

GA66

G554

19

Hergestellt von der Reichskartenstelle
des Reichsamts für Landesaufnahme

Über die
Prüfung der Genauigkeit
der aus Luftlichtbildern hergestellten
topographischen Grundkarte 1:5000 von Amrum
und ihre Wirtschaftlichkeit

Von
Friedrich Seidel



VERLAG DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME

SONDERHEFT 7
ZU DEN „MITTEILUNGEN DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME“ / 1928

Über die
Prüfung der Genauigkeit

der aus Luftlichtbildern hergestellten
topographischen Grundkarte 1:5000 von Amrum
und ihre Wirtschaftlichkeit

Von

Friedrich Seidel
//



VERLAG DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME

SONDERHEFT 7

ZU DEN „MITTEILUNGEN DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME“ / 1928

G 66
G 334

D. M. 2 Ma 25

Über die
Prüfung der Genauigkeit

der aus Luftlichtbildern hergestellten
topographischen Grundkarte 1:5000 von Amrum
und ihre Wirtschaftlichkeit

Von
Friedrich Seidel

LIBRARY OF CONGRESS
AUG 17 1934
DIVISION OF DOCUMENTS



VERLAG DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME

SONDERHEFT 7
ZU DEN MITTEILUNGEN DES REICHSAMTS
FÜR LANDESAUFNAHME, 1928

Über die Prüfung der Genauigkeit der aus Luftlichtbildern
hergestellten topographischen Grundkarte 1:5000 von Amrum
und ihre Wirtschaftlichkeit.

Der Auftrag zur Herstellung der topographischen Grundkarte 1:5000 von Amrum veranlaßte das Reichsamt für Landesaufnahme zur aerophotogrammetrischen Durchführung, weil für den Auftraggeber nebenher noch Luftlichtbilder der Küste Amrums und der angrenzenden Gebiete zu liefern waren.

Bisher hatte das Reichsamt nur Erfahrungen in der Ausmessung des Grundrisses aus Luftstereogrammen. Die neue Arbeit brachte mithin im Jahre 1927 erstmalig die Durchführung binokularer Messungen in allen Dimensionen am Autokartograph und Stereoplanigraph auf einer Gesamtfläche von 29,6 km².

Die Genauigkeit der Ausmessungen beider Apparate sollte durch eine Vergleichsmessung geprüft werden, die noch während der photogrammetrischen Feldarbeiten, aber unabhängig von ihnen, durchzuführen war.

Bevor über diese Vergleichsmessung und die erzielten Ergebnisse berichtet werden kann, muß des Zusammenhanges wegen, in die örtlichen Verhältnisse auf Amrum, den Bildflug und die Durchführung der photogrammetrischen Arbeiten besonders deshalb eingegangen werden, weil sich aus ihnen eine erste Genauigkeitsprüfung ergab und die gesammelten Erfahrungen mitgeteilt werden sollen.

A. Allgemeines.

Hinsichtlich der Bodengestaltung zerfällt Amrum in 3 wesentlich verschiedene Teile:

1. das Wiesen- und Ackerland, leichtwellig mit Neigungen bis zu 3°,
2. den Dünengürtel, ein sehr kleinförmiges Gelände mit stark wechselnden Höhenunterschieden bis zu 32 m,
3. den Strandsand, eine einförmige, ebene Fläche.

Von dem Acker- und Wiesenland standen Gemarkungsreinkarten aus dem Jahre 1875 zur Verfügung mit einem Koordinatennetz, bezogen auf Ostfeld I als Nullpunkt. Sie wurden auf photographischem Wege auf den Maßstab 1:5000 gebracht. Für den Dünengürtel und Strandsand gaben die Katasterkarten keinen Anhalt, weil hier im Laufe der Zeit sehr starke Veränderungen stattgefunden hatten.

Einen Einblick in das Dünengebiet geben etwa folgende Ansicht und Draufsicht (Abb. 1 u. Abb. 2).

Die Frage drängt sich auf, ob es in Anbetracht dieser äußerst klein-
förmigen Gestaltung auf fast wertlosem Boden überhaupt angebracht war,
einen Schichtlinienplan hiervon herzustellen? Die Frage mußte bejaht
werden, weil die Dünen nicht mehr wandern, sondern durch Strandhafer
befestigt, mit Heidekraut bewachsen und in der Aufforstung begriffen, und
weil ferner in ähnlichen Gebieten, z. B. Wangerooge, Borkum und jetzt
auch auf Sylt, Schichtlinienkarten vorhanden sind bzw. angefertigt werden
müssen. Die anzustrebende Gleichartigkeit der Grundkarten 1:5000 ver-
langte also auch eine Bearbeitung mit Schichtlinien. Außerdem war
es verlockend festzustellen, ob Aerophotogrammetrie hier zum Ziele führt
und welche Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit dabei herauskommt.

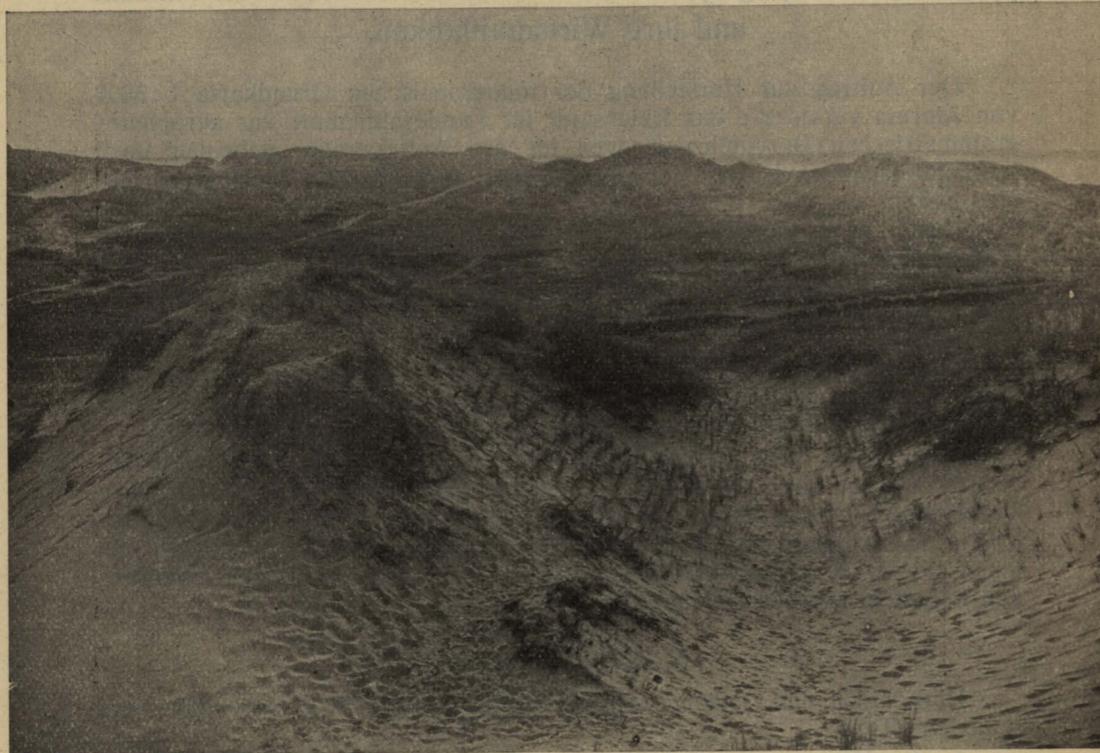


Abb. 1. Erdstereophotogrammetrische Aufnahme im Dünengebiet von Amrum.

Anfang 1927 hatte, wie bereits erwähnt, das Reichsamt noch keine Er-
fahrungen mit der Ausmessung von Höhen und Schichtlinienwiedergabe
aus Luftlichtbildern. Man neigte hier sogar vor Beginn der Arbeit, als
noch keine Luftbildaufnahmen vorlagen, der Ansicht zu, daß mit einem
negativen Ergebnis zu rechnen sei, daß vor allem bei Verwendung von
Filmen die für die Grundkarte 1:5000 vorgeschriebenen Genauigkeiten
betr. der Höhen und Schichtlinienführung nicht erreicht werden können.

Die Arbeit wurde deshalb als ein Versuch aufgezo-
gen und neben der für aerophotogrammetrische Arbeiten notwendigen Netzverdichtung,

Paßpunktbestimmung und topographischen Begehung — zur Sicherung des
Ergebnisses — noch folgende Arbeiten angeordnet:

- a) Erdstereophotogrammetrische Aufnahmen des gesamten Dünengürtels,
- b) Flächennivellement über das gesamte Acker- und Wiesengebiet,
- c) Meßtischaufnahmen vom Strandsandgebiet.

Alle Arbeiten waren lediglich durch die Photogrammeter und so aus-
zuführen, daß ein nochmaliges Hinausreisen nach Erledigung der Ausmeß-
arbeiten unterbleiben konnte.

B. Der Bildflug.

Mit der Ausführung des Fluges wurde die Hansa Luftbild G. m. b. H.
beauftragt, die Filme der Firma Goerz, Photochemische Werke, des Formats
13×18 cm verwenden sollte.



Abb. 2. Luftbildaufnahme vom Dünengebiet der Abb. 1.

Das Filmmaterial ist vor Ausführung des Fluges durch Messung der
Veränderungen des aufgetragenen Gautier-Gitters im Stereokomparator
untersucht worden. Hierbei ergab sich eine mittlere unregelmäßige
Schrumpfung von 0,7 ‰. Vorausberechnungen ergaben hieraus eine zu
erwartende Ungenauigkeit in der Höhenermittlung von rund 1 m, wobei
die Unsicherheit der stereoskopischen Messung bei der vorgeschriebenen
Flughöhe mit 0,5 m angesprochen wurde.

Eine einfache Überlegung forderte zur Erreichung eines Erfolges einen
sehr klaren Einblick in das Gelände und größtmögliche Basis. Sie führte

zu einem Bildmaßstab von etwa 1 : 5000 bis 1 : 5500 und damit bei der Bildweite von 18 cm zu einer vorzuschreibenden Flughöhe von 900 bis 1000 m. Die erwünschte Basis von mindestens $\frac{1}{3}$ der Flughöhe ergab 60 % Über-

Übersichtsskizze 1:100 000

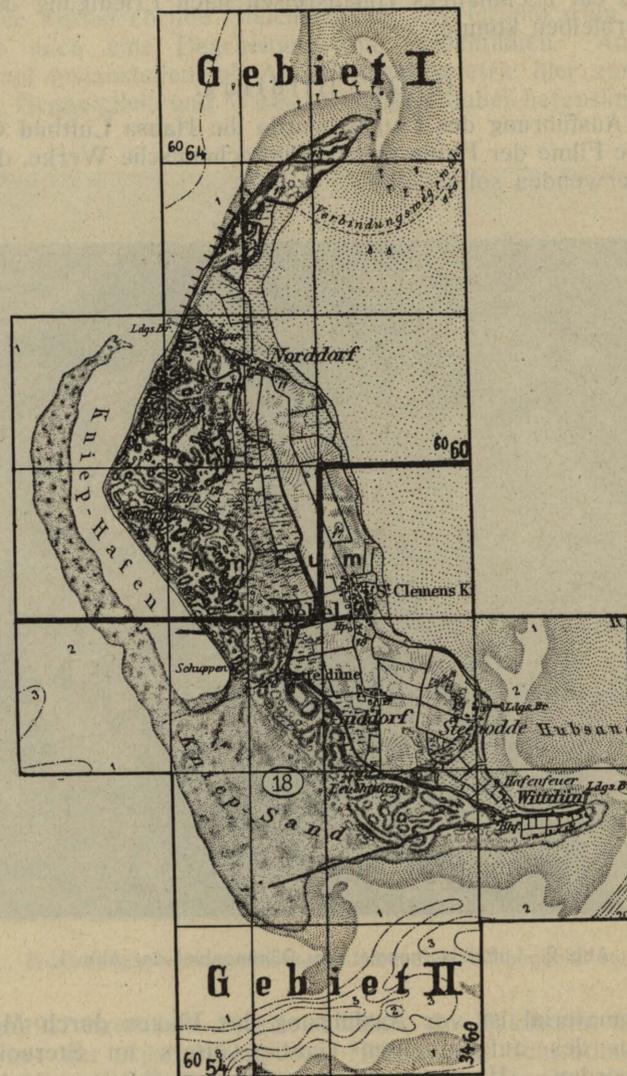


Abb. 3. Amrum.

deckung und führte zu der für die Hansa Luftbild sehr harten Forderung, die schmale Seite der Filme in die Flugrichtung zu stellen, um eine möglichst große Ausmeßfläche zu erhalten, die bei normaler Stellung der Filme durch die Lage der Meßmarken verkürzt worden wäre.

Diese Forderung verursachte natürlich einzelne zwar sehr schmale, aber lange Lücken in den Bildreihen, die nochmals überflogen werden mußten. Es ist deshalb sehr zu begrüßen, daß die Firma Zeiss Reihenbildner des Formats 18×18 cm bei 21 cm Bildweite eingeführt hat. Die dadurch notwendigen Kosten für die Abänderung der Bildträger und Zusatzvorrichtungen in den Ausmeßgeräten werden sich durch Verringerung der Anzahl der Paßpunkte und durch Verkürzungen der Ausmeßzeiten sehr bald bezahlt machen.

Die von der Hansa Luftbild gelieferten sehr klaren Luftlichtbilder zeigten bei der Betrachtung im Spiegelstereoskop ganz gewaltige Modelle der Landschaft und erweckten schon vor der Ausreise zur Feldarbeit das Vertrauen der Photogrammeter.

C. Die Feldarbeiten.

1. Für die Aufnahme der Insel wurden 2 Photogrammeter bestimmt. Der Bearbeiter des nördlichen Gebietes (Bearbeiter I) hatte die Ausmessungen der Luftlichtbilder im Autokartograph auszuführen, der Bearbeiter II (südliches Gebiet) mußte zur Ausmessung den Stereoplanigraph benutzen.

2. Die Paßpunktbestimmung in den Dünen war wegen der Identifizierung der Punkte schwierig. Sehr häufig wurden die Ausgänge der recht zahlreichen Kaninchenhöhlen, die sich durch besonders weiße und sehr scharf abgegrenzte Stellen im Bilde abhoben, als Paßpunkte gewählt, immerhin verursachte die Auffindung Zeitverlust und stellte hohe Anforderungen an die Orientierungsgabe der Beamten.

3. Vor Ausführung der Flächennivellements ist über die ganze Insel ein Hauptnivellement im Anschluß an die 1925 vom Trigonometrier durch Zenitdistanzmessung bestimmte Höhe des T.P. Nebel gelegt worden, an das die Flächennivellements angeschlossen wurden.

4. Die Flächennivellements wurden mit Meßtisch und Kippregel ausgeführt, wobei die Flurkartenverkleinerung auf dem Tisch befestigt, dieser meist über Grenzsteinen aufgestellt und nach langen geraden Linien orientiert wurde. Die Höhenschichtlinien wurden bei der topographischen Begehung in die Flurkartenverkleinerungen eingetragen. Im Wiesengebiet erfolgte die Eintragung der ermittelten Höhen in Matt-Abzügen der Luftlichtbilder.

5. Bei der topographischen Begehung wurde auf den Mattabzügen krokiert.

Die Feldarbeiten wurden von den beiden Photogrammetern in den Monaten Mai bis September 1927 erledigt. Sie erforderten eine Gesamtarbeitszeit von zusammen 230 Arbeitstagen einschl. der Sonn-, Feiertage und Reisetage.

D. Die Arbeiten in Berlin.

1. Die Rechenarbeiten für das gesamte Gebiet nahmen 60 Arbeitstage in Anspruch.

2. Die Photogrammeter hatten schon während der Feldarbeiten durch Betrachtung der meisten Luftstereogramme im Spiegelstereoskop den Eindruck gewonnen, daß die Ausmessungen gelingen würden. Einzelne Proben bestätigten den Eindruck und brachten im Vergleich mit den Ausmessungen identischer Erdstereogramme im Stereoautograph gute Übereinstimmungen in den Höhen. So konnte dann getrost die Großarbeit

aufgenommen und die Erdstereogramme zu ersten Vergleichsmessungen benutzt werden derart, daß die Höhen gut zu identifizierender Kuppen an den Zählwerken der Geräte abgelesen, notiert und später gegenübergestellt wurden nach folgender Anordnung:

Der Beobachter II (Stereoplanigraph-Ausmessung) bestimmte zuerst nach Einspannung aller Erdstereogramme im Stereoautographen graphisch auf der Meßtischplatte die Lage der betr. Kuppen und notierte ihre abgelesenen Höhen. Die Arbeit nahm etwa 4 Tage in Anspruch. Bei der darauffolgenden Ausmessung der Luftstereogramme wurde der Stift des Koordinatographs auf den Lagepunkt geführt und nunmehr, nach Einstellung der Marke im Stereoplanigraph auf die Modell-Höhe, die Zahl am Zählwerk abgelesen und vom Gehilfen notiert.

Der Bearbeiter I (Autokartograph-Ausmessung) führte diese Vergleiche in umgekehrter Anordnung aus. Er erledigte also die Erdstereogramme erst am Schluß der Ausmessungen am Zweibildgerät.

Auf diese Weise konnten beim Autokartograph 58 und beim Stereoplanigraph 64 Vergleiche vorgenommen werden. Sie sind in den folgenden Tabellen niedergelegt.

Nach Bildung der Quadratsummen der Höhenunterschiede ergaben sich folgende mittlere Fehler in der Ausmessung nach der Formel:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{[\Delta h^2]}{n}}, \quad n = \text{Anzahl der Vergleiche}$$

$$\text{Autokartograph } m_h = \pm 18 \text{ cm}$$

$$\text{Stereoplanigraph } m_h = \pm 19 \text{ cm}$$

Der Nenner n ist angewendet worden, obgleich den stereoautographischen Messungen unbedingt gewisse, wenn auch sehr kleine Fehler, anhaften, die terrestrisch-photogrammetrischen Vergleichswerte also nicht als absolut genau anzusehen sind. Die mittleren Fehler werden also in Wahrheit noch kleiner sein.

In Anbetracht dieser guten Resultate fielen die Ergebnisse aus nur zwei Luftbildpaaren mit einseitigen Abweichungen bis zu 1,4 m besonders auf. Die genaue Untersuchung der beiden Filmpaare ergab eine außergewöhnlich große unregelmäßige Schrumpfung in einer Richtung und ließ auch auf ein Nichtanliegen am Meßrahmen des Reihenbildners bei der Aufnahme schließen.

Die Ergebnisse sind, weil aus fehlerhaften Aufnahmen herrührend, nicht mit zum Vergleich herangezogen worden.

3. Bei den Ausmessungen, besonders bei der Schichtlinienführung im Dünengebiet, ist die Mitarbeit eines Gehilfen für den Beobachter notwendig. Er muß auf noch gebliebene Lücken aufmerksam machen, die Anschlüsse an alte Messungen beobachten, vor allem aber auf scharfe Striche achten und deshalb häufig den Bleistift schärfen bzw. Beschwerungsstücke auf die Hülse des Stifts legen. Er notiert die abgelesenen Höhen, fügt jeder gezeichneten Schichtlinie den Höhenwert an und zeichnet in die Kessel Pfeile ein.

Dünengelände.

Mit Sicherheit zu identifizierende Kuppen.

a. Autokartograph.

Nr.	Aus Erdstereogrammen im Stereoautograph ermittelte Höhen m	Im Autokartograph abgelesene Höhen bei nahezu homogen schrumpfenden Filmen m	Höhenunterschied Δh cm	Δh^2	Nr.	Aus Erdstereogrammen im Stereoautograph ermittelte Höhen m	Im Autokartograph abgelesene Höhen bei nahezu homogen schrumpfenden Filmen m	Höhenunterschied Δh cm	Δh^2
1	15,5	15,4	- 10	100					
2	16,5	16,5	0	0	38	18,6	18,8	+ 20	400
3	18,8	19,0	+ 20	400	39	16,4	16,8	+ 40	1600
4	19,2	19,1	- 10	100	40	24,8	24,9	+ 10	100
5	19,7	20,0	+ 30	900	41	13,3	13,2	- 10	100
6	19,0	19,2	+ 20	400	42	14,4	14,3	- 10	100
7	20,8	21,0	+ 20	400	43	21,4	21,7	+ 30	900
8	22,1	22,0	- 10	100	44	14,7	14,7	0	0
9	23,0	23,0	0	0	45	14,8	14,8	0	0
10	19,2	19,1	- 10	100	46	15,7	15,6	- 10	100
11	15,7	15,8	+ 10	100	47	18,3	18,5	+ 20	400
12	10,0	9,8	- 20	400	48	8,4	8,3	- 10	100
13	10,0	9,8	- 20	400	49	9,5	9,5	0	0
14	14,9	14,7	- 20	400	50	8,4	8,5	+ 10	100
15	14,2	14,2	0	0	51	20,8	20,8	0	0
16	14,2	14,6	+ 40	1600	52	9,5	9,3	- 20	400
17	11,5	11,3	- 20	400	53	25,9	25,7	- 20	400
18	17,2	17,2	0	0	54	29,1	29,2	+ 10	100
19	17,0	16,9	- 10	100	55	18,1	17,8	- 30	900
20	17,6	17,5	- 10	100	56	25,5	25,5	0	0
21	15,0	15,0	0	0	57	20,6	20,7	+ 10	100
22	12,5	12,3	- 20	400	58	23,3	23,2	- 10	100
23	10,1	10,2	+ 10	100					
24	23,2	23,2	0	0					
25	11,2	11,0	- 20	400					
26	18,5	18,8	+ 30	900					
27	23,2	23,0	- 20	400					
28	7,8	8,0	+ 20	400					
29	15,6	15,8	+ 20	400					
30	16,7	16,5	- 20	400					
31	8,0	8,0	0	0					
32	17,7	18,0	+ 30	900					
33	13,2	13,0	- 20	400					
34	23,0	23,0	0	0					
35	14,7	15,0	+ 30	900					
36	19,7	20,0	+ 30	900					
37	16,1	16,0	- 10	100					
				12 600					

Übertrag: 12 600

[Δh^2] = 18 500

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{[\Delta h^2]}{n}} = \pm 17,86 \text{ cm} = \pm 18 \text{ cm}$$

b. Stereoplanigraph.

Nr.	Aus Erdstereo- grammen im Stereoaograph ermittelte Höhen	Im Stereopla- nigraph abgelesene Höhen bei nahezu homogen schrump- fenden Filmen	Höhen- unterschied	Δh^2	Nr.	Aus Erdstereo- grammen im Stereoaograph ermittelte Höhen	Im Stereopla- nigraph abgelesene Höhen bei nahezu homogen schrump- fenden Filmen	Höhen- unterschied	Δh^2
	m		m			cm		m	
1	9,8	10,1	+ 30	900					
2	7,8	7,5	- 30	900	41	13,8	13,8	0	0
3	10,7	10,6	- 10	100	42	18,5	18,6	+ 10	100
4	9,3	9,5	+ 20	400	43	11,3	11,6	+ 30	900
5	10,1	9,8	- 30	900	44	16,1	16,2	+ 10	100
6	17,2	17,2	0	0	45	10,0	10,2	+ 20	400
7	12,0	12,3	+ 30	900	46	10,1	10,4	+ 30	900
8	10,7	10,6	- 10	100	47	12,3	12,2	- 10	100
9	9,5	9,4	- 10	100	48	10,8	10,9	+ 10	100
10	2,7	3,0	+ 30	900	49	10,2	10,1	- 10	100
11	7,2	7,5	+ 30	900	50	6,1	6,2	+ 10	100
12	7,9	8,0	+ 10	100	51	10,7	10,9	+ 20	400
13	7,3	7,3	0	0	52	20,0	19,9	- 10	100
14	15,1	15,0	- 10	100	53	14,0	13,8	- 20	400
15	9,2	9,5	+ 30	900	54	16,3	16,4	+ 10	100
16	7,6	7,9	+ 30	900	55	20,7	20,5	- 20	400
17	8,0	8,2	+ 20	400	56	18,2	18,3	+ 10	100
18	7,1	7,0	- 10	100	57	17,7	17,5	- 20	400
19	7,6	7,9	+ 30	900	58	15,0	15,1	+ 10	100
20	10,2	10,0	- 20	400	59	14,0	14,1	+ 10	100
21	23,2	23,2	0	0	60	10,5	10,5	0	0
22	15,3	15,3	0	0	61	10,9	11,0	+ 10	100
23	16,7	16,3	- 40	1600	62	9,5	9,7	+ 20	400
24	21,5	21,3	- 20	400	63	6,0	5,8	- 20	400
25	22,1	22,4	+ 30	900	64	8,0	8,2	+ 20	400
26	20,2	20,2	0	0					
27	19,6	19,6	0	0					
28	19,0	19,1	+ 10	100					
29	17,7	17,8	+ 10	100					
30	14,2	14,4	+ 20	400					
31	10,2	10,4	+ 20	400					
32	12,4	12,1	- 30	900					
33	9,0	9,0	0	0					
34	15,2	14,9	- 30	900					
35	17,2	17,3	+ 10	100					
36	16,8	17,0	+ 20	400					
37	20,0	20,2	+ 20	400					
38	18,8	19,0	+ 20	400					
39	14,7	14,7	0	0					
40	16,0	15,7	- 30	900					
				17 800					

Übertrag: 17 800

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{[\Delta h^2]}{n}} = \pm 19,36 \text{ cm} = \pm 19 \text{ cm}$$

$$[\Delta h^2] = 24 000$$

An den Tagen, an denen nicht ausgemessen wird, kann er hinlänglich mit Rechnen, Zeichnen und Eintragungsarbeiten beschäftigt werden.

4. In den an das Dünengebiet anschließenden flachwelligen Ackergebieten sind die Höhenlinien ebenfalls mittelst der Zweibildgeräte gezogen worden.

Hierbei wurden folgende Erfahrungen gesammelt:

a) die Schichtlinienführung war auch in den flachwelligen Gebieten gut durchführbar, wenn die Ackerfläche keinen monotonen Charakter angenommen hatte; stark gegliederte Flächen (enge Parzellen, Einfriedigungen, Knicks, Gräben usw.) lassen die Linienführung gut zu.

Beim Vergleich mit den nach den engen Flächennivellements bei der topographischen Begehung auf den Flurkartenverkleinerungen eingezeichneten Linien ergab sich eine auffallend gute Übereinstimmung, jedenfalls aber verliefen die Linien konform in geringem Abstände. Es wurde deshalb auch in den weiterabgelegenen Ackerflächen von einer nochmaligen Ermittlung der Schichtlinien aus den Luftlichtbildern, lediglich aus Gründen der Zeitersparnis, abgesehen und die Linien aus den Flächennivellements übernommen.

b) Nicht ausführbar ist die Schichtlinienführung in größeren Wiesengebieten und den Strandsandflächen, weil bei diesen eintönigen Flächen der notwendige fortlaufende Kontakt der Meßmarke mit dem Modell nicht zu erreichen ist.

Hier, wie bei den monoton wirkenden Ackerflächen, wird also stets das Flächennivellement einsetzen müssen.

5. Die Grundkarten 1 : 5000 wurden nach Ausführung aller Ausmessungen und Übertragungen der topographisch ermittelten Schichtlinien nach Maßgabe der Krokis ausgezeichnet und beschrieben.

Dann erst erfolgte die Prüfung nach der inzwischen errechneten Vergleichsmessung.

E. Die Vergleichsmessung.

Die Vergleichsmessung ist im Laufe des Sommers 1927 vom Verfasser so ausgeführt worden, daß sowohl das Ackerland, als auch die Dünen erfaßt wurden und die Ausmeßergebnisse des Autokartographen und Stereoplanigraphen auf ihre Genauigkeit geprüft werden konnten. (Vergl. hierzu und zu folgenden Ausführungen die Übersichtskarte Anl. 1.)

Zur Ausführung der Vergleichsmessung erwähne ich folgendes:

a) Trigonometrische Arbeiten.

Es wurden 4 Neupunkte als Anschlußpunkte für Polygonzüge in das trigonometrische Netz eingeschaltet. Sie waren auch bereits von den Photogrammetern bestimmt worden.

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

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

b) Polygonzüge.

Für die Winkelbeobachtung diente ebenfalls das Universalinstrument (2 Sätze). Es wurde mit 3 Fußgestellen gearbeitet, als Ziel dienten Lotstäbe. Zur Streckenmessung wurde ein 50 m Stahlbandmaß verwendet.

Als Anschlußwidersprüche ergaben sich:

	Zuglänge	Gesamt- winkel- fehler	Zu verteilende Koordinaten- widersprüche		linearer Fehler auf 1 km
Polygonzug I	3,311 km	35,"6	0,295 m	0,267 m	0,12 m
„ II	0,988 „	42,"5	0,034 „	0,022 „	0,04 „
„ III	0,990 „	49,"1	0,009 „	0,124 „	0,12 „

Als Ziele für die Anschlußpunkte sind Fluchtstäbe verwendet worden. Die Strecken wurden ebenfalls mit Stahlmeßband (doppelt) gemessen.

c) Punktauswahl.

Als Polygonpunkte des Zuges I dienten in der Aufnahme scharf einstellbare Grundrißpunkte, als Anschlußpunkte an den Polygonzug I einige vom Photogrammeter als Paßpunkte bestimmte Punkte, im übrigen in der Aufnahme scharf einstellbare Situationspunkte.

Polygonpunkte der Züge II und III und Anschlüsse daran liegen an Hängen, Sätteln, Nasen, Altanen und Böschungswechseln in den Dünen; nur vereinzelt sind Kuppen und Löcher gewählt worden.

Im ganzen wurden 106 Punkte bestimmt.

d) Höhenbestimmung.

Es wurden bestimmt:

1. Der eingeschaltete Punkt V und die Polygonpunkte des Zuges I nebst den Anschlüssen durch Nivellements nach Art der Signalnivellements, wobei der T. P. Nebel als An- und Abschluß diente.

2. Die Höhen des Ausgangspunktes für Polygonzug II und des Abschlußpunktes für Polygonzug III durch Nivellement in Anschluß an das Nivellement zu 1.

3. Die Polygonpunkte der Züge II und III durch gegenseitige Zenitdistanzmessung (2 Sätze) mittelst Universalinstrument III. O.

4. Die Anschlußpunkte der Züge II und III durch einfache Zenitdistanzen (2 Sätze).

Als Anschlußwidersprüche ergaben sich

Polygonzug I (in sich geschlossener Nivellements zug)	- 0,006 m
„ II	+ 0,007 „
„ III	

Die günstigen Ergebnisse in den Werten der Vergleichsmessung gestatteten, sie gegenüber den Werten der Ausmessung als einwandfrei anzusehen, sodaß die Lage- und Höhenabweichungen als wahre Fehler zu betrachten sind.

F. Die Prüfung nach der Vergleichsmessung.

1. Vorweg möchte ich die von den Photogrammetern durch Erdmessung und Rechnung ermittelten Raumkoordinaten der Paßpunkte betrachten. Es betrifft die Punkte

7a, 9a, 9c, 9d des Beobachters I,
3a, 12 und 16 des Beobachters II,

die in die Vergleichsmessung einbezogen wurden.

Sie weisen einen mittleren linearen Fehler der Lage von $\pm 0,16$ bzw. $\pm 0,13$ m und einen mittleren Höhenfehler von ± 6 bzw. ± 4 cm auf.

Sie geben ein Bild von der Güte der mit den Phototheodoliten von Zeiss ausgeführten Beobachtungen.

2. Situationspunkte.

Ihre Prüfung erfolgte auf folgende Weise:

Die fertig ausgezeichneten Platten 1:5000 wurden in den Koordinatograph nach den Eckpunkten der Karten eingeordnet und nun der Stahlstift des Koordinatographen auf jeden Vergleichspunkt eingestellt und seine Werte am Zählwerk des Apparats abgelesen. Die Höhen wurden durch Interpolation zwischen den eingezeichneten Schichtlinien der Karte 1:5000 ermittelt.

Der Vergleich mit den Werten der Vergleichsmessung ergab folgendes Bild für flachwelliges Gelände:

	Bearb. I	Bearb. II
einen mittleren linearen Lagefehler von	$\pm 0,88$ m bzw. $\pm 0,56$ m und	
einen mittleren Höhenfehler von	± 15 cm bzw. ± 16 cm,	
während nach den vorläufigen Festsetzungen des Beirats für das Vermessungswesen	$\pm 3,0$ m bzw. ± 30 cm gestattet sind.	

3. Genauigkeit der Schichtlinien.

In den Koordinatograph wurden die Platten 1:5000 eingeordnet und Punkt für Punkt der Vergleichsmessung im Dünengelände am Zählwerk koordinatenmäßig eingestellt, der Stahlstift herabgelassen, die Höhe der betr. Stelle in der Karte durch Interpolation zwischen den gezeichneten Linien abgelesen und zugleich das Neigungsverhältnis an der betr. Stelle festgestellt.

Folgende Tabellen zeigen die Einzelergebnisse und die aus ihnen abgeleiteten mittleren Fehler. In Anlehnung an die auch von Graeser¹⁾ bei der Prüfung der Genauigkeit der topographischen Grundkarte angeführten durchschnittlichen Fehler, sind diese ebenfalls errechnet worden.

¹⁾ Graeser, Prüfung der Genauigkeit der topographischen Grundkarte 1:5000. Sonderheft 4 zu den Mitteilungen des Reichsamts für Landesaufnahme 1926.

Offenes, flachwelliges Gelände mit Neigungen bis zu 3°. Mit Sicherheit festgestellte Punkte.

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Vergleichspunkte	Örtliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung berechnet		Höhe über N.N.		Koordinatenfehler		durch Vergleichsmessung durch Einstellung im Koordinatograph und Ablesung am Zählwerk		Ortliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung		Beziehung der Vergleichspunkte
		y m	x m	y m	x m	Δy m	Δx m	Δy m	Δx m	y m	x m	
1	3a	3 458 079,45	6 059 064,38	3 458 079,41	6 059 064,38	0,04	0	0,0016	0	13,00	66,21	1
2	12	7 810,70	7 974,71	7 810,55	7 974,78	0,15	+ 0,07	0,0225	0,0049	10,71	69,01	25
3	16	884,03	598,25	884,06	598,09	0,03	- 0,16	0,0009	0,0250	10,88	48,01	16
3 Rechenwerte des Photogrammers												
$m_{(y,x)} = \pm 0,09 \text{ m}$												$m_h = \pm 4 \text{ cm}$

B. Ausmessung durch Stereoplanigraph.

1. Paßpunkte.

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Vergleichspunkte	Örtliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung berechnet		Höhe über N.N.		Koordinatenfehler		durch Vergleichsmessung durch Einstellung im Koordinatograph und Ablesung am Zählwerk		Ortliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung		Beziehung der Vergleichspunkte
		y m	x m	y m	x m	Δy m	Δx m	Δy m	Δx m	y m	x m	
1	3a	3 458 079,45	6 059 064,38	3 458 079,41	6 059 064,38	0,04	0	0,0016	0	13,00	66,21	1
2	12	7 810,70	7 974,71	7 810,55	7 974,78	0,15	+ 0,07	0,0225	0,0049	10,71	69,01	25
3	16	884,03	598,25	884,06	598,09	0,03	- 0,16	0,0009	0,0250	10,88	48,01	16
3 Rechenwerte des Photogrammers												
$m_{(y,x)} = \pm 0,09 \text{ m}$												$m_h = \pm 4 \text{ cm}$

$\pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \pm 0,13 \text{ cm}$

2. Situationspunkte.

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Vergleichspunkte	Örtliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung berechnet		Höhe über N.N.		Koordinatenfehler		durch Vergleichsmessung durch Einstellung im Koordinatograph und Ablesung am Zählwerk		Ortliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung		Beziehung der Vergleichspunkte
		y m	x m	y m	x m	Δy m	Δx m	Δy m	Δx m	y m	x m	
1	1	3 458 309,38	6 059 179,48	3 458 309,7	6 059 180,0	+ 0,32	+ 0,52	0,1024	0,2704	11,83	11,5	33
2	2	348,28	063,70	348,6	063,3	+ 0,32	- 0,40	0,1024	0,1600	10,31	10,4	9
3	4a	128,06	8 935,01	128,1	934,9	+ 0,04	- 0,11	0,0016	0,0121	13,74	13,7	4
4	13	7 769,18	7 775,28	7 768,8	7 775,0	- 0,38	- 0,28	0,1444	0,0784	10,57	10,5	7
5	15	721,96	568,01	721,5	568,0	- 0,46	- 0,01	0,2116	0,0001	9,37	9,3	7
6	15a	720,54	528,41	720,2	528,0	- 0,34	- 0,41	0,1156	0,1681	9,60	9,5	10
7	15b	643,17	513,11	642,5	512,8	- 0,67	- 0,31	0,4489	0,0961	9,46	9,2	26
8	15c	394,09	417,69	393,6	417,0	- 0,49	- 0,69	0,2401	0,4761	—	—	—
Hauskant. a. Sock.												
9	17	949,62	615,94	949,6	616,4	- 0,02	+ 0,46	0,0004	0,2116	11,53	11,2	33
10	18	8 069,18	942,46	8 068,6	942,9	- 0,58	+ 0,44	0,3364	0,1936	10,79	10,7	9
11	19	303,47	677,40	302,8	676,6	- 0,67	- 0,80	0,4489	0,6400	12,50	12,4	10
12	19a	316,07	720,96	316,0	721,0	- 0,07	+ 0,04	0,0049	0,0160	12,73	12,8	7
13	19c	356,40	561,69	356,4	561,7	0	+ 0,01	0	0,0001	10,79	10,7	9
14	20	491,14	599,23	491,2	599,1	+ 0,06	- 0,13	0,0036	0,0169	12,12	12,2	8
2,1612												
$m_{(y,x)} = \pm 0,39 \text{ m}$												$m_h = \pm 16 \text{ cm}$

$\pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \pm 0,56 \text{ m}$

2. Situationspunkte.

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Vergleichspunkte	Örtliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung		Höhe über N.N.		Koordinatenfehler		durch Vergleichsmessung durch Einstellung im Koordinatograph und Ablesung am Zählwerk		Ortliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung		Beziehung der Vergleichspunkte
		y m	x m	y m	x m	Δy m	Δx m	Δy m	Δx m	y m	x m	
1	7a	3 457 858,43	6 058 717,52	3 457 858,30	6 058 717,50	- 0,13	- 0,02	0,0169	0,0004	11,19	11,1	9
2	2	955,74	380,81	955,80	380,80	+ 0,06	- 0,01	0,0036	0,0001	8,18	8,1	8
3	9c	608,66	310,44	608,44	310,59	- 0,22	+ 0,15	0,0484	0,0225	13,89	13,9	1
4	9d	810,22	455,10	810,22	455,01	0	- 0,09	0	0,0081	10,62	10,6	4
1-4 Rechenwerte des Photogrammers												
$m_{(y,x)} = \pm 0,13 \text{ m}$												$m_h = \pm 6 \text{ cm}$

1. Paßpunkte.

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Vergleichspunkte	Örtliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung		Höhe über N.N.		Koordinatenfehler		durch Vergleichsmessung durch Einstellung im Koordinatograph und Ablesung am Zählwerk		Ortliche Lage des Vergleichspunktes durch Vergleichsmessung		Beziehung der Vergleichspunkte
		y m	x m	y m	x m	Δy m	Δx m	Δy m	Δx m	y m	x m	
1	5	3 457 999,00	6 058 899,04	3 457 999,5	6 058 899,0	+ 0,50	- 0,04	0,2500	0,0016	15,15	14,9	25
2	6	678,51	817,31	678,5	818,6	- 0,01	+ 1,29	0,0001	1,6641	11,05	11,0	5
3	7	725,09	788,79	725,09	788,8	- 0,09	+ 0,02	0,0081	0,0004	9,77	9,8	3
4	8	788,79	529,11	788,8	529,0	+ 0,01	- 0,11	0,0001	0,0121	—	—	—
5	9	857,24	362,44	857,0	362,5	- 0,24	+ 0,06	0,0576	0,0036	10,94	10,9	4
6	9b	8 019,47	391,34	8 018,7	392,6	- 0,77	+ 1,26	0,5929	1,5876	8,13	8,1	3
7	10	7 837,26	169,61	7 836,6	170,8	- 0,66	+ 1,19	0,4356	1,4161	12,11	12,4	29
8	10a	944,43	189,13	944,2	189,4	- 0,23	+ 0,27	0,0529	0,0729	12,37	12,4	3
1,3973												
$m_{(y,x)} = \pm 0,42 \text{ m}$												$m_h = \pm 15 \text{ cm}$

$\pm \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = \pm 0,88 \text{ m}$

Dünengelände.

Gegenüberstellung der aus der Vergleichsmessung berechneten Höhen und der aus dem Höhenlinienplan ermittelten.

A. Ausmessung im Autokartograph.

Lfd. Nr.	Nr. der Vergleichspunkte	Berechnete Koordinaten der Vergleichspunkte		Neigungswinkel α	Geländegruppe	Höhe des Punktes durch		Höhenfehler Δh cm	Δh^2
		y m	x m			Vergleichsmessung m	Ableseung im Höhenlinienplan m		
1	33	3 456 872,63	6 058 043,77	10 50	1	16,12	16,0	- 12	144
2	34	842,14	092,40	19 10	2	12,59	12,2	+ 39	1 521
3	35	849,13	138,37	15 0	2	11,92	12,0	+ 8	64
4	35 ^a	878,64	099,84	21 10	2	9,78	10,5	+ 72	5 184
5	35 ^b	946,99	200,47	14 0	1	12,29	12,1	- 19	361
6	35 ^c	865,07	185,35	21 50	2	13,12	13,2	+ 8	64
7	36	841,86	248,74	2 10	1	11,73	11,6	- 13	169
8	36 ^b	761,11	199,68	6 40	1	10,04	10,9	+ 86	7 396
9	36 ^c	822,34	276,76	12 0	1	18,40	18,0	- 40	1 600
10	37	854,34	855,36	5 10	1	13,04	13,3	+ 26	676
11	37 ^a	904,32	338,55	4 30	1	17,17	16,9	- 27	729
12	37 ^b	826,63	423,34	18 20	2	25,34	24,5	- 84	7 056
13	38	883,80	472,00	9 40	1	20,21	19,7	- 51	2 601
14	38 ^a	960,16	487,26	8 50	1	14,29	14,3	+ 1	1
15	38 ^b	913,94	517,38	19 30	2	17,93	17,9	- 3	9
16	39	823,33	506,21	11 20	1	19,24	18,5	- 74	5 476
17	39 ^a	776,69	497,43	29 0	2	25,42	25,0	- 42	1 764
18	39 ^b	797,47	522,71	24 0	2	24,32	24,1	- 22	484
19	39 ^c	826,55	540,51	18 30	2	19,70	18,8	- 90	8 100
20	40	823,98	579,13	19 30	2	18,22	17,9	- 32	1 024
21	40 ^a	748,91	590,00	26 30	3	14,95	14,0	- 95	9 025
22	40 ^b	760,85	633,91	38 40	4	23,02	23,0	- 2	4
23	40 ^c	805,48	625,66	11 20	1	18,21	17,0	- 121	14 641
24	40 ^d	845,56	569,34	11 40	1	13,40	13,1	- 30	900
25	41	908,06	620,68	13 40	1	21,70	21,5	- 20	400
26	42	897,12	640,11	24 50	2	21,52	21,1	- 42	1 764
27	42 ^a	921,83	650,87	19 40	2	20,52	20,1	- 42	1 764
28	42 ^b	867,87	641,34	19 30	2	17,49	17,6	+ 11	121
29	43	889,55	672,68	7 10	1	17,63	16,8	- 83	6 889
30	44	913,98	722,40	31 0	3	18,40	18,8	+ 40	1 600
31	44 ^a	925,38	716,53	21 50	2	24,73	25,0	+ 27	729
32	44 ^b	872,42	752,40	25 10	3	20,92	20,9	- 2	4
33	44 ^c	920,92	771,06	25 10	3	23,26	23,2	- 6	36
34	45	954,93	759,73	12 30	1	22,48	22,3	- 18	324
35	45 ^a	985,81	746,70	19 40	2	27,34	27,1	- 24	576
36	45 ^b	928,07	808,04	10 10	1	17,29	17,4	+ 11	121
37	45 ^c	952,32	782,48	15 10	2	23,56	23,2	- 36	1 296
38	46	978,40	833,61	15 30	2	20,60	20,5	- 10	100
39	47	7 002,83	861,37	17 40	2	20,30	20,5	+ 20	400
				658 0				1388	85117

$$\frac{[\alpha]}{n} \sim 16^{\circ}50' m_h = \pm \sqrt{\frac{[\Delta h^2]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{85117}{39}} = \pm 47 \text{ cm.}$$

$$\text{Durchschnittl. Fehler } d_h = \pm \frac{1388}{39} = \pm 36 \text{ cm.}$$

B. Ausmessung im Stereoplanigraph.

Lfd. Nr.	Nr. der Vergleichspunkte	Berechnete Koordinaten der Vergleichspunkte		Neigungswinkel α	Geländegruppe	Höhe des Punktes durch		Höhenfehler Δh cm	Δh^2
		y m	x m			Vergleichsmessung m	Ableseung im Höhenlinienplan m		
1	21	3 457 242,11	6 057 327,86	26 30	3	23,52	22,9	- 62	3 844
2	22	215,77	352,69	13 20	1	9,05	9,1	+ 5	25
3	23	159,41	375,96	10 20	1	9,79	10,1	+ 31	961
4	23 ^a	183,72	406,68	29 40	3	15,58	15,1	- 48	2 304
5	23 ^b	151,82	340,81	29 40	3	11,92	12,1	+ 18	324
6	23 ^c	134,00	355,03	19 40	2	10,21	10,2	- 1	1
7	24	128,83	432,16	24 0	2	11,24	11,3	+ 6	36
8	25	056,86	444,66	13 20	1	8,91	9,3	+ 39	1 521
9	25 ^a	068,64	413,37	45	4	14,15	4,2	+ 5	25
10	25 ^b	021,81	427,26	42 10	4	8,37	9,7	+ 133	17 689
11	25 ^c	024,03	458,46	25 40	3	10,61	11,0	+ 39	1 521
12	25 ^d	096,72	453,09	21 50	2	6,09	6,5	+ 41	1 681
13	26	089,09	506,77	14	1	7,83	8,1	+ 27	729
14	26 ^a	132,08	527,97	38 40	4	16,14	16,2	+ 6	36
15	26 ^b	147,18	508,72	14	1	9,23	9,4	+ 17	289
16	26 ^c	041,50	503,58	12 30	1	6,31	7,1	+ 79	6 241
17	26 ^d	084,54	557,90	11 20	1	9,38	10,1	+ 72	5 184
18	27	079,20	620,23	22 50	2	12,91	13,0	+ 9	81
19	27 ^a	154,78	602,68	29	3	20,67	20,7	+ 3	9
20	28	030,54	637,06	10 40	1	10,40	10,3	- 10	100
21	28 ^a	024,58	611,34	28 40	3	12,09	12,5	+ 41	1 681
22	28 ^b	6 999,18	604,72	29 40	3	5,84	7,1	+ 126	15 876
23	29	943,22	739,51	17 20	2	11,47	11,0	- 47	2 209
24	30	905,56	803,87	9 30	1	8,06	9,1	+ 104	10 816
25	30 ^a	940,76	778,12	26 40	3	12,48	12,5	+ 2	4
26	30 ^b	948,65	809,33	18 30	2	9,36	9,6	+ 24	576
27	30 ^c	801,25	783,41	4 0	1	7,46	8,1	+ 64	4 096
28	30 ^d	853,92	845,90	45	4	11,69	12,0	+ 31	961
29	31	875,95	917,87	43 40	4	11,13	11,1	- 3	9
30	32	881,68	983,94	8 10	1	9,40	9,7	+ 30	900
31	32 ^a	927,37	975,30	4 30	1	10,10	10,2	+ 10	100
32	32 ^b	803,92	961,37	26 30	3	8,89	9,0	+ 11	121
				716 20				1144	79950

$$\frac{[\alpha]}{n} \sim 22^{\circ}20' m_h = \pm \sqrt{\frac{[\Delta h^2]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{79950}{32}} = \pm 50 \text{ cm}$$

$$\text{Durchschnittl. Fehler } d_h = \pm \frac{1144}{32} = \pm 36 \text{ cm}$$

Ordnet man nach den Geländegruppen 0—15°, 15°—25°, 25°—35°, 35°—45° an, so ergeben sich folgende mittlere Fehler:

Autokartograph.

Lfd. Nr.	Punktbezeichnung	Neigung α	Δ h cm	Δ h ² cm ²	Lfd. Nr.	Punktbezeichnung	Neigung α	Δ h cm	Δ h ² cm ²
Geländegruppe 1 bis 15°					Geländegruppe 2 15°—25°				
1	33	10 50	— 12	144	1	34	19 10	— 39	1521
2	35 ^b	14 0	— 19	361	2	35	15 0	+ 8	64
3	36	2 10	— 13	169	3	35 ^a	21 10	+ 72	5184
4	36 ^b	6 40	+ 86	7396	4	35 ^c	21 50	+ 8	64
5	36 ^c	12 0	— 40	1600	5	37 ^b	18 20	— 84	7056
6	37	5 10	+ 26	676	6	38 ^b	19 30	— 3	9
7	37 ^a	4 30	— 27	729	7	39 ^b	24 0	— 22	484
8	38	9 40	— 51	2601	8	39 ^c	18 30	— 90	8100
9	38 ^a	8 50	+ 1	1	9	40	19 30	— 32	1024
10	39	11 20	— 74	5476	10	42	24 50	— 42	1764
11	40 ^c	11 20	— 121	14641	11	42 ^a	19 40	— 42	1764
12	40 ^d	11 40	— 30	900	12	42 ^b	19 30	+ 11	121
13	41	13 40	— 20	400	13	44 ^a	21 50	+ 27	729
24	43	7 10	— 83	6889	14	45 ^a	19 40	— 24	576
15	45	12 30	— 18	324	15	45 ^c	15 10	— 36	1296
16	45 ^b	10 10	+ 11	121	16	46	15 30	— 10	100
		152 20	631	42428	17	47	17 40	+ 20	400
							330 50	570	30256

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{[\Delta h^2]}{n}} = \pm 51 \text{ cm} \quad = \pm 42 \text{ cm}$$

$$d_h = \quad \quad \quad = \pm 39 \text{ „} \quad = \pm 34 \text{ „}$$

$$\frac{[\alpha]}{n} = \quad \quad \quad \sim 9^\circ 30' \quad \quad \quad \sim 19^\circ 30'$$

Geländegruppe 3 25°—35°					Geländegruppe 4 35°—45°				
1	39 ^a	29 0	— 42	1764	1	40 ^b	38 40	2	4
2	40 ^a	26 30	— 95	9025					
3	44	31 0	+ 40	1600					
4	44 ^b	25 10	2	4					
5	44 ^c	25 10	— 6	36					
		136 50	185	12429					

Geländegruppe 3 + 4

$$m_h = \pm 46 \text{ cm}$$

$$d_h = \pm 32 \text{ „}$$

$$\frac{[\alpha]}{n} \sim 29^\circ$$

Stereoplanigraph.

Lfd. Nr.	Punktbezeichnung	Neigung α	Δ h cm	Δ h ² cm ²	Lfd. Nr.	Punktbezeichnung	Neigung α	Δ h cm	Δ h ² cm ²
Geländegruppe 1 bis 15°					Geländegruppe 2 15°—25°				
1	22	13 20	+ 5	25	1	23 ^c	19 40	— 1	1
2	23	10 20	+ 31	961	2	24	24 0	+ 6	36
3	25	13 20	+ 39	1521	3	25 ^d	21 50	+ 41	1681
4	26	14 0	+ 27	729	4	27	22 50	+ 9	81
5	26 ^b	14 0	+ 17	289	5	29	17 20	— 47	2269
6	26 ^c	12 30	+ 79	6241	6	30 ^b	18 30	+ 24	576
7	26 ^d	11 20	+ 72	5184			124 10	128	4584
8	28	10 40	— 10	100					
9	30	9 30	+ 104	10816					
10	30 ^c	4 0	+ 64	4096					
11	32	8 10	+ 30	900					
12	32 ^a	4 30	+ 10	100					
		125 40	488	30962					

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{[\Delta h^2]}{n}} = \pm 51 \text{ cm} \quad = \pm 28 \text{ cm}$$

$$d_h = \quad \quad \quad = \pm 41 \text{ „} \quad = \pm 21 \text{ „}$$

$$\frac{[\alpha]}{n} = \quad \quad \quad = 10^\circ 30' \quad = 20^\circ 40'$$

Geländegruppe 3 25°—33°					Geländegruppe 4 35°—45°				
1	21	26 30	— 62	3844	1	25 ^a	45 0	+ 5	25
2	23 ^a	29 40	— 48	2304	2	25 ^b	42 40	+ 133	17689
3	23 ^b	29 40	+ 18	324	3	26 ^a	38 40	+ 6	36
4	25 ^c	25 40	+ 39	1521	4	30 ^d	45 0	+ 31	961
5	27 ^a	29	+ 3	9	5	31	43 40	— 3	9
6	28 ^a	28 40	+ 41	1681			215 0	178	18720
7	28 ^b	29 40	+ 126	15876					
8	30 ^a	26 40	+ 2	4					
9	32 ^b	26 30	+ 11	121					
		252 0	350	25684					

$$m_h = \pm 53 \text{ cm} \quad = \pm 61 \text{ cm}$$

$$d_h = \pm 39 \text{ „} \quad = \pm 36 \text{ „}$$

$$\frac{[\alpha]}{n} = 28^\circ \quad = 43^\circ$$

Man sieht, daß beim Autokartograph die Neigungen über 35° durch Vergleichsmessung nur einmal erfaßt und beim Stereoplanigraph die Neigungen zwischen 15° und 25° schwach vertreten sind.

Die nahezu gleichen Fehler in den Ausmessungen der Apparate berechnen aber zur Zusammenfassung, wodurch alle Neigungen bis 45° genügend erfaßt werden.

Autokartograph und Stereoplanigraph.

Punktsumme	Summe der Neigung α		Punktsumme	Summe der Neigung α				
	$[\Delta h]$ cm	$[\Delta h^2]$ cm ²		$[\Delta h]$ cm	$[\Delta h^2]$ cm ²			
Geländegruppe 1				Geländegruppe 2				
A.	16	152° 20'	631	42428	17	330° 50'	570	30256
St.	12	125 40	488	30962	6	124 10	128	4584
	28	278	1119	73390	23	455	698	34840
$m_h =$		± 51 cm			± 39 cm			
$d_h =$		± 40 „			± 30 „			
$\frac{[\alpha]}{n} =$		$\sim 10^\circ$			$\sim 20^\circ$			
Geländegruppe 3				Geländegruppe 4				
	5	136° 50'	185	12429	1	38° 40'	2	4
	9	252 0	350	25684	5	215 0	178	18720
	14	388 50	535	38113	6	253 40	180	18724
$m_h =$		± 52 cm			± 56 cm			
$d_h =$		± 38 „			± 30 „			
$\frac{[\alpha]}{n} =$		$\sim 28^\circ$			$\sim 42^\circ$			

Um in der üblichen Weise ein Bild vom mittleren Wert dieser Höhenlinien unter Berücksichtigung der Geländeneigungen zu erhalten sind in dem nachstehenden Schaubilde, das

als Abszissen die Neigungen,
als Ordinaten die Abweichungen der Höhenlinie

enthält, die Werte der mittleren Fehler innerhalb der Geländeklassen eingetragen.

Ersetzt man die diese Punkte verbindende gebrochene Linie durch einen ausgleichenden gestreckten Linienzug, so entspricht dieser mit guter Annäherung der Kurve:

$$m_h = \pm (0,35 + 0,28 \operatorname{tg} \alpha) \text{ Meter,}$$

worin α die Geländeneigung bedeutet.

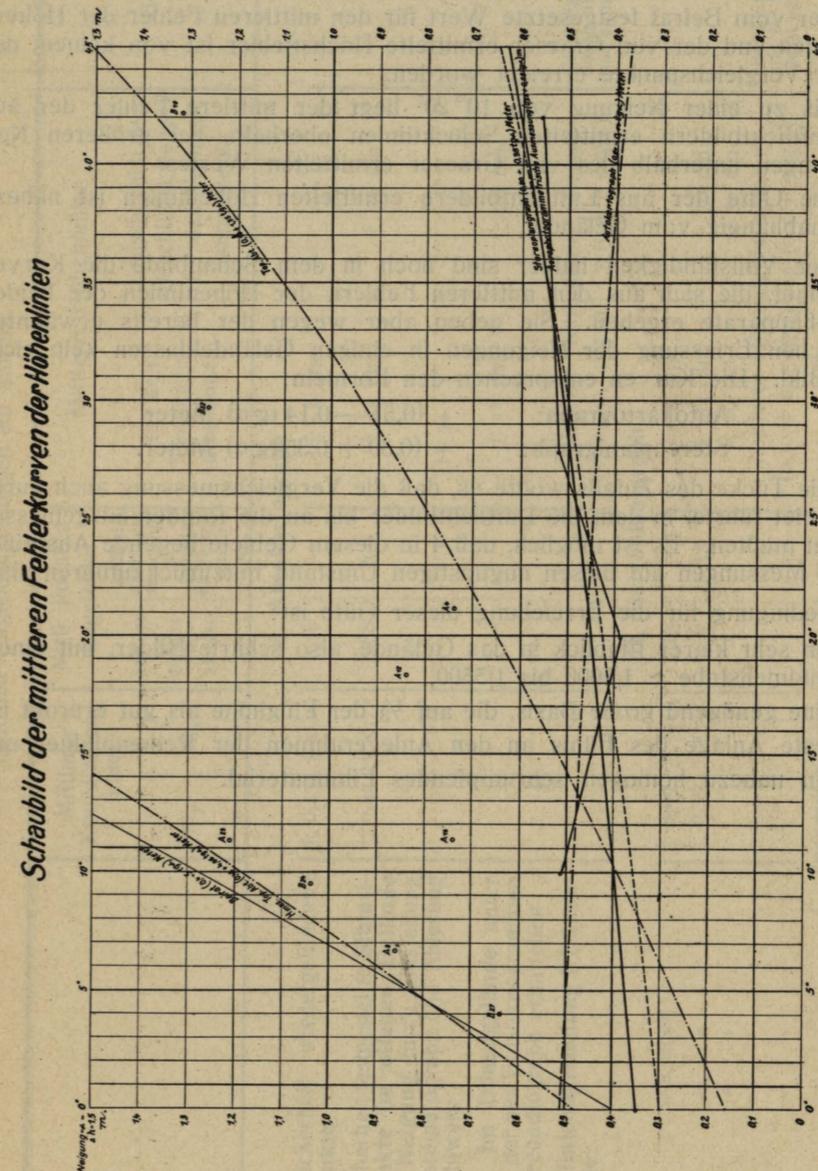


Abb. 4.

In das Schaubild sind noch durch Punkte die positiven Werte der Ausreißer der Tabellen, Seite 16 u. 17, sowie die, den zulässigen mittleren Fehler

der Schichtlinien nach dem Beschluß des Beirats anzeigende Kurve $\pm (0,4 + 5 \text{ tg } \alpha)$ Meter im positiven Teil eingetragen. Außerdem sind angegeben — ebenfalls mit positiven Werten — die von Graeser a. a. O. ermittelte Kurve für den mittleren Fehler der Höhenlinie der topographischen Grundkarte und die hieraus abgeleitete Kurve für den Höchstfehler.

Aus dem Schaubilde ergibt sich:

1. Der vom Beirat festgesetzte Wert für den mittleren Fehler der Höhenlinien und der von Graeser ermittelte Höchstfehler ist von keinem der 71 Vergleichspunkte erreicht worden.
2. Bis zu einer Neigung von $10^\circ 20'$ liegt der mittlere Fehler der aus Luftlichtbildern ermittelten Schichtlinien oberhalb, bei größeren Neigungen unterhalb des von Graeser ermittelten Wertes.
3. Die Güte der aus Luftlichtbildern ermittelten Höhenlinien ist nahezu unabhängig vom Gelände.

Der Vollständigkeit halber sind noch in dem Schaubilde die Kurven gezeichnet, die sich aus den mittleren Fehlern der Höhenlinien der beiden Ausmeßapparate ergeben. Sie geben aber wegen der bereits erwähnten schwachen Erfassung der Neigungen in einigen Geländeklassen kein richtiges Bild. Die Kurven entsprechen den Formeln:

$$\begin{aligned} \text{Autokartograph:} & \quad \pm (0,51 - 0,14 \text{ tg } \alpha) \text{ Meter} \\ \text{Stereoplanigraph:} & \quad \pm (0,30 + 0,35 \text{ tg } \alpha) \text{ Meter.} \end{aligned}$$

Die Tücke des Zufalls wollte es, daß die Vergleichsmessung auch durch ein Gebiet führte, in dem die Luftlichtbilder bis an die Ränder ausgemessen werden mußten. Es ist möglich, daß 4 in diesem Gebiete liegende Ausreißer in den Messungen auf diesen ungünstigen Umstand mitzurückzuführen sind.

Bedingung für die Erreichung dieser Güte ist:

1. ein sehr klarer Einblick in das Gelände, also scharfe Bilder, mit einem Bildmeßstabe $\sim 1/5000$ bis $1/5500$,
2. eine genügend große Basis, die auf $\frac{1}{3}$ der Flughöhe als gut erprobt ist,
3. feste Anlage des Films an den Anlegerahmen der Reihenbildner und
4. ein nahezu homogen schrumpfendes Filmmaterial.

Zusammenstellung

der Fehleruntersuchung der Ausmessungen am Autokartograph und Stereoplanigraph nach den Vergleichsmessungen auf Anrumm.

	Mittlerer Koordinatenfehler		Mittl. linearer Lagefehler aus den Vergleichsmessungen	Mittlerer Höhenfehler aus den Vergleichsmessungen	Mittlerer Höhenfehler zulässig nach dem Beschluß d. Beirats für das Vermessungswesen	Bemerkungen
	m _y	m _x				
A. Autokartograph						
1. Mit Sicherheit wiedergefundene Paßpunkte	$\pm 0,13$	$\pm 0,09$	—	± 6 cm	—	Die Neigungen über 35° sind durch die Vergleichsmessung nur einmal erfaßt.
2. Mit Sicherheit festgestellte Situationspunkte im offenen Gelände bis 3° Neigung durch Einstellung im Koordinatograph und Ablesung am Zählwerk	$\pm 0,42$	$\pm 0,77$	3,0	± 15 cm	± 30 cm	
3. Höhen im Dünengelände unter Anhalt der aus Erdstereogrammen im Stereoaograph ermittelten				± 18 cm	± 30 cm	
4. Höhenliniendarstellung i. Dünengelände				Mittlerer Höhenfehler (Meter) $\pm (0,51 - 0,14 \text{ tg } \alpha)$	$\pm (0,4 + 5 \text{ tg } \alpha)$	
B. Stereoplanigraph						
1. wie oben	$\pm 0,09$	$\pm 0,10$	—	± 4 cm	—	Die Neigungen zwischen 15° und 25° sind durch die Vergleichsmessung nur schwach erfaßt.
2. " "	$\pm 0,39$	$\pm 0,41$	3,0	± 16 cm	± 30 cm	
3. " "				± 19 cm	± 30 cm	
4. " "				Mittlerer Höhenfehler (Meter) $\pm (0,30 + 0,35 \text{ tg } \alpha)$	$\pm (0,4 + 5 \text{ tg } \alpha)$	
C. Zusammenfassung von Autokartograph und Stereoplanigraph						
4. " "				Mittlerer Höhenfehler (Meter) $\pm (0,35 + 0,28 \text{ tg } \alpha)$	$\pm (0,4 + 5 \text{ tg } \alpha)$	Die nahezu gleichen Fehler in den Ausmessungen der Apparate berechneten zur Zusammenfassung, wodurch alle Neigungen bis zu 45° genügend erfaßt werden.

G. Wirtschaftlichkeit.

Um einen klaren Einblick zu erhalten, beabsichtigt das Reichsamt für Landesaufnahme im Jahre 1929 ein und dasselbe Gebiet im Dünengürtel auf Sylt sowohl rein topographisch, als auch photogrammetrisch bearbeiten zu lassen. Zunächst diene als Anhalt folgender Vergleich:

Die Topographische Abteilung hat im Jahre 1926 die Insel Wangerooge mit ihrem Dünengebiet in 1:5000 bearbeitet. Hierbei wurden für 6,94 qkm 123 Tage, mithin für 1 qkm 18 Tage Feldarbeit einschl. der Sonntage benötigt. Das Dünengebiet von Amrum ist nun kleinformiger und prozentual größer als dasjenige von Wangerooge, sodaß der Ansatz von 21 Tagen Feldarbeit für 1 qkm nicht zu hoch gewertet erscheint. Nach diesem Ansatz sind die Kosten für die reine Meßtischaufnahme den Aufwendungen für die aerophotogrammetrischen Arbeiten auf Amrum gegenübergestellt.

Kostengegenüberstellung für Bearbeitung sehr kleinformiger Dünengebiete in Verbindung mit Ackerland und Strandsand.

Aerophotogrammetrische Bearbeitung 1:5000

Bezugnahme: Gebiet Amrum				
Fläche: 29,6 qkm				
Flugkosten 1800,— Rm.				
Feldarbeitskosten (230 Feldarbeitstage, einschl. Sonntage) 4565,04 „				
Feldhilfsarbeiterlöhne:				
	Tage	Arbeiter	Std.	Lohn
	190	× 2	× 10	× 0,55 = 2090,— „
Zeichenarbeiten 2684,— „				
Papiere, Platten, Chemikalien 700,— „				
Amortisation des Ausmeß-Geräts 2500,— „				
Kosten, die der Auftraggeber trägt = 14339,04 Rm.				
also rund 485,— Rm. pro qkm, ohne Reproduktionskosten,				
Beamtengehälter: 230 Feldarbeitstage				
60 Rechentage				
180 Tage Ausmessung				
120 „ Prüfung				
590 Tage = 19,7 Monate				
(Jahressatz 5500 Rm.) = 9030,— Rm.				
180 Tage Assistent				
(Jahressatz 2864 Rm.) = 1432,— „				
Selbstkosten = 24801,04 Rm.				
also rund 838,— Rm. für 1 qkm, ohne Reproduktionskosten.				

Reine Meßtischaufnahme 1:5000

Anhalt: Gebiet Wangerooge unter Berücksichtigung der größeren Schwierigkeit auf Amrum				
Ansatz: 1 qkm = 21 Tage Feldarbeit (einschl. Sonntage)				
Fläche: 29,6 qkm				
Feldarbeitskosten: 622 Tage zu 15 Rm. 9330,— Rm.				
und Nebenkosten wie in oben enthalten 1110,— „				
Feldhilfsarbeiterlöhne				
	Tage	Arbeiter	Std.	Lohn
	534	× 2	× 10	× 0,55 5874,— „
Zeichenarbeiten wie oben 2684,— „				
Kosten, die der Auftraggeber trägt = 18998,— Rm.				
also rund 640,— Rm.				
Beamtengehälter: 622 Feldarbeitstage				
120 Tage für Prüfung				
742 Tage = 24,7 Monate				
(Jahressatz 5500 Rm.) = 11340,— Rm.				
Selbstkosten = 30338,— Rm.				
also rund 1025,— Rm. für 1 qkm, ohne Reproduktionskosten.				

Zu den Kosten für die aerophotogrammetrische Bearbeitung ist noch zu erwähnen:

1. Die Rechenarbeiten werden in Zukunft durch billigere Hilfskräfte oder Assistenten ausgeführt. Die dafür ausgeworfenen Kosten werden sich also ermäßigen.

2. Die Ausmeßarbeiten an den Geräten könnten durch geeignete Assistenten erledigt werden, nachdem der Photogrammeter die Stereogramme nach den Paßpunkten eingespannt hat (etwa 1 bis $1\frac{1}{2}$ Std. für jedes Stereogramm). Der höher bezahlte Photogrammeter übernimmt hierbei zwar die Aufsicht und trägt die Verantwortung für die Güte der Ausmessung, wird aber doch für die Prüfungsarbeiten pp., die in demselben Raum stattfinden könnten, frei. Dadurch werden sich die angesetzten Beamtengehälter weiter ermäßigen lassen. Es könnte evtl. auch in 2 Schichten gearbeitet werden.

3. Bei den Arbeiten auf Amrum sind im Jahre 1927, neben den für die aerophotogrammetrische Ausmessung nötigen Arbeiten, noch andere ältere Aufnahmemethoden als Sicherheit eingeschaltet worden, die nach Vorliegen der Erfahrungen zum Teil in Fortfall kommen. Dadurch werden die Feldarbeiten sich verringern.

4. Die Luftlichtbilder wurden auf Filmen vom Format 13×18 cm getätigt. Bei dem Übergang zum quadratischen Format 18×18 cm wird die Anzahl der Paßpunkte kleiner und insgesamt weniger Zeit für die Einordnung der Stereogramme in die Ausmeßgeräte erforderlich. Dadurch tritt sowohl eine Verringerung der Feldarbeitskosten, als auch eine Verminderung der Beamtengehälter ein.

Aus der Gegenüberstellung der Kosten ergibt sich aber schon jetzt für die Gebiete, in denen Aerophotogrammetrie zum Ziele führt, die wirtschaftliche Überlegenheit des aerophotogrammetrischen Verfahrens gegenüber der reinen Meßtischaufnahme; sie wächst mit der Schwierigkeit der Bodenverhältnisse und auch dann, wenn keine neuzeitlichen Katasteraufnahmen als Grundlage für die Herstellung der topographischen Grundkarte vorliegen.

Wir wissen, daß die Aerophotogrammetrie in Waldgebieten zur Erfassung der Bodenformen kaum anwendbar ist, und wir haben auch gesehen, daß in Strandsandgebieten, großen Wiesenniederungen und in flachwelligen Ackergebieten monotonen Charakters die altbewährten geodätischen Aufnahmeverfahren herangezogen werden müssen. Andererseits ersahen wir aber, daß sich die Aerophotogrammetrie hinsichtlich der Genauigkeit getrost den alten topographischen Methoden an die Seite stellen kann, und daß sie in äußerst kleinformigem Gelände die Formen und Höhen mit einer Schärfe bringt, wie sie der Topograph nur bei dichtester Kotierung und mit großem Zeitaufwand erreichen könnte.

Um großmaßstäbliche topographische Karten mit größtmöglicher Genauigkeit und geringsten Kosten herzustellen, wird man also, je nach den Geländeverhältnissen, mit den Aufnahmeverfahren wechseln müssen, und die wichtigste Aufgabe ist es, nach Vorliegen der Luftlichtbilder und Anblick des Geländes zu entscheiden, welche Methoden Platz zu greifen haben, um sich auf sie einzustellen.

