GA66
.G3G7

195

Hergestellt von der Reichskartenstelle
des Reichsamts für Landesaufnahme

Prüfung der Genauigkeit der topographischen Grundkarte 1:5000

Von

M. Graeser

VERLAG DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME

SONDERHEFT 4

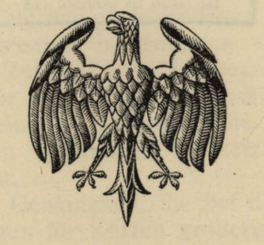
ZU DEN „MITTEILUNGEN DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME“ / 1926

Monograph

Prüfung der Genauigkeit der topographischen Grundkarte 1:5000

Von

M. Graeser



VERLAG DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME

SONDERHEFT 4
ZU DEN „MITTEILUNGEN DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME“ / 1926

GA66
G3G7

LIBRARY OF CONGRESS
AUG 17 1934
DIVISION OF DOCUMENTS

O. M. 2/Mar 35

Prüfung der Genauigkeit der topographischen Grundkarte 1 : 5000.

Von M. Graeser, Verm.-Dirig. im Reichsamt für Landesaufnahme.

Die topographische Grundkarte des Deutschen Reiches 1 : 5000 soll in erster Linie wirtschaftlichen Zwecken dienen; sie heißt aus diesem Grunde auch vielfach „Wirtschaftskarte 1 : 5000“. Durch den Beirat für Vermessungswesen sind im Hinblick auf die Verwendungsmöglichkeiten dieses Kartenwerkes vorläufige Genauigkeitsgrenzen festgesetzt worden.

Die verschiedenen Aufnahmeverfahren zur Herstellung der Wirtschaftskarte 1 : 5000 (durch Erd- oder Luftbildmessung, Zahlen- oder Meßtischtachymetrie und durch Verbindung mehrerer Arten) haben auf Grund mehrjähriger Versuche bestimmte Formen angenommen. Eine Anzahl von Blättern aus Aufnahmen verschiedener Gegenden konnte in den letzten Jahren bereits veröffentlicht werden.

In der Zeit allgemeiner wirtschaftlicher Notlage ist es von erhöhter Bedeutung, vor Beginn jeder Neuaufnahme zu prüfen, welches Aufnahmeverfahren bei ausreichender Genauigkeit gleichzeitig der Wirtschaftlichkeit am besten Rechnung trägt.[1])

Man kann die Genauigkeit eines Kartenwerkes bis zu einem gewissen Grade steigern, das wird aber immer auf Kosten der Wirtschaftlichkeit geschehen. Hier stets den richtigen Mittelweg zu finden, wird durch die Kenntnis, welche Kosten bei den verschiedenen Meßmethoden zu erwarten sind und welche Fehlergrenzen innegehalten werden können, wesentlich erleichtert werden. Das Reichsamt für Landesaufnahme ist daher bestrebt, Genauigkeitsergebnisse für die Aufnahme 1 : 5000 aus Prüfungsmessungen zu gewinnen; sie sollen ein Bild geben, ob die Fehlergrenzen in Lage und Höhe im Einklang zu den vorläufigen Festsetzungen des Beirats für das Vermessungswesen stehen.

Zur Feststellung der Genauigkeit, die bei der Auswertung von Höhenlinien aus Erdbildmessungen für Karten größeren Maßstabes erreicht wird, haben beim Reichsamt bereits Untersuchungen in begrenztem Rahmen stattgefunden.[2])

Um auf vorgezeichnetem Wege einen Schritt weiterzukommen, ordnete das Reichsamt für Landesaufnahme im vergangenen Jahre eine Vergleichsmessung der topographischen Aufnahme 1 : 5000 bei Elbingerode (Harz) an.

[1]) Allgemeine Vermessungsnachrichten 1926, Heft 12. Karl Lüdemann: „Die Notwendigkeit durchgreifender Prüfung der Genauigkeit der Luftbildmessung.“

[2]) Jahresbericht des Reichsamts für Landesaufnahme 1922/1924, Beilage 3 (F. Nowatzki: Die Genauigkeit der stereoautographischen Höhenschichtlinien.).

Die zu prüfende Aufnahme war nach vorhergehender Festpunktverdichtung unter Anwendung der Meßtisch-Tachymetrie entstanden.

Bevor in eine Betrachtung über die Ausführung der Vergleichsmessung und die erzielten Ergebnisse eingetreten wird, scheint es wünschenswert, einen kurzen Überblick zu gewinnen über die Art, wie sich das Aufnahmeverfahren für die Wirtschaftskarte nach den Erfahrungen der letzten Jahre im allgemeinen herausgebildet hat und wie im besonderen bei der Aufnahme 1 : 5000 bei Elbingerode vorgegangen worden ist.

1. Allgemeine Grundsätze.

Vorhandene Katasterkarten, Stadtpläne, Forstkarten, Pläne von Wirtschaftsunternehmungen usw. werden als Grundlagen ausgenuzt.

Hierbei ist zu unterscheiden, ob die Karten und Pläne neueren Ursprungs sind (mit Koordinaten-Netz), oder ob es sich um ältere Aufnahmen von geringerer Genauigkeit handelt.

Im ersten Falle findet eine Übertragung unter Zugrundelegung des Koordinaten-Netzes auf die Meßtischplatte (mit Präzisionspantographen) statt. Die Feldarbeit kann für Geländeteile, von denen solche Karten vorhanden sind, erheblich abgekürzt werden, indem sie, abgesehen von den Einmessungen der Veränderungen und Nachträge, auf Bestimmung ausreichender Höhenwerte beschränkt wird.

Es ist hierbei Pflicht des Vermessungsbeamten, sich trotzdem über die Güte der aufpantographierten Grundlage und der richtigen Lage im trigonometrischen Punktnetz die nötige Sicherheit zu verschaffen. Es haben erfahrungsgemäß selbst Pläne größeren Maßstabs mit Koordinatennetz nicht immer in allen Teilen den Genauigkeitswert, der für die unbesehene Eingliederung in die Aufnahme 1 : 5000 Voraussetzung sein muß. Auch ist das Übertragungsverfahren mit Pantographen nicht so vollkommen, daß es als Fehlerquelle ausgeschieden werden kann.

Geländeteile, deren Aufnahme mit Hilfe der Erd- oder Luftbildmessung erfolgt ist, bedürfen lediglich einer topographischen Ergänzung, nachdem die ausgewerteten Aufnahmegebiete auf die Meßtischplatte gebracht worden sind.

Die Höhen werden, ausgehend von Nivellementspunkten, durch Höhenmessungszüge, im weiteren Gang der Arbeit auch mit Hilfe trigonometrischer Höhenbestimmung in die Aufnahme hineingetragen.

In Vermessungsbezirken, von denen hochwertige Karten und Pläne nicht vorhanden sind, hat zunächst eine Verdichtung des trigonometrischen Punktnetzes zu erfolgen, da durchschnittlich auf jedes Blatt 1/5000, d. h. auf 4 qkm, nur etwa 1 Punkt der Landestriangulation entfällt.

Die Bestimmung von trigonometrischen Zwischenpunkten geschieht in dem Umfange, daß je nach Schwierigkeit der Geländeverhältnisse 1 bis 2 Neupunkte auf 1 qkm gewonnen werden.

Die weitere Bestimmung von Ausgangspunkten für die Aufnahme erfolgt durch Einfügung von Polygon- und Bussolenzügen unter gleichzeitiger Höhenmessung. Sichtbar vermarkte, an die Landestriangulation angeschlossene Festpunkte anderer Behörden werden (nach Umformung der Koordinaten in das Gitternetz der Karte 1 : 5000) verwertet. Die Vorarbeiten zur Gewinnung einer ausreichenden Zahl von Punkten als festen Rahmen

für die Aufnahme werden in der „Vorschrift für die Topographische Abteilung, Heft III“ behandelt. Bei Aufstellung dieser Vorschrift war als Grundsatz vorangestellt, daß bei ausreichender Genauigkeit für den Maßstab 1 : 5000 die Kosten für die Vorarbeiten möglichst niedrig gehalten werden sollten. Auch bei Auswahl des Verfahrens für die Durchführung der eigentlichen Aufnahme unter Auswertung vorhandenen Materials hat der Gedanke, das Kartenwerk möglichst zu verbilligen, mit im Vordergrund gestanden.

Nachdem außer den gegebenen auch die neu geschaffenen und umgeformten trigonometrischen Punkte, Polygonpunkte usw. nach ihren Koordinatenwerten auf die Meßtischplatte übernommen worden sind, geschieht die weitere Punktverdichtung nach Bedarf mit Meßtisch und Kippregel auf graphischem Wege (Rückwärtseinschnitte, Vorwärtsabschnitte und Messungszüge).

Züge mit dem Meßtisch werden in magnetischen Störungsgebieten mit Hilfe graphischer Richtungslinien bei Aufstellung auf jedem Punkt des Zuges, in nicht gestörten Gebieten mit der Kippregel-Bussole und in Sprungständen ausgeführt.

Die Verkleinerungen von Flurkarten (ohne Koordinatennetz) werden nach Möglichkeit durch Einpassen mit Hilfe sicherer Paßpunkte des Festpunktnetzes für die Grundrißdarstellung ausgenutzt. Für die Beurteilung der Güte und die zweckentsprechende Verwertung der verschiedenen Pläne sind Gewandtheit und Erfahrung des Topographen ausschlaggebend.

Als Unterlagen für die Darstellung der Eigentumsgrenzen dienen die Katasterkarten.

Nach ausreichender Vorbereitung der Aufnahmeplatte auf Grund der geschilderten Vorarbeiten setzt die topographische Kleinarbeit mit dem Meßtisch ein. Die Zahl der Kleinpunkte richtet sich nach der Geländebeschaffenheit sowie nach Güte und Vollständigkeit der verfügbaren Kartengrundlagen. Die Erfahrungssätze liegen zwischen 500 und 1400 Kotenpunkten für 1 qkm.

Die Höhenlinien werden nach den gemessenen Höhenpunkten, unter Begehung des Geländes von Punkt zu Punkt, in den Grundriß eingefügt; die Benutzung von Hilfsmitteln zur Interpolation dient hierbei zur Sicherung der Lagegenauigkeit der Linien.

2. Gang der Aufnahme 1 : 5000 bei Elbingerode.

Das Aufnahmegebiet von rund 9 qkm (2¼ Blatt 1 : 5000) Ausdehnung enthielt zum Teil leichtes bis mittelschweres, offenes Gelände mit der Stadt Elbingerode, zum Teil bewaldet, mittelschweres Gelände, durchsetzt von größeren Gruppen alter, schwer zugänglicher Grubenanlagen (Pingen, Schürfen). (Skizze 1.)

Die aus Vermessungen des Jahres 1903 neu entstandene Katasterkarte der Stadt Elbingerode war durch Verkleinerung mittels Pantographen auf die Meßtischplatte übertragen worden. Für die Waldgebiete standen lediglich Abzeichnungen von Forstkarten 1 : 5000 zur Verfügung.

Außer der Kirche Elbingerode entfielen noch 2 trigonometrische Punkte der Landestriangulation (Ortberg und Hartenberg) auf den bewaldeten Teil der aufzunehmenden Fläche.

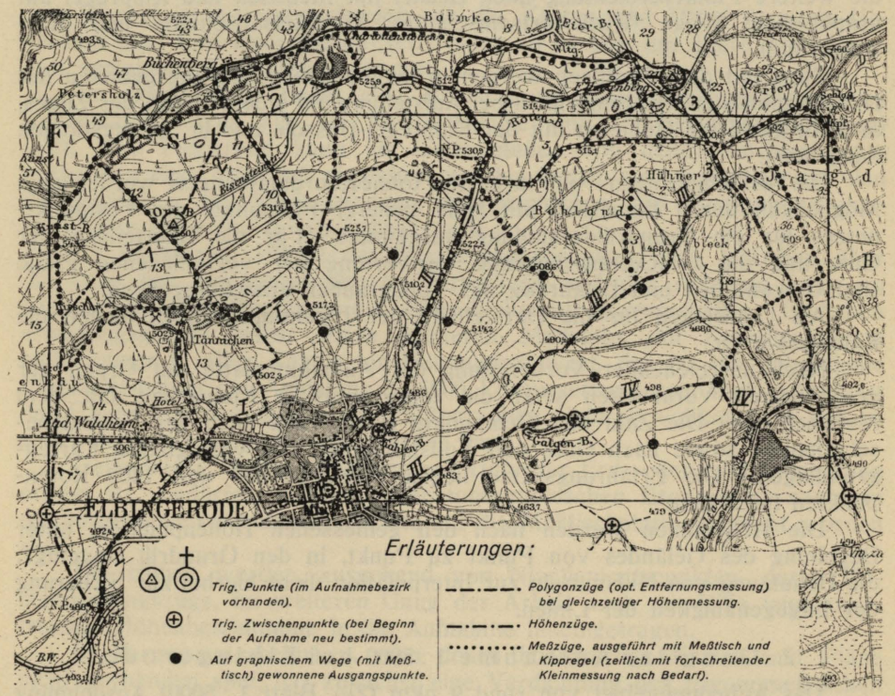
Für die Höhenübertragung waren 3 Höhenbolzen des Landeshauptnivellements in Elbingerode und 1 Höhenbolzen etwa 500 m außerhalb des Arbeitsbezirks vorhanden. Anstelle des verloren gegangenen Nivellements-Punktes an der Chaussee nördlich Elbingerode, vor dem Rotenberge, hatte das Talsperrenneubauamt einen neuen Höhenfestpunkt gesetzt. Die Höhe war auf cm abgerundet gegeben worden.

Die trigonometrische Punktverdichtung ist aus Skizze 1 ersichtlich; es wurden 6 Neupunkte durch Rückwärtseinschnitt bzw. durch Vorwärts-

Skizze 1

Übersicht der Arbeiten zur Festpunktverdichtung für die Aufnahme 1 : 5000 bei Elbingerode.

(Ausschnitt aus dem Meßtischblatt 1 : 25 000, auf etwa 2/3 verkleinert).



abschnitt eingeschaltet (Winkelbeobachtungen in 3 Sätzen). Als Beobachtungsziele auf den Ausgangs- und Neupunkten dienten einfache, zentrisch errichtete Signalstangen; im gegebenen trigonometrischen Punkt Ortberg mußte ein Baumtafelsignal errichtet werden.

Zum Zwecke der Festpunktverdichtung in den bewaldeten Teilen sind 3 Polygonzüge mit optischer Entfernungsmessung (Skizze 1) eingeschaltet worden (Winkelbeobachtungen in 2 Sätzen). Bei der Zugmessung erfolgte gleichzeitig die nivellitische oder trigonometrische Höhenübertragung auf die Polygonpunkte. Als Beobachtungsinstrument diente sowohl bei den trigonometrischen als bei den Zug-Messungen ein 12-cm-Tachymeter-Theodolit von Fennel (Multipl.-Konst. 100).

Die Meßlatten (cm-Teilung) waren mit Lattenrichter zum Lotrechtstellen versehen; zur Herbeiführung festen Standes fanden Lattenstützen Verwendung. Die Polygonzugseiten über 100 m Länge wurden in Teilen gemessen, sodaß alle optisch ermittelten Entfernungen unter 100 m lagen. Um den nachteiligen Einfluß der Differentialrefraktion auf die optische Entfernungsmessung bei senkrecht stehender Latte herabzumindern, erfolgte die Einstellung der Fäden so, daß der unterste Faden im Meßlattenbilde nicht tiefer als 1 m schnitt. Messungen, bei denen der Zielstrahl dicht über dem Boden lag, wurden durch entsprechende Standortwahl vermieden.

Die Höhenpunktübertragung auf die offenen Aufnahmeteile (aufpantographierte Katasterkarte) war durch eine Anzahl, an Nivellementspunkte angeschlossene Höhenmessungszüge (Haupt- und Zweigzüge) erreicht worden (s. Skizze 1); die Messungen erfolgten ebenfalls mit dem 12-cm-Tachymeter-Theodoliten teils nivellitisch, teils trigonometrisch.

Zur Vermarkung der Lage- und Höhenfestpunkte genügten einfache Holzpfähle, um die Auffindbarkeit der Punkte für die Dauer der Aufnahme zu sichern.

Abschlußfehler der Polygonzüge:

Nr. des Zuges	Länge m	Zahl der Brech.-winkel	Gesamtwinkelfehler Aufnahme 1:5000	Gesamtwinkelfehler zulässig (V. A. IX)	Koordinaten-Abschlußfehler $\pm\sqrt{(f_x)^2+(f_y)^2}$ Aufnahme 1:5000	Koordinaten-Abschlußfehler zulässig (V. A. IX.)	Zu verteilender Höhenanschlußwiderspruch
1	1821,3	16	5′ 37″	6′ 0″	1,20 m	1,89 m	0,20 m
2	3123,8	25	4′ 2″	7′ 30″	0,22 „	3,04 „	0,12 „
3	2474,8	22	3′ 11″	7′ 0″	2,08 „	2,46 „	0,07 „

Abschlußfehler der hauptsächlichsten Höhenmessungszüge:

Nr. des Zuges	Länge m	Zu verteilender Anschluß-widerspruch
I	3100	0,08 m
II	2400	0,04 „
III	3200	0,06 „
IV	2450	0,14 „

Die vorgenannten Arbeiten zur Verdichtung des Festpunktnetzes konnten in einem Zeitraum von 14 Tagen beendigt werden, trotzdem nur 2 ungeübte Meßgehilfen zur Verfügung standen.

Die Verbindung der Polygonpunkte unter sich durch Meßtischzüge und die anschließende Kleinarbeit erfolgten zur Sicherung der Genauigkeit derart, daß zunächst der verbindende Meßtischzug (in Lage- und Höhenbestimmung) ausgeführt, ausgeglichen und darauf in dem betreffenden Ge-

ländeteil die topographische Kleinmessung durchgeführt wurde. Erst dann setzte die Bearbeitung des benachbarten Geländestreifens in gleicher Weise ein.

Als Meßinstrument bei der Meßtischarbeit diente eine Kippregel M/Fennel 08 (Mult.-Konst. 100). Meßlatten und Einrichtungen zu ihrer lotrechten und festen Aufstellung waren bei der Kleinmessung dieselben wie bei Ausführung der Polygonzüge.

Entfernungen über 120 bis 200 m sind nur in Ausnahmefällen gemessen worden, wenn es sich um weniger wichtige Punkte handelte und um solche, die nur unter Schwierigkeiten auf andere Weise hätten gewonnen werden können.

Im offenen Gelände (aufpantographierter Grundriß) wurde die Genauigkeit der Übertragung der Katasterkarte stückweise durch graphische Ortsbestimmungen geprüft. Die gewonnenen Punkte (graphische Rückwärtseinschnitte usw.) dienten gleichzeitig als Standorte für die Kleinmessung.

Die Standorthöhen wurden auf trigonometrischem Wege gewonnen oder dem nächsten Höhenmessungszug entnommen. Lagefehler, die sich in verschiedenen Teilen des aufpantographierten Grundrisses bemerkbar machten und als Übertragungsfehler aufzufassen sind, wurden im Hinblick auf die Wahrung der Wirtschaftlichkeit der Aufnahme nur dann beseitigt, wenn sie die Fehlergrenzen erreichten. Da die Kleinmessung im offenen Gelände in der Hauptsache auf die Gewinnung des Geländebildes beschränkt werden konnte, war hier auch die Zahl der gemessenen Punkte bei gleicher Bodengestaltung meist geringer als in den bewaldeten Teilen. Durch die Skizze 2, die einen Ausschnitt aus der Aufnahme darstellt, soll die Zahl und Lage der Kotenpunkte, wechselnd je nach Grundriß und Geländebeschaffenheit in leichtem bis mittelschwerem Waldgelände veranschaulicht werden. Die Höhenangaben für die Punkte sind fortgelassen worden, um das Bild nicht unübersichtlich zu machen.

Die Dichte der Punkte im südöstlichen Teil (Ortberg) entspricht einer Punktzahl von etwa 500—600 auf 1 qkm, während der mit Pingen durchsetzte nordöstliche Abschnitt eine Punktdichte von etwa 1300—1400 auf 1 qkm aufweist. Obwohl durch schlechte Sichten in dem teilweise mit Unterhalz durchsetzten Waldgelände dem Topographen die nach Grundriß und Geländegestaltung zweckmäßige Anbringung und Verteilung der Punkte nicht immer gelingen konnte, wird man das Punktbild für den Maßstab 1 : 5000 als günstig und ausreichend bewerten müssen. Zahlreichere Punkte würden die Wirtschaftlichkeit, weniger zahlreiche die Genauigkeit nachteilig beeinflussen.

Die Fertigstellung der Aufnahme im Gelände einschl. der Vorarbeiten vollzog sich in einem Zeitraum von 124 Tagen (einschl. Sonntage und Reisetage); es entfallen somit auf die Bearbeitung von 1qkm im Durchschnitt rund 14 Tage.

Ausführung der Vergleichsmessung.

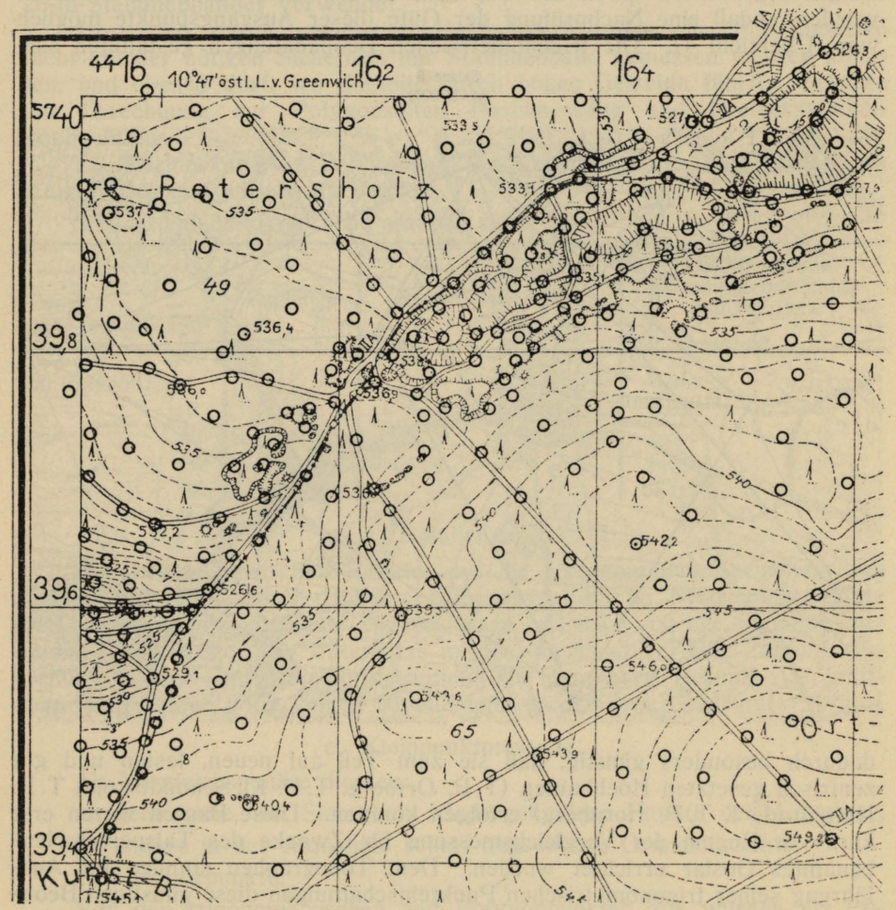
a. Allgemeines.

Ende Juli 1925 traf das Reichsamt die Anordnungen zur Durchführung einer Vergleichsmessung, nachdem die Feldarbeiten in dem gewählten

Gebiet bei Elbingerode abgeschlossen waren. Bei der Auswahl des Geländes war die Erwägung ausschlaggebend, sowohl Waldgebiete, als auch offene Geländeteile zur Nachprüfung heranzuziehen und die Vergleichsarbeit möglichst über einen größeren Teil der Aufnahme auszubreiten.

Die Stadt Elbingerode und die nächste Umgebung wurden in die Nachprüfung nicht einbezogen, da hier für die Aufnahme besonders günstige Grundlagen zur Verfügung gestanden hatten.

Skizze 2
(Ausschnitt aus der Wirtschaftskarte 1 : 5000 auf etwa 9/10 verkleinert)



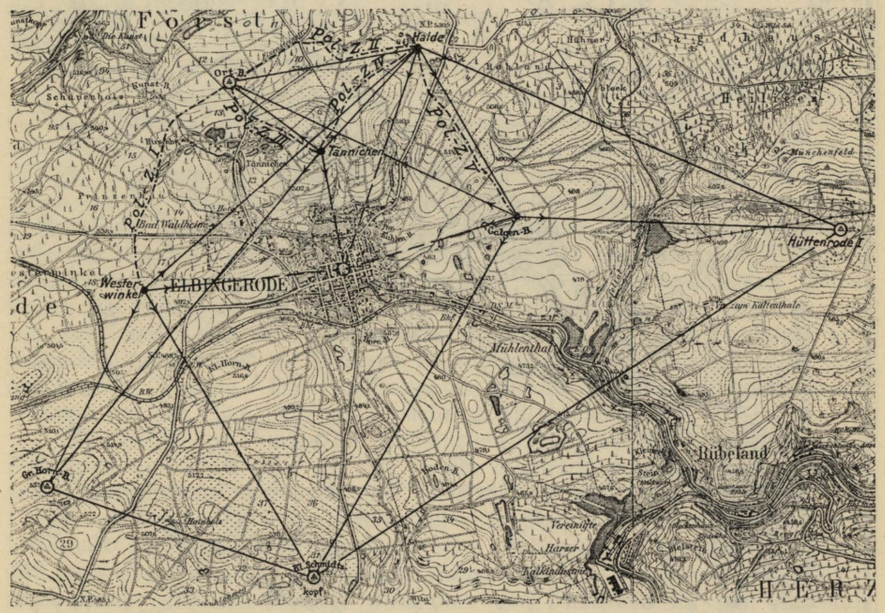
Gute Stadtpläne mit Koordinatennetz (1 : 500) mit Kirche im Ort (trigonometrischer Punkt) sicherten eine gute Übertragung des Grundrisses auf die Aufnahmeplatte 1 : 5000. Für die Höhenmessung standen dem Topographen 3 Nivellementspunkte des Hauptnivellements innerhalb des Stadtweichbildes zur Verfügung. Ein Vergleich bezüglich der Güte der Höhen-

linien fiel ohnehin innerhalb der Stadt aus, da Höhenlinien hier nicht dargestellt werden. Die Verwendung einer Anzahl von Vergleichswerten aus dem vorgenannten Aufnahmeteil würde zweifellos das Gesamtergebnis einseitig nach der günstigen Seite verschoben haben.

b. Trigonometrische Arbeiten.

Die Einschaltung trigonometrischer Punkte erfolgte in dem Umfange, daß 4 Neupunkte als Anschlußpunkte für Polygonzüge gewonnen wurden (s. Skizze 3). Von diesen Punkten waren 3 (Westerwinkel, Halde und Galgenberg) bereits durch den Topographen für seine Aufnahme bestimmt worden, sodaß eine Nachprüfung der Güte dieser Ausgangspunkte möglich war (Übersicht 1). Die trigonometrischen Beobachtungen gestalteten sich

Skizze 3
(1 : 50 000)



dadurch besonders günstig, daß sie zum Teil auf neuen, festen und gut zentrisch gesetzten Hochbauten (T. P. Ortberg, T. P. Kl. Schmidtskopf, T. P. Hüttenrode I, T. P. Hornberg) erfolgen konnten. Diese Bauten waren erst kurz vor Beginn der Vergleichsmessung für Zwecke des Talsperren-Neubauamtes Goslar errichtet worden. Dem Topographen standen bei Ausführung seiner trigonometrischen Punkteinschaltungen diese günstigen Beobachtungsgelegenheiten noch nicht zur Verfügung.

Die Winkelbeobachtungen wurden mit dem 13-cm-Universalinstrument nach den Grundsätzen der Triangulation III. O. durchgeführt.

Die Vermarkung der Neupunkte erfolgte teils durch Steinpfeiler, teils durch Tonröhren.

Der mittlere Fehler einer ausgeglichenen Richtung beträgt 3″,4.

c. Polygonzüge.

Zur Gewinnung einer größeren Anzahl sicherer Festpunkte in allen Teilen des Vergleichsgeländes wurde das Gebiet mit mehreren Polygonzügen durchsetzt (s. Skizze 3). Für die Winkelbeobachtungen diente ebenfalls das 13-cm-Universalinstrument (2 Sätze). Um die Genauigkeit zu steigern und um schnelles und gutes Zentrieren zu ermöglichen, wurde mit 3 Fußgestellen gearbeitet. Als Zielzapfen dienten schwarzweiße, in die Zentrierscheibe des Fußgestells einsetzbare, zylindrische Stäbchen von etwa 1.5 cm Durchmesser und 25 cm Länge. Zur Streckenmessung wurden 20-m-Stahlmeßbänder verwendet.

Dort, wo durch ungünstige Geländeverhältnisse die Polygonseiten nicht mit der nötigen Sicherheit mit Stahlmeßband gemessen werden konnten, und ebenso dort, wo Zugteile durch hohes Getreide führten, erfolgte zur Errechnung der Polygonseiten Basismessung und Dreieckswinkelbeobachtung.

Die Vermarkung der Polygonpunkte geschah durch kräftige, etwa ½ m lange Pfähle und mittels Markierstift.

Als Anschlußwidersprüche ergaben sich:

	Zuglänge m	Gesamtwinkelfehler:	Zu verteilende Koordinatenanschlußwidersprüche x	y
Für Polygonzug I	1751,7	″ 4,4	0,076 m	0,015 m
„ „ II	1540,7	7,4	0,049 „	0,161 „
„ „ III	953,4	6,4	0,090 „	0,116 „
„ „ IV	1147,9	19,8	0,058 „	0,136 „
„ „ V	1426,6	2,3	0,221 „	0,161 „

d. Nivellements.

Die trigonometrischen Punkte und die Polygonpunkte erhielten ihre Höhen über N. N. durch Höhenmessungszüge, die an Nivellementspunkte des Landeshauptnivellements angeschlossen und nach Art der Signalnivellements (Doppelzüge über Untersätze mit hohem und niedrigem Zapfen) ausgeführt worden sind (Nivellierinstrument Th. Rosenberg, Berlin). Der mittlere Fehler einer 1 km langen Nivellementsstrecke ergab sich mit: 1,7 mm.

e. Kleinpunktmessung.

Als Vergleichspunkte dienten:

α) gemessene, mit Sicherheit wiedergefundene Punkte der Aufnahme,

β) andere in der Aufnahme scharf abgreifbare Grundrißpunkte,

γ) Geländepunkte.

Von den trigonometrischen und Polygonpunkten aus wurden die Polarkoordinaten für je eine Anzahl dieser Punkte bestimmt (Entfernungen bis zu 200 m).

Die Winkelbeobachtung erfolgte mit einem 12-cm-Tachymeter-Theodoliten (Hildebrand — Freiberg i. S.) in 2 Sätzen, als Ziele dienten Fluchtstäbe. Die Strecken wurden mit 20-m-Stahlmeßbändern (doppelt) gemessen.

Die Ableitung der Höhen für die Vergleichspunkte geschah teils durch Nivellieren, teils durch Höhenwinkelbeobachtung (2 Sätze). Bei letzterer Art der Höhenbestimmung wurden bei Entfernungen unter 100 m nur vereinzelt größere Höhenwinkel über $\pm 4^\circ$ bis $\pm 6^\circ$ einbezogen.

Durch die geschilderte Art der Kleinpunktmessung entstand längs der Polygonzüge ein 200—300 m breiter Streifen für den Vergleich.

Neben 4 trigonometrischen und 29 Polygonpunkten ergaben die Messungen im ganzen 300 Vergleichspunkte und zwar:

99 gemessene, mit Sicherheit wiedergefundene Punkte . (K),
26 Situationspunkte . . . . . (S),
175 Geländepunkte . . . . . (G).

Skizze 4 gibt eine Übersicht der Vergleichspunkte.

Von einer weiteren Ausdehnung der Untersuchungsmessung wurde abgesehen, da zu erwarten war, daß die gewonnene Anzahl der Punkte ein hinreichendes Urteil über den Wert der Aufnahme zuließ.

Übersicht

a. Trigonometrische

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Punkte in der Aufnahme 1:5000	Errechnete Koordinaten			
		Aufnahme 1:5000		Vergleichsmessung	
		x m	y m	x m	y m
1	Westerwinkel	$^{5}737\,993{,}62$	$^{4}415\,974{,}42$	$^{5}737\,993{,}53$	$^{4}415\,974{,}50$
2	Galgenberg	738 435,74	418 712,18	738 435,61	418 712,19
3	Halde	739 642,34	417 978,70	739 642,15	417 778,70

b. Polygon-

1	Polygonpunkt 1 *) (P. P. 1)	$^{5}738\,083{,}49$	$^{4}416\,003{,}70$	$^{5}738\,083{,}65$	$^{4}416\,003{,}83$
2	" 2 (P. P. 2)	738 182,76	415 968,86	738 183,04	415 968,85
3	" 3 (P. P. 3)	738 290,59	415 937,12	738 291,15	415 937,27
4	" 4 (4 Kb)	738 351,88	415 950,08	738 351,56	415 950,14
5	" 7 (7 Kc)	738 668,05	416 054,56	738 668,22	416 054,68

*) Die eingeklammerten Bezeichnungen beziehen sich auf die gleichartigen Punkte der Vergl.-Messung.

f. Gewinnung der Vergleichsergebnisse.

In den folgenden Übersichten sind die Werte für gleichartige Punkte aus der Aufnahme 1 : 5000 und der Prüfungsmessung gegenübergestellt worden.

Aus den Übersichten selbst und den dazu gegebenen Erläuterungen geht die Entstehung und Bedeutung der Zusammenstellungen hervor.

Die günstigen Ergebnisse in den Werten der Vergleichsmessung ermöglichten, sie gegenüber den gleichartigen Werten der Aufnahme als einwandfrei anzusehen, sodaß die Lage- und Höhenabweichungen als w a h r e F e h l e r betrachtet werden können.

Die nachfolgende Übersicht 1 enthält die Koordinaten- und Höhenfehler von trigonometrischen Zwischenpunkten und Polygonpunkten (Aufnahme-Ausgangspunkten), von denen rechnerische Ergebnisse aus den Vorarbeiten des Topographen und aus der Vergleichsmessung vorliegen.

I.

Zwischenpunkte:

Koordinatenfehler ε_x cm	ε_y cm	$(\varepsilon_x)^2$ cm	$(\varepsilon_y)^2$ cm	Höhe über N. N. Aufnahme m	Vergl.-Messung m	Höhenfehler Δ_h mm	$(\Delta_h)^2$	
+ 9	— 8	81	64	510,91	510,892	+ 18	324	
+ 13	— 1	169	1	505,89	505,958	— 68	4624	
+ 19	0	361	0	535,95	535,930	+ 20	400	
		$[(\varepsilon_x)^2] = 611$	$65 = [(\varepsilon_y)^2]$				$[(\Delta_h)^2] = 5348$	
		Mittl. Fehler: $f_x = \pm 14{,}3$ cm	$f_y = \pm 4{,}7$ "			Mittl. Fehler: $f_h = \pm 42$ mm		
— 16	— 13	256	169	511,58	511,591	— 11	121	
— 28	+ 1	784	1	518,91	518,903	+ 7	49	
— 56	— 15	3136	225	524,84	524,858	— 18	324	
+ 32	— 6	1024	36	525,20	525,233	— 33	1089	
— 17	— 12	289	144	517,88	517,926	— 46	2116	
		$[(\varepsilon_x)^2] = 5489$	$575 = [(\varepsilon_y)^2]$				$[(\Delta_h)^2] = 3699$	
		Mittl. Fehler: $f_x = \pm 33{,}1$ cm	$f_y = \pm 10{,}7$ "			Mittl. Fehler: $f_h = \pm 27$ mm		

Über-

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Vergleichspunkte	Örtliche Lage des Vergleichspunktes in der Aufnahme 1 : 5000 (durch Abgreifen in der Aufnahme ermittelt) x m	y m	durch Vergleichsmessung errechnet x m	y m
	1. Gemessene, mit Sicherheit				
	a) Offenes				
1	△Tännichen Ke	5 738 854,2	4 417 338,0	5 738 852,49	4 417 335,50
2	P. P. 17 Kc	739 479,3	327,8	739 477,35	326,93
3	18 Kb	771,8	751,0	771,66	751,54
4	18 Kc	796,3	811,7	795,66	809,90
5	18 Kd	702,0	828,3	699,41	826,64
6	18 Ke	655,2	680,4	654,41	680,05
7	21 Ka	253,0	416 980,6	250,93	416 980,58
8	21 Kb	320,0	417 037,8	319,48	417 037,77
9	21 Kd	262,3	138,2	258,40	139,08
10	21 Kg	182,0	024,9	181,68	025,49
11	22 Kc	213,3	416 872,2	212,76	416 872,16
12	22 Kd	194,7	799,5	190,59	796,74
13	22 Ke	155,4	727,1	153,74	725,99
14	31 Ka	582,0	417 787,6	580,27	417 784,58
15	31 Kb	684,0	955,8	681,78	955,29
16	31 Ke	523,7	850,2	521,74	850,41
17	31 Kf	542,2	782,2	540,84	780,33
18	32 Ka	525,6	526,5	525,55	525,96
19	32 Kb	545,5	583,2	543,04	580,29
20	32 Ke	491,3	598,6	489,27	598,12
21	32 Kd	388,3	538,9	386,56	538,92
22	33 Kb	356,7	218,3	355,96	218,07
23	33 Ke	381,1	304,3	380,06	303,25
24	35 Kb	537,1	418 072,0	534,96	418 069,16
25	36 Ka	312,1	071,7	310,60	070,29
26	36 Ke	293,4	137,0	291,55	137,44
27	37 Ka	064,0	192,8	062,15	193,39
28	37 Kb	107,0	188,0	107,65	190,12
29	37 Kc	188,0	161,5	185,11	159,64
30	37 Kd	217,1	278,0	217,25	278,16
31	37 Ke	134,0	327,8	134,91	327,17
32	38 Ka	738 910,2	234,3	738 909,80	233,31
33	38 Kb	739 023,0	298,8	020,99	298,56
34	38 Kc	037,0	342,1	034,97	342,32
35	38 Kd	738 988,4	372,3	988,99	371,83
36	38 Ke	908,7	309,4	908,87	309,16
37	39 Ka	812,8	420,9	811,63	420,45

sicht 2.

Koordinatenfehler ε_x m	ε_y m	$(\varepsilon_x)^2$	$(\varepsilon_y)^2$	Höhe über N. N. Aufnahme m	Vergleichsmessung m	Höhenfehler Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$	Bemerkungen
wiedergefundene Punkte.								
Gelände.								
+ 1,71	+ 2,50	2,9241	6,2500	514,2	514,01	+ 19	361	
+ 1,95	+ 0,87	3,8025	0,7569	527,5	527,54	— 4	16	
+ 0,14	— 0,54	0,0196	0,2916	529,6	529,39	+ 21	441	
+ 0,64	+ 1,80	0,4096	3,2400	531,3	531,34	— 4	16	
+ 2,59	+ 1,66	6,7081	2,7556	529,2	529,25	— 5	25	
+ 0,79	+ 0,35	0,6241	0,1225	527,0	527,07	— 7	49	
+ 2,07	+ 0,02	4,2849	0,0004	519,4	519,43	— 3	9	
+ 0,52	+ 0,03	0,2704	0,0009	523,5	523,57	— 7	49	
+ 3,90	+ 0,12	15,2100	0,0144	518,7	518,72	— 2	4	
+ 0,32	— 0,59	0,1024	0,3481	515,7	515,69	+ 1	1	
+ 0,54	+ 0,04	0,2916	0,0016	519,3	519,42	— 12	144	
+ 4,11	+ 2,76	16,8921	7,6176	518,2	518,00	+ 20	400	
+ 1,66	+ 1,11	2,7556	1,2321	514,8	514,94	— 14	196	
+ 1,73	+ 3,02	2,9929	9,1204	524,6	524,16	+ 44	1936	
+ 2,22	+ 0,51	4,9284	0,2601	530,6	530,55	+ 5	25	
+ 1,96	— 0,21	3,8416	0,0441	522,8	522,72	+ 8	64	
+ 1,36	+ 1,87	1,8496	3,4969	521,9	521,73	+ 17	289	
+ 0,05	+ 0,54	0,0025	0,2916	527,4	527,42	— 2	4	
+ 2,46	+ 2,91	6,0516	8,4681	526,2	526,21	— 1	1	
+ 2,03	+ 0,48	4,1209	0,2304	526,3	526,42	— 12	144	
+ 1,74	— 0,02	3,0276	0,0004	525,2	525,09	+ 11	121	
+ 0,74	+ 0,23	0,5476	0,0529	522,4	522,54	— 14	196	
+ 1,04	+ 1,05	1,0816	1,1025	523,3	523,34	— 4	16	
+ 2,14	+ 2,84	4,5796	8,0656	524,5	524,28	+ 22	484	
+ 1,50	+ 1,41	2,2500	1,9881	522,0	522,42	— 42	1764	
+ 1,85	— 0,44	3,4225	0,1936	521,0	521,02	— 2	4	
+ 1,85	— 0,59	3,4225	0,3481	514,3	514,55	— 25	625	
— 0,65	— 2,12	0,4225	4,4944	515,5	515,74	— 24	576	
+ 2,89	+ 1,86	8,3521	3,4596	518,2	518,49	— 29	841	
— 0,15	— 0,16	0,0225	0,0256	517,1	517,20	— 10	100	
— 0,91	+ 0,63	0,8281	0,3969	512,3	512,37	— 7	49	
+ 0,40	+ 0,99	0,1600	0,9801	514,1	514,20	— 10	100	
+ 2,01	+ 0,24	4,0401	0,0576	510,9	511,02	— 12	144	
+ 2,03	— 0,22	4,1209	0,0484	508,3	508,30	0	0	
— 0,59	+ 0,47	0,3481	0,2209	507,5	507,55	— 5	25	
— 0,17	+ 0,24	0,0289	0,0576	510,4	510,50	— 10	100	
+ 1,17	+ 0,45	1,3689	0,2025	502,0	502,32	— 32	1024	
		116,1060	65,2381				10343	

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Vergleichspunkte	Örtliche Lage des Vergleichspunktes in der Aufnahme 1:5000 (durch Abgreifen in der Aufnahme ermittelt) x m	y m	durch Vergleichsmessung errechnet x m	y m
38	P. P. 39 Kb	5 738 904,4	4 418 491,8	5 738 904,11	4 418 491,54
39	39 Kc	868,3	530,5	867,21	530,60
40	39 Kd	754,4	531,5	752,08	532,60
41	39 Ke	695,4	468,8	693,12	469,54
42	△Galgenberg Ka	409,7	592,8	409,93	593,47
43	„ Kc	462,9	801,0	463,25	802,66
44	Kd	415,0	729,8	413,86	729,10
45	Ke	397,0	658,0	396,80	657,72

b) Wald-

1	P. P. 1 Kb	5 738 059,5	4 416 020,2	5 738 057,07	4 416 019,62
2	1 Kc	067,2	000,0	065,63	415 998,40
3	2 Kb	147,0	415,981,0	147,88	981,26
4	3 Kb	228,8	973,3	229,80	971,41
5	5 Ka	514,1	416 023,0	515,12	416 022,70
6	5 Kb	476,6	043,9	477,69	043,47
7	5 Kd	445,0	002,3	442,84	000,48
8	6 Kc	535,0	035,2	535,03	035,64
9	7 Ka	730,4	110,0	731,62	109,18
10	7 Ke	744,2	077,4	744,07	076,38
11	8 Kb	906,4	166,8	906,29	166,00
12	8 Kc	831,2	148,5	830,72	148,50
13	8 Kd	848,4	116,8	848,72	116,94
14	10 Kb	739 106,9	196,7	739 107,10	194,79
15	10 Kd	146,8	175,4	147,08	174,05
16	11 Ka	269,8	320,2	268,70	318,74
17	11 Kb	219,8	306,4	221,06	304,45
18	11 Kc	225,0	244,2	224,88	242,91
19	11 Kd	236,2	207,4	236,62	205,15
20	11 Ke	315,1	164,5	315,05	163,24
21	11 Kf	278,2	256,1	278,39	253,31
22	12 Ka	355,2	515,4	353,55	513,90
23	12 Kb	330,1	489,8	327,87	488,76
24	12 Kd	338,0	427,8	336,50	427,24
25	12 Kf	372,2	488,0	370,24	487,25

Koordinatenfehler ε_x m	ε_y m	$(\varepsilon_x)^2$	$(\varepsilon_y)^2$	Höhe über N. N. Aufnahme m	Vergleichsmessung m	Höhenfehler Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$	Bemerkungen
+ 0,29	+ 0,26	0,0841	0,0676	502,6	502,82	— 22	484	
+ 1,09	— 0,10	1,1881	0,0100	500,6	500,80	— 20	400	
+ 2,32	— 1,10	5,3824	1,2100	498,1	498,26	— 16	256	
+ 2,28	— 0,74	5,1984	0,5476	495,3	495,51	— 21	441	
— 0,23	— 0,67	0,0529	0,4489	499,4	499,51	— 11	121	
— 0,35	— 1,66	0,1225	2,7556	503,3	503,38	— 8	64	
+ 1,14	+ 0,70	1,2996	0,4900	504,5	504,56	— 6	36	
+ 0,20	+ 0,28	0,0400	0,0784	505,5	505,66	— 16	256	
		13,3680	5,6081				2058	
		116,1060	65,2381				10343	
		$[(\varepsilon_x)^2] = 129,4740$		70,8462 = $[(\varepsilon_y)^2]$			$[(\Delta_h)^2] = 12401$	

Mittlerer Fehler:
$m_x = \pm 1{,}70$ m
$m_y = \pm 1{,}25$ m

Mittlerer Fehler:
$m_h = \pm 0{,}17$ m

gelände.

+ 2,43	+ 0,58	5,9049	0,3364	508,8	508,83	— 3	9	
+ 1,57	+ 1,60	2,4649	2,5600	510,4	510,78	— 38	1444	
— 0,88	— 0,26	0,7744	0,0676	516,2	516,32	— 12	144	
— 1,00	+ 1,89	1,0000	3,5721	521,0	521,14	— 14	196	
— 1,02	+ 0,30	1,0404	0,0900	521,6	521,71	— 11	121	
— 1,09	+ 0,43	1,1881	0,1849	521,2	521,36	— 16	256	
+ 2,16	+ 1,82	4,6656	3,3124	523,9	523,90	± 0	0	
— 0,03	— 0,44	0,0009	0,1936	520,6	520,92	— 32	1024	
— 1,22	+ 0,82	1,4884	0,6724	515,2	515,29	— 9	81	
+ 0,13	+ 1,02	0,0169	1,0404	516,9	517,06	— 16	256	
+ 0,11	+ 0,80	0,0121	0,6400	520,9	521,10	— 20	400	
+ 0,48	± 0,00	0,2304	0,0000	519,7	519,72	— 2	4	
— 0,32	— 0,14	0,1024	0,0196	520,3	520,45	— 15	225	
— 0,20	+ 1,91	0,0400	3,6481	526,3	526,34	— 4	16	
— 0,28	+ 1,35	0,0784	1,8225	529,8	529,75	+ 5	25	
+ 1,10	+ 1,46	1,2100	2,1316	537,9	537,98	— 8	64	
— 1,26	+ 1,95	1,5876	3,8025	534,2	534,36	— 16	256	
+ 0,12	+ 1,29	0,0144	1,6641	533,6	533,70	— 10	100	
— 0,42	+ 2,25	0,1764	5,0625	534,0	534,11	— 11	121	
+ 0,05	+ 1,26	0,0025	1,5876	538,0	538,04	— 4	16	
— 0,19	+ 2,79	0,0361	7,7841	536,7	536,76	— 6	36	
+ 1,65	+ 1,50	2,7225	2,2500	545,9	546,02	— 12	144	
+ 2,23	+ 1,04	4,9729	1,0816	543,2	543,06	+ 14	196	
+ 1,50	+ 0,56	2,2500	0,3136	543,9	543,81	+ 9	81	
+ 1,96	+ 0,75	3,8416	0,5625	546,2	546,14	+ 6	36	
		35,8218	44,4001				5251	

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Vergleichspunkte	Örtliche Lage des Vergleichspunktes in der Aufnahme 1:5000 (durch Abgreifen in der Aufnahme ermittelt) x m	y m	durch Vergleichsmessung errechnet x m	y m
26	P. P. 13 Ka	5 739 533,7	4 416 714,9	5 739 532,53	4 416 717,75
27	13 Kb	589,8	761,1	588,47	759,68
28	13 Kc	659,9	819,6	657,80	822,69
29	13 Kd	575,6	848,0	576,75	852,37
30	13 Ke	468,1	818,2	470,20	821,11
31	13 Kf	479,0	738,0	477,78	739,29
32	13 Kg	545,0	785,8	543,30	785,02
33	14 Ka	639,0	417 065,5	639,63	417 068,90
34	14 Kb	654,8	416 980,1	652,99	416 982,25
35	14 Kc	701,5	417 001,8	703,63	417 003,40
36	14 Kd	764,4	014,1	765,50	016,83
37	14 Ke	903,0	024,7	901,11	025,06
38	15 Ka	670,0	182,5	670,13	184,26
39	15 Kb	662,6	150,2	659,37	152,50
40	15 Kc	710,5	135,5	710,64	137,78
41	15 Kd	733,1	113,7	734,14	116,94
42	15 Ke	794,0	183,0	794,00	185,10
43	16 Ka	692,1	256,3	695,15	259,03
44	16 Kb	717,7	230,0	719,08	233,91
45	16 Kc	750,4	256,0	750,98	258,63
46	16 Kd	774,1	334,0	775,13	334,55
47	16 Ke	728,9	354,0	729,07	358,06
48	22 Kg	220,6	416 670,8	220,59	416 669,94
49	23 Kc	295,0	658,5	291,90	658,03
50	35 Kd	434,5	418 145,0	433,40	418 146,36
51	35 Ke	397,7	124,0	396,18	125,72
52	36 Kb	350,9	108,3	350,08	108,65
53	36 Kc	423,1	202,0	423,14	202,45
54	36 Kd	323,0	214,5	321,19	213,90

2. Grundriß-

a) Offenes

1	P. P. 17 Sb	5 739 513,5	4 417 407,1	5 739 511,51	4 417 406,56
2	17 Sd	548,7	285,2	546,83	284,48
3	17 Se	648,0	433,1	646,82	433,86
4	18 S	710,2	763,0	708,42	762,53
5	18 Sa	734,3	666,8	732,16	666,40

Koordinatenfehler ε_x m	ε_y m	$(\varepsilon_x)^2$	$(\varepsilon_y)^2$	Höhen über N. N. Aufnahme m	Vergleichsmessung m	Höhenfehler Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$	Bemerkungen
+ 1,17	— 2,85	1,3689	8,1225	546,7	546,57	+ 13	169	
+ 1,33	+ 1,42	1,7689	2,0164	544,7	544,51	+ 19	361	
+ 2,10	— 3,09	4,4100	9,5481	541,1	540,78	+ 32	1024	
— 1,15	— 4,37	1,3225	19,0969	543,3	542,78	+ 52	2704	
— 2,10	— 2,91	4,4100	8,4681	542,6	542,58	+ 2	4	
+ 1,22	— 1,29	1,4884	1,6641	547,1	547,00	+ 10	100	
+ 1,70	+ 0,78	2,8900	0,6084	545,2	545,07	+ 13	169	
— 0,63	— 3,40	0,3969	11,5600	536,3	536,00	+ 30	900	
+ 1,81	— 2,15	3,2761	4,6225	538,0	538,12	— 12	144	
— 2,13	— 1,60	4,5369	2,5600	536,5	536,29	+ 21	441	
— 1,10	— 2,73	1,2100	7,4529	534,3	534,02	+ 28	784	
+ 1,89	— 0,36	3,5721	0,1296	530,4	529,95	+ 45	2025	
— 0,13	— 1,76	0,0169	3,0976	535,0	534,82	+ 18	324	
+ 3,22	— 2,30	10,3684	5,2900	534,9	535,04	— 14	196	
— 0,14	— 2,28	0,0196	5,1984	535,4	535,26	+ 14	196	
— 1,04	— 3,24	1,0816	10,4976	535,0	534,67	+ 23	1089	
± 0,00	— 2,10	0,0000	4,4100	533,0	532,65	+ 35	1225	
— 3,05	— 2,73	9,3025	7,4529	537,3	537,13	+ 17	289	
— 1,38	— 3,91	1,9044	15,2881	536,7	536,41	+ 29	841	
— 0,58	— 2,63	0,3364	6,9169	536,7	536,46	+ 24	576	
— 1,03	— 0,55	1,0609	0,3025	536,5	536,16	+ 34	1156	
— 0,17	— 4,06	0,0289	16,4836	536,0	535,64	+ 36	1296	
+ 0,01	+ 0,86	0,0001	0,7396	525,0	525,10	— 10	100	
+ 3,10	+ 0,47	9,6100	0,2209	537,0	537,29	— 29	841	
+ 1,10	— 1,36	1,2100	1,8496	524,4	524,66	— 26	676	
+ 1,52	— 1,72	2,3104	2,9584	524,1	524,34	— 24	576	
+ 0,82	— 0,35	0,6724	0,1225	522,7	522,82	— 12	144	
— 0,04	— 0,45	0,0016	0,2025	524,1	524,28	— 18	324	
+ 1,81	+ 0,60	3,2761	0,3600	520,9	520,76	+ 14	196	
		71,8509	157,2406				18870	
		35,8218	44,4001				5251	
		$[(\varepsilon_x)^2]$=107,6727	201,6407	$=[(\varepsilon_y)^2]$			$[(\Delta_h)^2]=24121$	

Mittl. Fehler: $m_x = \pm 1{,}41$ m
$m_y = \pm 1{,}93$ m

Mittl. Fehler: $m_h = \pm 0{,}21$ m

punkte.

Gelände.

+ 1,99	+ 0,54	3,9601	0,2916
+ 1,87	+ 0,72	3,4969	0,5184
+ 1,18	— 0,76	1,3924	0,5776
+ 1,78	+ 0,47	3,1684	0,2209
+ 2,14	+ 0,40	4,5796	0,1600
		16,5974	1,7685

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Vergleichspunkte	Örtliche Lage des Vergleichspunktes in der Aufnahme 1:5000 (durch Abgreifen in der Aufnahme ermittelt) x m	y m	durch Vergleichsmessung errechnet x m	y m
6	△ Tännichen S	5 738 938,8	4 417 290,8	5 738 938,60	4 417 290,61
7	Sa	827,3	271,3	825,52	271,15
8	Sb	935,4	196,2	934,38	196,10
9	Sc	999,8	303,3	999,92	303,00
10	Sd	950'2	364,0	948,19	362,11
11	P. P. 21 Sf	739 132,0	090,2	739 129,28	089,76
12	22 S	208,5	416 758,5	207,99	416 759,28
13	22 Sa	230,8	777,0	228,12	775,80
14	31 S	578,9	417 838,9	578,90	417 839,60
15	31 Sc	553,7	949,8	552,76	949,51
16	31 Sd	467,4	877,0	465,78	874,41
17	32 Se	369,5	460,0	367,15	457,42
18	32 Sf	453,3	391,2	451,38	389,82
19	33 Sa	268,0	253,7	266,63	251,82
20	33 Sd	315,6	341,7	314,27	340,98
21	33 Se	260,4	324,7	259,68	325,72
22	33 Sf	186,3	304,8	185,38	304,89
23	35 Sa	513,3	418 042,7	511,75	418 041,40
24	35 Sc	482,0	103,6	481,36	104,36
25	35 Sf	435,1	032,8	433,92	033,41
26	39 S	738 805,5	482,1	738 804,11	482,59
27	△ Galgenberg Sb	435,4	627,7	434,85	629,32

b) Wald-

1	P. P. 6 Sd	5 738 551,3	4 416 018,0	5 738 552,64	4 416 018,91
2	8 S	866,4	102,6	867,26	103,28
3	8 Sa	927,0	161,2	927,01	160,21
4	8 Se	850,3	096,0	848,66	094,23
5	7 S	717,0	083,0	714,88	080,20
6	7 Sd	681,2	027,0	682,07	025,72

Koordinatenfehler ε_x m	ε_y m	$(\varepsilon_x)^2$	$(\varepsilon_y)^2$	Höhen über N. N. Aufnahme m	Vergleichsmessung m	Höhenfehler Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$	Bemerkungen
+ 0,20	+ 0,19	0,0400	0,0361					Die Höhenwerte für die Grundrißpunkte (S) sind aus den Höhenlinien ermittelt worden; sie sind in der Übersicht der Geländepunkte (s. d.) mit enthalten.
+ 1,78	+ 0,15	3,1684	0,0225					
+ 1,02	+ 0,10	1,0404	0,0100					
— 0,12	+ 0,30	0,0144	0,0900					
+ 2,01	+ 1,89	4,0401	3,5721					
+ 2,72	+ 0,44	7,3984	0,1936					
+ 0,51	— 0,78	0,2601	0,6084					
+ 2,68	+ 1,20	7,1824	1,4400					
± 0,00	— 0,70	0,0000	0,4900					
+ 0,94	+ 0,29	0,8836	0,0841					
+ 1,62	+ 2,59	2,6244	6,7081					
+ 2,35	+ 2,58	5,5225	6,6564					
+ 1,92	+ 1,38	3,6864	1,9044					
+ 1,37	+ 1,88	1,8769	3,5344					
+ 1,33	+ 0,72	1,7689	0,5184					
+ 0,72	— 1,02	0,5184	1,0404					
+ 0,92	— 0,09	0,8464	0,0081					
+ 1,55	+ 1,30	2,4025	1,6900					
+ 0,64	— 0,76	0,4096	0,5776					
+ 1,18	— 0,61	1,3924	0,3721					
+ 1,39	— 0,49	1,9321	0,2401					
+ 0,55	— 1,62	0,3025	2,6244					
		47,3108	32,4212					
		16,5974	1,7685					
		$[(\varepsilon_x)^2] = 63,9082$	34,1897	$= [(\varepsilon_y)^2]$				

Mittl. Fehler: $m_x = \pm 1,54$ m, $m_y = \pm 1,12$ m

gelände.

— 1,34	— 0,91	1,7956	0,8281					
— 0,86	— 0,68	0,7396	0,4624					
— 0,01	+ 0,99	0,0001	0,9801					
+ 1,64	+ 1,77	2,6896	3,1329					
+ 2,12	+ 2,80	4,4944	7,8400					
— 0,87	+ 1,28	0,7569	1,6384					
		$[(\varepsilon_x)^2] = 10,4762$	14,8819	$= [(\varepsilon_y)^2]$				

Mittl. Fehler: $m_x = \pm 1,32$ m, $m_y = \pm 1,57$ m

In der Übersicht 2 sind, getrennt nach offenem und Waldgelände, den aus der Aufnahme abgegriffenen Koordinaten für gemessene, im Gelände mit Sicherheit wiedergefundene Punkte und Grundrißpunkte die gerechneten Koordinaten aus der Vergleichsmessung gegenübergestellt und die mittleren Koordinatenfehler bestimmt worden. Ebenso wurde für die gemessenen Punkte der Vergleich der Höhenwerte und die Errechnung des mittleren Höhenfehlers durchgeführt.

Das Abgreifen der Koordinaten auf der Meßtischplatte und die Ermittelung der Höhenwerte für die vorgenannten Punkte erfolgten durch den Topographen selbst nach Rückkehr aus dem Aufnahmebezirk, bevor die rechnerischen Werte aus der Vergleichsmessung vorlagen. Hierzu waren die Punkte der Prüfungsaufnahme (ausgenommen Geländepunkte) graphisch nach beobachteten Richtungen und Seiten in einer Pause zusammengestellt worden. An Hand dieser rohen Pause und auf Grund besonderer, bei der Vergleichsmessung geführter Lageskizzen, konnten die gleichartigen Punkte (Zirkelstich, Grundrißecke) auf der Meßtischplatte leichter ermittelt werden. Die Übersichten der gemessenen Punkte (Pausen) mit Höhenangabe, die bei der Feldarbeit fortgeführt werden, sicherten ebenfalls das Auffinden der Punkte auf der Platte und die richtige Wiedergabe des Höhenwertes.

Bei den ermittelten Koordinatenfehlern der gemessenen und der Grundrißpunkte des offenen Geländes fällt auf, daß die Werte ε_x und ε_y, mit verschwindenden Ausnahmen, positives Vorzeichen zeigen; erst bei den Vergleichspunkten vom P. P. 36 ab wechselt das Vorzeichen. Man muß auf einen konstanten Fehler schließen, der auch tatsächlich vorhanden ist.

Die Vergleichspunkte (bis P. P. 35) liegen auf der westlichen Aufnahmeplatte 1 : 5000 (Elbingerode Nord), die Punkte von P. P. 36 ab auf der östlichen Meßtischplatte (Galgenberg), (siehe Übersicht der Vergleichspunkte, Skizze 4). Beim Auftragen des Netzes und Aufpantographieren des Grundrisses der Katasterkarten ist in dem fraglichen Teil eine geringe Verschiebung des Grundrißbildes nach NO eingetreten. Der Fehler ist bei den Standortbestimmungen im Gelände durch den Topographen festgestellt worden. Es bestand angesichts der geringen Abweichungen, die in den Fehlergrenzen lagen, kein Anlaß, sämtliche Linien der Katasterkarten zu verschieben, vielmehr wurden die Standorte dem aufgetragenen Kartenbilde angepaßt. Die Übertragung des Grundrisses der Katasterkarten auf die östliche Platte (Galgenberg) war bei der Feldarbeit als einwandfrei erkannt worden.

Die Anpassung der Aufnahme an den Rändern beider Meßplatten mußte durch beiderseitiges, unbedeutendes Nachgeben herbeigeführt werden.

Die Untersuchung zeigt, von welcher Bedeutung scharfe Netzumrechnung, sorgfältige Netzkonstruktion auf der Aufnahmeplatte und einwandfreie Übertragung des Grundrisses der Kataster- usw. Karten durch Pantographieren in die aufgetragenen Netze für die Genauigkeit der Aufnahme sind.

Berechnet man den mittleren Koordinatenfehler für die gemessenen Punkte (Übersicht 2) der Aufnahme Blatt Galgenberg (offenes Gelände von P. P. 35 Kb ab) für sich, so ergibt sich

$$\text{für } m_x = \pm 1{,}46 \text{ m},$$
$$\text{für } m_y = \pm 1{,}09 \text{ m}.$$

Die besser gelungene Übertragung der Grundkarten auf diese Aufnahmeplatte, wodurch ein „Drücken" der graphischen Standortbestimmungen — wie in Platte Elbingerode (Nord) — unnötig wurde, zeitigte hier geringere mittlere Fehler

(auf Blatt Elbingerode Nord: $m_x = \pm 1{,}90$ m
$m_y = \pm 1{,}40$ m).

In der Übersicht 3 sind für die Vergleichsgeländepunkte und Grundrißpunkte den gemessenen Höhen der Vergleichsmessung die aus dem Höhenlinienplan der Aufnahme ermittelten Höhenwerte gegenübergestellt und die Höhenfehler bestimmt worden.

Hierzu wurden die Punkte zunächst nach gerechneten Koordinaten aus der Prüfungsmessung (Übersicht 3) auf die Meßtischplatte aufgetragen, nachdem die Reinzeichnung in Tusche beendet war.

Die Schichthöhenwerte der aufgetragenen Geländepunkte sowie die nach Höhenlinienabständen ermittelten Geländeneigungen an jeder Punktstelle wurden in die Übersicht eingetragen und später die aus der Vergleichsmessung abgeleiteten Höhenwerte hinzugefügt.

Je nach dem Neigungswinkel wurden für die Punkte 5 verschiedene Geländegruppen gebildet.

Die Art der Zusammenfassung in die 5 Gruppen geht aus Übersicht 4 hervor.

In ähnlicher Weise, wie dies bei früheren Untersuchungen der Höhenliniengenauigkeit (Koppe[1]), Schumann[2]), Müller[3]), Nowatzki[4]) usw.) geschehen ist, wurde der mittlere Höhenfehler zunächst für jede Geländegruppe besonders abgeleitet.

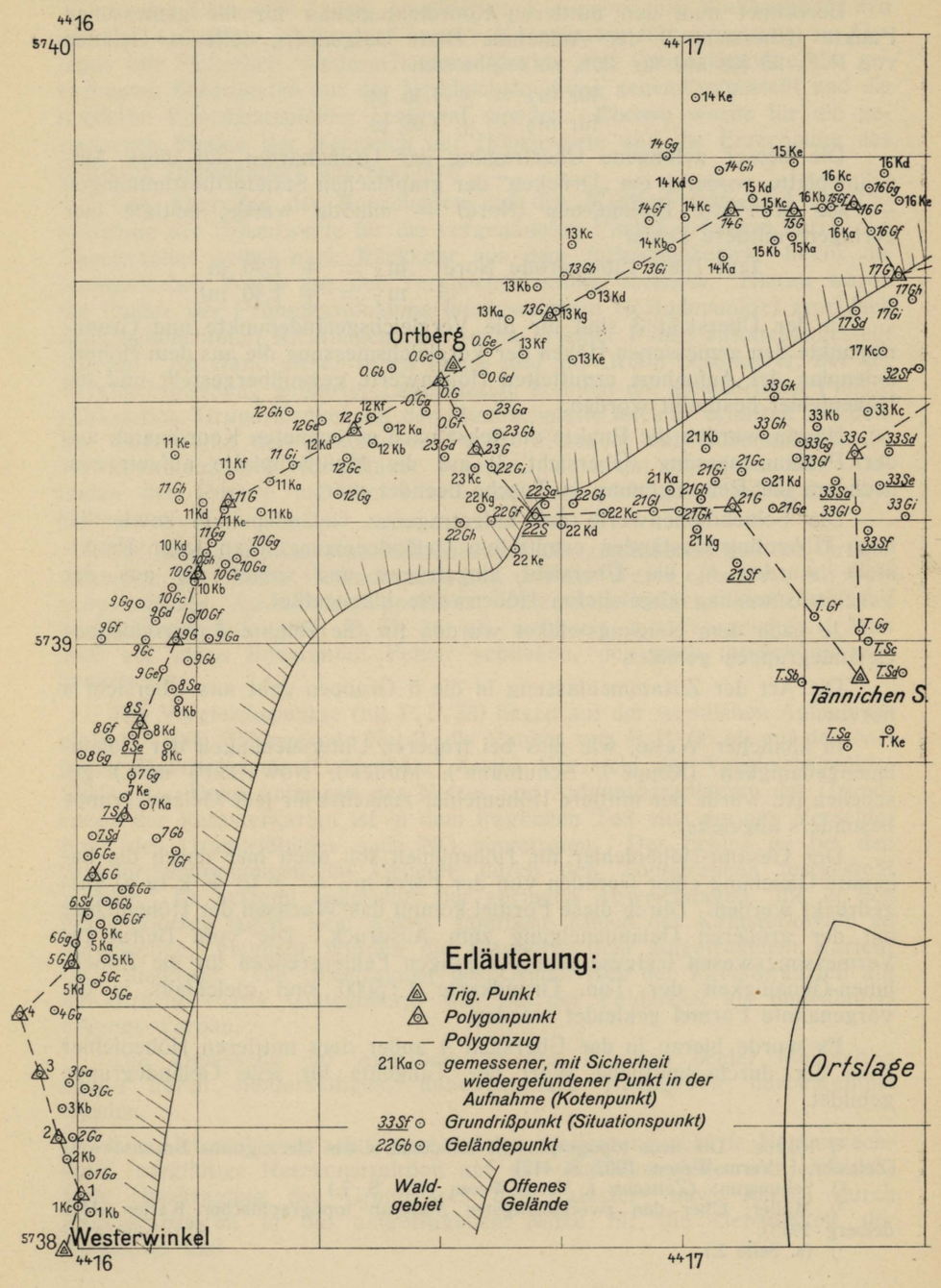
Der Gesamt-Höhenfehler für Höhenlinien soll auch hier durch die bekannte Gleichung einer Geraden von der Form $m_h = \pm (c + k \operatorname{tg} \alpha)$ ausgedrückt werden. Durch diese Formel kommt das Wachsen der Höhenfehler mit der größeren Geländeneigung zum Ausdruck. Die vom Beirat für Vermessungswesen festgesetzten vorläufigen Fehlergrenzen für die Höhenlinien-Genauigkeit der Top. Grundkarte 1 : 5000 sind gleichfalls in die vorgenannte Formel gekleidet worden.

Es wurde hierzu in der Übersicht 4 außer dem mittleren Höhenfehler noch der durchschnittliche Wert der Tangente für jede Geländegruppe gebildet.

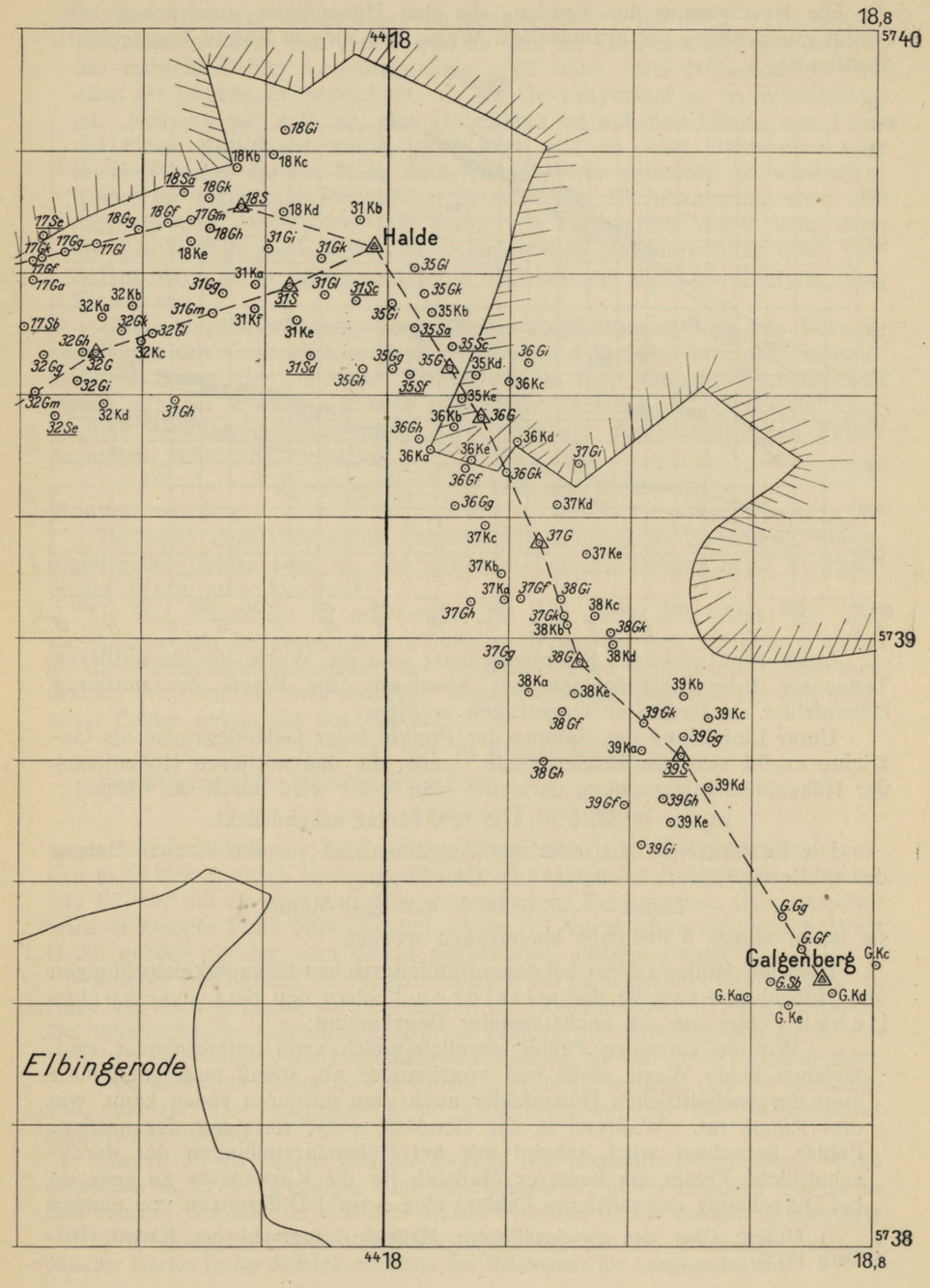
---

[1]) Koppe. Die neue topographische Landeskarte des Herzogtums Braunschweig (Zeitschr. f. Verm.-Wesen, 1902, S. 412).
[2]) Schumann: (Zeitschr. f. Verm.-Wesen 1909, S. 7.)
[3]) Müller: Über den zweckmäßigsten Maßstab topographischer Karten (Heidelberg 1913).
[4]) (s. Seite 2.)

Skizze 4

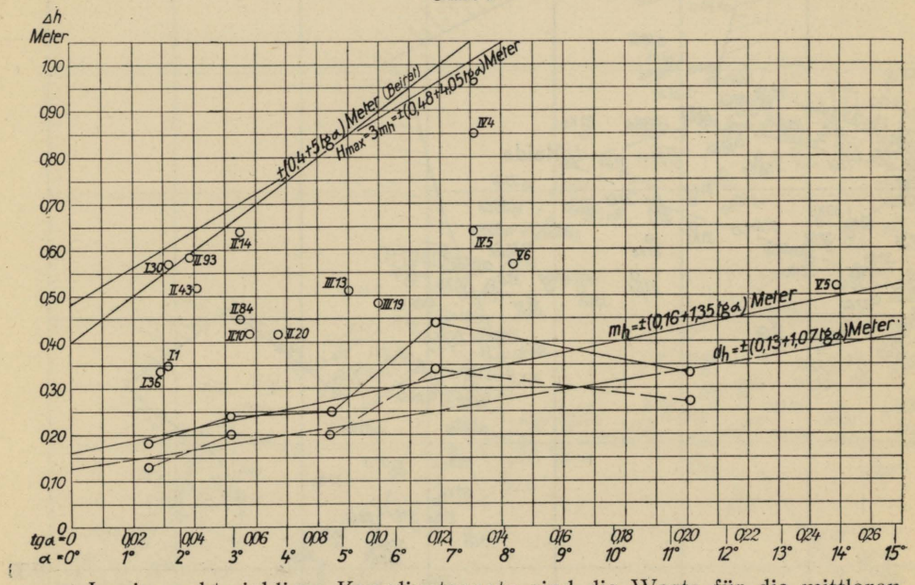


Skizze 4



Die Bestimmung der Graden, die den Höhenfehler ausdrücken soll, erfolgt zweckmäßig auf graphischem Wege, wie dies in Skizze 5 ausgeführt worden ist.

Skizze 5



In ein rechtwinkliges Koordinatennetz sind die Werte für die mittleren Tangenten jeder Geländeklasse als Abszissen, die Werte der mittleren Höhenfehler als Ordinaten eingetragen worden.

Unter Einführung der Summe der Punkte jeder Geländegruppe als Gewichte ergibt sich die ausgleichende Grade, die den mittleren Höhenfehler der Höhenlinienuntersuchung darstellt; sein Wert wird durch die Formel

$$m_h = \pm (0{,}16 + 1{,}35 \operatorname{tg}\alpha) \text{ Meter}$$ ausgedrückt.

Die Fehlergrenze hat unter der Annahme, daß sie den 3fachen Betrag des mittleren Fehlers ausmacht, die Gleichung:

$$Hmax = \pm (0{,}48 + 4{,}05 \operatorname{tg}\alpha) \text{ Meter};$$

sie ist in Skizze 5 ebenfalls eingetragen worden.

Heinrich Müller[1]) führt bei seinen umfangreichen Genauigkeitsprüfungen von Höhenlinien anstelle des mittleren Fehlers den durchschnittlichen Fehler ein mit nachstehender Begründung:

„Wo die einzelnen Fehler ziemlich gleich groß untereinander sind, weichen beide Werte nicht viel voneinander ab, sodaß man dann statt vom durchschnittlichen Höhenfehler auch vom mittleren reden kann, wie dies Koppe tut. Während in der Geodäsie sonst stets nur der mittlere Fehler berechnet wird, scheint mir bei Höhendarstellungen der durchschnittliche Fehler ein besserer Maßstab für die Kurvengüte zu sein, da bei Berechnung des mittleren Fehlers eine Anzahl Differenzen von einigen

[1]) Müller: Über den zweckmäßigsten Maßstab topographischer Karten (Heidelberg 1913).

Dezimetern, unter denen eine von einigen Metern ist, diese eine starke Abweichung durch das Quadrieren zu sehr ins Gewicht fällt und dadurch der mittlere Fehler verhältnismäßig groß wird. Die Höhenkurven sind dann als ungenauer bezeichnet, als ihr Gesamtverlauf es in Wirklichkeit ist. Nehmen wir z. B. an, eine Höhenlinie sei auf eine Länge von 1 km auf einige Dezimeter genau gezeichnet und es folge dann eine sehr kurze Strecke, die der Höhe nach einige Meter abweicht, so wird diese Kurve für technische Projekte z. B. das einer Eisenbahnlinie, trotz der einen großen Abweichung fast kaum von geringerem Werte sein, denn die falsche Höhenlinie stellt eine unbedeutende Bodenerhöhung oder Vertiefung dar, die in Anbetracht ihrer Kleinheit auf die Linienführung ohne Einfluß ist."

Unter Berücksichtigung vorstehender Ausführungen sind zur Vervollständigung des Gesamtbildes in der Übersicht 4 für die einzelnen Geländegruppen neben den mittleren Höhenfehlern auch die durchschnittlichen Fehler gebildet worden. Ebenso hat in der Skizze 5 die graphische Darstellung des Gesamthöhenfehlers auf Grund der durchschnittlichen Fehler Aufnahme gefunden; er ist mit

$$d_h = \pm (0{,}13 + 1{,}07 \operatorname{tg}\alpha) \text{ Meter}$$

ermittelt worden.

Die nach dem Gaußschen Fehlergesetz aufgestellte Beziehung, durchschnittlicher Fehler rund $^4/_5$ des mittleren Fehlers, kommt beim Vergleich beider Werte zum Ausdruck.

In der Abbildung ist die Grade, die den durch den Beirat für Vermessungswesen festgesetzten vorläufigen Grenzwert des mittleren Fehlers für die Höhenlinien-Genauigkeit der topographischen Grundkarte 1:5000 ausdrückt, mit eingezeichnet worden; diese Genauigkeitsgrenze für den mittleren Fehler entspricht der Formel:

$$f_h = \pm (0{,}4 + 5 \operatorname{tg}\alpha) \text{ Meter.}$$

Der Höchstfehler ist vom Beirat mit

$$f_{max} = \pm (1{,}0 + 15 \operatorname{tg}\alpha) \text{ Meter}$$

angenommen worden. Die größten Höhenfehler jeder Geländegruppe wurden in Skizze 5 durch kleine Kreise unter Angabe der Gruppenbezeichnung und lfd. Nr. mit eingetragen. Die angenommene Fehlergrenze (Höchstfehler) wird in keinem Falle überschritten. Von 175 Vergleichen ist nur ein Wert (I. 30) größer als der vom Beirat zugelassene mittlere Fehler.

Sowohl im Hinblick auf die Genauigkeit der gemessenen Punkte in Lage u. Höhe, als auch in bezug auf Genauigkeit der Höhenliniendarstellung entspricht die topographische Aufnahme 1:5000 bei Elbingerode durchaus den an sie gestellten Erwartungen, die Höhenliniendarstellung ist von großer Genauigkeit.

Nun kann mit Recht die Einwendung erhoben werden, daß die Genauigkeit, die für die Originalaufnahme festgestellt ist, für die Kartenblätter keineswegs zutrifft.

Hierzu ist zu sagen, daß die Drucke auf photolithographischem Wege entstehen unter Verwendung von Druckpapieren, deren Eignung gewissenhaft erprobt worden ist.[1]) Durch diesen Umstand ist die nahezu unverzerrte

[1]) H. Lamprecht: Die Vervielfältigungstechnik bei der Herstellung topographischer Karten in der Reichskartenstelle des Reichsamts für Landesaufnahme.

Die Ergebnisse der Fehleruntersuchung sind nachstehend übersichtlich zusammengestellt worden:

	Mittlerer Koordinatenfehler		Mittlerer linearer Lagefehler		Mittlerer Höhenfehler		Bemerkungen
	m_x m	m_y m	aus der Vergl.-Messung m	zulässig nach d. Beschl.d. Beir. f. V.-Wesen m	aus der Vergl. Messung	zulässig nach d. Beschl. d. Beir. f. Verm.-Wesen	
Eingeschaltete trigonom. Punkte	± 0,14	± 0,05	0,15	—	± 4 cm	—	Aus den rechnerischen Werten d. Aufnahme u. Vergl. Messg.
Polygonpunkte	± 0,33	± 0,11	0,35	—	± 3 „	—	
Gemessene, einwandfrei wiedergefundene Punkte:							
a) Offenes Gelände	± 1,70	± 1,25	2,1	3,0	± 17 cm	± 30 cm	
b) Waldgelände	± 1,41	± 1,93	2,4	7,0	± 21 „	± 30 „	
Grundrißpunkte, durch Krokieren bestimmt oder aus Kataster- usw. Karten übertragen:							*) Beirat: In jedem Falle muß die Karte bezüglich der Eigentumsgrenzen so genau sein, als es der Maßstab 1:5000 zuläßt.
a) Offenes Gelände	± 1,54	± 1,12	1,9	—*)			
b) Waldgelände	± 1,32	± 1,57	2,1	—			
Höhenliniendarstellung	—	—	—	—	Mittlerer Höhenfehler (Meter)		
					± (0,16 + 1,35 tgα)	± (0,4 + 5 tgα)	
					Höchstfehler: (Meter)		
					± (0,48 + 4,05 tgα)	± (1,0 + 15 tgα)	
					Durchschnittl. Höhenfehler:		
					± (0,13 + 1,07 tgα)	—	

Wiedergabe des Kartenbildes gewährleistet. Die Karten enthalten Gitternetzlinien von 200 zu 200 m, sodaß ein späteres ungleiches Eingehen des Papiers in seiner nachteiligen Wirkung auf die Genauigkeit der Karte gegenüber der Originalaufnahme nicht besonders ins Gewicht fällt, da Karteneingänge und Verzerrungen aus den Netzlinienabständen leicht feststellbar sind. Auch die richtige Lage des farbigen Höhenliniendruckes im Grundriß ist durch die Vollkommenheit des Druckverfahrens gesichert. Hier sind geringe Verschiebungen an den Anlegemarken in den Ecken der Blätter erkennbar und in der Wirkung auf die Genauigkeit leicht zu beurteilen. Meist, bei nicht zu kleinem Höhenlinienabstand, bleiben sie auf den Genauigkeitsgrad der Höhendarstellung fast ohne Einfluß.

Zusammenfassend kann man schließen, daß eine merkliche Vergrößerung der mittleren Fehler in Lage und Höhendarstellung bei den Kartenblättern gegenüber der Originalaufnahme 1 : 5000 kaum zu befürchten ist.

Übersicht 3.

Bezeichnung der Vergleichspunkte	Berechnete Koordinaten der Vergleichs-Gelände- und Situationspunkte x m	y m	Neigungswinkel α ° '	Geländegruppe	Höhe des Punktes im Höhenlinienplan m	Berechnete Höhe des Punktes durch Vergleichsmessung m	Höhenfehler Δ_h cm	Bemerkungen
P. P. 1 Ga	5 738 122,79	4 416 018,13	5 40	3	512,9	512,68	+ 22	
2 Ga	184,96	415 990,12	4 —	2	518,0	517,94	+ 6	
3 Ga	275,35	985,36	4 —	2	522,0	522,04	— 4	
3 Gc	886,41	416 012,56	3 40	2	520,0	520,26	+ 4	
4 Ga	399,85	415 958,54	2 40	2	525,8	526,04	— 24	
5 G	472,45	989,59	4 —	2	523,3	523,52	— 22	
5 Gc	439,60	416 031,02	3 50	2	522,1	521,96	+ 14	
5 Ge	426,34	047,73	4 20	3	521,1	520,91	+ 19	
6 G	614,79	025,02	3 40	2	520,5	520,66	— 16	
6 Ga	593,44	075,22	3 20	2	516,9	517,20	— 30	
6 Gb	574,57	048,19	4 20	3	518,4	518,51	— 11	
6 Sd	552,64	018,91	3 40	2	520,1	520,26	— 16	
6 Ge	649,23	017,99	3 20	2	520,8	521,22	— 42	
6 Gf	544,60	065,46	1 50	1	519,3	519,65	— 35	
6 Gg	505,99	997,94	9 30	5	521,0	521,20	— 20	
7 S	714,88	080,20	2 50	2	515,6	515,64	— 4	
7 Gb	678,90	132,69	4 —	2	512,8	512,82	— 2	
7 Sd	682,07	025,72	14 —	5	519,9	519,92	— 2	
7 Gf	657,81	163,46	5 10	3	511,5	511,51	— 1	
7 Gg	783,58	090,60	2 30	2	519,0	519,24	— 24	
8 S	867,26	103,38	3 10	2	521,7	522,34	— 64	
8 Sa	927,01	160,21	3 50	2	521,9	522,32	— 42	
8 Se	848,66	094,24	3 40	2	521,6	521,81	— 21	
8 Gf	843,79	057,46	4 20	3	522,8	523,03	— 23	
8 Gg	818,72	008,50	4 20	3	522,1	522,13	— 3	
9 G	739 006,50	165,27	2 30	2	525,0	524,92	+ 8	
9 Ga	008,21	220,55	3 10	2	522,0	522,41	— 41	
9 Gb	738 973,83	184,39	4 —	2	523,4	523,46	— 6	
9 Gc	739 007,50	416,15	3 50	2	526,9	527,32	— 42	
9 Gd	039,62	133,22	4 —	2	526,0	525,82	+ 18	
9 Ge	738 459,81	144,48	4 40	3	524,8	524,74	+ 6	
9 Gf	739 009,16	041,22	3 20	2	530,4	530,45	— 5	
9 Gg	066,48	107,23	3 50	2	528,4	528,24	+ 16	
10 G	115,50	201,64	4 40	3	526,9	527,14	— 24	
10 Ga	141,26	265,73	5 10	3	527,0	527,12	— 12	
10 Gc	093,65	160,93	5 10	3	527,5	527,40	+ 10	
10 Ge	134,14	248,01	4 —	2	526,1	525,70	+ 40	
10 Gf	043,25	190,90	5 10	3	522,8	523,13	— 33	
10 Gg	152,91	294,71	3 20	2	527,7	527,86	— 16	
10 Gh	152,32	217,12	4 —	2	528,4	528,65	— 25	

Bezeichnung der Vergleichspunkte	Berechnete Koordinaten der Vergleichs-Gelände- und Situationspunkte x m	y m	Neigungswinkel α ° '	Geländegruppe	Höhe des Punktes im Höhenlinienplan m	Berechnete Höhe des Punktes durch Vergleichsmessung m	Höhenfehler Δ_h cm	Bemerkungen
P. P. 11 G	5 739 230,40	4 416 249,92	3 40	2	534,0	534,04	— 4	
11 Gg	167,32	225,18	4 40	3	528,9	528,65	+ 25	
11 Gh	240,74	172,52	3 50	2	535,0	535,31	— 31	
11 Gi	294,94	359,88	5 10	3	540,5	539,99	+ 51	
12 G	352,66	458,21	4 20	3	545,0	544,95	+ 5	
12 Gc	308,10	447,34	4 40	3	541,6	541,57	+ 3	
12 Ge	369,17	405,70	2 20	2	545'3	545,56	— 26	
12 Gg	246,80	432,40	6 10	4	536,9	536,96	— 6	
12 Gh	385,74	352,98	2 50	2	544,6	544,99	— 39	
13 G	540,07	783,97	1 40	1	545,6	545,37	+ 23	
13 Gh	605,22	805,40	3 40	2	543,4	543,13	+ 27	
13 Gi	622,60	925,29	2 20	2	540,2	540,26	— 6	
14 G	712,94	417 079,96	1 50	1	535,5	535,34	+ 16	
14 Gf	696 60	416 945,54	2 10	2	537,5	537,65	— 15	
14 Gg	801,42	973,68	2 40	2	533,7	533,58	+ 12	
14 Gh	779,86	417 060,44	2 10	2	533,0	533,09	— 9	
15 G	711,82	184 26	2 40	2	535,1	534,96	+ 14	
15 Gf	719,76	243,72	2 30	2	537,1	536,81	+ 29	
16 G	724,72	280,87	2 20	2	537,3	537,11	+ 19	
16 Gf	678,82	309,90	3 20	2	536,1	536,15	— 5	
16 Gg	748,29	305,96	2 20	2	537,0	536,86	+ 14	
17 G	604,54	356,90	3 10	2	533,0	533,07	— 7	
17 Ga	588,31	418,14	3 10	2	530,4	530,40	0	
17 Sb	511,51	406,56	2 20	2	528,6	529,12	— 52	
17 Sd	546,83	284,48	2 50	2	531,0	531,21	— 21	
17 Se	646,82	433,86	1 30	1	532,5	532,63	— 13	
17 Gf	620,99	421,13	2 10	2	532,1	532,46	— 36	
17 Gg	634,34	473,22	3 —	2	530,9	530,91	— 1	
17 Gh	565,84	377,55	3 10	2	530,9	531,18	— 28	
17 Gi	560,90	346,62	3 20	2	531,0	531,24	— 24	
17 Gk	624,37	434,31	2 10	2	532,1	532,01	+ 9	
17 Gl	647,50	524,63	1 10	1	529,6	529,57	+ 3	
17 Gm	687,20	679,62	3 —	2	527,8	527,70	+ 10	
18 S	708,42	762,53	3 10	2	528,9	528,85	+ 5	
18 Sa	732,16	666,40	2 30	2	529,3	529,02	+ 28	
18 Gf	681,66	641,13	2 10	2	529,3	529,39	— 9	
18 Gg	671,31	594,19	2 20	2	529,1	529,37	— 27	
18 Gh	675,34	712,02	2 30	2	527,6	527,69	— 9	
18 Gi	833,77	830,59	1 20	1	532,2	532,26	— 6	
18 Gk	722,97	706,26	2 10	2	528,9	528,77	+ 13	
△ Tännichen S	738 938,60	290,61	1 50	1	518,0	518,00	0	
Sa	825,52	271,15	2 50	2	514,0	514,23	— 23	
Sb	934,38	196,10	1 10	1	516,9	517,17	— 27	
Sc	999,92	303,00	0 50	1	517,0	516,86	+ 14	
Sd	948,19	362,11	4 20	3	515,6	516,00	— 40	

Bezeichnung der Vergleichspunkte	Berechnete Koordinaten der Vergleichs-Gelände- und Situationspunkte x m	y m	Neigungswinkel α ° '	Geländegruppe	Höhe des Punktes im Höhenlinienplan m	Berechnete Höhe des Punktes durch Vergleichsmessung m	Höhenfehler Δ_h cm	Bemerkungen
△ Tännichen Gf	5 739 040,12	4 417 216,06	1 30	1	515,0	514,80	+ 20	
Gg	016,35	289,22	0 50	1	516,5	516,51	— 1	
△ Ortberg G	434,99	416 603,26	3 40	2	549,7	549,56	+ 14	
(exz. Punkt) Ga	383,90	585,16	3 40	2	546,7	547,06	— 36	
Gb	453,51	522,64	2 30	2	550,5	550,52	— 2	
Gc	476,50	599,03	2 10	2	549,8	549,96	— 16	
Gd	444,86	672,76	4 —	2	549,0	548,61	+ 39	
Ge	479,86	680,43	1 50	1	548,7	548,44	+ 26	
Gf	383,58	629,21	3 20	2	546,0	546,04	— 4	
P. P. 21 G	223,47	417 081,41	1 20	1	517,3	517,46	— 16	
21 Gc	280,63	096,18	3 10	2	519,1	519,44	— 34	
21 Ge	222,04	149,56	2 20	2	517,0	517,25	— 25	
21 Sf	129,28	089,76	3 20	2	513,4	513,67	— 27	
21 Gh	237,47	030,01	2 20	2	517,8	518,02	— 22	
21 Gi	265,47	052,61	5 10	3	519,0	519,42	— 42	
21 Gk	218,20	416 992,41	3 —	2	517,6	517,88	— 28	
21 Gl	217,28	952,45	4 20	3	518,1	517,99	+ 11	
22 S	207,99	759,28	11 20	5	522,0	521,87	+ 13	
22 Sa	228,12	775,80	7 10	4	523,9	523,52	+ 38	
22 Gb	232,63	820,06	6 20	4	522,5	522,63	— 13	
22 Gf	203,00	686,87	11 20	5	522,0	522,15	— 15	
22 Gh	199,29	663,23	14 —	5	522,7	523,22	— 52	
22 Gi	291,37	686,11	7 10	4	535,8	536,65	— 85	
23 G	319,11	661,77	7 10	4	539,5	540,14	— 64	
23 Ga	379,78	680,70	6 20	4	544,9	544,44	+ 46	
23 Gb	345,12	694,91	7 10	4	540,6	540,74	— 14	
23 Gd	310,09	608,81	8 10	5	539,5	540,07	— 57	
31 S	578,90	417 839,59	1 40	1	524,7	524,74	— 4	
31 Sc	552,76	949,51	2 —	1	524,5	524,63	— 13	
31 Sd	465,78	874,41	5 40	3	520,3	520,78	— 48	
31 Gg	567,95	730,33	2 50	2	523,5	523,53	— 3	
31 Gh	391,23	652,39	2 10	2	524,4	524,56	— 16	
31 Gi	639,37	803,61	3 10	2	527,4	527,13	+ 27	
31 Gk	623,96	890,39	2 30	2	526,9	526,88	+ 2	
31 Gl	565,37	896,47	2 40	2	525,0	525,12	— 12	
31 Gm	534,60	714,15	1 20	1	522,0	521,95	+ 5	
32 G	469,50	522,65	1 20	1	526,8	526,80	0	
32 Se	367,15	457,42	2 20	2	523,6	523,94	— 34	
32 Sf	451,38	389,82	2 10	2	526,5	526,68	— 18	
32 Gg	468,29	437,06	2 20	2	526,5	526,88	— 38	
32 Gh	469,24	503,83	1 20	1	526,6	526,70	— 10	
32 Gi	421,92	492,33	2 10	2	525,4	525,71	— 31	
32 Gk	505,14	566,39	1 —	1	526,6	526,79	— 19	
32 Gl	501,98	616,74	1 —	1	526,0	526,04	— 4	
32 Gm	404,43	424,24	1 20	1	524,6	524,51	+ 9	

Bezeichnung der Vergleichspunkte	Berechnete Koordinaten der Vergleichs-Gelände- und Situationspunkte x m	y m	Neigungswinkel α ° '	Geländegruppe	Höhe des Punktes im Höhenlinienplan m	Berechnete Höhe des Punktes durch Vergleichsmessung cm	Höhenfehler Δ_h cm	Bemerkungen
P. P. 33 G	5 739 311,67	4 417 283,95	2 10	2	521,0	520,81	+ 19	
33 Sa	266,63	251,82	3 10	2	518,9	518,91	— 1	
33 Sd	314,28	340,98	1 10	1	521,5	521,58	— 8	
33 Sc	259,68	325,72	2 —	1	519,9	520,01	— 11	
33 Sf	185,38	304,89	1 20	1	519,0	519,00	0	
33 Gg	331,35	193,91	4 40	3	521,8	521,64	+ 16	
33 Gh	344,44	133,99	4 40	3	523,1	523,08	+ 2	
33 Gi	208,93	366,50	1 —	1	520,1	520,10	0	
33 Gk	402,12	149,41	4 0	2	527,0	527,36	— 36	
33 Gl	216,34	285,66	2 10	2	518,0	518,27	— 27	
35 G	445,60	418,101,12	0 40	1	524,1	524,11	— 1	
35 Sa	511,75	041,40	2 20	2	523,4	523,46	— 6	
35 Sc	481,36	104,36	0 40	1	524,3	524,01	+ 29	
35 Sf	433,92	033,41	2 —	1	522,4	522,38	+ 2	
35 Gg	444,88	005,72	3 —	2	521,2	521,30	— 10	
35 Gh	444,54	417 960,23	3 10	2	519,5	519,95	— 45	
35 Gi	551,23	418 005,76	1 50	1	524,5	524,49	+ 1	
35 Gk	567,15	057,65	4 40	3	525,1	525,32	— 22	
35 Gl	608,60	042,83	2 40	2	527,5	527,43	+ 7	
36 G	365,47	151,62	1 50	1	522,9	523,47	— 57	
36 Gf	280,14	127,30	1 40	1	520,7	520,90	— 20	
36 Gg	218,94	109,87	1 —	1	519,7	519,97	— 27	
36 Gh	329,15	050,18	1 10	1	522,1	521,98	+ 12	
36 Gi	454,38	229,98	1 —	1	524,5	524,64	— 14	
36 Gk	273,74	194,43	2 —	1	520,3	520,50	— 20	
37 G	158,51	248,21	1 40	1	515,7	516,04	— 34	
37 Gf	067,97	218,17	1 40	1	514,4	514,49	— 9	
37 Gg	957,31	181,46	1 —	1	513,6	513,58	+ 2	
37 Gh	060,36	136,11	2 10	2	515,2	515,45	— 25	
37 Gi	287,05	313,75	2 —	1	517,6	517,72	— 12	
37 Gk	039,55	289,72	2 10	2	511,4	511,67	— 27	
38 G	738 961,48	316,96	2 50	2	511,1	511,12	— 2	
38 Gf	880,58	286,65	6 10	4	509,9	509,81	+ 9	
38 Gh	798,60	255,93	4 20	3	507,0	507,04	— 4	
38 Gi	739 064,37	285,14	2 10	2	512,0	512,39	— 39	
38 Gk	009,63	367,63	4 —	2	507,6	507,53	+ 7	
39 S	738 804,11	482,59	2 50	2	500,4	500,40	0	
39 Gf	725,41	390,62	5 40	3	497,7	497,26	+ 44	
39 Gg	837,39	485,59	2 30	2	501,5	501,58	— 8	
39 Gh	737,10	452,41	11 20	5	496,9	497,23	— 33	
39 Gi	659,18	417,31	2 10	2	496,3	496,88	— 58	
39 Gk	861,66	422,02	2 20	2	503,8	503,99	— 19	
△Galgenberg Sb	434,85	629,32	2 50	2	500,9	501,00	— 10	
Gf	487,87	681,30	3 10	2	502,1	502,10	0	
Gg	541,40	648,79	2 50	2	498,4	498,26	+ 14	

Übersicht 4.

Geländegruppe I

0° bis 2°

Lfd. Nr.	Punktbezeichnung	tg α	Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$
1	6 Gf	0,032	— 35	1225
2	13 G	0,029	+ 23	529
3	14 G	0,032	+ 16	256
4	17 Se	0,026	— 13	169
5	17 Gl	0,020	+ 3	9
6	18 Gi	0,023	— 6	36
7	△Tännichen S	0,032	0	0
8	Sb	0,020	— 27	729
9	Sc	0,015	+ 14	196
10	Gf	0,026	+ 20	400
11	Gg	0,015	— 1	1
12	△ Ortb. Ge	0,032	+ 26	676
13	21 G	0,023	— 16	256
14	31 S	0,029	— 4	16
15	31 Sc	0,035	— 13	169
16	31 Gm	0,023	+ 5	25
17	32 G	0,023	0	0
18	32 Gh	0,023	— 10	100
19	32 Gk	0,017	— 19	361
20	32 Gl	0,017	— 4	16
21	32 Gm	0,023	+ 9	81
22	33 Sd	0,020	— 8	64
23	33 Se	0,035	— 11	121
24	33 Sf	0,023	0	0
25	33 Gi	0,017	0	0
26	35 G	0,012	— 1	1
27	35 Sc	0,012	+ 29	841
28	35 Sf	0,035	+ 2	4
29	35 Gi	0,032	+ 1	1
30	36 G	0,032	— 57	3249
31	36 Gf	0,029	— 20	400
32	36 Gg	0,017	— 27	729
33	36 Gh	0,020	+ 12	144
34	36 Gi	0,017	— 14	196
35	36 Gk	0,035	— 20	400
		0,851	466	11400
36	37 G	0,029	— 34	1156
37	37 Gf	0,029	— 9	81
38	37 Gg	0,017	+ 2	4
39	37 Gi	0,035	— 12	144
		0,110	57	1385
		0,851	466	11400
		0,961	523	12785

Mittlerer Höhenfehler:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{12785}{39}} = \pm 18 \text{ cm}$$

Durchschnittlicher Höhenfehler:

$$d_h = \frac{523}{39} = \pm 13 \text{ cm}$$

Mittlere Neigung = 0,025

Geländegruppe II

2° bis 4°

1	2 Ga	0,070	+ 6	36
2	3 Ga	0,070	— 4	16
3	3 Gc	0,064	+ 4	16
4	4 Ga	0,047	— 24	576
5	5 G	0,070	— 22	484
6	5 Ge	0,067	+ 14	196
7	6 G	0,064	— 16	256
8	6 Ga	0,058	— 30	900
9	6 Sd	0,064	— 16	256
10	6 Ge	0,058	— 42	1764
11	7 S	0,049	— 4	16
12	7 Gb	0,070	— 2	4
13	7 Gg	0,044	— 24	576
14	8 S	0,055	— 64	4096
15	8 Sa	0,067	— 42	1764
16	8 Se	0,064	— 21	441
17	9 G	0,044	+ 8	64
		1,025	343	11461

Lfd. Nr.	Punkt-bezeichnung	tg α	Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$
18	9 Ga	0,055	— 41	1681
19	9 Gb	0,070	— 6	36
20	9 Gc	0,067	— 42	1764
21	9 Gd	0,070	+ 18	324
22	9 Gf	0,058	— 5	25
23	9 Gg	0,067	+ 16	256
24	10 Ge	0,070	+ 40	1600
25	10 Gg	0,058	— 16	256
26	10 Gh	0,070	— 25	625
27	11 G	0,064	— 4	16
28	11 Gh	0,067	— 31	961
29	12 Ge	0,041	— 26	676
30	12 Gh	0,049	— 39	1521
31	13 Gh	0,064	+ 27	729
32	13 Gi	0,041	— 6	36
33	14 G	0,038	— 15	225
34	14 Gg	0,047	+ 12	144
35	14 Gh	0,038	— 9	81
36	15 G	0,047	+ 14	196
37	15 Gf	0,044	+ 29	841
38	16 G	0,041	+ 19	361
39	16 Gf	0,058	— 5	25
40	16 Gg	0,041	+ 14	196
41	17 G	0,055	— 7	49
42	17 Ga	0,055	0	0
43	17 Sb	0,041	— 52	2704
44	17 Sd	0,049	— 21	441
45	17 Gf	0,038	— 36	1296
46	17 Gg	0,052	— 1	1
47	17 Gh	0,055	— 28	784
48	17 Gi	0,058	— 24	576
49	17 Gk	0,038	+ 9	81
50	17 Gm	0,052	+ 10	100
51	18 S	0,055	+ 5	25
52	18 Sa	0,044	+ 28	784
53	18 Gf	0,038	— 9	81
54	18 Gg	0,041	— 27	729
55	18 Gh	0,044	— 9	81
56	18 Gk	0,038	+ 13	169
57	△Tännichen Sa	0,049	— 23	529
58	△ Ortb. G	0,064	+ 14	196
59	Ga	0,064	— 36	1296
60	Gb	0,044	— 2	4
61	Gc	0,038	— 16	256
62	Gd	0,070	+ 39	1521
63	Gf	0,058	— 4	16
		2,405	872	24294

Lfd. Nr.	Punkt-bezeichnung	tg α	Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$
64	21 Gc	0,055	— 34	1156
65	21 Ge	0,041	— 25	625
66	21 Sf	0,058	— 27	729
67	21 Gh	0,041	— 22	484
68	21 Gk	0,052	— 28	784
69	31 Gg	0,049	— 3	9
70	31 Gh	0,038	— 16	256
71	31 Gi	0,055	+ 27	729
72	31 Gk	0,044	+ 2	4
73	31 Gl	0,047	— 12	144
74	32 Se	0,041	— 34	1156
75	32 Sf	0,038	— 18	324
76	32 Gg	0,041	— 38	1444
77	32 Gi	0,038	— 31	961
78	33 G	0,038	+ 19	361
79	33 Sa	0,055	— 1	1
80	33 Gk	9,070	— 36	1296
81	33 Gl	0,038	— 27	729
82	35 Sa	0,041	— 6	36
83	35 Gg	0,052	— 10	100
84	35 Gh	0,055	— 45	2025
85	35 Gl	0,047	+ 7	49
86	37 Gh	0,038	— 25	625
87	37 Gk	0,038	— 27	729
88	38 G	0,049	— 2	4
89	38 Gi	0,038	— 39	1521
90	38 Gk	0,070	+ 7	49
91	39 S	0,049	0	0
92	39 Gg	0,044	— 8	64
93	39 Gi	0,038	— 58	3364
94	39 Gk	0,041	— 19	361
95	△Galgenbg. Sb	0,049	— 10	100
96	Gf	0,055	0	0
97	Gg	0,049	+ 14	196
		1,592	677	20415
		1,025	343	11461
		2,405	872	24294
		5,022	1892	56170

Mittlerer Höhenfehler:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{56170}{97}} = \pm 24 \text{ cm}$$

Durchschnittlicher Höhenfehler:

$$d_h = \frac{1892}{97} = \pm 20 \text{ cm}$$

Mittlere Neigung = 0,052

Geländegruppe III

4° bis 6°

Lfd. Nr.	Punkt-bezeichnung	tg α	Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$
1	1 Ga	0,099	+ 22	484
2	5 Ge	0,076	+ 19	361
3	6 Gb	0,076	— 11	121
4	7 Gf	0,090	— 1	1
5	8 Gf	0,076	— 23	529
6	8 Gg	0,076	— 3	9
7	9 Ge	0,082	+ 6	36
8	10 G	0,082	— 24	576
9	10 Ga	0,090	— 12	144
10	10 Gc	0,090	+ 10	100
11	10 Gf	0,090	— 33	1089
12	11 Gg	0,082	+ 25	625
13	11 Gi	0,090	+ 51	2601
14	12 G	0,076	+ 5	25
15	12 Gc	0,082	+ 3	9
16	△Tännichen Sd	0,076	— 40	1600
17	21 Gi	0,090	— 42	1764
18	21 Gl	0,076	+ 11	121
19	31 Sd	0,099	— 48	2304
20	33 Gg	0,082	+ 16	256
21	33 Gh	0,082	+ 2	4
22	35 Gk	0,082	— 22	484
23	38 Gh	0,076	— 4	16
24	39 Gf	0,099	+ 44	1936
		2,019	477	15195

Mittlerer Höhenfehler:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{15195}{24}} = \pm 25 \text{ cm}$$

Durchschnittlicher Höhenfehler:

$$d_h = \frac{477}{24} = \pm 20 \text{ cm}$$

Mittlere Neigung = 0,084

Geländegruppe IV

6° bis 8°

Lfd. Nr.	Punkt-bezeichnung	tg α	Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$
1	12 Gg	0,108	— 6	36
2	22 Sa	0,126	+ 38	1444
3	22 Gb	0,111	— 13	169
4	22 Gi	0,126	— 85	7225
5	23 G	0,126	— 64	4096
6	23 Ga	0,111	+ 46	2116
7	23 Gb	0,126	— 14	196
8	38 Gf	0,108	+ 9	81
		0,942	275	15363

Mittlerer Höhenfehler:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{15363}{8}} = \pm 44 \text{ cm}$$

Durchschnittlicher Höhenfehler:

$$d_h = \frac{275}{8} = \pm 34 \text{ cm}$$

Mittlere Neigung = 0,118

Geländegruppe V

8° bis 14°

Lfd. Nr.	Punkt-bezeichnung	tg α	Δ_h cm	$(\Delta_h)^2$
1	6 Gg	0,167	— 20	400
2	7 Sd	0,249	— 2	4
3	22 S	0,200	+ 13	169
4	22 Gf	0,200	— 15	225
5	22 Gh	0,249	— 52	2704
6	23 Gd	0,144	— 57	3249
7	39 Gh	0,200	— 33	1089
		1,409	192	7840

Mittlerer Höhenfehler:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{7840}{7}} = \pm 33 \text{ cm}$$

Durchschnittlicher Höhenfehler:

$$d_h = \frac{192}{7} = \pm 27 \text{ cm}$$

Mittlere Neigung = 0,201