

Über einen Versuch, aus dem Vergleich der Landestriangulation erster Ordnung von 1911 bis 1916 mit der Gradmessungstriangulation von 1860 bis 1879 Krustenbewegungen in der Schweiz nachzuweisen

Autor(en): **Kobold, Fritz / Habib, Abdel Fattah**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **64 (1966)**

Heft 7

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-220765>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Littérature

- [1] *Kobold, F.*: Bestimmung von Deformationen an Bauwerken (Schweizerische Bauzeitung, mars 1958).
- [2] *Richardus, P.*: Triangulation im Lichte der mathematischen Statistik. Messungen von Deformationen an Bauwerken (Zeitschrift für Vermessungswesen, novembre 1964).
- [3] *Wolf, H.*: Zur Anwendung von Verfahren der mathematischen Statistik (Zeitschrift für Vermessungswesen, novembre 1964).
- [4] *Kondraschkof*: Elektrooptische Entfernungsmessung (VEB Berlin).
- [5] *Ansermet, A.*: L'électrotéléométrie et ses applications (Publication, EPUL, 1965, N° 86).
- [6] *Wolf, H.*: Methode der kleinsten Quadrate (Hanseatische Verlagsanstalt GmbH, Hamburg).

Über einen Versuch, aus dem Vergleich der Landestriangulation erster Ordnung von 1911 bis 1916 mit der Gradmessungstriangulation von 1860 bis 1879 Krustenbewegungen in der Schweiz nachzuweisen

Von Fritz Kobold und Abdel Fattah Habib

Zusammenfassung

Durch Vergleich der Richtungen und der Koordinaten im Gradmessungsnetz und im Netz erster Ordnung der Eidgenössischen Landestopographie wird versucht, tektonische Bewegungen in der Schweiz nachzuweisen. Die angewandten Methoden sowie die Ergebnisse werden in äußerster Zusammenfassung dargestellt. Einzelheiten finden sich in der Dissertation Habib.

Bei den Punkten Cramosino, Chasseral und Rigi zeigen sich kleine Verschiebungen, die jedoch nicht auf tektonische Bewegungen zurückführen lassen, sondern Folgen von lokalen Rutschungen sind.

Tektonische Bewegungen lassen sich daher nicht nachweisen.

Résumé

On essaye de déterminer des mouvements de l'écorce terrestre en Suisse par la méthode de la comparaison des directions et des coordonnées dans le réseau international de 1860–1879 et dans le réseau primordial du Service topographique fédéral. Les méthodes appliquées ainsi que les résultats sont donnés dans un aperçu extrêmement conçu. Les détails se trouvent dans la thèse de M. Habib.

On constate des petits déplacements pour les points Cramosino, Chasseral et Rigi, dont la raison ne peut être trouvée dans des mouvements tectoniques. Ils s'expliquent par des glissements locaux.

En conclusion on ne peut pas prouver l'existence de mouvements de l'écorce terrestre en Suisse.

1. Problem

Seit langem vertreten Geologen die Auffassung, daß die Bewegungen der äußersten Teile der Erdoberfläche, der Erdkruste, auch in den Gebieten, die als alte, zur Ruhe gekommene Zonen gelten, nicht als abgeschlossen betrachtet werden dürfen. Zahlreiche Erscheinungen an der Erdoberfläche deuten darauf hin, daß einzelne tektonische Bewegungen noch andauern, wobei allerdings die Geschwindigkeiten recht klein sind. Das Studium solcher Krustenbewegungen ist in den letzten Jahren zu einem bedeutungsvollen Anliegen der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik geworden.

Die internationale Assoziation für Geodäsie beauftragte denn auch ihre permanente Kommission Nr. 7 mit der Erforschung rezenter Bewegungen.

Um die Beträge dieser Krustenbewegungen zu erfassen, sind geodätische Messungen nötig, die in zwei möglichst weit auseinanderliegenden Zeitpunkten durchgeführt werden. Aus dem Vergleich dieser Messungen lassen sich Bewegungsrichtung und Bewegungsgeschwindigkeit berechnen. Als geodätische Messungen können Nivellemente oder Triangulationen verwendet werden. Günstige Ergebnisse sind auch von der Trilateration zu erwarten, doch liegen heute wohl überall nur erste Messungen vor.

Da Alpen und Jura zu den jüngeren Gebirgen gehören, ist schon vor Jahrzehnten vermutet worden, daß in deren Raum Bewegungen nachweisbar sein sollten. Eingehende Untersuchungen hat wahrscheinlich als erster der bekannte Alpengeologe Prof. Albert Heim vor rund 80 Jahren angestellt. In seiner Schrift [2] zog er den Schluß, daß sich der im Jura liegende Punkt Lägern den Punkten Napf und Rigi, die beide auf Voralp pengipfeln liegen, im Zeitraum von etwas über 30 Jahren um etwa 1 m genähert habe. Er stützte sich dabei auf den Vergleich der Ergebnisse der alten Triangulation erster Ordnung der Schweiz, der sogenannten Eschmann-Triangulation, die zu Beginn des 19. Jahrhunderts beobachtet worden war, mit den Ergebnissen des sogenannten Gradmessungsnetzes, das von der Schweizerischen Geodätischen Kommission (SGK) in den Jahren von ungefähr 1860 bis 1879 beobachtet wurde. Aus diesem einzigen Dreieck zog er den sehr allgemeinen Schluß, daß sich eine Verschiebung des Alpenkörpers gegenüber dem Jura nachweisen lasse. Er vermutete, daß die Entfernung zwischen Alpen und Jura in den 30 Jahren, die zwischen den beiden Beobachtungsepochen liegen, um etwa 1 m kleiner geworden sei. Daß die Entfernung kleiner und nicht größer geworden war, paßte zu den damaligen Auffassungen über die Schrumpfung der Erdrinde. Kurz nach Erscheinen dieser Schrift übte ein Ingenieur der Schweizerischen Geodätischen Kommission, Dr. J. B. Messerschmitt, Kritik [3] an den Ausführungen Heims.

Er wies mit Recht darauf hin, daß die aus den Berechnungen hervorgehenden verschiedenen Lagen gleicher Punkte im alten und im neuen Netz keineswegs auf reelle Lageänderungen zurückgeführt werden müßten. Die Ursache des Nichtübereinstimmens der Koordinaten der drei Punkte Lägern

gern, Rigi und Napf sei vielmehr darin zu suchen, daß einmal der Maßstab des alten Netzes nicht mit dem Maßstab des neuen übereinstimme und daß sodann die Verschiebungsbeträge sich durch die Ungenauigkeiten an den Winkelmessungen, namentlich an alten, ohne weiteres erklären lassen.

Systematische Untersuchungen ähnlicher Art sind seither nicht mehr angestellt worden.

Das Problem erneut anzupacken, hat wegen der zu vermutenden Kleinheit der Verschiebungen nur dann einen Sinn, wenn wesentlich genauere Beobachtungen als diejenigen von Eschmann zum Vergleich herangezogen werden können. Diese günstigen Voraussetzungen liegen seit Fertigstellung des modernen Netzes erster Ordnung, das von der Eidgenössischen Landestopographie (L + T) in den Jahren 1910 bis 1916 beobachtet worden ist, vor. In einer Dissertation, die unter Leitung der Prof. Kobold und Kasper entstand und die demnächst im Druck erscheinen wird, hat Herr A. F. Habib das Problem zu lösen versucht. Der vorliegende Aufsatz gibt einen Überblick über die durchgeführten Studien und über die Ergebnisse.

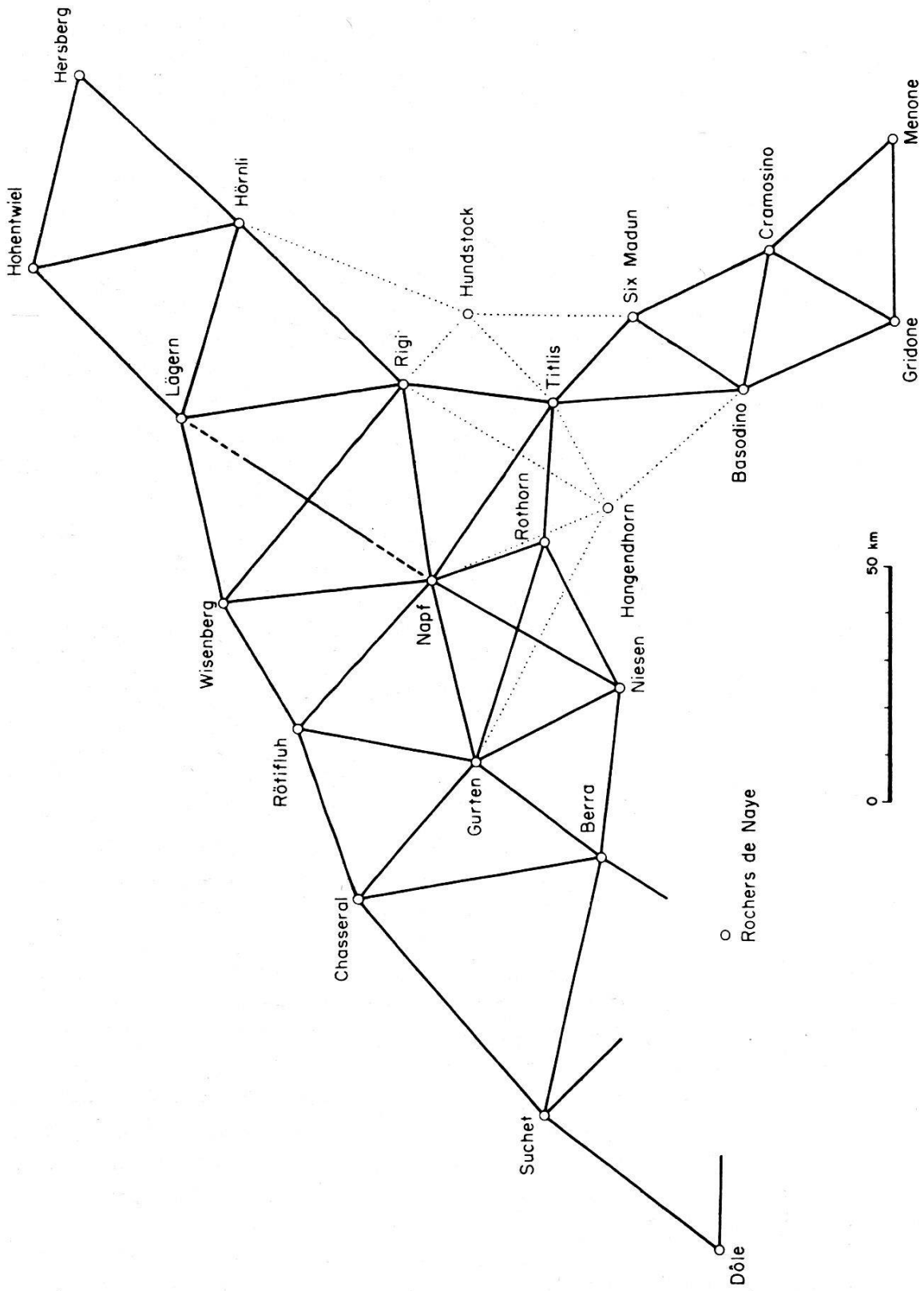
2. Auswahl der Punkte

Das Gradmessungsnetz besteht aus einem E–W-Ast zwischen Bodensee und Genfersee und einem N–S-Ast, der, am E–W-Ast in den Punkten Napf, Rigi und Hörnli anschließend, über Hangendhorn, Titlis, Hundstock, Six Madun und andern Stationen bis zu den Punkten Gridone (SW Locarno) und Menone (SE Bellinzona) geführt wird (Fig. 1).

Das Netz der Landestopographie bedeckt als Flächennetz das ganze Land. Die Punkte im Mittelland und im Jura sind mit denen des Gradmessungsnetzes identisch, ebenso die Punkte Titlis, Six Madun sowie alle Punkte im Tessin. Das neue Netz enthält jedoch die alten Punkte Hangendhorn und Hundstock nicht, so daß der Anschluß an das Mittellandnetz nicht in gleicher Art geschehen kann wie beim Gradmessungsnetz.

Es wird daher von besonderer Bedeutung sein, die Lage des Punktes Titlis im alten und im neuen Netz festzustellen. Wie Figur 1 zeigt, sind zur Lösung des Problems auch noch die Punkte Niesen und Rothorn in die Untersuchung einbezogen worden, obwohl sie nicht zum eigentlichen Gradmessungsnetz gehören. Sie wurden in den Jahren 1890 beobachtet und an das Gradmessungsnetz angeschlossen. Da die Untersuchung zeigt, daß bei diesen Punkten Verschiebungen sich nicht nachweisen lassen, bestanden keine Bedenken, die Beobachtungen von 1890 im Gradmessungsnetz mitzunehmen.

Auf den Punkt Feldberg wurde verzichtet, da von ihm nur alte Beobachtungen (1864) vorliegen. Er wurde im Rahmen des neuen Triangulationsnetzes von 1911/16 nicht mehr beobachtet. Nach Angaben der Schweizerischen Landestopographie sind die Zentren der Stationen Hohentwiel, Hersberg, Hörnli, Lägern, Rigi, Wisenberg, Napf, Gurten, Chasseral, Berra, Dôle, Basodino, Six Madun, Cramosino, Gridone und Menone im Gradmessungsnetz mit denen des Netzes der L + T identisch.



Figur 1

Dagegen wurden die Gradmessungszentren auf Titlis und Rötiflüh durch neue Zentren ersetzt. Zweifel über die Lage der alten und der neuen Zentren bestehen jedoch auch hier im allgemeinen nicht.

Für die Berechnung wurden durchwegs die alten Beobachtungen auf die neuen Zentren reduziert.

Vor Inangriffnahme der Arbeit war die zu erwartende Genauigkeit abzuschätzen. Sie ergibt sich aus den mittleren Richtungsfehlern, sofern man für die beiden Netze dieselbe Ausgangsseite einführt.

Der mittlere Richtungsfehler, berechnet aus den Beobachtungen der SGK, beträgt ungefähr $\pm 1,0''$ und im Netz der L+T ungefähr $\pm 0,3''$. Maßgebend ist daher fast ausschließlich die nicht hohe Genauigkeit der Richtungen im Gradmessungsnetz. Man wird daher im allgemeinen die auf Grund der Berechnung erhaltenen Verschiebungen im Gradmessungsnetz zwischen benachbarten Punkten nur dann vielleicht als reell betrachten dürfen, wenn sie den Betrag von 20 cm überschreiten, da die durchschnittliche Seitenlänge bei ungefähr 30 km liegt.

Die Untersuchung wird in die Lösung der folgenden drei Probleme unterteilt:

- Vergleich der alten mit den neuen Beobachtungen
- Vergleich der aus den Gradmessungsbeobachtungen und den neuen Beobachtungen berechneten Koordinaten
- Untersuchung einzelner kritischer Punkte des Netzes

3. Vergleich der Beobachtungen im Gradmessungsnetz (SGK, 1860–1879) mit den Beobachtungen im Netz erster Ordnung (L+T, 1914/16)

Ohne weitere Untersuchung konnten die Beobachtungen der Eidgenössischen Landestopographie für das Netz 1911/16 übernommen werden, da sie sich bei früheren Untersuchungen und Berechnungen als einwandfrei erwiesen hatten.

Anders steht es mit den Beobachtungen im Gradmessungsnetz. Die Ingenieure der Schweizerischen Geodätischen Kommission hatten in den ersten Jahren nach der Repetitionsmethode beobachtet. Die Genauigkeit befriedigte schon damals nicht. Die Ursache liegt jedoch wohl weniger im Repetitionsverfahren als vielmehr darin, daß nach Signalen und nicht nach Heliotropen beobachtet wurde. In den späteren Jahren wurden durchweg Heliotropen eingesetzt. Eigenartigerweise verließ man jedoch das Repetitionsverfahren, obwohl nur Repetitionstheodolite verwendet wurden. Man maß nun Sätze.

So liegen für das Gradmessungsnetz sowohl nach dem Repetitionsverfahren beobachtete Winkel als auch Satzmessungen vor. Die Ingenieure der Kommission haben vor bald hundert Jahren in mühsamer Arbeit ausgeglichene Richtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Sie führten dabei Gewichte ein, die vom Beobachter und vom Instrument abhängig waren. In korrektester Weise führten sie in die Ausgleichung alle Beobachtungen ein, selbst dann, wenn die Anwendung dieses an sich so richtigen Prinzips zu offensichtlichen Verfälschungen der Re-

sultate führen mußte. Sie hätten doch erkennen müssen, daß in Winkeln, die bis zu 20" vom Mittel abweichen, nicht nur zufällige Fehler stecken konnten, sondern daß hier grobe Fehler vorlagen, die erlaubt hätten, die entsprechenden Beobachtungen zu streichen.

Diese Gründe veranlaßten den Bearbeiter, alle Stationsausgleichungen neu zu rechnen. Er erlaubte sich dabei, einzelne wenige Beobachtungen in der Ausgleichung nicht zu berücksichtigen, jedoch nur dann, wenn sie um mehr als 6" vom Mittel abwichen. Damit ergaben sich hie und da Änderungen an den früheren Mitteln bis zu 1", und selbstverständlich wurden die mittleren Fehler kleiner. Im allgemeinen konnten die auf diese Art gebildeten neuen Mittel aus Repetitions- und Satzmessungen mit den Werten der Triangulation 1911/16 verglichen werden. Nur ausnahmsweise waren weitere Untersuchungen nötig, die darin bestanden, daß die Repetitionswinkel getrennt von den Sätzen behandelt wurden. Dabei zeigte sich, daß die Repetitionsmittel in der Mehrzahl der Fälle besser mit den Messungen 1911/16 übereinstimmten als die Satzmessungen. Über die Einzelheiten des Vorgehens wird der Verfasser in einer der nächsten Nummern dieser Zeitschrift berichten.

Im einzelnen zeigte der Vergleich zwischen den neu gebildeten Mitteln aus den Beobachtungen im Gradmessungsnetz mit den Beobachtungen von 1911/16 folgendes:

1. Für die große Mehrzahl der Stationen konnten die publizierten Richtungssätze [1] der SGK unverändert übernommen werden. Ausnahmen machen die Stationen Hohentwiel, Lägern, Titlis und Menone, wo als günstigste Werte neue Teil- oder Gewichtsmittel berechnet werden mußten.

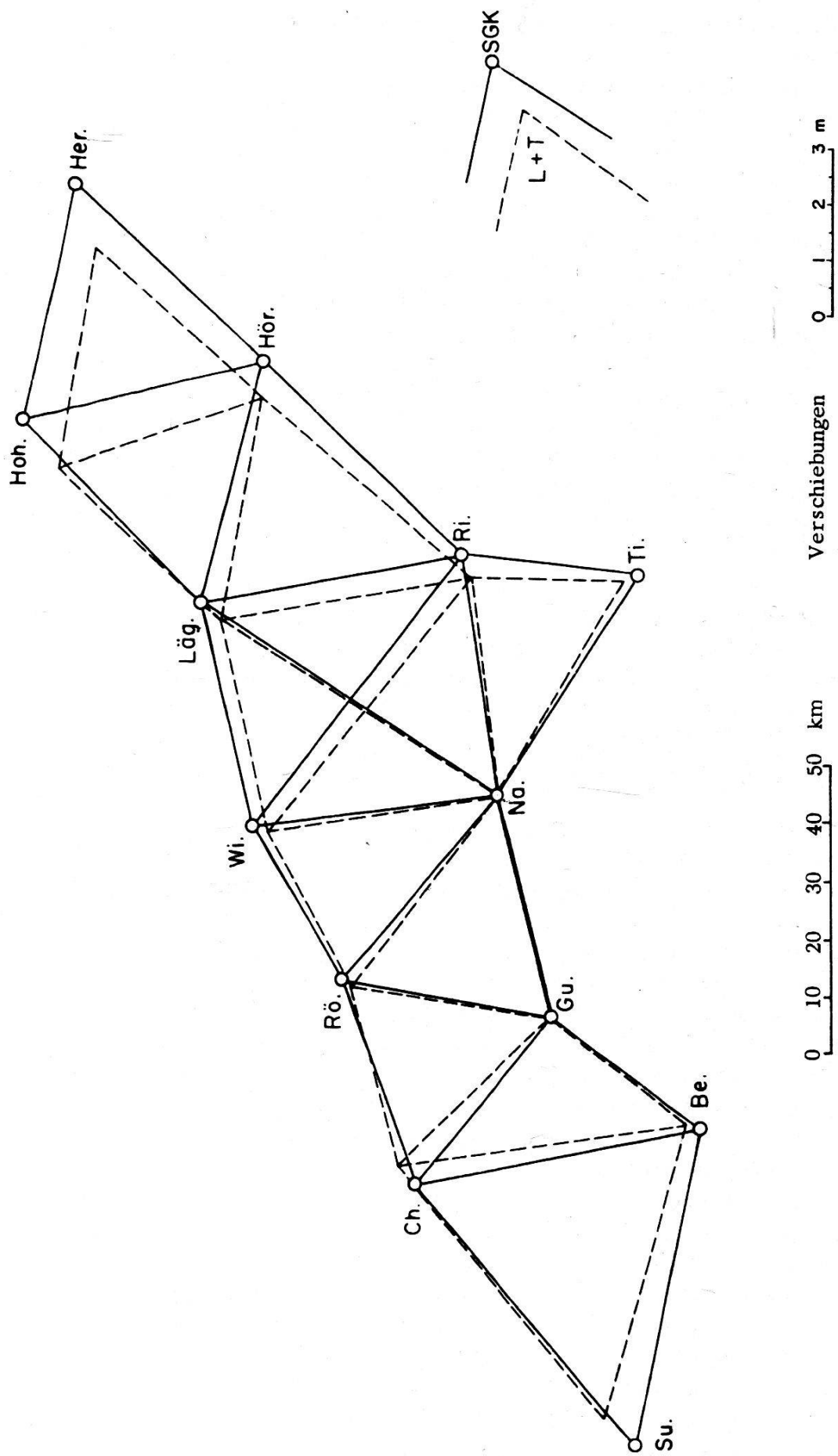
Anlaß zu weitem Untersuchungen, die vielleicht mit Punktverschiebungen im Zusammenhang stehen, geben jedoch die im folgenden aufgeführten anormal großen Unterschiede zwischen gleichen Richtungen im Gradmessungsnetz und im Triangulationsnetz 1911/16.

2. Bei der großen Mehrzahl der Stationen liegen die extremen Differenzen gleich orientierter Richtungen zwischen den Messungen von 1860/79 und 1911/16 bei 1,00". In der Regel erreichen sie nicht einmal 0,80".

Da der mittlere Fehler einer Richtung im alten Netz bei ungefähr $\pm 1,0''$ liegt, ist die Übereinstimmung befriedigend. Sie erlaubt den Schluß, daß bei allen diesen Punkten Verschiebungen, die den Betrag von etwa 20 cm wesentlich überschreiten, nicht wahrscheinlich sind.

3. Die größten Differenzen zwischen gleich orientierten Richtungen treten bei der Station Cramosino mit $-2,69''$ und $+3,00''$ und bei der Station Gridone mit $-1,74''$ und $+2,33''$ auf. Recht groß sind auch die Differenzen der Station Rigi mit $-1,45''$ und $+1,35''$. Von der gleichen Größenordnung sind die Differenzen auf Chasseral mit $-1,32''$ und $+0,80''$, auf Gurten mit $-2,09''$ und $+0,81''$, auf Suchet mit $-0,96''$ und $+1,20''$ sowie auf Rötifluh mit $-1,39''$ und $+0,90''$.

Lassen auch diese großen Differenzen noch keinen zuverlässigen Schluß über Punktverschiebungen zu, so deuten sie doch darauf hin, daß eventuelle Lageänderungen am ehesten bei den Punkten Chasseral, Rigi



Figur 2

und Cramosino aufgetreten sind. Alle anderen Punkte dürfen praktisch als unverändert betrachtet werden. Allfällige Verschiebungen werden daher bei ihnen den Betrag von 20 cm nicht erreichen.

4. Vergleich der Koordinaten

Um die Netze der SGK und der L + T auf ihre Übereinstimmung weiter zu untersuchen, werden beide oder Teile von ihnen in genau gleicher Art berechnet.

Aus den ausgeglichenen Richtungen oder aus Koordinatendifferenzen lassen sich dann Schlüsse über eventuelle Punktverschiebungen ziehen. Dabei erweist es sich als zweckmäßig, das untersuchte Netz in den Mittellandteil und in den alpinen Teil zu unterteilen und jeden dieser Teile für sich auszugleichen.

Aus der Netzausgleichung, die nach dem Boltzschen Entwicklungsverfahren durchgeführt wurde, ergab sich mit den Messungen der SGK ein mittlerer Richtungsfehler von $\pm 0,66''$ im Mittelland und von $\pm 0,65''$ im Alpennetz. Die Genauigkeit der alten Messungen darf daher mit Rücksicht auf die damals benützten Mittel als gut bezeichnet werden. Für die Messungen der L + T ergeben sich als mittlere Richtungsfehler $\pm 0,34''$ im Mittelland und $\pm 0,17''$ im alpinen Teil des Netzes.

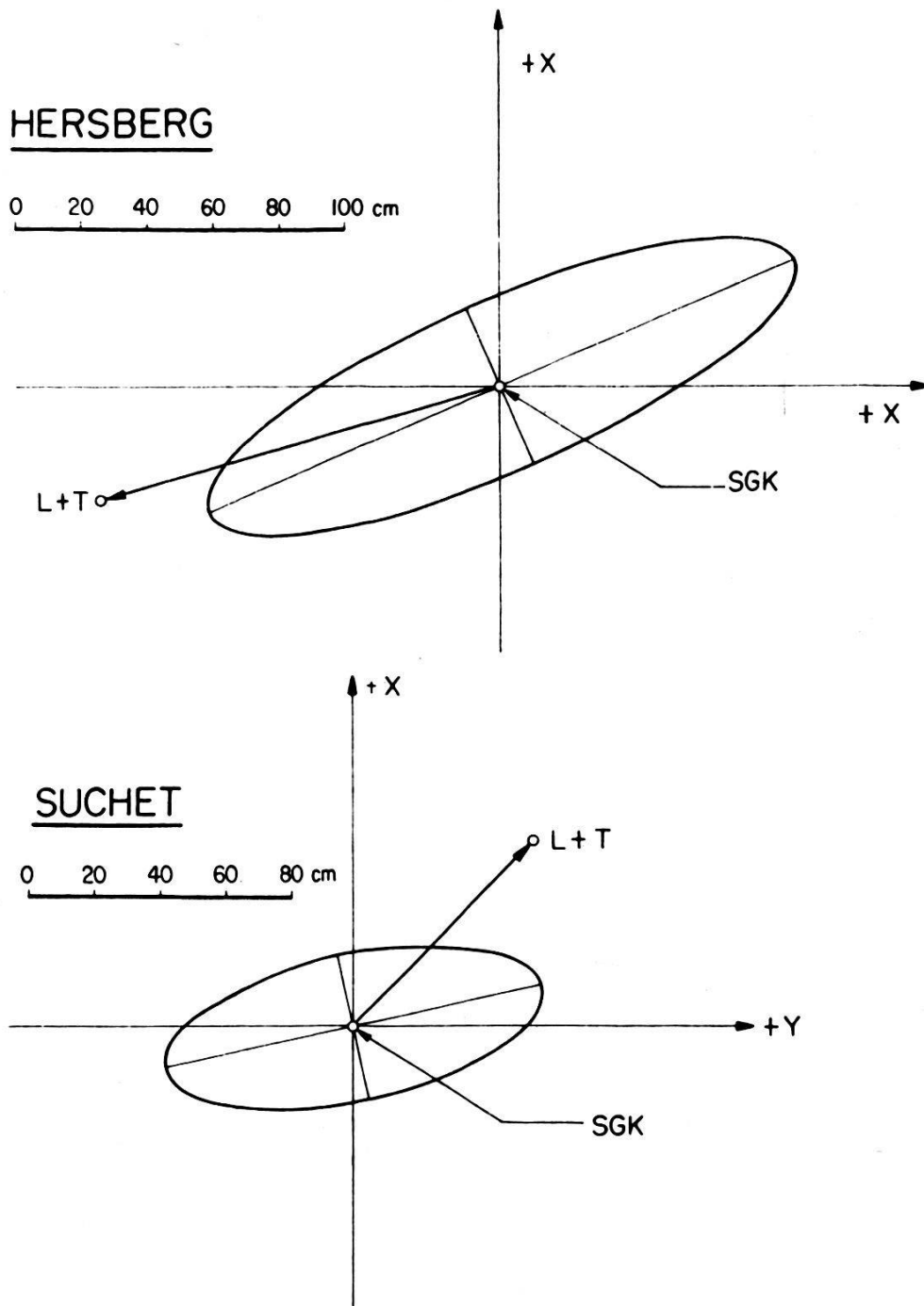
Die ausgeglichenen Richtungen des alten und des neuen Netzes dienen nun zur Berechnung der Koordinaten, wobei als Ausgangsseite für das Mittellandnetz die Seite Gurten–Napf, für das alpine Netz die Seite Titlis – Six Madun benützt werden, die beide als unverändert gelten dürfen.

In der Figur (2) sind die Verschiebungen der Punkte eingetragen. Sie führen zu folgenden Schlüssen:

a) Geht man von der Ausgangsseite Gurten–Napf nach Norden und Osten, so zeigen sich bei Wisenberg und Rigi Änderungen der Lage, die nach Osten scheinbar zunehmen, die jedoch nur eine Folge der Lageverschiebungen auf Wisenberg und Rigi sind. Geht man von der Ausgangsseite nach Süden und Westen, so fällt die große Verschiebung des Punktes Chasseral im Betrage von rund 50 cm auf. Sie erklärt auch die Verschiebungen der Punkte Berra und Suchet.

Ersten Aufschluß über die Realität von Verschiebungen geben die mittleren Fehlerellipsen der Punkte Hersberg und Suchet (Fig. 3). Beim Endpunkt Hersberg ist die Verschiebung um wenigens größer als der zugehörige Radiusvektor der mittleren Fehlerellipse. Eine Verschiebung ist daher nicht nachzuweisen. Eine kleine mögliche Verschiebung des Punktes Rigi wäre daher ohne praktischen Einfluß auf Hersberg. Beim zweiten Endpunkt Suchet ist die berechnete Verschiebung etwa doppelt so groß wie der zugehörige Radiusvektor der mittleren Fehlerellipse (Fig. 3). Der große Betrag ist wahrscheinlich auf eine Verschiebung des Punktes Chasseral zurückzuführen.

b) Im Alpentheil des Netzes (Fig. 4) zeigen sich große Differenzen in den Koordinaten bei den Punkten Cramosino, Gridone und Menone, die im folgenden Abschnitt untersucht werden sollen.



Figur 3

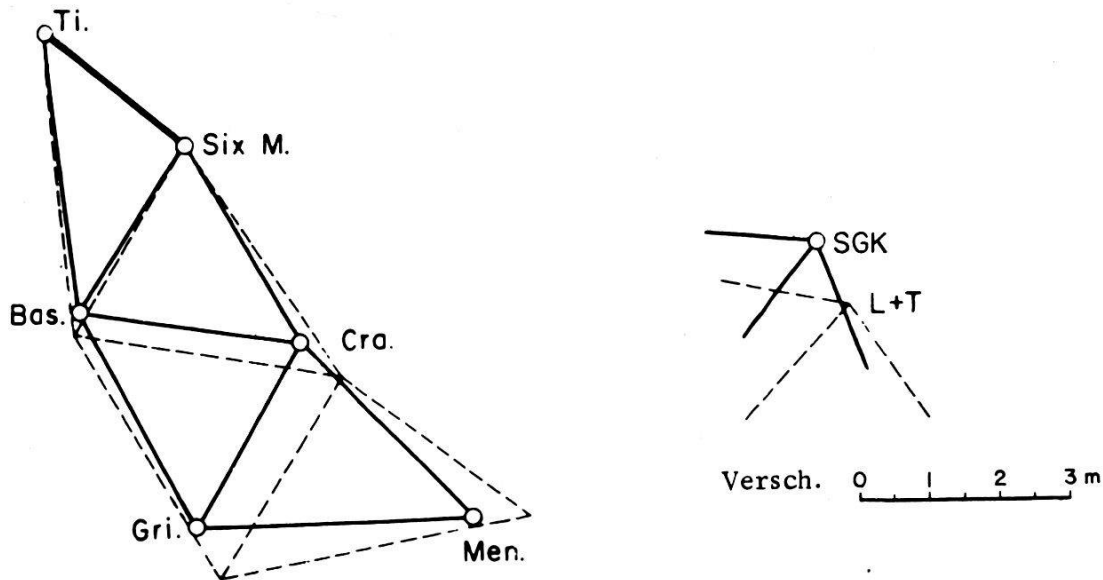
5. Nähere Untersuchung der Lage der kritischen Punkte

Sowohl der Vergleich der Beobachtungen der SGK mit denen der L+T als auch der Vergleich der geodätischen Koordinaten beider Netze zeigen, daß bei den Stationen Hersberg, Hohentwiel, Hörnli, Lägern, Napf, Wisenberg, Rötifluh, Gurten, Suchet, Berra, Dôle, Titlis, Six Madun, Basodino und Menone Punktverschiebungen im Zeitraum zwischen etwa 1865 und 1915 nicht nachzuweisen sind.

Denkbar sind jedoch auf Grund der Untersuchung Verschiebungen auf den Punkten Chasseral, Rigi, Cramosino und Gridone. Die nächste Unter-

suchung besteht darin, daß diese Stationen sowohl mit den Beobachtungen der SGK als auch mit den Beobachtungen der L + T durch Einschneiden auf Grund festgebliebener Punkte berechnet werden. Da das Netz der L + T viel genauer ist als das der SGK, werden die Koordinaten benützt, die sich aus der Ausgleichung der L + T-Beobachtungen ergeben.

Aus den auf diese Weise berechneten Koordinaten, die voneinander verschieden sein werden, kann unter Berücksichtigung der mittleren Fehler auf die Realität von Punktverschiebungen geschlossen werden.



Figur 4

Es handelt sich bei dieser Untersuchung um die Beurteilung, ob die durch die Punkteinschaltungen ermittelten Koordinatendifferenzen zwischen beiden Netzen als tatsächliche Verschiebungen, das heißt als reell, betrachtet werden dürfen oder ob sie sich aus dem Umstand erklären lassen, daß die Beobachtungen fehlerhaft sind und daß die berechneten Verschiebungen demzufolge als nicht vorhanden zu betrachten sind. Die Antwort auf die Frage ist dann leicht, wenn die Verschiebungen den dreifachen Betrag der mittleren Fehler wesentlich überschreiten. Man wird dann keine Bedenken haben, sie als reell zu betrachten. Umgekehrt wird man sie nicht als vorhanden beurteilen, wenn sie innerhalb des anderthalbfachen oder des doppelten mittleren Fehlers liegen. Schwierig wird die Beurteilung, wenn sie zwischen dem anderthalbfachen oder doppelten und dem dreifachen mittleren Fehler liegen. Man wird dazu neigen, mit den Methoden der modernen Statistik die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten der Verschiebungen genauer zu rechnen, als dies normalerweise auf Grund der Regeln der gewöhnlichen Fehlertheorie getan wird. Wir stoßen jedoch hier auf die Schwierigkeit, daß wir das tatsächliche Verteilungsgesetz der Fehler nicht kennen. Wir sind aber auch nicht in der Lage, dieses Verteilungsgesetz aufzustellen, da die Zahl der Beobachtungen zu klein ist und da in gewissen Beobachtungen systematische Fehler nach-

weisbar, die jedoch im einzelnen nicht erfaßbar sind. So bleibt praktisch doch wohl nichts anderes übrig, als die aus der Fehlertheorie bekannten elementaren Regeln über die Fehlerwahrscheinlichkeit anzuwenden.

1. Rigi

1.1. Für die nähere Untersuchung dürfen als unveränderte Ausgangspunkte die Stationen Hörnli, Lägern, Wisenberg und Napf gelten. Die Punktlage der Station Rigi wurde daher im alten und neuen Netz nach dem Verfahren der Einzelpunkteinschaltung bestimmt, und zwar als Vorwärts-, Rückwärts- und kombiniertes Einschneiden. Die Koordinatenänderungen und die mittlere Fehlerellipse sind in Figur 5 eingetragen. Sie lassen sich wie folgt interpretieren:

Das Vorwärtseinschneiden [1] gibt sowohl für die Messungen der SGK als auch für die Messungen der L+T kleine mittlere Koordinatenfehler. Sie liegen bei ± 3 cm für die Messungen der SGK und bei ± 6 cm für die Messungen der L+T. Die Koordinaten der SGK und der L+T unterscheiden sich jedoch um Beträge größer als die dreifachen mittleren Fehler. Es zeigt sich daher auf Grund von Figur 5, daß eine Verschiebung des Punktes von etwa 20 cm in SW-Richtung wahrscheinlich, wenn auch nicht verbürgt ist.

Das Rückwärtseinschneiden [2] zeigt eigenartige Resultate. Die Beobachtungen der L+T geben außerordentlich kleine mittlere Koordinatenfehler von ± 3 cm und ± 2 cm. Die Koordinaten stimmen im Rahmen der mittleren Fehler mit den Ergebnissen des Vorwärtseinschneidens für die Messungen der L+T überein.

Im Gegensatz dazu werden die mittleren Fehler bei den Messungen der SGK anormal groß, nämlich ± 29 und ± 19 cm. Sie sind erneut ein Zeichen dafür, daß die Beobachtungen der SGK auf der Station Rigi trotz den vielen Wiederholungen ungenau sind. Die berechnete Punktverschiebung kann sicher nicht als reell, vielleicht als wahrscheinlich gelten, da sie etwa doppelt so groß ist wie der mittlere Fehler. Bemerkenswert ist jedoch, daß sie in ähnlicher Richtung liegt wie die bei Vorwärtseinschneiden gefundene.

Das kombinierte Einschneiden wurde einmal mit gleichen Gewichten [3] für alle Richtungen und einmal mit verschiedenen Gewichten [4] durchgeführt. Die Unterschiede sind gering. Die beim Vorwärtseinschneiden gefundenen Verschiebungen werden bestätigt.

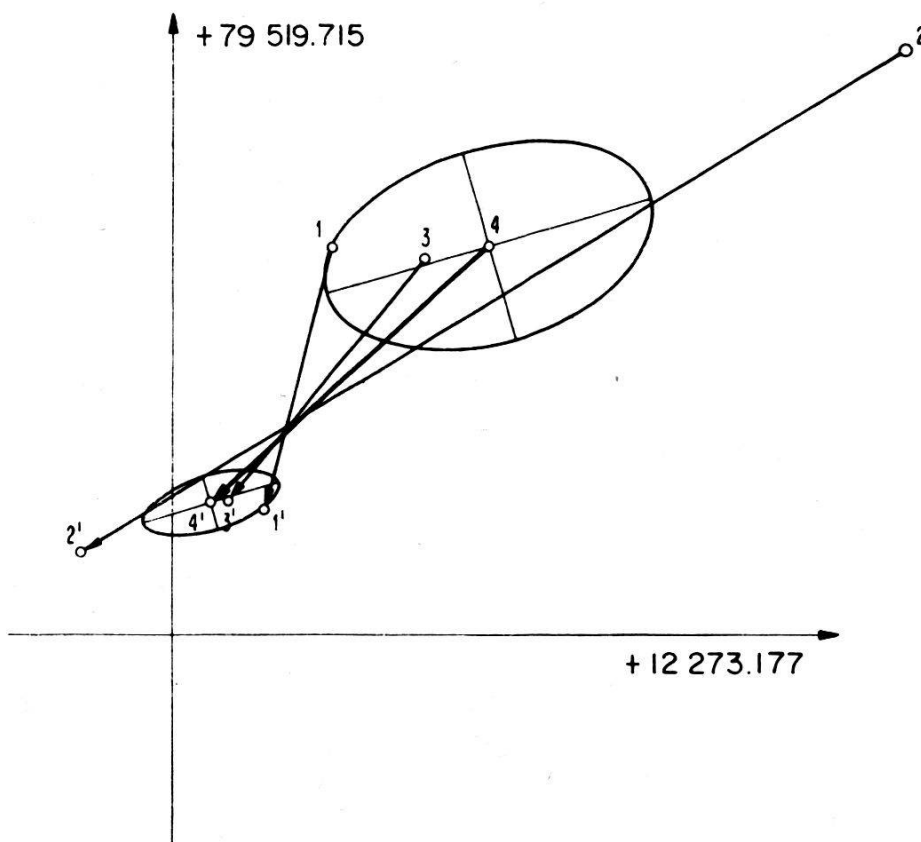
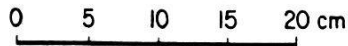
Fassen wir das Ergebnis der Untersuchung zusammen, so zeigt Figur 5, daß eine *Verschiebung des Punktes Rigi zwar nicht nachweisbar ist*, da die Koordinatendifferenzen nahe dem doppelten mittleren Fehler liegen. Sie erscheint jedoch nicht ausgeschlossen.

1.2. Um das Problem, ob der Punkt Rigi, für den eine Verschiebung zwar nicht nachweisbar, aber doch auch nicht ausgeschlossen ist, weiter zu untersuchen, gehen wir so vor, daß wir eine neue Ausgleichung in einer anderen Variation rechnen. Als festgebliebene Punkte betrachten wir Gurten, Napf, Wisenberg, Lägern und Hörnli. Ausgehend von den Koordinaten der L+T für diese Punkte, werden die Punktlage von Rigi,

Titlis und Rothorn in den zwei Netzen nach der Methode der Dreipunkt-einschaltung bestimmt.

Für die Punkte Titlis und Rothorn werden die Koordinatendifferenzen kleiner als der anderthalbfache mittlere Fehler. Diese Punkte dürfen daher als unverändert gelten. Beim Rigi liegen die Koordinatendifferenzen beim doppelten mittleren Fehler. Sie liegen ähnlich wie bei der früheren Untersuchung.

RIGI



1,2,3,4 Netz der SGK

1',2',3',4' Netz der L+T

Figur 5

Auf Grund aller Untersuchungen ist eine Verschiebung der Station Rigi zwar nicht mit Sicherheit nachweisbar. Trotzdem scheint es wahrscheinlich, daß der Punkt zwischen 1865 und 1915 sich um etwa 25 cm im SW-

Richtung bewegt hat. Die Ursache einer solchen vermuteten Verschiebung liegt wohl nicht in tektonischen Bewegungen. Es ist vielmehr anzunehmen, daß die Gipfelpartie auf den schiefliegenden Schichten etwas abgerutscht ist.

2. Chasseral

Als festgebliebene Punkte dürfen Gurten, Rötifluh, Berra und Suchet betrachtet werden. Der Punkt Chasseral wird aus diesen Punkten in den zwei Netzen nach der Methode der Einzelpunkteinschaltung bestimmt. Die Resultate der verschiedenen Berechnungsarten sind in der Figur 6 eingetragen. Es lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Alle Berechnungen mit den Beobachtungen der $L + T$ geben sehr kleine mittlere Fehler der Koordinaten. Die Längen der Halbxen der mittleren Fehlerellipse schwanken zwischen ± 1 und ± 4 cm. In diesen Bereichen liegen auch die berechneten Koordinaten, die daher als sehr gut zu bezeichnen sind.

Wesentlich größer werden die mittleren Koordinatenfehler, wenn man mit den Beobachtungen der SGK rechnet. Die Längen der Halbxen der mittleren Fehlerellipse schwanken hier zwischen ± 6 und ± 16 cm.

Die berechneten Verschiebungen zeigen bei allen Varianten ungefähr gleiche Richtung und haben ungefähr den gleichen Betrag von 40 cm. Sie überschreiten den vierfachen mittleren Fehler und dürfen daher als reell bezeichnet werden.

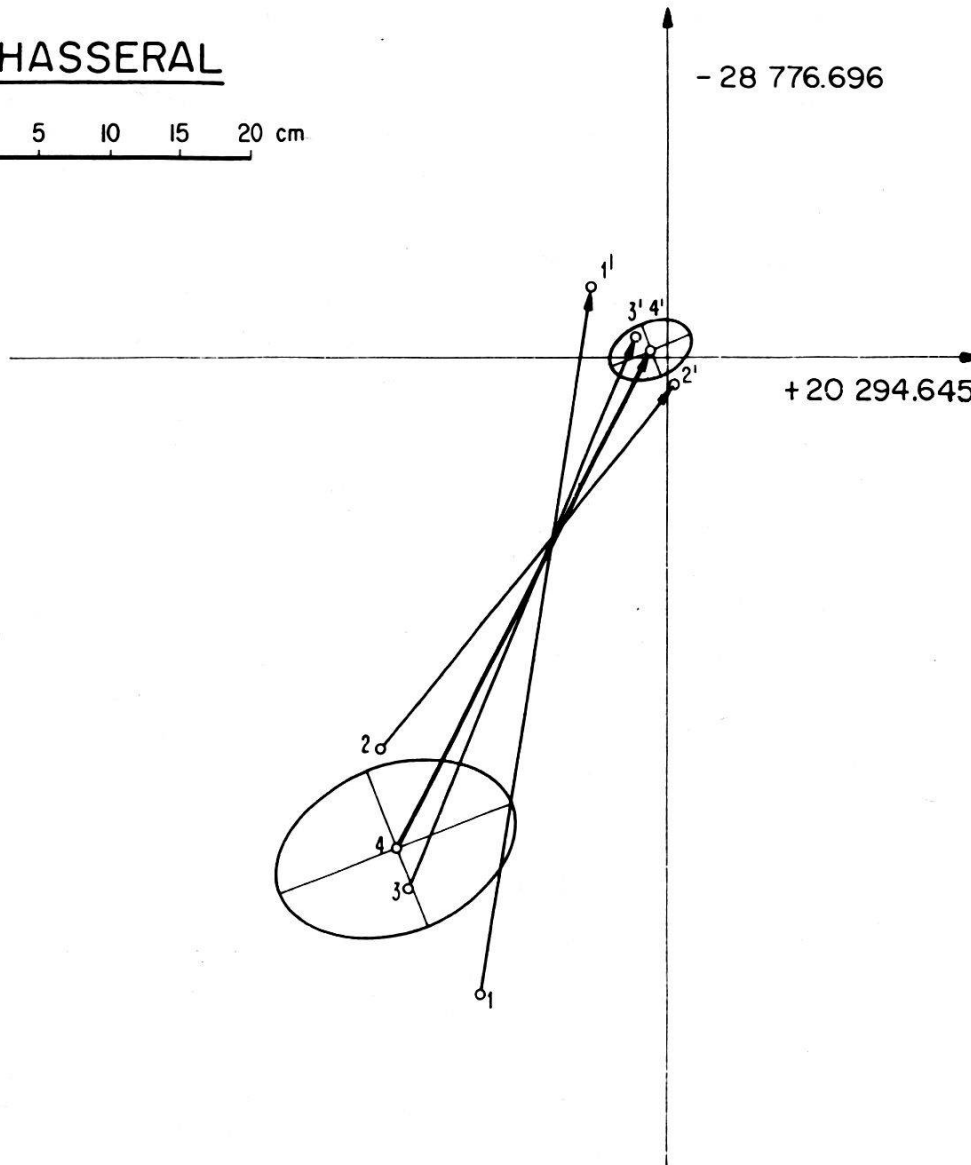
Diese Tatsache der großen Verschiebung gab Anlaß zu weiteren Berechnungen, und zwar in der Art, daß der Verfasser die Richtung von Gurten nach Chasseral, die eine anormal große Differenz von 2,09" aufweist, in einer neuen Ausgleichung wegließ und daß er in einer letzten Ausgleichung die gegenseitigen Visuren Gurten–Chasseral und Chasseral–Gurten wegließ. Die Ergebnisse weichen nicht wesentlich von den früheren ab. Sie bleiben daher im folgenden unberücksichtigt, und dies um so mehr, als auf Grund der Untersuchungen der Beobachtungen kein Anlaß vorliegt, die Richtung Gurten–Chasseral, ein- oder beidseitig, aus den Beobachtungen der SGK auszuschließen.

Fassen wir die Ergebnisse der Untersuchung zusammen, so zeigt sich, daß bei Punkt Chasseral die berechneten Punktverschiebungen zwischen der alten und der neuen Triangulation bei allen Varianten ungefähr gleiche Richtung und gleichen Betrag aufweisen. Sie überschreiten den vierfachen Betrag der mittleren Fehler. Es scheint daher festzustehen, daß sich die Station Chasseral im Zeitraum zwischen 1865 und 1915 um etwa 40 cm verschoben hat. Ob es sich um eine lokale Verschiebung handelt oder ob tektonische Bewegungen eine Rolle spielen, konnte nicht abgeklärt werden. Wer den Punkt Chasseral auf dem massiven Bergrücken kennt, wird an der Realität einer Verschiebung etwas zweifeln, auch wenn sie sich aus der Rechnung einwandfrei ergibt. Übrigens weiß man seit langem, daß die Koordinaten des Chasseral – bekanntlich gelten für das Mittellandnetz immer noch die von der SGK berechneten Werte – nicht recht mit dem übrigen Netz stimmen. Auf diese Tatsache hat kürzlich

Herr dipl. Ing. Fischer in seinem Aufsatz über Distomat-Messungen erneut hingewiesen. – So besteht ein Widerspruch darin, daß die Berechnung eine Verschiebung zeigt, die zur Beobachtung des Geländes nicht passen will. – Daher dürfte vielleicht der Schluß naheliegen, daß der Punkt fest blieb, daß jedoch die alten Beobachtungen systematische Fehler aufweisen, die leider nicht aufgedeckt werden konnten.

CHASSERAL

0 5 10 15 20 cm



1, 2, 3, 4 Netz der SGK

1', 2', 3', 4' Netz der L+T

1, 1' Vorwärts - Einschneiden

2, 2' Rückwärts - Einschneiden

3, 3' Kombinierte Einschneiden mit gleichen Gewichten

4, 4' Kombinierte Einschneiden mit verschiedenen Gewichten

Figur 6

3. Cramosino

3.1. Zunächst werden die Punkte Cramosino, Gridone und Menone durch eine Dreipunkteinschaltung gegenüber den festgebliebenen Punkten Basodino und Six Madun bestimmt, und zwar getrennt für die Messungen der SGK und der L + T. Aus der Berechnung lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

Für den Punkt Menone liegen die Koordinatendifferenzen innerhalb der doppelten mittleren Fehler. Damit ist die bereits gewonnene Erkenntnis bestätigt, daß bei Menone eine Verschiebung nicht wahrscheinlich ist.

Für Gridone sind die Koordinatendifferenzen kleiner als der anderthalbfache mittlere Fehler. Daher liegt auch hier keine Lageveränderung im Zeitraum zwischen 1865 und 1915 vor.

Dagegen liegen die Koordinatendifferenzen beim Punkt Cramosino nahe dem dreifachen Betrag der mittleren Fehler. Hier darf auf eine reelle Verschiebung geschlossen werden. Es zeigt sich aus Figur 7, daß diese Verschiebung etwa 40 cm in SE-Richtung beträgt.

3.2. Im nächsten Schritt wurden die vier Punkte Basodino, Six Madun, Gridone und Menone als unverändert betrachtet und der Punkt Cramosino als Einzelpunkt mit den alten und den neuen Messungen berechnet. Die so erhaltenen Koordinatendifferenzen liegen wiederum beim dreifachen mittleren Fehler.

Damit ist eine Lageverschiebung des Punktes Cramosino von ungefähr 40 cm in SE-Richtung im Zeitraum zwischen 1865 und 1915 nachgewiesen. Sie darf aber nicht auf tektonische Bewegungen zurückgeführt werden. Es ist vielmehr wahrscheinlich, daß der Gipfel auf den schiefliegenden Gesteinsschichten etwas abgerutscht ist.

6. Zusammenfassung

Die gesamte umfassende Untersuchung führt zu folgenden Schlüssen:

1. Die bei den Messungen der SGK und der L + T erreichte Beobachtungsgenauigkeit erlaubt, Punktverschiebungen, die größer als 30 cm sind, einwandfrei nachzuweisen, solche zwischen 20 und 30 cm als wahrscheinlich anzugeben und solche zwischen 10 und 20 cm zu vermuten.

2. Bei der großen Mehrzahl der Punkte lassen sich keine Verschiebungen größer als 20 cm nachweisen.

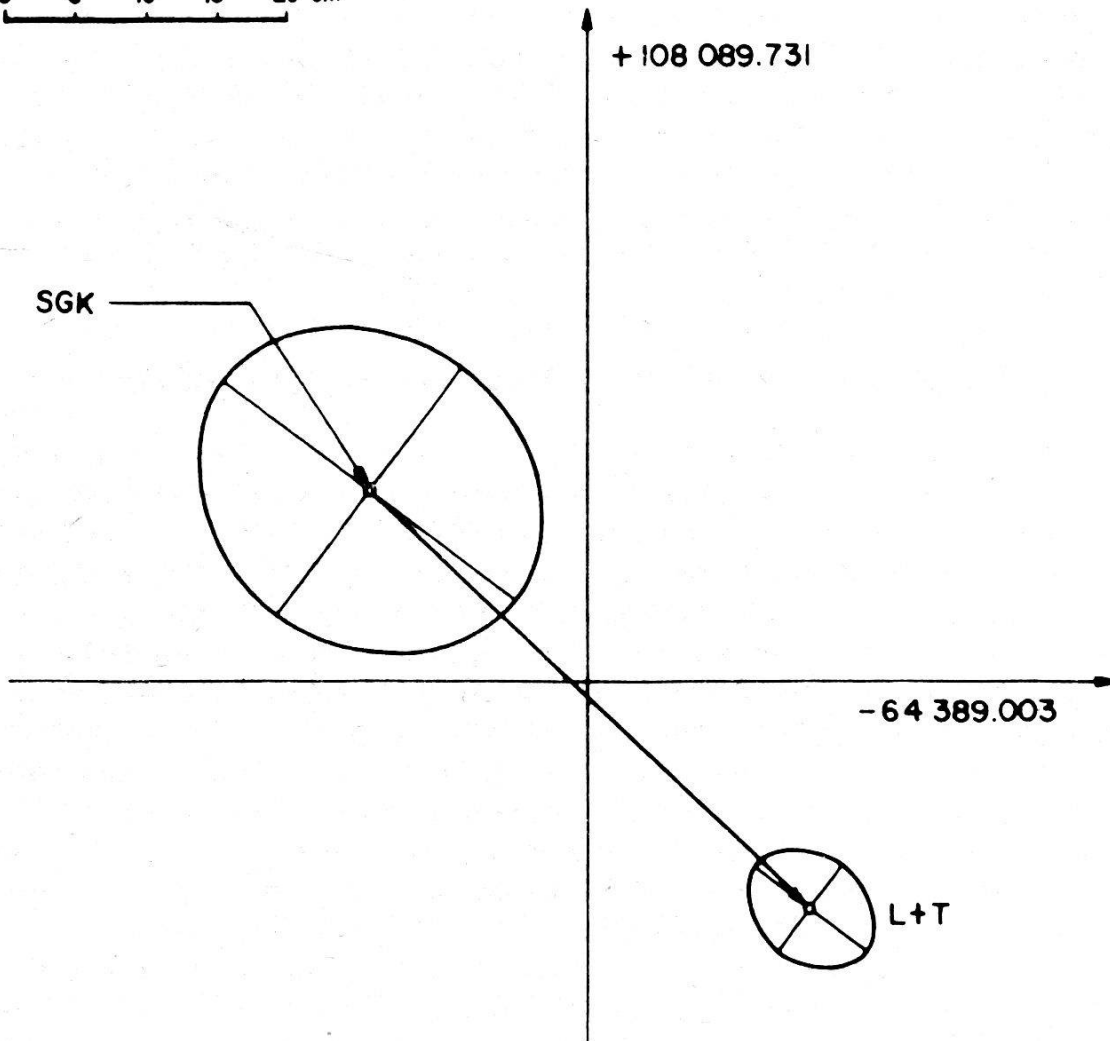
3. Nur bei den Punkten Chasseral und Cramosino treten Verschiebungen größer als 30 cm auf. Beim Punkt Rigi ist die Verschiebung ungefähr 20 cm.

4. Die sicher nachweisbare Verschiebung des Cramosino-Gipfels und die nicht nachweisbare, jedoch wahrscheinliche Verschiebung des Punktes Rigi sind als lokale Bewegungen zu betrachten, da die Gipfel auf den schiefliegenden Schichten abgerutscht sind.

5. Unklar liegen die Verhältnisse beim Punkt Chasseral. Wohl gibt die Rechnung eine nachweisbare Verschiebung. Sie paßt jedoch schlecht zur

CRAMOSINO

0 5 10 15 20 cm



Figur 7

Natur des Gipfels. – Weitere Untersuchungen im Rahmen der Netze 1. und 2. Ordnung in der Umgebung des Chasseral dürften Abklärung bringen.

5. Fest steht jedoch, daß sich eine Verschiebung tektonischer Art zwischen Jura und Voralpen sowie zwischen Voralpen und Südalpen im Zeitraum zwischen 1865 und 1915 nicht nachweisen läßt.

Dabei gelten als

Punkte im Jura:	Suchet, Chasseral [2], Rötifluh, Wisenberg, Lägern (Hörnli, Hersberg, Hohentwiel)
Punkte in den Voralpen:	Berra, Gurten, Napf, Rigi
Punkte in den Alpen:	Niesen, Rothorn, Titlis, Six Madun, Basodino
Punkte in den Südalpen:	Cramosino, Menone, Gridone

Literatur

- [1] Das Schweizerische Dreiecknetz, herausgegeben von der Schweizerischen Geodätischen Kommission. Erster Band. Die Winkelmessungen und Stationsausgleichungen. Zürich 1881.
- [2] *Heim, Albert*: Zur Prophezeiung der Erdbeben. Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. 32. Jahrgang, Zürich 1887.
- [3] *Messerschmitt, J. B.*: Die wichtigen Beziehungen zwischen Geologie und Geodäsie. 6. Jahresbericht der Physikalischen Gesellschaft in Zürich, 1892.
- [4] *Abdel Fattah Habib*: Studien über die Ermittlung von Krustenbewegungen in der Schweiz auf Grund der Triangulation erster Ordnung. Diss. ETH, 1961.

La protection des rives lacustres et du vignoble

Située sur la rive gauche du lac de Neuchâtel, entre Cortaillod et St-Aubin, la commune de Bevaix a de charmantes grèves, qu'en mai 1963 elle décida de protéger en adoptant un règlement dit des grèves communales. Toutes les dispositions prévues n'étant pas entièrement conformes à la législation cantonale, le Conseil d'Etat, autorité de contrôle, refusa de sanctionner ledit règlement et soumit au Conseil communal de Bevaix un contre-projet élaboré par ses services. Adopté par les autorités communales, le contre-projet fut rejeté à une faible majorité par les citoyens.

Invoquant alors les lois cantonales sur les constructions et sur la protection des monuments et des sites et considérant qu'à la suite de cette votation populaire il s'imposait de prendre des mesures provisoires afin de sauvegarder les lieux, le Conseil d'Etat édicta un règlement reprenant les dispositions du contre-projet rejeté.

Sur quoi de nombreux propriétaires fonciers formèrent un recours de droit public sur lequel le Tribunal fédéral statua le 13 octobre 1965 (AF 91, I, 329). Etant donné l'intérêt que présente l'arrêt par lequel le Tribunal fédéral conclut au rejet du recours, il n'est pas inutile de s'y arrêter ou tout au moins de considérer ce qu'il y a d'essentiel. Le Tribunal fédéral étend en effet son droit de statuer librement sur une mesure faisant l'objet d'un recours de droit public et précise quelles sont les atteintes à la garantie de la propriété donnant droit à indemnité.

Jusqu'ici le Tribunal fédéral revoyait sous le seul angle de l'arbitraire la question de la base légale d'une restriction de droit public à la propriété. Il ne statuait librement que si la restriction litigieuse était particulièrement grave et dépassait largement ce qui était usuel jusqu'alors en Suisse. Dans un arrêt récent, le Tribunal fédéral, saisi d'une affaire analogue à celle qui nous occupe, présenta les deux conditions précitées comme distinctes; il s'est toutefois reconnu le pouvoir de statuer librement alors que seule la condition relative à la gravité particulière de l'atteinte était remplie. C'est cette dernière tendance de la jurisprudence que le Tribunal fédéral confirme. Dorénavant, le Tribunal fédéral examinera donc avec plein pouvoir la base légale d'une restriction de droit public à la propriété, dès l'instant qu'elle est particulièrement grave.