Paper-ID: VGI_195104

Die Liesganig'sche Gradmessung

Paula Embacher

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **39** (1, 2), S. 17–22, 51–56

1951

BibTEX:


```
@ARTICLE{Embacher_VGI_195104,
Title = {Die Liesganig'sche Gradmessung},
Author = {Embacher, Paula},
Journal = {{\"O}sterreichische Zeitschrift f{\"u}r Vermessungswesen},
Pages = {17--22, 51--56},
Number = {1, 2},
Year = {1951},
Volume = {39}
}
```

Für die Praxis wird die Abbildung stets nur auf Bereiche anzuwenden sein, deren Erstreckung in der geographischen Länge die Größe von 5^0 zu beiden Seiten des berührten Meridians nicht erreicht — in Bild 3 ist dieser Bereich strichliert eingezeichnet —, womit hierfür äußerst günstige Verhältnisse vorliegen. Da die Abbildung längs des berührten Meridians streckentreu und damit sowohl flächen- als auch winkeltreu ist, so bleiben — außer der Flächentreue, die innerhalb der angegebenen Grenzen stets erhalten wird — auch zu beiden Seiten des Mittelmeridians die Strecken- und Winkelverzerrungen auf kleine Beträge begrenzt.

Die Liesganig'sche Gradmessung

Von Dipl.-Ing. Dr. techn. Paula Embacher

Historischer Überblick

Seit dem Altertum läßt die Frage nach der Gestalt und Größe der Erde die Menschheit nicht zur Ruhe kommen. Die verschiedensten Wege wurden eingeschlagen, um die Kugelgestalt der Erde nachzuweisen. Einen entscheidenden Schritt machte der Holländer Willebrord Snellius im Jahre 1610, als er, auf einer Basismessung aufbauend, erstmalig ein Dreiecksnetz entwickelte und auf diese Art zum erstenmal größere Entfernungen unabhängig von der Gestalt des Bodens genau bestimmte. Dadurch war die Möglichkeit gegeben, die Länge eines oder mehrerer Meridianbögen zu messen, um daraus die Größe des Erdradius oder, falls die Gestalt der Erde ellipsoidförmig ist, die Ellipsoidparameter zu bestimmen.

Im Jahre 1669 begann der französische Astronom Piccard die Messung eines Meridianbogens zwischen Amiens und Malvoisine (36 *km* südlich Paris); eine Verlängerung dieses Meridianbogens führten um die Jahrhundertwende andere französische Wissenschaftler (darunter die beiden Cassini) durch. Der gesamte Bogen hatte eine Länge von $8^1/_3{}^0$ und die Auswertung der Messungen ergab für die Erde ein Rotationsellipsoid, dessen größerer Halbmesser in der Rotationsachse lag. Dies stand nun in krassem Widerspruch zu den Ergebnissen des Engländers Newton und des Niederländers Huygens, die aus physikalischen Erwägungen auf ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid schlossen. Um die daraus entstandene Streitfrage zu lösen, wurden auf Veranlassung der französischen Akademie der Wissenschaften in den Jahren 1735—1741 Breitengradmessungen in Lappland und in Peru vorgenommen. Das Ergebnis der Doppelexpedition war ein abgeplattetes Rotationsellipsoid mit einer Abplattung von 1/215.

In Italien war es der Jesuitenpater Boscovich, der einen Bogen zwischen Rom und Rimini maß und auch als erster den Versuch unternahm, die besten Werte für die Ellipsoidparameter aus mehreren Gradmessungen abzuleiten, indem er die Summe der Verbesserungen Null setzte. Von den weiteren französischen Arbeiten ist die Gradmessung von Delambre in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bis heute von Bedeutung, da man von ihr das Metermaß ableitete. Auch die anderen europäischen Kulturstaaten befaßten sich nun mit Breitengradmessungen. Teils waren militärische Überlegungen, teils tatsächlich der Wunsch, die Wissenschaften zu fördern, der Grund dazu. So ist es leicht verständlich, daß auch Österreich unter Maria Theresia und ihrem Kanzler Fürst Kaunitz einen Mann suchte, der die Fähigkeiten und die Energie besaß, die schwierige Arbeit einer Breitengradmessung zu meistern. Über Vorschlag des P. Boscovich, der Professor der Mathematik am Kollegium Romanum zu Rom war, beauftragte Österreich den gelehrten Jesuitenpater Joseph Liesganig, eine Gradmessung im Wiener Meridian vorzunehmen.

Joseph Liesganig

Am 13. Februar 1719 wurde Joseph Liesganig in Graz geboren und trat mit 15 Jahren in den Orden der Gesellschaft Jesu ein. Er studierte im Ordenskollegium in Wien Philosophie und wurde im Jahre 1742 Repetens der Mathematik in Graz, 1744 Rhetorikprofessor in Linz und hörte dann in Wien theologische Vorlesungen. 1749 war er Aufseher über die deutschen Schulen und deutscher Prediger bei St. Johann Chrysostomus in Komorn. Er blieb dort bis 1751, wurde dann Professor der Mathematik in Kaschau und im folgenden Jahr Professor der Mathematik am Wiener Kollegium. Gleichzeitig zog ihn der Präfekt der Sternwarte zur Aushilfe heran; 1756 wurde er selbst Präfekt und blieb dort bis 1773, als Kaiser Josef den Orden auflöste. Im Jahre 1772 arbeitete Liesganig an der Aufnahme von Galizien und Lodomerien; später ernannte man ihn zum k. k. Gubernialrat und Geniebau- und Navigationsdirektor. 1798 feierte er sein fünfzigjähriges Priesterjubiläum und starb am 4. März 1799 in Lemberg. Liesganig schrieb mehrere wissenschaftliche Abhandlungen, darunter auch die „Dimensio Graduum Meridiani Viennensis . . .“.

Die Wiener Meridiangradmessung

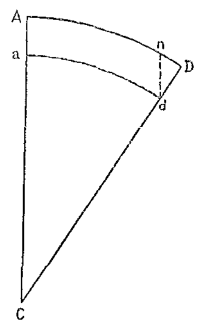
Zur Bestimmung der Erddimensionen maß Liesganig i. J. 1761 eine Basis bei Wiener-Neustadt mit der Länge von 6410,903 Wr. Klafter (12.158,175 *m*) und im folgenden Jahre noch eine zweite Basis zwischen Seyring und Glinzendorf im Marchfeld, deren Länge er mit 6387,862 Wr. Klafter (12.114,478 *m*) ermittelte. Liesganig hatte ursprünglich vor, an der für seine Gradmessung geplanten Dreieckskette am Anfang und am Ende, also in Brünn und in Warasdin, eine Grundlinie anzulegen, doch hinderte ihn die Beschaffenheit des Geländes daran. Außerdem wollte er die Marchfelder Basis für die Verlängerung des Pariser Parallelkreises verwenden, dessen Messung zur selben Zeit Cel. de Thury begann. An den Enden der Wiener-Neustädter Basis wurden Basismonumente errichtet, deren Gestalt und Inschrift Fürst Kaunitz persönlich entwarf.

Liesganig verwendete für die Basismessung 6 Klafter lange Holzlatten, die aus mehreren Hölzern mit verschiedener Faserung zusammengeleimt waren. 16 Arbeiter waren damit beschäftigt, unter der Anleitung Pater Liesganigs und seines Gehilfen P. Ramspoeck die Basis längs einer eingefluchteten Schnur zu messen. Die Latten waren dabei auf den Boden aufgelegt, zur groben Horizontierung dienten verschieden starke Holzstücke; die endgültige Horizontierung nahm Liesganig persönlich mit Hilfe einer Libelle vor. Die Meßgeschwindigkeit betrug ungefähr 250—300 *m* in der Stunde. Nachdem L i e s g a n i g die Basis dreimal gemessen hatte, bestimmte er den Höhenunterschied der Endpunkte, reduzierte die Basis auf den Horizont und schloß daran ein Dreiecksnetz an, welches er im Wiener Meridian von der Neustädter Basis nach Süden bis Warasdin und nach Norden bis Brünn und schließlich zurück zur Marchfelder Basis führte, wie aus beiliegender Skizze zu entnehmen ist. Zur Orientierung des Netzes bestimmte L i e s g a n i g auf dem Observatorium des Jesuitenkollegs in Wien das Azimut der Kuppel des Leopoldsberges aus wiederholten Sonnenbeobachtungen am 21. Juli 1765 mit 343° 12′ 39″. Zur Kontrolle beobachtete er auch in Graz und in Brünn das Azimut einer Dreiecksseite. Die Winkelmessungen der Dreieckskette nahm er mit Hilfe eines Quadranten von 2½ Fuß Radius vor, den er selbst mit seinem Mechaniker R a m s p o e c k gebaut hatte. Der Quadrant war mit einem beweglichen und einem festen Fernrohr ausgerüstet, stand auf einem eisernen Stativ und konnte zur Horizontal- und Vertikalwinkelmessung verwendet werden. Die Feinablesung erfolgte mittels Mikrometerschrauben. L i e s g a n i g benützte anfangs einen Senkel und später eine ungefähr einen Fuß lange Libelle zur Horizontierung. Mit größter Sorgfalt wurde der Quadrant und sein Zubehör in zwei großen Holzkisten transportiert, wobei sich die Kiste mit dem Quadranten stets auf dem Wagen befand, mit dem L i e s g a n i g reiste. Für die astronomischen Beobachtungen ersetzte er den Quadranten durch einen Sektor, mit dessen Bau er im Jahre 1757 begann. Als Vorbild diente ihm das Instrument des P. B o s c o v i c h, bei welchem statt Winkeln die Tangenten abgelesen wurden und dessen Gesamtlänge 10 Fuß betrug. Astronomische Beobachtungen zur Bestimmung der Bogenweiten machte L i e s g a n i g in Sobieschitz, Brünn, Wien, Graz und Warasdin.

Soweit es möglich war, wählte L i e s g a n i g für die Dreieckspunkte Kirchtürme; aber auch vierseitige Pyramiden aus entästeten Tannen- oder Fichtenstämmen verwendete er zur Sichtbarmachung seiner Punkte. Damit die Pyramiden besser zu sehen waren, wurden die dreieckigen Zwischenräume zwischen den Stämmen zu ungefähr einem Drittel mit abgeschnittenen Ästen bedeckt, die dicht miteinander verbunden waren. Befand sich hinter dem Signal ein Wald oder ein anderer dunkel gefärbter Hintergrund, so verwendete L i e s g a n i g zur Erhöhung der Sichtbarkeit Bretter, die mit Kalk gestrichen waren. Oft waren diese Pyramiden 5 Klafter hoch. Vor der Winkelmessung wurde der Quadrant in jeder Station rektifiziert. Wie L i e s g a n i g angibt, hat er in der ganzen Dreieckskette alle Winkel beobachtet. Bei exzentrischen Standpunkten ermittelte er die Reduktion durch Messung des Perpendikels vom Zentrum auf die Visierlinie. L i e s g a n i g stellte dafür eine eigene Tangententafel auf. Die Dreieckswinkel glich er auf 180° aus und reduzierte sie auf den Horizont, da sie in der Ebene der drei Geländepunkte gemessen waren. Von der noch nicht auf den Meereshorizont reduzierten Länge der Wiener-Neustädter Basis ausgehend, rechnete L i e s g a n i g mit Hilfe des Sinussatzes die Seiten aller Dreiecke und bekam schließlich zur Probe die Marchfelder Basis, die nur um einen Wiener Fuß gegen die Messung differierte. Die Richtung der Seiten in bezug auf den Wiener Meridian bestimmte L i e s g a n i g mit Hilfe des Ausgangsazimutes Wiener Jesuitenkolleg—Leopoldsberg. Um diese Richtungswinkel in Brünn und in Graz mit den dort gemessenen Azimuten vergleichen zu können, berechnete er die Meridiankonvergenz aus rechtwinkeligen sphärischen Dreiecken und erhielt eine Differenz von 34, bzw. 16 Sekunden zwischen Rechnung und Messung, wobei er die Hauptursache für diese großen Differenzen der Ungenauigkeit der Azimutbeobachtungen aus der Sonne zuschrieb.

Durch einfache Projektion der Dreiecksseiten auf den Wiener Meridian erhielt L i e s g a n i g rechtwinkelige Koordinaten der Dreieckspunkte, oder, wie L i e s g a n i g sie nannte, Distanzen jeder Station von der Wiener Perpendikulären und vom Wiener Meridian. Später reduzierte er diese Distanzen auf den Stephansturm. Durch astronomische Beobachtungen ermittelte er die Differenzen der geographischen Breiten und, um die verschiedenen Beobachtungen vergleichen zu können, reduzierte er sie nach Tabellen des französischen Astronomen De la C a i l l e auf einen gemeinsamen Zeitpunkt, und zwar auf den 8. September 1762. Die einzelnen Breitenunterschiede mittelte L i e s g a n i g und erhielt einen mittleren Fehler von 1,5″. Mit dem gemittelten Breitenunterschied und der Meridianbogenlänge berechnete er den Meridiangrad.

Die geographische Breite von Wien leitete L i e s g a n i g mit Hilfe von Simultanbeobachtungen mit La C a i l l e aus der Breite von Paris ab und die Breiten der anderen Stationen mit Hilfe der von ihm beobachteten Breitendifferenzen. Die Größe des Meridiangrades, dessen Länge auf den Horizont des nördlichen Endpunktes der Wiener-Neustädter Basis bezogen ist, reduzierte er auf den Meereshorizont, wobei er die Höhe des Endpunktes aus Barometermessungen bestimmte. L i e s g a n i g behalf sich bei der Reduktion auf folgende Art: Er verminderte den Bogen AD um das Stück nD und bekam so ein Reduktionsglied von 2, 3 Wiener Klafter pro Meridiangrad. Schließlich verglich er noch seinen in einer mittleren



Breite von 48° 43′ gemessenen Meridiangrad mit dem französischen Grad (zwischen Paris und Amiens, mittlere Breite 49° 23′) und errechnete einen Unterschied von 24 Klafter. Im Jahre 1765 begann L i e s g a n i g Versuche mit dem Sekundenpendel und bestimmte die Länge dieses Pendels für Wien mit 3 Fuß 1 Zoll 8.739 Linien; er wollte damit die Länge der Wiener Klafter festhalten.

Zusammenstellung der Arbeit Liesganigs

In der nachfolgenden Tabelle I sind einige Ergebnisse aus L i e s g a n i g s Arbeit angeführt.

Tabelle I

Bogen von	Amplitude	Meridianbogen	Meridiangrad
		m	m
Wien—Brünn	0° 58′ 53,5″	109.209,02	111.264,25
Wien—Graz	1° 08′ 24,8″	126.463,04	110.910,94
Wien—Warasdin	1° 54′ 16,5″	211.843,88	111.227,27
Graz—Warasdin	0° 45′ 49,9″	85.380,84	111.775,35

Betrachtung der Arbeit Liesganigs

Alle Arbeiten von P. Liesganig sind durch die besondere Sorgfalt, mit der er zu Werke ging, ausgezeichnet. Was die Länge der Basen anbetrifft, so sind sie als durchaus modern zu bezeichnen, doch die Anlage der Basen selbst hat schon er als nicht richtig befunden. Der mittlere Fehler seiner Wiener-Neustädter Basis betrug ±35 *mm*, obwohl sie nur dreimal gemessen wurde, also ein erheblicher Fortschritt gegenüber der französischen Basis, die i. J. 1739 fünfmal gemessen wurde und deren mittlerer Fehler ±100 *mm* betrug. Unter Benützung der Ergebnisse der Militärtriangulierung von 1849 [1]) konnte bei einem Vergleich der Liesganigschen Basis mit der neuen Wiener-Neustädter Basis festgestellt werden, daß die von Liesganig gemessene nur um 7 *mm* pro *km* zu lang ist.

Zu den astronomischen Arbeiten Liesganigs ist zu sagen, daß sie durchaus im Rahmen der damaligen Genauigkeit lagen, obwohl Liesganig nicht die reiche Erfahrung für den Bau seiner Instrumente hatte wie seine französischen Kollegen. Bei den terrestrischen Beobachtungen ist Liesganig allerdings ein Fehler unterlaufen, dessen Zustandekommen später erklärt wird. Bei allen Rechenarbeiten überlegte Liesganig die Einflüsse der Fehler, die durch unvermeidliche Vernachlässigung entstanden. Er hielt sich an die Worte seines großen französischen Lehrers De la Condamine: „Aus falschen Hypothesen entspringt nur dann eine Gefahr für die Rechnungen der Mathematiker, wenn sie sich unbewußt einschleichen oder mit Bedacht angewendet werden, ohne daß man jedoch ihre Folgen überprüft hat; am rechten Platz angebracht, erleichtern sie die Rechnung, ohne sie aber unrichtig zu machen."

Eine Verebnung der sphärischen Dreiecke war damals noch nicht bekannt, da sowohl die Methode von Legendre, als auch die Additamentenmethode von Soldner erst einige Jahrzehnte später entstanden. Obwohl Liesganig die Sphäroidgestalt der Erde bekannt war, führte er alle Rechnungen auf der Kugel durch, wobei allerdings keine großen Fehler entstanden; z. B. berechnete er die Meridiankonvergenz Wien—Brünn mit 10′ 18″, während sie am Ellipsoid 10′ 12″ betragen würde. Die Reduktion auf den Meereshorizont errechnete Liesganig mit 2.3 Wiener Klafter (4,362 *m*) pro Meridiangrad, das ist um etwa 1 *m* zu klein gegen den richtigen Wert. Bei den Zentrierungen der Winkel entstanden wohl Fehler dadurch, daß das Perpendikel nicht genau zu bestimmen war und nur auf Zoll gemessen wurde, aber auf Grund der langen Seiten (durch-

[1]) Protokoll Nr. 187 B, Seite 924.

schnittlich etwa 36 *km*) wirkte sich dieser Fehler in den Sekunden nicht mehr aus. Liesganig übernahm die Refraktionskonstante von dem Franzosen Bouguer mit 1/9, doch ist dieser Wert im Vergleich zu den Größen von Gauß und den übrigen üblichen Werten zu klein. Durch die streifenförmige Erstreckung des Meridianbogens erhielt Liesganig in seinem Koordinatensystem der Distanzen vom Meridian und von der Perpendikulären unbewußt Streckenverzerrungen von kleiner Größenordnung; auf diesem Gebiet wurde erst jetzt Klarheit geschaffen durch eine Arbeit von F. Hauer [2]).

Mit modernen Ergebnissen verglichen zeigt die Arbeit Liesganigs einige Mängel, die hauptsächlich auf die einfachen Instrumente und auf die großen Schwierigkeiten, die er bei seiner Pionierarbeit zu überwinden hatte, zurückzuführen sind.

---

[2]) Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, XXXVII. Jahrgang, S. 42 ff. 1949: F. Hauer, Über die Bestimmung der Größe des Vermessungsbereiches der Niederen Geodäsie.

(Schluß folgt.)

Nachtrag

zu dem Artikel: **Die Ausgleichung von Dreiecksnetzen mit direkt gemessenen Seiten** in Heft Nr. 5/6, Jahrgang 1950.

Herr Dr. Levasseur machte mich darauf aufmerksam, daß schon vor dem Erscheinen des Aufsatzes von K. Rinner „Geometrie mit Strecken" in den Veröffentlichungen des Polnischen Geodätischen Instituts, Nr. 2, Warschau, 1948, sich eine Abhandlung von Edward Warchatowski „Triangulation d'un type nouveau" über das gleiche Thema findet. Die Art der Behandlung des gestellten Problems ist jedoch sowohl von der Dr. Rinner's als auch von meiner verschieden. K. Hubeny

Literaturbericht

1. Buchbesprechung

Bibliotheks-Nr. 1143. Eduard Imhof, Dr. h. c., Professor an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich, Gelände und Karte. Mit 34 mehrfarbigen Karten- und Bildertafeln und 343 einfarbigen Abbildungen. ($17\frac{1}{2} \times 26$ *cm*, 255 Seiten.) Herausgegeben vom Eidg. Militärdepartement. Eugen Rentsch Verlag, Erlenbach-Zürich 1950.

Der bekannte Professor für Topographie und Kartographie an der Eidg. Techn. Hochschule in Zürich Dr. h. c. E. Imhof bringt mit der vorliegenden Neuerscheinung eine allgemein verständliche Einführung in die Gelände- und Kartenkunde, die sich an die Kartenbenützer jeder Art wendet. Der Verfasser geht darin von der Geländebeobachtung aus, als wichtigste Voraussetzung für das Verständnis der Karten. Im Anschluß an dieses einführende Kapitel behandelt er die Karte, ihre Herstellung, weiters das Kartenlesen und schließlich die verschiedenen Möglichkeiten der Kartenbenützung eingehend, wobei die Darstellung des Stoffes immer auf den einfachen Kartenbenützer zugeschnitten erscheint. Die überaus zahlreichen, gut gewählten Abbildungen und eine Reihe von farbigen Bildtafeln unterstützen wirkungsvoll den Text. 8 der Tafeln enthalten Anaglyphenbilder für die räumliche Betrachtung, 5 weitere Tafeln befassen sich mit

Wenn auch ein Nachteil des beschriebenen Verfahrens, nämlich die Erschwerung der Bildflugplanung zufolge der seltener erfüllten astronomischen und meteorologischen Voraussetzungen, nicht zu übersehen ist, *so dürfte dennoch die theoretische Erörterung der aufgezeigten Orientierungsmöglichkeiten für die Luftphotogrammetrie von einigem Nutzen sein.*

Die Liesganig'sche Gradmessung

Von Dipl.-Ing. Dr. techn. Paula Embacher

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

(Schluß)

Vergleichende Beobachtungen

Um ein Urteil über die Güte der Arbeit Liesganigs zu erhalten, wurde versucht, möglichst viele Punkte Liesganigs mit Punkten des heutigen Landesdreiecksnetzes zu identifizieren. In erster Linie waren Spuren der Endpunkte der Marchfelder Basis in Seyring und in Glinzendorf aufzusuchen. Durch Koordinatentransformation und Einzeichnen der Endpunkte in die Katastermappe wurden an Ort und Stelle Nachforschungen unter Vornahme vergleichender Winkelmessungen durchgeführt. Diese Arbeit war ergebnislos, da äußerlich nicht die geringsten Merkmale einer Bezeichnung vorgefunden werden konnten, denn die in die Natur übertragenen Punkte liegen inmitten von Ackerparzellen. Die nächste Untersuchung galt dem Punkt Oberleis. Aber auch dieser ist verlorengegangen, von der bei der Gradmessung verwendeten Marienkirche stehen nur mehr Reste der Grundmauern und die Pfarrkirche steht heute etwa 200 *m* weiter westlich. Ebenfalls konnte die alte Lage der Kapelle Schrick, die Liesganig als Triangulierungspunkt benützte, nicht mehr festgestellt werden, denn die Reichsstraße ist dort etwas nach Westen verlegt und die Kapelle an die neue Straße überstellt worden. An der alten Stelle befinden sich nur mehr zwei hohe, weithin sichtbare Bäume.

Punkte, die aller Voraussicht nach als ident angenommen werden können, sind: Brünn, Spielberg; Leopoldsberg; die beiden Endpunkte der Wiener-Neustädter Basis; Neunkirchen; Rosalia; Graz, Observatorium des P. Guldin; Graz, St. Johann und Paul; Riegersburg; Wildon; St. Urban bei Marburg; St. Magdalena; St. Urban bei Ankenstein; Warasdin, Jesuitenkolleg.

Bei der Triangulierung ist ein grober Fehler in dem Dreieck Wildon—St. Urban—St. Magdalena unterlaufen. Um dies zu untersuchen, wurde zunächst die vermutliche Lage des Liesganig'schen Zeichens durch Messungen in Wildon festgestellt. Der Festpunkt, der nach Protokoll Nr. 9 der Militärtriangulierung mit dem bei Hauptmann Fallon[3]) gemessenen Punkt vollständig ident ist, konnte auf Grund der vorliegenden im Meridianstreifensystem *M 34* errechneten Koordinaten ausgesteckt werden; dann begann die Nachgrabung. In nächster Nähe dieser Stelle sind auch die Richtungen nach den im Liesganig'schen Netz vorkommen-

[3]) Hauptmann Fallon war beteiligt an der Militärtriangulierung 1808.

den Punkten Riegersburg, Oberradkersburg, St. Magdalena und St. Urban bei Marburg festgestellt, der Punkt bezeichnet und die Sichten freigemacht worden. Die genannten Richtungen konnten bei guter Sicht mit dem Wild-Universaltheodolit in 4 Sätzen beobachtet werden. Sie stimmen mit den aus Koordinaten im konformen Netz gerechneten Richtungen recht gut überein und damit ist der Beweis erbracht, daß die Sicht Wildon—St. Magdalena vorhanden ist, was Zach in einem Artikel seiner „Monatlichen Correspondenz“ [4]) angezweifelt hat. Noch bevor die Messung der sehr langen Visuren (30 bis 48 *km*), die infolge ihrer Lage nur an sehr günstigen Nachmittagen durchführbar ist, möglich war, wurde die Umgebung des neuen Standpunktes nach allfälligen Resten einer Vermarkung weiterhin genau abgesucht. Hiebei konnten in einer Entfernung von 0,94 *m* vom Standpunkt und 20 *cm* unter der Erdoberfläche Tonscherben vorgefunden werden, die in einem Kreis von ungefähr 12 *cm* lagen. Die Mitte dieser Stelle ist ausgepflockt, vom KT-Stein Wildon III aus der Lage und Höhe nach eingemessen und nachträglich durch ein Eisenrohr bezeichnet worden. Es sind dies zweifellos Reste der Fallon’schen Vermarkung, vor deren Entfernung kleine photographische Aufnahmen gemacht wurden. Damit ist also der alte Punkt mit einer Genauigkeit von $\pm$ 5 *cm* aufgefunden worden. Seine Koordinaten lauten auf Grund der gemachten Einmessungen im Meridianstreifensystem *M 34*:

$$y = -\,61.705{,}38, \qquad x = 5{,}192.782{,}71\,;$$

die Höhe des Rohres beträgt 528,18 *m*.

Bestimmung des Dreieckes Wildon—St. Urban bei Marburg—St. Magdalena

Je mehr man sich in die Arbeit Liesganigs vertieft, umso stärker ist man von der „religiösen Sorgfalt“, mit der Pater Liesganig zu Werke ging, überzeugt. Aus seinen Arbeiten geht nicht hervor, daß er, wie seine Gegner behaupteten, Fehler auf Fehler machte oder gar Messungen absichtlich fälschte. Wenn auch das eine Dreieck Wildon—St. Urban bei Marburg—St. Magdalena fehlerhaft ist, so schließt das noch nicht in sich, daß auch die anderen Dreiecke falsch sein müssen. Als Entschuldigung für den unterlaufenen Fehler mag das unübersichtliche Hügelland in dieser Gegend angeführt werden, in dem es sogar heute noch schwer ist, sich zu orientieren, oder besser gesagt, die Ziele zu identifizieren, auch wenn man mit modernem Kartenmaterial und mit modernen Instrumenten ausgerüstet ist. Im ganzen Umkreis sieht man nur Hügel, von denen einer aussieht wie der andere und auf jedem steht eine Kapelle mit einzelnen Bäumen. Da gerade die fragliche Sicht 48 *km*, also eine sehr lange Visur ist, ist es erklärlich, daß Liesganig auf diese Weise St. Magdalena mit Schloß Oberradkersburg verwechselte und eine ebensolche Verwechslung ist ihm in St. Urban bei Marburg unterlaufen; noch dazu ergänzten sich die Winkel in diesem Dreieck unglücklicherweise trotzdem auf 180°. Teils gestützt auf Nachmessungen, teils aus Rückrechnung von identen Punkten

---

[4]) Freiherr v. Zach: Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde, Bd. VIII, 1803.

wurde nun das richtige Dreieck Wildon— St. Magdalena— St. Urban bei Marburg in die L i e s g a n i g'sche Dreieckskette eingefügt. Die folgende Tabelle II stellt das von L i e s g a n i g angeführte Dreieck dem nachgemessenen gegenüber.

Tabelle II

Punkt	Winkel nach Liesganig	nachgemessener Winkel
St. Magdalena	37° 17′ 59″	38° 42′ 06,2″
Wildon	46° 59′ 00″	42° 33′ 43,0″
St. Urban bei Marburg	95° 43′ 01″	98° 44′ 10,8″

R e c h e n a r b e i t

Der nächste Schritt war nun, die von L i e s g a n i g in der Ebene der jeweiligen Zielpunkte und des Standpunktes mit einem Quadranten beobachteten Winkel auf den Horizont zu reduzieren. Diese Berechnung wurde mit Hilfe sphärischer Dreiecke teilweise streng, teilweise durch Reihenentwicklung und Berechnung des Korrektionsgliedes durchgeführt. Der sphärische Exzeß für die Dreiecke bewegt sich zwischen 0,3″ und 6,0″. Die Dreieckswinkel wurden auf 180° ergänzt, und zwar so, daß jeder Winkel ein Drittel des Widerspruches erhielt, da L i e s g a n i g nach seinen Angaben in jedem Dreieck alle drei Winkel gemessen hat. Die Berechnung der Dreiecke erfolgte mit Hilfe des Sinussatzes und die Kontrolle mit dem Projektionssatz; das einzige Netz, das vorhanden war, und zwar das um das Wiener Observatorium, wurde durch einen Näherungsausgleich in die Dreieckskette eingepaßt. Die Reduktion der gemessenen Wiener-Neustädter Basis erfolgte mit Hilfe der Formel

$$L - L' = \frac{L \,.\, h}{\rho + h},$$

wobei die E u l e r'sche Formel den Krümmungsradius ρ lieferte.

Nachdem sämtliche Dreiecksseiten berechnet waren, konnte das in Graz und Wien beobachtete Azimut mit Hilfe der ersten geodätischen Übertragungsaufgabe für Brünn berechnet werden. Beim Vergleich der drei Azimute in Brünn zeigte sich ein Unterschied von mehr als 50 Sekunden; da dieser Betrag nun weitaus größer ist als die Lotabweichungskomponente in unserer Gegend (diese beträgt nach einer Arbeit von H o p f n e r - S c h u m a n n [5]) etwa 4″), wurde die Dreieckskette nicht nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen, sondern die nach Brünn übertragenen und das dort gemessene Azimut gemittelt und mit diesem gemittelten Azimut die geodätischen Linien Brünn—Wien, Brünn—Graz, Brünn—Warasdin und Wien—Graz, Wien—Warasdin berechnet. Die Benützung einer mittleren Breite für den sphärischen Exzeß erwies sich zur Vereinfachung der Rechnung als vorteilhaft. Die Meridianbögen wurden mit Hilfe einer Formel von H e l m e r t [5]) berechnet. Die Kontrolle bestand darin, den Bogen Wien—Brünn

[5]) H o p f n e r - S c h u m a n n: Der Meridianbogen Großenhain—Kremsmünster—Pola. Astronom. geodät. Arbeiten, Wien 1922.

zweimal unabhängig zu rechnen und den Bogen Wien—Warasdin auch aus der Summe Wien—Graz und Graz—Warasdin zu bestimmen.

In der nächsten Tafel sind die von L i e s g a n i g ermittelten und die neu durchgerechneten Meridianbogen angeführt.

Tafel III

Bogen von	Liesganig	neu durchgerechnet
Wien—Brünn	109.209,02 *m*	109.209,63 *m*
Wien—Graz	126.463,04 *m*	126.455,74 *m*
Wien—Warasdin	211.843,88 *m*	211.354,50 *m*
Graz—Warasdin	85.380,84 *m*	84.898,79 *m*

Ein Vergleich der Meridianbogen von L i e s g a n i g mit den neu durchgerechneten zeigt, daß der Bogen Wien—Brünn fast übereinstimmt, während der Bogen Wien—Graz einen Unterschied von ungefähr 9 *m* aufweist. Der Grund hiefür ist in den kleinen Unterschieden der Dreieckswinkel in den großen Dreiecken südlich des Wechsels zu suchen. (Die Reduktion der Dreieckswinkel auf den Horizont ergab teilweise andere Resultate als L i e s g a n i g sie erhielt.) Die Bogen Graz—Warasdin und Wien—Warasdin klaffen wegen der Verschwenkung im Dreieck bei Wildon.

A b s c h l i e ß e n d e B e t r a c h t u n g e n

Ein Vergleich der Bogen mit modernen Daten scheitert an der Schwierigkeit, Koordinaten der identen Punkte zu erhalten; so liegen z. B. die beiden Endpunkte Brünn und Warasdin im Ausland. Ein ungefährer Vergleich der Breitendifferenzen zeigt, daß die Werte von L i e s g a n i g um etwa 5—10 Sekunden zu klein sind; der Wert für eine Meridiansekunde für eine Mittelbreite von 48°08′ beträgt bei L i e s g a n i g 30,853 *m*, während sich nach B e s s e l 30,883 *m* hiefür ergeben.

Die Frage nach der Größe der großen Halbachse der Erde, aus den Messungen von L i e s g a n i g und dem Wert der B e s s e l'schen Abplattung errechnet, soll noch beantwortet werden. Aus drei Meridianbögen von L i e s g a n i g und der Abplattung nach B e s s e l erhält man die große Halbachse der Erde mit einem Wert von 6,373.046 *m*; aus denselben L i e s g a n i g'schen Bögen und unter Benützung der Abplattung nach C l a r k e wurde ein Mittelwert von 6,373.190 *m* für die große Halbachse errechnet. Beide Werte differieren mit den heute üblichen Größen um weniger als 1‰. Nun wurde noch der Versuch unternommen, aus dem L i e s g a n i g'schen Bogen Brünn—Wien und dem von dem französischen Gelehrten De la C o n d a m i n e gemessenen Bogen von Peru die Größe der Abplattung des Rotationsellipsoides zu berechnen. Der Peruanische Bogen, in den Jahren 1735—1741 zwischen Cotschesqui und Tarqui im heutigen Staate Ecuador mit einer Amplitude von 3°07′ bestimmt, ergab im Zusammenhang mit dem Lappländischen Bogen eine Abplattung von 1/215. Einen wesentlich besseren Wert erhält man, wenn man die Abplattung aus dem peruanischen Bogen und aus dem oben genannten Bogen von L i e s g a n i g berechnet: man bekommt dafür eine

Größe 1/285 [6]), eine Abplattung, die viel näher bei den Werten von B e s s e l, C l a r k e und H a y f o r d liegt.

L i e s g a n i g stellte am Anfang seiner Arbeit fest, daß er in der Frage der Erddimensionen kein voreiliges Urteil bilden wolle und in der Tat hat er diese Größen erst im Anschluß an die ungarische Gradmessung bekanntgegeben. Leider fehlen zu einer Bearbeitung und Stellungnahme der ungarischen Gradmessung sämtliche Möglichkeiten, diese nachzurechnen.

Bekanntlich läßt sich das Geoid nicht durch ein bestanschließendes Rotationsellipsoid darstellen und es hieße die Entwicklung zurückdrehen, wollte man versuchen, aus mehreren irgendwo auf der Erde gemachten Gradmessungen die Parameter eines Rotationsellipsoides abzuleiten. Wenn L a p l a c e so wie alle seine Zeitgenossen diesen Versuch unternahm, so war man eben damals der Meinung, aus mehreren Gradmessungen und durch einen geschickten Ausgleich (die Methode der kleinsten Quadrate war damals noch nicht veröffentlicht) allgemein gültige Werte für die Achsen der Erde ermitteln zu können. Daß aber ein so großer Gelehrter wie L a p l a c e den Gradbogen von L i e s g a n i g für seinen Ausgleich mitverwendete [7]), zeigt, in welch hohem Ansehen L i e s g a n i g bei seinen Zeitgenossen stand. Auch in dem Buch: La figure de la terre [6]) wird L i e s g a n i g und seine Arbeit in einem Atemzug mit den Arbeiten von L a C a i l l e, D e l a C o n d a m i n e, B o s c o v i c h und D e l a m b r e genannt.

Damit und durch seine Arbeit, wenn sie in das richtige Licht gerückt wird, ist erwiesen, daß L i e s g a n i g seinen großen französischen Zeitgenossen durchaus ebenbürtig ist. Jetzt, 150 Jahre nach seinem Tod, sollte L i e s g a n i g und seine Arbeit endlich auch in seinem Vaterland die entsprechende Würdigung finden, denn er hat für das ganze österreichische Vermessungswesen und damit auch für Österreich eine bedeutende Leistung vollbracht.

---

[6]) G. P e r r i e r: La figure de la terre, Paris 1908.

[7]) L a p l a c e: Traité de mécanique céleste, tome seconde, p. 138 f., Paris 1799.

Die Ausgleichung von Dreiecksnetzen mit direkt gemessenen Seiten

Von Hofrat Ing. A. M o r p u r g o, Wien

Prof. Dr. H u b e n y hat in seiner Abhandlung in dieser Zeitschrift, Jahrg. 1950, Heft Nr. 5/6, in gutem Glauben angenommen, die in der Schweizerischen Zeitschrift für Vermessung und Kulturtechnik, Jahrg. 1950, Heft 7 und 8, von Dr. R i n n e r veröffentlichte Arbeit „Geometrie mit Strecken" stelle die erstmalige Behandlung dieses Problems dar.

Da dieser Zukunftsaufgabe immer größere Bedeutung zukommen dürfte, erscheint es wünschenswert, verschiedene Lösungsmöglichkeiten in Betracht zu ziehen und diese — bei gleichwertigen Endergebnissen — in bezug auf Zeitaufwand und Übersichtlichkeit des Rechnungsganges zu vergleichen.

In diesem Sinne sieht sich der Verfasser veranlaßt, auf seine Abhandlung: „Gleichzeitige Ausgleichung mehrerer, durch mehrfachen Bogenschnitt bestimmter Punkte“, Zeitschrift für Vermessungswesen, Bd. 59, Heft 22, Stuttgart 1930, hinzuweisen.

Um eine möglichst vollständige Übersicht über den Stand dieses interessanten Problems zu gewinnen, muß noch der im Anschluß an die vorerwähnte Publikation, in den Mitteilungen aus dem Markscheidewesen, 41. Jahrg., Stuttgart 1930, erschienene Artikel „Vektorische Ausgleichungen bei mehrfachem Bogenschnitt“ von Prof. Dr. S c h u m a n n, Wien, in Erinnerung gebracht werden.

Literaturbericht

1. Buchbesprechungen

Dr. Ing. Otto L a c m a n n: „D i e P h o t o g r a m m e t r i e i n i h r e r B e d e u t u n g a u f n i c h t t o p o g r a p h i s c h e n G e b i e t e n. Band I der Sammlung „Sondergebiete der Wissenschaft und Technik“, herausgegeben von Prof. Dr. phil. A. N a r a t h, Technische Universität Berlin-Charlottenburg, 16×24 *cm*, XII und 220 Seiten mit 240 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln. Verlag S. H i r z e l, Leipzig 1950. Preis geb. DM 24.—.

In dem bekannten photogrammetrischen Institut des Professors L a c m a n n an der Technischen Hochschule in Berlin wurde schon seit vielen Jahren auch jenen Anwendungsmöglichkeiten der Photogrammetrie besonderes Augenmerk zugewendet, die außerhalb der Topographie auf den verschiedensten Gebieten von Wissenschaft und Technik liegen. Die hiezu dienenden photogrammetrischen Meßmethoden wurden systematisch untersucht, erprobt und ausgebaut, und zwar sowohl in theoretischer als auch in instrumenteller Richtung. Manche wertvolle Abhandlung L a c m a n n s ist diesen Arbeiten zu danken.

Die technische Fachwelt begrüßt es daher besonders, daß dieser nicht nur als Forscher, sondern auch als Lehrer wohlbekannte Fachmann nunmehr die Ergebnisse seiner Untersuchungen in einem eigenen Werk vorlegt.

Diese verdienstvolle Arbeit gliedert sich in zwei Teile: Im ersten, 48 Seiten umfassenden Teil gibt der Autor eine orientierende Übersicht der grundlegenden photogrammetrischen Meßmethoden und der wichtigsten Geräte, als Einführung für jene Leser, die keine fachlichen Vorkenntnisse besitzen. Im zweiten Teil, dem Kern des Buches, wird auf 162 Seiten die Anwendung der Photogrammetrie auf allen nichttopographischen Gebieten in instruktiver Weise behandelt. Auch die weitere Unterteilung dieses Abschnittes in Anwendungsgebiete der Photogrammetrie mit sichtbarer und unsichtbarer Strahlung hält der Rezensent für eine sehr gute Lösung.

In der ersten Gruppe, also Photogrammetrie unter Benützung s i c h t b a r e r Strahlung, wird ihre Anwendung im Ingenieurwesen (Deformationsmessungen, Lage-, Geschwindigkeits- und Leistungsmessungen, technisches Versuchswesen u. dgl.), in der Architektur, Denkmalpflege, Archäologie, Physik, Geophysik, Astronomie, im Forstwesen, in der Landwirtschaft, Anthropologie, Zoometrie, Medizin, Mikrophotogrammetrie, Kriminalistik, bei Tatbestandsaufnahmen sowie bei anderen Aufgaben behandelt.

Die zweite Gruppe, also Photogrammetrie unter Benützung u n s i c h t b a r e r Strahlung, umfaßt die Röntgenphotogrammetrie (in der Medizin, Materialprüfung), die Infrarotphotogrammetrie (in der Medizin, Telephotogrammetrie, Luftschiffahrt) und die Nanophotogrammetrie. Dies ist eine von Prof. L a c m a n n gewählte Bezeichnung für die Verwendung