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

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

Band: 58 (1960)

Heft: 10

Artikel: Methoden und Ergebnisse der in den Jahren 1956 bis 1959 im Trutschgebiet von Schuders durchgeführten Verschiebungsmessungen

Autor: Kobold, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-216113

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 22.08.2025

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

Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie

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

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

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

Nr. 10 • LVIII. Jahrgang **Erscheint monatlich** **15. Oktober 1960**

Methoden und Ergebnisse der in den Jahren 1956 bis 1959 im Rutschgebiet von Schuders durchgeführten Verschiebungsmessungen

Von *F. Kobold*

1. Allgemeines

Unter den zahlreichen Rutschgebieten in den Bündnerschieferzonen des Kantons Graubünden ist dasjenige von Schuders zufolge seiner Ausdehnung und Aktivität besonders bekannt geworden. In Veröffentlichungen der Tagespresse sowie durch parlamentarische Vorstöße wurde auf die schwerwiegenden Folgen, die ein plötzliches Abgleiten der sich bewegenden Masse mit sich bringen würde, hingewiesen.

Das in Bewegung geratene Gebiet liegt am Nordhang des Schraubachtales, eines östlichen Seitentales des Prätigaus (Abb. 1). Es handelt sich um den Talhang unmittelbar westlich vom Weiler Schuders mit einer Breite von rund 700 m. Nach oben reicht die Rutschmasse bis zu einem scharf abgegrenzten Anriß in etwa 1400 m Höhe, und nach unten dehnt sie sich bis in die Talsohle des Schraubachtobels in etwa 800 m Höhe aus. Abb. 2 gibt einen Überblick über das Rutschgebiet vom gegenüberliegenden Hang des Stelserberges aus. Durch die erstmals 1902 festgestellte und seither andauernde Bewegung wurden nicht nur große Wald- und Kulturlandflächen verwüstet, sondern auch Wohnhäuser unbewohnbar sowie Ställe und Heustadel zerstört. Die im Jahre 1931 erstellte Fahrstraße, welche Schuders und die dahinter liegenden großen Alpgebiete mit dem Tal verbindet, ist seit Jahren trotz kostspieligen Verlegungen im Gebiet der Rutschzone für Fahrzeuge nicht mehr benutzbar. Die Abb. 3, 4 und 5 geben ein Bild von der zerstörenden Wucht des Rutsches.

Die ungewöhnlich großen Rutschbeträge veranlaßten das Bauamt und das Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Graubünden nach den ersten Anzeichen einer Bewegung, periodisch geodätische Verschiebungsmessungen vorzunehmen. Dabei mußten die angewandten Methoden den stets sich ändernden Verhältnissen im Rutschgebiet angepaßt

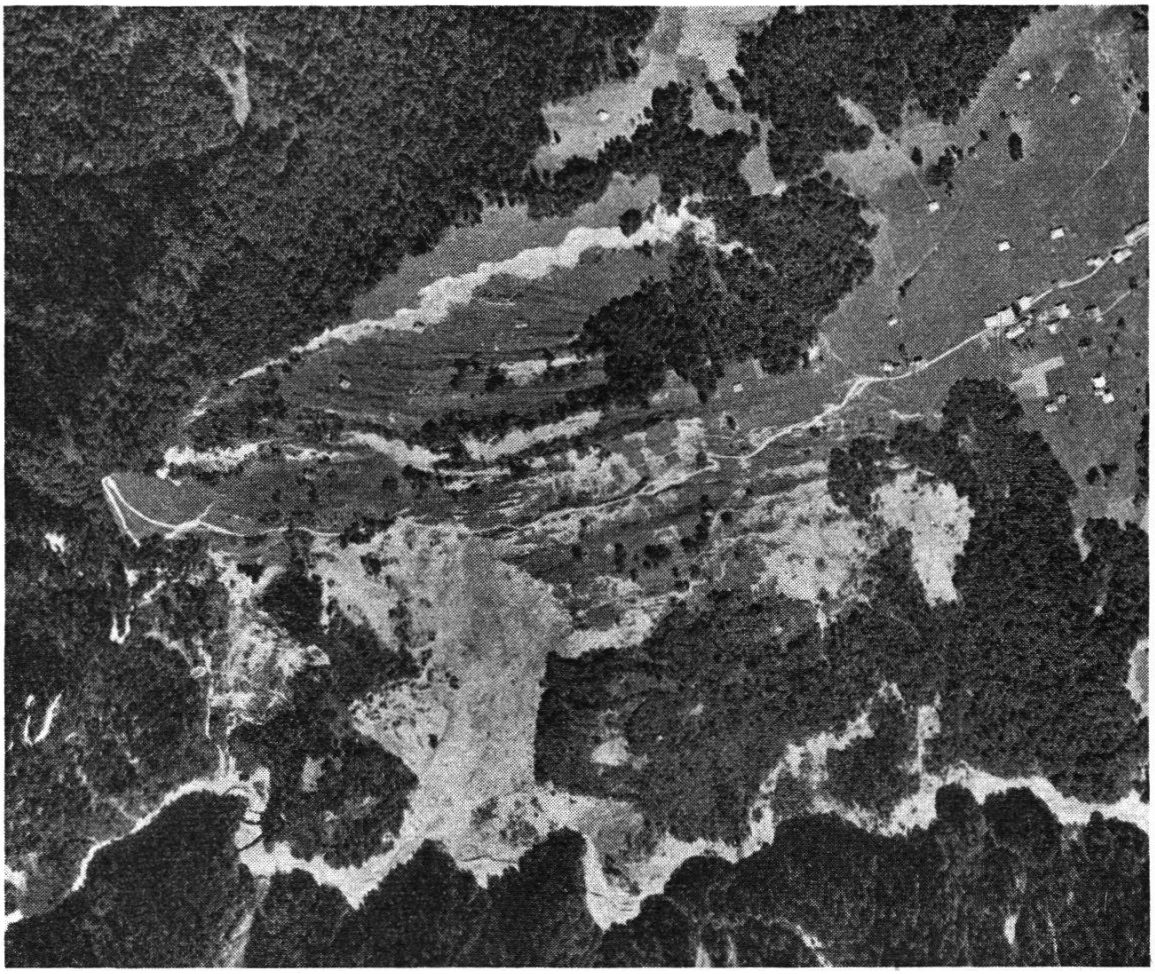


Abb. 1. Übersicht über das Rutschgebiet von Schuders.
Deutlich sind die große Rutschmasse unterhalb und die durchgehenden, tiefen Abrisse oberhalb der Straße zu erkennen. Das Gebiet der Siedlung liegt außerhalb der Rutschzone.
Fliegeraufnahme 1956. Reproduziert mit Bewilligung der Eidgenössischen Landestopographie vom 29. April 1959.

werden. Anfänglich waren durch die Rutschzone Polygonzüge gelegt und diese in die Triangulationspunkte eingezwängt worden. Lage und Höhe dieser Anschlußpunkte waren bei jeder Verschiebungsmessung neu zu bestimmen. Nach wenigen Jahren erwiesen sich die Nachmessungen der Züge als unmöglich, weil die zunehmende Verformung des Rutschhanges den Verlust zahlreicher Polygonpunkte zur Folge hatte und weil mehrere Sichtverbindungen zwischen benachbarten Punkten unmöglich wurden. Man ging daher dazu über, alle Punkte im Rutschgebiet nur noch vom gegenüberliegenden Hang aus als Vorwärtseinschnitte zu bestimmen. Dabei wurde angenommen, daß die im Gegenhang liegenden Punkte fest bleiben würden und demnach gegenüber der Bestimmung bei der Erstellung der Triangulation vierter Ordnung im Jahre 1931 keine Veränderung erlitten hätten.

Als im Jahre 1956, nach einem Unterbruch seit 1951, neue Messungen durchgeführt werden sollten, gab das Meliorations- und Vermes-

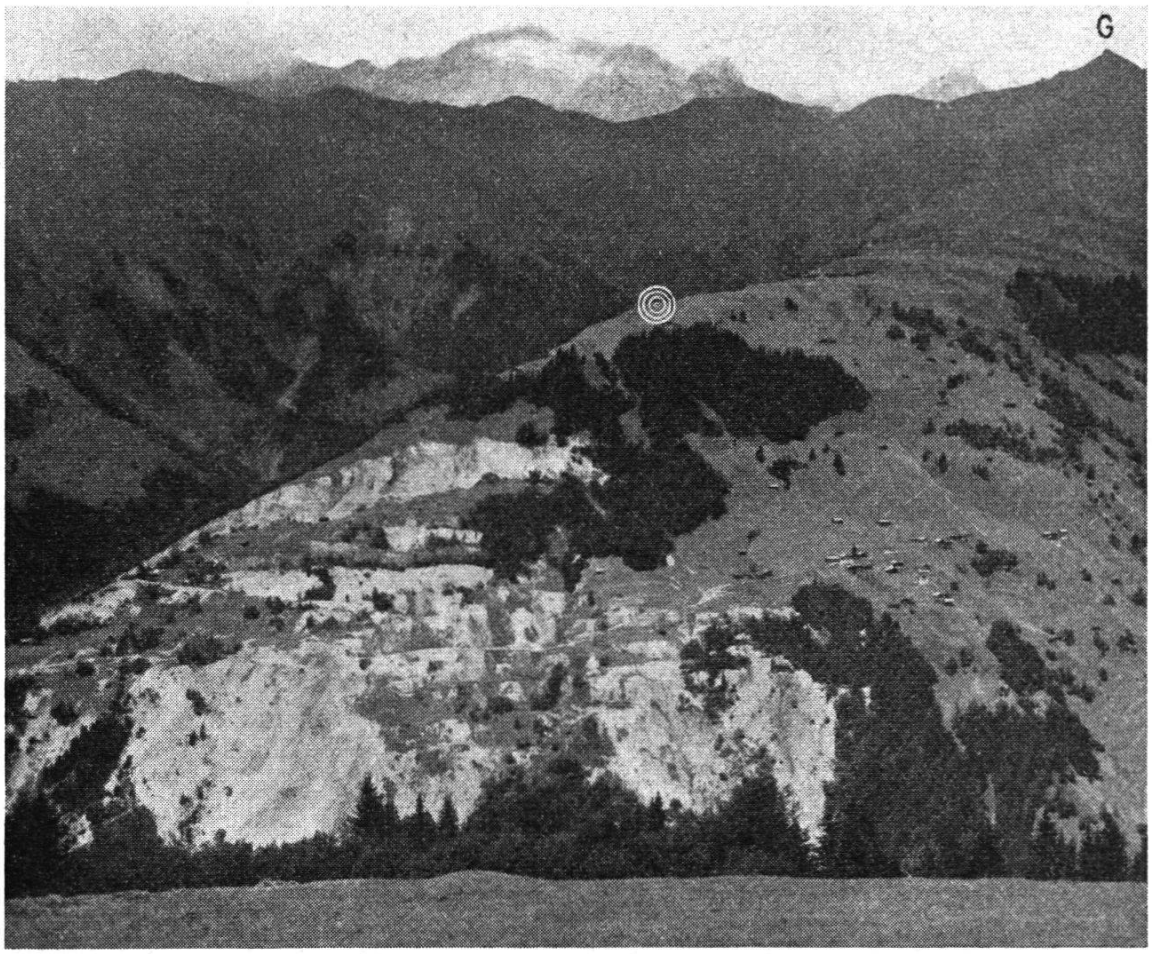


Abb. 2. Ansicht des Rutschgebietes und des Weilers Schuders vom Gegenhang des Stelserberges aus.

sungsamt des Kantons Graubünden der Aufgabe einen bedeutend weiteren Rahmen als früher. Es sollte nicht nur die Bewegung des Hanges von Schuders, sondern auch diejenige des Gegenhanges, das heißt des Stelserberges, untersucht werden. Der Grund lag nicht darin, daß befürchtet wurde, es seien die für Schuders ermittelten Beträge zufolge einer eventuellen Bewegung des linken Talhanges nicht genügend zuverlässig; vielmehr mußte das Verhalten der linken Talseite abgeklärt werden, weil dort neue Bauwerke projektiert waren.

Das Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Graubünden gelangte an den Verfasser mit dem Ersuchen, die neuen Beobachtungen und Berechnungen im Rahmen von Diplomarbeiten für Kandidaten der Abteilung für Kulturingenieur- und Vermessungswesen der ETH durchführen zu lassen.

Der Plan gelangte im Jahre 1957 zur Ausführung; die auftretenden Probleme konnten als Themen von Diplomarbeiten bedeutend umfassender behandelt werden, als es eine rein praktische Auswertung ermöglicht hätte. In den Jahren 1956, 1958 und 1959 dagegen mußten aus verschiedenen Gründen die Meß- und Auswertearbeiten an Assistenten des Geodätischen Institutes der ETH übertragen werden, und zwar im Jahre

Abb. 3. Aus der Rutschzone von Schuders.

1956 an Herrn Ing. H. Gutzwiller, im Jahre 1958 an die Herren Ing. F. Chaperon und Ing. P. Märki und im Jahre 1959 an die Herren Ing. N. Wunderlin und P. Märki.

Die in den Jahren 1956 und 1957 zu lösende Aufgabe bestand darin, die Lage der *beidseitig* des Schraubaches liegenden Punkte der Triangulation vierter Ordnung, die im Jahre 1931 erstellt worden war, neu zu bestimmen und damit die Verschiebungswege dieser Punkte sowie deren Geschwindigkeiten zu ermitteln. Außer diesen Triangulationspunkten waren zahlreiche Hilfspunkte im Rutschgebiet sowie in dessen unmittelbarer Umgebung neu einzumessen. Es handelt sich um Punkte, die vom kantonalen Bauamt in früheren Jahren bereits beobachtet worden waren (sogenannte Bauamtspunkte).

Als die Messungen der Jahre 1956 und 1957 gezeigt hatten, daß die Verschiebungen der Punkte der linken Talseite seit 1931 nur einige Zentimeter betrugen, so daß auf weitere Untersuchungen verzichtet werden konnte, wurden in den Jahren 1958 und 1959 nur die Punkte des Hanges von Schuders nach Lage und Höhe neu bestimmt.

Bei derartigen Deformationsmessungen treten mancherlei Schwierigkeiten auf. Zunächst ist es meistens schwierig, in der Umgebung des Rutschgebietes bereits früher eingemessene Punkte zu finden, von denen angenommen werden darf, daß sie im Laufe der seit der ersten Messung verflossenen Jahre oder Jahrzehnte unverändert geblieben seien. Das Problem ist um so schwerer zu lösen, je kleiner die zu bestimmenden Verschiebungen sind.

Abb. 4. Aus der Rutschzone von Schuders.

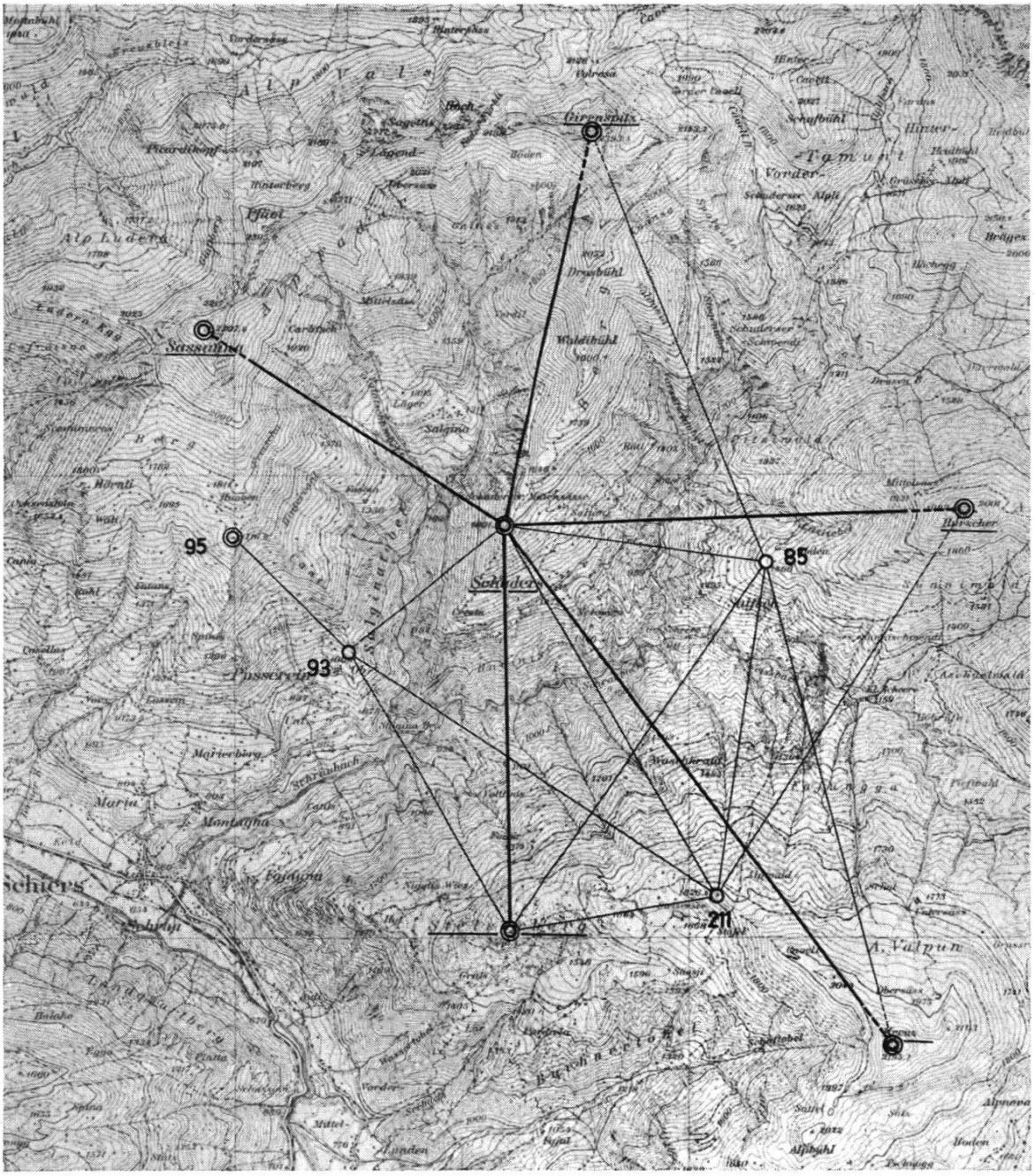
Soll aus den neu bestimmten Koordinaten und denjenigen der bestehenden Triangulation auf Verschiebungen geschlossen werden, so besteht eine weitere Schwierigkeit darin, daß das bei Verschiebungsmessungen beobachtete Netz in der Regel nicht identisch ist mit dem Netz, das bei der Erstellung der Triangulation beobachtet und berechnet wurde. Nun sind aber berechnete Lage und Höhe eines Punktes sowie die mittleren Fehler vom Rechnungsgang abhängig, namentlich dann, wenn es sich um Einzelpunkteinschaltungen handelt, wie sie in der Triangulation vierter Ordnung fast durchwegs zur Anwendung gelangen. Man sollte daher bei Verschiebungsmessungen das ganze Netz in gleicher Art beobachten und berechnen, wie es bei der bestehenden Triangulation der Fall war, wenn diese zum Vergleich herangezogen werden soll. Ist das nicht möglich, so darf man aus verschiedenen, jedoch nahe beieinanderliegenden Koordinaten nur dann auf Verschiebungen schließen, wenn die

Abb. 5. Aus der Rutschzone von Schuders.

Differenzen zwischen den Koordinaten die mittleren Fehler um mehr als den drei- oder vierfachen Betrag überschreiten.

Die beiden erwähnten Schwierigkeiten wirken sich im Fall von Schuders in eindrücklicher Art aus. Aus Abb. 6 ist leicht zu erkennen, daß alle Ausgangspunkte, die als unveränderlich zu gelten haben, recht weit entfernt vom Untersuchungsgebiet liegen. Zudem war es zum vornherein unmöglich, die Punkte auf den beiden Talseiten in derselben Weise zu bestimmen, wie es anläßlich der Erstellung der Triangulation im Jahre 1931 geschehen war.

Überlegungen über den Einfluß der verschiedenen Berechnungsarten sowie über das Zusammenwirken der mittleren Fehler führten zur Einsicht, daß im Fall von Schuders Verschiebungen nur dann als verbürgt angesehen werden dürften, wenn sie den Betrag von 10 cm überschritten. Bei den Punkten im Rutschgebiet, wo die Verschiebungen bis zu 50 m betragen, spielen diese Überlegungen keine Rolle; dagegen sind sie wichtig für die Punkte in der Nähe der Siedlung, wo die Änderungen der Koordinaten unter dem Betrag von 10 cm bleiben.


95
93
85
211
Schuders
Sassalbo
Hirzenspitz
Salgina
Alp Luderna
Drusbühl
Waldbühl
Tamula
Vorder-
Hinter-
Alp Valpun
Maria
Montagna
Fajugna
Schlitzli
Lindenberg
Lunden
Alpnova
Alpbühl
Boden
Hörnli
Mittelberg
Hinterberg
Efluet
Sagetis
Lägend
Pizardhoffen
Hinterhus
Vorderhus
Hinterer Cavell
Vorder Cavell
Schafbühl
Schuderser Alpli
Grüschen Alpli
Brügen
Hochegg
Schuderser Schwendli
Mittelberg
Hinterhus
Hinterer Tamula
Vorder Tamula
Wasserwald
Valpun
Alpnova
Alpbühl
Boden
Lunden
Schlitzli
Fajugna
Montagna
Maria
Schrattenbach
Mayrerberg
Hörnli
Salgina
Drusbühl
Waldbühl
Schuderser Alpli
Schuderser Schwendli
Mittelberg
Hinterhus
Vorderhus
Hinterer Cavell
Vorder Cavell
Schafbühl
Hinterer Tamula
Vorder Tamula
Hochegg
Brügen
Grüschen Alpli
Efluet
Sagetis
Lägend
Pizardhoffen
Hinterberg
Alp Luderna
Luderna Kgs
Sassalbo
Hirzenspitz
Schuders
Salgina
Wasserwald
Valpun
Alpnova
Alpbühl
Boden
Lunden
Schlitzli
Fajugna
Montagna
Maria
Schrattenbach
Mayrerberg
Hörnli
Mittelberg
Hinterberg
Efluet
Sagetis
Lägend
Pizardhoffen
Hinterhus
Vorderhus
Hinterer Cavell
Vorder Cavell
Schafbühl
Hinterer Tamula
Vorder Tamula
Hochegg
Brügen
Grüschen Alpli
Schuderser Alpli
Schuderser Schwendli
Mittelberg
Drusbühl
Waldbühl
Salgina
Alp Luderna
Luderna Kgs
Sassalbo
Hirzenspitz
Schuders

alle Punkte der im Jahre 1931 erstellten Triangulation sowie die früher erwähnten Bauamtspunkte enthielt. Als Ausgangspunkte kamen in erster Linie einige Punkte der Triangulation dritter Ordnung in Frage (Abb. 6).

Auf Grund früherer Messungen durften die Punkte Gyrenspitz, Hurscher, Kreuz, Stelserberg, Sassauna und der Punkt 95 der Triangulation vierter Ordnung als unverändert angenommen werden. Dagegen wußte man, daß der das Gebiet beherrschende Punkt dritter Ordnung Schuders, ohne den sich ein Netz kaum aufbauen läßt, im Zusammenhang mit der Bewegung der Rutschmasse kleine Verschiebungen durchgemacht hatte. So drängte sich eine Lösung auf, bei der zunächst der *Triangulationspunkt dritter Ordnung Schuders* bestimmt wurde. Dabei mußte dem Umstand

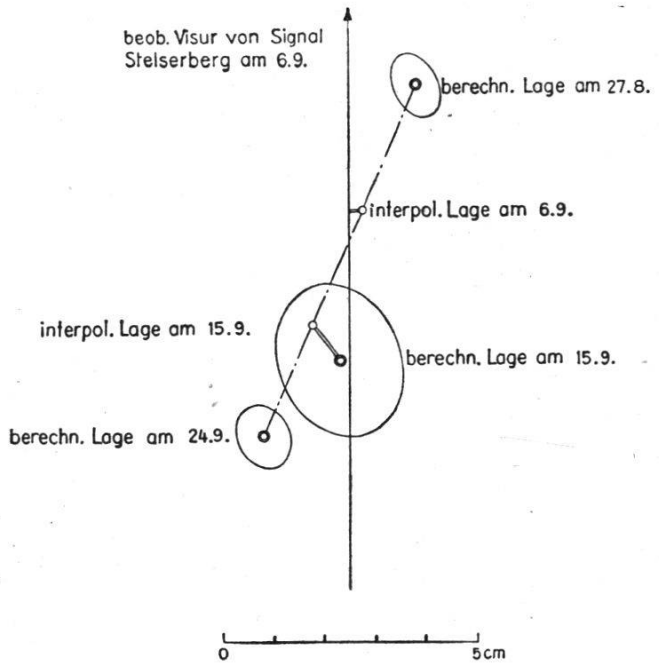


Abb. 7. Verschiebung des Punktes dritter Ordnung Schuders vom 27. August bis 24. September 1956; Verschiebungsweg 14 cm.

Für ein beliebiges Datum wurde die Verschiebung mittels linearer Interpolation gerechnet. Die Visur vom Stelserberg am 6. September und die Berechnung der Koordinaten aus Beobachtungen vom 15. September bestätigen die Annahme einer gleichförmigen Bewegung.

Rechnung getragen werden, daß dieser Punkt sich in Bewegung befindet und daher für jeden Tag, an dem Beobachtungen gemacht wurden, mit neuen Koordinaten in die Rechnung einzuführen war. Die Lage des Punktes Schuders ließ sich recht einfach durch Rückwärtseinschneiden aus den Punkten dritter Ordnung ermitteln, wie Abb. 6 zeigt. Man konnte sich daher damit begnügen, den Punkt zu Beginn und am Ende der Verschiebungsbeobachtungen durch sechs innere Richtungen zu bestimmen. Wie Abb. 7 zeigt, waren die gewählten Maßnahmen unbedingt notwendig, betrug doch die Wanderung des Punktes Schuders während der Messung des Jahres 1956, die 28 Tage dauerte, 14 cm, was einer täglichen Wanderung von 5 mm entspricht. Aus der Größe der mittleren Fehlerellipsen

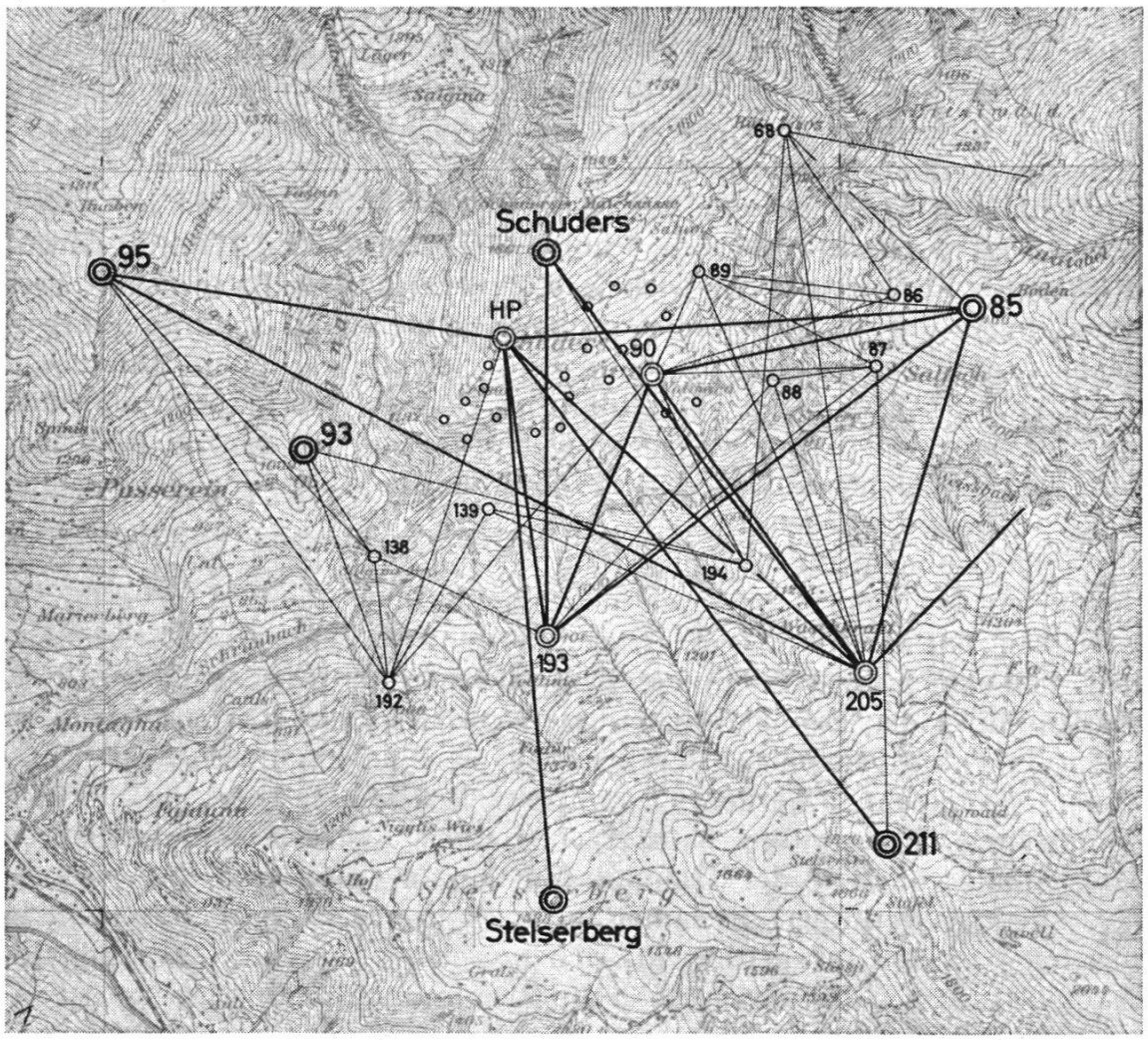


Abb. 8. Eingeschaltete Punkte der Triangulation Schuders.

◎ Gegebene Punkte und Hauptpunkte.

o Eingeschaltete Punkte der Triangulation (zum größten Teil Punkte der Triangulation vierter Ordnung).

o Bauamtspunkte (Vorwärtseinschnitte).

Maßstab etwa 1 : 70000.

vom 27. August und vom 24. September geht hervor, daß an der Realität der Wanderung nicht zu zweifeln ist. Als Kontrolle für die Zulässigkeit der Interpolation für einen beliebigen Beobachtungstag dienen eine am 6. September beobachtete äußere Visur, welche sehr nahe an dem für diesen Tag interpolierten Punkt vorbeigeht, sowie eine Bestimmung des Punktes am 15. September. Hier befindet sich der interpolierte Punkt im Innern der mittleren Fehlerellipse für diesen Tag.

Im Gegensatz zu diesen Beobachtungen von 1956 war eine Wanderung des Punktes Schuders während der Meßperiode des Jahres 1957 nicht feststellbar. Diese Erscheinung steht wahrscheinlich mit den während der Messung 1956 gefallenen ergiebigen Niederschlägen in Zusammenhang.

Es konnte nun mit dem Punkt Schuders als Ausgangspunkt für die zu erstellende Triangulation wie mit einem normalen, festbleibenden Punkt gerechnet werden, sofern man für jeden Tag neue Koordinaten einführte, und so bot der Aufbau eines Netzes trotz der Enge des Tales keine besonderen Schwierigkeiten.

Zunächst wurden gemäß Abb. 6 die Punkte 85, 93 und 211 gerechnet. Ihnen folgten gemäß Abb. 8 die Punkte 90, 193, 205 und HP und darauf die übrigen Punkte. Bei den wichtigen Punkten HP und 90 war mit Verschiebungen während der Beobachtungen zu rechnen. Es wurde daher in gleicher Art vorgegangen wie beim Punkt Schuders, indem auf diesen Punkten am Anfang und am Schluß der Untersuchung Sätze gemessen wurden, aus denen die Verschiebungen während der ganzen Beobachtungszeit gerechnet und durch Interpolation die Werte für die einzelnen Tage gewonnen wurden.

Alle Beobachtungen erfolgten mit Theodoliten T2. Je nach Verhältnissen wurden mehrfache Sätze oder Winkel nach dem Sektorverfahren gemessen. Die im Jahre 1957 erzielten Genauigkeiten sind nicht einheitlich, weil es sich um Studentenmessungen handelte. Aus der innern Übereinstimmung der Beobachtungen kann trotzdem im Durchschnitt für beide Jahre mit einem mittleren Fehler an einer gemittelten Richtung von $\pm 5^{cc}$ gerechnet werden. Der mittlere Fehler am Mittel der vierfach gemessenen Höhenwinkel beträgt ebenfalls $\pm 5^{cc}$. Als Signale dienten Holzsignale vom Typ der Triangulation vierter Ordnung.

Die Auswertungen geschahen in den Jahren 1956 und 1957 nicht in gleicher Art. Im Jahre 1956, als sich nur Herr Ing. Gutzwiller mit der Aufgabe befassen konnte, geschah die Rechnung durch fortgesetztes Einschneiden von Einzelpunkten mit Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Die erreichte Genauigkeit entsprach derjenigen eines guten Netzes der Grundbuchtriangulation unseres Landes, das heißt, die mittleren Fehler in Lage liegen zwischen 1 und 2 cm. Die Höhen wurden aus einem größeren System gerechnet und mittlere Fehler von ± 1 cm erzielt.

Da im Jahre 1957 eine Reihe von Diplomthemen sich auf die Auswertung Schuders bezogen, konnten die Berechnungen bedeutend erweitert werden. Insbesondere sollte praktisch geprüft werden, welche Unterschiede in den Koordinaten auftreten können, wenn nach dem Verfahren der Einzelpunkteinschaltungen oder nach dem Verfahren der Mehrpunkteinschaltungen gerechnet wird. Die Berechnungen bestätigen die Erwartungen, über die auch theoretische Untersuchungen bestehen, daß bei den hier vorkommenden Distanzen von 600 m bis 3 km Unterschiede in den Koordinaten bis zu 6 cm je nach Rechnungsweg auftreten können. In der Regel bleiben die Differenzen jedoch unter 4 cm; die erwähnten 6 cm gehören zu einer besonders ungünstigen Kombination.

Abb. 9 zeigt die Verhältnisse für den auf verschiedenen Wegen gerechneten Punkt HP, wo die erwähnten 6 cm auftreten. Es wird die Lage des Punktes, berechnet aus drei Dreipunkteinschaltungen, aus zwei Doppelpunkteinschaltungen und aus einer Einzelpunkteinschaltung, darge-

stellt. Das Beispiel zeigt deutlich, welche Vorsicht bei der Beurteilung von berechneten Verschiebungen, die nur wenige Zentimeter betragen, geboten ist. Mit Recht wird man daher – wenn immer möglich – aus Differenzen von beobachteten Richtungen Schlüsse ziehen und nicht den Umweg über die Berechnung von Koordinaten wählen. Die einfache Methode der Differenzen ist aber nur anwendbar, wenn die Ausgangspunkte

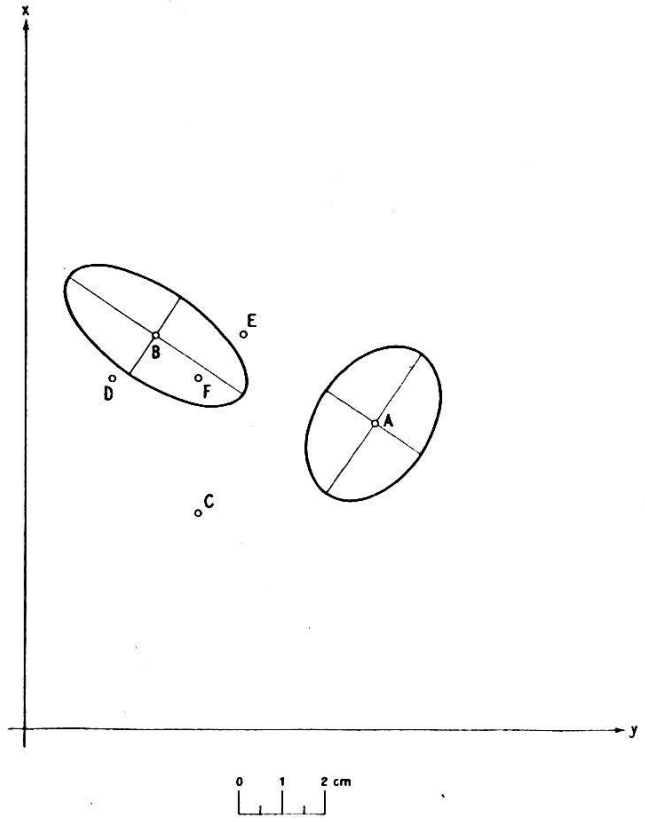


Abb. 9. Bestimmung des Punktes HP nach verschiedenen Varianten mit mittleren Fehlerellipsen.

A	aus Dreipunkteinschaltung	HP, 193, 85
B	aus Dreipunkteinschaltung	HP, 194, 85
C	aus Dreipunkteinschaltung	HP, 211, 85
D	aus Doppelpunkteinschaltung	HP–85
E	aus Doppelpunkteinschaltung	HP–193
F	aus Einzelpunkteinschaltung	mit 85, 194, 193, 95

unverändert geblieben sind. Im vorliegenden Fall war die Anwendung der Differenzmethode ausgeschlossen, und es war zu entscheiden, welche der für das Jahr 1957 bestimmten Koordinaten für die Vergleichung mit den früher ermittelten Werten benützt werden sollten. Da in früheren Jahren durchwegs Einzelpunkteinschaltungen gerechnet worden waren, allerdings in anderer Art als im Jahre 1957, schien es angezeigt, auch für das Jahr 1957 die aus den Einzelpunkteinschaltungen gewonnenen Werte zu verwenden.

Die Beurteilung, was für ein Rechenweg zu den günstigsten Koordinaten führt, wurde im Fall Schuders durch Berechnung verschiedener

Varianten möglich. Im allgemeinen war ein derartiges Vorgehen bisher jedoch nicht denkbar, weil die Berechnung verschiedener Varianten auf normalen Rechenmaschinen zu viel Aufwand erfordert. Die Verhältnisse liegen heute anders, da für Einzelpunkt- und Mehrpunkteinschaltungen Programme für elektronische Rechenautomaten vorliegen, so daß das Aufsuchen der günstigsten Variante keine außerordentliche Mühe mehr bereitet. Unter «günstigste Koordinaten» wird übrigens etwas anderes verstanden werden müssen, je nachdem, ob es sich um die Bestimmung eines Paßpunktes oder wie hier um die Bestimmung eines Punktes handelt, dessen Verschiebungsweg man sucht.

3. Die Beobachtungen und Berechnungen der Jahre 1958 und 1959

Sowohl die Bearbeitung der Messungen aus dem Jahre 1956 als auch derjenigen aus dem Jahre 1957 hatten gezeigt, daß die Verschiebungen der Punkte der linken Talseite nur gering sind. Es schien daher überflüssig, in den Jahren 1958 und 1959 die Punkte dieser Talseite wiederum in die Untersuchung einzubeziehen; man konnte sich damit begnügen, nur den Hang von Schuders auf Verschiebungen zu prüfen. Da zudem für die Beobachtungen nur wenig Zeit zur Verfügung stand, entschloß man sich für die einfachste Lösung der Punktbestimmung, nämlich für das einfache Vorwärtseinschneiden von den zwei Punkten «Stelserberg» (dritter Ordnung) und 211 (vierter Ordnung) aus. Das Vergleichen der aus diesem Vorgehen gewonnenen Koordinaten mit denjenigen der Jahre 1956 und 1957 ist natürlich wiederum nicht korrekt. Wie bereits erwähnt, kann es sich nur kritisch auf die in der Umgebung der Siedlung liegenden Punkte auswirken, wo die Verschiebungen seit 1931 weniger als 10 cm betragen, nicht aber für die große Mehrzahl der Punkte, wo die Verschiebungen manche Dezimeter, ja Meter betragen. Für diese Punkte durften daher die Genauigkeitsanforderungen geringer angesetzt werden. So wurde von den Festpunkten aus nach den Punkten im eigentlichen Rutschgebiet nur je ein Satz gemessen, wobei zur Sicherung gegen grobe Fehler der Teilkreis zwischen erster und zweiter Lage um einen beliebigen Wert verstellt wurde. Der mittlere Fehler einer solchermaßen bestimmten Richtung kann zu etwa $\pm 8^{cc}$ angegeben werden. Für die Beobachtung der Punkte in der Umgebung der Siedlung wurden die früher erwähnten höheren Genauigkeiten beibehalten.

Kritischer als die Bestimmung der Lage ist die Bestimmung der Höhe aus reinem Vorwärtseinschneiden, weil so die Höhenwinkel nur einseitig beobachtet und damit die Lotabweichungen nicht eliminiert werden. Man gewinnt durch einseitige Visuren die Meereshöhen nicht. Da aber im vorliegenden Problem nicht Meereshöhen, sondern Höhenänderungen verlangt werden, läßt sich das Problem durch Vergleichen der einseitig bestimmten Höhendifferenzen korrekt lösen. So dürfen die Beobachtungen der Jahre 1958 und 1959 im gesamten als etwa gleich genau beurteilt werden wie die Beobachtungen der früheren Jahre.

4. *Photogrammetrische Aufnahmen der Rutschzone*

Im Jahre 1946 war vom ganzen Gebiet Schuders ein Plan im Maßstab 1: 2000 mit einer Äquidistanz der Höhenkurven von 5 m nach der luftphotogrammetrischen Methode aufgenommen worden. Um einen Überblick über die gesamte Rutschmasse und ihre Bewegung zu gewinnen, war es angezeigt, einen neuen Plan gleicher Art herzustellen. Als Methode kam im Rahmen der von Assistenten durchgeführten Arbeiten nur die terrestrische Photogrammetrie in Frage. Für die Anlage der Basen bot der Hang des Stelserberges die einzigen Möglichkeiten. Damit wurde jedoch die Aufnahmedistanz derart groß, daß keine höhere Genauigkeit als die des Maßstabes 1: 5000 erzielt werden konnte. Da die Verschiebungswege im Rutschgebiet viele Meter betragen, erwachsen aus diesem Umstand keine Nachteile.

Im Sommer 1958 wurden drei Basislinien für terrestrische Photogrammetrie an den Hang des Stelserberges gelegt. Als Einpaßpunkte dienten die vielen Punkte im Rutschgebiet. Der mittlere Fehler eines beliebigen Punktes in der Auswertung dürfte unter $\pm 0{,}3$ mm betragen. Durch Vergleich der alten mit der neuen Aufnahme ermittelte Verschiebungen dürfen daher nur dann als reell betrachtet werden, wenn die Linienelemente der Auswertungen von 1946 und von 1958 um mehr als 1,5 mm voneinander abweichen. Der Plan 1958 enthält ziemlich viele Lücken. Sie betreffen Waldgebiet, das in den terrestrischen Aufnahmen nicht ausgewertet werden konnte. Ein Vergleichen der Rutschmassen zwischen den Jahren 1946 und 1958 ist also nur für das offene Gebiet möglich.

Die terrestrischen Aufnahmen besorgte Herr N. Wunderlin, Ingenieur der Schweizerischen Geodätischen Kommission; die Auswertung geschah durch Herrn Ing. J. Caflisch, Assistenten am Institut für Photogrammetrie der ETH.

5. *Ergebnisse*

Mit Rücksicht auf das Interesse, das die Allgemeinheit der Verschiebung des Rutschhanges von Schuders entgegenbringt, sollen die wichtigsten der durch Messungen festgestellten Ergebnisse kurz zusammengestellt werden.

Abb. 10 zeigt die Verschiebungen der Triangulationspunkte der beiden Talhänge im Zeitraum von 1931 (Erstellung der Triangulation vierter Ordnung) bis zu den Messungen von 1956 und 1957. Aus der Darstellung lassen sich folgende Tatsachen herauslesen:

- Nicht nur die Punkte im Hang von Schuders, sondern auch einzelne *Punkte im Hang des Stelserberges* (192, 94, 205) und bei *Salfsch* (85 und 87) *haben Bewegungen hangabwärts* ausgeführt. Allerdings sind diese Verschiebungen von der Größenordnung von 1 bis 2 dm und damit viel kleiner als diejenigen im eigentlichen Rutschhang. Auch die kleinen Verschiebungen unter ihnen dürfen mindestens als wahr-

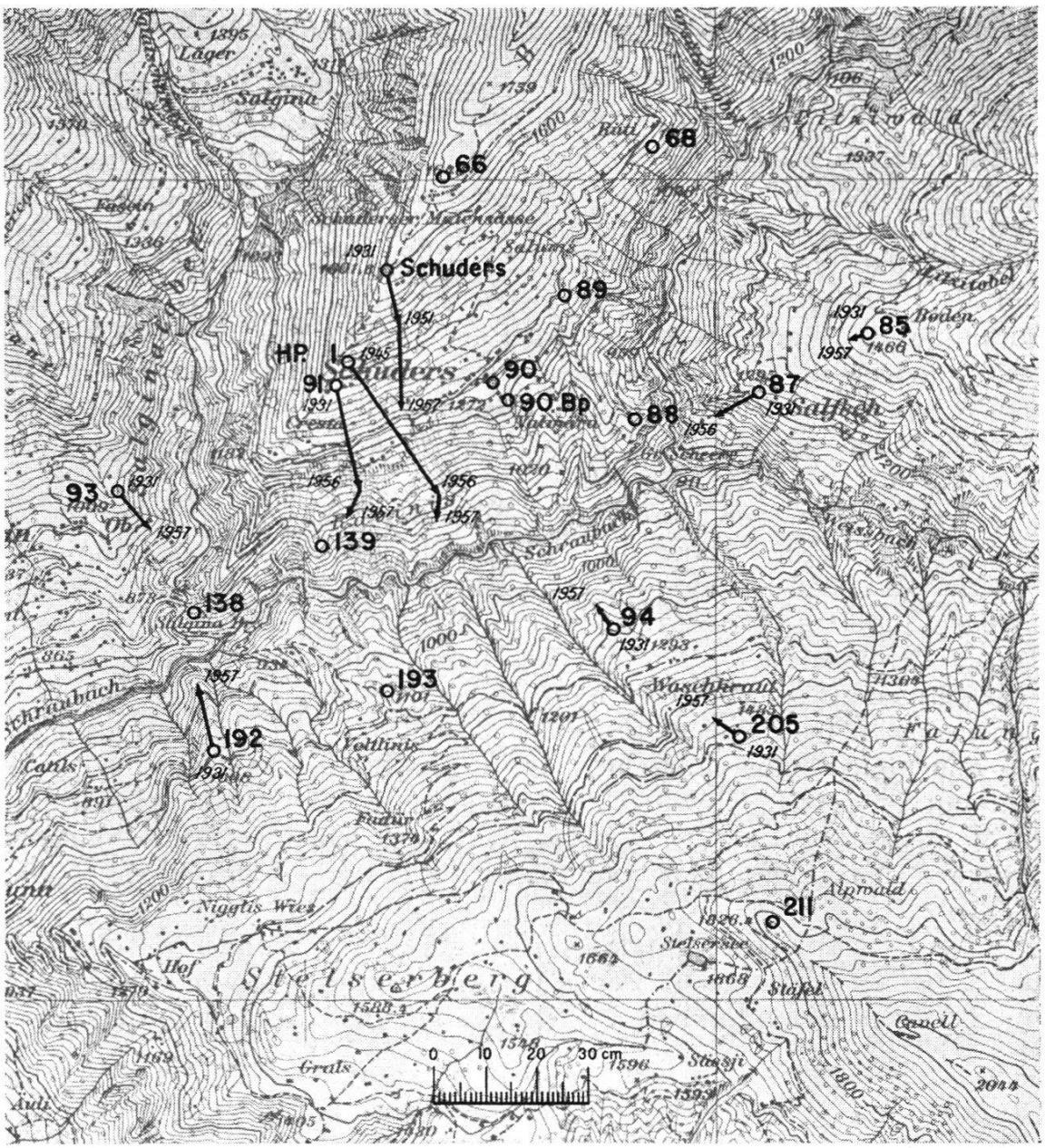


Abb. 10. Verschiebung der Triangulationspunkte im Gebiet von Schuders und des Stelserberges im Zeitraum von 1931 bis 1957.

Maßstab der Karte etwa 1 : 60000.

scheinlich betrachtet werden, da sie alle hangabwärts zeigen. Die Feststellung der Verschiebungen der Punkte im Hang des Stelserberges ist für die Bestimmung der Punktbewegungen im Gebiet von Schuders von größter Bedeutung. Würde man nämlich auf dem linken Talhang keine Punktverschiebungen einführen, so ergäben sich aus der Berechnung Verschiebungen an den Punkten in der Umgebung des Dorfgebietes. Berücksichtigt man dagegen die Lageänderungen der Triangulationspunkte im Hang des Stelserberges, so bleiben die berechneten Verschiebungen der Punkte in der Nähe der

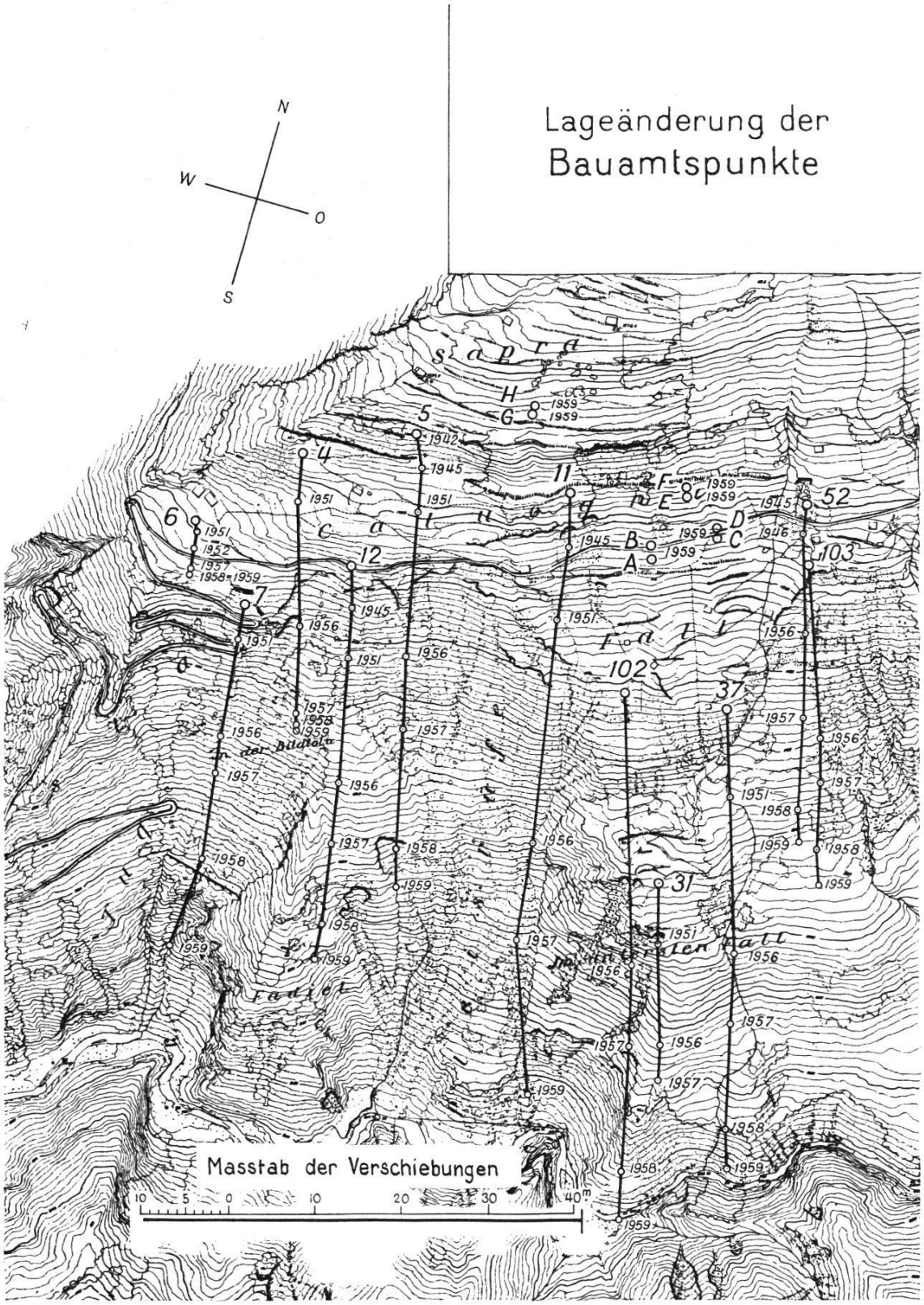


Abb. 11. Lageänderung der Bauamtspunkte.
Maßstab der Karte etwa 1 : 10000.

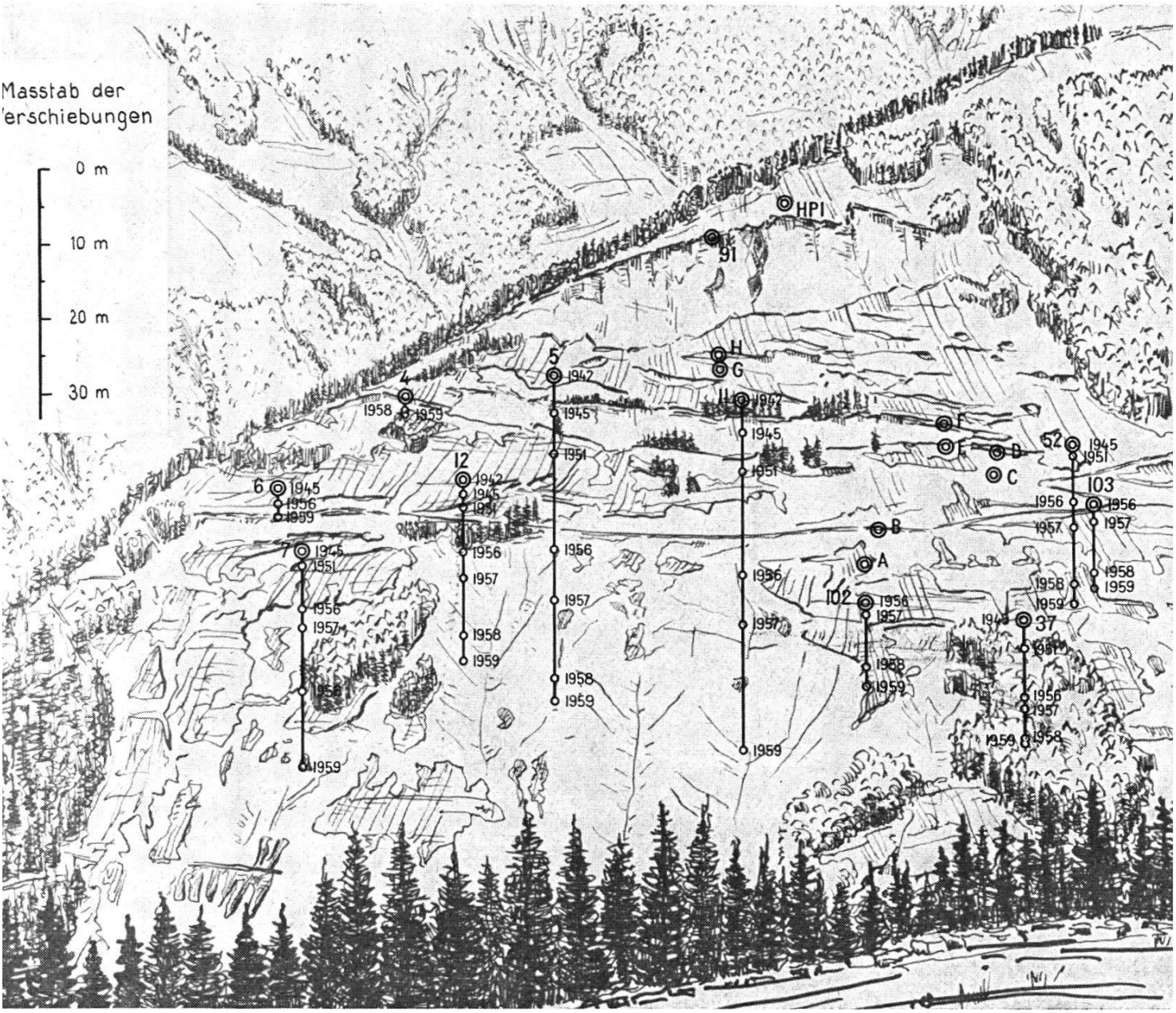


Abb. 12. Höhenänderungen der Bauamtspunkte.

Siedlung innerhalb der Einflüsse der Meßfehler. Sie dürfen daher nicht als reell betrachtet werden.

– Von den *Triangulationspunkten auf der Talseite von Schuders* weisen die Punkte Schuders, HP1 und 91, sowie der Punkt 93 oberhalb von Pusserein größere Verschiebungen auf. Unverändert bleiben dagegen die Punkte 90, 89 und 88 in der Umgebung des Dorfes, das demnach außerhalb der eigentlichen Rutschzone liegt.

Abb. 11 zeigt die *Verschiebungen in Lage für die Punkte im eigentlichen Rutschgebiet* (Bauamtspunkte) im Zeitraum von 1951 bis 1959. Erstaunen erweckt die Feststellung, daß für einzelne Punkte jährliche Ver-

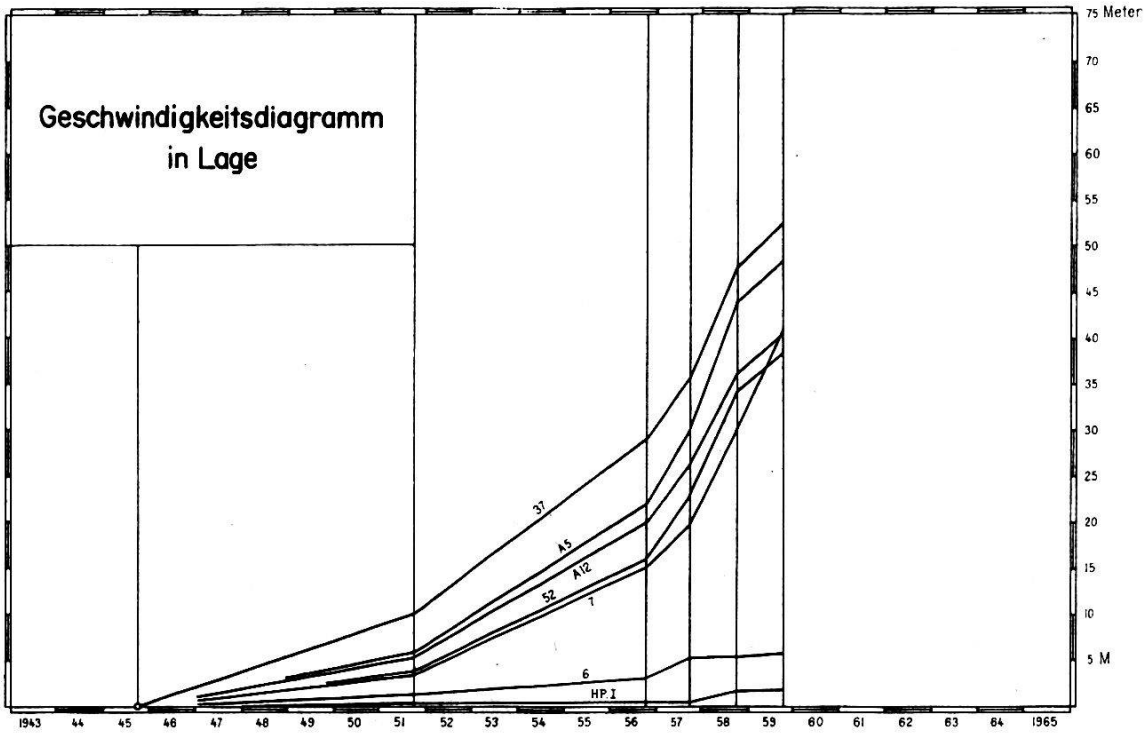


Abb. 13. Geschwindigkeitsdiagramm in Lage.

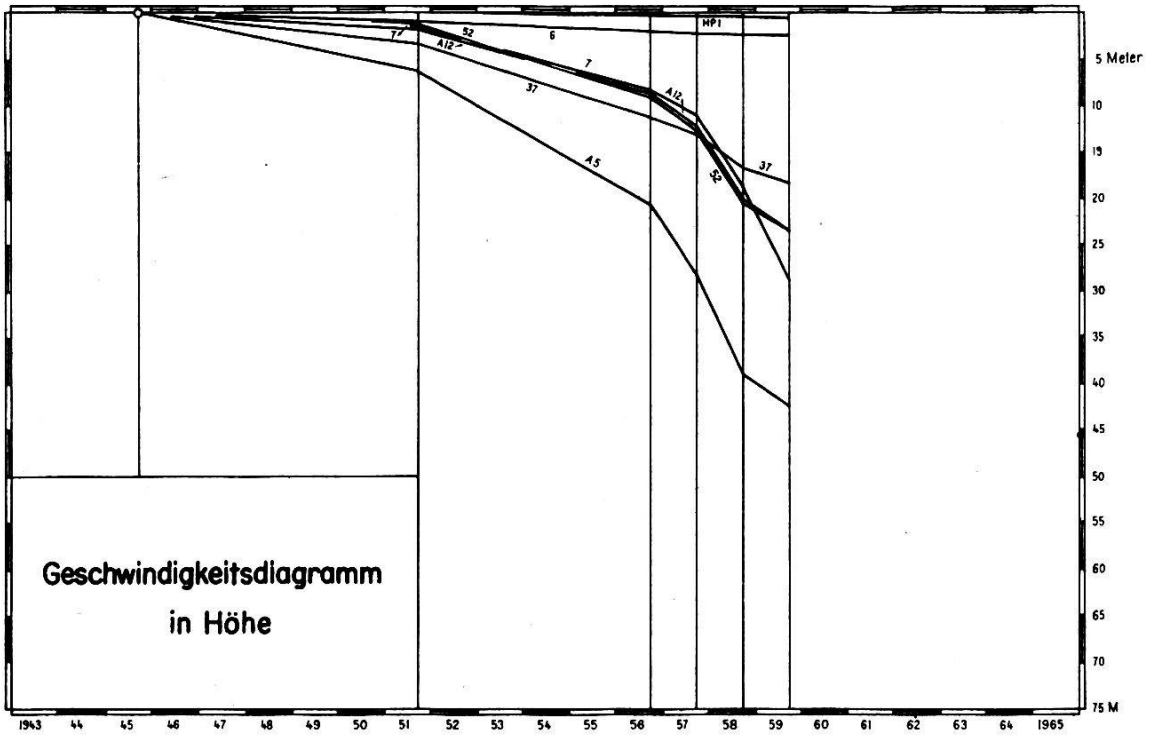


Abb. 14. Geschwindigkeitsdiagramm in Höhe.

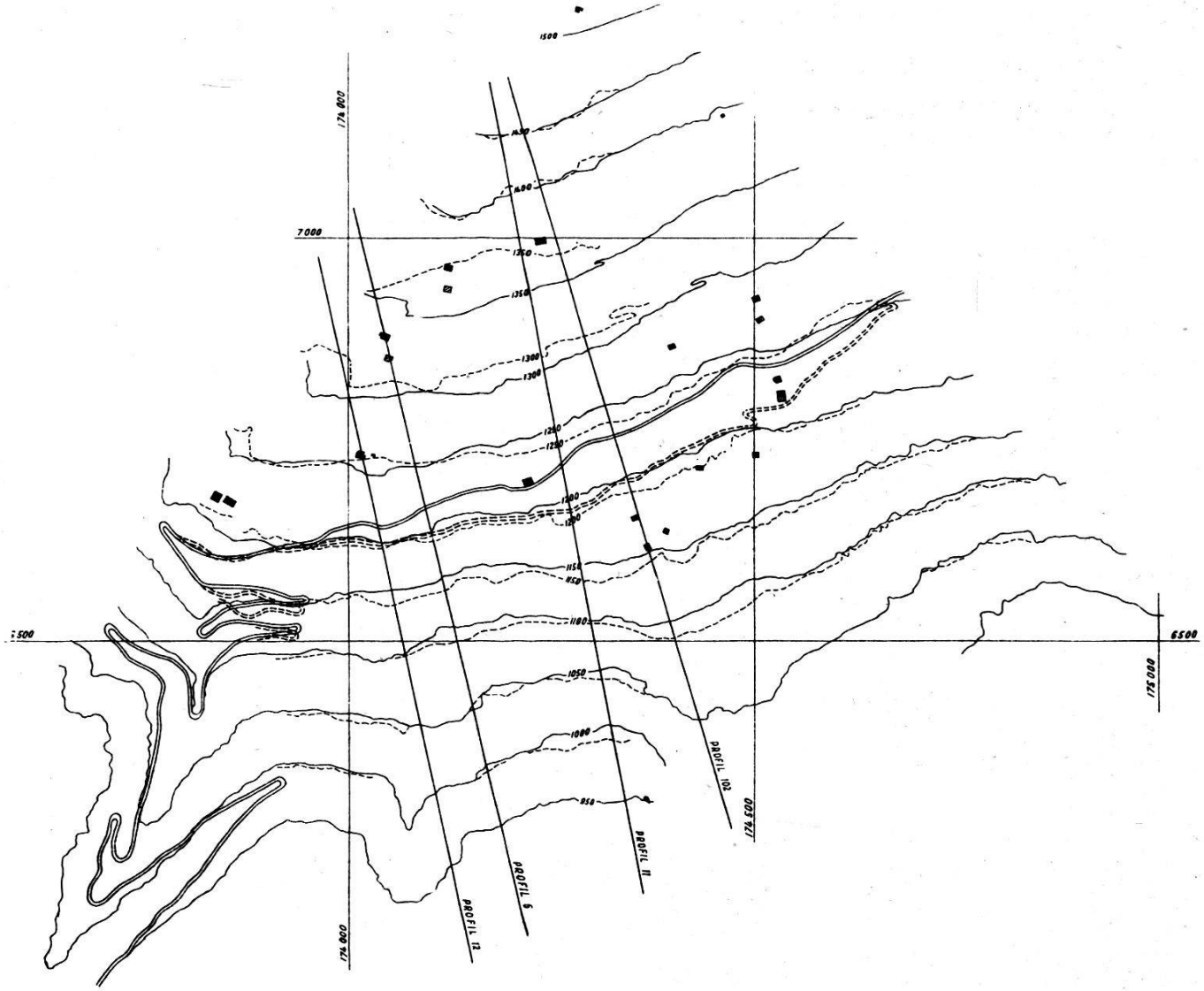


Abb. 15. Vergleich der photogrammetrischen Aufnahmen 1946 und 1958.

Maßstab etwa 1 : 14000.

———— Kurven 1946

— — — — Kurven 1958

schiebungen bis zu 15 m ermittelt werden, was einer durchschnittlichen täglichen Bewegung von 4 cm entspricht. So ist etwa der Punkt 102, ein Dachgiebel, seit 1946 rund 55 m gewandert, ohne daß die Holzhütte dabei zerstört worden wäre.

Alle in Abb. 11 eingetragenen Punkte liegen in der *Rutschzone*. Für die zahlreichen außer den Triangulationspunkten noch eingemessenen Punkte im Gebiet der *Siedlung* ist dagegen eine Lageänderung nicht nachweisbar.

Abb. 12 *zeigt die Änderungen in Höhe* der Punkte im Rutschgebiet. Sie stehen in engem Zusammenhang mit der Verschiebung in Lage. Die auch aus andern Rutschgebieten bekannte Erscheinung, daß mit der Lageverschiebung eine Höhenänderung ungefähr tangential zur Hang-

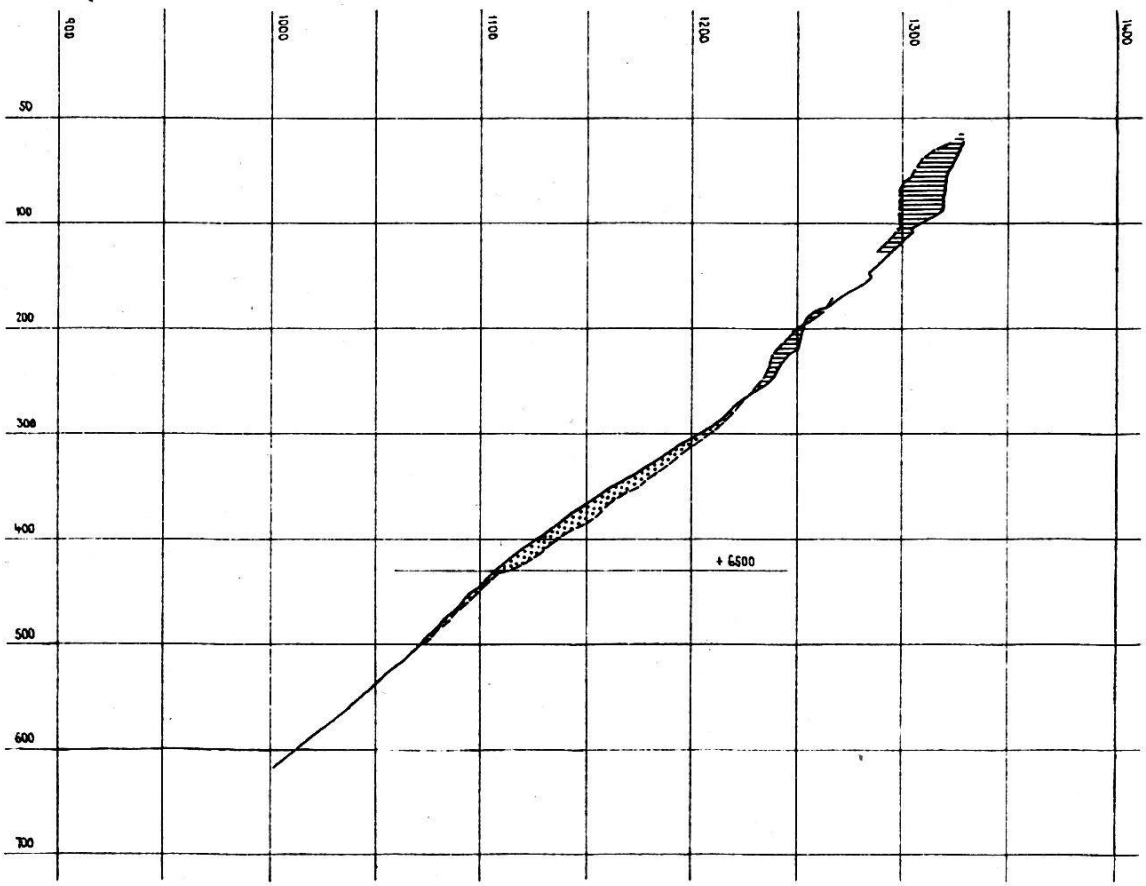


Abb. 16. Profil 12.

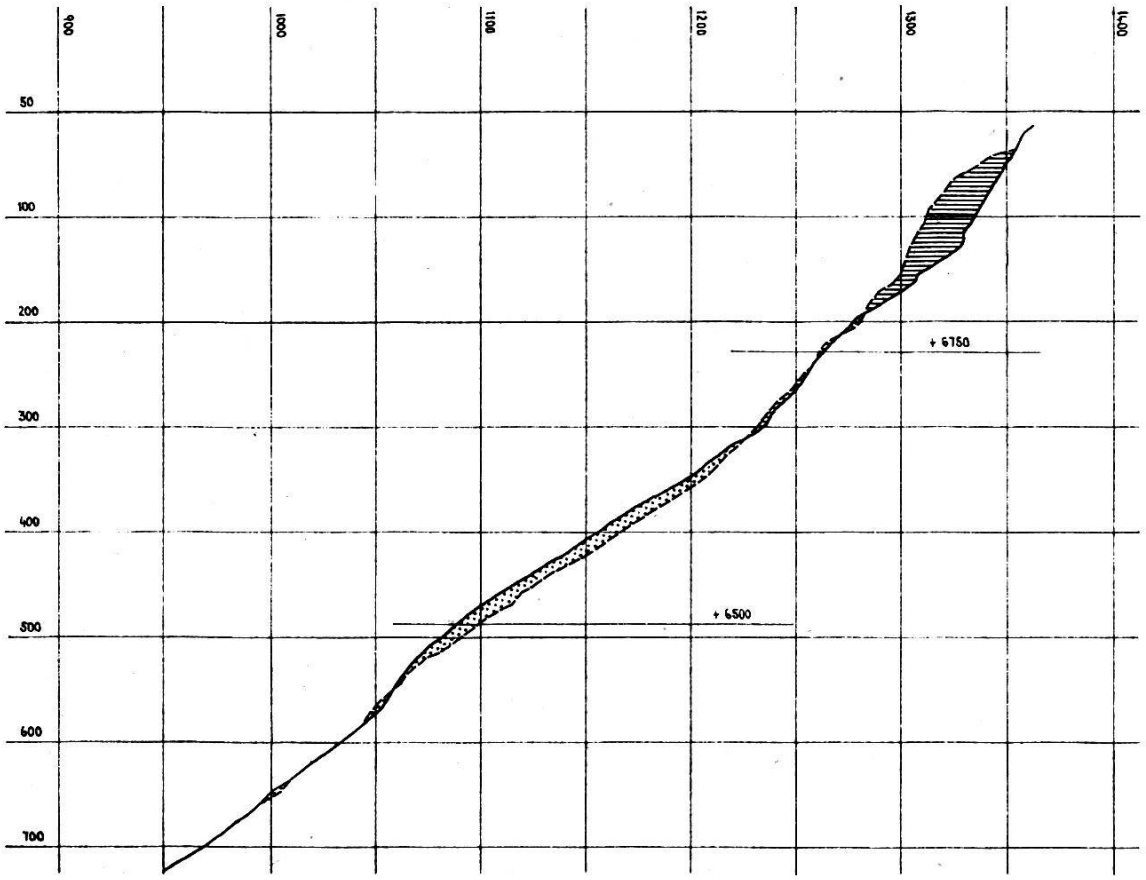


Abb. 17. Profil 5.

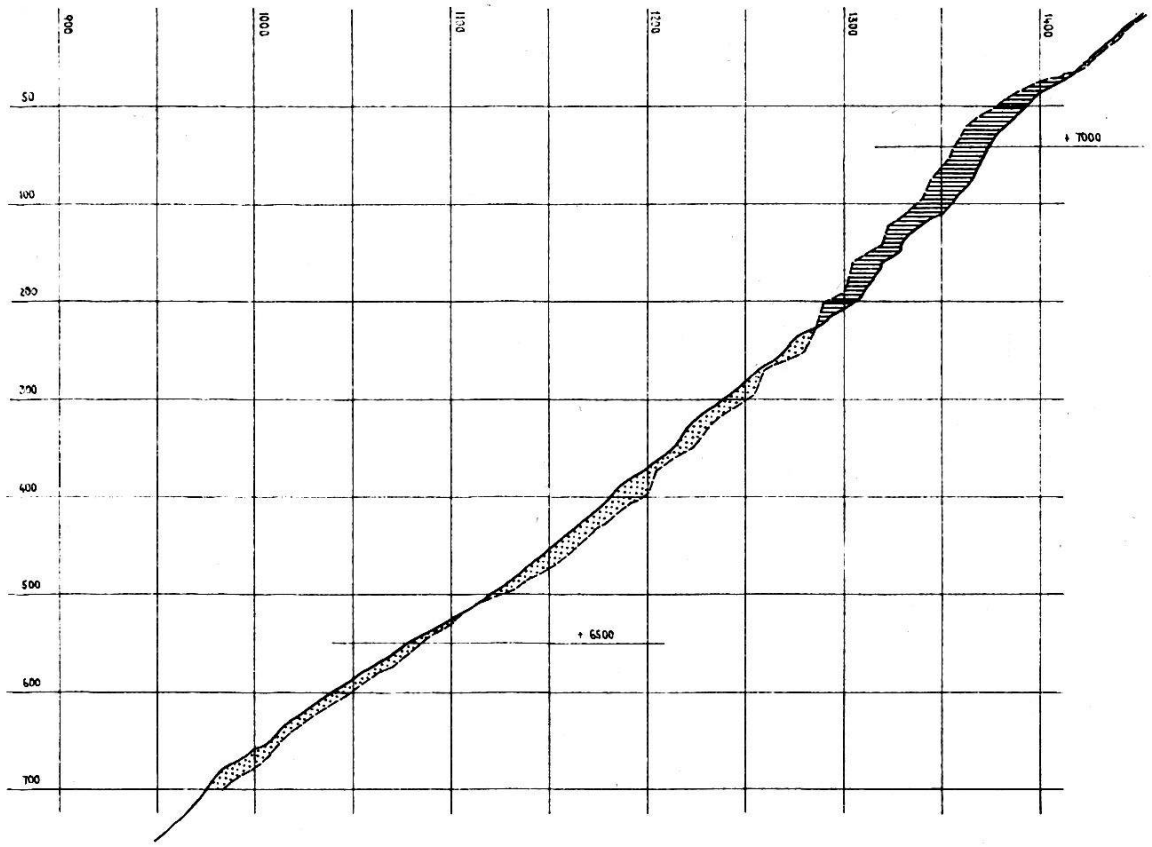


Abb. 18. Profil 11.

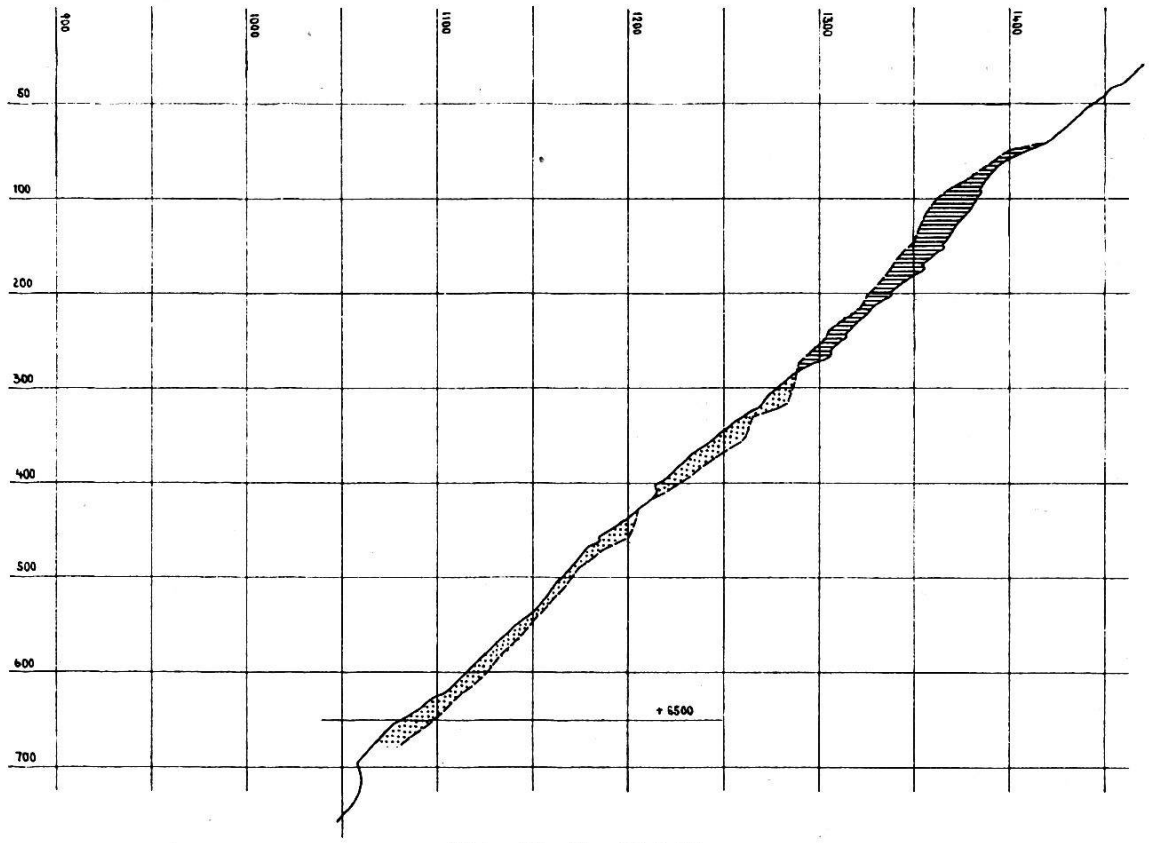


Abb. 19. Profil 102.

neigung verbunden ist, ist auch hier erkennbar, wenngleich einige Setzungserscheinungen im obern Teil der Rutschung das allgemeine Bild etwas stören. Entsprechend den sehr großen Lageänderungen treten Senkungen bis zu 12 m pro Jahr auf.

Abb. 13 und 14 geben für eine Anzahl im eigentlichen Rutschgebiet liegende Punkte die Verschiebungsgeschwindigkeit in Lage und Höhe. Aus den Abbildungen geht hervor, daß *die Geschwindigkeit der Bewegung im horizontalen wie im vertikalen Sinne bis zum Jahr 1958 zunahm. Zwischen 1958 und 1959 ist die Geschwindigkeit stark zurückgegangen.* Diese Erscheinungen stehen ohne Zweifel im engsten Zusammenhang mit den Niederschlagsmengen. Doch dürfen Deutungen solcher Erscheinungen grundsätzlich nicht Sache des Geodäten sein. Sie sollen daher hier auch nicht berührt werden.

Dagegen sei nochmals darauf hingewiesen, daß für die Punkte in der näheren Umgebung des eigentlichen Dorfgebietes von Schuders weder in Lage noch in Höhe Verschiebungen nachgewiesen werden können.

Über die großen Massenverlagerungen als Folge der Rutschbewegung geben die photogrammetrischen Auswertungen von 1946 und 1958 Aufschluß. Abb. 15 zeigt den Verlauf der gleichen Horizontalkurven in den zwei Vergleichsjahren. Man erkennt die Rutschbewegung auch aus der Verlagerung der Straße, die allerdings wegen ständiger Korrekturen nicht in den Einzelheiten verglichen werden darf.

Aufschlußreicher noch als Abb. 15 für die Beurteilung der Erdbewegungen sind die Abb. 16 bis 19. Die bewegten Erdmassen sind beträchtlich. Wenn auch im gesamten der Abtrag gleich der Aufschüttung ist, so kann das für die einzelnen Profile deshalb nicht zutreffen, weil sie nicht in der Fallinie liegen.

Die Methode der direkten Geländekorrektion

Von Armand K. Frisch, Wien

(Schluß)

c) *Vergleich zwischen ebener, reduzierter und sphärischer Berechnung der vertikalen Anziehung der Zonen auf Punkte der Lotlinie.*

Für den Vergleich (siehe Tabelle 2) wurden vier Zonen der Station Hochthor ($H = 2504{,}25$ m) herangezogen, und zwar die Zonen 0,5–1,0 km, 4–6 km, 20–30 km und 300–500 km. Die hierbei verwendeten mittleren Höhen wurden aus den bei Mader angegebenen 16 Sektorhöhen (siehe Tabelle 5) gemittelt, zusätzlich wurden auch noch die vorhergehenden und nachfolgenden runden 100-m-Werte der mittleren Zonenhöhen mitgerechnet, um die Interpolationsmöglichkeiten anzudeuten. Es zeigt sich hierbei, daß die lineare Interpolation, wie erwähnt, in den meisten Fällen schon die 0,01 mgal ergibt.