegebenen Ausgleichungen des Rückwärtseinschnittes.

Werden nicht Richtungen, sondern Winkel gemessen, so verschwindet in der Differenz der zwei Richtungen der einzelnen Winkel die Unbekannte δz , und die Lösung ähnelt jener der Gl. (4), nur bestehen hier die Koeffizienten aus der Differenz der zu den entsprechenden Richtungen gehörigen a bzw. b Werte.

β) Behandeln wir nun den Rückwärtsschnitt mit unmittelbar aufgestellten Bedingungsgleichungen. Es sei zunächst ein Näherungswert z_0 des Orientierungswinkels als bekannt vorausgesetzt.

Nach Abb. 2 bestehen mit den gegebenen Seiten a, b, c die Bedingungen:

$$\frac{a \sin(\varrho'_1 + 180^\circ + v_1 + z_0 + \delta z - a)}{\sin(\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1)} = \frac{b \sin(a_b - \varrho'_3 - v_3 - 180^\circ - z_0 - \delta z)}{\sin(\varrho'_3 + v_3 - \varrho'_2 - v_2)} \tag{15}$$

$$\frac{a \sin(\varrho'_1 + 180^\circ + v_1 + z_0 + \delta z - a)}{\sin(\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1)} = \frac{c \sin(a_c - \varrho'_4 - v_4 - 180^\circ - z_0 - \delta z)}{\sin(\varrho'_4 + v_4 - \varrho'_2 - v_2)}$$

Durch Logarithmierung wird daraus nach entsprechender Ordnung:

$$\begin{aligned} &(\lambda_{1+z-a} + \lambda_{2-1})v_1 - (\lambda_{2-1} + \lambda_{3-2})v_2 + (\lambda_{b-z-3} + \lambda_{3-2})v_3 + \\ &+ (\lambda_{1+z-a} + \lambda_{b-z-3})\delta z + \{\log a + \log \sin(\varrho'_1 + z_0 - a) - \log \sin(\varrho'_2 - \varrho'_1) - \\ &- \log b - \log \sin(a_b - \varrho'_3 - z_0) + \log \sin(\varrho'_3 - \varrho'_2)\} = 0 \\ &(\lambda_{1+z-a} + \lambda_{2-1})v_1 - (\lambda_{2-1} + \lambda_{4-2})v_2 + (\lambda_{c-z-4} + \lambda_{4-2})v_4 + \\ &+ (\lambda_{1+z-a} + \lambda_{c-z-4})\delta z + \{\log a + \log \sin(\varrho'_1 + z_0 - a) - \log \sin(\varrho'_2 - \varrho'_1) - \\ &- \log c - \log \sin(a_c - \varrho'_4 - z_0) + \log \sin(\varrho'_4 - \varrho'_2)\} = 0 \end{aligned} \tag{16}$$

Bezeichnen wir die Koeffizienten in der ersten der Gl. (16) mit a_1, a_2, a_3 und

C_1 bzw. in der zweiten Gl. mit b_1, b_2, b_4 und C_2 , die absoluten Glieder mit l_1 und l_2 , so werden daraus:

$$\begin{aligned} a_1 v_1 + a_2 v_2 + a_3 v_3 &+ C_1 \delta z + l_1 = 0 \\ b_1 v_1 + b_2 v_2 &+ b_4 v_4 + C_2 \delta z + l_2 = 0 \end{aligned} \quad (16a)$$

Eliminiert man daraus δz , so wird die Bedingungsgleichung:

$$\begin{aligned} (a_1 C_2 - b_1 C_1) v_1 + (a_2 C_2 - b_2 C_1) v_2 + \\ + a_3 C_2 v_3 - b_4 C_1 v_4 + (l_1 C_2 - l_2 C_1) = 0, \end{aligned} \quad (17)$$

die in bekannter Weise aufgelöst werden kann.

Diese Lösung wird besonders einfach, und deshalb dann empfehlenswert, wenn wir für z_0 ohne Durchrechnung einen Näherungswert haben, etwa durch magnetische Messung, denn in diesem Falle sind keine Näherungswerte für die Koordinaten erforderlich, und man braucht den Rückwärtseinschnitt nur mit den ausgeglichenen Richtungen zum Schluß einmal berechnen. Die fragliche Messung braucht nur einen auf etwa 2' genauen Näherungswert liefern. Bei genaueren Messungen mit einem Gyrotheodolit ist die Richtung schon als Beobachtung zu behandeln, die nicht einen Zuschlag, sondern nach der Methode des Vorwärtseinschnittes Verbesserung erhält.

Wenn wir nach der Ausgleichung selbst aus

$$\delta z = \frac{-l_1 - a_1 v_1 - a_2 v_2 - a_3 v_3}{C_1} \quad (18)$$

δz berechnen, so kann mit Hilfe von $z = z_0 + \delta z$ die endgültige Berechnung einfacher durch Vorwärtseinschnitt erfolgen. Wenn wir bedenken, daß man bei der Ausgleichung des Rückwärtseinschnittes nach den vermittelnden Beobachtungen 3 Normalgleichungen aufzulösen hat, so kann bei einer überschüssigen Beobachtung keine der hier angegebenen beiden Lösungen als zu langwierig angesehen werden. In der ersten brauchen wir wohl Näherungskordinaten, dafür kann man durch δx und δy die endgültigen Koordinaten ohne eine zweite Durchrechnung angeben; im zweiten Falle brauchen wir an Stelle der Näherungskordinaten den Näherungswert eines Richtungswinkels, und eine Durchrechnung liefert die endgültigen Werte.

γ) Hat man keinen entsprechenden Näherungswert für z_0 , so kann man die Bedingungsgleichungen aus Gl. (15) durch Eliminierung von z aufstellen.

Die erste der Gl. (15) kann auch wie folgt geschrieben werden:

$$\begin{aligned} \sin(\varrho'_3 + v_3 - \varrho'_2 - v_2) a \{ \sin(\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a) \cos z + \\ + \cos(\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a) \sin z \} = \\ = \sin(\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) b \{ \sin(\alpha_b - \varrho'_3 - v_3) \cos z - \cos(\alpha_b - \varrho'_3 - v_3) \sin z \}. \end{aligned}$$

Daraus

$$\tan z = \frac{b \sin (\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) \cos (\alpha_b - \varrho'_3 - v_3) + a \sin (\varrho'_3 + v_3 - \varrho'_2 - v_2) \cos (\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a)}{b \sin (\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) \sin (\alpha_b - \varrho'_3 - v_3) - a \sin (\varrho'_3 + v_3 - \varrho'_2 - v_2) \sin (\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a)} \quad (19)$$

Ähnlich wird aus der zweiten der Gl. (15):

$$\tan z = \frac{c \sin (\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) \cos (\alpha_c - \varrho'_4 - v_4) + a \sin (\varrho'_4 + v_4 - \varrho'_2 - v_2) \cos (\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a)}{c \sin (\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) \sin (\alpha_c - \varrho'_4 - v_4) - a \sin (\varrho'_4 + v_4 - \varrho'_2 - v_2) \sin (\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a)} \quad (19a)$$

Durch Gleichsetzen dieser beiden Gl. entsteht die zur Ausgleichung erforderliche Bedingungsgleichung. Um diese übersichtlicher zu gestalten, wandeln wir die einzelnen Ausdrücke wie folgt um.

Wir führen folgende Bezeichnungen ein:

$$\begin{aligned} b \sin (\varrho'_2 - \varrho'_1) \cos (\alpha_b - \varrho'_3) &= C_1 \text{ mit der log. Tafeldifferenz } \lambda_1 \\ a \sin (\varrho'_3 - \varrho'_2) \cos (\varrho'_1 - \alpha_a) &= C_2 \text{ ,, ,, ,, ,, } \lambda_2 \\ b \sin (\varrho'_2 - \varrho'_1) \sin (\alpha_b - \varrho'_3) &= C_3 \text{ ,, ,, ,, ,, } \lambda_3 \\ a \sin (\varrho'_3 - \varrho'_2) \sin (\varrho'_1 - \alpha_a) &= C_4 \text{ ,, ,, ,, ,, } \lambda_4 \\ c \sin (\varrho'_2 - \varrho'_1) \cos (\alpha_c - \varrho'_4) &= C_5 \text{ ,, ,, ,, ,, } \lambda_5 \\ a \sin (\varrho'_4 - \varrho'_2) \cos (\varrho'_1 - \alpha_a) &= C_6 \text{ ,, ,, ,, ,, } \lambda_6 \\ c \sin (\varrho'_2 - \varrho'_1) \sin (\alpha_c - \varrho'_4) &= C_7 \text{ ,, ,, ,, ,, } \lambda_7 \\ a \sin (\varrho'_4 - \varrho'_2) \sin (\varrho'_1 - \alpha_a) &= C_8 \text{ ,, ,, ,, ,, } \lambda_8 \end{aligned} \quad (20)$$

Es seien weiter die log. Tafeldifferenzen der Sinusse mit λ^s jene der Kosinusse mit λ^c bezeichnet. Dann erhalten wir mit der ersten der Gl. (20):

$$\begin{aligned} \log [b \sin (\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) \cos (\alpha_b - \varrho'_3 - v_3)] &= \\ = \log b + \log \sin (\varrho'_2 - \varrho'_1) + \log \cos (\alpha_b - \varrho'_3) &+ \lambda_{2-1}^s (v_2 - v_1) - \lambda_{b-3}^c v_3 \end{aligned}$$

und

$$b \sin (\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) \cos (\alpha_b - \varrho'_3 - v_3) = C_1 + \frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_1} (v_2 - v_1) - \frac{\lambda_{b-3}^c}{\lambda_1} v_3$$

Ähnlich werden:

$$\begin{aligned}
 a \sin (\varrho'_3 + v_3 - \varrho'_2 - v_2) \cos (\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a) &= C_2 + \frac{\lambda_{3-2}^s}{\lambda_2} (v_3 - v_2) + \frac{\lambda_{1-a}^c}{\lambda_2} v_1 \\
 b \sin (\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) \sin (\alpha_b - \varrho'_3 - v_3) &= C_3 + \frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_3} (v_2 - v_1) - \frac{\lambda_{b-3}^s}{\lambda_3} v_3 \\
 a \sin (\varrho'_3 + v_3 - \varrho'_2 - v_2) \sin (\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a) &= C_4 + \frac{\lambda_{3-2}^s}{\lambda_4} (v_3 - v_2) + \frac{\lambda_{1-a}^s}{\lambda_4} v_1 \\
 c \sin (\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) \cos (\alpha_c - \varrho'_4 - v_4) &= C_5 + \frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_5} (v_2 - v_1) - \frac{\lambda_{c-4}^c}{\lambda_5} v_4 \quad (21) \\
 a \sin (\varrho'_4 + v_4 - \varrho'_2 - v_2) \cos (\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a) &= C_6 + \frac{\lambda_{4-2}^s}{\lambda_6} (v_4 - v_2) + \frac{\lambda_{1-a}^c}{\lambda_6} v_1 \\
 c \sin (\varrho'_2 + v_2 - \varrho'_1 - v_1) \sin (\alpha_c - \varrho'_4 - v_4) &= C_7 + \frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_7} (v_2 - v_1) - \frac{\lambda_{c-4}^s}{\lambda_7} v_4 \\
 a \sin (\varrho'_4 + v_4 - \varrho'_2 - v_2) \sin (\varrho'_1 + v_1 - \alpha_a) &= C_8 + \frac{\lambda_{4-2}^s}{\lambda_8} (v_4 - v_2) + \frac{\lambda_{1-a}^s}{\lambda_8} v_1.
 \end{aligned}$$

Setzen wir diese Werte in die Gl. (19) u. (19a) ein, so ergibt sich durch Gleichsetzung dieser Gl.:

$$\begin{aligned}
 & C_1 + \frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_1} (v_2 - v_1) - \frac{\lambda_{b-3}^c}{\lambda_1} v_3 + C_2 + \frac{\lambda_{3-2}^s}{\lambda_2} (v_3 - v_2) + \frac{\lambda_{1-a}^c}{\lambda_2} v_1 \\
 & \frac{C_3 + \frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_3} (v_2 - v_1) - \frac{\lambda_{b-3}^s}{\lambda_3} v_3 - C_4 - \frac{\lambda_{3-2}^s}{\lambda_4} (v_3 - v_2) - \frac{\lambda_{1-a}^s}{\lambda_4} v_1}{=} \\
 & = \frac{C_5 + \frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_5} (v_2 - v_1) - \frac{\lambda_{c-4}^c}{\lambda_5} v_4 + C_6 + \frac{\lambda_{4-2}^s}{\lambda_6} (v_4 - v_2) + \frac{\lambda_{1-a}^c}{\lambda_6} v_1}{C_7 + \frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_7} (v_2 - v_1) - \frac{\lambda_{c-4}^s}{\lambda_7} v_4 - C_8 - \frac{\lambda_{4-2}^s}{\lambda_8} (v_4 - v_2) - \frac{\lambda_{1-a}^s}{\lambda_8} v_1}
 \end{aligned}$$

Faßt man die Verbesserungen enthaltenden kleinen Glieder des Zählers der linken Seite der Gl. zu ΔC_{1+2} zusammen und bezeichnet die logarithmische Tafeldifferenz bei $C_1 + C_2$ mit λ_{1+2} , so ist bekanntlich:

$$\log (C_1 + C_2 + \Delta C_{1+2}) = \log (C_1 + C_2) + \lambda_{1+2} \Delta C_{1+2}$$

Verfährt man ähnlich auch mit dem zweiten Zähler und den beiden Nennern,

so erhält man nach entsprechender Ordnung die Gleichung:

$$\begin{aligned}
 & \left\{ \lambda_{1+2} \left(-\frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_1} + \frac{\lambda_{1-a}^c}{\lambda_2} \right) + \lambda_{3-4} \left(\frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_3} + \frac{\lambda_{1-a}^s}{\lambda_4} \right) - \right. \\
 & \left. - \lambda_{5+6} \left(-\frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_5} + \frac{\lambda_{1-a}^c}{\lambda_6} \right) - \lambda_{7-8} \left(\frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_7} + \frac{\lambda_{1-a}^s}{\lambda_8} \right) \right\} v_1 + \\
 & + \left\{ \lambda_{1+2} \left(\frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_1} - \frac{\lambda_{3-2}^s}{\lambda_2} \right) - \lambda_{3-4} \left(\frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_3} + \frac{\lambda_{3-2}^s}{\lambda_4} \right) - \right. \\
 & \left. - \lambda_{5+6} \left(\frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_5} - \frac{\lambda_{4-2}^s}{\lambda_6} \right) + \lambda_{7-8} \left(\frac{\lambda_{2-1}^s}{\lambda_7} + \frac{\lambda_{4-2}^s}{\lambda_8} \right) \right\} v_2 + \quad (22) \\
 & + \left\{ \lambda_{1+2} \left(-\frac{\lambda_{b-3}^c}{\lambda_1} + \frac{\lambda_{3-2}^s}{\lambda_2} \right) + \lambda_{3-4} \left(\frac{\lambda_{b-3}^s}{\lambda_3} + \frac{\lambda_{3-2}^s}{\lambda_4} \right) \right\} v_3 + \\
 & + \left\{ \lambda_{5+6} \left(\frac{\lambda_{c-4}^c}{\lambda_5} - \frac{\lambda_{4-2}^s}{\lambda_6} \right) - \lambda_{7-8} \left(\frac{\lambda_{c-4}^s}{\lambda_7} + \frac{\lambda_{4-2}^s}{\lambda_8} \right) \right\} v_4 + \\
 & + \log(C_1 + C_2) - \log(C_3 - C_4) - \log(C_5 + C_6) + \log(C_7 - C_8) = 0
 \end{aligned}$$

Die weitere Lösung ist bekannt. Nach der Ausgleichung berechnen wir den Orientierungswinkel nach Gl. (19), und mit dessen Hilfe kann die Berechnung der Koordinaten durch einfaches Vorwärtseinschneiden erfolgen. Bei dieser Lösung der Ausgleichung des Rückwärtseinschnittes brauchen wir überhaupt keine Näherungswerte. Da weiter die Koeffizienten in Gl. (22) auch mit dem Rechenschieber ausgewertet werden können, die Tafeldifferenzen selbst bei der Berechnung ausgeschrieben werden, so ist diese Berechnung der Aufmerksamkeit wert.

In ähnlichem Sinne können die Gl. bei Messungen der Winkel hergeleitet werden.

Es sei hier bemerkt, daß schon DOKULIL in [4] eine Methode der Ausgleichung des Rückwärtseinschnittes nach bedingten Beobachtungen ohne Näherungswerte angab. Da aber seine Lösung Collinssche Hilfspunkte benützt und deshalb weniger übersichtlich ist, weiter weil mit den ausgeglichenen Werten nach ihm der Rückwärtseinschnitt durchgerechnet werden muß, so ist der hier angegebene Weg günstiger und übersichtlicher.

Lösungen für die Ausgleichung des Rückwärtseinschnittes nach den bedingten Beobachtungen finden wir auch in [2] und [3] sowie bei EGGERT in [5], doch setzen die beiden ersten Näherungskordinaten voraus, während letztere zur Ermittlung des Widerspruches die Berechnung der Hilfswinkel φ und ψ des Rückwärtseinschnittes braucht.

C) Zurückführung der Methoden der bedingten Beobachtungen auf die der vermittelnden Beobachtungen

Einleitend sei hier hervorgehoben, daß die nochmalige Zurückführung auf vermittelnde Beobachtungen andere Vermittlungsgleichungen liefern kann als die, von denen die Bedingungsgleichungen hergeleitet wurden. Werden nämlich aus den Vermittlungsgleichungen mit Koordinatenzuschlägen, z.B. aus Gl. (4) δx und δy mit den beiden ersten Gl. als Funktionen der beobachteten Richtungen ausgedrückt und in die übrige eingesetzt, so entstehen Bedingungsgleichungen nur zwischen den Richtungen, und bei deren Zurückführung auf vermittelnde Beobachtungen erscheinen die bereits ausgeschalteten Koordinatenzuschläge nicht wieder. Diese Vermittlungsgleichungen wieder auf die Gleichungen der bedingten Beobachtungen mit Richtungen zurückgeführt liefern dann in der Regel keine weiteren Lösungen mehr, da Beobachtungen und Unbekannte hier schon denselben Charakter von Richtungen haben.

1. Zurückführung der bedingten Beobachtungen auf vermittelnde beim Vorwärtseinschnitt

a) Hier wollen wir zunächst die der Bedingungsgleichung unter (8) entsprechende Lösung betrachten.

Bei n Beobachtungen und $n - r$ Bedingungsgleichungen greifen wir bekanntlich r unabhängige Unbekannte, in unserem Falle 2 Richtungen, mit den Vermittlungsgleichungen

$$v_1 = x - a'_1$$

$$v_2 = y - a'_2$$

aus und verwandeln mit deren Hilfe die Bedingungsgleichungen in Verbesserungsgleichungen. In unserem Falle wird aus Gl. (8) z. B.

$$\frac{a \sin(a_a - x)}{\sin(x - y)} = \frac{b \sin(a'_3 + v_3 - a_b)}{\sin(y - a'_3 - v_3)}$$

Führen wir die Richtungs näherungswerte x_0, y_0 und die unbekanntenen Zuschläge $\delta x, \delta y$ ein, so werden daraus mit Hilfe der logarithmischen Tafel-differenzen bei den Sinuswerten:

$$v_1 = \delta x + x_0 - a'_1$$

$$v_2 = \delta y + y_0 - a'_2$$

$$v_3 = - \frac{\lambda_{a-x} + \lambda_{x-y}}{\lambda_{y-3} + \lambda_{3-b}} \delta x + \frac{\lambda_{y-3} + \lambda_{x-y}}{\lambda_{y-3} + \lambda_{3-b}} \delta y + \tag{23}$$

$$+ \frac{\log a + \log \sin(a_a - x_0) - \log \sin(x_0 - y_0) - \log b - \log \sin(a'_3 - a_b) + \log \sin(y_0 - a'_3)}{\lambda_{y-3} + \lambda_{3-b}}.$$

Im Falle von mehr als drei Richtungen können die weiteren Gl. sinngemäß angeschrieben werden.

Wählen wir nun als Näherungswerte $x_0 = a'_1$ und $y_0 = a'_2$, so vereinfachen sich die Gl. (23) in:

$$v_1 = \delta x$$

$$v_2 = \delta y$$

$$v_3 = - \frac{\lambda_{a-1} + \lambda_{1-2}}{\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b}} \delta x + \frac{\lambda_{2-3} + \lambda_{1-2}}{\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b}} \delta y + \tag{23a}$$

$$+ \frac{\log a + \log \sin(a_a - a'_1) - \log \sin(a'_1 - a'_2) - \log b - \log \sin(a'_3 - a_b) + \log \sin(a'_2 - a'_3)}{\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b}}$$

usw. bei mehr als drei beobachteten Richtungen.

Diese Beziehungen erhalten wir auch aus Gl. (8) und (9), falls dort $v_1 = \delta x$ und $v_2 = \delta y$ gesetzt werden.

Der Vergleich der Gl. (23) und (23a) zeigt uns sofort, daß δx und δy Zuschläge zu den Näherungswerten sind, selbst dann, wenn sie im Falle der Gl. (23a) zahlenmäßig v_1 und v_2 gleich sind. Aus ähnlichen Gründen sind x_0 und y_0 angenommene Näherungswerte selbst dann, wenn sie zahlenmäßig mit a'_1 und a'_2 übereinstimmen. Berechnet man folglich die mittleren Fehler von $\delta x = v_1$ und $\delta y = v_2$, so sind diese wohl gleichzeitig die mittleren Fehler von $x = x_0 + \delta x$ und $y = y_0 + \delta y$, aber nicht jene der ermittelten Verbesserungen als solche selbst.

β) Im Sinne der vorangegangenen Erörterungen können wir auch die Lösung nach Gl. (7) auf die vermittelnden Beobachtungen zurückführen. Wir behalten der Einfachheit halber v_1 und v_2 an Stelle von δx und δy . Es werden folglich

$$v_1 = v_1$$

$$v_2 = v_2$$

$$v_3 = - \frac{s'_1 \sin(a'_3 - a'_2)}{s'_3 \sin(a'_2 - a'_1)} v_1 + \frac{s'_2 \sin(a'_3 - a'_1)}{s'_3 \sin(a'_2 - a'_1)} v_2 + \tag{24}$$

$$+ \frac{l_1 s'_1 \sin(a'_3 - a'_2) - l_2 s'_2 \sin(a'_3 - a'_1) + l_3 s'_3 \sin(a'_2 - a'_1)}{s'_3 \sin(a'_2 - a'_1)}$$

usw. bei mehr als drei beobachteten Richtungen.

Die Gl. (23a) sind insofern einfacher, da sie keine Berechnung der Näherungswerte der Seiten erfordern. Für Gl. (24) sind auch die Berechnungen der Widersprüche l erforderlich.

Wir finden auch in [2] und [3] Zurückführungen von Gl. der bedingten Beobachtungen auf die der vermittelnden Beobachtungen. Sie zeigen — anders hergeleitet — Ähnlichkeit mit unseren als weniger vorteilhaft erachteten Gl. (24).

Wenn wir die Vermittlungsgleichungen (23a) und (24) wieder auf bedingte zurückführen, so erhalten wir keine weiteren Lösungen, sondern die unter Gl. (7) und (9), da Beobachtungen und Unbekannte bereits den Charakter von Richtungen haben.

2. Zurückführung der bedingten Beobachtungen auf vermittelnde beim Rückwärtseinschnitt.

a) Bei Zurückführung der Gl. (14a) entstehen die Vermittlungsgleichungen:

$$\begin{aligned}
 v_1 &= v_1 \\
 v_2 &= v_2 \\
 v_3 &= v_3 \\
 v_4 &= - \frac{f_{4-2} - f_{4-3} - f_{3-2}}{f_{3-2} - f_{3-1} + f_{2-1}} v_1 - \frac{f_{4-3} - f_{4-1} + f_{3-1}}{f_{3-2} - f_{3-1} + f_{2-1}} v_2 - \\
 &\quad - \frac{f_{4-1} - f_{4-2} - f_{2-1}}{f_{3-2} - f_{3-1} + f_{2-1}} v_3 + \\
 &\quad + \frac{(f_{4-2} - f_{4-3} - f_{3-2})L_1 + (f_{4-3} - f_{4-1} + f_{3-1})L_2 + \\
 &\quad + (f_{4-1} - f_{4-2} - f_{2-1})L_3}{f_{3-2} - f_{3-1} + f_{2-1}}
 \end{aligned} \tag{25}$$

usw. bei mehr als vier gemessenen Richtungen.

Diese Methode ist jedoch nicht besonders bequem.

β) Bei Zurückführung der Gl. (17) — also der Gl. bei Kenntnis des Näherungswertes z_0 des Orientierungswinkels — auf vermittelnde Beobachtungen entstehen die Gl.:

$$\begin{aligned}
 v_1 &= v_1 \\
 v_2 &= v_2 \\
 v_3 &= v_3 \\
 v_4 &= \frac{(a_1 C_2 - b_1 C_1)}{b_4 C_1} v_1 + \frac{(a_2 C_2 - b_2 C_1)}{b_4 C_1} v_2 + \frac{a_3 C_2}{b_4 C_1} v_3 + \\
 &\quad + \frac{(l_1 C_2 - l_2 C_1)}{b_4 C_1}
 \end{aligned} \tag{26}$$

usw. bei mehr als 4 gemessenen Richtungen.

Eine Zurückführung der Ausgleichung des Rückwärtseinschnittes nach den bedingten Beobachtungen auf die vermittelnden Beobachtungen bei bekanntem Näherungswert des Orientierungswinkels finden wir in [3], doch ist die hier angegebene grundsätzlich anders.

γ) Wir können auch die Bedingungsgleichung (22), die gar keine Näherungswerte voraussetzt, auf die vermittelnde zurückführen.

Bezeichnen wir der Einfachheit halber in Gl. (22) die Koeffizienten von v_1, v_2, v_3 und v_4 der Reihe nach mit A_1, A_2, A_3, A_4 ; das absolute Glied mit L_1 , so werden die Vermittlungsgleichungen:

$$\begin{aligned} v_1 &= v_1 \\ v_2 &= v_2 \\ v_3 &= v_3 \\ v_4 &= \frac{A_1}{-A_4} v_1 + \frac{A_2}{-A_4} v_2 + \frac{A_3}{-A_4} v_3 + \frac{L_1}{-A_4} \end{aligned} \tag{27}$$

Diese Methode kann bei vielen beobachteten Richtungen eine Bedeutung erlangen.

D) Lösung der Vermittlungsgleichungen für Richtungs- bzw. Winkelverbesserungen mit fingierten Verbesserungen

Die im Abschnitt C) angeführten Lösungen sind bei mehreren Beobachtungen vorteilhaft, da hier die Anzahl der Unbekannten (2 bzw. 3) mit der Vergrößerung der Anzahl der beobachteten Richtungen nicht zunimmt. Bei nur einer überschüssiger Beobachtung sind sie aber im Vergleich zu den bedingten Beobachtungen im Nachteil, weil die Lösung nach der letzteren Methode nur eine Bedingungs- bzw. Normalgleichung erfordert.

Man kann diesen Nachteil der Lösung der Vermittlungsgleichungen mit Verbesserungen als Unbekannten durch Einführung von fingierten Verbesserungen beseitigen. Es ist bekannt, daß man die Verbesserungen, die nur in je einer Bedingungsgleichung mit ungemessenen Unbekannten vorkommen, zu je einer fingierten Verbesserung zusammenziehen und so die Lösung auf die der reinen Vermittlungsgleichungen zurückführen kann (Vgl. [6; S. 186—187]). Wir können dies insofern erweitern, daß wir mehrere Verbesserungen auch dann zu fingierten Verbesserungen vereinigen können (und wir brauchen sie nicht als korrelierte Beobachtungen behandeln), wenn einzelne Verbesserungen in mehreren Bedingungsgleichungen vorkommen. Man vereinigt in diesem Falle lediglich die in den anderen Gleichungen nicht vorkommenden Verbesserungen und behandelt die in den anderen Gleichungen vorkommenden

Verbesserungen als zu bestimmende Unbekannte. So kann man auch zu Lösungen nach der Methode der vermittelnden Beobachtungen kommen.

In mathematischer Form behandelt: Es seien folgende Bedingungs-
gleichungen mit ungemessenen Unbekannten gegeben:

$$\begin{aligned} a_1 v_1 + a_2 v_2 + a_3 v_3 + a_4 v_4 + A_1 x + l_1 &= 0, \\ b_1 v_1 + b_5 v_5 + b_6 v_6 + b_7 v_7 + A_2 x + l_2 &= 0, \\ c_1 v_1 + c_8 v_8 + c_9 v_9 + c_{10} v_{10} + A_3 x + l_3 &= 0. \\ \dots \dots \dots \end{aligned} \quad (28)$$

Wir führen folgende Bezeichnungen ein: (Die λ Bezeichnungen mit einfachem Index sind fingierte Verbesserungen und nicht Tafeldifferenzen!)

$$\begin{aligned} a_2 v_2 + a_3 v_3 + a_4 v_4 &= -\lambda_1 \text{ mit dem Gewicht } p_1 = \frac{1}{a_2^2 + a_3^2 + a_4^2} \\ b_5 v_5 + b_6 v_6 + b_7 v_7 &= -\lambda_2 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad p_2 = \frac{1}{b_5^2 + b_6^2 + b_7^2} \\ c_8 v_8 + c_9 v_9 + c_{10} v_{10} &= -\lambda_3 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad p_3 = \frac{1}{c_8^2 + c_9^2 + c_{10}^2} \end{aligned} \quad (29)$$

so können die Gl. (28) wie folgt geschrieben werden:

$$\begin{aligned} v_1 &= v_1 && \text{mit dem Gewicht } 1, \\ \lambda_1 &= a_1 v_1 + A_1 x + l_1 && \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad p_1, \\ \lambda_2 &= b_1 v_1 + A_2 x + l_2 && \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad p_2, \\ \lambda_3 &= c_1 v_1 + A_3 x + l_3 && \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad p_3. \\ \dots \dots \dots \end{aligned} \quad (30)$$

Die weiteren Verbesserungen werden dann, wie bekannt:

$$\begin{aligned} v_2 &= -a_2 p_1 \lambda_1, & v_3 &= -a_3 p_1 \lambda_1, & v_4 &= -a_4 p_1 \lambda_1, \\ v_5 &= -b_5 p_2 \lambda_2, & v_6 &= -b_6 p_2 \lambda_2, & v_7 &= -b_7 p_2 \lambda_2, \\ v_8 &= -c_8 p_3 \lambda_3, & v_9 &= -c_9 p_3 \lambda_3, & v_{10} &= -c_{10} p_3 \lambda_3. \end{aligned} \quad (31)$$

Man kann so eine einfachere Lösung mit weniger Normalgleichungen erhalten.

Besonders einfach wird die Lösung bei einer überschüssigen Beobachtung ohne ungemessene Unbekannte, da in diesem Falle aus Gl. (30) bei

Zusammenziehung aller Verbesserungen die Beziehung

$$\lambda_1 = l_1$$

besteht und die einzelnen Verbesserungen sinngemäß nach der ersten Reihe der Gl. (30) gerechnet werden können. Oder man läßt die letzte Verbesserung v_i getrennt, in welchem Falle die Beziehung,

$$v_i = v_i, \tag{32}$$

$\lambda_1 = a_i v_i + l_1$ mit dem Gewicht p_1 entsteht. Daraus wird in bekannter Weise :

$$v_i = - \frac{p_1 a_i l_1}{[paa]}. \tag{33}$$

Es ist interessant, daß die Methode der fingierten Verbesserungen in dem geschilderten Sinne trotz gewisser Vorteile zur Lösung dieser Aufgaben nach unserem Wissen bisher nicht verwendet wurde.

Ohne auf Vollständigkeit zu trachten, seien sie auf die Ausgleichung der Vorwärts- und Rückwärtseinschnitte angewandt.

1. *Ausgleichung des Vorwärtseinschnittes mit fingierten Beobachtungen*

a) Eine Lösung ergibt sich sofort aus der dritten der Gl. (23a), falls darin δx durch v_1 , δy durch v_2 ersetzt und diese nach Multiplikation mit $\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b}$ zu einer fingierten Beobachtung zusammengezogen werden:

$$\begin{aligned} v_3 &= v_3 \\ \lambda_1 &= - (\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b}) v_3 + (\log a + \log \sin (a_a - a'_1) - \\ &- \log \sin (a'_1 - a'_2) - \log b - \log \sin (a'_3 - a_b) + \log \sin (a'_2 - a'_3)) \end{aligned} \tag{34}$$

Letztere Gl. hat das Gewicht:

$$P_1 = \frac{1}{(\lambda_{a-1} + \lambda_{1-2})^2 + (\lambda_{2-3} + \lambda_{1-2})^2}.$$

Es wird mithin nach Gl. (33)

$$\begin{aligned} v_3 &= - \frac{-(\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b}) \left\{ \log a + \log \sin (a_a - a'_1) - \log \sin (a'_1 - a'_2) - \right. \\ &\left. - \log b - \log \sin (a'_3 - a_b) + \log \sin (a'_2 - a'_3) \right\}}{1 + \frac{(\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b})^2}{(\lambda_{a-1} + \lambda_{1-2})^2 + (\lambda_{2-3} + \lambda_{1-2})^2}} = \\ &= - \frac{-(\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b}) (\log a + \log \sin (a_a - a'_1) - \log \sin (a'_1 - a'_2) - \\ &- \log b - \log \sin (a'_3 - a_b) + \log \sin (a'_2 - a'_3))}{(\lambda_{2-3} + \lambda_{3-b})^2 + (\lambda_{a-1} + \lambda_{1-2})^2 + (\lambda_{2-3} + \lambda_{1-2})^2}. \end{aligned} \tag{35}$$

In Kenntnis von v_3 rechnen wir λ_1 nach Gl. (34) und die weiteren Verbesserungen nach Gl. (31).

Man kann leicht zeigen, daß Gl. (35) sich auch aus Gl. (9) im Wege der Berechnung der Korrelate herleiten läßt, doch ist die Anschreibung nach Gl. (33) eine unmittelbare. Dabei brauchen wir auch bei den vermittelnden Beobachtungen nur eine Normalgleichung.

Bei mehr als einer überschüssigen Beobachtung ist die Anwendung der fingierten Beobachtungen schon mit Schwierigkeit verbunden.

Der Fall von verschiedenen genauen Beobachtungen und der der Winkelmessungen kann sinngemäß behandelt werden.

β) Ähnlich können wir in Falle der Gl. (24) verfahren. Es wird mithin hier:

$$\begin{aligned} v_3 &= v_3 \\ \lambda_1 &= - (s'_3 \sin (a'_2 - a'_1)) v_3 + l_1 s'_1 \sin (a'_3 - a'_2) - \\ &\quad - l_2 s'_2 \sin (a'_3 - a'_1) + l_3 s'_3 \sin (a'_2 - a'_1) \end{aligned} \quad (36)$$

Letztere Gl. mit dem Gewicht:

$$P_1 = \frac{1}{(s'_1 \sin (a'_3 - a'_2))^2 + (s'_2 \sin (a'_3 - a'_1))^2}$$

Folglich wird nach Gl. (33):

$$\begin{aligned} v_3 &= - \frac{- s'_3 \sin (a'_2 - a'_1)}{(s'_1 \sin (a'_3 - a'_2))^2 + (s'_2 \sin (a'_3 - a'_1))^2} \{ l_1 s'_1 \sin (a'_3 - a'_2) - \\ &\quad - l_2 s'_2 \sin (a'_3 - a'_1) + l_3 s'_3 \sin (a'_2 - a'_1) \} \\ &\quad 1 + \frac{(s'_3 \sin (a'_2 - a'_1))^2}{(s'_1 \sin (a'_3 - a'_2))^2 + (s'_2 \sin (a'_3 - a'_1))^2} \quad (37) \\ &= - \frac{- s'_3 \sin (a'_2 - a'_1) (l_1 s'_1 \sin (a'_3 - a'_2) - l_2 s'_2 \sin (a'_3 - a'_1) + \\ &\quad + l_3 s'_3 \sin (a'_2 - a'_1))}{(s'_1 \sin (a'_3 - a'_2))^2 + (s'_2 \sin (a'_3 - a'_1))^2 + (s'_3 \sin (a'_2 - a'_1))^2} \end{aligned}$$

Bei einer überschüssigen Beobachtung kommen wir auch hier bei der Lösung nach den vermittelnden Beobachtungen mit einer Normalgleichung aus.

2. Ausgleichung des Rückwärtseinschnittes mit fingierten Verbesserungen

Bei einer überschüssigen Beobachtung können wir alle vier Verbesserungen in eine fingierte Verbesserung zusammenziehen. Man wird aber in der Regel vorteilhaft dreie zusammenfassen.

a) Aus Gl. (25) entstehen hier:

$$\begin{aligned}
 v_4 &= v_4 \\
 \lambda_1 &= - (f_{3-2} - f_{3-1} + f_{2-1}) v_4 + \{ (f_{4-2} - f_{4-3} - f_{3-2}) L_1 + \\
 &\quad + (f_{4-3} - f_{4-1} + f_{3-1}) L_2 + (f_{4-1} - f_{4-2} - f_{2-1}) L_3 \} \quad (38)
 \end{aligned}$$

Letztere Gl. mit dem Gewichte:

$$P_1 = \frac{1}{(f_{4-2} - f_{4-3} - f_{3-2})^2 + (f_{4-3} - f_{4-1} + f_{3-1})^2 + (f_{4-1} - f_{4-2} - f_{2-1})^2}$$

Die weitere Lösung erfolgt mit Gl. (33)

β) Bei bekanntem Näherungswert z_0 des Orientierungswinkels können die Gl. (26) verwendet und wie folgt geschrieben werden:

$$\begin{aligned}
 v_4 &= v_4 \\
 \lambda_1 &= -b_4 C_1 v_4 + (l_1 C_2 - l_2 C_1) \quad (39)
 \end{aligned}$$

Letztere Gl. mit dem Gewichte:

$$P_1 = \frac{1}{(a_1 C_2 - b_1 C_1)^2 + (a_2 C_2 - b_2 C_1)^2 + (a_3 C_2)^2}$$

Es wird mithin nach Gl. (33):

$$\begin{aligned}
 v_4 &= - \frac{\frac{- (b_4 C_1)}{(a_1 C_2 - b_1 C_1)^2 + (a_2 C_2 - b_2 C_1)^2 + (a_3 C_2)^2} (l_1 C_2 - l_2 C_1)}{1 + \frac{(b_4 C_1)^2}{(a_1 C_2 - b_1 C_1)^2 + (a_2 C_2 - b_2 C_1)^2 + (a_3 C_2)^2}} = \\
 &= - \frac{- (b_4 C_1) (l_1 C_2 - l_2 C_1)}{(a_1 C_2 - b_1 C_1)^2 + (a_2 C_2 - b_2 C_1)^2 + (a_3 C_2)^2 + (b_4 C_1)^2} \quad (40)
 \end{aligned}$$

usw.

γ) Wenn kein Näherungswert für den Orientierungswinkel vorhanden ist, so können wir z. B. von Gl. (27) ausgehen.

Es werden hier

$$\begin{aligned}
 v_4 &= v_4 \\
 \lambda_1 &= A_4 v_4 + L_1 \quad (41)
 \end{aligned}$$

Letztere Gl. mit dem Gewichte:

$$P_1 = \frac{1}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}.$$

Nach Gl. (33) erhalten wir in diesem Falle:

$$v_4 = - \frac{\frac{A_4}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2} L_1}{1 + \frac{A_4^2}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}} = - \frac{A_4 L_1}{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2}. \quad (42)$$

Während Gl. (27) bei vielen beobachteten Richtungen vorteilhaft sein kann, ist diese Lösung bei nur einer überschüssigen Beobachtung von Bedeutung.

Man kann natürlich die Verbesserungen auch anders zu fingierten Verbesserungen vereinigen. Es können auch die einzelnen Richtungen verschieden genau sein. Oder es können an Stelle von Richtungen auch Winkel gemessen werden usw. Auf alle diese Detailfragen wollen wir nicht eingehen, weil sie unsere grundsätzliche Zielsetzung und die Lösungsmethoden selbst nicht beeinflussen.

*

Es mögen die angeführten Beispiele für den Vorwärts- und Rückwärts-einschnitt zeigen, daß nicht nur die Zurückführung der bedingten Beobachtungen auf die vermittelnden, sondern auch die Zurückführung der letzteren auf die bedingten Beobachtung verdient. Aber auch die Auflösung der Gleichungen der bedingten Beobachtungen nach der Methode der vermittelnden Beobachtungen kann Vorteile haben.

ANHANG

Wir wollen für die Anwendung der angegebenen Methoden auch Rechenbeispiele anführen, wobei zwecks Raumersparnis wir uns nur auf den Vorwärtseinschnitt beschränken. Es seien gegeben die Punkte:

$$1 \begin{cases} x_1 = +9818,918 \text{ m} \\ y_1 = +2574,607 \text{ m} \end{cases} \quad 2 \begin{cases} x_2 = +9885,262 \text{ m} \\ y_2 = +5099,477 \text{ m} \end{cases} \quad 3 \begin{cases} x_3 = +12421,398 \text{ m} \\ y_3 = +6851,732 \text{ m} \end{cases}$$

Gemessen wurden die Richtungen:

$$(1P)' = a'_1 = 21^\circ 45' 43,4''$$

$$(2P)' = a'_2 = 313^\circ 33' 02,8''$$

$$(3P)' = a'_3 = 257^\circ 07' 45,0''$$

Die mit den ersten zwei Richtungen gerechneten Näherungskordinaten des Neupunktes P sind:

$$x_{0,P} = x_0 = +11\,606,962 \text{ m} \quad y_{0,P} = y_0 = +3288,401 \text{ m}$$

Diesen Werten entspricht der gerechnete Richtungswinkel $\alpha_{0,3} = 257^\circ 07' 32,2''$. Mithin werden:

$$l_1 = a_{0,1} - a'_1 = 0, \quad l_2 = a_{0,2} - a'_2 = 0, \quad l_3 = a_{0,3} - a'_3 = -12,8''$$

Die Seitenlängen sind (man braucht nur genäherte Werte):

$$s'_1 \doteq s_{0,1} \doteq 1925 \text{ m}, \quad s'_2 \doteq s_{0,2} \doteq 2499 \text{ m}, \quad s'_3 \doteq s_{0,3} \doteq 3655 \text{ m}.$$

Wir gleichen zunächst im Sinne $B1a$ nach Gl. (7) aus:

Die dazu erforderlichen Werte sind:

$$\begin{aligned} s'_1 \sin(\alpha'_3 - \alpha'_2) &= -1604, & s'_2 \sin(\alpha'_3 - \alpha'_1) &= -2056, \\ s'_3 \sin(\alpha'_2 - \alpha'_1) &= -3394, & l_3 s'_3 \sin(\alpha'_2 - \alpha'_1) &= L = +43\,446 \end{aligned}$$

Es wird folglich

$$-1604 v_1 + 2056 v_2 - 3394 v_3 - 43\,446$$

Daraus

$$k = \frac{-L}{[aa]} = \frac{-43\,446}{18\,320\,900} = +0,00237$$

und die Richtungsverbesserungen:

$$\begin{aligned} v_1 &= -1604 \cdot 0,00237 \doteq -3,80'' \\ v_2 &= +2056 \cdot 0,00237 \doteq +4,87'' \\ v_3 &= -3394 \cdot 0,00237 \doteq -8,05'' \end{aligned}$$

Die Lösung im Sinne $B1\beta$ nach Gl. (9) liefert, da $\overline{1,2} = a = 2525,741 \text{ m}$, $\overline{2,3} = b = 3082,593 \text{ m}$, $\alpha_a = 88^\circ 29' 41,4''$ und $\alpha_b = 214^\circ 38' 28,2''$ sind:

$$\begin{aligned} (9,0 + 8,4) v_1 - (8,4 + 14,0) v_2 + (14,0 + 23,0) v_3 - 3,4023888 - \\ - 9,9631607 + 10 + 9,9678095 - 10 + 3,4889162 + 9,8295840 - 10 - \\ - 9,9207127 + 10 = 10 \end{aligned}$$

bzw.

$$17,4 v_1 - 22,4 v_2 + 37,0 v_3 + 475,0 = 0$$

Daraus

$$k = -\frac{475,0}{2173,52} = -0,2185$$

und

$$\begin{aligned} v_1 &= -17,4 \cdot 0,2185 = -3,80'' \\ v_2 &= +22,4 \cdot 0,2185 = +4,89'' \\ v_3 &= -37,0 \cdot 0,2185 = -8,08'' \end{aligned}$$

Genauere Werte erhalten wir mit 8stelligen Logarithmen. Die Berechnung des absoluten Gliedes ist nur scheinbar lang, da bei dieser Methode die Berechnung der Näherungskordinaten und der dieser entsprechenden Richtung ganz entfällt.

Die Lösung im Sinne $C1a$ nach Gl. (23a) gibt

$$\begin{aligned} v_1 &= \delta x \\ v_2 &= \delta y \\ v_3 &= -\frac{17,4}{37,0} \delta x + \frac{22,4}{37,0} \delta y - \frac{475,0}{37,0}. \end{aligned}$$

Daraus die Normalgleichungen:

$$\begin{aligned} 1,2211 \delta x - 0,2847 \delta y + 6,0372 &= 0 \\ -0,2847 \delta x + 1,3665 \delta y - 7,7720 &= 0 \end{aligned}$$

Daraus:

$$\delta x = v_1 = -3,80''$$

$$\delta y = v_2 = +4,89''$$

und

$$v_3 = +1,788 + 2,963 - 12,838 = -8,08''$$

Die Lösung im Sinne $C1\beta$ führt nach Gl. (24) zu den Beziehungen:

$$v_1 = v_1$$

$$v_2 = v_2$$

$$v_3 = -\frac{1604}{3394} v_1 + \frac{2056}{3394} v_2 - 12,8''$$

Daraus die Normalgleichungen:

$$1,2231 v_1 - 0,2862 v_2 + 6,0488 = 0$$

$$-1,2862 v_1 + 1,3670 v_2 - 7,7536 = 0$$

und die Verbesserungen:

$$v_1 = -3,80''$$

$$v_2 = +4,87''$$

$$v_3 = (-0,472)(-3,803) + 0,606 \cdot 4,875 - 12,8'' = -8,05''$$

Die Lösung im Sinne $D1\alpha$ nach Gl. (35) liefert die Verbesserungen:

$$v_3 = -\frac{(-37,0)(-475,0)}{2173} = -8,08''$$

$$v_2 = -\frac{22,4(-475,0)}{2173} = +4,89''$$

$$v_1 = -\frac{(-17,4)(-475,0)}{2173} = -3,80''$$

Endlich erhalten wir durch die Lösung im Sinne $D1\beta$ nach Gl. (37):

$$v_3 = \frac{(-12,8)(-3394)^2}{(-1604)^2 + (-2056)^2 + (-3394)^2} = \frac{147\,465\,000}{18\,320\,900} = -8,05''$$

$$v_2 = \frac{(-2056)(-12,8)(-3394)}{18\,320\,900} = +4,87''$$

$$v_1 = \frac{(-1604)(-12,8)(-3394)}{18\,320\,900} = -3,80''$$

Hat man die Richtungsverbesserungen, so können wir in den Fällen $B1\alpha$, $C1\alpha$, $D1\alpha$, also wo Näherungskordinaten des Neupunktes vorliegen, die Koordinatenzuschläge δx und δy im Sinne der Gl. (5a) nach:

$$\delta x = \frac{v_1 s'_1 \cos \alpha'_2 - v_2 s'_2 \cos \alpha'_1}{\varrho \sin(\alpha'_2 - \alpha'_1)} = \frac{-3,80 \cdot 1925 \cdot 0,688 - 4,87 \cdot 2499 \cdot 0,929}{206\,265(-0,9282)} = +0,085 \text{ m}$$

und

$$\delta y = \frac{v_1 s'_1 \sin \alpha'_2 - v_2 s'_2 \sin \alpha'_1}{\varrho \sin(\alpha'_2 - \alpha'_1)} = \frac{3,80 \cdot 1925 \cdot 0,725 - 4,87 \cdot 2499 \cdot 0,371}{206\,265(-0,9282)} = -0,004 \text{ m}$$

berechnen.

Bei den drei anderen Berechnungen brauchen wir keine Näherungswerte der Koordinaten, und die Durchrechnung erfolgt mit den ausgeglichenen Richtungen.

SCHRIFTTUM

1. Терпугов, К. Н.: Уравнивание линейных засечек по способу условных уравнений. *Геодезија и Картографија*, 1962, Heft 2, S. 19—22.
2. MORPURGO, A.: Die Punkteinschaltung mit Ausgleichsverfahren nach der Methode der bedingten Beobachtungen. *Österr. Zeitschr. für Vermessungswesen*, 1929, S. 53—59 und 69—78.
3. FÖRSTNER, G.: Punkteinschaltung mit Ausgleichung nach bedingten Beobachtungen. *Zeitschr. für Vermessungswesen*, 1930, S. 847—855.
4. DOKULIL, TH.: Lösung des mehrfachen Rückwärtseinschneidens nach der Methode der bedingten Beobachtungen. *Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen*, 1916, S. 97—102 und 113—120.
5. EGGERT, O.: Rückwärtseinschnitt mit Correlatenausgleichung. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 1899, S. 44—50.
6. JORDAN—EGGERT: Handbuch der Vermessungskunde, Bd. I. Stuttgart, 1948.

THE ADJUSTMENT OF INTERSECTIONS AND THREE POINT RESECTIONS BY THE METHOD ATTRIBUTED TO CONDITIONAL AND INTERMEDIATE OBSERVATIONS

A. TÁRCZY-HORNOCH

SUMMARY

Paragraph A) of the paper deals, in principle, with the attribution of the method of intermediate observations to the adjustment of conditional ones. Sections B1 α and B2 α contain the attribution of intersections and three point resections to conditional measurements.

In sections B1 β , B2 β and B2 γ intersections and three point resections are adjusted by directly setting up the equations of condition.

In paragraph C) the equations referring to the adjustment of conditional measurements are again solved by the method of intermediate measurements, while in paragraph D) fictitious observations are used for the solution of these problems.

The appendix presents the adjustment for an example of intersection by using the given methods.

COMPENSATION DE L'INTERSECTION ET DU RECOUPEMENT SELON LES MÉTHODES DES OBSERVATIONS CONDITIONNÉES ET INDIRECTES

A. TÁRCZY-HORNOCH

RÉSUMÉ

La première partie de l'article étudie le mode de ramener la compensation des observations indirectes à la méthode des observations conditionnées. Les parties B1 α et B2 α contiennent l'application de ce principe à l'intersection et au recouplement, tandis que dans les parties B1 β , B2 β et B2 γ , l'intersection, resp. le recouplement sont compensés par établissement direct des équations de condition.

Dans la troisième partie, on résoud à nouveau les équations de la compensation des observations conditionnées, à l'aide de la méthode des observations indirectes. Enfin dans la quatrième partie de l'étude, l'auteur résoud les problèmes en question en utilisant, en partie, des observations fictives.

Un annexe présente un exemple de compensation de l'intersection selon les méthodes décrites.

УРАВНИВАНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАСЕЧКИ ПО МЕТОДУ УСЛОВНЫХ
И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

А. ТАРЦИ-ГОРНОХ

РЕЗЮМЕ

В части А) настоящей работы дается принципиальное обсуждение использования метода вспомогательных наблюдений для уравнивания условных наблюдений. В частях $B1\alpha$ и $B2\alpha$ рассматривается вопрос о доведении прямой и обратной засечки до измерения условных.

В частях $B1\beta$ и $B2\beta$, а также $B2\gamma$ прямая и обратная засечки уравниваются путем непосредственного составления условных уравнений.

В разделе С) уравнения для уравнивания условных измерений решаются снова методом вспомогательных измерений, в то время, как в разделе D) для решения этой проблемы используются фиктивные наблюдения.

В приложении дается пример уравнивания прямой засечки указанными методами.

DIE BEDEUTUNG DER PHYSIOLOGIE UND DER PSYCHOLOGIE FÜR DIE GEODÄSIE

E. REGÓCZI

DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

[Eingegangen am 10. September 1962]

Die Geodäsie beansprucht mehrere unserer Sinnesorgane. Die wichtigste Aufgabe kommt hierbei jedoch dem Auge zu, da die meisten Verbindungen des Menschen zur Umwelt im Sehen wurzeln. Die Bedeutung des Sehorgans für die Geodäsie kommt auch in der Tatsache zum Ausdruck, daß die meisten Lehr- und Handbücher der Vermessungskunde den Aufbau und einige Funktionen des Auges miterörtern. Diese Angaben werden zumeist HELMHOLTZ's grundlegendem Buch entnommen. Dieses Material ist aber teilweise schon veraltet, es soll deswegen modernisiert und erweitert werden, weil es mit dem zunehmenden Anspruch an Genauigkeit unumgänglich wird, die Lichtwellen nicht nur auf ihrem Wege in der Luft und im Gerät sondern auch den durch sie ausgelösten Prozeß — der sich zwischen Hornhaut und Großhirnrinde abspielt, und der uns im Endeffekt die geodätischen Angaben liefert — zu prüfen. Der Verfasser hat sich die Prüfung dieser Probleme zum Ziele gesetzt. Er beschäftigt sich deshalb — auf Grund der neuesten Forschungsergebnisse — eingehend mit dem Aufbau bzw. mit der Funktion des Auges, und mit den durch die optischen Wirkungen ausgelösten physiologischen und psychologischen Prozessen. Es wird immer auf die geodätische Bedeutung der behandelten Symptome hingewiesen.

Der Schlußteil der Abhandlung möchte mit Hilfe der Ablesungsergebnisse von Basismessungen des ungarischen Haupttriangulierungsnetzes beweisen, daß zwischen dem persönlichen Fehler und den atmosphärischen Verhältnissen ein Zusammenhang besteht.

Die Geodäsie mit ihren mannigfaltigen Einzelaufgaben kann jener Gruppe der Wissenschaften zugeordnet werden, die gewisse objektive Züge der Umwelt in einer solchen Weise darstellen, daß diese für das menschliche Bewußtsein jeder Zeit in einer angemessenen Form (Zahlenangaben oder Bilder) zugänglich sind.

Die Eigenschaften der Umwelt sind jeweils durch Erscheinungen erkennbar. Letztere werden uns durch die Sinnesorgane vermittelt.

Nach PAWLOW sind die Sinnesorgane Analysatoren, d. h. rezeptive Anlagen, die den Reiz qualitativer und quantitativer Analyse der Erregung zu den kortikalen Zentren des Zentralnervensystems leiten, in denen die Wahrnehmungen entstehen.

Die Geodäsie beansprucht mehrere unserer Sinnesorgane. Die wichtigste Rolle kommt hierbei jedoch dem Auge zu, da die meisten Verbindungen des Menschen zur Umwelt im Sehen wurzeln. Physiologisch gesehen handelt es sich im Falle des Auges um die kortikopetale Vermittlung des Verhaltens der Umweltgegenstände dem Licht gegenüber: nämlich daß diese aus dem einfallenden Lichtstrahl Wellen bestimmter Qualität und Menge absorbieren, durchlassen oder reflektieren. Diese Eigenschaft der Gegenstände wird uns

wahrscheinlich zuerst als Farbenwahrnehmung bewußt, um nach der Farbenanalyse den Gegenstand selbst mit dem Bewußtsein zu erfassen.

Wie am Anfang erwähnt, bietet uns die Geodäsie die charakteristischen Züge der Umwelt jeweils in einer dem Bedarf angepaßten Form an, mit anderen Worten heißt dies, daß das derart dargestellte Bild von dem der direkten Geländebetrachtung abweicht. Dieser Umstand ist aus mehreren Gründen erwünschenswert: das unmittelbare subjektive Bild des Geländes enthält nicht nur geometrisch falsche oder unsichere Einzelheiten, sondern auch technisch überflüssige Angaben, es ermöglicht keinen ausreichenden Aufschluß über die Höhenverhältnisse; die Verwendung eines solchen Bildes zu späteren Zeitpunkten leidet unter der Tatsache, daß es nicht wieder naturgetreu in das Gedächtnis zurückgerufen werden kann. Die Vorstellung ist nämlich keine mechanische Reproduktion der Sinneswahrnehmung, sondern ein veränderliches, dynamisches Bild, das unter bestimmten Bedingungen immer wieder neu gestaltet und durch den Charakter der jeweiligen Person individuell beeinflußt wird. Der psychologische Grund dieses Phänomens ist die Metamorphose der primären Erinnerungsbilder.

Es soll dem Autor nicht als Voreingenommenheit ausgelegt werden, wenn er die Arbeit des Geodäten mit der des Künstlers vergleicht. Wenn der Maler ein Antlitz oder eine Gestalt formt, bringt er nicht alles auf die Leinwand, was er sieht, sondern transformiert seine Empfindungen. Sein Werk verliert dadurch jedoch nicht an Realität, sondern bewirkt eher das Gegenteil, da das künstlerische Vorstellungsvermögen das Zufällige und das Störende beseitigt, um das Charakteristische schärfer hervortreten zu lassen. Diese Schöpfung der Vorstellungskraft hat mehr Wirklichkeit in sich als eine Photographie.

Auch der Geodät gestaltet das Sichtbild um. In seinem Falle wird dieser Vorgang aber nicht durch das Vorstellungsvermögen, sondern durch technischen Sinn und bestimmte Regeln gelenkt. Das Resultat seiner Arbeit eignet sich besser zu technischen Zwecken als eine direkte Photographie des Geländes.

Die Bedeutung des Sehorgans für die Geodäsie kommt auch in der Tatsache zum Ausdruck, daß die meisten Lehr- und Handbücher der Vermessungskunde den Aufbau des Auges miterörtern. Für das weitere scheint es von Nutzen zu sein, hier einen Querschnitt über das Auge zu zeigen. Wie in Abb. 1 ersichtlich, stellt das Auge ein zusammengesetztes optisches System dar mit folgenden Brechmedia: die Hornhaut (Cornea), das Kammerwasser (Humor aqueus), die Linse (Lens crystallina), der Glaskörper (Corpus vitreum) und mit folgenden Brechoberflächen: die vordere und hintere Oberfläche der Hornhaut und die der Linse.

Es soll nicht übersehen werden, daß das Auge als optisches Gerät kein vollständiges ist. Auch das gesunde Auge ist mit verschiedenen Unvollkommen-

heiten belastet, wie chromatische und sphärische Aberrationen, Astigmatismus, Bildverzeichnung usw. Ferner sind die optischen Bestandteile des Auges nicht zentralisiert, wodurch streng genommen, über keine optische Achse des Auges gesprochen werden kann. Sehr zutreffend ist daher HELMHOLTZ'S scherzhafte Bemerkung, daß das Auge ein so schlechtes optisches System sei, daß man es einem Optiker sofort zurückgeben würde. All diese Fehler des Auges wirken jedoch nicht störend, da sie durch physiologische und psychologische Vorgänge ausgeglichen werden. Eben darum müssen bei der Betrachtung

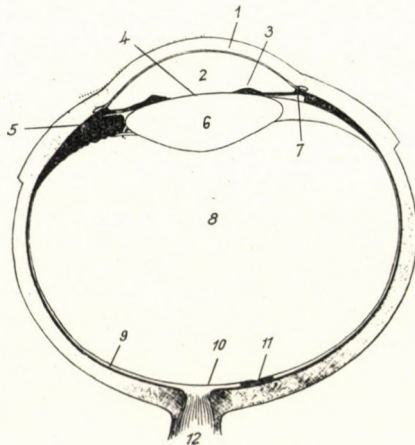


Abb. 1. Horizontaler Schnitt durch das rechte Auge. 1. Hornhaut; 2. vordere Kammer; 3. Regenbogenhaut; 4. Pupille; 5. Corpus ciliare; 6. Linse; 7. hintere Kammer; 8. Glaskörper; 9. Netzhaut; 10. blinder Fleck; 11. Netzhautgrube; 12. Sehnerv.

tung der physischen Optik des Sehorgans auch die physiologische und die psychologische »Optik« berücksichtigt werden.

Das grundlegende Werk über die Problematik des Sehens entstammt von H. HELMHOLTZ. (Handbuch der physiologischen Optik, 1856.) Die als letzte erschienene dritte Auflage dieses Buches, die durch A. GULLSTRAND, J. KRIES und W. NAGEL neu bearbeitet worden war, ist bereits über 50 Jahre alt. Die seitdem stattgefundene Entwicklung auf diesem Gebiet wird im wesentlichen dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Hypothesen oder Feststellungen des Originalwerkes durch Forscher verschiedener Fachgebiete überprüft worden sind, da sich die Lehre des Sehens über mehrere Zweige der Wissenschaften erstreckt. Welche Arbeit zur Klarstellung von Einzelfragen des Sehmechanismus verlangt wird, geht unter anderem aus dem Literaturverzeichnis in K. MÜTZE'S Buch über die Akkomodation des menschlichen Auges hervor, welches 376 einschlägige Arbeiten umfaßt. Die in der geodätischen Literatur mitgeteilten Angaben über das Auge werden zumeist HELMHOLTZ'S Buch entnommen. Dieses Material sollte jedoch erweitert und moder-

nisiert werden, weil es mit dem zunehmenden Anspruch an Genauigkeit unumgänglich sein wird, die Lichtwellen nicht nur auf Ihrem Wege in der Luft und im Gerät sondern auch den durch sie ausgelösten komplizierten Prozeß, der sich zwischen Hornhaut und Großhirnrinde abspielt und der uns im Endeffekt die geodätischen Angaben liefert, zu prüfen.

Die lichtempfindliche Schicht des Auges ist die Netzhaut. Ihr Aufbau ist in Abb. 2. skizzenhaft gezeigt. Diese ca. 0,3 mm dicke, netzförmige feine

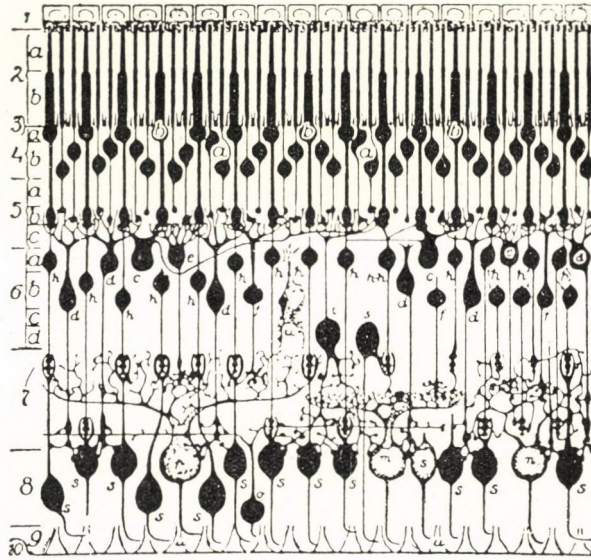


Abb. 2. Schema der Netzhaut. 1. Pigmentepithel; 2. Stäbchen- und Zapfenschicht; 3. äußere Grenzmembran; 4. äußere Körnerschicht; 5. äußere plexiforme Schicht; 6. innere Körnerschicht; 7. innere plexiforme Schicht; 8. Ganglienzellenschicht; 9. Sehnervenfaserschicht; 10. innere Grenzmembran. 1—5a erstes Neuron, 5b—7 zweites Neuron, 8—10 drittes Neuron

Haut stellt eigentlich einen Vorsprung des Gehirns dar. Der in Abb. 2 unten gelegene Teil der Netzhaut steht in Kontakt mit dem Glaskörper, das ins Auge fallende Licht muß also durch sämtliche Schichten der Netzhaut dringen, um die lichtrezeptiven Nervenendungen (sog. Zapfen und Stäbchen) zu erreichen. Diese werden durch den Lichtstrahl gereizt, und das Licht wird nunmehr als eine spezielle elektrochemische Erregung auf das zweite Neuron übertragen. Hier unterliegt die Erregung einer bisher noch nicht näher bekannten Veränderung, um dann auf das dritte Neuron übertragen zu werden. Letzteres leitet sie bis zu den primären optischen Zentrum des Gehirns. Es sind nur wenig Einzelheiten über den ganzen Vorgang bekannt, da die Struktur und die Funktion der Netzhaut sehr kompliziert sind.

Nach der Theorie von KRIES kommt den Zapfen die Aufgabe des Sehens bei starkem Licht sowie das Farbsehen zu, dagegen dienen die Stäbchen

zum farblosen Sehen bei Dämmerung. Die Dichte der Zapfen ist im sog. gelben Fleck am größten. Die Mitte dieses Fleckes ist etwas gewölbt. Die Netzhautgrube (Fovea centralis), in der sich ausschließlich Zapfen befinden, ist die Stelle des Scharfsehens. Wenn daher etwas ganz scharf gesehen werden soll, stellen sich die Augen so auf den Gegenstand ein, daß das von dort kommende Licht in die Netzhautgrube fällt.

Unsere Kenntnisse über die Netzhaut wurden durch POLYAK's histologische Untersuchungen in wertvoller Weise bereichert. Seine Ergebnisse wurden in der geodätischen Literatur bis jetzt nur wenig beachtet, obwohl diese, im Hinblick auf die Sehschärfe (Auflösungsvermögen) und Sehempfindlichkeit, von großer Bedeutung sind. Wie POLYAK's Arbeiten zeigten, kommt im Sehvorgang neben den Zapfen und Stäbchen auch den Schaltelementen der Netzhaut eine wichtige Rolle zu. Das Zentralgebiet der Fovea centralis (von annähernd 0,4 mm Durchmesser) enthält ungefähr 34 000 Zapfen, von denen aber nur 2500 in der Mitte dieses Gebietes (0,1 mm Durchmesser) einen individuellen Anschluß zu Sehnervenfasern aufweisen. (Aber auch hier haben die Zapfen Verbindungen durch die Bipolarzellen untereinander.) In temporaler Richtung gehend, werden die Zapfen zunehmend dicker und kürzer und haben einen Gruppenanschluß zu je einer Sehnervenfaser. Die Anzahl der Zapfen an einem solchen gemeinsamen Anschluß wird in der erwähnten Richtung ebenfalls größer, außerdem befinden sich zunehmende Mengen von Stäbchen dabei. Die zweierlei Rezeptoren werden also denselben Nervenfasern angeschlossen.

Das optische System des Auges hat die Aufgabe, zwischen Netzhaut und Außenwelt die Verbindung in der Weise herzustellen, daß die Lichtstrahlen der räumlich unterschiedlich gelegenen Gegenstände als reales, umgekehrtes Bild auf bestimmte Punkte der Netzhaut projiziert werden. In geodätischen Büchern, und manchmal auch in ophthalmologischen Werken, wird in diesem Zusammenhang behauptet, daß es korrespondierende Punkte zwischen Außenwelt und Netzhaut gebe. Somit komme den einzelnen Retina-Rezeptoren in unseren Bewußtsein ein gewisses Lokalzeichen zu, wodurch die Gegenstände raummäßig lokalisierbar werden.

Diese vereinfachte Darstellung ist im allgemeinen richtig und für didaktische Zwecke durch ihre Veranschaulichung gut brauchbar, doch muß bei näherer Betrachtung der Sache festgestellt werden, daß die Raumlokalisierung etwas komplizierter ist. Die oben erwähnte Behauptung der Bücher bedeutet nämlich, daß jedem Rezeptor ein solches fixiertes Lokalzeichen zugeordnet wäre, das in der in die Außenwelt projizierten subjektiven Empfindung eine konkrete Richtung bestimmt. Was geschieht dagegen, wenn ein optisch intensives Phänomen die Peripherie des Sehfeldes betritt? Das Auge verdreht sich automatisch soweit, daß das Bild des Gegenstandes in die Netzhautgrube gelangt. Während dieser Augenbewegung verschiebt sich das Bild an der

Netzhaut, nicht aber in der subjektiven Empfindung. Diese Tatsache schließt die angenommene starre Zuordnung von Lokalzeichen zu den Stellen des retinalen Lichteinfalles aus [3].

Wie bekannt, ist dem Auge eine Akkomodation zu unterschiedlichen Entfernungen möglich. Als Fernpunkt wird derjenige am weitesten im Raum gelegene Punkt bezeichnet, der noch eben scharf gesehen werden kann. Zur Fixierung des Fernpunktes nimmt die Augenlinse ihre flacheste Form an. Der räumlich am nächsten gelegene Punkt, der noch ebenfalls scharf gesehen werden kann, heißt der Nahpunkt. Hierzu wölbt sich die Linse am stärksten. Der Nahpunkt entfernt sich mit zunehmendem Alter. Diese Tatsache ist auch für die Geodäsie von Belang.

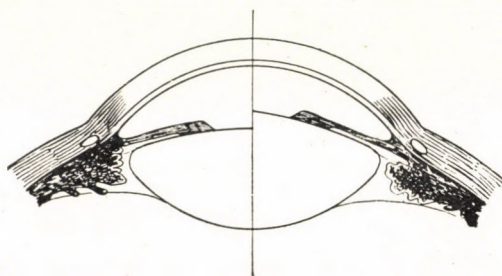


Abb. 3. Querschnitt des vorderen Augenabschnittes: links in der Akkomodation für die Ferne; rechts in der für die Nähe

Die Größe der beiden Grenzwerte des Sehens ist Übrigens von der Lichtfarbe abhängig. Der bei weißem Licht gemessene Fernpunkt stimmt mit dem bei Rotlicht beinahe überein, bezüglich des Nahpunktes ergeben weißes Licht und Blaulicht annähernd die gleichen Werte. Der Nahpunkt des binokularen Sehens liegt weiter entfernt als der des monokularen.

Bei der Akkomodation bleibt die Wölbung der Hornhaut unverändert, dagegen verändert sich die der vorderen Linsenoberfläche in stärkerem, die der hinteren in geringerem Maße (Abb. 3).

Die Akkomodation ist ein psychoreflektorischer Vorgang. Sobald unsere Aufmerksamkeit auf einen Gegenstand gelenkt wird, stellt sich auch das Auge automatisch darauf ein.

Die elastische Linse ist mittels einer aus zahlreichen feinen Fasern zusammengesetzten Suspensor-Anlage an ihrem Platz fixiert (Zonula Zinnii). Diese Fasern, die von Aequator der Linse zum Corpus ciliare ziehen, üben nach HELMHOLTZ auf die Linse einen Dauerzug im Ruhestand aus, wodurch sie abgeflacht und das Auge auf den Fernpunkt eingestellt wird; während der Akkomodation werden die Fasern entspannt, ihr Zug auf die Linse läßt nach, und die Linse selbst wölbt sich infolge ihrer Elastizität.

Diese HELMHOLTZ'sche Theorie der Akkomodation ist so naheliegend, daß sie bis vor kurzem allgemein akzeptiert wurde. Jüngere Hypothesen

zweifeln jedoch mehr oder weniger an dieser Theorie, und die Debatte ist zur Zeit noch nicht abgeschlossen. Es scheint aber bereits sicher zu sein, daß die Akkomodation nicht allein auf die Änderungen des Zuges durch die oben erwähnten Fasern zurückgeführt werden kann.

In der Literatur über Geräte der Geodäsie begegnet uns häufig der Begriff der deutlichen Sehweite. Sie wird gewöhnlich als 25 cm angegeben. Sehen wir, was HELMHOLTZ darüber sagt:

»Der Begriff der deutlichen Sehweite stammt aus der Zeit, wo man nicht daran dachte, daß das Auge auf unendliche Ferne eingestellt sein könnte, und ist eben deshalb sehr unglücklich, weil er heute noch den konstruierenden Optiker zu der Anschauung verleiten kann, daß bei der Anwendung des Instrumentes dieses ein Bild in dem entsprechenden Abstände entwerfen muß, welches dann vom Auge gesehen wird. Sogar Abbe konnte, als er die Notwendigkeit des Begriffes der absoluten Vergrößerung eines Linsensystems einsah, diesen Begriff nur für einen bestimmten Abstand des Instrumentes vom Auge deduzieren, weil die deutliche Sehweite zu dieser Zeit als etwas Reelles imponierte. Tatsächlich ist dieselbe nichts anderes als eine konventionelle Projektionsweite.« ([2] Bd. I., Seite 310).

Wir wollen hier noch hinzufügen, daß die deutliche Sehweite schon aus dem Grunde kein wohldefinierter Begriff sein kann, weil sie von der Größe der beobachteten Gegenstände, ferner vom Lebensalter der betreffenden Person abhängt.

In fast allen älteren ophthalmologischen und physiologisch-optischen Büchern wird behauptet, daß sich das Auge bei der Sicht auf den Fernpunkt in Akkomodationsruhe befindet. (Darauf weist der Anfang des eben erwähnte Zitats von HELMHOLTZ auch hin, da dieser Umstand gewöhnlicherweise als Akkomodationsruhe bei Sicht ins Unendliche ausgedrückt wird.) Heute ist man darüber anderer Meinung. Aber was soll eigentlich unter Akkomodationsruhe verstanden werden? Offensichtlich jeder Zustand des Auges, in dem alle Teilnehmer des Akkomodationsvorganges (Linse, Kapsel, Suspensoranlage, Corpus ciliare, usw.) in Abwesenheit jeglicher Aktionsreize ein gewisses Gleichgewicht erlangten.

Die Erörterung aller Einzelheiten über diese Frage würde den Rahmen dieses Vortrages weit überschreiten. Es soll hier daher nur erwähnt werden, daß, falls dem Lebensalter in der Akkomodation eine wichtige Rolle zukommt, es auch für die Akkomodationsruhe zutreffen müßte. Bezüglich des letzteren Zusammenhanges wurden durch LAU und MÜTZE Messungen an 70 Augen durchgeführt. Ihre Ergebnisse sind in Abb. 4 gezeigt.

Die Akkomodation bedeutet für das Auge Arbeit. Da somit eine Ermüdung des Mechanismus herbeigeführt werden kann, müssen die geodätischen Meßgeräte und Meßverfahren derart konstruiert werden, daß diese nur eine minimale Akkomodation verlangen. Nur zum Schein spricht gegen diese

Behauptung das folgende mögliche Argument: Wenn die Akkomodation nicht durch Meßarbeit, aber durch kontinuierliches Sehen, wie etwa im Laufe eines Spazierganges aktiviert ist, so fühlen wir doch keine Ermüdung des Auges. Im zweiten Falle handelt es sich nämlich meines Erachtens um einen andersartigen Vorgang. Jeder Geodät, der Präzisionswinkelmessung oder Feinnivellement durchführte, kann ein Ermüden des Auges beobachtet haben, darüber hinaus kommt das Auge beim Fortsetzen solcher Arbeiten über mehrere Wochen in einem eigenartigen Erschöpfungszustand. Möglicherweise liegt der Grund für dieses Phänomen darin, daß durch Konzentration und Akkomodation

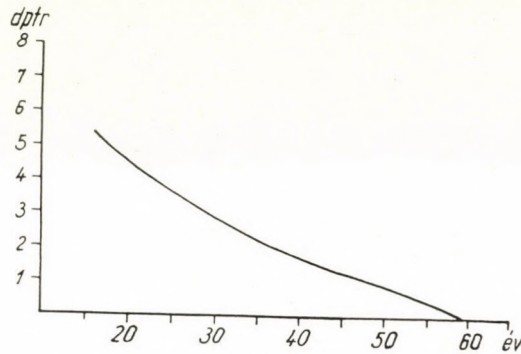


Abb. 4

das Sehorgan und seine psychovisuellen Zentren viel mehr beansprucht werden, als durch eine gewöhnliche Beobachtung.

Wie von mehreren Forschern festgestellt, wird das Okular des Fernrohres bei schwachen Lichtverhältnissen anders eingestellt als bei normalem Tageslicht. Nähere Untersuchungen dieser Erscheinung haben gezeigt, daß die Brechkraft des Auges auch von der Belichtung abhängt. Das bei Tageslicht normal sehende Auge wird bei der Dämmerung kurzsichtig. (Die Änderung kann z. B. im Kino $-0,5$ bis $-1,0$ Dioptrien, bei Mondschein bis -2 D betragen, KÜHL fand in seinen Versuchen Werte zwischen $-1,4$ und $-3,5$ D.) Dieses Phänomen heißt Nachtmyopie. Nach neueren Untersuchungen erklärt sich die Nachtmyopie durch den Effekt der chromatischen und sphärischen Aberration bei der Akkomodation.

PALACIOS stellte fest, daß bei abnehmender Helligkeit der Fernpunkt dem Auge näher kommt, während sich der Nahpunkt entfernt. Die Akkomodationsbreite wird somit eingeengt, wodurch entfernte Gegenstände wie bei Kurzsichtigkeit und nahe gelegene wie bei Weitsichtigkeit betrachtet werden.

Für uns ist besonders die Tatsache von Interesse, daß eine der Nachtmyopie ähnliche Erscheinung auch bei Tage auftritt, wenn ein Gerät mit optischer Anlage benützt wird. Das Sehorgan verhält sich in dem Falle also

anders, als während des Sehens mit dem bloßen Auge. Nach SCHOLER's Untersuchungen macht die Differenz im Groben 1 Dioptrie aus.

Die Ursache dieses Phänomens ist noch unbekannt. Die an dieser Stelle häufig hervorgebrachte Bemerkung, daß die Benützung des Gerätes das Auge zur Akkomodation reize, klingt eher populär als exakt-wissenschaftlich. Möglicherweise trägt aber diese Erscheinung zur eben geschilderten Ermüdung des Auges während der geodätischen Arbeit bei.

Wichtig ist die Kenntnis, daß waagerechte und senkrechte Linien in derselben Ebene nicht gleichzeitig akkomodiert werden können. Man sieht also von einem Kreuz entweder den einen oder den anderen Ast scharf. Wenn beide zugleich scharf gesehen werden sollen, so muß der senkrechte normalerweise weiter in den Hintergrund versetzt werden. (Z. B. waren für HELMHOLTZ eine 0,65 m entfernte senkrechte und eine 0,54 m weit gelegene waagerechte Linie zum gleichen Zeitpunkt scharf.) Als Erklärung hierfür kommt die Tatsache in Betracht, daß die Brechungsebenen des Auges unterschiedliche Krümmungsgrade im Horizontalen und im Vertikalen aufweisen. Der Unvorbelastete pflegt die senkrechten Linien zu akkomodieren.

Dies alles wirkt so lange nicht störend, bis es sich um parallel oder annähernd parallel verlaufende Linien handelt. Die Nachteile treten aber bei den sich kreuzenden Linien auf. Aus diesem Grunde ist es beispielweise physiologisch unmöglich, die beiden Äste des rechtwinklig angelegten Fadenkreuzes in unseren Geräten gleichzeitig zu sehen.

Diese Behauptung wurde experimentell dadurch belegt, daß 10 Beobachter (davon 2 Frauen: *H. M.* und *L. E.*) je zehnmal hintereinander erst den senkrechten und dann den waagerechten Ast des Fadenkreuzes bei vierzigfacher Okularvergrößerung an einem Theodolit (Typ Wild T 3) scharf eingestellt haben. Die Ergebnisse werden in Tab. I gezeigt. Die Werte sind in Einheiten der Okulareinteilung (Dioptrie) eingetragen.¹

Das auf die Netzhaut einfallende Licht setzt zweierlei Vorgänge in Bewegung. Der eine spielt sich schnell ab, da er zeitlich mit der Reizdauer zusammenfällt und mit der Erregung eng verbunden ist. Der andere geht langsam vor sich und bewirkt Änderungen in der Empfindlichkeit der Retina gegenüber Lichtintensität und auch sogar Lichtfarbe. Letzterer Vorgang heißt Adaptation. Man unterscheidet dreierlei Sorten. Diese sind:

1. Dunkeladaptation. Im Dunkeln nimmt die Lichtempfindlichkeit der Netzhaut zu. Der Unterschied kann unter Umständen ganz beträchtlich sein, z. B. nach einstündigem Aufenthalt in einer Dunkelkammer das 200 000-fache, der durch Verlängerung des Verbleibens dort noch weiter gesteigert werden kann.

¹ Der Versuch wurde durch das Geodätische Forschungslaboratorium der Ungarischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt.

Tabelle I

Beobachter	Vert. Faden	Hor. Faden
<i>A. Gy.</i>	$-2,9 \pm 0,31$	$-2,7 \pm 0,19$
<i>C. E.</i>	$-3,0 \pm 0,33$	$-2,4 \pm 0,25$
<i>H. E.</i>	$-3,4 \pm 0,44$	$-3,2 \pm 0,63$
<i>H. F.</i>	$-3,2 \pm 0,10$	$-3,4 \pm 0,14$
<i>H. M.</i>	$-4,0 \pm 0,33$	$-3,2 \pm 0,29$
<i>L. E.</i>	$-5,2 \pm 0,64$	$-3,9 \pm 0,48$
<i>O. A.</i>	$-3,1 \pm 0,19$	$-3,2 \pm 0,28$
<i>S. J.</i>	$-4,3 \pm 0,37$	$-4,1 \pm 0,37$
<i>Sz. Gy.</i>	$-3,2 \pm 0,13$	$-3,6 \pm 0,22$
<i>W. M.</i>	$-2,5 \pm 0,19$	$-2,9 \pm 0,27$

2. Lichtadaptation. Zu helles Licht setzt die Empfindlichkeit der Netzhaut herab. Die Änderung vollzieht sich innerhalb weniger Minuten.

3. Farbadaptation. Auf die Netzhaut lange Zeit hindurch einwirkendes Farblicht löst eine Unterempfindlichkeit für dieselbe Farbe aus. Ihre Größenordnung liegt unter der der Lichtadaptation. Nach KRAWKOW's Angaben wird die Farbadaptation am meisten durch das bläulich-lila Licht betroffen, weniger durch das rote und am wenigsten durch das grüne.

Während die Augenbewegungen und die Akkomodation jeweils durch beide Augen gleichzeitig ausgeführt werden, kann die Adaptation seitengetreunt stattfinden.

Auch für den Geodäten dürfte die Tatsache interessant sein, daß die Lichtempfindung nicht schlagartig, sondern durch stufenweise Zunahme bis zu einem Maximum eintritt. Das Licht braucht also eine bestimmte Einwirkungsdauer auf die Retina, um eine seiner Intensität entsprechende Erregung zu erzielen. Darum empfindet man ein länger anhaltendes, schwaches Licht gegenüber einem kürzeren, aber zugleich stärkeren Licht gleich intensiv. Auf der anderen Seite ist bekannt, daß die Lichtempfindung den Lichteffect zeitlich überdauert, weil die Erregung der Netzhaut nach Aussetzung des Reizes noch eine Weile anhält. Man sieht somit noch das Licht, wenn es bereits erloschen ist.

Werke über Instrumentenoptik und Geodäsie verhandeln das Auflösungsvermögen des Auges anhand des Satzes von RAYLEIGH. Dieser besagt, daß zwei Punkte nur dann getrennt voneinander gesehen werden können, wenn zwischen ihren Bildern in der Netzhaut wenigstens ein unerregter — oder nur minderregter — Zapfen liegt. Diese These kann schon allein wegen der Ergebnisse neuzeitiger Untersuchungen nicht stichhaltig sein: die Zerstreuungsfigur eines Punktes erstreckt sich auch bei der schärfsten

Projektion über nicht weniger als 36 Rezeptoren. Der auf Grund Rayleigh's Satzes errechnete physiologische Schwinkel ergäbe 20 Schwinkelsekunden, auf zwei Punkte bezogen konnte dieser Wert jedoch noch nie erreicht werden. (Die besten Resultate liegen in der Praxis zwischen 60" und 90".) Aber auch aus anatomischen Überlegungen kann zwischen Auflösungsvermögen und Ausmaß des Rezeptors keine eindeutige Beziehung postuliert werden. Wie nämlich bereits darauf hingewiesen wurde, sind die Rezeptoren gruppenweise an je eine Nervenfasern angeschlossen.

Die Untersuchungen über dieses Problem sind noch zu keinem endgültigen Abschluß gelangt. Heutzutage schließen sich die meisten OGLE's auch experimentell belegter Ansicht an, wonach das Auflösungsvermögen des Auges von

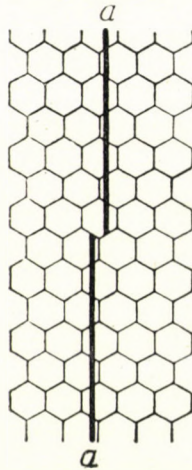


Abb. 5

der Form, insbesondere von der Kontur (Randeinschnürung) der Zerstreuungsgfigur des Doppelpunktsystems abhängt.

Ein schärferes Auflösungsvermögen kann erreicht werden, wenn anstelle der zwei Punkte die seitliche Verschiebung von zwei Hälften einer Geraden untereinander verfolgt wird. Diese ermöglicht, Unterschiede bis zu 5–10 Schwinkelsekunden wahrzunehmen oder sogar noch geringere, falls gute Kontrastbedingungen (schwarze Linie auf weißer Grundlage) vorliegen. Die Erklärung dafür auf der Basis der RAYLEIGH'schen These kann Abb. 5 entnommen werden. Wie hieraus ersichtlich, reicht bereits eine kürzere Entfernung als eine Zapfenbreite aus, damit die Bilder der beiden Geradenhälften auf zwei verschiedene Zapfenreihen fallen. Diese Erklärung wird jedoch durch die vorher erwähnte Kritik des Rayleigh'schen Satzes ebenfalls widerlegt.

Das Problem des Auflösungsvermögens bedarf in physischer, physiologischer und psychologischer Hinsicht weiterer Untersuchungen. Doch die bisherigen Erkenntnisse lassen die Folgerung zu, daß geodätische Geräte, deren

Ableseeinrichtungen und Libellen nach dem Koinzidenz-Prinzip aufgebaut sind, unvergleichbare Vorteile gegenüber den anderen besitzen.

Mit elektrophysiologischen Untersuchungsmethoden konnte nachgewiesen werden, daß die Retina in kleine Rezeptorfelder aufgegliedert ist. Die Erregung einer Sehnervenfaser entsteht durch die Belichtung eines solchen Rezeptorfeldes. Der Umfang dieser Felder ist kein konstanter: bei Dunkeladaptation sind mehrere, bei Lichtadaptation weniger Rezeptoren daran angeschlossen. Mit abnehmendem Licht läßt also auch die Sehschärfe nach. Da dieser Vorgang sehr rasch eintritt, ist es wichtig, das Sehfeld der Meßinstrumente gut zu belichten. (Die schärfste Sicht wird durch Quecksilberlampenlicht gewährleistet.)

Wie bereits erwähnt, ist das retinale Bild wegen der optischen Fehler des Auges unscharf. Dieser Mangel wird durch das Kontrast-Phänomen korrigiert, worunter die Verschärfung der Grenzlinie zwischen zwei ungleichen Lichteffekten verstanden wird. Der Kontrast setzt sich aus optischen, physiologischen und psychologischen Anteilen zusammen. Was die optische Komponente betrifft, handelt es sich hierbei im wesentlichen um den bekannten photometrischen Kontrast der Physik, der hier nicht näher erläutert zu werden braucht. Seine Rolle ist zwar wichtig, doch sprechen neuere Untersuchungsergebnisse dafür, daß das Scharfsehen in erster Linie mit dem physiologischen Kontrast verbunden ist. Letztgenanntes Phänomen besteht darin, daß die lichterregten Rezeptorfelder der Retina auf die benachbarten, nicht belichteten Gebiete hemmend auswirken, wodurch diese unempfindlicher werden; es sind also am Sehvorgang nicht ausschließlich nur die angestrahlten Retina-Einheiten beteiligt! Die psychologische Komponente des Kontrasts ist ebenfalls von großer Bedeutung, ihre Abhandlung würde jedoch die Rahmen dieses Vortrages überschreiten.

Zum Abschluß dieses Problemkreises soll noch erwähnt werden, daß ohne den Kontrast auch kein Formsehen möglich wäre. Das Kontrast-Phänomen ist begrifflicherweise von größter Wichtigkeit auch hinsichtlich des soeben erörterten Auflösungsvermögens des Auges. Aus praktischen Gründen dürfte es uns ferner interessieren, daß ein schwarzes Zeichen auf weißem Hintergrund immer schärfer wirkt als umgekehrt. Diese Erscheinung wurzelt auch im Kontrast-Phänomen.

Die Sehachse der Augen stellt sich während des binokularen Sehens automatisch in die Richtung des zu fixierenden Objekts ein und konvergiert dabei soweit, daß die Bilder beiderseits auf »identische« Netzhautfelder projiziert und somit psychovisuell vereinigt werden können.

Die geodätische Literatur unterstreicht die Bedeutung des Konvergenzwinkels mit Recht und veranschaulicht es zutreffenderweise durch ein Fachbeispiel: die Raumlokalisierung durch die Konvergenz sei ein Meßvorgang, der dem Vorwärtseinschneiden ähnele. Dieser Vergleich könnte noch dadurch

ergänzt werden, daß die »Messung« der Position von Richtungen, verglichen mit der Augenbasis im Falle der Konvergenz durch Zugempfindungen in den äußeren Augenmuskeln erfolgt. Diese Muskeln bilden nämlich mit dem Sehorgan selbst im Hinblick auf die Raumurteilfunktion eine untrennbare Einheit. Liegt bei den äußeren Augenmuskeln irgendeine Funktionsstörung vor, erfährt die Raumwahrnehmung trotz guter Sehschärfe und tadelloser Akkomodation, eine schwere Schädigung.

Die Raumwahrnehmung ist ein psycho-physischer Vorgang. Über den Verlauf ist wenig bekannt; zweifellos beginnt die Entwicklung dieser Fähigkeit bereits im Kindesalter durch Sammlung von Erfahrungen. Während einer langen Periode der Ontogenese liegt der Ausgangspunkt des Raum-Koordinatensystems in der Person selbst. Einen wesentlichen Schritt weiter bedeutet jene Umstellung, wenn die auf dieses Koordinatensystem bezogenen Angaben nunmehr in ein solches beliebiges Ausgangspunktes transformiert werden können. Bei diesem Punkt wandelt sich die Wahrnehmung der Richtung und Entfernung in die eigentliche Raumwahrnehmung um.

Es folgt aus dem Vorhergesagten, daß beim Suchen nach der Ursache der individuellen Unterschiede in der Raumwahrnehmungsfähigkeit neben physischen, psychischen und physiologischen Umständen auch Menge und Qualität der Erfahrungen mitberücksichtigt werden müssen. So kann das stereoskopische Sehen sowie die Fähigkeit zur photogrammetrischen Auswertung durch Übung gesteigert werden, obwohl es zweifellos Individuen gibt, deren Unfähigkeit zum stereoskopischen Sehen in keinerlei Weise gebessert werden kann — wahrscheinlich aus physiologischen oder psychischen Gründen.

Die Sammlung der Erfahrungen hat noch eine zweite Folge, nämlich daß die momentanen Raumwahrnehmungen unter Zuhilfenahme der bereits vorhandenen Erfahrungen und des Wissens unwillkürlich ausgewertet werden. Diese Tatsache ist für die Photogrammetrie ebenfalls von Bedeutung. Ohne diesen Vorgang würden die mannigfaltigen Reize nur ein sinnloses Chaos ergeben, während so die auf die Netzhaut projizierten Punktscharen durch die Vorstellung zu Linien, Ebenen oder Körpern synthetisiert werden können. Das Resultat der unwillkürlichen Auswertung stimmt mit der Wirklichkeit nicht immer überein. Es hat jedoch so starke psychologische Wurzeln, daß man sich von dem »Bild« auch dann nicht trennen kann, wenn seine Unrichtigkeit bewußt wird. Das Bild schaut in diesem Falle nicht so aus wie es tatsächlich ist, sondern wie unser Vorstellungsvermögen es sieht. Man kann sich von dieser Behauptung mittels eines Pseudoskops leicht überzeugen. Dieses Gerät zeigt — wie bekannt — alles in einer umgekehrten Perspektive: entfernte Gegenstände kommen als nahegelegene vor und umgekehrt, konkave Sachen werden also zu konvexen und vice versa. Bei Betrachtung durch ein solches Pseudoskop sieht man alles mit umgekehrter Perspektive, was zuvor nicht auf dem normalen Wege ins Bewußtsein eingepägt wurde; Dinge aber,

die durch diese Vorrichtung den Erfahrungen widersprechen, werden trotz des umgekehrten Netzhautbildes mit der richtigen Perspektive empfunden. So findet man beispielsweise ein menschliches Gesicht nicht einmal im Pseudoskop konkav.

Über einen interessanten Versuch berichtet in diesem Zusammenhang K. MÜTZE [6]. Es wurde das stereoskopische Lichtbild eines Kopfes bei einer Basislänge des fünfzehnfachen Augenabstandes angefertigt. Infolge der übermässigen Basis müßte dieser Kopf in konvexem Sinne im Stereoskop zu plastisch und bei verkehrtem Bildeinsatz zu konkav, etwa wie eine Maske, wirken. Dieser subjektive Effekt bleibt jedoch aus, der Kopf erschien während dieser Experimente immer konvex gewölbt.



Abb. 6

An dieser Stelle soll noch folgendes bekanntes Phänomen erwähnt werden. Wird das Bild eines plastischen Körpers, der aus der gewöhnlichen nordwestlichen Richtung angestrahlt wird, um 180 Grad gedreht, dann erscheinen die Ausbuchtungen als Einwölbungen und umgekehrt.

Manchmal entstehen aus einer Erregung zweierlei Bilder. So wirkt zum Beispiel die unter dem Namen »Schwiegermutter und Schwiegertochter« bekannte Abb. 6, worin entweder eine rückwärts blickende junge Frau, oder das starkkonturige Profil einer sich nach links gedrehten älteren Frau, gesehen werden kann. (Das Ohr der jungen Frau ist das linke Auge der älteren, während das Halsband der ersteren den Mund der letzteren bildet). Obwohl beide Bilder zugleich auf die Netzhaut gelangen, wird auf einmal nur das eine wahrgenommen.

Die bisherigen Argumente dürften bereits zur Einsicht ausreichen, daß die visuellen Bilder nicht ausschließlich durch die Projektionsbilder der Netzhaut bedingt sind. Dieser Umstand fällt jedoch noch mehr ins Auge, wenn man bedenkt, daß eine und dieselbe Linie mit unterschiedlichen Eigen-

schaften vergesellschaftet empfunden wird in Abhängigkeit ihres Vorkommnisses an verschiedenen Körpern. Das »Ganze« und der »Teil« wirken in der Empfindung gegenseitig aufeinander. Da sich unsere Beobachtungen (auch in der Geodäsie) im allgemeinen auf zusammengesetzte Erscheinungen (komplexe Ganzheiten) beziehen, erlangt dieses Problem eine große Wichtigkeit.

Hierfür ein einfaches Beispiel. Auf der oberen-linken Seite von Abb. 7 sind zwei Reihen gegeneinander etwas versetzter Striche zu sehen. Auf der rechten Seite sehen wir zwei Zickzacklinien. Durch Vereinigung dieser beiden eben wirkenden Teile, wie am Fuß der Abb. 7 dargestellt, ergibt sich eine Zeichnung mit Raumwirkung.

Es steht außer Diskussion, daß die Empfindung des »Ganzen« durch die der »Teile« geht, jedoch nicht als einfache Summation der letzteren, da die Teile bei der Synthese von unterschiedlichem Gewicht sind. Man empfindet

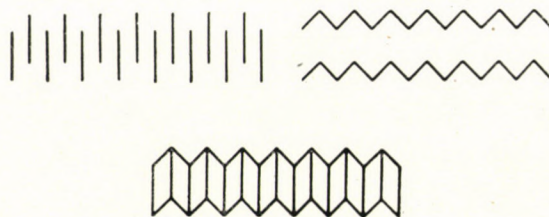


Abb. 7

zum Beispiel einen großen Unterschied zwischen einem gelesenen und einem buchstabierten Wort, da das Wort selbst mit anderen Begriffen assoziiert wird als die in ihm enthaltenen Buchstaben. Hierdurch werden Schriftfehler oft übersehen, weil die Aufmerksamkeit auf die Bedeutung des Wortes (d. h. auf die komplexe Erscheinung) und nicht auf die Bilder der Einzelbuchstaben abgeblendet ist, obwohl letztere die Bedeutung des Wortes vermitteln.

Die Verschmelzung von Einzelheiten kommt auch in der Photogrammetrie vor. Werden mehrere, hintereinander gelegene Gegenstände (der häufigste Fall in der Natur) beobachtet, dann müssten alle bis auf das fixierte Objekt doppelt gesehen werden, weil ihre Bilder auf keine identischen Punkte der beiden Netzhäute fallen. Trotzdem sieht man sie ausnahmslos einfach und im Raum lokalisiert, vorausgesetzt, daß ihre Entfernungen untereinander keine allzu grossen sind. Beim stereoskopischen Sehen erscheint das räumlich wirkende Geländebild unwillkürlich nach einer gewissen Dauer der Betrachtung, wenn die Einzelheiten durch einen psychologischen Vorgang vereinigt worden sind.

Die Wechselwirkung des »Ganzen« und der »Teile« spielt eine bedeutende Rolle auch in den geometrisch-optischen Täuschungen, dieser Umstand ist auch bei geodätischen und kartographischen Arbeiten zu beachten. Darf ich Ihnen dazu einige Beispiele zeigen?

Die mit »a« bezeichneten Seiten der vier Figuren in Abb. 8 sind gleich lang, obwohl sie unterschiedlich wirken.

In Abb. 9 ist »a« gleich »b«, und in Abb. 10 $AC = CB$.

In Abb. 11 scheint der Abstand AB gleich BC zu sein, obwohl er größer ist.

Abb. 12 stellt den Treffpunkt zweier Wege und einer Markierung dar. Die durch den breiten Weg geteilten Hälften der Grenzlinie täuschen eine Parallelver-

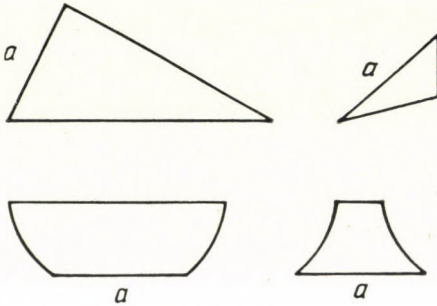


Abb. 8

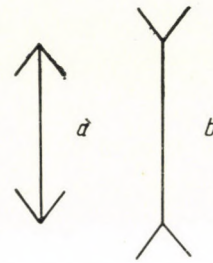


Abb. 9

schiebung vor (der westliche Teil nach Norden verschoben), ferner haben wir den Eindruck als kreuze der westliche Rand des schmalen Weges den Schnittpunkt, der von dem Ostrand des breiten Weges mit der östlichen Markierungsline gebildet wird, obwohl ihn tatsächlich die östliche Linie schneidet.

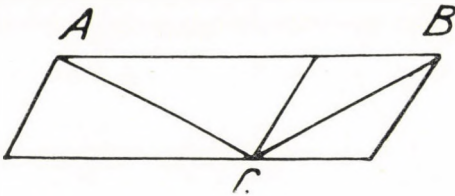


Abb. 10

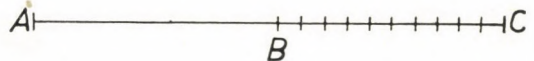


Abb. 11

In Abb. 13 treffen sich drei Wege. Die verlängerten Ränder des östlichen Weges berühren, obwohl es falsch anmutet, die beiden Schnittpunkte des westlich gelegenen Weges mit dem Westrand der breiten Straße.

In Abb. 14 scheint die nördliche Linie des westlichen Weges höher zu liegen als die südliche Begrenzung des östlichen, obwohl sie sich beide auf gleicher Höhe befinden.

In Abb. 15 ist »a« gleich »b«.

Bei geodätischen Arbeiten kommt es häufig vor, daß die Position von Linien oder Abstände, Winkel und Flächen miteinander verglichen werden müssen. Am einfachsten und genauesten können solche Aufgaben durchgeführt werden, wenn die Linien, infolge ihrer Lage, ohne Kopfbewegung nacheinander durch das Auge auf dieselbe Stelle der Netzhaut projiziert

werden können. Wenn wir beispielsweise die Länge zweier parallelen, einander nahegelegenen Geraden vergleichen, fassen wir zuerst die eine und dann die andere ins Auge, und dieser Vorgang wiederholt sich mehrmals. Nach HELMHOLTZ's

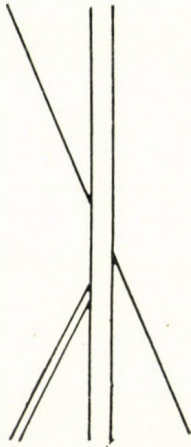


Abb. 12

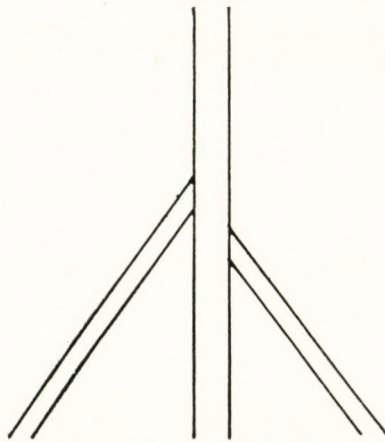


Abb. 13

Vergleich wird die Netzhaut in diesem Falle wie ein Zirkel benützt; man nimmt die eine Gerade zwischen die Spitzen der Schenkel und vergleicht die andere Gerade, indem man sie übereinanderlegt. Es besteht jedoch ein wesent-



Abb. 14

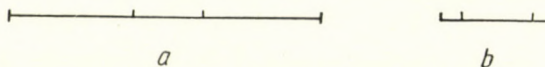


Abb. 15

licher Unterschied zwischen den Verwendungsmöglichkeiten der beiden »Meßinstrumente«, da der Zirkel in beliebigen Richtungen gedreht werden kann im Gegensatz zum Auge während der Ruhestellung des Kopfes. In dieser Weise können parallele Abstände sowie Parallelwinkel gut miteinander verglichen und Linien bezüglich ihrer Parallelität genau geschätzt werden, während wir bei abweichenden Richtungen jedoch recht unsicher werden können. Ich möchte betonen, daß das »Genau« mit dem »Vollkommenen« nicht gleichgesetzt werden kann, weil solche Schätzungen durch individuell sehr variable Fehler behaftet sind.

Der Vergleich waagerechter Abstände zu senkrechten ist besonders schwer. In diesem Vorgang begehen wir einen systematischen Fehler, indem die Länge der senkrechten Linie zur gleichlangen waagerechten überschätzt wird. Beim Zeichnen eines in vertikalhorizontaler Position angelegten Quadrats wird daher die senkrechte Seite kürzer bemessen als die Basis. Die Differenz beträgt etwa $1/40$ der Basis, sie kann aber auch bei der gleichen Person sehr schwankend sein [2].

Das Vergleichen von Abständen kommt in der Geodäsie am häufigsten in Form von Halbierungen und Dezimalschätzungen vor. Als Beispiel für die erstere könnte die Richtung mittels des Theodolit-Fernrohrs erwähnt werden. Die letztere kommt beim Ablesen von Skalen vor, wenn die Position des Zeigers zu den Teilungsstrichen durch Schätzung erfaßt wird. Die Halbierung stellt eigentlich einen Sonderfall der Dezimalschätzung dar.

Über das Wesen der Dezimalschätzung hat BÄCKSTRÖM ausführliche Versuche angestellt [8]. Seine auch von anderen bestätigten Ergebnisse zeigten, daß die Dezimalen eines Skalenintervalls durch die Einzelperson subjektiv geschätzt werden, d. h., jeder besitzt eine individuelle Dezimalteilung. Diese weicht von der exakten Einteilung zwar immer ab, doch kann sie bei ein und derselben Person solange als konstant angesehen werden, als die kleinste Intervallgröße bzw. Zeiger- und Teilstrichdicke unverändert sind. Ferner muß unseres Erachtens bei diesem Punkt die Lage der Skala, verglichen mit der Augenbasis, mitberücksichtigt werden, weil die Schätzung aus physiologisch-psychologischen Gründen in der vertikalen Richtung unsicherer ist als in der horizontalen.²

Das Problem der Intervallhalbierung hat eine bedeutende Rolle auch für den in der geodätischen Literatur oft erwähnten Symmetrie-Sinn des Auges. Letztere Frage beschäftigte verständlicherweise mehrere Autoren. Interessant ist in dieser Hinsicht HELMHOLTZ's [2] Hinweis auf die Tatsachen, daß das linke Auge an einem anderen Punkt halbiert als das rechte, die beiden zusammen wiederum anders als das einzelne, ferner, daß senkrechte Abstände ungenauer halbiert werden als waagerechte. Außerdem soll das rechte Auge den rechten, das linke Auge dagegen den linken Anteil eines Abstandes größer einschätzen. Nachuntersuchungen konnten diese Angaben nicht in allen Einzelheiten bestätigen.

LABITZKE [10] kommt in seinem ausführlichen Aufsatz unter anderem auf die Schlußfolgerung, daß von ihm, unabhängig vom benutzten Auge, die Intervallmitte beim Halbieren in horizontaler Richtung zu weit nach rechts, bzw. beim Halbieren in vertikaler Richtung zu weit nach oben verlegt wurde. Der systematische Fehler des linken Auges war geringer als der des rechten, was

² Dieser Umstand ist auch für die Konstruktion der Ablesevorrichtungen sowie für die Ausarbeitung eines Meßvorganges von Bedeutung.

allein schon darum merkwürdig ist, weil er stets das rechte Auge beim Beobachten gebrauchte, wodurch dieses als das »geübtere« galt.

Den in [2] und [10] mitgeteilten Versuchen kann zum Nachteil ausgelegt werden, daß sie sich auf relativ wenig Beobachtungsergebnisse einiger Versuchspersonen stützen. (LABITZKE hat z. B. nur Eigenbeobachtungen ausgeführt.) Wir haben unter der Mitwirkung vier sehr geübter Beobachter (*B*, *H*, *J* und *R*) Versuche am Okularmikrometer eines Universalinstrumentes Wild T 4 angestellt. Die Versuchsanordnung war wie folgt: jeder der Beobachter halbierte einen Monat lang täglich dasselbe Skalenintervall des Gesichtsfeldes im Okularmikrometer mittels des Zeigerfadens. Die Schätzung wurde sowohl mit dem linken als auch mit dem rechten Auge je 50mal wiederholt, so daß jede Versuchsperson während des Monats insgesamt 1250 Halbierungen pro Auge durchgeführt hatte. Die Ergebnisse sind aus Tab. II zu entnehmen. Diese Tabelle enthält die Werte in 1/10 000 Revolutionseinheiten. Da das vergrößerte Bild eines Intervalls 12,2 mm ist, entspricht die obige Tabelleneinheit 0,0012 mm, das heißt ungefähr einem Mikron. Die Tabellenwerte stellen jeweils das arithmetische Mittel von 50 Halbierungen dar. Ihr mittlerer Fehler ist unter *m* eingetragen. Werte, die von der wahren Mitte nach links abweichen, wurden mit einer positiven, solche, die nach rechts abweichen, mit einem negativen Vorzeichen versehen.

Wie zu sehen, stellte Beobachter *B* den Faden mit beiden Augen links von dem Erwartungswert ein. Versuchsperson *H* zeigt in Bezug auf das linke Auge eine linksgerichtete Standarddeviation, bezüglich des rechten Auges eine überwiegend nach rechts auftretende Abweichungstendenz. Die Werte von *J* lassen keine Regelmäßigkeit erkennen. *R* wich bei Benützung des linken Auges nach links ab, bei der des rechten einmal nach rechts, einmal nach links. Man kann also aus unseren Versuchen im Hinblick auf das Vorzeichen des Halbierungsfehlers in Abhängigkeit von dem benützten Auge keine Regel aufbauen. Im allgemeinen kann gesagt werden, daß die durch die beiden Augen als Halbierungspunkt angesehenen Mittel untereinander abweichen und darüber hinaus der Halbierungsfehler ein und desselben Auges den unteren Grenzwert des Schätzungsfehlers (nach der Fachliteratur 0,01 mm) überschreitet.

Die Empfindlichkeit und Funktion der Sinnesorgane hängt natürlich von ihrem physiologischen Zustand ab, außerdem wird die Funktionstüchtigkeit eines Sinnesorganes in einem gegebenen Moment auch durch den Allgemein- und Erregungszustand der anderen mitbeeinflußt. Einige neuere Untersuchungen auf diesem Gebiete brachten auch für die Geodäsie interessante Erkenntnisse. Ich denke hier beispielsweise an KRAWKOW's Experimente, die zeigten, daß Töne mittlerer Intensität die Empfindlichkeit des Auges für grünes und blaues Licht erhöhen, für rot und orange dagegen herabsetzen. Der Geruch hat gleicherweise einen Einfluß auf die Empfindlichkeit

Tabelle II

B						H					
Linkes Auge			Rechtes Auge			Linkes Auge			Rechtes Auge		
+	-	m	+	-	m	+	-	m	+	-	m
56		7	22		10	47		7		60	9
12		7	39		8	22		7		32	7
36		6	65		7	23		7		22	6
	3	7	40		7	65		6		29	7
10		6	28		7	62		6		19	6
21		8	14		6	82		6	24		8
29		6		26	6	61		6	14		8
41		5	68		5	52		7	33		7
31		6	27		5	28		7	5		6
65		8	82		6	29		8	6		6
85		6	24		6	27		6		4	5
49		6	35		6	35		8		19	6
38		6	14		5	43		6		9	5
34		5	17		6	29		8		10	5
4		6		10	6	44		6		22	5
35		5	12		7	38		8		9	6
32		7	22		6	45		7		16	5
38		6	17		5	58		7		24	6
15		6	4		5	76		7		21	6
39		5	7		5	65		7		20	6
17		6		3	5	35		7		9	6
12		6	32		5	40		6		15	5
31		6	14		7	28		8		27	7
22		4	21		6	39		8		17	7
18		6	9		5	54		5		32	7

des Auges. Die Erregung der Geschmacks- und Kälterezeptoren verkürzt die Dunkeladaptation (von 30—45 Minuten auf 4—5 Minuten!) und nach KEK-TSCHEJEV verschärft sie die Raumwahrnehmung.

Eine mit den soeben aufgezählten Tatsachen verwandte Erscheinung auf vorwiegend psychologischer Grundlage stellt LAU's Beobachtung dar, wonach die Stimme eines Vortragenden verschieden laut zu sein scheint, je nachdem, ob man ihn mit dem bloßen Auge, oder mit einem richtig bzw. falsch gehaltenen Fernglas sieht.

Die Erläuterung der Sehorganfunktionen möchte ich durch eine verhältnismäßig junge Erkenntnis der Medizin ergänzen, nämlich, daß das Auge nicht ausschließlich im Dienste des Sehens steht, sondern sich auch an der

J						R					
Linkes Auge			Rechtes Auge			Linkes Auge			Rechtes Auge		
+	-	m	+	-	m	+	-	m	+	-	m
13		8	56		10	206		9		19	13
	44	8		16	10	143		13	15		12
	23	10	3		8	122		9	55		11
	22	10		22	10	38		8		30	8
	33	11	16		11	56		9		38	10
	30	11		92	6	48		9	9		12
5		7		30	6	79		9	56		7
12		8	15		7	78		8	23		7
6		9		11	6	11		7		18	8
	14	5	36		8	61		8	8		7
4		8	19		8	35		9		25	9
	6	8		20	6	57		6		18	8
13		7		24	8	78		7		0	7
	39	7		44	7	86		6	27		8
	25	9		37	9	72		7	34		8
	8	8		3	7	40		7	17		6
	6	8		26	8	80		7		33	7
3		6		18	6	32		8		26	8
	1	7	18		6	21		8	34		8
	46	8		46	7	45		7		8	7
	44	9		14	8	43		7		6	8
	24	9		21	8	58		8	27		8
2		6		23	6		5	6		10	7
23		7	1		6	33		6		5	6
17		8		2	6	14		8		11	7

Regulation der sogenannten vegetativen Vorgänge beteiligt [11]. Der Sehnerv hat neben den Sehbahnen auch einen vegetativen Bahnenanteil, der zu den Zentren der Hirnbasis zieht. Dieser Teil des Gehirns steht mit der Hypophyse in enger Beziehung. Die hormonelle Steuerung der peripheren innersekretorischen Drüsen (Nebennieren Schilddrüse, Keimdrüsen) erfolgt durch die Hypophyse. Die Beleuchtung des Auges regt die Hypophyse an und wirkt sich auch auf die Funktion der peripheren Drüsen aus.

Ohne auf die Beziehungen zwischen Licht und Keim- bzw. Schilddrüsenfunktion eingehen zu wollen, soll hier nur erwähnt werden, daß nach in Ungarn vorgenommenen Experimenten, die Lichtempfindung die Nebennierenfunktion steigert [11]. Die Wirkung kommt in 2–4 Stunden nach Beleuchtungsbeginn zur Geltung. Andererseits ist seit längerer Zeit bekannt, daß die mensch-

liche Aufmerksamkeitskurve ihren Höhepunkt zwischen 10 und 11 Uhr erreicht. Dieser Zeitpunkt fällt, dem eben angeführten entsprechend, mit dem Scheitelpunkt der lichtbedingten Nebennierenanregung überein. Die gute Beleuchtung des Arbeitsplatzes mag sich somit nicht nur durch bessere Sichtverhältnisse, sondern auch durch den eben erwähnten Mechanismus auf die Leistung auswirken.

Es ist bekannt, daß die vegetativen Funktionen des Organismus, so z.B. der Wasserhaushalt, der Kohlenhydratstoffwechsel, die prozentuale Zusammensetzung des Blutbildes usw., in einem 24-Stunden-Rhythmus verlaufen. Dieser Rhythmus ist weitgehend auf den Hell-Dunkel-Wechsel abgestimmt. Bei Personen, deren Augen aus irgendeinem Grunde längere Zeit hindurch verbunden waren, werden Änderungen oder Nachlassen dieses Rhythmus festgestellt. Daraus folgt, daß es für den Körper nicht gleichgültig ist, ob man am Tage oder nachts schläft und wieviel Licht während des Wachseins ins Auge fällt. Eine sich auf längere Zeit erstreckende Nachtarbeit (in der Geodäsie z.B. geographische Ortsbestimmungen oder andere nächtliche Beobachtungen, über mehrere Monate) kann den Gesundheitszustand nachteilig beeinflussen.

*

Wie in der Einleitung darauf hingewiesen wurde, sind die geodätischen Angaben Ergebnisse von physischen, physiologischen und psychologischen Vorgängen, die durch Außenweltfaktoren ausgelöst werden. Die erzielte Wirkung ist jedoch nicht nur allein von diesem Faktor, sondern auch von den Eigenschaften des Empfängers abhängig. Da in dieser Hinsicht zwei Menschen immer unterschiedlich sind, führt wahrscheinlich derselbe Umweltreiz zu keinen vollständig übereinstimmenden Empfindungen in den verschiedenen Individuen. Das heißt für die Geodäsie, daß die Meßergebnisse individuellen Schwankungen unterworfen sein können. Diese Abhängigkeit der Meßwerte von der beobachtenden Person wird in der Fachliteratur als *persönlicher Fehler* bezeichnet.

Die Resultate der Meßvorgänge erfahren also durch die Persönlichkeit des Beobachters und den momentanen Zustand seines Organismus eine Beeinflussung. Dies bedeutet aber, daß alles, was auf den Körperzustand wirkt, sich indirekterweise auf die Meßergebnisse ausprägen kann.

Die Zusammenhänge zwischen lebendem Material und meteorologischen Faktoren können durch zahlreiche Phänomene verifiziert werden. Man kann in einfachster Weise an sich selbst beobachten, daß das Wetter unsere Stimmung und Leistungsfähigkeit mitbestimmt. Der blaue Himmel wirkt aufheiternd, Regenwetter dagegen verstimmend. Dieser Umstand kommt auch in der Sprache zum Ausdruck, wie *heitere*, *trübe*, oder *gewittrige* Stimmung, usw.

Außer diesen subjektiv erfaßbaren Auswirkungen hat das Wetter auch noch weitere Effekte. Seit mehreren Jahrtausenden beschäftigte man sich

immer wieder mit dem Gedanken, daß gewisse Änderungen des Gesundheitszustandes Beziehungen zum Wetter hätten. Die genaue Untersuchung dieser Frage wurde durch die Entwicklung der Medizin, Meteorologie, Physik und Chemie ermöglicht. Es entstand ein neuer Zweig der Wissenschaften: die Medizinische Meteorologie. Dadurch steht die Tatsache, ohne bloße Vermutung, heute fest, daß es Krankheiten gibt, die unter Mitwirkung meteorologischer Faktoren entstehen, während andere verlaufsmäßig wetterabhängig sind.

Änderungen des Wetters werden durch die Bewegungen verschiedenartiger Luftmassen ausgelöst. Die Berührungsfläche zweierlei Luftmassen wird, wie bekannt, Front genannt. Das Wetter auf beiden Seiten der Front ist unterschiedlich. Wenn solch eine Front über uns hinwegzieht, gelangen wir in ein anderes physisches Milieu mit veränderten Werten für Luftbewegung, Druck, Temperatur, Feuchtigkeit, Verschmutzungsgrad und statische Elektrizität. Die physiologische Wirkung des Frontübergangs beruht auf dieser schlagartigen und tiefgreifenden Änderung der uns umgebenden Gase. Die dabei auftretenden physiologischen und pathophysiologischen Phänomene werden unter dem Sammelbegriff meteoropathische Erscheinungen, zusammengefaßt. Die medizinische Meteorologie schenkt ihre Aufmerksamkeit in erster Linie den Frontwirkungen am erkrankten Organismus. Das bedeutet aber nicht, daß Gesunde durch die Front nicht in Mitleidenschaft gezogen werden. Dieser Effekt hängt von den konstitutionellen Eigenschaften des Individuums ab und kann demzufolge in den Einzelpersonen während eines Frontübergangs von unterschiedlicher Stärke und Qualität sein.

Am Eingang dieser Problematik habe ich erwähnt, daß der persönliche Fehler unter anderem Beziehungen zum Allgemeinzustand des Organismus aufweist. Da aber der Allgemeinzustand des Körpers wetterabhängig ist, darf daraus geschlossen werden, daß der persönliche Fehler in gewisser Weise in Korrelation zur jeweiligen meteorologischen Situation steht. Diese Frage ist für uns mehr als interessant, weil jene Methoden, die die Elimination des persönlichen Fehlers aus den Messungsergebnissen bezwecken, im allgemeinen auf der Annahme beruhen, daß der persönliche Fehler konstant ist. Zu dieser Annahme soll im folgenden geprüft werden, ob Wechsel der Luftmassen nachweisbare Änderungen des persönlichen Fehlers mit sich bringen.

Es wäre zwecklos, uns hier auf solche Meßvorgänge einzulassen, deren Ergebnisse durch die Luftverhältnisse direkt beeinflußt werden, wie z.B. die Winkelmessungen. In solchen Fällen zieht die Änderung in den optischen Eigenschaften der Luft viel größere Abweichungen der Meßwerte nach sich, als es während Frontübergänge im persönlichen Fehler erwartet werden kann.

Als unabhängig von den optischen Eigenschaften der Luft können Skalenablesungen angesehen werden, vorausgesetzt, daß die Skala in Augennähe ist. Die persönlichen Fehler solcher Ablesungen wurden bereits bei der indi-

Tabelle III

	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	Anzahl der Schätzungen
--	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------------------------

Beobachter : B

18. u. 19. Mai	kalte Meeresluft	8,4	10,1	14,2	10,5	9,8	5,6	11,6	10,0	11,8	8,0	2000
17. u. 23. Mai	„ „	7,9	10,3	13,0	9,8	8,8	6,1	11,2	11,4	12,4	9,1	2300
24. u. 25. Sept.	Meeresluft gem. Breiten	9,3	9,7	12,9	11,1	9,2	6,5	10,5	9,6	11,8	9,4	2400
22. Mai 25. u. 28. Sept.	„ „	9,7	11,0	13,3	11,2	7,9	6,6	10,1	8,4	12,2	9,6	2000
21. u. 22. Sept.	kalte Polarluft	7,4	9,8	14,0	10,7	8,8	5,2	10,5	10,6	13,2	9,8	3000
8. u. 9. Okt.	„ „	8,0	9,7	14,1	11,0	8,5	6,6	11,2	10,3	11,2	9,4	2000
27. u. 28. April	subtropische Luft	11,6	9,5	13,7	9,5	8,1	5,6	11,0	9,1	12,7	9,2	2000
18. u. 19. April	„ „	8,4	9,5	14,8	11,7	8,0	6,3	9,8	11,8	11,0	8,7	2000
12. u. 13. Okt.	kontinentale Luft gem. Breiten ..	9,6	10,4	13,8	9,6	8,2	6,2	9,8	9,8	12,3	10,3	2000
25. u. 26. April	Frontübergang	11,2	8,2	13,2	11,4	9,6	6,3	9,2	11,1	11,8	8,0	2000

Beobachter : H

18. u. 19. Mai	kalte Meeresluft	6,1	4,6	8,1	10,4	16,6	16,0	16,4	9,7	6,3	5,8	2000
17. u. 23. Mai	„ „	6,7	5,6	7,1	10,5	16,0	14,6	18,2	9,6	6,7	5,0	2300
21. u. 22. Mai	Meeresluft gem. Breiten	6,9	5,3	7,3	10,0	18,1	14,6	16,5	9,7	7,0	4,6	2300
25. Mai, 28. Sept.	„ „	6,4	5,4	6,2	10,0	17,8	17,1	16,3	9,8	6,4	4,6	2000
8, 9, 10. Okt.	kalte Polarluft	6,3	4,8	7,2	10,3	18,6	15,9	15,9	10,5	6,3	4,2	2000
21. u. 22. Sept.	„ „	6,9	4,4	7,1	9,4	18,4	16,7	16,1	9,4	7,2	4,4	2000
27. u. 28. April	subtropische Luft	7,2	6,1	7,0	11,0	15,1	13,8	16,8	10,3	6,6	6,1	2000
19. April, 4. u. 28. Mai	„ „	8,6	5,3	7,9	11,3	15,6	14,2	15,0	10,2	6,9	5,0	2000
12. u. 13. Okt.	kontinentale Luft gem. Breiten	5,2	4,7	6,1	11,4	19,1	15,8	18,0	9,4	6,3	4,0	2000
25. u. 26. April	Frontübergang	8,9	4,2	8,0	11,7	15,0	14,5	15,8	9,2	6,6	6,1	2000

Beobachter : J

18. u. 19. Mai	kalte Meeresluft	18,7	12,7	10,4	7,1	5,2	5,0	7,6	9,2	11,6	12,5	2000
17. u. 23. Mai	„ „	17,1	13,4	10,4	7,1	6,0	5,0	6,0	10,2	11,9	12,9	2300
25. u. 28. Sept.	Meeresluft gem. Breiten	17,4	13,6	11,2	6,8	6,2	6,4	5,9	7,8	12,7	12,0	2000
21. u. 22. Mai	„ „	17,7	15,0	12,0	6,4	4,5	4,9	5,9	9,4	11,1	13,1	2400
21. u. 22. Sept.	kalte Polarluft	15,1	12,9	11,6	8,4	6,2	5,1	6,4	9,1	13,4	11,8	3000
8. u. 9. Okt.	„ „	17,2	14,2	12,0	7,2	4,6	5,6	6,4	9,0	11,2	12,6	2000
27. u. 28. April	subtropische Luft	15,6	12,0	12,2	7,7	6,5	5,4	7,5	8,2	12,7	12,2	2000
18. u. 19. April	„ „	12,0	12,4	13,4	8,8	7,3	6,4	8,7	10,2	10,6	10,2	2000
12. u. 13. Okt.	kontinentale Luft gem. Breiten ..	17,8	15,3	12,2	5,7	5,0	6,2	5,2	8,8	11,2	12,6	2000
25. u. 26. April	Frontübergang	13,4	10,6	13,8	9,1	7,1	5,6	8,2	10,8	11,9	9,5	2000

Beobachter : L

18. u. 19. Mai	kalte Meeresluft	15,4	6,5	12,0	15,6	8,9	9,5	11,4	7,6	8,9	4,2	2000
17. u. 23. Mai	„ „	15,2	8,1	14,7	13,4	7,4	8,5	10,5	7,7	9,7	4,8	2300
21. u. 22. Mai	Meeresluft gem. Breiten	15,6	7,2	13,4	15,8	8,0	8,2	11,4	7,0	9,5	3,9	2400
25. u. 28. Sept.	„ „	13,0	8,1	13,1	15,6	10,4	10,4	10,4	6,9	7,5	4,6	2000
21. u. 22. Sept.	kalte Polarluft	13,2	7,5	13,6	12,9	9,6	9,7	11,7	7,6	10,1	4,1	3000
8. u. 9. Okt.	„ „	17,2	9,0	11,8	15,4	7,4	9,4	11,2	7,3	6,6	4,7	2000
27. u. 28. April	subtropische Luft	8,7	7,7	10,2	13,9	11,6	8,8	14,3	8,6	10,6	5,6	2000
19. April, 4. u. 28. Mai	„ „	10,8	7,8	10,8	14,2	10,0	10,0	12,5	8,2	10,1	5,6	2000
12. u. 13. Okt.	kontinentale Luft gem. Breiten ..	19,2	8,5	11,2	14,9	9,0	7,6	10,0	5,9	7,3	6,4	2000
25. u. 26. April	Frontübergang	9,0	6,7	10,8	15,6	10,2	9,8	14,8	9,7	8,0	5,4	2000

Beobachter : R

18. u. 19. Mai	kalte Meeresluft	12,3	6,6	9,3	11,0	12,6	11,4	12,9	9,8	7,2	6,9	2000
17. u. 23. Mai	„ „	10,7	6,6	8,9	11,6	14,0	11,1	14,3	8,4	7,4	7,0	2300
21. u. 22. Mai	Meeresluft gem. Breiten	11,0	6,1	8,8	11,9	14,1	10,9	14,4	9,0	7,3	6,5	2400
24. u. 28. Sept.	„ „	11,6	8,3	10,4	10,8	11,8	9,1	12,8	8,9	7,8	8,5	2000
21. u. 22. Sept.	kalte Polarluft	13,8	9,4	9,6	9,8	11,2	9,9	11,7	9,1	7,4	8,1	3000
8. u. 9. Okt.	„ „	12,9	8,9	12,0	10,9	10,7	7,6	10,8	7,3	9,0	9,9	2000
27. u. 28. April	subtropische Luft	10,0	12,1	11,6	10,0	9,3	9,2	7,7	8,2	10,5	11,4	2000
19. April, 4. u. 28. Mai	„ „	9,5	10,0	11,3	11,2	9,3	8,6	9,3	9,4	11,5	9,9	2000
12. u. 13. Okt.	kontinentale Luft gem. Breiten ..	12,2	9,5	11,0	10,1	11,8	7,8	11,2	8,1	9,5	8,8	2000
25. u. 26. April	Frontübergang	10,8	12,1	11,0	12,0	7,3	8,0	7,1	9,6	10,2	11,9	2000

viduellen Dezimalteilung (BÄCKSTRÖM) erwähnt, da diese auch eine Art des persönlichen Fehlers ist.

Das Vorhandensein einer individuellen Dezimalteilung wird auch durch folgende Erfahrung bestätigt. Wenn man binnen einer langen Schätzungsserie den Indexstrich nach jeder Schätzung derart verschiebt, daß seine Lage als zufällig gilt, dann ist die Häufigkeit der einzelnen geschätzten Dezimale verschieden, obwohl dieselbe gleich groß ausfallen müsste. Diese Häufigkeit gestaltet sich jedoch bei den Schätzungen derselben Person konstant.

Geeignete Schätzungsserien für unsere Untersuchungen finden wir reichlich in den Feldbüchern der Basismessungen der Hauptdreiecksnetze. Es ist ja bekannt, daß die beiden Enden der hierzu verwandten Invardrähte je einen prizmatischen Teil mit Millimereinteilung besitzen. Die Lage des Zeigers zur Einteilung wird durch Schätzung der Zehntelmillimeter festgestellt. Diese Ablesungen werden in jeder Drahtlage fünfmal wiederholt. Nach jeder Ablesung wird der Draht ein wenig weitergeschoben. Das Verhältnis des Index zur Einteilung bekommt dadurch also einen zufälligen Charakter.

Zur Erforschung des vermuteten Zusammenhanges wurden die Ablesungen von 5 Ingenieuren ausgewertet, die sich an den Messungen aller unserer Grundlinien des neuen Hauptnetzes beteiligten, demzufolge sie auch in den Dezimalschätzungen weitgehend geübt waren. Im folgenden werden diese Beobachter mit *B, H, J, L* und *R* bezeichnet.

Tab. III wurde derart entworfen, daß aus den Feldbüchern, unter Berücksichtigung der atmosphärischen Verhältnisse, je Beobachter Serien mit 2000 bis 3000 Schätzungen entnommen und als Häufigkeitsprozent der einzelnen Zehntelwerte dargestellt wurden. (Die Tabelle und die aus ihr entwickelten folgenden Abbildungen sprechen ebenfalls für die Individualität der Dezimalschätzungen.)

Es soll nun geprüft werden, wie weit prozentuale Häufigkeitskurven eines Beobachters, unter gleichen meteorologischen Verhältnissen, untereinander abweichen. Hierzu sind in Abb. 16, 17, 18, 19 und 20 Häufigkeitskurven von durchgeführten Schätzungsserien bei verschiedenen Luftverhältnissen aufgezeichnet. Die Kurven der je 2—2 Schätzungsserien unter den gleichen meteorologischen Bedingungen, natürlich aber an verschiedenen Tagen, wurden in dem gleichen Koordinatensystem dargestellt. Wie ersichtlich, haben die zusammengehörenden 2—2 Kurven sämtlicher Beobachter denselben Charakter und weichen kaum voneinander ab.

Als nächster Schritt sollen unter verschiedenen atmosphärischen Verhältnissen vorgenommene Schätzungen verglichen werden. Zu diesem Zweck dienen Abb. 21, 22, 23, 24 und 25. Die vier oberen Kurven jeder Abbildung entstanden durch Mittelwertbildung aus den vorher beschriebenen Kurvenpaaren. Die übrigen Kurven wurden aus den Tabellenwerten abgeleitet. Sämtliche Kurven werden wir eingehend betrachten.

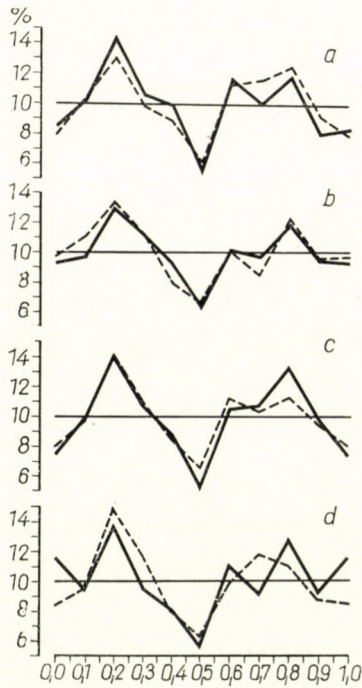


Abb. 16. Beobachter : B. a : kalte Meeresluft; b : Meeresluft gemäßigter Breiten; c : kalte Polarluft; d : subtropische Luft

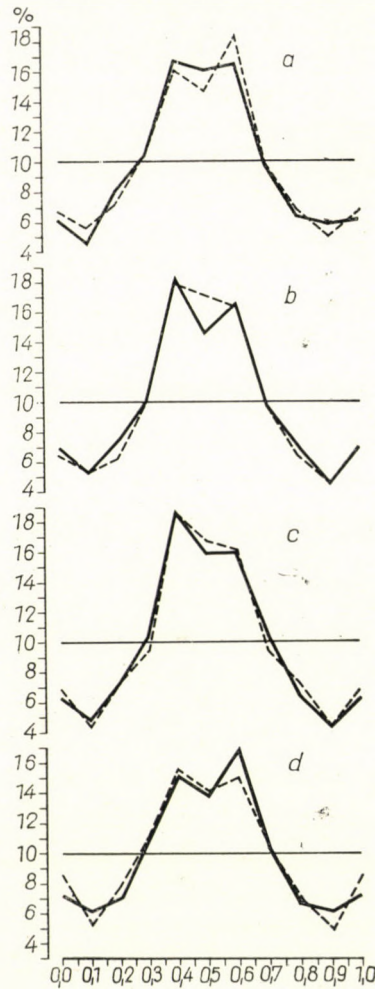


Abb. 17. Beobachter : H. a : kalte Meeresluft; b : Meeresluft gemäßigter Breiten; c : kalte Polarluft; d : subtropische Luft

Beobachter B (Abb. 21). Die Kurven sind im allgemeinen einheitlich, nur d und f zeigen kleine Abweichungen. Während der Schätzung der f-Kurven-Serie fand ein Frontübergang, mit Verdrängung der kontinentalen Luft gemäßigter Breiten durch subtropische statt. Demzufolge findet man in dieser Kurve manche subtropischen Merkmale.

Beobachter H in Abb. 22 bedarf keiner näheren Erklärung da die Kurven miteinander in Einklang stehen.

Beobachter J (Abb. 23). Die Kurven a, b, c und e sind einheitlich, dagegen weicht d von den anderen etwas ab. Die während eines Frontübergangs

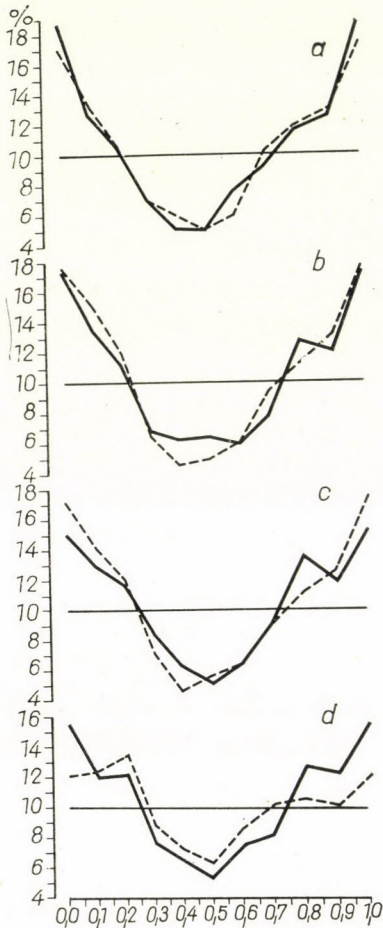


Abb. 18. Beobachter: J. a: kalte Meeresluft; b: Meeresluft gemäßigter Breiten; c: kalte Polarluft; d: subtropische Luft

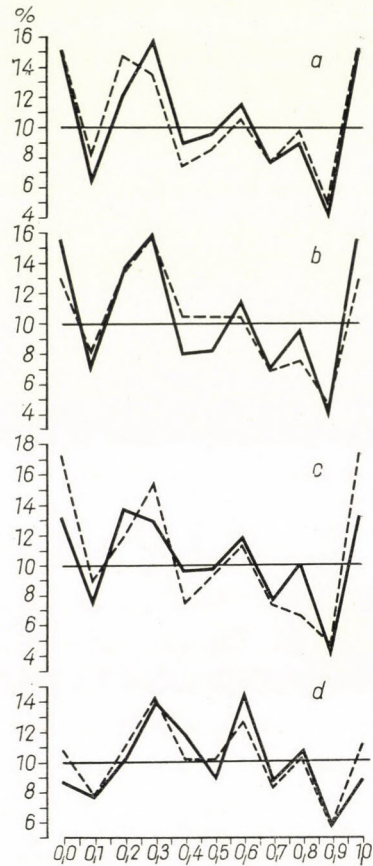


Abb. 19. Beobachter: L. a: kalte Meeresluft; b: Meeresluft gemäßigter Breiten; c: kalte Polarluft; d: subtropische Luft

stattgefundenen Beobachtungen der Linie *f* weichen gegenüber den Messungskurven anderer Wetterlagen wesentlich ab. Es handelt sich hier um denselben Frontübergang, der bei Abb. 21 bereits erwähnt wurde. Eigentümlicherweise sind einige Besonderheiten der subtropischen Kurve *d* auch an Linie *f* zu erkennen.

Beobachter L (Abb. 24). Hier fällt der asymmetrische Charakter der Kurven auf, sonst sind sie im allgemeinen einander ähnlich. In den Einzelheiten jedoch weichen *d* und *e* ein wenig, *f* aber stark von den übrigen ab. In der während des Frontüberganges gewonnenen Kurve findet man auch hier einige charakteristische Züge der subtropischen Linie.

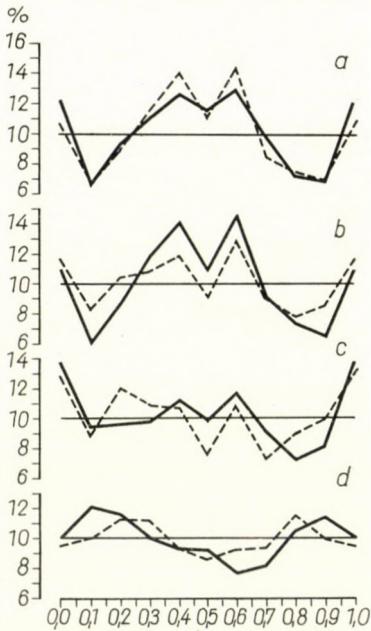


Abb. 20. Beobachter: R. a: kalte Meeresluft; b: Meeresluft gemäßigter Breiten; c: kalte Polarluft; d: subtropische Luft

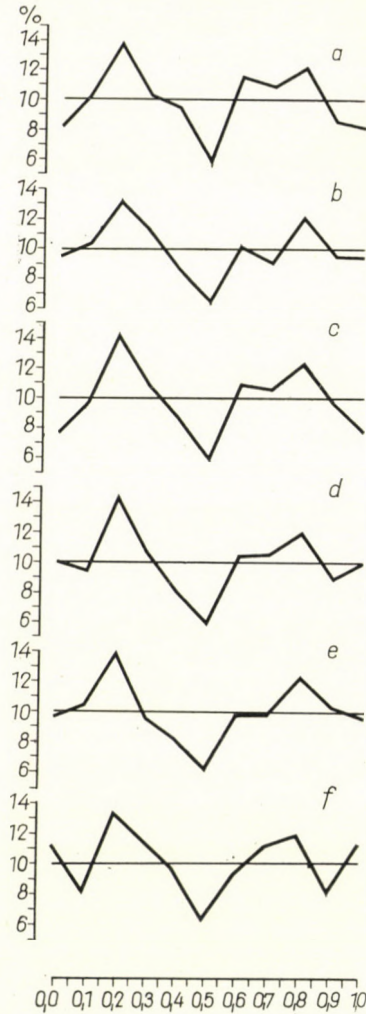


Abb. 21. Beobachter: B. a: kalte Meeresluft; b: Meeresluft gemäßigter Breiten; c: kalte Polarluft; d: subtropische Luft; e: kontinentale Luft gemäßigter Breiten; f: Frontübergang

Beobachter R. Sehr interessant ist Abb. 25. Schon aus Abb. 20 war zu ersehen, daß die Häufigkeitskurven der unter denselben atmosphärischen Verhältnissen gemachten Schätzungsserien von einander kaum abweichen. Von den Kurven jedoch, die unter die Messungen während verschiedener atmosphärischer Verhältnisse fallen (Abb. 25), stimmen nur noch a und b überein. Im groben weisen auch c und e eine Ähnlichkeit mit ihnen auf, jedoch bereits mit bedeutenden Abweichungen in den Einzelheiten. Die subtropische

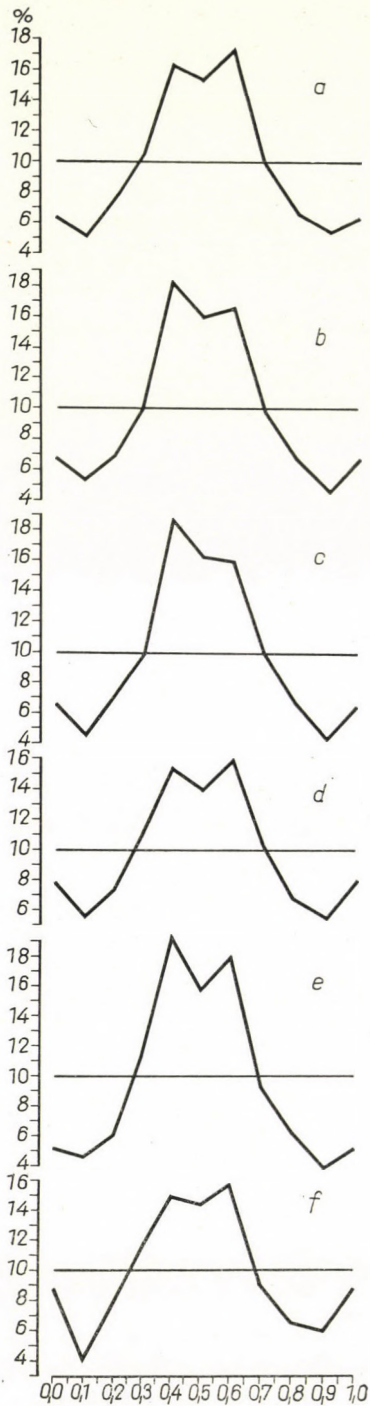


Abb. 22. Beobachter: H. a: kalte Meeresluft; b: Meeresluft gemäßigter Breiten; c: kalte Polarluft; d: subtropische Luft; e: kontinentale Luft gemäßigter Breiten; f: Frontübergang

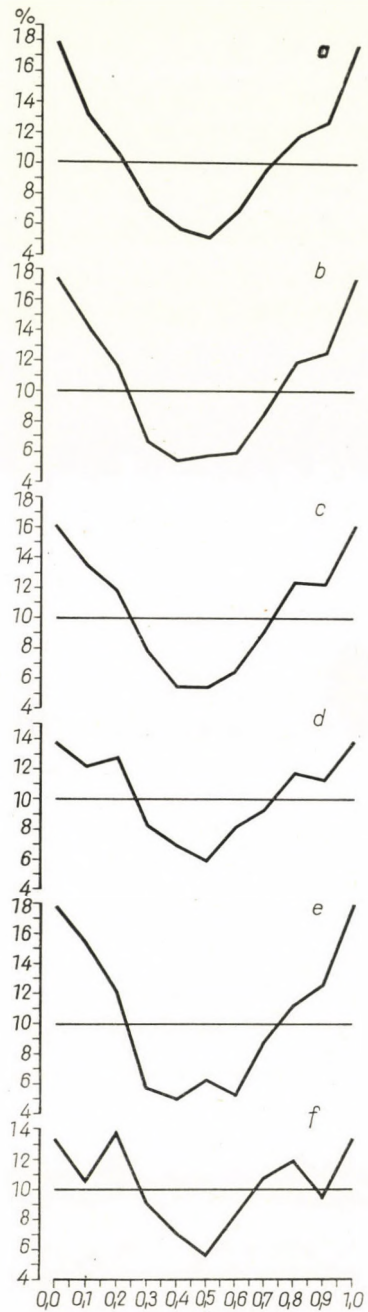


Abb. 23. Beobachter: J. a: kalte Meeresluft; b: Meeresluft gemäßigter Breiten; c: kalte Polarluft; d: subtropische Luft; e: kontinentale Luft gemäßigter Breiten; f: Frontübergang

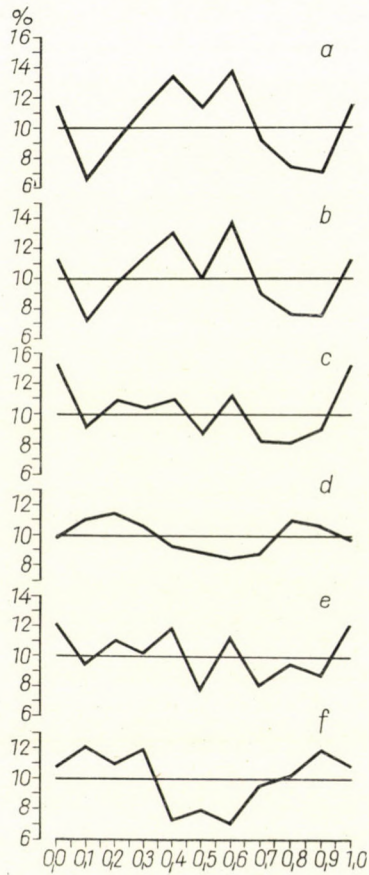
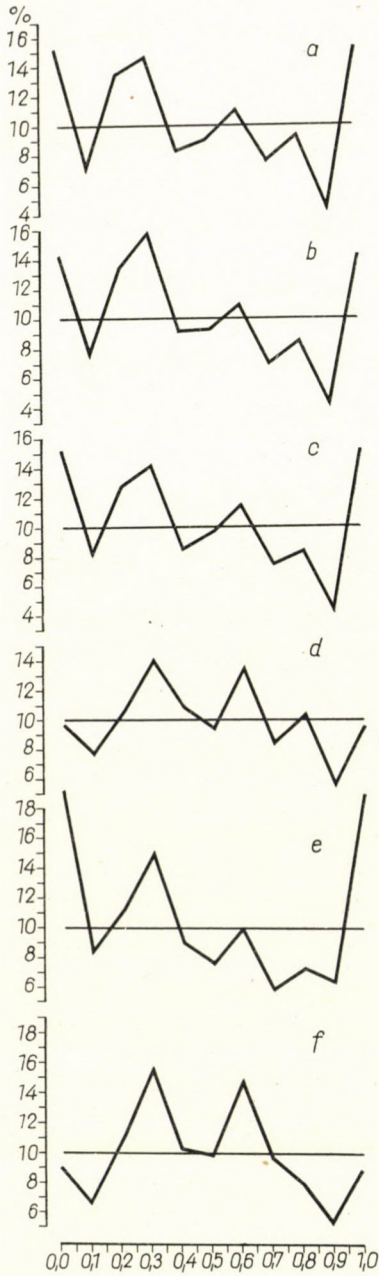


Abb. 24. Beobachter: L. a: kalte Meeresluft; b: Meeresluft gemäßigter Breiten; c: kalte Polarluft; d: subtropische Luft; e: kontinentale Luft gemäßigter Breiten; f: Frontübergang

Abb. 25. Beobachter: R. a: kalte Meeresluft; b: Meeresluft gemäßigter Breiten; c: kalte Polarluft; d: subtropische Luft; e: kontinentale Luft gemäßigter Breiten; f: Frontübergang

Kurve zeigt aber schon keine Ähnlichkeiten mit den übrigen. Linie f ist ebenfalls von einem anderen Charakter. Was wir schon vorher beobachtet haben, kommt hier wieder deutlich zum Ausdruck: die Kurve des Frontüberganges enthält einige Merkmale der subtropischen Linie.

Vollständigkeitshalber soll bemerkt werden, daß unter sämtlichen Häufigkeitskurven die Linie d in Abb. 25 sich am besten der 10%-Linie der theoretisch richtigen Häufigkeitsverteilung anpaßt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die meteorologischen Verhältnisse an den Häufigkeitskurven von Beobachter H keine Spuren hinterließen, die Linien von B , J und L mehr oder weniger umformten, während dieselben in den Abbildungen von R stark ausgeprägt waren. Es scheint also, daß H unempfindlich, R sehr empfindlich gegenüber den untersuchten Witterungsverhältnissen ist, während B , J und L dazwischenliegen.

Das eben Beschriebene dürfte somit dafür als Beweis betrachtet werden, daß zwischen dem persönlichen Fehler und den atmosphärischen Verhältnissen ein Zusammenhang besteht.

Die aufmerksame Betrachtung der Abbildungen bietet noch eine Gesetzmäßigkeit, die unseres Wissens der Fachliteratur nicht zu entnehmen ist. Das prozentuale Vorkommen derselben Dezimale in den verschiedenen Schätzungsserien ist ungleich. Dadurch werden die Formen der Kurven bestimmt, also die Änderung ihres allgemeinen Verlaufes oder ihrer Einzelheiten. Die Variabilität der Häufigkeitsziffern der verschiedenen Dezimalen ist unterschiedlich. In den einzelnen Serien kommen gewisse Dezimalen fast immer gleich oft vor, während die Häufigkeit der übrigen Dezimalen größere Schwankungen aufweist. Würde man also sämtliche Kurven eines Beobachters in einem Koordinatensystem darstellen, dann zeigte es sich, daß die Schwankung mancher Kurvenpunkte eng begrenzt ist, während sich die übrigen Punkte in breiterem Intervall bewegen können.

Als Punkte kleiner Schwankungsbreite gelten folgende, die wir mit *Stabilzehntel* bezeichnen wollen:

bei B : 2, 3, 8,
 H : 1, 2, 3, 7, 8, 9,
 J : 5,
 L : 1, 5, 9,
 R : 3, 7,

Die *Stabilzehntel* verhalten sich also bezüglich der Teilungsmittle auch dann symmetrisch, wenn die Häufigkeiten eine Asymmetrie aufweisen, also die Kurve asymmetrisch ist.

Der Einfluß des Wetters spielt sicherlich auch in den Ergebnissen anderer Messungsverfahren eine indirekte Rolle, nur ist diese von den direkt

wirkenden Fehlerquellen schwer abzugrenzen. An Änderungen der meteorologischen Verhältnisse muß z. B. beim Lesen LABITZKE's folgender Mitteilung gedacht werden:

»Bei einzelnen Reihen zeigt sich die schon früher festgestellte und mit Beispielen belegte Erscheinung einer derartigen zeitlichen Änderung von c , daß die Ablesungen der Schraubentrommel vielfach eine Zeitlang fast denselben Wert ergeben, um dann plötzlich oder allmählich einen anderen, wieder eine Zeitlang nahe konstanten Wert anzunehmen. Diese Erscheinung muß darin beruhen, daß sozusagen der Zustand des Beobachters eine Zeitlang unverändert bleibt, um sich dann mehr oder weniger ruckweise zu ändern.«[10].

*

Abschließend möchte ich betonen, daß die Analyse der aufgezeigten Probleme nicht einfach ist, weil sie eine Mischung aus der allgemeinen Medizin, Physik, Physiologie, und Psychologie darstellen. Die Erfahrung hat mich gelehrt, wie schwer es für den älteren Wissenschaftler des technischen Fachgebietes sein kann, die nötigen Grundkenntnisse zu diesen Fragen zu sammeln. Hoffentlich werden sich in Zukunft die technischen Hochschulen und Universitäten für die für unsere Fragestellung wichtigen Kapitel der oben erwähnten Fächer in gesteigertem Maße interessieren. Dadurch könnten von der jüngeren Generation Ergebnisse erzielt werden, die meine bescheidenen Versuche auf diesem Gebiet übertreffen.

SCHRIFTTUM

1. WENT, I.: Élettan. Debrecen, 1947.
2. HELMHOLTZ, H.: Handbuch der Physiologischen Optik. Dritte Auflage. 1909—1911.
3. HESS, W. R.: Vom Lichtreiz zur bildhaften Wahrnehmung. *Helvetica Physiologica et Pharmacologica Acta* 10, Fasc. 3. 1952.
4. RUBINSTEIN, S. L.: Grundlagen der allgemeinen Psychologie. (Übersetzung aus dem Russischen.) Berlin, 1958.
5. MÜTZE, K.: Die Akkomodation des menschlichen Auges. Berlin, 1956.
6. MÜTZE, K.: Ist die Forschung in der biologischen Optik noch heute aktuell? Optik aller Wellenlängen. Berlin, 1959.
7. SCHÖBER, H.: Über den gegenwärtigen Stand der physiologischen Optik. Optik aller Wellenlängen. Berlin, 1959.
8. BÄCKSTRÖM, H.: Über die Dezimalgleichung beim Ableens von Skalen. *Zeitschrift für Instrumentenkunde* 1930, 1932.
9. KÉRDŐ, I.: Időjárás és vegetatív idegrendszer. *Időjárás* 1951.
10. LABITZKE, P.: Untersuchungen über psychologisch-physiologische Bisektionsfehler. *Zeitschrift für Instrumentenkunde* 1924.
11. RADNÓT, M.: A fény jelentősége a szervezet működésében. *Magyar Tudomány* 1961.
12. MORF, G.: Einführung in die Psychologie. München/Basel, 1956.
13. RECŐCZI, E.: A személyes hiba és a légköri viszonyok. *Földmérési Közlemények* 1952.

THE IMPORTANCE OF PHYSIOLOGY AND PSYCHOLOGY IN GEODESY

E. REGÓCZI

SUMMARY

Geodesy gives work to several of our organs, the most important of these being the eye, as we can thank our sight for a lot of our relations with the outside world. The importance of the geodetic role in connection with our organ of sight refers the fact that the handbooks and textbooks generally write about the structure of the eye and about some features of its function. These informations are mostly based on the works of HELMHOLTZ. However, one part of the subject taken over from him has already become obsolete, consequently it calls for modernization, but it must also be enlarged because sooner or later and by the continually growing demands for greater accuracy we are forced to test not only the route of the light waves in the air and the instrument, respectively, but must also deal with the process taking place between the cornea and cortex made by the impression of light, the result of this is the perception which is called geodetic datum. On the basis of the newest tests and theories the article for this purpose deals with the structure and function of the eye, with physiologic processes following the optical impression, but always in such a manner that the geodetic importance of the symptoms are shown.

The concluding part of the study tries to prove with the aid of measurements data of the base lines for Hungarian triangulation network of higher order, in which the author wishes to state that personal error might also depend on atmospheric conditions.

L'IMPORTANCE DE LA PHYSIOLOGIE ET DE LA PSYCHOLOGIE EN GÉODÉSIE

E. REGÓCZI

RÉSUMÉ

La géodésie fait appel à plusieurs de nos sens, parmi lesquels l'oeil a une importance prédominante, la vue étant à la base de la plupart de nos relations avec le monde extérieur. Le fait même que les traités de géodésie décrivent d'ordinaire la structure de l'oeil et certaines particularités de son fonctionnement, prouve l'importance du rôle que l'organe de la vue joue en géodésie. Ces descriptions reposent surtout sur les travaux de HELMHOLTZ, dont une partie, déjà dépassée, a besoin d'être modernisée et complétée en même temps, les exigences de précision qui vont s'augmentant nous obligeant tôt ou tard à étendre l'étude du trajet des ondes lumineuses dans l'atmosphère et dans l'instrument, au processus qui, sous l'action des ondes lumineuses, se produit entre la cornée et l'écorce cérébrale, et dont le produit est la perception appelée donnée géodésique (y compris naturellement la photogrammétrie). Vu l'intérêt de cette étude, l'article donne l'examen détaillé, basé sur les analyses et théories les plus récentes, de la structure et du fonctionnement de l'oeil, ainsi que des processus physiologiques et psychologiques consécutifs aux phénomènes optiques, tout en indiquant aussi la signification géodésique de ces phénomènes.

Pour terminer, l'auteur s'appuyant sur les données d'observation des bases du réseau hongrois de triangulation d'ordre supérieur, essaye de démontrer que l'erreur personnelle est aussi fonction des conditions atmosphériques.

ЗНАЧЕНИЕ ФИЗИОЛОГИИ И ПСИХОЛОГИИ В ГЕОДЕЗИИ

Э. РЕГЁЦИ

РЕЗЮМЕ

В геодезии нам приходится пользоваться несколькими органами чувства, наибольшее значение среди них имеют глаза, так как основная доля нашей связи с окружением получается за счет зрения. О значении роли нашего органа зрения в геодезии свидетельствует и тот факт, что в геодезических руководствах и учебниках вообще описываются структура, а также и некоторые свойства функции глаз. Такие описания основываются в большинстве случаев на работах *Гельмгольца*. Однако, часть этого принятого материала уже устарела и требует усовершенствования, но, кроме того, и дополнения. Все более возрастающие требования к точности работ раньше или позже заставят нас изучать не только пути, пройденные световыми лучами в атмосфере и в приборе, но и исследовать процесс, происходящий на воздействие световых лучей в пространстве между роговицей и корой головного мозга и результатом которого является ощущение, называемое геодезическими данными (включая сюда, конечно, и фотограмметрию). Для этой цели настоящая работа — на основании современных исследований и теорий — подробно останавливается на структуре и функции глаз, а также на физиологических и психологических процессах, следующих за оптическими воздействиями, с указанием значения этих явлений с точки зрения геодезии.

Опираясь на данные измерения профилей опорной триангуляционной сети высшего порядка, в заключительной части работы автор пытается доказать, что субъективные погрешности зависят также и от атмосферных условий.

THE REGIONAL VALUES OF THE GEOTHERMIC GRADIENT IN THE AREA OF THE CARPATHIAN BASINS

V. SCHEFFER

D. TECHN. SC.

HUNGARIAN OIL AND GAS TRUST, BUDAPEST

[Manuscript received September 19, 1962]

Passing from the Alps, the North-Western Carpathians, the outer foreground of the North-Eastern Carpathians and from the Transylvanian Basin towards the central zone of the Hungarian Basin, a regional decrease of about 20 m/°C in values of the geothermic gradient can be observed.

The area of the low geothermic gradient values coincides with the area of the thinning-out of the crustal part underlying the Hungarian Basin by about 10 km; indicated by gravitational anomalies, deep seismics and seismology.

The regional geothermic anomaly agrees well, in shape and extension, with the contours of the Median Mountain underlying the Carpathian Basin, drawn up by KOBER, and of the Tisia massive described by PRINZ.

In our paper "Über einige regional-geophysikalische Probleme der Karpatenbecken" [1] read at the Miners' Day in Freiberg on the 27th of May, 1961, we reported that, based on the regional variations of the gravitational anomalies, further on the results of deep seismics and seismology, a relative height of about 10 km in the Earth's mantle can be verified in the central part of the Carpathian Basins. The area of this regional thinning-out of the crust represents a zone of interesting geothermic anomalies.

In regard to the importance of this problem, during the previous year, we collected and analysed the geothermic gradient values of regional character in the area of the Carpathian Basins. Our results will be disclosed in the following.

On our schematic map "The regional values of the geothermic gradient in the area of the Carpathian Basins", presented in Fig. 1, the regional or zonal values of the geothermic gradient determined in Hungary and in the neighbouring areas, are shown.

We have computed the regional values of the geothermic gradient for Hungary from the collected data of T. BOLDIZSÁR [2], dividing the territory of our country into 3 zones.

Among the latter, the regional geothermic gradient for Transdanubia, based on determinations made in 19 deep boreholes, resulted as 19,3 m/°C.

On the basis of 14 data at our disposal, in the area between the Danube and the Tisza, the gradient is 18,8 m/°C, — on the basis of 38 data for the area beyond the Tisza, it is 18,3 m/°C.

For the determination of the 39,5 m/°C of the regional gradient in the Vienna Basin we took the data gathered by SCHIPPEK and referring to the gas-fields of Mühlberg, Matzen, Zwerndorf and Fischamend [3], further the data measured in 9 Czechoslovakian prospection areas of the Vienna Basin, by KALINA, geophysicist of the Československé Naftové Doly, Hodonin [4], into consideration.

As for the West- and East-Austrian gradient values of 32,3 and 43,5 m/°C, it was JANOSCHEK president of the Geological Society of Austria on the basis of investigations made by KUNZ, geophysicist to the Rohölgewinnungs A. G. kindly presented them. These values were determined as the result of temperature-measurements in 40 deep boreholes [5].

On the Czechoslovakian side of the Little Plain, the geothermic gradient results from data given by KALINA [4] on the basis of the temperature-measurements made in the boreholes at Diakovce and at Spacince, as 35,7 m/°C.

Taking the measurements made in 6 deep boreholes in the Eastern Czechoslovakian Neogene Basin, and in the Vlachy borehole in the so-called outer flysh zone into consideration [4], the regional values of the gradients proved to be 20,7, resp. 27,6 m/°C.

The 25,6 m/°C value of the regional geothermic gradient for Croatia, Yugoslavia, is known to us from the publication by RUBINIC [6]. It is based on a series of measurements made in 55 boreholes in Croatia.

The 24,0 m/°C value, characteristic for the Yugoslavian Vojvodina, was computed and presented by AKSIN, chief geologist of the "Naftagas" Company in Novi Sad, on the basis of investigations executed in a number of deepened boreholes in the Vojvodina [7].

As a value characteristic for the Transylvanien Basin, we have accepted 37,4 m/°C as was determined on the basis of measurements made in the Nagysármás No. 1 borehole, all the more because this value — obtained by recomputing the values indicated in the publication of PAPP [8] — seems, according to verbal communications by our Roumanian geophysicist colleagues, also on the ground of Roumanian data not published yet, to be valid for a larger areal unit.

In the outer foreground of the North-Eastern Carpathians, the zonal value of the geothermic gradient, determined for the surroundings of Boryslaw, seems, on the basis of the data collection of PLEWA, scientific collaborator of the Instytut Naftowy of Cracow [9] and from the data published in the Reich-Zwenger handbook [10], to have a mean value of 42,6 m/°C.

According to the same data collection of PLEWA, the geothermic gradient, in regional relations, can be taken for 40,0 m/°C in the Eastern Carpathians, for 38,0 m/°C in the Polish Western Carpathians, and for 33,0 m/°C in Upper Silesia.

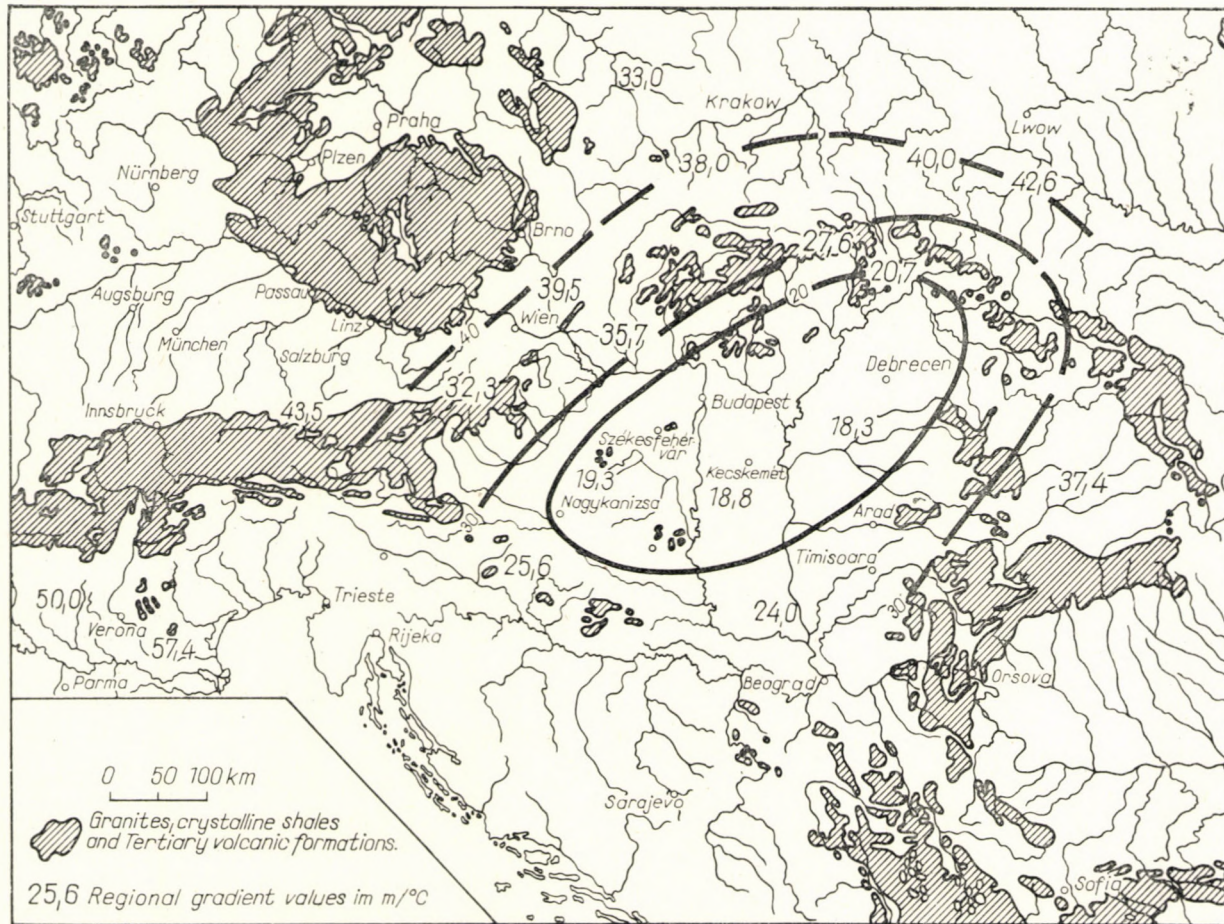


Fig. 1. Regional values of the geothermic gradient in the area of the Carpathian Basins, according to V. SCHEFFER

The two zonal values for the Plain of Po, represented in the SW corner of the map, originate from the collection of Rocco [11]. The $50,0 \text{ m}/^\circ\text{C}$ value was computed on the basis of measurements made on 12 gas-fields between Verona and Milano. The gradient value of $57,4 \text{ m}/^\circ\text{C}$, given for the area between Verona and the Adriatic, was determined according to data collected in 5 gas-fields.

The map was constructed on the basis of temperature-measurements made in 8 countries. During the collection of the values, we noticed that the numerical values of the gradients in the different countries were determined taking different criteria into consideration. In Hungary, it was the surface

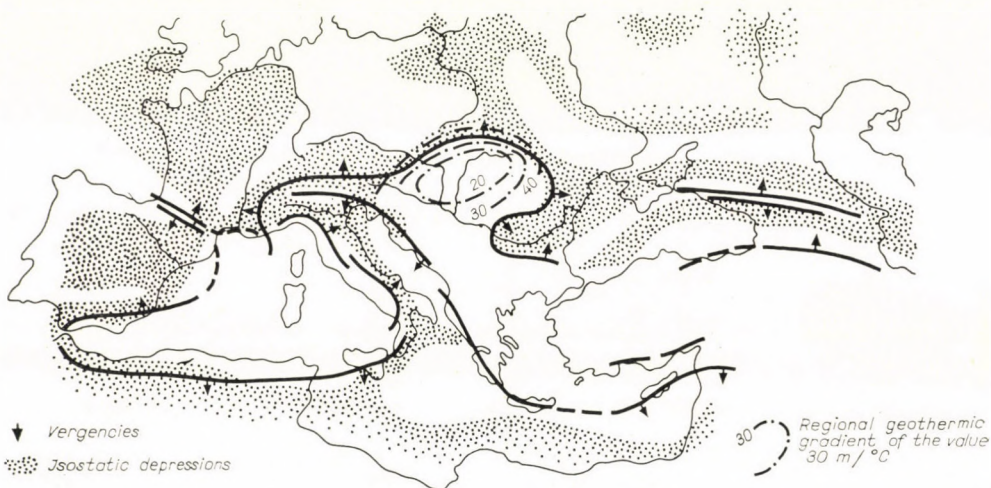


Fig. 2. Relation between the isostatic anomalies and the mountain-building vergencies in the zone of the Mediterranean mountain-ranges, showing the minimum of the regional geothermic gradients in the Carpathian Basins

that served as the origin for the determination of the gradient, taking the mean annual soil-temperature into consideration. Elsewhere, the surface was similarly taken for an origin, disregarding, however, the mean annual temperature.

It was not possible for us to correct these differences in data treatment everywhere. We could state the fact, however, that the extent of such fluctuations in the values is less — by more than one order of magnitude — than the values represented, and an application of corrections, possible in some instances, would emphasize the phenomenon illustrated by the map still more: a regional decrease in the values of the geothermic gradient in the Hungarian Basin.

A very interesting phenomenon of great importance is revealed on this map. Starting from the Alps, from the North-Western Carpathians, from the outer foreground of the North-Eastern Carpathians and from the Transylvan-

ian Basin towards the central zone of the Hungarian Basin, a decrease of about $20 \text{ m}/^\circ\text{C}$ can be recorded in the value of the geothermic gradient. From W to E, this decrease takes place suddenly along the so-called Rába-line.

The area of low geothermic gradients coincides with the area of the thinning-out of the crust under the Hungarian Basin, indicated by gravitational anomalies, deep seismics and seismology.

The minimum of the regional geothermic gradient in the area of the Carpathian Basins, represented here, corresponds to a height of about 10 km in the mantle.

If we draw this regional geothermic anomaly in the Kober-Bubnoff pattern of the Mediterranean mountain ranges (Fig. 2) and compare it with

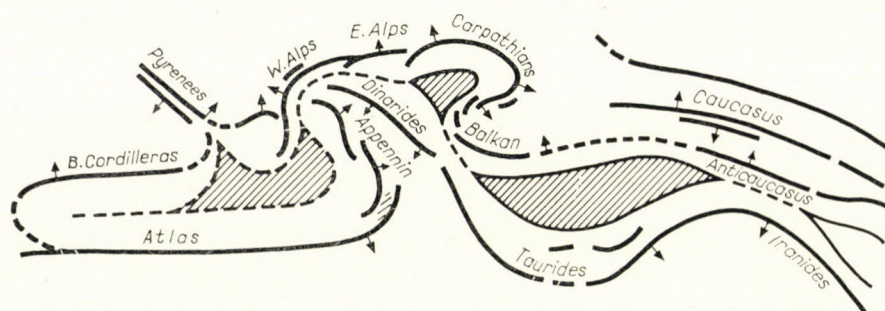


Fig. 3. The belts of the Mediterranean mountain-ranges according to KOBER—BUBNOFF

the Tisia-conception of PRINZ, it can be noticed that it agrees well in shape with the Median Mountain under the Carpathian Basin, drawn up by KOBER [12] as well as with the contours of the Tisia massive described by PRINZ [13] (see Fig. 3).

Besides the agreement in shape and extension, we must, however, establish the entirely novel fact, which concerns for our conceptions, that the Median Mountain under the Carpathian Basin lies at a depth of 20–30 km.

Taking the seismic crustal structural data of GÁLFI and STEGENA for Hungary as a base [14], it can be established that the Conrad discontinuity, lying at about 20 km depth has a relative height of 1 km only over the 10 km height related to the environment of the mantle lying about 30 km deep.

The position of the mantle-height under the Carpathian Basin in relation to the Alpine-Carpathian orogenic range makes the decisive role of the former probable in the rise of the orogenetic movements. On account of the great depth of the mantle-height, however, it cannot be regarded as a "Variscic Median Mass", respectively a "Median Mountain" taken in Kober's sense, and it is probable that the roots and motives of the Alpine-Carpathian orogenesis are to be sought for in much deeper horizons, in the mantle and in the lower zones of the Earth's crust.

During the last two decades, several interesting theories have been formed in order to give an explanation to the orogenic vergencies of the Carpathian Arc and of the Dinarian range, departing from the zone of the Hungarian Median Mountain and pointing outwards [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26] assuming the action of slides caused by gravitation, of thermodynamic, oscillational, "down-buckling" etc. effects.

It is obvious that the establishment of the mantle-height under the Hungarian Basin, indicated by gravitational, deep seismic, seismological and geothermic methods, will influence the development of these concepts in the right direction. Justifying, at the same time, similar investigations to an extended measure in other parts of the Earth's crust.

*

I wish to fulfil a pleasant duty in thanking

J. KALINA, geophysicist with the Československé Naftové Doly in Hodonin,

S. PLEWA, scientific collaborator of the Instytut Naftowy in Cracow,

R. JANOSCHEK, director and chief geologist of the Rohölgewinnungs A. G. Austria.

B. KUNZ, professor of geophysics at the Mining University in Leoben,

V. AKSIN, chief geologist of the "Naftagas" Company in Novi Sad,

T. BOLDIZSÁR, university professor, and to

L. BÉLTEKY, scientific collaborator of the National Directory of Geology in Budapest,

for the kindness with which they ceded their heretofore unpublished data to this manuscript.

REFERENCES

1. SCHEFFER, V.: Über einige regional-geophysikalische Probleme der Karpatenbecken. *Freiberger Forschungshefte C*. 124. 1962.
2. BOLDIZSÁR, T.: Bányászati Kézikönyv, III. kötet (Mining Handbook, vol. III), Műszaki Kiadó, Budapest, 1962.
3. SCHIPPEK, F.: Die Erdgasfelder der Österreichischen Mineralölverwaltung. I giacimenti gassiferi dell'Europa Occidentale. *Accademia Nazionale dei Lincei, Roma*, 1959. Vol. I. pp. 299, 309, 319 e 326.
4. KALINA, I.: Communication by the geophysicist of the Československé Naftové Doly in manuscript. Hodonin 1962.
5. JANOSCHEK, R.: Values communicated in manuscript on the basis of temperature-measurements of the Rohölgewinnungs A. G., Vienna, 1962.
6. RUBINIC, A.: Temperaturni odnosi u Panonskom bazenu podroczju Hrvatske (Geothermal relations in the Croatian territory of the Pannon basin), "Nafta", God. XII, Nr. 10, Okt. 1961, Zagreb.
7. AKSIN, V.: Value communicated in manuscript by the chief geologist of the Company "Naftagas" Preduzeće za Istrazivanje i Proizvodnju Nafta i Gasa" in Novi Sad, 1962.
8. PAPP, K.: A földmelegségi mélységi fokozat (geotermikus gradiens) Magyarországon (The geothermic gradient in Hungary).
SCHAEFFER, F. X.: *Általános geológia (General Geology)*, Budapest, 1919, p. 628.

9. PLEWA, S.: Data collection of the scientific collaborator of the Instytut Naftowy in Cracow. Manuscript. Cracow, July, 1962.
10. SCHOENE, H. I.: Temperaturmessungen REICH, H. und ZWERGER, R. v.: Taschenbuch der angewandten Geophysik, Leipzig, 1943, p. 391.
11. ROCCO, T.: Giacimenti gassiferi padani. I giacimenti gassiferi dell'Europa Occidentale, Vol. II, Roma, 1959.
12. KOBER, L.: Bau der Erde, Wien, 1921.
13. PRINZ, Gy.: Magyarország földrajza I., Tudományos Gyűjtemény 15 (Geography of Hungary, I., Scientific Collection 15). Danubia, Budapest, 1926.
14. GÁLFI, J.—STEGENA, L.: Deep reflections and crustal structure in the Hungarian basin. Table I. *Annales Univ. Sc. Budapestinensis de R. Eötvös nominatae. Sc. S. Geol.* **III** (1959—60).
15. LUGEON, M.: Une hypothèse sur l'origine du Jura. *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.* **61** (1941), 465—478.
16. VAN BEMMELEN, R. W.: The geology of Indonesia, Vol. Ia, p. 732, Govt. Printing Office, The Hague, 1949.
17. VAN BEMMELEN, R. W.: Mountain Building. Govt. Printing Office, The Hague, 1954.
18. SCHEFFER, V.: Az izosztatikus anomáliák és a hegységképződési vergenciák összefüggése (Relation between the isostatic anomalies and the mountain-building vergencies). VI. Osz. Közl. **VII**, 1952.
19. GLANGEAUD, L.: Interprétation tectonophysique des caractères structuraux et paléogéographiques de la Méditerranée occidentale. B. S. G. F. (6), I. p. 735—759, Paris, 1951.
20. GLANGEAUD, L.: Corrélations chronologiques des phénomènes géodynamiques dans les Alpes, l'Appennin et l'Atlas nord-africain. *Ibid.*, (6) VI., p. 867—891, Paris, 1956.
21. GLANGEAUD, L.: Essai de classification géodynamique des chaînes et des phénomènes orogéniques. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.* 2^e sér., t. I, No. 4. p. 200—220, Paris, 1957.
22. BRUNN, J. H.: Étude géologique du Pinde septentrional et de la Macédoine occidentale. *Ann. géol. Pays Hellén* **VII**, 1956.
23. BRUNN, J. H.: Mouvements verticaux et translations dans le couple axe ancien-sillon orogène de la Grèce septentrionale. B. S. G. F. (6) VII., p. 305—325, Paris, 1957.
24. AMPFERER, O.: Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanst.* Bd. LVI., p. 539—622, Wien, 1906.
25. KRAUS, E.: Vergleichende Baugeschichte der Gebirge, p. 587, Ak. Verlag, Berlin, 1951
26. VENING-MEINESZ, F. A.: Plastic buckling of the Earth's crust. *Amer. Geol. Soc. Sp. pap.*, **62** (1955), 319—303.

LES VALEURS RÉGIONALES DU GRADIENT GÉOTHERMIQUE SUR LE TERRITOIRE DES BASSINS CARPATHIQUES

V. SCHEFFER

RÉSUMÉ

En partant des Alpes, des Carpathes du Nord-Ouest, des abords extérieurs des Carpathes du Nord-Est et du Bassin de Transylvanie en direction de la zone centrale du Bassin Hongrois, on observa une diminution régionale d'environ 20 m/°C des valeurs du gradient géothermique.

La région des valeurs basses du gradient géothermique coïncide avec celle de l'amincissement d'environ 10 km de l'écorce terrestre sous le Bassin Hongrois, indiqué par les anomalies gravitationnelles, par la séismique profonde et par la séismologie.

Pour la forme et l'extension, l'anomalie géothermique régionale est bien conforme aux contours du Massif intermédiaire esquissé par KOBER, et du Massif de Tisia décrit par PRINZ.

REGIONALWERTE DER GEOTHERMISCHEN TIEFENSTUFE IM GEBIET
DER KARPATENBECKEN

V. SCHEFFER

ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von den Alpen, den Nordwest-Karpaten, dem äußeren Vordergrund der Nordost-Karpaten und von dem Siebenbürgischen Becken gegen die zentrale Zone des Ungarischen Beckens, ist eine Abnahme der geothermischen Gradientwerte von etwa $20 \text{ m/}^\circ\text{C}$ zu beobachten.

Das Gebiet der niedrigen geothermischen Gradientwerte fällt mit dem Gebiet der Erdkrustenausdünnung von etwa 10 km unter dem Ungarischen Becken, erwiesen durch Gravitationsanomalien, Tiefenseismik und Seismologie, zusammen.

Die regionale geothermische Anomalie stimmt in Gestalt und Ausdehnung mit den Konturen des von KÖZER skizzierten Zwischengebirges unter dem Karpatenbecken und des von PRINZ beschriebenen Tisia-Massivs gut überein.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО ГРАДИЕНТА В РАЙОНЕ
КАРПАТСКИХ БАССЕЙНОВ

В. ШЕФФЕР

РЕЗЮМЕ

В величинах геотермического градиента, в направлении от района Альп, Северо-западных Карпат, Северо-восточного Закарпатья и Бассейна Трансильвании к центральной зоне Венгерского бассейна, намечается региональное снижение, равное $20 \text{ м/}^\circ\text{C}$.

Область заниженных величин геотермического градиента совпадает с зоной утонения земной коры, выявленного под Венгерским бассейном аномалиями поля силы тяжести, а также и данными глубинных сейсмических исследований и сейсмологии в размере около 10 км.

Региональная аномалия геотермических значений как по форме, так и по протяженности, хорошо согласуется с промежуточным массивом, оконтуренным *Кобером* под Карпатским бассейном, а также и с контурами массива «Тиссия», описанного *Принцом*.

A FOCUSED-FIELD GEOELECTRICAL METHOD

J. CSÓKÁS

CANDIDATE OF TECHNICAL SCIENCES
TECHNICAL UNIVERSITY OF HEAVY INDUSTRIES, DEPARTMENT OF GEOPHYSICS,
MISKOLC (HUNGARY)

[Manuscript received on the 8th, Oct. 1962]

In this paper the theory and method of focused-field geoelectrical measurements are discussed. It is shown, by comparison of theoretical curves, that this method grants a greater penetration depth, and, with its aid, the position of horizontal acting masses of finite extension can be determined more precisely than with the conventional four-electrode method.

Introduction

For the detection of geological structures containing useful mineral deposits, several geoelectrical methods are known. Among these, the four-electrode vertical sounding and profiling are the most widespread.

The vertical geoelectrical section is suitable to provide a geological section similar to bore-log, except that it reveals boundaries only between layers having different resistivity values. These boundaries do not necessarily coincide with stratigraphical or even lithological boundaries [1].

Up till now, the symmetrical four-electrode spread proved to be the best. The interpretation method of the survey results was elaborated for this procedure, and almost all of the theoretical calculations, were made for this case.

A sedimental formation consisting of layers of different thickness and different resistivities is called an anisotropic medium. By geoelectrical measurements, it is the total transversal resistance of the anisotropic medium which is investigated.

If the medium under electrical investigation is separated from the air by a horizontal boundary and, in the half-space occupied by it, this medium is infinite but anisotropic, then the depth of the individual layers and their true resistivities can be determined from the apparent resistivity measured with an adequate number of properly spaced electrodes and from the geometrical arrangement of these electrodes.

The resistance of an anisotropic medium is the greatest if the current traverses it in a direction perpendicular to the layering. In this case, namely, the layers are connected in series in the circuit, and the total resistance of the layers composing the medium is determined by the sum of the resistances of the individual layers.

Since it is the total resistance of the anisotropic medium perpendicular to the layering that is examined with the geoelectrical survey [1], a greater depth penetration can be achieved with a directional-field survey, and the value of the measured apparent resistivity is influenced by the individual layers in a relatively greater measure than in the case of the usual four-electrode sounding. In a directional-field survey, the layers are traversed by the measuring current perpendicular in a part of the space included in the measurement greater than in the known four-electrode procedures (Fig. 1).

I. The principle of the conventional geoelectrical surface methods

In geological prospecting, the symmetrical four-electrode spread has become the most universal. Its electrode-arrangement can be seen on Fig. 1/b.

If the formation under investigation consists of layers of h_i depth and of R_i true resistivities, the quotient of the apparent resistivity and of the resistivity of the uppermost layer (R_a/R_1) depends on the position (r) of the electrodes only. Namely [2]:

$$V(r) = \frac{R_1 I}{2\pi r} \left[1 + 2r \int_0^\infty A(t) \cdot I_0(rt) dt \right], \quad (1)$$

where I_0 = the first-kind, zero-order Bessel function, t = the integration parameter, A = the depth function of the layers. Further

$$R_a = R_1 \left[1 + 2r^2 \int_0^\infty A(t) \cdot I_1(rt) t dt \right], \quad (2)$$

where I_1 is similarly a Bessel function, and

$$A(t) = \frac{N_1}{N_2 - N_1} \quad (3)$$

$$N_1 = k_1 e^{-2th_1} + k_2 e^{-2th_2} + k_3 e^{-2th_3} + k_1 k_2 k_3 e^{-2t(h_3+h_1-h_2)} \quad (4)$$

$$N_2 = 1 + k_1 k_2 e^{-2t(h_2-h_1)} + k_1 k_3 e^{-2t(h_3-h_1)} + k_2 k_3 e^{-2t(h_3-h_2)} \quad (5)$$

$$k_1 = \frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1}; \quad k_2 = \frac{R_3 - R_2}{R_3 + R_2}; \quad k_3 = \frac{R_4 - R_3}{R_4 + R_3}$$

in a four-layer case.

Accordingly the quotient R_a/R_1 for assumed h_i and R_i values can be computed as a function of $\overline{AB}/2h_1$, — where \overline{AB} is the distance between the current-input electrodes. Such theoretical curves have been given for multi-

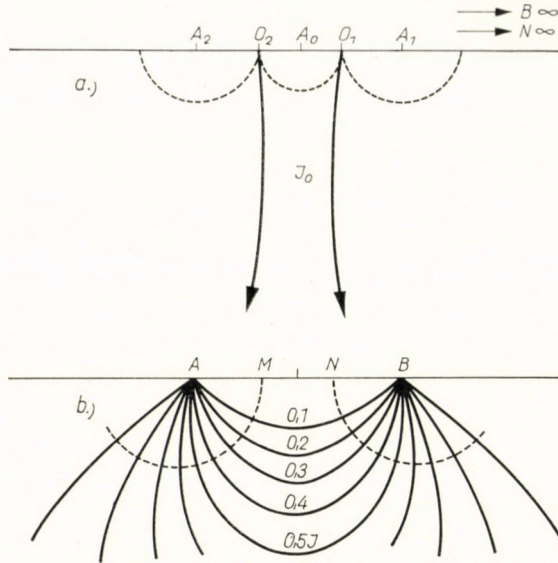


Fig. 1. The field of a focused-field (a) and of a four-electrode (b) survey

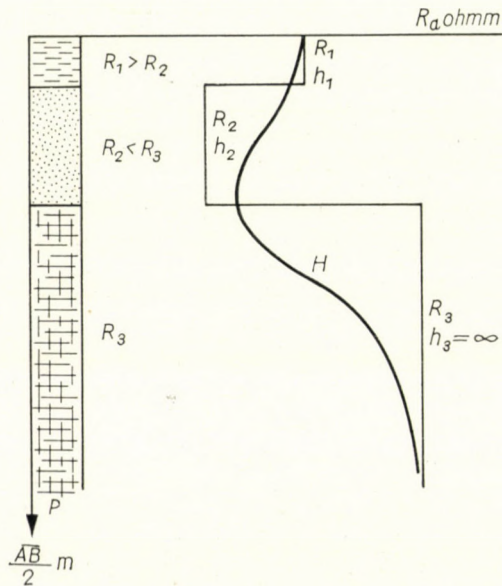


Fig. 2. Geological column and geoelectrical profile [1]

layer cases [3, 4, 5]. Comparing the curves obtained in the survey area by geoelectrical logging of these curves, the vertical geological section and the true resistivity of the layers can be determined (Fig. 2).

II. The deflecting-current method in the investigation of boreholes

Deflecting-current or focused-field method is called that relatively new electrical borehole-logging method which has the substantial feature of having a constant intensity current fed into the formation perpendicular to the wall of the borehole in the form of a current-sheet of a given thickness. The thickness of the current-sheet is automatically adjusted by a special system of electrodes [6].

Focused-field systems are the screened-electrode method, the so-called Laterolog-3 and the most widespread Laterolog-7 instruments.

The arrangement of the electrodes of the Laterolog-7 is shown on Fig. 3.

Three connected pairs of electrodes, namely A_1A_2 , M_1M_2 and $M'_1M'_2$ are placed symmetrically above and below the central A_0 electrode. A constant-value measuring current steps out of electrode A_0 . Additional current is fed into the ground by electrodes A_1 and A_2 , its intensity being automatically set in such a way that the potential difference between M_1 and M'_1 will essentially be zero. The potential difference between one of these equipotential electrodes and a practically infinitely distant electrode N is recorded. The apparent resistivity measured is proportional to this potential and to a geometrical factor depending on the distance between the different electrodes [10].

Near the current electrodes, the current flows in a radial direction, and the equipotential surfaces are spheres. The current-lines meet at a greater distance. As the current-lines do not intersect each other, they curve sharply and become parallel. As a result, the current emitted by the electrode A_0 takes the shape of the sheet-form shaded on Fig. 3. This current-sheet is limited by the meeting-surface of the currents departing from electrodes A_1 , A_2 and A_0 .

The equipotential surfaces are indicated by dotted lines, the relative potential drop as a function of the distance, by the figures written beside them. The shape of the equipotential surfaces is ellipsoidal in the beginning, — at a greater distance, spherical. The 7 electrodes can be regarded, at a distance great in relation to $\overline{A_1A_2}$, as a single electrode. The regulation effect of electrodes A_1 and A_2 is the same as if an isolating plug existed in the borehole at the halving points O_1 and O_2 of the distance between the neighbouring M electrodes, extending to the wall of the borehole. Accordingly, the current starting from A_0 cannot pass the measuring electrodes M ; therefore, the mud

column has little effect on the result measured with the Laterolog. This shows the difference between the Laterolog and the conventional four-electrode logging.

Especially good results are furnished by the Laterolog if the resistivity of the mud is extremely low.

If a thick bed is situated in front of the sonde, the current flows to a great depth in the shape of a horizontal disk into the bed [7]. The thickness of the current-disk is approximately equal to $\overline{O_1O_2}$.

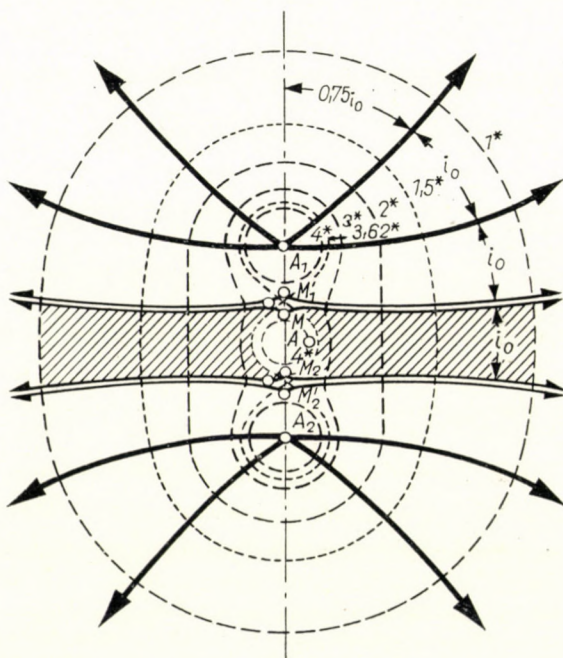


Fig. 3. Laterolog-7 [6]

The potential of an M electrode is the potential drop caused by the ohmic effect of the current flowing in the current-disk to a great distance. The potential of the M electrode is proportional to the resistivity of the medium.

The usual electrode-spacing of the Laterolog-7 is about as follows: $\overline{O_1O_2} = 80$ cm, $\overline{A_1A_2} = 200$ cm, being the deflection quotient $n = \overline{A_1A_2}/\overline{O_1O_2} = 2.5$. With the shorter sonde, $\overline{O_1O_2} = 30$ cm, $\overline{A_1A_2} = 180$ cm, and $n = 6$. The spread relation is also characteristic for the measure of focusing, as shown on Fig. 5 [8].

The calculations show that in a homogeneous medium 90% of the potential difference between the wall of the hole and infinity lies within the distance corresponding to a threefold of the electrode-spacing $\overline{A_1A_2}$ [7, p. 58].

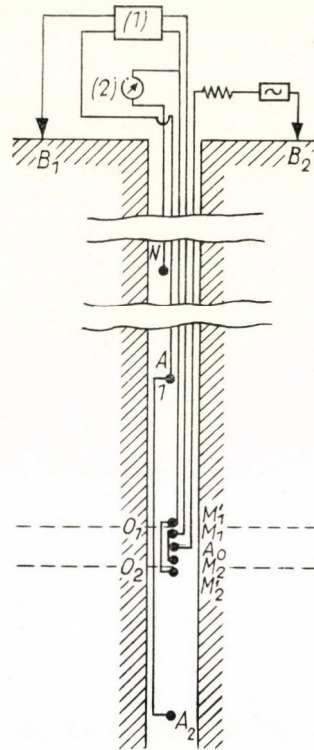


Fig. 4. The surface units and electrodes of Laterolog-7 [6]

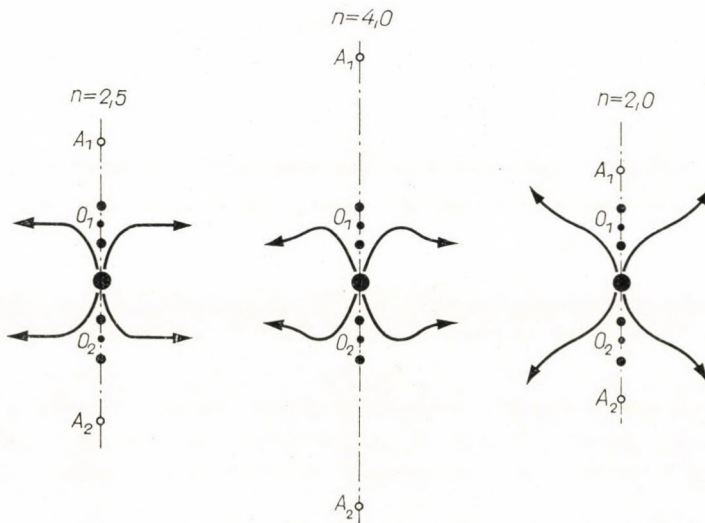


Fig. 5. The effect of the spread ratio $n = \overline{A_1 A_2} / \overline{O_1 O_2}$ [8]

III. The surface type of the deflecting-current arrangement

On the basis of the afore mentioned, the principle of the deflecting-current geoelectrical measurements can be applied not only in boreholes but also on the surface of the ground.

In the arrangement visible on Fig. 6, the measuring current I_0 is set at a constant value by the resistance R_0 . After this, the potential difference between the M and M' electrodes is set to zero ($\Delta V = 0$) by means of adjusting the intensity of the deflecting current I_t fed through the electrodes A_1 and A_2 , with the aid of the resistances R_1 and R_2 . At this setting, the potential difference V between one of the M electrodes and the distant electrode N is measured. Putting this and the value of I_0 into equation (6), the apparent resistivity of the medium is obtained.

IV. Resistivity equations for a deflecting-current arrangement in case of a homogeneous medium

The resistivity in a homogeneous half-space is given by the following equation [9, 10].

$$R_a = 2\pi \frac{1}{\frac{1}{A_0 M_1} + \eta \cdot \frac{A_1 A_2}{A_1 M_1 \cdot A_2 M_2}} \cdot \frac{V}{I_0}, \quad (6)$$

where

$$\eta = \frac{I_t}{2I_0} = \frac{A_1 M_1 \cdot A_1 M'_1 - A_2 M_1 \cdot A_2 M'_1}{A_0 M_1 \cdot A_0 M'_1 (A_2 M_1 \cdot A_2 M'_1 - A_1 M_1 \cdot A_1 M'_1)} \quad (7)$$

and I_0 = the intensity of the measuring current flowing into the ground through electrode A_0 ; I_t = the intensity of the total deflecting current flowing in through the focusing electrodes.

The further deflection of the measuring current can also be provided by the current of the electrodes situated at a distance $A_0 A_1$ on the straight line perpendicular to the spread direction in point A_0 (Fig. 7).

For the arrangement with four deflecting electrodes, an equation similar to the previous one can be derived in case of a homogenous medium, as follows:

$$R_a = 2\pi \frac{1}{\frac{1}{A_0 M_1} + \eta' \cdot \frac{A_1 A_2}{A_1 M_1 \cdot A_2 M_1} + \frac{2}{A_3 M_1}} \cdot \frac{V}{I_0}. \quad (8)$$

$$\eta' = \frac{I_1}{4I_0} = \frac{a}{b - c}, \quad (9)$$

where

$$a = A_1 M_1 \cdot A_1 M'_1 \cdot A_2 M_1 \cdot A_2 M'_1$$

$$b = A_0 M_1 \cdot A_0 M'_1 (A_2 M_1 \cdot A_2 M'_1 - A_1 M_1 \cdot A_1 M'_1)$$

$$c = \frac{2}{M_1 M'_1} \frac{(A_3 M'_1 - A_3 M_1) \cdot A_1 M_1 \cdot A_1 M'_1 \cdot A_2 M_1 \cdot A_2 M'_1}{A_3 M_1 \cdot A_3 M'_1}$$

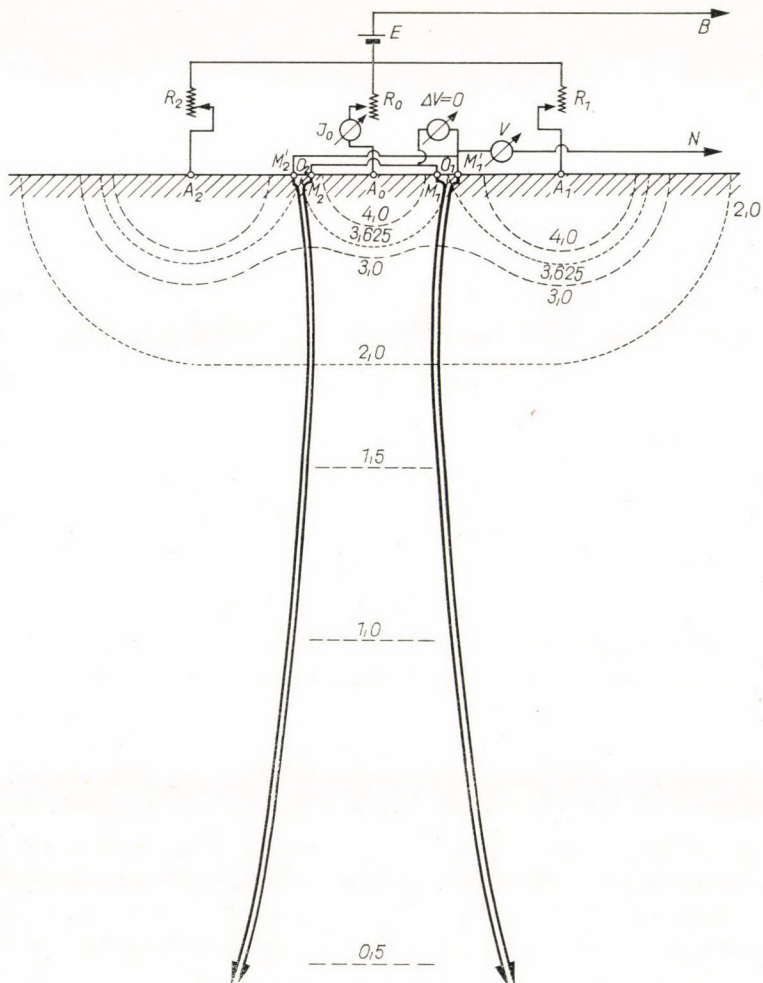


Fig. 6. Focused-field surface geoelectrical method

According to equation (8), the equation of four deflecting electrodes, applying to the specific resistance of a homogeneous medium, differs from the formula for two deflecting electrodes in a single member in the denominator of the spread coefficient only, but the deflecting-current quotient is different.

The equation of the deflecting-current measurement can also be generalized for the case of several deflecting electrodes. Let us set electrode A_0 into

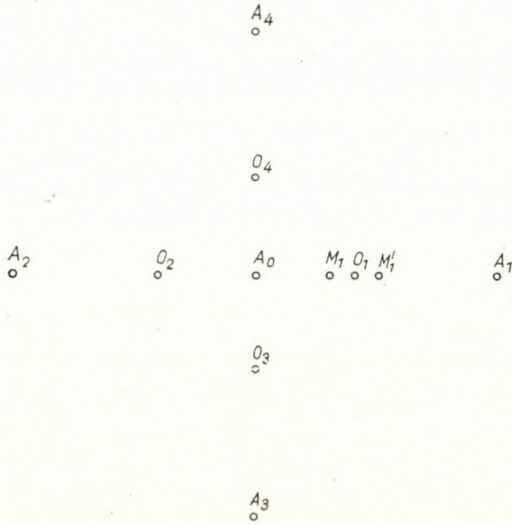


Fig. 7. Arrangement with four deflecting electrodes

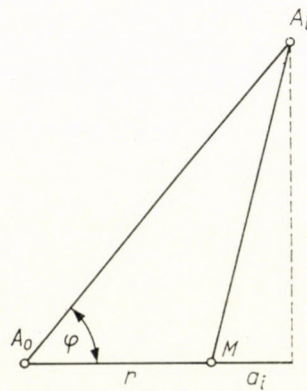


Fig. 8

the origin of a polar system of coordinates, and electrode M onto the half-line corresponding to $\varphi = 0^\circ$. Let the electrodes N and B be infinitely distant from M . Let A_i represent a deflecting electrode at a finite distance, according to Fig. 8.

The potential of electrode M is

$$V(M) = \frac{R_1}{2\pi} \left[\frac{I_0}{r} + \sum_{i=1}^n \frac{c_i I_t}{\sqrt{r^2 + A_0 A_i^2 - 2r A_0 A_i \cos \varphi_i}} \right], \quad (10)$$

where $r = A_0 M$, φ_i = the coordinate of the i -nth deflecting electrode, n = the number of the deflecting electrodes, I_t = the total deflecting current, c_i = the fraction of the deflecting current, fed through the electrode A_i , i.e. $\sum c_i = 1$.

According to the condition of the deflecting-current measurement, the potential gradient at the point near the halving-point O_1 between the neigh-

bouring electrodes M will be made zero by the setting of the quotient of the deflecting current and of the measuring current. Accordingly $\frac{\partial V}{\partial r} = 0$.

By differentiating equation (10) according to r the quotient of the deflecting and measuring currents is obtained:

$$\frac{I_t}{I_0} = \varepsilon = \frac{1}{(A_0 M)^2 \cdot \sum_{i=1}^n \frac{c_i a_i}{(A_i A)^3}}, \quad (11)$$

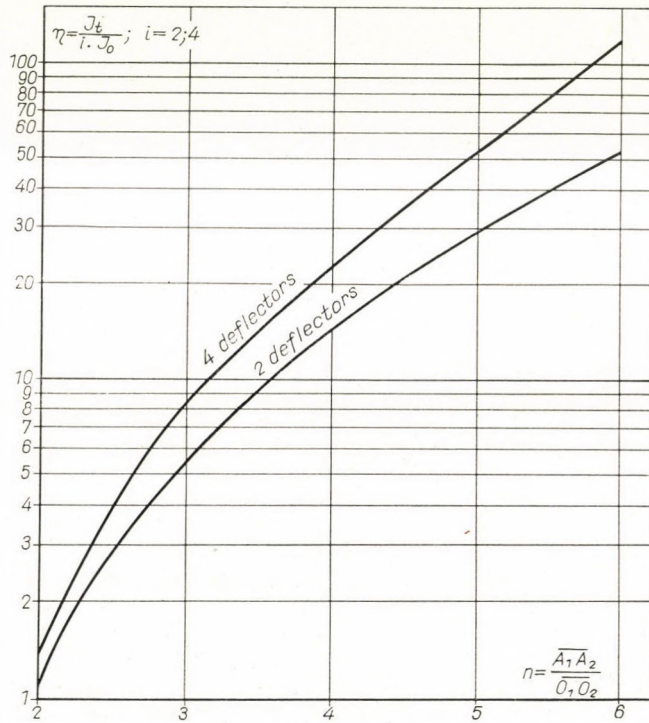


Fig. 9. The quotient of the deflecting, resp. measuring current as a function of the spread relation

where a_i is the section of the projection of $\overline{A_0 A_i}$ on the half-line $\varphi = 0^\circ$ minus the distance $r = \overline{A_0 M}$.

With the aid of the current-quotient, the spread constant can be expressed in the same way as in the preceding equation, i.e.:

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r} + \varepsilon \cdot \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{A_i M}}. \quad (12)$$

As is visible from equations (7) and (9), the deflecting-current/measuring-current quotient remains unchanged in case of a proportional change in the distances; accordingly it can be expressed as a function of the spread-relation n . This is shown, in the case of the arrangement represented by Fig. 6 and 7, for the range under consideration from $n = 2$ to $n = 6$, by Fig. 9.

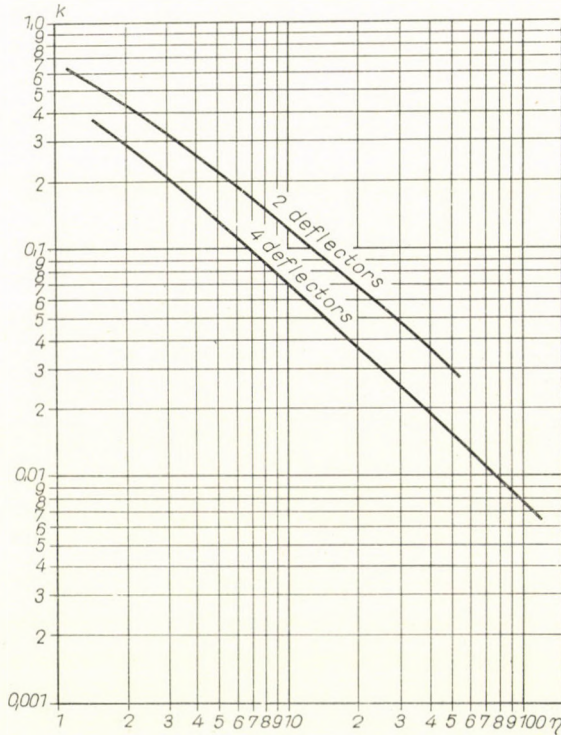


Fig. 10. The spread coefficient as a function of the quotient of the deflecting, resp. measuring current

For a given spread relation, the current- and potential-electrode distances ($\overline{A_0M_1}$; $\overline{A_1M_1}$; $\overline{A_2M_1}$; $\overline{A_3M_1}$) can be written as constant-folds of $\overline{A_1A_2}$. Thus, it is sufficient to draw the $K = f(\eta)$ curve for a given $\overline{A_1A_2}$, since from this the spread constant K can be obtained by multiplying the value belonging to the corresponding η by $\overline{A_1A_2}$. The curves corresponding to $\overline{A_1A_2} = 1$ m are shown on Fig. 10. In this way we have all the means for determining apparent resistivities according to what was stated above.

V. Apparent resistivity equation for several layers and a deflecting-current electrode arrangement

Equation (1) may also be written by using simplified notations. Thus

$$V(r) = \frac{R_1 I}{2\pi r} G(r). \quad (13)$$

For cases of three and four layers, the values of $G(r)$ are contained in [5].

The two-layer theoretical curves shown on Fig. 11 were determined by the numerical solution of equation

$$G(r) = 1 + 2k_1 r \int_0^\infty \frac{e^{-2th}}{1 - k_1 e^{-2th}} \cdot J_0(tr) dt \quad (14)$$

[2, p. 91]. The explanation of the notations can be found in equations (1–5).

Using the principle of superposition of potentials, it can be written that

$$\begin{aligned} \frac{R_a}{R_1} = \frac{K}{2\pi} & \left[\frac{G(\overline{A_0 M})}{\overline{A_0 M}} - \frac{G(\overline{A_0 N})}{\overline{A_0 N}} + \eta \left(\frac{G(\overline{A_1 M})}{\overline{A_1 M}} + \frac{G(\overline{A_2 M})}{\overline{A_2 M}} + \right. \right. \\ & \left. \left. + 2 \frac{G(\overline{A_3 M})}{\overline{A_3 M}} - \frac{G(\overline{A_1 N})}{\overline{A_1 N}} - \frac{G(\overline{A_2 N})}{\overline{A_2 N}} - 2 \frac{G(\overline{A_3 N})}{\overline{A_3 N}} \right) + \right. \\ & \left. + (i \cdot \eta + 1) \left(\frac{G(\overline{BN})}{\overline{BN}} - \frac{G(\overline{BM})}{\overline{BM}} \right) \right]. \quad (15) \end{aligned}$$

Here K is the spread constant according to equation (6) or (8); i is the number of the deflection electrodes.

The construction of the theoretical two-layer curves for $R_2 = 100R_1$, for a spread constant $\overline{A_1 A_2} / \overline{O_1 O_2} = 5$, further for 2, resp. 4 deflecting electrodes, is shown on Fig. 11. For comparison, also the theoretical curve corresponding to the Wenner-arrangement is indicated.

The two curves in the middle were obtained from values computed with data of the tank used in laboratory measurements, indicating the control points as determined by measurements. The measurement result obtained with the largest spread distance is somewhat higher than the theoretical one, but has its explanation in the fact that actually $R_2 > 100R_1$, only causes a visible deviation here. The upper curve refers to infinitely distant current-returning and reference measuring-electrodes, otherwise under the same conditions as for the two previous ones.

The lowest curve can be measured at the same place with a symmetrical four-electrode arrangement in case of $\overline{AB} = \overline{A_1A_2}$.

On the basis of Fig. 11, four important conclusions can be drawn as to the focused-field measurements.

1. With the symmetrical, four-electrode method, the penetration is generally assumed to be between $\overline{AB}/2$ and $\overline{AB}/3$. The curve on the figure,

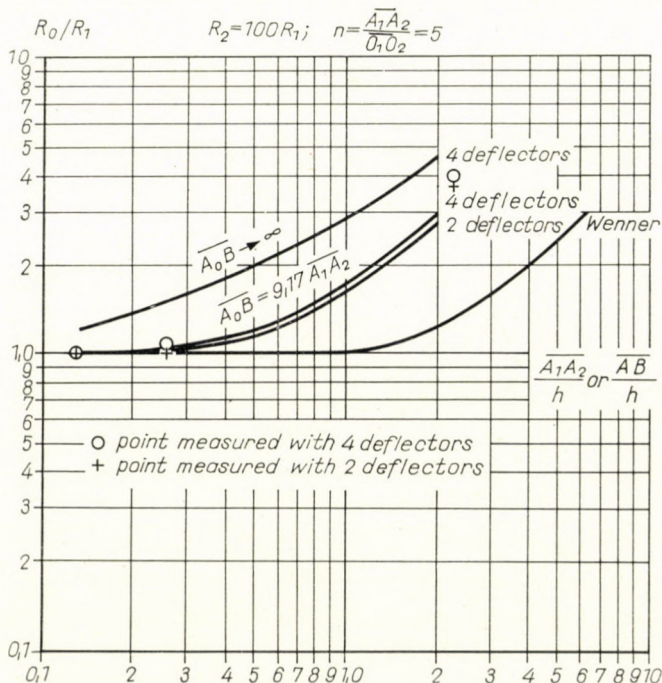


Fig. 11. Comparison of theoretical curves obtained with deflecting-current, resp. with four electrodes, in case of two layers

a resistivity quotient of $R_a/R_1 = 1,22$ corresponds to $h = 0,5 \overline{AB}$, and 1,57 to $h = 0,33 \overline{AB}$. In the four deflecting-electrode case, $h = 1,8 \overline{A_1A_2}$, and $h = 1,15 \overline{A_1A_2}$, — in the two deflecting-electrodes case $h = 1,65 \overline{A_1A_2}$ and $h = 1,05 \overline{A_1A_2}$ correspond to the same resistivity quotient.

Using a spread $\overline{AB} = \overline{A_1A_2}$, a penetration 3,5 times, — with four deflecting electrodes, — resp. 3,2 times — with two deflecting electrodes — can be attained, greater than with the usual four-electrode arrangement.

2. The focused-field method furnishes the same apparent resistivity with a spread distance considerably shorter than the usual four-electrode method does. This is not only a technical advantage, but it is important as a principle, too.

The resistivity of an anisotropic medium is the highest if the current traverses it perpendicular to the layering, because in this case the layers are connected in series in the circuit, and the total resistance of the medium will be determined by the sum of the resistances of the individual layers forming the medium. In electrical surveying, the total perpendicular resistance of the anisotropic medium is investigated [1].

a) In deflecting-current measurements, the measuring current traverses a greater part of the included space, perpendicular to the horizontal layers, than it does in the usual method.

b) In the conventional geoelectrical methods, the layers under investigations are assumed, for the sake of simplicity, to be horizontal. This assumption is fulfilled better in the case of shorter spread distances. The shortening of the necessary electrode spread-distance results in an increase of the resolving power:

Remark:

This paper contains the theoretical elaboration of the Hungarian and Italian patent No. 148.627, carried out at the Department of Geophysics of the Technical University of Heavy Industries.

The co-inventors of this patent are — apart from the author — Z. BARLAI, G. MÁRFÖLDI and DR. V. SCHEFFER, collaborators of the Hungarian Petroleum and Gas Trust.

REFERENCES

1. Каленов, И. Н.: Интерпретация кривых вертикального электрического зондирования. Гостоптехиздат, Москва, 1957.
2. LASFARGUES, P.: *Prospection Électrique*, p. 84. Masson, Paris, 1957.
3. Дахнов, В. X.: Альбом палеток... Гостоптехиздат, Москва, 1951.
4. La Compagnie Générale de Géophysique: *Abaques de Sondage Électrique. Geophysical Prospecting III. Suppl. No. 3. Sept., 1955.*
5. MOONEY, H. M.—WETZEL, W. W.: *The Potentials about a Point Electrode...* The Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, 1956.
6. DOLL, H. G.: *The La terolog. Petr. Trans. AIME, Vol. 192, pp. 305. 1951.*
7. MARTIN, R. I.: *Fundamentals of Electric Logging. The Petr. Publ. Co. pp. 57. Tulsa, Okla. 1955.*
8. CHOMBART, L. G.: *Reconnaissance et Évaluation des Formations. Soc. des Éditions, pp. 45. Paris, 1957.*
9. Чукин, В. Т.: Боковой кароттаж. Прикладная геофизика. Вып. 21 стр. 136, Москва, 1958.
10. Дахнов, В. Н.: *Промысловая геофизика. Стр. 458. Гостоптехиздат, Москва, 1959.*

GEOELEKTRISCHES VERFAHREN MIT GELENKTEM STROMFELD

J. CSÓKÁS

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Veröffentlichung werden Theorie und Methode der geoelektrischen Oberflächenmessung mit gelenktem Stromfeld behandelt. Es wird durch Vergleich von theoretischen Kurven gezeigt, daß dieses Verfahren eine größere Eindringungstiefe hat, und sich mit seiner Hilfe eine genauere Bestimmung der Lage horizontaler Massen von endlicher Ausbreitung erreichen läßt als mit dem gewöhnlichen Vierelektroden-Verfahren.

UNE MÉTHODE GÉOÉLECTRIQUE DE SURFACE A CHAMP FOCUSSÉ

J. CSÓKÁS

RÉSUMÉ

L'article traite de la théorie et de la méthode des mesures électriques de surface à champ focussé. Il établit par une comparaison de courbes théoriques que cette méthode a une plus grande profondeur de pénétration que la méthode conventionnelle à quatre électrodes, et avec son aide, la position des masses actives horizontales d'une extension finie peut être déterminée plus exactement.

ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МЕТОД С НАПРАВЛЕННЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Я. ЧОКАШ

РЕЗЮМЕ

В работе излагается теория и практика применения метода наземной электрической съемки с направленным электрическим полем. Сравнение теоретических кривых показывает, что описываемым методом достигается большая глубина исследования, чем обыкновенным четырехэлектродным методом. При помощи предлагаемого метода более точно определяются элементы залегания горизонтальных возмущающих факторов.

DE QUELQUES REMARQUES À PROPOS DES COURBES D'INVESTIGATION ET DE SONDAGE MAGNÉTO-TELLURIQUES ACTUELLEMENT CONNUES

H. FOURNIER
STATION GÉOPHYSIQUE DU NIVERNAIS

L'examen de l'ensemble des courbes magnéto-telluriques d'amplitudes, actuellement connues, à partir de la méthode TICHONOV—CAGNIARD, montre trois tendances nettes:

a) Pour les périodes très longues (diurne et approche de diurne), cet examen indique la présence d'une couche très conductrice dans le Manteau Supérieur. Cette couche serait située à des profondeurs très variables suivant les régions étudiées, entre 250 km et 1100 km, en accord avec l'hypothèse de TICHONOV—LIPSKAJA.

b) Il semble très fréquent que les deux courbes conjuguées, cardinales, d'un même lieu, soient différentes ou même très différentes l'une de l'autre.

c) Il apparaît pour les périodes rapides (de part et d'autre de la seconde) le fait, semble-t-il jusqu'à plus ample informé, que plus un bassin sédimentaire est épais, et plus la valeur moyenne de sa résistivité apparente magnéto-tellurique est faible.

J'ai tenu à rassembler sur un document unique l'ensemble des courbes connues de sondage et d'investigation magnéto-tellurique (courbes d'amplitudes).

L'examen des courbes de la figure 1 montre bien le phénomène de plongée terminale de celles-ci à la période diurne. Cette plongée indique la présence d'une couche très conductrice [39] et [40]. Les positions de croix d'abaque correspondent, en général, à des profondeurs comprises entre 250 km et 1100 km, pour cette couche ultime conductrice (ultima ratio). L'accord est très satisfaisant avec l'hypothèse de TICHONOV—LIPSKAJA [2, 5 et 25].

Les courbes ne sont probablement pas exactement comparables entre-elles pour la bonne raison qu'elles sont établies, en chaque point étudié, suivant les directions cardinales, comme le veut la tradition. En effet, à Garchy, les courbes sont tracées pour les directions d'écart extrême entre elles, ce qui explique le $\Delta(T)$ valant 22 environ pour la période de 13 minutes ou à peu près. Elles sont donc bien représentatives des perturbations géologiques, encore non exactement calibrées [31]. Ces directions d'écart extrême ont été vérifiées par la méthode des ellipses jusqu'à la période de 800 secondes [32], soit le voisinage de l'écart maximum enregistré.* C'est donc par coïncidence

* Cette opération de vérification par magnétomètre tournant, point par point, a été réalisée grâce à l'emploi des barres-fluxmètres du type SELZER: instrument d'une maniabilité et d'une précision remarquables. Il est en effet, beaucoup plus simple de faire tourner un magnétomètre que d'effectuer une composition vectorielle graphique manuelle. Je dois à ce propos, remercier DANIEL GILBERT, Assistant de l'Institut de Physique du Globe de Paris, d'avoir usé, en ma faveur, de ses qualités d'opérateur.

que ces directions d'écart extrême sont les directions cardinales (ou très voisines de celles-ci, dans une première approximation). Mais les courbes des autres stations, ont-elles été établies pour les directions conjuguées d'écart extrême? Il est normal que la quasi-coïncidence, fortuite, citée à Garchy, ne soit pas systématique à toutes les stations.

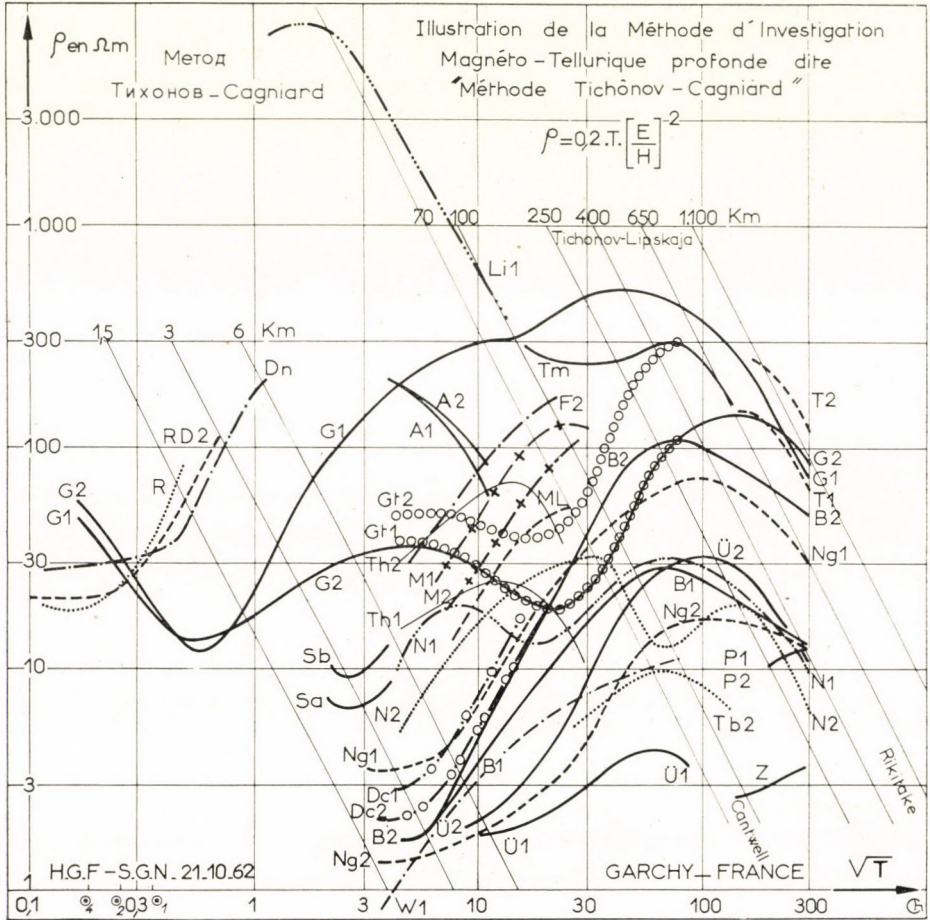


Fig. 1

En conséquence, il est probable que des écarts bien plus grands peuvent être mis en évidence entre les deux courbes conjuguées de certaines stations, à condition de rechercher convenablement les directions correspondantes. En particulier, c'est peut-être le cas de Göttingen, station qui présente une courbe NS qui ressemble étrangement à celle obtenue dans la direction EW à Garchy [8]. Une anomalie analogue à celle de la région de Garchy se traduirait-elle dans le voisinage de Göttingen, avec une direction différente? Une rota-

tion appropriée des axes d'enregistrement permettrait de vérifier cette suggestion. Cette rotation des axes peut être effectuée, soit par la rotation des deux capteurs homologues tellurique et magnétique sur le terrain (méthode ultra simple de l'auteur), soit, avec 4 capteurs simultanés restant fixes, avec l'aide d'une calculatrice électronique (méthode américaine, SMITH et BOSTICK, Austin, Texas [18] et [19]). Dans cet ordre d'idées, un dispositif qui s'inspire de l'alidade de KOEHLIN, est prévu à l'essai, par l'auteur, dans le cadre des perfectionnements successifs futurs de son installation.

A Alushta, en bord de mer, en Crimée, KOVTUN [33] et [34] signale, sans préciser exactement les périodes, que le rapport E/H varie dans la proportion de 1 à 10 peut-être, donc le rapport des ρ varierait de 1 à 100, ce qui laisse loin derrière la valeur Δ (13 min) = 22 pour Garchy.

D'autre part, certaines courbes ont pu être établies avec des conventions légèrement différentes, ou très différentes, de celles imposées par la formule de CAGNIARD, en particulier cela semble être le cas des courbes de ZOUY [1] et de TUCSON [1] et [2]. C'est une chose à vérifier. Un congrès de magnéto-tellurique serait le bienvenu pour examiner les différents points de vue et les différentes méthodes quant aux appareillages, etc... Dans le même ordre d'idées, il serait intéressant, en chaque station d'études, de confronter les «courbes d'écart extrême», c'est-à-dire de confronter les directions et les valeurs extrêmes des résistivités apparentes avec la géologie régionale. Il peut même être imaginé une carte d'«isocotes» pour la couche ultime en prenant comme valeur, pour une station, une sorte de moyenne, obtenue entre deux directions orthogonales conventionnées, sur un accord en congrès; en effet, les écarts, semblant en général, en forte régression dans le voisinage de l'onde diurne, l'idée d'une valeur intermédiaire pour la cote de la couche ultime n'est peut-être pas tout à fait dénuée de signification géophysique: ceci avec réserves pour des stations comme celles de l'Ebre et de Yoteru, pour lesquelles la polarisation des oscillations telluriques diurnes est forte et même très forte.

Moyennant des précautions opératoires à trouver, il sera peut-être possible de savoir si la profondeur de la couche ultime est en relation ou non avec les «boucliers» géologiques, et éventuellement, par opposition, avec les zones alpines (zones de plissements intenses jeunes) [25].

Il viendra aussi la notion intéressante de relation éventuelle de cette surface ou zone avec les phénomènes des courants subcrustaux proposés par J. GOGUEL [35]. Et tout naturellement, s'inclura dans l'éventail des hypothèses les considérations récentes sur la minéralogie des grandes profondeurs, à base de stishovite [36].

Dans un autre ordre d'idées, et pour des profondeurs beaucoup plus modestes, mais non moins intéressantes, et pour cause, il est curieux de constater, tout au moins pour les quelques courbes présentées dans ce même diagramme, que plus un bassin sédimentaire est épais, et plus la valeur moyenne de la

résistivité apparente magnéto-tellurique des couches qu'il renferme est caractérisée par un nombre d' Ωm petit. Quelle cause attribuer à ce phénomène, si la chose s'avère être systématique? Le sondage électrique aurait eu, semble-t-il, tendance à montrer un phénomène différent. L'explication du sens de ce phénomène magnéto-tellurique réside probablement dans le contenu interprétatif de la note de CAGNIARD [37]. Est-ce une micro-anisotropie ou une macro-anisotropie ou les deux à la fois? (voir aussi FAVRE à ce sujet [38] qui reprend sans modifications notables les développements de CAGNIARD).

En conclusion, pour caractériser, par sa cote, le socle d'un bassin sédimentaire épais, il semble être nécessaire, parfois, d'utiliser des périodes déjà relativement très longues, même jusqu'à 100 secondes. Qu'en sera-t-il en mer?

Pour rendre pratique le calque bilogarithmique destiné au tracé des courbes de sondage magnéto-tellurique, il serait intéressant de lui adjoindre, à l'impression même du canevas, quelques droites, «lieux de croix», dites «équicotes», valables tant pour une «remontée» due au socle que pour une «plongée» due à la couche ultime. (Il s'agit de lieux de croix jouissant de la propriété $\rho \cdot T = \text{Cte}$)

J'ai représenté ici, pour la remontée de la courbe provoquée par le socle, les équicotes 1,5; 3 et 6 km, et pour la plongée correspondant à la couche ultime, les équicotes de TICHONOV-LIPSKAJA 100 et 1100 km, et entre celles-ci, les équicotes 250, 400 et 650 km.

Je n'ai certainement pas eu la chance, en trois mois, de trouver dans les bibliothèques, toutes les courbes de sondage magnéto-tellurique profond déjà publiées à l'heure actuelle. Qu'un auteur qui ne trouverait pas sa ou ses courbes dans le tableau récapitulatif présenté, accepte de m'en excuser. D'autre part, j'ai parfois interprété au mieux un tableau de valeurs trop peu nombreuses pour obtenir une courbe moyenne tout à fait sûre. Il peut se faire également que j'ai commis une erreur dans la transposition d'unités relatives à certaines courbes, pour les ramener dans le système de l'abaque de CAGNIARD. A noter que celle-ci s'avère être la meilleure, à mon avis personnel. Il semblerait que, pour l'époque actuelle, tout au moins, et en dehors de l'«École Cagniard», seuls les laboratoires d'Union Soviétique utilisent cette abaque sans la modifier.

J'ajouterai quelques indications particulières:

a) l'intervalle de périodes de 2 heures à 10 heures semble difficile à utiliser, et tout spécialement le voisinage de 3 heures à 6 heures. Cela résulte de ce que j'ai pu voir comme dispersion pour les points expérimentaux, quand ils accompagnaient les courbes qui me sont parvenues. D'autre part, il y aurait peut-être intérêt, provisoirement, à ne prendre qu'une sorte de moyenne pour les résistivités apparentes, pour les périodes de 12 heures et 24 heures.

b) la courbe de Tamanrasset (Algérie) devrait montrer un phénomène très intéressant. L'étude ne tardera pas à en être terminée.

Site	Nature de la courbe		Orientation	Repère	Auteur	Année	Note	Profondeur interprétée de la couche conductrice ultime (U. R.) en km	Intervalle de période en secondes	Remarques
	Amplitude	Déphasage								
Tucson (Arizona) U. S. A.	X		EW probab.		A. N. Tichonov	1950	[1]		$\frac{86.400}{21.500}$	
			EW	T ₂	A. N. Tichonov et N. V. Lipskaya	1952	[2]	1100	$\frac{86.400}{21.500}$	
	X		NS	T ₁	A. N. Tichonov et N. V. Lipskaya	1952	[2]	800	$\frac{86.400}{21.500}$	
Zouy (Irkoutsk) U. R. S. S.	X		?	Z	A. N. Tichonov	1950	[1]	400 possible	$\frac{86.400}{21.500}$	interprétée, serait assez analogue à celles de Paris
Fürstenfeldbruck Allemagne	X		NS		K. Burkhart	1955 1956	[3] [4]		$\frac{500}{25}$	
	X		EW	F ₂	K. Burkhart	1955 1956	[3] [4]		$\frac{500}{25}$	
Paris (Parc St. Maur) France	X		NS	P ₁	L. Cagniard	1956	[5]	840 possible	$\frac{86.400}{43.200}$	
		X	NS		L. Cagniard	1956	[5]		$\frac{86.400}{43.200}$	
	X		EW	P ₂	L. Cagniard	1956	[5]	840 possible	$\frac{86.400}{43.200}$	
		X	EW		L. Cagniard	1956	[5]		$\frac{86.400}{43.200}$	

Site	Nature de la courbe		Orientation	Repère	Auteur	Année	Note	Profondeur interprétée de la couche conductrice ultime (U. R.) en km	Intervalle de période en secondes	Remarques
	Amplitude	Déphasage								
Alberta Canada	?				T. F. Webster	1957	[6]		?	d'après (19)
Dourbes Belgique		X	EW		A. De Vuyst	1959	[7]		$\frac{400}{3}$	
Göttingen Allemagne	X		NS	Gt ₁	H. Repsold	1959	[8]	800 possible	$\frac{6.400}{16}$	elles peuvent ressembler aux courbes de Garchy
	X		EW	Gt ₂	H. Repsold	1959	[8]	1150 possible	$\frac{6.400}{16}$	
Borok U. R. S. S.	X		NS	B ₁	A. G. Kalashnikov K. Yu. Zybin	1960	[9]	200 (?)	$\frac{86.400}{15}$	
					B. E. Brunelli A. A. Kovtun O. M. Raspopov N. D. Chicherina	1962	[10]			
					I. I. Rokityanski K. Yu. Zybin	1962	[11]			
					D. A. Rokityanskaya R. V. Shchepetnov	1962	[12] et [13]			
	X		EW	B ₂	A. G. Kalashnikov K. Yu. Zybin	1960	[9]	460 (?)	$\frac{86.400}{10}$	
					B. E. Brunelli A. A. Kovtun O. M. Raspopov N. D. Chicherina	1962	[10]			
				I. I. Rokityanski K. Yu. Zybin	1962	[11]				
				D. A. Rokityanskaya R. V. Shchepetnov I. I. Rokityanski	1962	[12] et [13]				

Site	Nature de la courbe		Orientation	Repère	Auteur	Année	Note	Profondeur interprétée de la couche conductrice ultime (U. R.) en km	Intervalle de période en secondes	Remarques
	Amplitude	Déphasage								
Meanook Canada	X		NS	M ₁	E. R. Niblett et C. Sayn-Wittgenstein	1960	[14]		$\frac{900}{36}$	
	X		EW	M ₂	E. R. Niblett et C. Sayn-Wittgenstein	1960	[14]		$\frac{900}{36}$	
Littleton (Massachusetts) U. S. A.	X		NS	Li ₁	T. Cantwell et T. R. Madden	1960	[15]	75 est-ce l'U. R.?	$\frac{170}{1,5}$	la plus forte valeur de ϱ du tableau 8000 Ω m
Dnieper-Donets (Nord) U. R. S. S.	X		?	D _n	N. P. Vladimirov et N. N. Nikiforova	1961/1	[16] et [17]		$\frac{1,2}{0,015}$	
Austin (Texas) U. S. A.	X		NS		F. X. Bostick Jr. et H. W. Smith	1961/2	[18]		$\frac{80}{8}$	
				A ₁	F. X. Bostick Jr. et H. W. Smith	1962/6	[19]		$\frac{120}{12}$	Étude direc- tionnelle réalisée de 12 à 120 s; méthode des ten- seurs, cap- teurs fixes
	X		EW		F. X. Bostick Jr. et H. W. Smith	1961/2	[18]		$\frac{80}{8}$	
				A ₂	F. X. Bostick Jr. et H. W. Smith	1962/6	[19]		$\frac{120}{12}$	

Site	Nature de la courbe		Orientation	Repère	Auteur	Année	Note	Profondeur interprétée de la couche conductrice ultime (U. R.) en km	Intervalle de période en secondes	Remarques
	Amplitude	Déphasage								
Dnieper-Donets (centre) U. R. S. S.	X		NS	DC ₁	N. V. Lipskaja N. A. Deniskin Yu. M. Egorov	1961/3	[20] et [21]		$\frac{400}{10}$	
	X		EW	DC ₂	N. V. Lipskaja N. A. Deniskin Yu. M. Egorov	1961/3	[20] et [21]		$\frac{400}{10}$	
Rogovka-Donets (Chernigov) U. R. S. S.	X		EW	RD ₂	N. P. Vladimirov et V. A. An	1961/11	[22] et [23]		$\frac{0,50}{0,01}$	c'est la courbe aux périodes les plus courtes: (le centième de seconde)
Nagyecnk Hongrie	X		NS	N ₁	A. Ádám et J. Verő	1961/11	[24]	250	$\frac{86.400}{20}$	Étude directionnelle réalisée pour 20 s, méthode de l'ellipse
				N ₁	H. Wiese	1962/1	[25]		$\frac{3.000}{200}$	
	X		EW	N ₂	A. Ádám et J. Verő	1961/11	[24]	320	$\frac{86.400}{20}$	
				N ₂	H. Wiese	1962/1	[25]		$\frac{3.000}{400}$	

Site	Nature de la courbe		Orientation	Repère	Auteur	Année	Note	Profondeur interprétée de la couche conductrice ultime (U. R.) en km	Intervalle de période en secondes	Remarques
	Amplitude	Déphasage								
Niemegk Allemagne	X		NS	Ng ₁	H. Wiese	1962/1	[25]	460	$\frac{86.400}{10}$	la plus faible valeur de ρ du tableau: 1,3 Ω m
		X	NS		H. Wiese	1962/1	[25]		$\frac{86.400}{15}$	
	X		EW	Ng ₂	H. Wiese	1962/1	[25]	300	$\frac{86.400}{10}$	
		X	EW		H. Wiese	1962/1	[25]		$\frac{86.400}{20}$	
Uckermünde Allemagne	X		NS	Ü ₁	H. Wiese	1962/1	[25]	?	$\frac{8.000}{100}$	
		X	NS		H. Wiese	1962/1	[25]		$\frac{7.000}{200}$	
	X		EW	Ü ₂	H. Wiese	1962/1	[25]	320	$\frac{86.400}{80}$	
		X	EW		H. Wiese	1962/1	[25]		$\frac{86.400}{250}$	
Lovozero U. R. S. S.	?				I. I. Rokityanski K. Yu. Zybin D. A. Rokityanskaya R. V. Shchepetnov	1962	[11]		?	
Petropavlovsk— Kamchatka U. R. S. S.	?				I. I. Rokityanski K. Yu. Zybin D. A. Rokityanskaya R. V. Shchepetnov	1962	[11]		?	

Site	Nature de la courbe		Orientation	Repère	Auteur	Année	Note	Profondeur interprétée de la couche conductrice ultime (U. R.) en km	Intervalle de période en secondes	Remarques
	Amplitude	Déphasage								
Tamanrasset (Hoggar) Algérie	X		EW	T _m	G. Grenet Launay J. Touitou	1962/4	[26]	550	$\frac{60.000}{30}$	
Mer de l'Irlande du Nord (100 m d'eau de mer)	X		?		Sudhir Jain	1962/5	[27]		?	
Garchy (Nièvre) France	X		NS	G ₁	M. Aubert G. Clerc D. Gilbert	1962/8	[28]	770	$\frac{86.400}{43.200}$	Étude directionnelle réalisée de 20 à 800 secondes; méthode des ellipses, capteurs tournants
					H. Fournier				1962/10	
	X	NS		M. Aubert G. Clerc D. Gilbert	1962/8	[28]	$\frac{86.400}{43.200}$			
	X	EW _(m)	G ₂	H. Fournier	1962/10	[29] et [30]	950	$\frac{86.400}{0,025}$	valeur diurne donnée avec réserve	
Centre de la France	X		NS _(m)	S _a	Station Géophysique du Nivernais	1962		$\frac{16}{4}$	courbe à l'étude	
Centre de la France	X		NS _(m)	S _b	Station Géophysique du Nivernais	1962		$\frac{16}{4}$	courbe à l'étude	

La direction d'un sondage magnéto-tellurique est par convention la direction de la ligne tellurique utilisée dans le sondage.

SUPPLÉMENT

- W2 : Witteveen, Hollande.
SCHOLTE, J. G.—VELDKAMP, J., Geomagnetic and geoelectric variations, *J. Atmos. Terrest. Phys.* **6** (1955), 33—45.
- R : district de Ryl'sk (Koursk), U. R. S. S.
VLADIMIROV, N. P., The feasibility of using the Earth's natural electromagnetic field for geological surveying. *IZV. Ser. geophys.* no. 1, 1960, p. 139—141. id. English edition, p. 89, 90.
- ML : Meadow Lake, Saskatchewan, Canada (courbe recalculée).
GARLAND, G. D.—WEBSTER, T. F., Studies of natural Electric and Magnetic Fields *Jl. of Res., N. B. S. Rad. prop.* **64**, D, no. 4, 1960.
- Th 1] : Tihany, Lac Balaton (Platten See) Hongrie.
Th 2] : ÁDÁM, A. et VERŐ, J. voir référence [24].
- Tb 2 : Tbilissi, Géorgie, U. R. S. S. (courbe réinterprétée).
HORTON, C. W.—HOFFMAN, A. A. J., Magneto-telluric Fields in the Frequency Range 0.03 to 7 cycles per kilosecond: Part II: Geophysical Interpretation. Department of Physics, The University of Texas. *Jl. of Rs., N. B. S., Rad. prop.* **66** D, no. 4, 1962.

c) Les courbes de Nagycenk (Hongrie) semblent indiquer la présence d'une double perturbation géologique dans le voisinage de l'observatoire. A ce titre, elles seraient particulièrement intéressantes.

d) La résistivité apparente du Manteau Supérieur paraît être comprise entre une centaine et quelques centaines d' Ω m, en accord avec les suggestions de HORST WIESE [25].

Mon désir est de rendre ici hommage au Maître, précurseur de la prospection géophysique: ROLAND EÖTVÖS — dont la photographie a toujours eu la place d'honneur dans le bureau de mon «Patron», le Professeur LOUIS CAGNIARD.

BIBLIOGRAPHIE

I

Les courbes d'investigation et de sondage magnéto-telluriques

1. TICHONOV, A. N.: Determination of the electrical characteristics of the deep strata of the earth's crust. *Doklady, Akad. Nauk. SSSR.* **73** (1950).
2. TICHONOV, A. N. et LIPSKAJA, N. V.: Über die Variationen des elektrischen Erdfeldes. *Doklady Akad. Nauk SSSR*, **87** (1952), 547—550.
3. BURKHART, K.: Mikropulsationen des Erdstroms und der erdmagnetischen Horizontal-komponenten. *Zeitschrift für Geoph.* **21** (1955), 57—73.
4. BURKHART, K.: Der Erdstrom, seine Entstehung und wahrscheinliche Rückwirkung auf das erdmagnetische Feld. *Geof. Pura E Applic.* **33** (1956), 49—77.
5. CAGNIARD, L.: Handbuch der Physik, 47, 1956, Springer (Berlin); Électricité tellurique, p. 467.
6. WEBSTER, T. F.: An experimental investigation of telluric and magnetotelluric phenomena, M. S. Thesis, University of Alberta, 1957.
7. DE VUYST, A.: Thèse de doctorat, Université de Gand (1959).

8. REPSOLD, H.: Ergebnisse der Messung natürlicher Erdströme bei Göttingen. *Zeitschrift f. Geophysik*, **25** (1959), 97—103.
9. KALASHNIKOV, A. G.—ZYBIN, K. YU.: Observations of the vector of horizontal geomagnetic field variations. *Bull. (IZV.) Acad. Sci. USSR, Geophys. Ser.* no. 2, 236, 1960.
10. BRUNELLI, B. E.—KOVTON, A. A.—RASPOPOV, O. M.—CHICHERINA, N. D.: Magneto-telluric sounding at the Borok observatory, Trans. Conf. on Electromagnetic sounding and Magnetotelluric investigations, *Annals (Uch. zap.) Leningrad State University*, 1962.
11. ROKITYANSKI, I. I.—ZYBIN, K. YU.—ROKITYANSKAYA, D. A.—SHEPETNOV, R. V.: A magnetotelluric investigation of rock masses at the Borok, Lovozero and Petropavlovsk—Kamchatka observatories, Trans. Conf. on electromagnetic sounding and magnetotelluric investigations, *Annals (Uch. zap.) Leningrad State University*, 1962.
12. ROKITYANSKI, I. I.: Deep magnetotelluric sounding at the Borok observatory. *Izv. Geophys. Ser.*, p. p. 679—680, may 1962. Moscow.
13. ROKITYANSKI, I. I.: Deep magnetotelluric sounding at the Borok observatory. *Izv. Geophys. Ser.*, English edition, september 1962, Washington.
14. NIBLETT, E. R.—SAYN-WITTGENSTEIN, C.: Variation of electrical conductivity with depth by the magneto-telluric method, *Geophysics*, **25** (1960), 998—1008.
15. CANTWELL, T.—MADDEN, T. R.: Preliminary report on crustal magnetotelluric measurements. *Journ. Geoph. Res.* **65** (1960), 4202—4205.
16. VLADIMIROV, N. P.—NIKIFOROVA, N. N.: On the interpretation of magneto-telluric sounding curves. *Izv. Geophys. Ser.* 1961, pp. 111—113.
17. VLADIMIROV, N. P.—NIKIFOROVA, N. N.: On the interpretation of magneto-telluric sounding curves. *Izv. Geophys. English Edition*, American Geophysical Union — May 1961.
18. BOSTICK, F. X. JR.—SMITH, H. W.: An analysis of the magnetotelluric method for determining subsurface resistivities. *Electrical Engineering Research Laboratory — The University of Texas, Austin* — 28/2/1961.
19. BOSTICK, F. X. JR.—SMITH, H. W.: Investigation of large scale inhomogenities in the Earth by magnetotelluric method. *Electrical Engineering Research Laboratory — The University of Texas, Austin* — 1/6/1962.
20. LIPSKAYA, N. V.—DENISKIN, N. A.—EGOROV, YU. M.: *IZV. Geophys. Ser.*, 1961, pp. 407—411.
21. LIPSKAYA, N. V.—DENISKIN, N. A.—EGOROV, YU. M.: *Bulletin Academy of Sciences, USSR, IZV. Geophysics Series*, no. 3, March 1961, — English Edition, American Geophysical Union, August 1961.
22. VLADIMIROV, N. P.—AN, V. A.: A method of processing magnetotelluric oscillograms, *IZV. Geophys. Sr.* 1961, pp. 1649—1654.
23. VLADIMIROV, N. P.—AN, V. A.: *IZV. Geophys. Ser.* — English Edition, American Geophysical Union, february 1962.
24. ÁDÁM, A.—VERŐ, J.: Ergebnisse der tellurischen Landesvermessung in Ungarn, Vortrag, gehalten am 1. II. 61 im Kolloquium des Geomagnetischen Institutes Potsdam.
25. WIESE, H.: Geomagnetische Tiefentellurik. Teil I. Die elektrische Leitfähigkeit der Erdkruste und des oberen Erdmantels, *Geofisica Pura E Applicata* — **51** (1962/I), 59—78.
26. GRENET, G.: Colloque sur le Manteau, Institut de Physique du Globe, Paris, avril 1962.
27. JAIN, SUDHIR: Electrical conductivity at Depts of 20—180 km under the North Irish Sea, 22th meeting, E. A. E. G. London, may 1962.
28. AUBERT, M.—CLERC, G.—GILBERT, D.: Appareillage transportable pour l'enregistrement des variations telluriques très lentes. C. R. A. S. Paris 13/8/62, no. 7, T. 255.
29. FOURNIER, H.: Contribution à la spectrographie directionnelle magnéto-tellurique absolue à Garchy. *Bull. d'Inf. de l'As. Ing. de la Fac. Polyt. de Mons* — octobre 1962.
30. FOURNIER, H.: Position relative des courbes d'investigation magnéto-tellurique, essentiellement directionnelles, obtenues à la Station Géophysique du Nivernais, à Garchy. *Bull. d'Inf. de l'As. Ing. de la Fac. Polyt. de Mons* — octobre 1962.

II

Divers

31. FOURNIER, H.: *Bull. d'Inf. de l'As. Ing. de la Fac. Polyt. de Mons* — no. 5, mai 1962.
32. FOURNIER, H.: *Bull. Tech. de l'As. Ing. de la Fac. Polyt. de Mons*, 4ème trimestre 1961.
33. KOVTUN, A. A.: The magnetotelluric investigation of structures inhomogeneous in layers. *IZV. Ser. Geophys.* **II** (1961), 1663—1667. Moscow.

34. KOVTUN, A. A.: The magnetotelluric investigation of structures inhomogeneous in layers. *IZV. Ser. Geophys.* II (1961), 1085, English Edition, Washington.
35. GOGUEL, J.: *Traité de tectonique*. Paris.
36. RINGWOOD, A. E.: Mineralogical Constitution of the Deep Mantle, *Journ. of Geoph. Res.*, 67, no. 10 (1962).
37. CAGNIARD, L.: *Ann. de l'Institut de Physique du Globe*, IV (1948).
38. FAVRE, B.: Cours de Géophysique V. II, p. 197—198 et 239, 1956. Institut Français du Pétrole — Rueil-Malmaison.
39. TROITSKAYA, V. A.—KOVTON, A. A.: Chronicle, *IZV. Geophys. Ser.* october 1961, pp. 1547—1555, Moscou.
40. TROITSKAYA, V. A.—KOVTON, A. A.: Chronicle, *IZV. Geophys. Ser.* English Edition, october 1961, pp. 1011—1013, Washington.
41. CAGNIARD, L.: Principe de la méthode magnéto-tellurique, nouvelle méthode de prospection géophysique. *Ann. Géophysique*, 9 (1953), 95.
42. CAGNIARD, L.: Basic theory of the Magneto-Telluric method of Geophysical Prospecting. *Geophysics*, V. 18 (1953).
43. RIKITAKE, T.: *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ.*, 28, 1950, 45; 28, 1950, 219; 29, 1951, 61; 29, 1951, 271.
44. KATO, Y.—KIKUCHI, T.: *Sci. Rep. Tôhoku Univ., Ser. V. Geophysics*, 2, 1950, 139.
45. PORSTENDORFER, G.—THIEME, H. G.: Ergebnisse ultratiefer Sondierungen der Erdkruste mit elektrischen und elektromagnetischen Methoden, *Zeitsch. für Bergbau, Hüttenwesen und verwandte Wissenschaften*, Freiberg 1961/11.
46. PRICE, A. T.: The theory of Magnetotelluric Methods when the Source Field is considered. *Journal of Geoph. Res.*, 67, may 62, no. 5.
47. JACKSON, C. M. — WAIT, J. R. — WALTERS, L. C.: Numerical results for the surface impedance of a stratified conductor, *Technical note* no. 144, march 19, 1962; Boulder Laboratories,
48. YUNGULL, S. H.: Magnetotelluric sounding three-layer interpretation curves, *Geophysics*, XXVI, no. 4, (1961), 465—473.
49. KOLMAKOV, M. V.: An interesting property of theoretical magnetotelluric sounding curves. *IZV. Geophys. Ser.* 1961, pp. 583—587, Moscou.
50. KOLMAKOV, M. V.: An interesting property of theoretical magnetotelluric sounding curves. *IZV. Geophys. Ser.* — English edition, 1961, pp. 374—378 Washington.

SOME REMARKS TO THE CURVES OF THE PRESENTLY KNOWN MAGNETOTELLURIC EXPLORATION AND SOUNDINGS

H. FOURNIER

SUMMARY

A common examination of the presently known magnetotelluric amplitude-curves treated with the Tichonov—Cagniard method shows three distinct tendencies:

a) At very long periods (diurnal or nearly so), this examination points to the presence of a very good conducting layer. In different investigation areas, this layer may be assumed at strongly different depths, between 250 and 1100 km, in accordance with the Tichonov—Lipskaya theory.

b) It seems to be very frequent that two mutually perpendicular, cardinal curves differ — or even strongly differ — at the same point.

c) On the basis of short periods (ranging from the fractions of a second to a few seconds) it has without doubt been proved that the greater the thickness of a sedimental basin, the lower is the mean value of its apparent magnetotelluric resistance.

EINIGE BEMERKUNGEN ZU DEN KURVEN DER GEGENWÄRTIG BEKANNTEN
MAGNETOTELLURISCHEN FORSCHUNGEN UND SONDIRUNGEN

H. FOURNIER

ZUSAMMENFASSUNG

Eine gemeinsame Untersuchung der gegenwärtig bekannten magnetotellurischen Amplitudenkurven, die mit der Tichonov—Cagniardschen Methode aufgearbeitet wurden, weist auf drei bestimmte Tendenzen hin:

a) Bei sehr langen (eintägigen oder nahezu eintägigen) Perioden zeigt diese Untersuchung das Vorhandensein einer sehr gut leitenden Schicht. Diese Schicht kann in den verschiedenen Untersuchungsgebieten in stark verschiedenen Tiefen angenommen werden, zwischen 250 und 1100 km, in Übereinstimmung mit der Tichonov—Lipskayaschen Theorie.

b) Es kommt sehr häufig vor, daß zwei aufeinander senkrechte, kardinale Kurven an derselben Stelle verschieden, sogar sehr verschieden sind.

c) Auf Grund der kurzen Perioden (von Bruchteilen der Sekunde bis zu einigen Sekunden) ist es zweifellos bewiesen, daß je mächtiger die Dicke eines sedimentären Beckens ist, desto geringer ist der Mittelwert seines scheinbaren magnetotellurischen Widerstandes.

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ К ВОПРОСУ О КРИВЫХ
МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЗОНДИРОВАНИЙ

Х. ФУРНИЭ

РЕЗЮМЕ

Совместным изучением амплитудных кривых магнитотеллурики, обработанных известным в настоящее время методом Тихонова—Каньяра, выявляются три четких направления:

a) При очень длинных (круглосуточных или почти круголсуточных) периодах намечается наличие очень хорошо проводящего слоя. В разных исследованных районах этот слой залегает предположительно на весьма различных глубинах, колеблющихся в соответствии с теорией Тихонова—Липской от 250 до 1100 м.

b) Часто имеют место случаи, когда две перпендикулярные между собой кардинальные кривые в одном и том же месте отличаются, и даже резко отличаются друг от друга.

в) Быстрые периоды (от дробных частей секунды до нескольких секунд) несомненно подтверждают, что чем больше мощность осадочной толщи бассейнов, тем меньше среднее значение кажущегося магнитотеллурического сопротивления.

ЗЕМНОЙ ТЕПЛОВОЙ ПОТОК В КОМЛО-ЗОБАКЕ

Доктор технических наук Т. БОЛЬДИЖАР и Й. ГОЗОН
УНИВЕРСИТЕТ ТЯЖЕЛОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, МИШКОЛЬЦ, ВЕНГРИЯ

[Поступило 2 марта 1962]

В настоящей работе авторы приводят значения земного теплового потока, полученные в результате проведенных в Комло-Зобак геотермических исследований. Земной тепловой поток и вероятная погрешность без топографической коррекции и коррекции на рельеф местности будет:

$$q = (3,313 \pm 0,039) \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \text{ сек.}$$

Проведенные в 6 км от стволов измерения дали значение земного теплового потока в $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \text{ сек}$ без вышеуказанной коррекции. Из этого следует, что среднее значение земного теплового потока центральной территории горного массива Мечек $2,9 \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \text{ сек}$.

1. Введение

Проведенные ранее в двойных стволах угольных шахт Зобака (южная Венгрия, горы Мечек, Комло) геотермические исследования [1, 2] в пределах глубины 320—470 м сделали возможным определение земного теплового потока. Стволы, между тем, углублялись до глубины 620 м. В данном исследовании значение земного теплового потока приводится на основании измерений до глубины 620 м, при увеличенном интервале между последними. Глубокое вскрытие слоев позволило уточнить геологические условия. Более точное определение значения теплового потока стало возможным в результате интенсивного вскрытия горных пород и большого количества замеров их теплопроводности.

На рис. 1 приведен геологический разрез шахтной территории Зобака в направлении СЗ—ЮВ. Разрез проходит через вентиляционный ствол; расположение слоев в подъемном стволе, находящемся примерно на расстоянии 80 м от плоскости сечения, существенно не отличается от расположения их в вентиляционном стволе. Два вертикальных ствола диаметром 6,6 м, расположенные на расстоянии 90 м друг от друга, проходят через средние и нижние лиасовые слои, которые состоят в основном из плотного мергеля, меньшего количества песчаника, маломощных жил и небольших глыб трахидолерита и андезита.

Произошла эрупция трахидолерита в меле и андезитная деятельность в среднем миоцене. Пройденные до глубины 620 м стволы еще не достигли угольных пластов нижнего лиасового геттангско-синемурского возраста.

Стволы расположены в зоне соприкосновения составляющих гору Мечек брахиантклинальной и периклинальной структур, сложившихся в процессе австрийского горообразования. Формирование теперешней поверхности произошло, главным образом, в среднем миоцене [3].

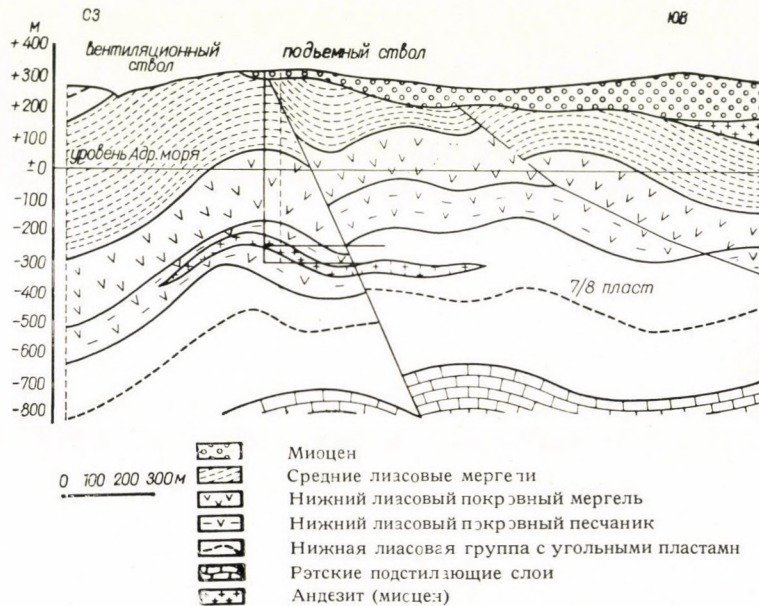


Рис. 1

2. Измерение температур в вентиляционном и подъемном стволах Зобака

Температуру скважины глубиной 1,2 м, пробуренной сухим способом в неподвергнутой вентиляции горной породе, измеряли ртутным термометром с ценой деления шкалы 0,2° С. В таблице I приведены значения замеренных в вентиляционном стволе температур, а в таблице II — в подъемном стволе Зобака. Способ измерения температуры был изложен в одной из предыдущих работ [2].

На рис. 2 приведен график зависимости температур (данные таблиц I и II) от глубины ствола. На участке между подъемным и вентиляционным стволами изотермы вообще не всегда горизонтальны, а потому и направление теплового потока не вертикальное.

Таблица I

Температуры, измеренные в вентиляционном стволе Зобака

№ п. п.	Глубина м	Замеренная температура °С	Погрешность термометра °С	Действительная температура °С
1	316,6	24,6	-0,65	23,95
2	321,5	25,0	-0,65	24,35
3	326,3	25,2	-0,40	24,80
4	344,4	26,2	-0,60	25,60
5	354,8	26,4	-0,46	25,94
6	365,0	26,6	-0,46	26,14
7	372,7	26,9	-0,47	26,43
8	384,4	27,2	-0,47	26,73
9	388,1	27,3	-0,47	26,83
10	391,2	27,3	-0,47	26,83
11	396,7	27,5	-0,47	27,03
12	405,7	27,6	-0,48	27,12
13	413,3	28,0	-0,48	27,52
14	452,9	29,6	+0,03	29,63
15	460,4	30,0	0,00	30,00
16	469,4	30,5	0,00	30,50
17	478,0	31,1	0,00	31,10
18	493,0	31,8	0,00	31,80
19	502,0	32,0	0,00	32,00
20	512,6	33,0	0,00	33,00
21	520,5	33,8	0,00	33,80
22	525,4	34,5	0,00	34,50
23	531,0	34,8	0,00	34,80
24	534,2	34,8	0,00	34,80
25	547,0	35,2	0,00	35,20
26	560,8	36,0	0,00	36,00
27	568,0	37,0	0,00	37,00
28	572,0	37,0	0,00	37,00
29	588,5	37,5	0,00	37,50
30	591,0	38,0	0,00	38,00
31	603,8	39,0	0,00	39,00

Таблица II

Температуры, измеренные в подъемном стволе Зобака

№ п. п.	Глубина м	Замеренная температура °С	Погрешность термометра °С	Действительная температура °С
1	347,7	26,2	-0,66	25,54
2	361,7	26,3	-0,66	25,64
3	368,4	27,6	-0,68	26,92
4	402,8	28,6	-0,48	28,12
5	412,8	29,0	-0,49	28,51
6	418,4	29,4	-0,49	28,91
7	426,6	29,6	-0,50	29,10
8	430,7	29,7	-0,50	29,20
9	434,2	30,1	-0,50	29,60
10	450,1	30,7	-0,51	30,19
11	473,4	31,6	-0,52	31,08
12	493,2	32,2	+0,03	32,23
13	501,4	33,0	0,00	33,00
14	510,3	33,0	0,00	33,00
15	518,7	33,3	0,00	33,30
16	533,1	34,0	0,00	34,00
17	540,6	34,5	0,00	34,50
18	546,6	35,2	0,00	35,20
19	551,0	35,8	0,00	35,80
20	555,6	36,0	0,00	36,00
21	561,1	36,5	0,00	36,50
22	564,2	36,5	0,00	36,50
23	567,5	36,5	0,00	36,50
24	570,0	37,0	0,00	37,00
25	573,0	37,0	0,00	37,00
26	580,0	37,0	0,00	37,00

3. Измерения теплопроводности

Теплопроводность отобранных из исследуемых стволов проб горных пород определяли на основании данных повторных и контрольных замеров по так называемому «относительному методу» [2]. В таблице IV приводятся названия и теплопроводность проб горных пород из вентиляционного и подъемного стволов Зобака. Между теплопроводностью единичных проб

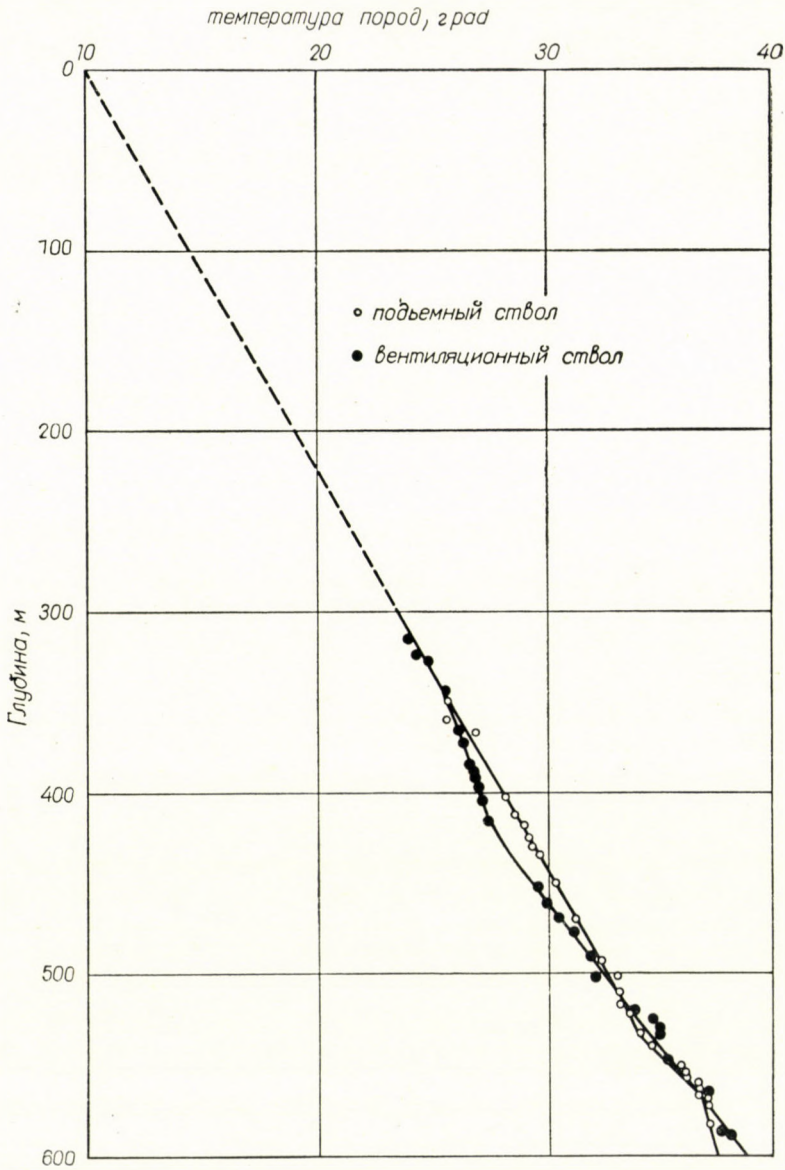


Рис. 2

горных пород одинакового минералогического состава и возраста и взятых с одного горизонта имеются большие расхождения; поэтому такие пробы не дают правильной картины теплопроводности слоев горных пород мощностью 20—40 м или более. Так, например, теплопроводность довольно гомогенной ниже-лиасовой покровной мергельной группы меняется в пре-

Таблица III

Теплопроводность проб горных пород вентиляционного и подъемного стволов
Зобака (кал/см. сек. град)

Проба	Вентиляционный ствол		Подъемный ствол		Среднее по двум стволам	Примечания
	Глубина м	Теплопроводность	Глубина м	Теплопроводность		
Мергель	316,6	0,00960	361,7	0,00560		
	328,5	0,00804	380,0	0,00658		
	344,8	0,00673	394,0	0,00557		
	365,0	0,00750	403,0	0,00938		
	391,2	0,00597	413,0	0,00757		
	412,0	0,00690	465,5	0,00560		
	423,2	0,00646	473,4	0,00672		
	431,7	0,00704				
	448,0	0,00560				
Среднее:	0,00709	—	0,00672	0,00693		
Глинистый мергель	458,6	0,00934	488,2	0,00404		
	463,4	0,00613	504,4	0,00552		
			510,3	0,00861		
	Среднее:	0,00774	—	0,00539	0,00633	
Покровный песчаник	509,6	0,00862	525,0	0,00646		
	522,2	0,00938	534,0	0,00609		
	525,0	0,01254	540,6	0,01160		
	533,0	0,00964	545,0	0,00488		
			548,0	0,00890		
			549,5	0,00774		
			552,5	0,00710		
			555,0	0,00635		
			559,0	0,00926		
			563,0	0,00852		
			565,0	0,01193		
			567,0	0,01316		
	Среднее:	0,01005	—	0,00850	0,00889	
Трахи-долерит	525,0	0,00505	530,0	0,00537	0,00521	
Андезит	555,8	0,00522	572,0	0,00409		
	561,8	0,00407	575,0	0,00382		
	574,0	0,00598	580,0	0,00503		
	Среднее:	0,00509	—	0,00431	0,00470	
Лiasовый покровный мергель	584,0	0,00581	608,5	0,00577		} При подсчете среднего не учитывается
	594,0	0,00519	617,0	0,00491		
	604,7	0,00828				
	614,0	0,00870				
	620,0	0,00851				
Среднее:	0,00726	—	0,00534	0,00671		
Среднее по всем пробам горных пород:	0,00734	—	0,00702	0,00717		

Таблица IV

Название и теплопроводность горных пород вентиляционного и подъемного стволов Зобака

№ п. п.	Глубина (м)		Порода	Теплопроводность
	Вентиляционный ствол	Подъемный ствол		
1	326,3	371,0	Покровный мергель	0,00693
	450,0	484,0		
2	501,0	518,0	Глинистый мергель	0,00633
	509,0	525,0		
3	514,0	534,0	Песчаник	0,00889
	545,0	567,0		
4	578,0	594,0	Андезит	0,00470
	603,8	626,0		
5	578,0	594,0	Лiasовый покровный мергель	0,00671
	603,8	626,0		

Таблица V

Измеренный в вентиляционном стволе Зобака земной тепловой поток

№ п. п.	Глубина h (м)	Теплопроводность λ_i (кал/см. сек. град)	Температура T (град)	Мощность слоя Δh_i (м)	(см ² град. сек/кал) $\frac{\Delta h_i}{\lambda_i} \cdot 10^{-6}$
1	326,3	0,00693	24,8	123,7	1,7850
	450,0				
2	501,0	0,00633		51,0	0,8057
	509,0				
3	514,0	0,00889		8,0	0,0900
	545,0				
4	578,0	0,00521		5,0	0,0960
	603,8				
5	578,0	0,00889		31,0	0,3487
	603,8				
6	578,0	0,00470		33,0	0,7021
	603,8				
7	578,0	0,00671	39,0	25,8	0,3845
	603,8				
				$\Sigma \Delta h_i = 277,5$	4,2120
				$\Delta T = 14,2$	

Земной тепловой поток по данным таблицы № VI.

$$q = \frac{39,0 - 24,8}{4,212} \cdot 10^{-6} = 3,371 \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}$$

Таблица VI

Измеренный в подъемном стволе Зобака земной тепловой поток

№ п. п.	Глубина h (м)	Теплопроводность λ_i (кал/см. сек. град)	Температура T (град)	Мощность слоя Δh_i (м)	$\frac{\Delta h_i}{\lambda_i} \cdot 10^{-6}$ (см ² град. сек/кал)		
1	368,4	0,00693	26,9	115,6	1,6681		
	484,0						
2	518,0	0,00633		37,0	34,0	0,5371	
	525,0						
3	534,0	0,00889			37,0	7,0	0,0787
	567,0						
4	580,0	0,00521	37,0			9,0	0,1708
	580,0						
5	580,0	0,00889		37,0		33,0	0,3712
	580,0						
6	580,0	0,00470			37,0	13,0	0,2766
	580,0						
			$\Delta T = 10,1$			$\Sigma \Delta h_i = 211,6$	3,1025

Земной тепловой поток:

$$q = \frac{37,0 - 27,9}{3,1025} \cdot 10^{-6} = 3,255 \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}$$

делах 0,00557—0,00960 кал/см сек. град, а менее гомогенного покровного песчаника — в пределах 0,00488—0,01316 кал/см сек. град.

Исходя из вышеизложенного, решено принимать во внимание среднюю величину теплопроводности горных пород одинакового возраста и минералогического состава. Расчет среднего производился совместно для двух стволов, т. к. они близко расположены друг от друга.

4. Расчет земного теплового потока

Величину земного теплового потока можно определить из следующего выражения [1]:

$$q = \frac{T_2 - T_1}{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta h_i}{\lambda_i}}$$

где: q — количество тепла, протекающее через единицу поверхности в единицу времени

T_1 ; T_2 — температура двух крайних поверхностей исследуемой свиты

Δh_1 — мощность свиты теплопроводностью λ_i

Данные для расчета земного теплового потока приведены в таблицах № V и VI.

5. Выводы

Значение земного теплового потока, опубликованного в настоящей статье, и его вероятная грешность по сравнению с земным тепловым потоком, определенным раньше исследованиями, пройденными до меньшей глубины

$$q = (3,066 \pm 0,250) \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \text{ сек}$$

больше и точнее, т. е.:

$$q = (3,313 \pm 0,039) \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \text{ сек.}$$

В этой величине не находятся коррекции топографии [7] и влияния орогенетического горообразования [8]. По выполненным на расстоянии 6 км от стволов Зобака, но до сих пор еще не окончательным измерениям значение земного теплового потока равно припл. $2,6 \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \text{ сек}$, тоже без вышеизложенных коррекций. Обе области состоят из минералогически и геологически одинаковых пород, так как тектоинически они идентичны. Кажется, что разница земного теплового потока, измеренного в этих двух областях, возникает главным образом от топографического влияния. Из этого можно сделать вывод, что в центральной области гор Мечек среднее значение земного теплового потока будет припл.

$$2,9 \cdot 10^{-6} \text{ кал/см}^2 \text{ сек.}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. BOLDIZSÁR, T.: Terrestrial heat flow in Hungary. *Nature* (London) 1956. July 7. p. 35.
2. BOLDIZSÁR, T.: Measurement of terrestrial heat flow in the coal mining district of Komló. *Acta Technica Hung.* XV (1956).
3. KOVÁCS, L.: Die mesozoische Paleographie Transdanubiens. *Mitt. Fak. Techn. Univ. Sopron.* XVIII (1955), p. 53.
4. BOLDIZSÁR, T.: New terrestrial heat flow values from Hungary. *Geofisica pura e applicata.* Milano. 39 (1958).
5. BOLDIZSÁR, T.: Terrestrial heat flow in the Nagylengyel Oilfield. *Bányamérnöki és Földmérőmérnöki Karok Közleményei.* XX. (1959).
6. BOLDIZSÁR, T.: Ergebnisse irdischer Wärmestrommessungen in Ungarn. *Freiberger Forschungshefte.* C 45 (1958), 95—99.
7. BIRCH, F.: Flow of Heat in the Front Range, Colorado *Bull. Geol. Soc. Am.* 61 (1950), 584—590.
8. BULLARD, E. C.: The Disturbance of the Temperature Gradient in the Earths Crust by Inequalities of Height *M. N. R. A. S. Geophys. Suppl.* 4. (1938), pp. 360—362.

DER GEOTHERMISCHE WÄRMEFLUSS BEI KOMLÓ-ZOBÁK

T. BOLDIZSÁR—J. GÓZON

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Studie wird der Wert des geothermischen Wärmeflusses, errechnet auf Grund von geothermischen Untersuchungen bei Komló-Zobák, von den Verfassern angegeben. Der Wert des geothermischen Wärmeflusses, ohne Korrektion für Topographie und für Höhenlage des Gebirges, und sein wahrscheinlicher Fehler ist:

$$q = (3,313 \pm 0,039) \cdot 10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \text{ sec.}$$

Auf Grund von Messungen, die in einer Entfernung von ungefähr 6 km von den Minenschächten ausgeführt worden sind, ist der geothermischen Wärmefluß, ohne die obige Korrektion, ungefähr $2,5 \cdot 10^{-6}$ cal/cm² sec. Demzufolge liegt der Durchschnittswert des geothermischen Wärmeflusses im zentralen Gebiet des Mecsek-Gebirges um

$$2,9 \cdot 10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \text{ sec.}$$

THE GEOTHERMIC FLOW AT KOMLÓ-ZOBÁK

T. BOLDIZSÁR—J. GÓZON

SUMMARY

The value of the geothermic flow, as determined during the geothermic investigations at Komló-Zobák, is presented by the authors in this study. The value of the geothermic flow, without corrections for topography and mountain elevation, and its probable error are:

$$q = (3,313 \pm 0,039) \cdot 10^{-6} \text{ cal/cm.}^2 \text{ sec.}$$

According to measurements made at a distance of about 6 km. from the mine-shafts, the geothermic flow, without the above-mentioned correction, is equal to $2,5 \times 10^{-6}$ cal/cm.² sec. Consequently, the average value of the geothermic flow in the central part of the Mecsek mountains lies at about

$$2,9 \cdot 10^{-6} \text{ cal/cm.}^2 \text{ sec.}$$

LE FLUX GÉOTHERMIQUE À KOMLÓ-ZOBÁK

T. BOLDIZSÁR—J. GÓZON

RÉSUMÉ

Les auteurs donnent la valeur du flux géothermique déterminée au cours des recherches géothermiques effectuées à Komló-Zobák. La valeur et l'erreur probable du flux géothermique, calculé sans corrections pour la topographie et pour l'élévation de montagne, est

$$q = (3,313 \pm 0,039) \cdot 10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \text{ sec.}$$

Suivant les mesures exécutées à une distance de 6 km environ des puits de mines, le flux géothermique est de $2,5 \cdot 10^{-6}$ cal/cm² sec, sans la correction mentionnée. En conséquence, la valeur moyenne du flux géothermique sur le territoire central du mont Mecsek est de

$$2,9 \cdot 10^{-6} \text{ cal/cm}^2 \text{ sec.}$$

BUCHBESPRECHUNG

W. Grossmann:

GRUNDZÜGE DER AUSGLEICHUNGSRECHNUNG

Zweite erweiterte Aufl. Springer-Verlag Berlin/Göttigen/Heidelberg, 1961, 345 Seiten mit 56 Abbildungen und vielen Zahlenbeispielen.

Die deutschsprachige Fachliteratur kann sich über das Fehlen von Büchern der Ausgleichsrechnung wahrlich nicht beklagen. In verhältnismäßig kurzer Zeit sind über diesen Gegenstand von namhaften Autoren mehrere Bücher erschienen, die aber zum Glück der Wissenschaft und der Fachwelt einander keine Konkurrenz machen, sondern sich sozusagen gegenseitig harmonisch ergänzen. Das vorliegende Buch von GROSSMANN ist auch nach dem Vorwort in erster Richtung auf die Studierenden und Praktiker ausgerichtet, und man muß sofort sagen, daß sowohl die Auswahl des Stoffes als auch dessen Behandlungsweise und Gliederung ausgezeichnet gelungen ist. Wir sind der Meinung, daß dieses Buch ein sehr verbreitetes Werk nicht nur des deutschen Sprachgebietes, sondern weit darüber hinaus sein wird.

Über den Inhalt geben die folgenden Abschnitte ein Bild: Grundzüge der Fehlerlehre (56 Seiten), Ausgleichung von direkten Beobachtungen (12 Seiten), Ausgleichung von vermittelnden Beobachtungen (104 Seiten), Ausgleichung von bedingten Beobachtungen (91 Seiten), Sonderfälle und Grenzgebiete (40 Seiten), Anwendungen der Matrizenrechnung auf die Ausgleichsrechnung (27 Seiten).

Wie wir auch aus dieser kurzen Übersicht sehen, hat sich das Buch in seiner zweiten Auflage wesentlich erweitert. Noch mehr erhellt dies bei der näheren Betrachtung der hier nicht angeführten Einzelheiten.

Wir wünschen dem Buche eine verdiente weite Verbreitung und weitere Auflagen. Da könnte dann auch erwogen werden, ob man die vermittelnden Beobachtungen mit Bedingungsgleichungen und die Bedingungsgleichungen mit Unbekannten nicht als eigene Ausgleichungsgruppen von der Ausgleichung der bedingten Beobachtungen abtrennen könnte. Bei den Bedingungsgleichungen mit Unbekannten wäre vielleicht didaktisch besser, »mit ungemessenen Unbekannten« zu sagen, da ja auch die anderen Bedingungsgleichungen Bedingungen zwischen den unbekanntesten plausibelsten Werten darstellen, nur liegen für diese Beobachtungswerte vor.

Zusammenfassend: Das Grossmannsche Buch ist eine sehr wertvolle Bereicherung der Fachliteratur, wofür dem Verfasser und dem Verlag der Dank der Fachwelt gebührt.

A. Tarczy-Hornoch

INDEX

- Ховани, Л.*: Точность подземного примыкания, производимого соединительным четырёхугольником Хансена — *Hoványi, L.*: On the Accuracy of Junctions in Mines Executed by Using Hansen's Interpolation Quadrangle — Die Genauigkeit des im Bergwerk mit Hilfe des Hansenschen Einschaltungs-Viereckes durchgeführten Anschlusses — La précision du rattachement d'un réseau souterrain à l'aide du quadrilatère de Hansen 259
- Posgay, K.*: A Comprehensive Map of the Magnetic Masses in Hungary and its Interpretation — Eine Übersichtskarte der magnetischen Massen in Ungarn und ihre Interpretation — Carte générale et interprétation des masses magnétiques en Hongrie — *Пожгаи, К.*: Об обзорной карте распределения магнитных возмущающих тел на территории Венгрии и о ее истолковании 271
- Bencze, P.*: The Distribution of the Quantities of Charge Transported by Point Discharge — Die Verteilung der durch Spitzenentladungen transportierten elektrischen Ladungen — Distribution des charges transportées par décharges de pointe — *Бенце П.*: О распределении электрических зарядов, транспортируемых разрядами с острия 289
- Halmos, F.*: A Strict Determination of Mutual Orientation Elements of Photogram-Pairs — Eine strenge Bestimmung der gegenseitigen Orientierungselemente von Aufnahmen-Paaren — Détermination exacte des éléments d'orientation mutuelle des paires de photographies — *Хальмош, Ф.*: Строгое определение элементов взаимной ориентировки пар аэросъемок 293
- Ádám, O.—Kilényi, E.*: Determination of the Approximate Velocity-Depth Function from Refraction Travel-Time Curves — Bestimmung einer annähernden Geschwindigkeitsfunktion aus Refraktions-Laufzeitkurven — Détermination de fonctions approximatives de la vitesse à partir des courbes de propagation des ondes réfractées — *Адам, О.—Килени, Э.*: Определение приближенной скоростной функции по годографам преломленных волн 305
- Tárczy-Hornoch, A.*: Accuracy Test and Most Favourable Weight Distribution of Underground Orientation by Hansen's Two Point Problem — Genauigkeitsuntersuchung und günstigste Gewichtsverteilung bei der Grubenorientierung mit Hilfe des Hansen-Vierecks als Anschlußfigur — Analyse de la précision et distribution optimale des poids dans le rattachement d'un réseau souterrain à l'aide du quadrilatère de Hansen — *Тарци-Горнох, А.*: Проверка точности и наиболее благоприятное распределение веса при горных увязках тетрагоном Гансена ... 319
- Tárczy-Hornoch, A.*: Zur Ausgleichung des Einschneidens mit gemessenen Längen nach der Methode der bedingten Beobachtungen — On the Adjustment of Point Interpolations by Measured Lengths using the Method of Conditional Observations — La compensation de l'intersection par distances mesurées, selon la méthode des observations conditionnées — *Тарци-Горнох, А.*: Об уравнивании увязок с замеренными длинами методом условных наблюдений 339
- Alpár, Gy.*: Weitere Untersuchungen über die Verwendung der Sekundenlibellen — Further Investigations on the Use of One-Second Levels — Nouveaux examens relatifs à l'usage des niveaux à seconde — *Альпар, Д.*: Дополнительные исследования по применению секундных уровней 349

<i>Адам, А.—Бенце, П.:</i> Об изучении естественных источников низкочастотной электромагнитной энергии — <i>Adám, A.—Bencze, P.:</i> Investigation of a Low-Frequency Natural Electromagnetic Energy-Source — Untersuchung einer niederfrequenten natürlichen elektromagnetischen Energiequelle — L'analyse d'une source d'énergie électromagnétique naturelle à basse fréquence	357
<i>Tárczy-Hornoch, A.:</i> Über die Ausgleichung der Vorwärts- und Rückwärtseinschnitte nach dem Verfahren der bedingten Beobachtungen und deren Zurückführung auf vermittelnde Beobachtungen — The Adjustment of Intersections and Three Point Resections by the Method Attributed to Conditional and Intermediate Observations — Compensation de l'intersection et du recouplement selon les méthodes des observations conditionnées et indirectes — <i>Тарци-Горнох, А.:</i> Уравнивание прямой и обратной засечки по методу условных и вспомогательных наблюдений	367
<i>Regőzei, E.:</i> Die Bedeutung der Physiologie und der Psychologie für die Geodäsie — The Importance of Physiology and Psychology in Geodesy — L'importance de la physiologie et de la psychologie en géodésie — <i>Регеци, Э.:</i> Значение физиологии и психологии в геодезии	393
<i>Scheffer, V.:</i> The Regional Values of the Geothermic Gradient in the Area of the Carpathian Basins — Regionalwerte der geothermischen Tiefenstufe im Gebiet der Karpatenbecken — Les valeurs régionales du gradient géothermique sur le territoire des Bassins Carpathiques — <i>Шеффер, В.:</i> Региональные значения геотермического градиента в районе Карпатских бассейнов	429
<i>Csókas, J.:</i> A Focused-Field Geoelectrical Method — Geoelektrisches Verfahren mit gelenktem Stromfeld — Une méthode géoélectrique de surface à champ focalisé — <i>Чокаш, Я.:</i> Геоэлектрический метод с направленным электрическим полем	437
<i>Fournier, H.:</i> De quelques remarques à propos des courbes d'investigation et de sondage magnéto-telluriques actuellement connues — Some Remarks to the Curves of the Presently Known Magnetotelluric Exploration and Soundings — Einige Bemerkungen zu den Kurven der gegenwärtig bekannten magnetotellurischen Forschungen und Sondierungen — <i>Фурниэ, Х.:</i> Некоторые замечания к вопросу о кривых магнитотеллурических исследований и зондирований	453
<i>Большдижар, Т.—Гозон, Й.:</i> Земной тепловой поток в Комло-Зобаке — <i>Boldizsár, T.—Gózon, J.:</i> Der geothermische Wärmefluß bei Komló-Zobák — The Geothermic Flow at Komló-Zobák — Le flux géothermique á Komló-Zobák	467
<i>Book Review — Buchbesprechung — Compte rendu de livres — Обзор книг</i>	477

Printed in Hungary

A kiadásért felel az Akadémiai Kiadó igazgatója

Műszaki szerkesztő: Farkas Sándor

A kézirat nyomdába érkezett: 1963. III. 1. — Terjedelem: 19.50 (A/5) ív, 93 ábra, 3 melléklet

63.56787 Akadémiai Nyomda, Budapest — Felelős vezető: Bernát György

The Acta Technica publish papers on technical subjects in English, German, French and Russian.

The Acta Technica appear in parts of varying size, making up volumes. Manuscripts should be addressed to

Acta Technica
Nádor u. 7.
Budapest V.
Hungary

Correspondence with the editors and publishers should be sent to the same address.

The rate of subscription to the Acta Technica is 110 forints a volume. Orders may be placed with "Kultúra" Foreign Trade Company for Books and Newspapers (Budapest I., Fő utca 32. Account No. 43-790-057-181) or with representatives abroad.

Les Acta Technica paraissent en français, allemand, anglais et russe et publient des travaux du domaine des sciences techniques.

Les Acta Technica sont publiés sous forme de fascicules qui seront réunis en volumes.

On est prié d'envoyer les manuscrits destinés à la rédaction à l'adresse suivante:

Acta Technica
Nádor u. 7.
Budapest V.
Hongrie

Toute correspondance doit être envoyée à cette même adresse.

Le prix de l'abonnement est de 110 forints par volume.

On peut s'abonner à l'Entreprise pour le Commerce Extérieur de Livres et Journaux «Kultúra» (Budapest I., Fő utca 32. Compte courant No. 43-790-057-181) ou à l'étranger chez tous les représentants ou dépositaires.

«Acta Technica» публикуют трактаты из области технических наук на русском, немецком, английском и французском языках.

«Acta Technica» выходят отдельными выпусками разного объема. Несколько выпусков составляют один том.

Предназначенные для публикации рукописи следует направлять по адресу:

Acta Technica
Nádor u. 7.
Budapest V.
Венгрия

По этому же адресу направлять всякую корреспонденцию для редакции и администрации.

Подписная цена «Acta Technica» — 110 форинтов за том. Заказы принимает предприятие по внешней торговле книг и газет «Kultúra» (Budapest I., Fő utca 32. Текущий счет № 43-790-057-181) или его заграничные представительства и уполномоченные.

56,— Ft

Index: 26.025