

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München

1920. Heft II

Mai- bis Julisitzung

München 1920

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

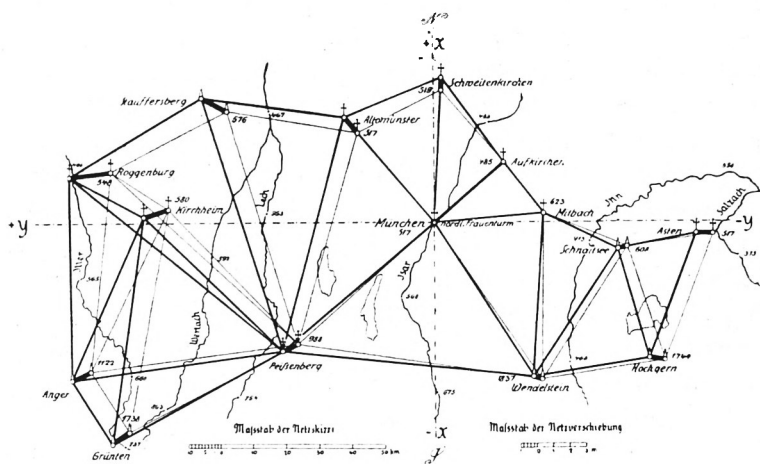
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)

Westwanderung von Hauptdreieckspunkten infolge neuzeitlicher tektonischer Bewegungen im bayerischen Alpenvorland.

Von M. Schmidt.

Vorgetragen in der Sitzung am 5. Juni 1920.

Netzverschiebung der südbayerischen Dreieckskette.



In einem am 21. Juni 1919 in der Sitzung der mathem.-physikal. Klasse der Akademie gehaltenen Vortrag über die geologische Bedeutung der neueren Feinmessungen bespricht Herr E. Kayser die in letzterer Zeit in Nord- und Mitteldeutschland gemachten Wahrnehmungen über Höhenänderungen von Bodenpunkten insbesondere im Bodenseegebiet und im bayerischen Alpenvorland und bringt dieselben in Zusammenhang mit den bereits seit der älteren Tertiärzeit inmitten der schwei-

zerischen und süddeutschen Molasse- oder Miozänmulde eingetretenen starken Senkungen, die offenbar in der Jetztzeit noch nachklingen.

Die Senkungen im Bodenseebecken hat schon Chr. Regelman 1907 auf einen von den Alpen her wirkenden Tangentialdruck zurückführen wollen, der mit einem langsamen Vordringen der Alpen nach Norden in Zusammenhang steht, durch das die große zwischen der böhmischen Urgebirgsmasse, dem Schwarzwald und dem Vogesenkern sowie der Nordkette der Alpen eingeschlossene Miozänmulde wie zwischen den Backen eines Schraubstockes zusammengepreßt wird.

„Dadurch erklärt sich nicht allein das durch die Höhenänderung der Nivellementspunkte von M. Schmidt nachgewiesene Einsinken der Muldenbodenfläche in einfacher Weise, sondern auch die im Laufe des vergangenen Jahrhunderts eingetretene Lageänderung von Hauptdreieckspunkten, für die sich eine deutlich ausgesprochene Bewegung in westlicher Richtung nachweisen läßt.“

Die Ablenkung nach Westen der durch das Vorrücken der Alpen ausgelösten Druckwirkung erscheint durch den großen Widerstand bedingt, welchen die nach Norden vorgelagerten, in der Tiefe fest verankerten älteren Gebirgsmassen der Bewegung in dieser Richtung entgegensetzen, während die gegen Westen gelegenen jüngeren Miozän- und Quartärschichten der Oberfläche, deren Zusammenhang zudem noch durch zahlreiche, tief eingeschnittene und durch lose Geröllmassen ausgefüllte Flußtäler unterbrochen ist, der Bewegung in westlicher Richtung einen geringeren Widerstand entgegensetzen.

Eine Anzahl solcher für den gedachten Zweck geeigneter Dreieckspunkte konnte der in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts ausgeführten bayerischen Landestriangulierung entnommen werden, da diese Punkte neuerdings bei der Durchführung der auf dem Parallelbogen zwischen 47 und 49° Breite zwischen Brest und Astrachan vorgenommenen Längengradmessung wiederholt in ihrer Lage mit größter Sorgfalt bestimmt worden waren.

Die benützten Punkte bilden eine einfach zusammenhängende Kette großer Dreiecke von guter Form, welche die auf dem gleichen Parallelbogen gemessenen württembergischen und österreichischen Dreiecke miteinander verbindet und mit diesen die Seiten Aenger-Roggenburg im Westen und Asten-Hochgern im Osten gemeinsam hat. Die dieser südbayerischen Dreieckskette angehörenden Winkel sind nebst den aus der oberbayerischen Grundlinie München-Aufkirchen berechneten Seitenlogarithmen in den Sitzungsberichten vom Jahre 1906 ausführlich mitgeteilt und ergaben einen aus den auftretenden Dreieckswidersprüchen nach der internationalen Formel berechneten Fehler von ± 0.36 .

Die Winkelzusammenstellung läßt in der Spalte „Beobachtungsnachweis“ auch die Zeit der Ausführung der Messungen in den Jahren 1903 bis 1905, beziehungsweise die Übernahme der Winkelwerte aus der in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts durchgeführten bayerischen Landestriangulierung erkennen.

Mit Rücksicht auf die sehr beträchtlichen Kosten der Beobachtungen wurde die Messung neuer Winkel tunlichst eingeschränkt. Insbesondere sind auf den Punkten: Stauffersberg, Altomünster, Schweitenkirchen und Aufkirchen, welche die Herstellung kostspieliger Beobachtungseinrichtungen bzw. den Bau hoher Pfeilergerüste erfordert hätten, neue Winkelmessungen ganz unterblieben, was unbedenklich geschehen konnte, da die Benützung der vorhandenen älteren Beobachtungen ohnehin zu geringen Dreieckswidersprüchen führte.

Die Ergebnisse der Berechnung der sphärischen Koordinaten und der Seitenanschlüsse der südbayerischen Dreieckskette sind in der in den Sitzungsberichten der Akademie vom Jahre 1910 veröffentlichten 11. Abhandlung niedergelegt und zeigen für den württembergischen Anschluß auf der Seite Aenger-Roggenburg eine Anschlußdifferenz von $2.6 \text{ mm/km} = 1 : 385000$ und für den österreichischen Anschluß für die Seiten Wendelstein-Hochgern und Hochgern-Asten im Mittel einen solchen von nur $1.5 \text{ mm/km} = 1 : 650000$.

Eine im Jahre 1920 auf Grund einer neuen Koordinatenausgleichung ausgeführte Anschlußberechnung ergab für die gleichen Seiten Anschlußdifferenzen von $3.85 \text{ mm/km} = 1:259000$ und von 1.8 mm/km oder $1:550000$, wobei für den österreichischen Anschluß die in dem 1915 erschienenen XXIII. Band der astronom. geodät. Arbeiten des Militärgeographischen Institutes in Wien als Resultate der Netzausgleichung angeführten Werte der Logarithmen der Anschlußseiten die Vergleichswerte bilden. Die Richtigkeit der Berechnung der Seitenlängen der südbayerischen Dreieckskette und ihre Zurückführung auf internationales Maß ist somit genügend verbürgt. Die gute Übereinstimmung zwischen den mit den Winkeln von den Jahren 1903/04 aus der 1801 gemessenen oberbayerischen Grundlinie ohne Anschlußzwang berechneten Längen der Seiten Aenger-Roggenburg und Asten-Hochgern und den aus den wesentlich später gemessenen Grundlinien von Josephstadt (1862) und Oberhergheim (1877) hergeleiteten Werten dieser beiden Seiten läßt die bei den gegenwärtigen Untersuchungen gemachte Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Abstandes der beiden Basisendpunkte bei München und Aufkirchen innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Messungs- und Übertragungsfehler als völlig berechtigt erscheinen.

Die Ausgleichung der Beobachtungsfehler in den Winkeln der südbayerischen Dreieckskette ist zunächst unter der Annahme gleicher Winkelgewichte nach „Bedingungsgleichungen“ erfolgt und hat den mittleren Winkelfehler zu ± 0.82 ergeben.

Die ausgeglichenen Winkel und die mittelst derselben unter Beibehaltung der bei der Berechnung der Landesvermessung verwendeten Länge der altbayerischen Grundlinie München-Aufkirchen erhaltenen Werte der Seitenlogarithmen sind in der Abhandlung 11 der Sitzungsberichte vom Jahre 1910 in Tabelle I zusammengestellt und haben auch bei der Koordinatenberechnung der Netzpunkte Verwendung gefunden; dabei ist von den gleichen Grundlagen ausgegangen worden, wie bei der Landesvermessung, um die Möglichkeit einer unmittelbaren Vergleichung der älteren und neuen Koordinatenwerte zu erhalten.

Die der Landesvermessung entnommenen Koordinaten der Netzpunkte ergeben mit jenen der Neuberechnung die in Tabelle III des genannten Berichtes aufgeführten Unterschiede, die durch systematische Fehler stark beeinflusst sind.

Eine Ausscheidung dieser Fehler läßt sich vornehmen, wenn man die beiden Punktsysteme der Landesvermessung und der neuen gemessenen Dreieckskette dadurch in eine möglichst gut übereinstimmende Lage zu bringen sucht, daß man sie übereinander legt und nach dem von Helmert in seiner Längengradmessung I, 1893, S. 47 angewandten Verfahren derart gegeneinander verschiebt, daß die Quadratsumme der Abstände gleichnamiger Punkte ein Minimum wird.

Die dann noch übrig bleibenden, aus der gleichen Tabelle III ersichtlichen Differenzen kommen besonders an den beiden Enden der Dreieckskette zur Geltung, und ergeben für den Koordinatenursprung München n. Fr.-Turm den auffallenden Betrag von $v_y = + 34$ cm, der in nahezu gleicher Größe bei allen übrigen Netzpunkten auftritt. Man könnte hieraus auf eine in der Zeit zwischen der Ausführung der Landesvermessung und der Messung der südbayerischen Dreieckskette eingetretene Lageänderung des Koordinatenursprungspunktes schließen.

Die zur Feststellung einer derartigen Lageänderung ausgeführten Untersuchungen sind ebenfalls in der Abhandlung vom Jahre 1910 ausführlich mitgeteilt und haben zu dem Ergebnis geführt, daß sich die Lage der Turmspitze weder gegen die weit entfernten Hauptnetzpunkte: Altomünster, Mitbach, Wendelstein und Peißenberg, noch gegen die in nächster Nähe gelegenen Türme der Stadt in bemerkenswerter Weise geändert hat.

Die ausgeführten Messungen ergaben als derzeitig wahrscheinlichste Koordinatenwerte der bei der Landesvermessung als Nullpunkt angenommenen Helmsäulenmitte $x_0 = + 0.013$ m und $y_0 = + 0.003$ m, das sind Abweichungen, die sich von Null nur sehr wenig unterscheiden und die Größe der wahrscheinlichen Fehlerwerte nicht erreichen.

Von einer Mitteilung der Ergebnisse der Winkelmessungen und Berechnungen, die zur Zentrierung der auf den 3 Fenster-

pfeilern der Turmstube, sowie des auf der Oberfläche der Turmhaube neben der Aussteigöffnung gewählten Heliotropenstandortes auf die Achse der Helmstange auszuführen waren, muß abgesehen werden; sie befinden sich bei den Messungsakten der bayerischen Erdmessungskommission des Hauptdreieckspunktes „Nordturm der Frauenkirche“.

Auch die Beschaffenheit des Untergrundes, auf welchem die Frauenkirche steht, läßt eine Lageänderung derselben unwahrscheinlich erscheinen. Oberbergdirektor v. Gümbel macht hierüber in einem Aufsatz über den Boden von München folgende Angaben:

„Die unter dem in der diluvialen Zeit vom Hochgebirg herabgeschwemmten Geröllmassen liegenden, wasserundurchlässigen tertiären Schichten des Grundgebirges bestehen aus graugrünen, sandig lettigen, als Flinz bezeichneten Ablagerungen, deren Mächtigkeit auf viele hundert Meter geschätzt wird.“ Dieses mächtige Grundgebirge bildet, wie man mit Sicherheit annehmen darf, selbst für die gewaltigen Baumassen der Frauenkirche ein Fundament von ausreichender Tragfähigkeit.

Durch die städtischen Kanalisationsarbeiten auf dem Frauenplatz ist die Oberfläche dieser Flinzschichten, auf welche die Fundamente der Frauenkirche herabreichen, in einer Tiefe von nur 4 bis 5 m unter der Bodenoberfläche aufgeschlossen worden.

Ein im Stadtbauamt München im Jahre 1907 in 1:10000 Verjüngung hergestellter Übersichtsplan des Stadtbezirkes von München, in welchem die Oberflächengestaltung des Bodens, sowie jene des tertiären Untergrundes und des Grundwassers durch verschiedenfarbige Schichtenlinien dargestellt sind, läßt ferner entnehmen, daß die Frauenkirche auf dem Scheitel einer Aufwölbung des gegen Südwesten mit 3 bis 5‰ ansteigenden Grundgebirges gelegen ist, das durch seine Festigkeit auch einer seitlichen Verschiebung der mächtigen Baumassen der Kirche den größten Widerstand entgegensetzen muß. Eine so bedeutende Verschiebung der Frauenkirche, wie sie sich aus der oben erwähnten Koordinatenberechnung ergeben hat, kann daher nicht wohl eingetreten sein, es muß vielmehr eine bessere

Erklärung für die rechnerisch festgestellten Koordinatenänderungen gesucht werden.

In einer im Jahre 1915 in den Sitzungsberichten erschienenen Abhandlung über Senkungserscheinungen an der Frauenkirche ist von mir bereits darauf hingewiesen worden, daß bei der Fehlerausgleichung großer trigonometrischer Netze, die nicht einheitlich als ganzes, sondern in einzelnen, durch Zwangsbedingungen in Zusammenhang gebrachten Gruppen berechnet werden, sogenannte Netzverschiebungsfehler auftreten, die auch im vorliegenden Falle in Betracht zu ziehen sind, da das Hauptnetz der bayerischen Landestriangulierung für die Fehlerausgleichung nach bedingten Beobachtungen in 29 einzelne Gruppen zerlegt worden ist, von welchen 10 auf den südlich der Donau gelegenen Netzteil treffen.

Der Nachweis derartiger Fehler erscheint möglich, wenn man den ganzen in Betracht kommenden Netzteil unter Benützung derselben Beobachtungen wiederholt nach einem zweiten, vom ersten unabhängigen Berechnungsverfahren, wie es sich in der sogenannten Koordinatenausgleichung nach vermittelnden Beobachtungen darbietet, ausgleicht.

Über die Ergebnisse dieses durch den Assistenten am geodätischen Institut Dr. Ing. Ad. Schlötzer auf meine Veranlassung ausgeführten Ausgleichungsverfahrens ist von mir in den Sitzungsberichten der Akademie vom Januar dieses Jahres unter dem Titel „Neuberechnung des südlichen Netzteiles der bayerischen Landestriangulierung zwischen der Donau und der Nordkette der Alpen“ eine Mitteilung veröffentlicht worden.

Bei dieser Berechnung wurden die Koordinaten der Landesvermessung als Näherungswerte eingeführt und unter Verwendung der im Landesvermessungswerk veröffentlichten, aus der ursprünglichen Stationsausgleichung hervorgegangenen Winkeln die wahrscheinlichsten Werte jener Koordinatenverbesserungen ermittelt, welche die kleinste Quadratsumme der Richtungsverbesserungen geben. Es waren dabei für 40 Hauptnetzpunkte aus 274 Fehlergleichungen 80 Koordinatenverbesserungen durch Auflösung einer gleichen Anzahl von Normalgleichungen

zu berechnen. Dabei hatten sich 120 Bedingungsgleichungen mit eben so vielen Unbekannten aufstellen lassen, von welchen indessen 40 zur Berechnung der Orientierungsverbesserungen der Netzzlinien dienende Gleichungen abgetrennt und für sich behandelt werden konnten, während die übrigen 80 Gleichungen zur Bestimmung der 80 Koordinatenverbesserungen dx und dy dienten, deren Werte in Tabelle I der erwähnten Mitteilung enthalten sind.

Die Neuausgleichung des Netzteiles führte zu mittleren Richtungs- und Winkelfehlern von $\pm 1''.28$ bzw. $\pm 1''.80$ gegenüber den analogen Werten der Landesvermessung $\pm 1''.52$ und $\pm 2''.14$, während nach der internationalen Formel aus 337 Dreiecken der Gesamttriangulierung der mittlere Winkelfehler zu $\pm 1''.77$ berechnet worden ist.

Die Auflösung der Gewichtsgleichungen unter Einführung von Gewichtswerten, die proportional zu den Anschnittszahlen gewählt wurden, ergab für 16 Punkte schließlich die mittleren Koordinatenfehler $m_x = \pm 0.29$ m, $m_y = \pm 0.39$ m.

Diese beiden Fehlerwerte zeigen einen auch in der Abhandlung vom Jahre 1910 in den Koordinatenfehlern auftretenden auffallenden Größenunterschied, der, wie hier schon erwähnt werden soll, seine natürliche Erklärung in einer im Laufe der Zeit eingetretenen Ordinatenänderung der Dreieckspunkte findet, die dadurch entstanden ist, daß die der Berechnung zugrunde liegenden Winkelbeobachtungen nicht in unmittelbarer Aufeinanderfolge ausgeführt, sondern zeitlich auf die ganze erste Hälfte des vergangenen Jahrhunderts verteilt sind, so daß die in der Lage der Punkte mit der Zeit eingetretenen Änderungen in der Zunahme der Größe der Punktfehler ihren analytischen Ausdruck finden.

Ordinatenänderungen der angedeuteten Art in noch größeren Beträgen zeigen sich bei der Vergleichung der Koordinaten der südbayerischen Dreieckskette mit jenen der identischen Punkte der Landesvermessung, die aus Winkelmessungen berechnet sind, zwischen deren Ausführung teilweise ein Zeitraum von mehr als einem halben Jahrhundert verflossen war.

Um bei dieser Vergleichung die Wirkung der mit dem Berechnungsverfahren zusammenhängenden systematischen Fehler tunlichst auszuschalten sind die verglichenen Koordinaten in beiden Fällen durch denselben Rechner nach dem gleichen Ausgleichungsverfahren ermittelt worden.

Als Ausgangswerte für die Berechnung dienten wieder die im amtlichen Werke über die bayerische Landesvermessung angegebene Länge und Orientierung der oberbayerischen Grundlinie München-Aufkirchen und die in den Sitzungsberichten des Jahres 1906 für die südbayerische Dreieckskette zusammengestellten Winkelbeobachtungen, bei welchen jedoch die alten auf den Stationen: Aufkirchen, Schweitenkirchen, Altomünster und Stauffersberg beobachteten und ausgeglichenen Winkel der Landesvermessung unverändert übernommen werden mußten, da auf diesen Punkten im Jahre 1903 bis 1905 neue Winkelmessungen nicht zur Ausführung gekommen waren.

Die Ergebnisse der beiden neuen Koordinatenberechnungen für die Punkte der Dreieckskette sind in der folgenden Tabelle aufgeführt, geordnet nach der Ordinatengröße in einer von Ost nach West fortlaufenden Reihenfolge, die, wie ein Blick auf die letzte Spalte der Tabelle lehrt, auch der Zunahme der Unterschiede der Ordinatenwerte in den beiden Punktsystemen entspricht.

Als letzter Punkt der nachstehenden Tabelle wurde ein in der Nähe der Bruchlinie von Laufen, am Fuß des Gebirges unweit von Traunstein bei der Ortschaft Kammer liegender Punkt aufgeführt, der im Jahre 1886 vom Observator der bayerischen Erdmessungskommission Dr. K. Oertel durch astronomische Messungen sowie durch Rückwärtseinschneiden auf fünf Hauptdreiecksnetzpunkte der Landesvermessung auch geodätisch festgelegt worden ist.

Seine in der die Überschrift „Landesvermessung“ tragenden Spalte der Tabelle angegebenen sphärischen Koordinaten besitzen die mittleren Fehler

$$m_x = \pm 0,19 \text{ m und } m_y = \pm 0,07 \text{ m.}$$

Koordinatentabelle der Neuausgleichung der Landesvermessung und der südbayerischen Dreieckskette.

Nr.	Punkt	Landesvermessung		südb. Dreieckskette		$dx =$	$dy =$
		x	y	x'	y'	$x' - x$	$y' - y$
1	Watzmann	— 63627.62	— 101661.56	— 63627.75	— 101661.04	— 0.13	+ 0.52
2	Asten T.	— 3814.76	— 85782.99	— 3814.73	— 85782.02	+ 0.03	+ 0.97
3	Hochgern	— 42666.00	— 70760.17	— 42665.88	— 70759.26	+ 0.12	+ 0.91
4	Schnaitsee T.	— 7194.28	— 59480.06	— 7194.34	— 59479.50	— 0.06	+ 0.56
5	Rettenstein	— 89313.41	— 54666.88	— 89312.37	— 54666.07	+ 1.04	+ 0.81
6	Mitbach T.	+ 2960.86	— 33970.62	+ 2960.85	— 33970.60	— 0.01	+ 0.02
7	Wendelstein	— 48295.00	— 32962.72	— 48294.85	— 32962.21	+ 0.15	+ 0.51
8	Aufkirchen T.	+ 18696.59	— 21506.37	+ 18696.58	— 21506.37	— 0.01	+ 0.00
9	Schweitenk. T.	+ 40804.24	— 2498.80	+ 40804.99	— 2498.80	+ 0.75	+ 0.00
10	München n.Fr.T.	0.00	0.00	0.00	0.00	+ 0.00	+ 0.00
11	Altomünster T.	+ 27772.04	+ 23394.61	+ 27772.99	+ 23395.38	+ 0.95	+ 0.77
12	Peissenberg T.	— 37407.14	+ 41985.15	— 37407.56	+ 41986.07	— 0.42	+ 0.92
13	Staufersberg	+ 34377.90	+ 63435.76	+ 34378.74	+ 63437.31	+ 0.84	+ 1.55
14	Kirchheim T.	+ 4304.40	+ 81741.10	+ 4303.94	+ 81742.57	— 0.46	+ 1.47
15	Grüntén	— 64146.51	+ 94295.66	— 64147.19	+ 94296.68	— 0.68	+ 1.02
16	Roggenburg s.T.	+ 15993.25	+ 99813.74	+ 15992.96	+ 99816.23	— 0.29	+ 2.49
17	Änger	— 45909.37	+ 106021.96	— 45909.93	+ 106023.15	— 0.56	+ 1.19
18	Kammer	— 23083.44	— 80874.60	— 23083.06	— 80873.44	+ 0.38	+ 1.16

Sie sind aus den durch die Neuausgleichung des Netzteiles südlich der Donau von den analytischen Netzverschiebungsfehlern befreiten Koordinatenwerten der Ausgangspunkte hergeleitet, welche mit den größtenteils in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts ausgeführten Winkelmessungen berechnet sind. Die kleinen hiebei gefundenen Richtungsfehler von 0,3 bis 0,4 berechtigen zu dem Schluß, daß bemerkenswerte relative Veränderungen in der Lage der verwendeten Ausgangspunkte nicht eingetreten sind.

Im Jahre 1918, also nach Umlauf von 32 Jahren, sind die Koordinaten desselben Punktes durch den Assistenten des geodätischen Instituts Dipl.-Ing. R. Hesselbarth auf Grund neuer im gleichen Jahre auf dem alten Pfeilerfundament ausgeführten Winkelmessungen wiederholt durch Rückwärtsein-

schneiden auf vier benachbarte Hauptnetzpunkte, deren Lage durch die Neuausgleichung der südbayerischen Dreieckskette bekannt war, berechnet worden.

Diese in die Tabelle gleichfalls eingetragenen Koordinaten besitzen die mittleren Fehler

$$m'_x = \pm 0,26 \text{ m und } m'_y = \pm 0,23 \text{ m.}$$

In die Netzskizze wurde der beiläufig in die Mitte der Seite Asten-Hochgern fallende Punkt Kammer nicht eingetragen, da er ursprünglich nicht zur Dreieckskette gehört hat, sondern erst nachträglich für andere Zwecke eingeschaltet worden ist.

Die Vergleichung der neuen Koordinaten des Punktes Kammer mit den daneben stehenden, aus der Landesvermessung durch Neuausgleichung ermittelten Werten liefert die Unterschiede

$$dx = + 0,38 \text{ m und } dy = + 1,16 \text{ m,}$$

die ebenfalls eine heute noch in Gang befindliche, nach Norden und Westen gerichtete Verschiebung des Punktes anzeigen. Der etwas größere Betrag der westlichen Verschiebung von Kammer im Vergleich mit jener der Punkte Asten und Hochgern, auf deren Verbindungslinie er liegt, kann durch die größere Nähe der Bruchlinie von Laufen eine natürliche Erklärung finden.

Auch kommt dabei noch in Betracht, daß bis zur Wiederholung der Winkelmessungen in Kammer eine um 15 Jahre längere Zeit verflossen ist, als bei den Punkten der südbayerischen Dreieckskette, sowie daß die Ausgangspunkte für die Berechnung der Lage von Kammer zum größeren Teil Gipfel-punkte der Nordkette der Alpen sind, welche an der Westwanderung in geringerem Maße beteiligt sind, als die Punkte des Alpenvorlandes.

Um einen besseren Überblick über das Größenverhältnis der in der Tabelle in Zahlen angegebenen Lageänderungen zu gewinnen, sind dieselben in der am Kopf des Textes stehenden Figur in stark vergrößertem Maßstab graphisch dargestellt, wobei die Ordinaten und Abszissenänderungen zu einer Resul-

tierenden zusammengefaßt wurden, deren Größe mit dem Abstand der Punkte von München sichtlich zunimmt.

Der Voraussetzung gemäß ist die Lageänderung für die Endpunkte der Grundlinie München und Aufkirchen Null. Auch für Mitbach ist sie verschwindend gering gefunden worden, während sie auf den übrigen Punkten teilweise beträchtliche Werte bis zu 2.5 m bei Roggenburg aufweist.

Die Punkte 1 und 5 der Tabelle, Watzmann und Rettenstein, auf welchen von bayerischer Seite zu Anfang des Jahrhunderts Winkelmessungen nicht ausgeführt wurden, sind in die Netzskizze ebensowenig wie Kammer aufgenommen worden; ihre Lageänderung ist mit 0.5 m bzw. 0.8 m in der Ordinatenrichtung aus der Tabelle zu ersehen. Bei den München kranzförmig umgebenden Punkten fällt die von diesem Punkte in radialer Richtung auslaufende Verschiebung auf, welche durch ein Abgleiten derselben von einer kuppelförmigen Aufwölbung des Grundgebirges bedingt sein könnte.

Bemerkenswert ist ferner, daß die Verschiebungen der Netzpunkte im Gebiet westlich von München, in welchem der Rand der Juraerhebung dem Fuße der Alpen sich nähert, offenbar zunehmen.

Daß die Ordinatenänderung des Punktes Roggenburg einen größeren Wert als jene der Nachbarpunkte zeigt, ist wahrscheinlich durch den Einfluß der Bodenrefraktion in Aenger auf die Zielrichtung nach Roggenburg bedingt.

Zur Zeit der Landesvermessung stand in Änger der Theodolit auf einem 20 m hohen Pfeilergerüst, während bei den späteren Winkelmessungen ein im Jahre 1885 erbauter Betonpfeiler von nur 2.2 m Höhe als Instrumentenstandort diente und die von da nach Roggenburg gerichtete Ziellinie den in dieser Richtung verlaufenden Rücken des Kreuzlesberges nahezu streifte; es kann sich daher hier ein schädlicher Einfluß der Bodennähe durch Verschwenkung der Zielrichtung um mehrere Sekunden geltend gemacht haben, wie sich auch durch die graphisch analytische Darstellung der in Änger beobachteten Strahlenrichtungen nachweisen läßt.

Über die theoretische Genauigkeit der Berechnungsergebnisse der südbayerischen Dreieckskette mag noch bemerkt werden, daß sich der mittlere Winkelfehler für das durchschnittliche Gewicht zu $\pm 0''.46$ ergab.

Die mittleren Koordinatenfehler wurden aus den Gewichtsgleichungen für 13 Netzpunkte berechnet und in guter Übereinstimmung mit den Ausgleichungsergebnissen des zur Vergleichung herangezogenen Neuberechneten Netzteiles der Landestriangulierung südlich der Donau zu

$$m_x = \pm 0.28; m_y = \pm 0.35 \text{ m}$$

gefunden. Die Gewichtswerte sind dabei umgekehrt proportional zu den Quadraten der mittleren Richtungsfehler gesetzt worden. Der etwas größere Wert des Ordinatenfehlers m_y erklärt sich aus dem Umstand, daß bei der Netzberechnung die auf den oben genannten Stationen ausgeführten älteren Winkelmessungen Verwendung finden mußten, bei denen offenbar die zwischen ihrer Ausführung verflossene längere Zeit, innerhalb welcher sich ebenfalls eine Lageänderung der Punkte vollzogen haben muß, nicht ohne schädlichen Einfluß geblieben ist. Die Unsicherheit der Ordinatenbestimmung ist hiedurch offenbar vergrößert worden.

In der Netzskizze tritt ferner die nach Westen gerichtete Parallelverschiebung der Dreiecksseiten deutlich hervor.

Die mit der Verschiebung der oberen Bodenschichten in Zusammenhang stehende Schichtenzereißung bei Laufen, welche in Heft 2 der Ergänzungsmessungen zum bayerischen Präzisionsnivelement München 1919 eingehend behandelt und in der S. 20 dieser Veröffentlichung beigegebenen Kartenskizze dargestellt worden ist, konnte in die vorstehende Abbildung nicht aufgenommen werden, da sie weiter nach Südosten gelegen ist und über den Bereich der Darstellung hinausfällt.

Darüber, daß tatsächlich in der Zeit zwischen der Ausführung der bayerischen Landestriangulierung in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts und der Zeit der Winkelbeobachtungen in der südbayerischen Dreieckskette eine Ver-

schiebung von identischen Punkten beider Messungen besonders in der Westrichtung, also eine Westwanderung dieser Punkte, von einer Größe, welche die mittlere Unsicherheit der Messung wesentlich überschreitet, eingetreten ist, kann nach den vorstehenden Ausführungen kein Zweifel mehr bestehen.

Wenn daher bisher die Aufgabe der Geodäsie in der Bestimmung der gegenseitigen Lage von Messungspunkten auf der als fest angenommenen Erdoberfläche bestanden hat, so sollte künftighin auch den Veränderungen in der Lage von Punkten der Erdkruste durch tektonische Kräfte eine größere Beachtung geschenkt werden.

In der Netzskizze am Kopfe der vorstehenden Abhandlung sind auch die das Voralpengebiet durchschneidenden nach Norden laufenden Gebirgsflüsse Salzach, Alz, Inn, Isar, Lech, Wertaach und Iller eingetragen.

Der Verlauf ihrer in die oberen Bodenschichten teilweise tief eingeschnittenen Gerinne läßt durchweg eine nach Westen gerichtete Ausbuchtung deutlich erkennen und weist auf eine bereits seit Jahrhunderten im Gange befindliche Bewegung dieses ganzen Gebietes nach Westen hin, welche durch die Koordinatenänderung der Dreieckspunkte der südbayerischen Dreieckskette für eine geringe Zeitspanne der Neuzeit im vorstehenden ziffermäßig nachgewiesen ist.
