

Werk

Jahr: 1930

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:6

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0006

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0006

LOG Id: LOG_0069

LOG Titel: Wie tief dringen die Polarlichter in die Erdatmosphäre ein?

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Wie tief dringen die Polarlichter in die Erdatmosphäre ein?

Von **Carl Störmer**, Oslo — (Mit 7 Abbildungen und 3 Tafeln)

Die tiefsten photogrammetrisch gemessenen Nordlichter dringen bis zum Höhen-niveau 80 bis 82 km in die Erdatmosphäre ein. Über einen typischen Fall von der Nacht 26. bis 27. Februar 1929, 6 Photogramme mit Basislänge 65.70 km, wird berichtet. Die mittlere Höhe der unteren Kante des Nordlichtsbandes war 82.4 km. Die Möglichkeit des Hineindringens von Nordlichtstrahlen bis zur Erdoberfläche und der Zusammenhang mit der durchdringenden Höhenstrahlung wird diskutiert.

Für die Frage, betreffs der Natur der Polarlichter ist es von fundamentaler Bedeutung, ihre untere Höhengrenze in der Atmosphäre zu kennen.

Viele Beobachtungen über sehr niedrige Nordlichter aus Polargegenden liegen vor, die sogar bis zur Erdoberfläche reichten, aber diese Beobachtungen sind alle visuell und deshalb mehr oder minder zweifelhaft. Seitdem aber nach der Einführung der photogrammetrischen Methode auf meiner Nordlichtexpedition 1910 ein Material von vielen tausenden Höhenmessungen vorliegt, können wir jetzt die untere Grenze der Polarlichthöhen viel besser abschätzen. Freilich ist es noch nicht ausgeschlossen, daß an gewisse Stellen und zu gewissen Zeiten niedrige Polarlichter vorkommen können, aber bevor wir das Vorhandensein solcher Polarlichter anerkennen, ist es unbedingt notwendig, durch einwandfreie photogrammetrische Aufnahmen ihre Höhe wirklich zu messen und das ist bis jetzt noch nicht geglückt.

Wenn es einmal gelingen wird, solche niedrige Nordlichter photogrammetrisch zu konstatieren, würde diese Tatsache von hoher wissenschaftlicher Bedeutung sein, wenn man gleichzeitig feststellen könnte, daß diese Nordlichter vom Außenraum die ganze Atmosphäre durchdringen. In diesem Falle hätten wir wahrscheinlich eine durchdringende Korpuskularstrahlung vor uns, die an die wohlbekanntere durchdringende Höhenstrahlung erinnert, die von Hess, Kolhörster, Millikan und einer ganzen Reihe anderer Forscher studiert worden ist. Es ist auch sehr wohl denkbar, daß diese Höhenstrahlung, die nach neueren Untersuchungen vielleicht von korpuskularer Natur ist*), zu gewissen Zeiten viel intensiver wäre und in dieser Weise, wenn geradlinige Bündel in der Atmosphäre eindringen, mittels der hervorgerufenen Lichtentwicklung als Polarlichtstrahlen erscheinen könnte. Es ist daher von größter Bedeutung, aufzupassen, ob einmal in der Zukunft die Hessesche Strahlung erheblich an Intensität zunehmen wird und ob dann solche sehr niedrigen Nordlichter wieder erscheinen werden. Bis jetzt liegen jedoch

*) W. Bothe und W. Kolhörster: Das Wesen der Höhenstrahlung, Zeitschr. f. Phys. **56**, Heft 11/12, Berlin 1929; Axel Corlin: Messungen der Höhenstrahlungsintensität zwischen 55° und 70° nördlicher Breite, Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik **22**, Nr. 2, Uppsala 1930.

keine solchen Andeutungen vor, aber die Möglichkeit dazu scheint mir nicht ganz ausgeschlossen zu sein.

Die tiefsten bis jetzt photogrammetrisch gemessenen Nordlichter reichen zu etwa 85 bis 80 km hinab und wir werden in dieser kurzen Mitteilung eine neue Reihe Messungen solcher Nordlichter geben.

Freilich haben unsere ersten Messungen in Bossekop 1910*) Höhen gegeben, die viel tiefer waren, etwa 30 bis 40 km, aber alle diese Bestimmungen beruhen sicher auf Beobachtungsfehlern. Die angewandte Basislinie war nämlich nur $4\frac{1}{2}$ km und die ungünstige Lage der gemessenen Nordlichter ergaben in der Tat zu kleine Parallaxen, so daß die Genauigkeit der Höhenmessungen nicht hinreichend groß war. Alle diese kleinen Höhen sind deshalb zu verwerfen. Ebenso eine Reihe von photogrammetrischen Höhenbestimmungen am 8. April 1911, mit Basis etwa 26 km**), sind als zweifelhaft zu verwerfen, weil die gemessenen Nordlichter der Richtungslinie zwischen den Stationen, und dem Horizont, zu nahe lagen. In meiner Übersicht über die photogrammetrischen Höhenmessungen im nördlichen und südlichen Norwegen***) habe ich bereits auf diese unsicheren Höhenbestimmungen hingewiesen.

Mit den großen Basislängen von mehr als 60 km, die seit 1917 im südlichen Norwegen zu unserer Verfügung stehen, haben wir eine Reihe guter Photogramme mit Parallaxen von der Größenordnung vom 10. Grad erhalten, die Höhen von 81 bis 83 km gaben †).

Seit 1922 sind bis jetzt mehr als 900 gute Photogramme von Nordlichtern im südlichen Norwegen gesammelt worden, und unter diesen kommen mehrere Fälle von relativ tiefen Nordlichtern vor. Solche niedrige Nordlichter sind jedoch selten und haben meistens die Form von sehr lichtstarken gelbgrünen Bändern, deren vertikale Ausdehnung relativ kurz ist.

Einen typischen Fall werden wir hier berichten. Am 26., 27. und 28. Februar 1929 traten über dem südlichen Norwegen sehr ausgedehnte und merkwürdige Nordlichter auf, die am 27. ihre größte Intensität erreichten, gleichzeitig mit einem gewaltigen magnetischen Sturm. Ich hatte eine Reihe meiner photographischen Nordlichtstationen in Tätigkeit und erhielt eine größere Anzahl von Nordlichtphotogramme: am 26. Februar eine Anzahl von 66, am 27. von 64 und am 28. von 31, von diesen waren 41 bzw. 43 und 12 wohl gelungen. Die Photogramme,

*) Bericht über eine Expedition nach Bossekop zwecks photographischer Aufnahmen und Höhenmessungen von Nordlichtern. Videnskabselskabet's Skrifter. Oslo 1911.

**) Sur les trajectoires des corpuscules électrisés dans l'espace etc. Second memoire, Archives des Sciences physiques et naturelles, Genève 1912.

***) Rapport sur une expedition d'aurores boreales a Bossekop et Store Kornes etc. Geofysiske publikationer, Bd. 1, Nr. 5, Oslo 1921; Résultats des mesures photogrammétriques des aurores boréales observées dans la Norvège méridionale de 1911 a 1912. Geofysiske publikasjoner. B. IV, Nr. 7, Oslo 1926.

†) Résultats des mesures photogrammetriques etc. S. 47, Geofysiske publikasjoner Bd. IV, Nr. 7, Oslo 1926.

die hier gegeben sind, wurden in der Nacht vom 26. und 27. Februar erhalten, und zwar zwischen 1^h 18^m und 1^h 23^m morgens, Greenwich mittlere Zeit. Sie sind gleichzeitig von den zwei Stationen Oslo und Kongsberg aufgenommen, mit Basislänge 65.70 km. Der Azimut von Kongsberg, von Oslo aus gesehen, ist 66^o.17. Die Parallaxen waren von der Größenordnung vom 10. Grad. Das Nordlicht hatte die Form von sehr lichtstarken gelbgrünen kurzen Bändern.

Die Aufnahmen sind gleichzeitig auf den zwei Stationen durch telephonische Kommandos von Oslo aus aufgenommen. Als Hilfe auf der Station Kongsberg hatte ich Herrn Oddleiv Busengdal, an der Station Oslo Herrn Tveter.

Die Platten sind von Herrn Wesøe und mir ausgemessen und nach den Methoden berechnet, die in meinen Berichten über frühere Höhenmessungen ausführlich behandelt worden sind*).

Auf Tafel I und II sind die benutzten Nordlichtaufnahmen reproduziert in chronologischer Folge, die Kongsbergaufnahmen links und die Osloaufnahmen rechts. Die erste Doppelaufnahme ist in größerem Maßstab auf Tafel III zu sehen. Die Zeiten und Bezugssterne sind auf der folgenden Tabelle gegeben:

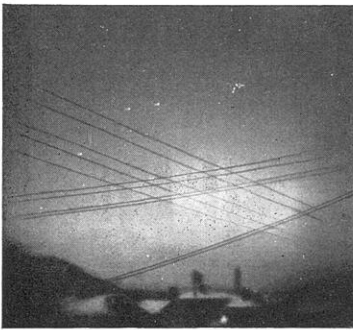
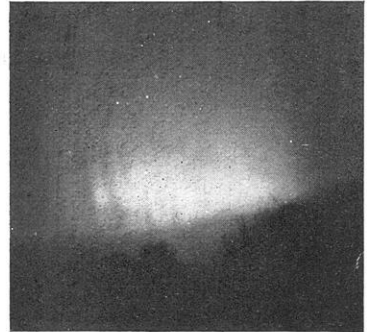
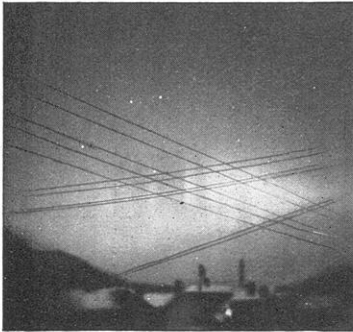
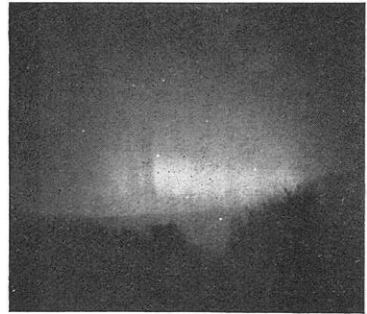
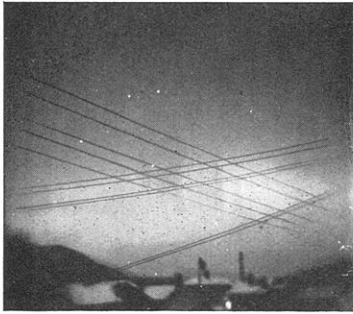
Bildnummer	Greenwich mittlere Zeit	Bezugssterne
61	1 ^h 18 ^m 15 ^s	α, β Persei, γ Andromedae
62	1 19 3	„ „
63	1 19 51	„ „
64	1 20 39	„ „
65	1 21 20	„ „
66	1 22 32	„ „

Für die verschiedenen Winkel zur Ausmessung der Platten sind die folgenden Werte von Herrn Wesøe berechnet, mittels Anwendung der Rechenmaschine Brunswiga und Lohses Tabellen:

Stern	Bild Nr.	<i>h</i>	<i>a</i>	<i>a + a₀</i>	<i>k</i>	<i>u</i>	<i>z</i>	<i>m</i>
α Persei	61	24.95	180—29.24	84.59	22.21	85.10	87.72	64.96
	62	24.90	180—29.11	84.72	22.12	85.22	87.77	65.00
	63	24.85	180—28.97	84.86	22.01	85.34	87.84	65.07
	64	24.80	180—28.84	84.99	21.92	85.45	87.89	65.12
	65	24.76	180—28.74	85.09	21.84	85.54	87.95	65.18
	66	24.68	180—28.53	85.30	21.69	85.73	88.04	65.24
β Persei	61	15.62	180—29.85	83.98	19.21	84.20	88.37	74.30
	62	15.56	180—29.70	84.13	19.12	84.34	88.42	74.37
	63	15.52	180—29.55	84.28	19.03	84.49	88.46	74.39
	64	15.47	180—29.41	84.42	18.94	84.62	88.50	74.47
	65	15.43	180—29.27	84.56	18.86	84.76	88.55	74.52
	66	15.36	180—29.05	84.78	18.73	84.96	88.61	74.58
γ Andromedae	61	13.67	180—17.54	180—83.71	11.73	180—83.89	180—88.51	76.26
	62	13.63	180—17.39	180—83.56	11.63	180—83.74	180—88.48	76.26
	63	13.60	180—17.24	180—83.41	11.53	180—83.59	180—88.44	76.31
	64	13.57	180—17.09	180—83.26	11.43	180—83.45	180—88.41	76.34
	65	13.55	180—16.96	180—83.13	11.35	180—83.32	180—88.38	76.36
	66	13.51	180—16.74	180—82.91	11.20	180—83.11	180—88.33	76.38

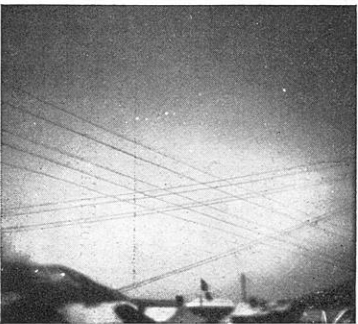
*) Siehe z. B. Bericht über eine Expedition nach Bossekop usw. Videnskabselskabets Skrifter 1911, Christiania 1911.

Tafel I



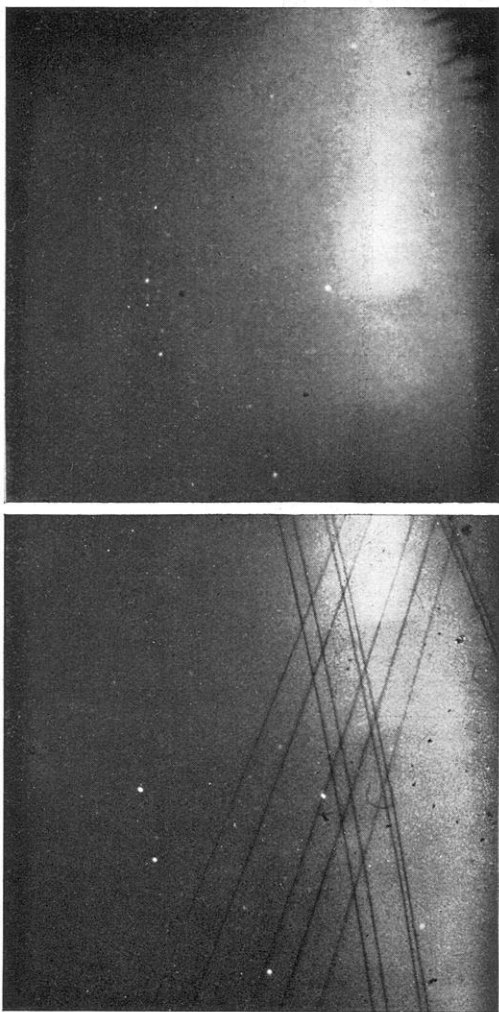
Nordlichtphotogramme 26./27. Februar 1929,
gleichzeitig in Kongsberg (links) und Oslo (rechts) aufgenommen.

Tafel II



Nordlichtphotogramme 26., 27. Februar 1929,
gleichzeitig in Kongsberg (links) und Oslo (rechts) aufgenommen.

Tafel III



Nordlichtphotogramm 26./27. Februar 1929. Erste Doppelaufnahme der Tafel I, vergrößert.

Die verschiedenen Buchstaben haben hier folgende Bedeutung:

h Die Höhe über dem Horizont.

a Azimut, von 0 bis 360° gerechnet, vom Südpunkt des Meridians durch den Westen, Norden usw.

a_0 Azimut von Kongsberg, von Oslo aus gesehen = 66.917

k ist der Winkel zwischen dem Höhenkreis und dem Deklinationskreis des Sterns.

u ist der Winkel zwischen der Richtung von Oslo nach Kongsberg und der Richtung von Oslo nach dem Sterne.

λ ist der Winkel zwischen dem Vertikalkreis durch den Stern und dem Bogen des größten Kreises durch den Stern und durch den Punkt M , wo die Richtung Oslo—Kongsberg die Himmelskugel trifft. Sie wurde berechnet, um die Richtung der parallaktischen Verschiebung zu finden.

ω ist der Winkel zwischen dem obengenannten Bogen durch M und des Höhenkreises durch denselben Punkt.

Diese Größen sind mit Hilfe folgender trigonometrischer Formeln berechnet:

a , h und k mittels wohlbekannter Formeln der Astronomie,

u , λ , ω mittels der Formeln:

$$\cos u = \cos h \cdot \cos (a - a_0)$$

$$\cotg \lambda = \sin h \cdot \cotg (a - a_0)$$

$$\sin \omega = \cos h \cdot \sin \lambda$$

Die Lage des Deklinationskreises durch den Stern kann durch eine größere Sternkarte ausgemessen oder durch die Koordinate des Sterns und eines benachbarten Sterns berechnet werden.

Auf diese Weise können nun die von den Negativen durch Projektieren gezeichneten Skizzen von den Sternen und dem Nordlicht orientiert und ausgemessen werden*). In den Fig. 1 bis 6 sind Skizzen mit ausgewählten korrespondierenden Punkten des Nordlichtes gegeben. Die Konturen des Nordlichtes von Oslo aus gesehen sind mit einem fortlaufenden Strich gezeichnet, von Kongsberg aus gesehen mit einer unterbrochenen Strichlinie. Für jeden der benutzten Sterne ist der Deklinationskreis (δ), der Höhenkreis (h) und die Richtung der Parallaxe (p) angegeben.

In den nächsten Tabellen haben die Buchstaben folgende Bedeutung:

ABC sei das Dreieck, wo A und B die Stationen Oslo und Kongsberg sind und C der ausgewählte Punkt des Nordlichtes, dann ist

u_1 der Winkel CAB .

u_2 der Supplementwinkel von CBA .

$p = u_2 - u_1$ die Parallaxe des Punktes C .

*) Über praktische Methoden der Ausmessung siehe die oben genannten Werke, und auch den Bericht meiner Bossekopexpedition 1913, in Geofysiske publikasjoner vol. 1. no. 5.

61

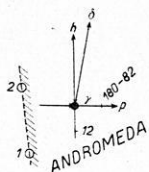
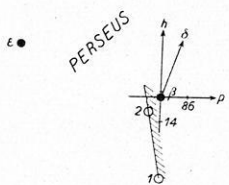
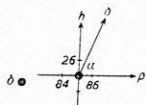


Fig. 1

62

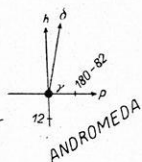
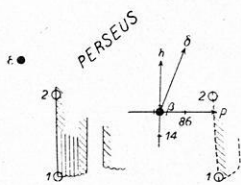
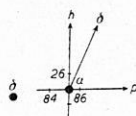


Fig. 2

63

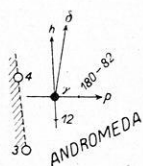
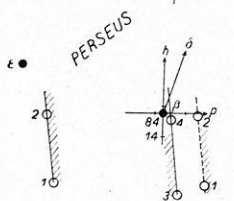
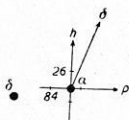


Fig. 3

64

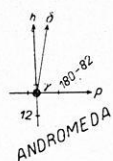
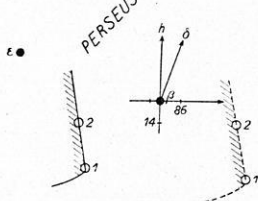
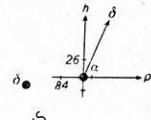


Fig. 4

65

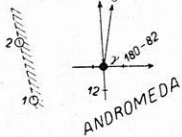
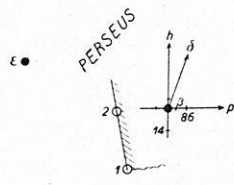
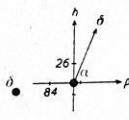


Fig. 5

66

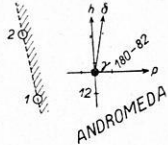
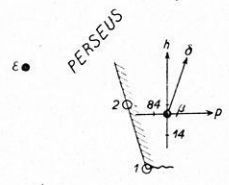
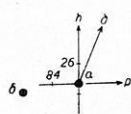


Fig. 6

Weiterhin bedeuten:

r den Abstand AC in Kilometer von Oslo bis zum gewählten Punkt C des Nordlichtes.

h die Höhe in Graden des Punktes C über dem Horizont in Oslo.

H die Höhe in Kilometer von C über der Erdoberfläche.

D die Entfernung in Kilometer längs der Erdoberfläche von Oslo bis zum Punkte C_1 , die C im Zenit hat.

a Azimut von C in Graden von Oslo aus gesehen.

Die Größen u_1, u_2, h, a , und wenn notwendig, auch ω , sind durch Gradnetze ausgemessen, r, H und D durch folgende Formeln ausgerechnet:

$$r = \frac{g \sin u_2}{\sin p},$$

$$H = y + \frac{x^2}{2(R + y)},$$

$$D = R\theta,$$

wo g die Basislinie 65.70 km ist, und wo

$$x = r \cos h, \quad y = r \sin h,$$

$$R = 6394 \text{ km (Erdradius)} \quad \text{und} \quad \sin \theta = \frac{x}{R + H},$$

wo θ nicht in Graden, sondern als Bogen eines Kreises vom Radius Eins ist*).

Jetzt sind noch die einzelnen Aufnahmen und deren Ergebnisse zu erwähnen:

Bild 61. Auf der linken Seite des Bandes haben wir zwei Punkte ausgewählt, die folgende Resultate gaben:

Punkt	u_1	u_2	p	r	h	H	D	a
1	84.2	180 — 86.5	9.4	401	10.3	84	390	180 — 29.7
2	83.4	180 — 87.2	9.4	402	14.6	114	383	180 — 30.6

Die Höhe des höchstens Punktes der Kante war etwa 129 km.

Bild 62. Zwei Punkte auf der linken Kante des Bandes gaben:

Punkt	u_1	u_2	p	r	h	H	D	a
1	77.9	88.1	10.2	371	11.1	82	359	180 — 36.3
2	77.6	87.8	10.2	371	16.3	114	350	180 — 36.9

Der höchste Punkt der Kante lag etwa 124 km über der Erde.

Bild 63. Die vier ausgewählten Punkte ergaben:

Punkt	u_1	u_2	p	r	h	H	D	a
1	77.6	87.4	9.8	386	10.6	82	374	180 — 36.7
2	76.9	86.7	9.8	385	15.0	110	366	180 — 37.5
3	85.5	180 — 85.1	9.4	401	10.2	83	390	180 — 28.5
4	85.0	180 — 85.6	9.4	401	15.1	116	381	180 — 29.1

*) Siehe S. 50 bis 51 meines Berichtes von 1911.

Die höchsten Punkte der Kante 1—2 und 3—4 lagen etwa 128 und 133 km über der Erde.

Bild 64. Zwei Punkte wurden ausgewählt. Sie gaben:

Punkt	u_1	u_2	p	r	h	H	D	a
1	79.9	180 — 89.9	10.2	371	11.0	81	360	180 — 34.2
2	79.4	89.6	10.2	371	13.7	98	355	180 — 34.9

Höchster Punkt der Kante etwa 116 km über der Erde.

Bild 65.

Punkt	u_1	u_2	p	r	h	H	D	a
1	82.2	180 — 87.4	10.4	364	11.4	82	352	180 — 32.0
2	81.3	180 — 88.3	10.4	364	15.1	104	346	180 — 33.0

Höchster Punkt der Kante etwa 121 km.

Bild 66. Zwei Punkte einer identifizierbaren Kante gaben:

Punkt	u_1	u_2	p	r	h	H	D	a
1	83.6	180 — 86.5	9.9	381	10.9	83	370	180 — 30.5
2	82.6	180 — 87.5	9.9	382	15.9	115	361	180 — 31.9

Das Mittel der Höhen der tiefsten Punkte ist somit 82.4 km.

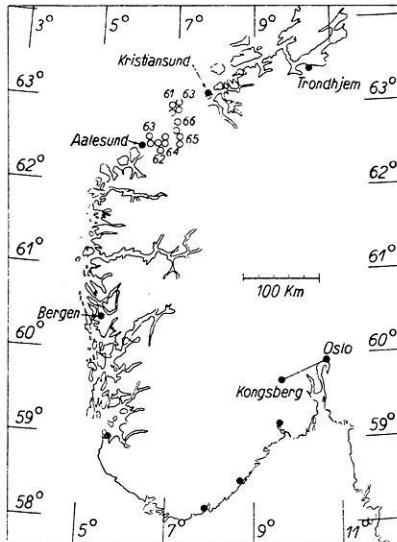


Fig. 7

In Fig. 7 können die Lagen der ausgemessenen Punkte, auf die Erdoberfläche projiziert, gesehen werden.

Oslo, 1. Juni 1930.