

HÖHE UND FARBENVERTEILUNG DER PERLMUTTERWOLKEN

VON CARL STÖRMER

(Eingeliefert am 13. Februar 1931).

In der englischen Zeitschrift »Nature« vom 16. Februar 1929 habe ich eine vorläufige Mitteilung¹ über photogrammetrische Messungen der eigentümlichen Perlmutterwolken in Oslo am 13. Januar 1929 veröffentlicht. Die Messungen ergaben Höhen von derselben Größenordnung wie meine Messungen² der Perlmutterwolken am 30. Dezember 1926, nämlich zwischen 22 und 27 km über der Erde.

In dieser Abhandlung werden wir sämtliche Höhen geben, aufs neue sehr sorgfältig von meinem Assistenten R. Wesøe gemessen, und weil, so viel ich weiß, sehr wenig über die Farbenverteilung in den Wolken bekannt ist, soll hier eine Reihe von visuellen Beobachtungen vom 1. und 15. Januar 1890 zum ersten Male veröffentlicht werden.

KAPITEL 1.

Höhe der Perlmutterwolken am 13. Januar 1929.

1. Am 13. Januar 1929 sah ich die Perlmutterwolken zuerst am südöstlichen Himmel, morgens vor Sonnenaufgang. Ich hatte nicht Gelegenheit dazu, meine photographischen Nordlichtstationen in Tätigkeit zu setzen, und begnügte mich damit, von meinem Hause aus in Bygdø bei Oslo eine Aufnahme der Wolken zu machen. Die Aufnahme wurde 8^h 45^m *mitteleuropäische Zeit* gemacht, durch gelbes Filter auf orthochromatischen Platten Imperial Eclipse ortho. Die Aufnahme ist auf Tafel 1 A zu sehen. Die Konturen der Wolken waren nicht so scharf wie später bei Sonnenuntergang, aber die Farben waren die für Perlmutterwolken so charakteristischen reinen schönen Spektralfarben.

Nachmittags erschienen die Wolken wieder, und ich telephonierte augenblicklich meinen Nordlichtstationen Oslo Sternwarte und Oscarsborg, daß sie bei Sonnenuntergang bereit sein sollten, gleichzeitige Aufnahmen für Höhenmessungen zu nehmen. Einige Stunden vor Sonnenuntergang kam ich selbst nach meiner Station Oslo und beobachtete die wunderschönen Perlmutterwolken in Südwesten, die sehr intensiv in allen Spektralfarben leuchteten, besonders unmittelbar nach Sonnenuntergang.

Als Mithilfe an der Station Oslo hatte ich meinen Assistenten für Nordlichtaufnahmen Tveter, der die Aufnahmen gleichzeitig mit meinem Assistenten Hafnor in Oscarsborg machte; und der Meteorologe Anfinn Refsdal schrieb gleichzeitig einige visuelle Beobachtungen der Wolken nieder. Die Station Oscarsborg liegt südlich von Oslo in einer Entfernung von 27,36 km, was eine ausgezeichnete Basis für Höhenmessungen ergibt;

¹ Carl Störmer: *Remarkable Clouds at High Altitudes*, 1. c.

² Carl Störmer: Photogrammetrische Bestimmung der Höhe von irisierenden Wolken (Perlmutterwolken) am 30. Dec. 1926, Geofysiske Publikationer, Band. V, no. 2, Oslo.

die Richtung von Oslo nach Oscarsborg hat einen Azimut von $13^{\circ}.02$ nach Westen. Bevor die gleichzeitigen Aufnahmen gemacht wurden, nahm ich einige Photographien mit einer gewöhnlichen Kamera auf panchromatischen Platten mit Rotfilter. Diese Aufnahmen wurden gleich nach Sonnenuntergang gemacht. Auf Tafel 1 B, 2 A und 2 B sieht man eine Reihe von aufeinanderfolgenden Aufnahmen der Wolken von WNW bis SW, wo sie mehr stratus-ähnliche Struktur hatten. Die hellsten Teile leuchteten in schönen Spektralfarben.

Da die feinere Struktur der Wolken von gewissem Interesse war, haben wir auf Tafel 3 eine Vergrößerung gewisser Partien der Wolken gegen WSW reproduziert.

Sobald die telephonische Verbindung zwischen den Stationen Oslo und Oscarsborg in Ordnung war, fingen wir an, gleichzeitige Aufnahmen der Wolken zu machen. Am Anfang wurden die Platten (Sonia E W von Herzog, Bremen) wegen der hellen Wolken überexponiert, aber diese Schwierigkeit wurde bei passender Behandlung der Platten nach der Entwicklung neutralisiert. Wir versuchten auch, die Wolken durch Rotfilter auf panchromatischen Platten zu photographieren, und diese Aufnahmen waren viel besser. Später, als es so dunkel war, daß die Sterne sichtbar wurden, konnten wir das gewöhnliche Verfahren der Nordlichtaufnahmen verwenden, das ausgezeichnete Bilder der Wolken mit den Sternen ergab.

Eine andere Schwierigkeit, wenn der Himmelsgrund zu hell war, zeigte sich in dem Mangel an sichtbaren Sternen. Diese Schwierigkeit wurde jedoch dadurch überwunden, daß wir ferne Gebirge der Landschaft mitphotographierten, die genügende Anhaltspunkte für die Ausmessung der Platten ergaben. Die Höhe und der Azimut dieser Anhaltspunkte wurden später mit einem Theodolit gemessen, und die Messungen wurden auch nachgeprüft und bestätigt durch eine Reihe von Aufnahmen des großen Nordlichts am 27. Februar 1929, wo Sterne und Landschaftskonturen von beiden Stationen aus sichtbar waren.

Die photographische Arbeit wurde fortgesetzt, so lange wir Platten zur Verfügung hatten. Von $16^h 15^m$ bis $17^h 43^m$ wurden 92 Paar gleichzeitige Aufnahmen von Oslo und Oscarsborg aus gemacht, und von diesen waren 38 für Höhenmessungen brauchbar. Nachdem die letzten Aufnahmen gemacht waren, war der Himmel ganz dunkel, aber die Wolken waren noch als schwache blaugraue Streifen sichtbar. Sogar $18^h 40^m$, drei Stunden nach Sonnenuntergang, konnte ich die Wolken in der Nähe des westlichen Horizonts noch immer von meinem Hause in Bygdö sehen.

2. Bevor wir über die Ergebnisse der Höhenmessungen sprechen, werden wir zuerst einige visuelle Beobachtungen der Wolken von Meteorolog Refsdal wiedergeben und zwar wie folgt:

»Den ganzen Tag, von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang, lagen irisierende Wolken über Oslo. Der Form nach waren sie regelmässig gewelltem Altocumulus ähnlich, und die Farben waren grau und blaugrau, an einer Reihe von Stellen mit Übergang in schwach rot, schwach violett und schwach grün.

Ungefähr bei Sonnenuntergang bildeten sich irisierende Wolken von einem ganz anderen Typ. Mit scharfen Konturen leuchteten sie stark in einer Reihe von Farben, von rot und violett bis gelb, grün und blau. Die erste dieser Wolken zeigte sich etwas vor 15^h mitteleuropäische Zeit. Sie lag etwas südlich von der Sonne mit einer nur wenig größeren Deklination als diese.

Bei Sonnenuntergang $15^h 41^m$ lagen einzelne kleine Fractocumulus im S und W, im SW eine kleine langgestreckte Bank von Altocumulus lenticularis und einzelne kleine Fractocumulus. Schwach irisierende Wolken dehnten sich in einer zusammenhängenden Bank über dem Himmel von SSW nach W. Im NW und NNO lagen einzelne kleine Wolken mit blaugrauer, sehr schwacher Irisierung.

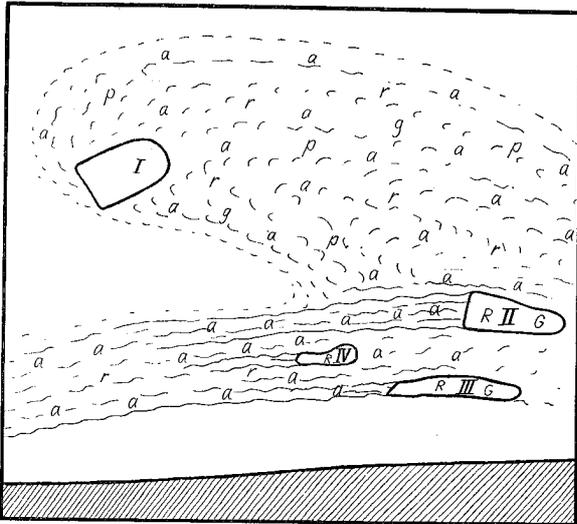


Fig. 1.

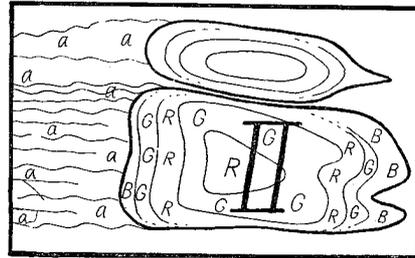


Fig. 2.

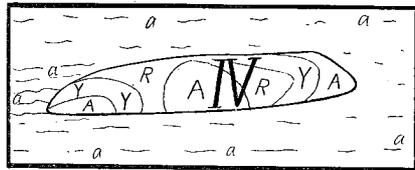


Fig. 3.

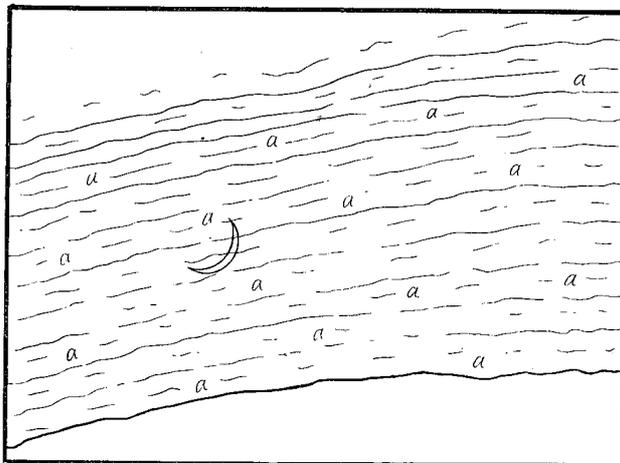


Fig. 4.

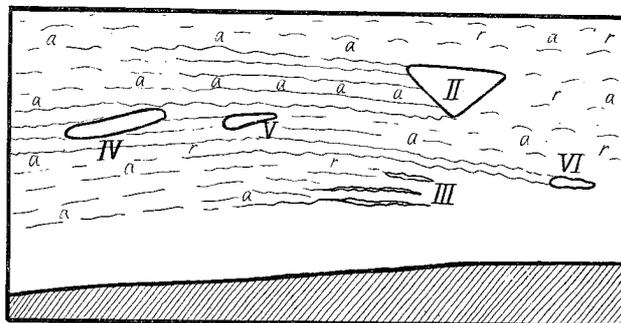


Fig. 5.

Um 15^h 48^m befanden sich am Himmel gewellte irisierende Wolken mit scharfer Unterkante und drei stark leuchtende, farbige Wolken.

Die leuchtende Wolke I hatte sich schon vor 15^h gebildet und die zwei Wolken II und III einige Zeit vor 15,48^h. Der Mond zeigte sich jetzt im SSW.

Auf Abb. 1 bis 5 haben die Buchstaben folgende Bedeutung:

a = blaugrau schwach leuchtend	A = blaugrau stark leuchtend
b = blau — —	B = blau — —
g = grün — —	G = grün — —
r = rot — —	R = rot — —
p = violett — —	Y = gelb — —

Um 16^h 5^m ist die Wolke I verschwunden, und eine neue kleine Wolke IV hat sich gebildet. Sie leuchtet stark rot, während die Wolken II und III sowohl stark rot als auch stark grün leuchten.

Abb. 2 und 3 zeigen die Wolken II und IV 16^h 10^m mit Farbenangabe. Dicht über der Wolke II, fast in Kontakt mit dieser, hat sich eine etwas kleinere Wolke gebildet, mit Farbenspiel ungefähr wie in der Wolke II. Die Farben sind, wie Abb. 2 zeigt, in Wolke II und in der dicht darüberliegenden Wolke in fast konzentrischen Bändern geordnet.

Auch in der Wolke IV ist jetzt eine ähnliche Gruppierung angedeutet. Die stark leuchtenden Wolken und die Wolken im NW und im NNO liegen anscheinend ganz still.

Um 16^h 25^m wird eine Serie von Photographien mit dem Mond darauf genommen. Die schwach irisierenden Wolken liegen in einem breiten Band über dem Mond, mit scharfer, etwas gewellter unterer Kante. Die Wolken sind in Längsrichtung des Bandes gestreift und haben eine schwach leuchtende blaugraue Farbe. (Abb. 4).

Um 16^h 28^m liegen die Wolken II und III noch immer im W. Die Wolke II ist groß und stark leuchtend, während III nur aus kleinen, im Verschwinden begriffenen Resten besteht.

Zwei neue kleine, stark leuchtende Wolken V und VI haben sich (Abb. 5) in der Nähe der Wolken II, III und IV gebildet. Von diesen stark leuchtenden Wolken mit scharfen Konturen strecken sich schwach rote Wolken nach einigen etwas stärker leuchtenden Wolken im NW. Diese Wolken haben die ganze Zeit über im NW gelegen und können als eine Zwischenform zwischen den roten schwach leuchtenden Wolken und den stark leuchtenden Wolken mit Farbenspiel in Regenbogenfarben aufgefaßt werden. Die Konturen sind jedoch nicht so scharf, sie haben kein Farbenspiel und sind nur mittelstark rot.

Um 16^h 45^m sind die stark leuchtenden Wolken, mit Ausnahme der Wolke II, verschwunden; diese Wolke liegt noch auf demselben Platz, die Farbe ist aber jetzt graurot. Die übrigen Wolken am Himmel sind gleichfarbig schwach graurot bis zur oberen Kante des Mondes und darüber schwach grauweiß. Im NW und NNO liegen noch Spuren von Wolken.

Um 17^h 15^m ist die Wolke II noch graurot und unterscheidet sich deutlich von den anderen Wolken, die mehr diffus, aber noch gestreift sind. (Refsdal mußte jetzt das Observatorium verlassen, um seinen Dienst am Meteorologischen Institut zu übernehmen).

3. Gehen wir jetzt dazu über, die aufgenommenen Photogramme zu besprechen. Wie früher erwähnt, waren unter den 92 aufgenommenen Photogrammen 38 gut für Ausmessung. Auf der untenstehenden Tabelle sind diese Photogramme mit Zeiten und Referenzpunkten gegeben:

Bild Nr.	M. E. Z.	Plattensorte	Referenzpunkte
6	16 ^h 23 ^m 33 ^s	Sonia	Punkte der Landschaft
7	24 1	—	— —
9	24 56	—	— —
10	25 34	—	— —
12	26 14	—	— —
13	26 31	—	— —
20	31 8	—	— —
21	31 29	—	— —
22	31 54	—	— —
23	32 23	—	— —
24	32 46	—	— —
46	50 55	Panchrom.	— —
47	51 37	—	— —
48	52 5	—	— —
49	52 30	—	— —
59	17 4 9	Sonia	— —
60	5 9	—	— —
67	12 7	—	— —
71	16 27	—	α Aquilæ, α Delphini
72	16 57	—	α, ζ Aquilæ, α Delphini
73	19 27	—	— — —
74	20 22	—	— — ε —
75	21 2	—	— — — —
76	22 27	—	— — — —
77	23 23	—	— — — —
78	24 38	—	β Pisces, γ Aquarii. Venus
79	25 38	—	α, ζ Aquilæ ε Delphini
80	27 8	—	— — — —
81	28 42	—	— — α —
82	29 28	—	— — ε —
84	30 18	—	— — — —
85	30 58	—	— — — —
87	32 38	—	α, ζ, θ — —
88	33 43	—	α, ζ — — —
89	36 38	—	α, ζ, θ — —
90	37 38	—	α, ζ — — —
91	41 8	—	— — — —
92	42 13	—	α, ζ, θ — —

Die Zeit ist die mitteleuropäische Zeit und ist für die Mitte der Belichtungszeit gerechnet.

Die Methoden der Ausmessung und der Berechnung der Photogramme sind aus meinen Berichten über frühere Nordlicht- und Wolkenmessungen wohlbekannt¹ und bedürfen keiner weiteren Erklärungen, nur möchte ich daran erinnern, daß die Wirkung der Deformation des Bildes durch die optische Unvollkommenheit des sehr lichtstarken Objektivs in der Ausmessung mitgenommen ist.

Die Platten sind zuerst teilweise durch mich ausgemessen und berechnet, später habe ich jedoch meinen Assistenten Wesøe alles aufs neue ausmessen und berechnen lassen. Daher weichen die neuen Messungen Wesøes ein wenig von meinen bereits veröffentlichten ab, aber die wesentliche Tatsache, die große Höhe der Wolken, steht fest. Eine Reihe der besten Photogramme ist auf Tafel 4 bis 6 wiedergegeben.

¹ Carl Störmer: *Bericht über eine Expedition nach Bossekop zwecks photographischer Aufnahmen und Höhenmessungen von Nordlichtern*. Videnskapselskapets Skrifter 1911.

Carl Störmer: *Rapport sur une Expedition d'aurores boréales à Bossekop et Store Korsnes pendant le printemps de l'année 1913*, Geofysiske Publikationer Vol. 1, nr. 5, Oslo 1921.

Carl Störmer: *Photogrammetische Bestimmung der Höhe von irisierenden Wolken (Perlmutterwolken) am 30. Dezember 1926*, Geof. Publ. Vol V. nr. 2.

Hauptmann Th. Ween hat auch einige photographische Kopien meiner Photogramme aufs neue ausgemessen¹ und zwar mit Hilfe einer ganz anderen Methode, mit einem Stereokomparator. Aber weil meine Aufnahmen, wegen der großen Deformation des Objektivs, für Stereokomparatormessungen weniger geeignet waren, sind nicht so gute Übereinstimmungen zwischen den Messungen von Wesøe und Ween vorhanden.² Aber das Wesentliche, die große Höhe der Wolken, wird bestätigt: Ween findet Höhen zwischen 23 und 27 km.

Die durch Projizieren gezeichneten Skizzen der Lage der Wolken nach den gleichzeitigen Aufnahmen von Oslo und Oscarsborg sind auf den Tafeln 7—16 wiedergegeben. Die Wolken sind schraffiert und die auf ihnen ausgewählten korrespondierenden Punkte sind numeriert und durch kleine Kreise markiert. Die Referenzpunkte, die auf der ersten Hälfte der Bilder Punkte der Landschaft sind, auf der zweiten Hälfte Sterne, sind durch schwarze kleine Kreisscheiben markiert.

Für die Referenzpunkte sind folgende Winkel markiert:

- h die Höhe über dem Horizonte, in Graden auf der Richtung h markiert,
- a der Azimut des Referenzpunktes, unter oder über der Richtung h geschrieben,
- u der Winkel von Punkte M ausgemessen, wo die Richtung Oslo—Oscarsborg die Himmelskugel trifft. Dieser Winkel ist auf der Richtung der parallaktischen Verschiebung markiert.

Weiter bedeutet δ die Richtung nach dem Himmelpol und der doppelte Kreis die ungefähre Lage des Bildmittelpunktes.

Auf der ersten Hälfte der Bilder ist der Horizont mit den ausgewählten Referenzpunkten eingetragen, auf der anderen Hälfte sind die Sternbilder mit den Referenzsternen angegeben. Die definitiven Ergebnisse der Messungen sind in der Tabelle I gegeben. Hier haben die verschiedenen Kolonnen folgende Bedeutung:

- P ist die Nummer des ausgewählten Punktes auf den Wolken. Die Nummern stehen bei den entsprechenden Punkten der Bilder aus Oslo und Oscarsborg,
- p ist die Parallaxe des Wolkenpunktes, in Graden gemessen,
- r ist die Entfernung in km von Oslo bis zum Wolkenpunkte,
- h die Höhe des Wolkenpunktes in Graden,
- a der Azimut desselben in Graden,
- D ist die Entfernung in km von Oslo bis zur senkrechten Projektion des Wolkenpunktes auf die Erdoberfläche,
- H ist die Höhe des Wolkenpunktes über der Erde, in km.

4. Ehe wir zu den allgemeinen Ergebnissen der Messungen übergehen, werden wir zuerst einige der Aufnahmen näher besprechen.

Auf den Photogrammen 6, 7, 9, 10, 12, 13, 20, 21, 22, 23, 24, 46, 47, 48, 49, 59 und 60 sieht man dieselbe kleine Wolke durch die Punkte 1, 2 markiert und in der Nähe des Horizonts gelegen. Diese Wolke ist wahrscheinlich dieselbe Wolke wie Nr. VI in dem Berichte von Refsdal. Aus den Höhenmessungen dieser Wolke kann man schliessen, daß sie von einer Höhe von 25 km um 16^h 23^m bis zu einer Höhe von 24 km um 17^h 5^m gesunken ist. Irgendeine horizontale Bewegung kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden.

Links oben von dieser Wolke war eine andere und größere, deren nördliches Ende als Punkt 3 auf den Photogrammen 7, 9, 10, 12, 13, 20, 46, 47, 48, 49, 59, 60 und 67

¹ Th. Ween: *Photogrammetrische Bestimmung von irisierenden Wolken* (Perimutterwolken), Internationales Archiv für Photogrammetrie Band VII, 1, 1930.

² Ween hat mir eben (9. februar 1931) mitgeteilt, daß neue sehr sorgfältige Messungen viel bessere Übereinstimmung ergaben.

zu sehen ist. Wahrscheinlich ist es dieselbe Wolke wie Nr. II, von Refsdal beobachtet. Dasselbe Herabsinken scheint auch hier stattgefunden zu haben. Auf den sehr guten Aufnahmen Nr. 46, 47, 48 und 49, alle durch Rotfilter auf panchromatischen Platten aufgenommen, sind die Konturen der Wolken sehr scharf, was gute Messungen des oberen und unteren Randes gestattet; für die Punkte 4 und 5 findet man eine Höhendifferenz von 1700 bis 1900 m.

Die aus den Platten 67 bis 92 gefundenen Höhen sind zuverlässiger als die Höhen der früheren Platten, weil jetzt die mitphotographierten Sterne als Referenzpunkte benutzt worden sind.

Von besonderem Interesse ist die linke Kante einer graublauen Wolke, die durch die Punkte 7 und 8 auf den Photogrammen 73, 74, 75, 76, 79, 80, 81, 82, 84, 85 und 87 geht. Diese Kante ist auch auf Abb. 1 in Refsdals Bericht zu sehen. Auch hier deuten die Höhenmessungen auf ein Herabsinken ohne irgendeine horizontale Bewegung.

Das Nordende einer Wolke, als Punkt Nr. 9 auf den Photogrammen 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 87, 88, 89, 90 und als Punkt 6 auf den Photogrammen 91 und 92, hat gute Höhenmessungen gegeben. Kein nennenswertes Herabsinken scheint hier stattgefunden zu haben in den 21 Minuten zwischen Photogramm 75 und 92, auch keinerlei horizontale Bewegung. Als Mittel aus den Höhenmessungen des Punktes 9 findet man 23,8 km.

Sehr sicher sind auch die Höhenbestimmungen einiger kleiner Wolken mit Parallaxe von etwa 20° , wie z. B. die der Wolken 1—2 und 3—4 auf den Photogrammen 75, 76, 77, 79 und 80 mit Höhen sehr nahe an 24 km. Ebenfalls die der Enden der Wolken 12—13 und 14—15 auf den Photogrammen 79, 80, 81, 82, 84, 85, 87,

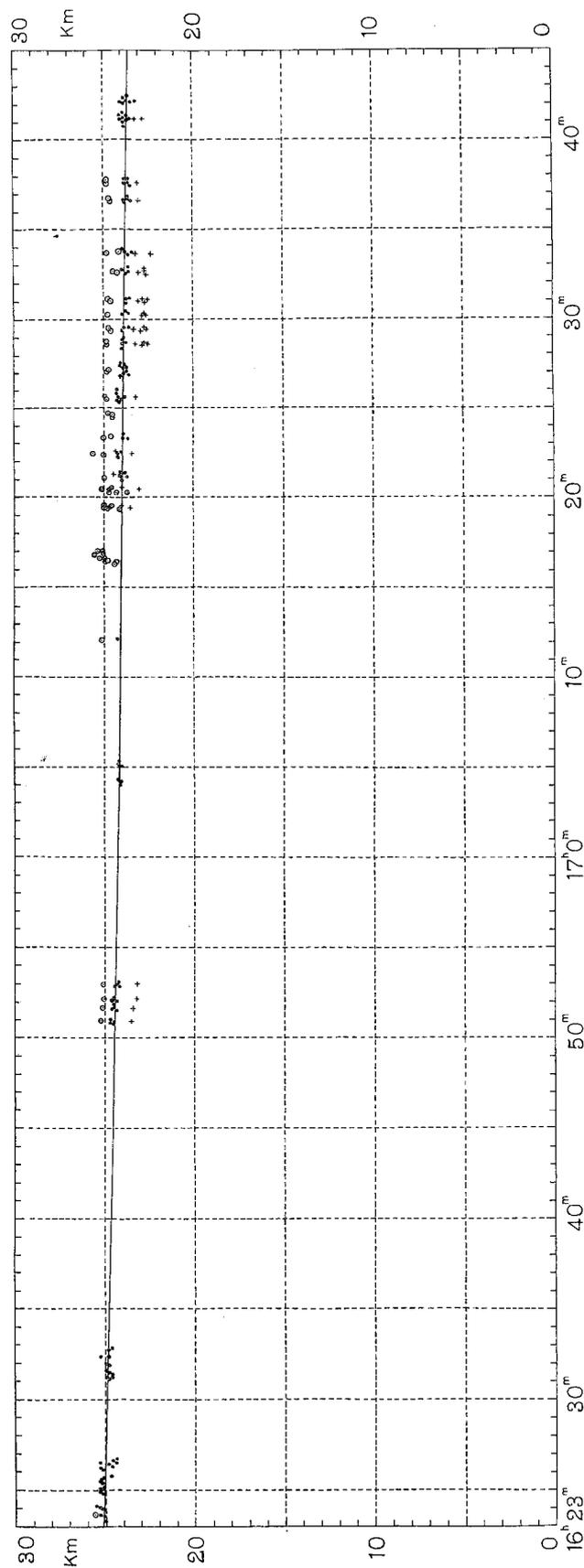


Fig. 6.

88, 89 und 90; weiterhin die der Wolken 2—4 und 8—9 auf dem Photogramm 91, und 3—4, 8—9, 10—11 und 12—13 auf dem Photogramm 92.

Mittel der Höhen dieser kleinen Wolken ist 23,8 km für die Photogramme 79, 80, 81, 82, 84 und 85, und 23,7 km für die Photogramme 87, 88, 89, 90, 91 und 92.

Von besonderem Interesse ist das Photogramm 78 gegen SSW aufgenommen; die Höhen sind hier von derselben Größenordnung wie die die anderen Wolken.

5. Um die Höhenverteilung und ihre Veränderung mit der Zeit besser zu beurteilen, habe ich Wesøe veranlaßt, alle seinen Messungen graphisch als Funktion der Zeit auf einem Diagramm zusammenzufassen. Dieses Diagramm ist auf Abb. 6 wiedergegeben. Die Zeit ist längs der horizontalen Skala markiert und die Höhen der Wolkenpunkte vertikal nach oben. Kleine Kreise entsprechen oberen Rändern der Wolken, kleine Kreuze unteren Rändern, und Punkte entweder Endpunkten von Wolken oder sehr schmalen Wolken. Sämtliche Höhen derselben Photogramme sind um die entsprechende Zeit gruppiert. Wir haben eine gerade Linie nach Augenmaß mitten durch alle Messungspunkte gelegt, um das Sinken der Wolken zu markieren.

Nach den Messungen zu beurteilen, scheint es, als ob die Wolken in der Zeit 16^h 23^m bis 17^h 42^m *allmählich von 25 bis 23,5 km Höhe herabgesunken sind*, das ist mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,3 m/sec. Die Sonne ging in Oslo 15^h 41^m M. E. Z. unter, sodaß die Wolken längere Zeit hindurch im Erdschatten gemessen wurden.

Jedenfalls steht die merkwürdige Tatsache fest, daß *die Perlmutterwolken in einer Höhe von 23 bis 26 km liegen, wo meines Wissens früher nie Wolken konstatiert worden sind.*

Diese Lage steht gewiß in Verbindung mit den besonderen meteorologischen Bedingungen, unter denen die Wolken stets beobachtet wurden. In seiner Abhandlung über irisierende Wolken,¹ präzisiert H. Mohn diese Bedingungen folgendermaßen:

»Im Großen genommen ist also der Zustand der Atmosphäre an den Tagen, wo sich irisierende Wolken gezeigt haben, *derselbe* gewesen. Es liegt ein Luftdruckminimum nördlich von Christiania (Oslo), bald gegen NW im norwegischen Meere oder bei Island, bald gegen NE in Lappland oder Nordrussland, aber in der überwiegenden Anzahl von Fällen im Norden, im nördlichen Norwegen, im Eismeere oder in Barentzmeere oder bei Spitzbergen. In einigen Fällen liegt das Minimum im Osten, über der Ostsee oder Russland. . . .

Diese Luftdruckminima sind fast alle tief, zum Teil sehr tief, besonders im Winter. . . .

Aus den synoptischen Karten kann man ersehen, daß ein größerer Teil des nordatlantischen Oceans und Nordeuropa sehr stürmisches Wetter mit vorherrschenden Westwinden an den Tagen gehabt haben, an welchen wir hier in Christiania die irisierenden Wolken gesehen haben. Im südlichen Norwegen haben die Winde ausschließlich von der westlichen Hälfte des Horizontes N und S inklusive, geweht. Ganz überwiegend ist W (52^{0/0}). . . .

Mit Ausnahme von einem einzigen Fall im Mai, war also die Temperatursteigerung an den Tagen mit irisierenden Wolken größer und zwar durchschnittlich um volle 4 Grade größer als die mittlere. In nicht weniger als 10 Fällen von 42 oder 24^{0/0} ist die Temperatursteigerung so weit gelangt, daß das Endresultat das absolute Temperaturmaximum desselben Monats gewesen ist. . . .

Durchgehend ist also die Luft in Christiania an den Tagen mit irisierenden Wolken sehr warm und *trocken*. Die Westwinde, welche vom Nordmeer kommen, haben die Bergmassen des südlichen Norwegens überschritten und sind nach Christiania als echte *Föhnwinde* herabgekommen. Die Luft ist klar, und wir können den Anblick der hohen irisierenden Wolken genießen.»

¹ H. Mohn: Irisierende Wolken, Meteorologische Zeitschrift März 1893.

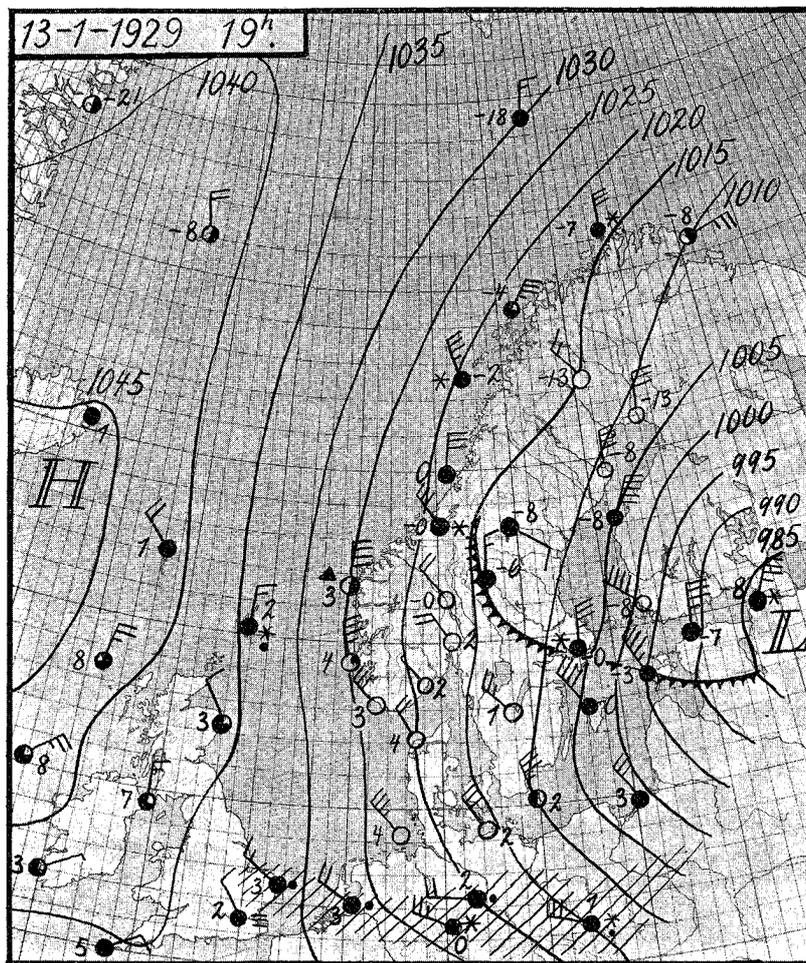


Fig. 7.

Wie es auch am 30. Dezember 1926 der Fall war, sind auch am 13. Januar 1929 dieselben atmosphärischen Bedingungen eingetroffen, wie Mohn oben charakterisiert hat. Das geht aus folgender Übersicht hervor, die Refsdal mir mitgeteilt hat:

»Die Wetterlage am 13. Januar 1929.

Am 12. Januar erreichte eine Zyklone mit ihrem Zentrum Finnmark aus Nordwesten. Im Laufe des 13. Januar passierte das Zentrum über Finnland und ging weiter gegen SO.

Vor dem Zentrum war am 12. Januar über Nord-Schweden ein Druckfall bis auf 10 mb in drei Stunden, und am 13. Januar fand sich in Nord-Norwegen eine Drucksteigerung bis auf 9 mb in drei Stunden. Morgens am 13. Januar, wo die Zyklone am kräftigsten war, hatte ganz Nord-Europa, von den Färöern bis Russland, Kühle oder Sturm. Sowohl die Intensität als auch die Größe der Zyklone waren demnach größer als gewöhnlich.

Über dem norwegischen Ostland bewirkte die Zyklonenpassage einen bedeutenden Föhn. Gvarv in Telemark hatte z. B. am Abend des 12. Januar 11 Kältegrade und am Morgen des 13. Januar 6 Wärmegrade. Diese Warmluft wurde wieder am 14. Januar von Kaltluft aus Nordosten weggetrieben.

Morgens am 13. Januar, als sich die Perlmutterwolken zuerst zeigten, lagen die Hauptfronten der Zyklone über Süd-Norwegen. Nachmittags und abends, als die Wolken fotografiert wurden, hatten die Hauptfronten Skandinavien passiert. Der Wind war

morgens und vormittags bedeutend kräftiger als nachmittags und abends. Die Perlmutterwolken lagen also über dem Ostland längere Zeit als die unteren Luftmassen brauchten, um sich von Süd-Norwegen bis nach Deutschland zu bewegen. — Siehe Abb. 7.«

Wie ich in meiner Mitteilung in der »Nature« gesagt habe, scheint es mir durchaus möglich, daß die Perlmutterwolken über solchen großen Zyklonen häufiger seien, daß wir sie aber sehr selten sehen können, weil der Himmel im allgemeinen bewölkt ist; nur in den Ausnahmefällen, wo ein Föhn an solchen Stellen der Zyklone einen klaren Himmel verursacht, wo wir im allgemeinen Wolken und Regen haben, wird es möglich sein zu sehen, was über der Zyklone eintrifft, und dann können wir in günstigen Fällen Perlmutterwolken beobachten.

Es ist wohl zu beachten, daß das Farbenspiel der Perlmutterwolken visuell *wesentlich verschieden* ist von dem gewöhnlichen Irisieren, das man häufig an Rändern dünner Wolken in der Nähe der Sonne beobachten kann. Die Perlmutterwolken sind auch eine ganz anders auffallende und großartige Erscheinung, und jeder der diese seltenen Wolken einmal gesehen hat, wird sie immer von gewöhnlichen irisierenden Wolken unterscheiden. Dazu kommt auch ihre außergewöhnliche Höhe, hoch in die Stratosphäre hinein.

Die Perlmutterwolken sind auch von den leuchtenden Nachtwolken ganz verschieden. Diese Nachtwolken, deren Höhe nach Jesses photogrammetrischen Messungen etwa 80 km war, habe ich mehrmals beobachtet, so z. B. 18. August 1889 von Lilleelvedalen, Norwegen, und am 27. Juli 1909 von Dröbak in der Nähe von Oslo.¹ Die Farben der leuchtenden Nachtwolken waren immer bläulichweiß, keine Andeutung der schönen Spektralfarben, die für die Perlmutterwolken so charakteristisch sind.

¹ A. Wegener: *Neuere Forschungen auf dem Gebiete der atmosphärischen Physik*, Fortschritte der Naturwissenschaftlichen Forschung, herangegeben von Prof. dr. E. Abderhalden, Berlin 1911, Seite. 55, Fig. 39.

TABELLE I

P	p	r	h	a	D	H	P	p	r	h	a	D	H
No. 6, 16 ^h 23 ^m 35 ^s							No. 47, 16 ^h 51 ^m 37 ^s						
1	7,3	214	5,8	89,5	212	25,1	4	12,4	125	10,2	80,0	123	23,4
2	7,3	215	5,8	180—88,2	213	25,3	5	12,8	122	11,4	79,4	119	25,1
No. 7, 16 ^h 24 ^m 1 ^s							No. 48, 16 ^h 52 ^m 5 ^s						
1	7,0	223	5,5	89,6	221	25,2	1	7,3	214	5,6	89,4	212	24,4
2	7,0	224	5,5	180—88,8	222	25,3	2	7,3	215	5,6	180—88,7	213	24,6
3	12,6	125	11,2	86,9	122	25,5	3	12,6	125	10,7	86,6	122	24,5
No. 9, 16 ^h 24 ^m 56 ^s							No. 49, 16 ^h 52 ^m 30 ^s						
1	7,0	223	5,5	89,4	221	25,2	1	7,3	214	5,6	89,5	212	24,4
2	7,0	224	5,5	180—87,7	222	25,3	2	7,4	212	5,6	180—88,8	210	24,2
3	12,5	126	11,0	85,9	123	25,3	3	12,7	124	10,7	86,5	122	24,3
4	6,3	242	4,9	82,3	240	25,1	4	12,5	124	10,2	79,7	122	23,2
No. 10, 16 ^h 25 ^m 34 ^s							No. 59, 17 ^h 4 ^m 9 ^s						
1	7,0	223	5,5	89,8	221	25,2	1	7,5	208	5,7	88,9	207	24,1
2	7,0	224	5,5	180—87,7	222	25,3	2	7,4	212	5,6	180—88,4	210	24,1
3	12,3	128	10,8	86,3	125	25,2	3	12,8	123	10,8	87,2	121	24,2
4	6,3	242	4,9	82,3	240	25,1	No. 60, 17 ^h 5 ^m 9 ^s						
5	7,1	214	5,7	80,6	212	24,7	1	7,5	208	5,7	89,3	207	24,1
No. 12, 16 ^h 26 ^m 14 ^s							No. 67, 17 ^h 12 ^m 7 ^s						
1	7,0	223	5,5	89,6	221	25,2	3	12,7	124	10,7	86,3	121	24,3
2	7,0	224	5,5	180—87,8	222	25,3	4	12,7	124	11,2	83,2	121	25,1
3	12,5	126	10,7	85,4	123	24,6	No. 71, 17 ^h 16 ^m 27 ^s						
No. 13, 16 ^h 26 ^m 31 ^s							No. 72, 17 ^h 16 ^m 57 ^s						
1	7,0	223	5,4	89,6	221	24,8	3	13,3	113	12,6	69,8	109	25,5
2	7,0	224	5,5	180—87,8	222	25,3	4	13,5	113	12,3	73,4	110	25,0
3	12,5	126	10,6	86,3	123	24,4	5	13,0	120	11,5	75,9	117	25,0
4	6,2	245	4,7	81,8	243	24,6	6	12,6	125	11,1	84,8	122	25,3
5	7,1	214	5,6	81,6	213	24,4	No. 73, 17 ^h 19 ^m 27 ^s						
No. 20, 16 ^h 31 ^m 8 ^s							No. 74, 17 ^h 20 ^m 22 ^s						
1	7,1	220	5,5	89,2	218	24,8	1	13,8	100	13,3	58,2	97,1	23,7
2	7,3	215	5,7	180—88,3	213	24,9	2	13,5	106	12,8	62,6	103	24,3
3	12,4	127	10,6	86,0	124	24,6	3	13,5	111	12,4	69,8	108	24,7
5	7,7	200	6,2	82,9	198	24,6	4	13,5	113	12,1	73,4	110	24,7
No. 21, 16 ^h 31 ^m 29 ^s							No. 77, 17 ^h 19 ^m 27 ^s						
1	7,0	223	5,4	88,8	221	24,8	5	13,2	118	11,7	79,6	115	24,9
2	7,1	221	5,5	180—88,8	219	24,9	6	12,6	125	11,1	84,8	122	25,2
No. 22, 16 ^h 31 ^m 54 ^s							No. 78, 17 ^h 19 ^m 27 ^s						
1	7,0	223	5,4	89,0	221	24,8	3	13,3	115	12,1	73,2	112	25,0
2	7,2	218	5,6	180—88,7	216	24,9	4	13,3	115	12,1	73,2	112	25,0
No. 23, 16 ^h 32 ^m 23 ^s							No. 79, 17 ^h 19 ^m 27 ^s						
1	7,0	223	5,4	89,0	221	24,8	5	13,2	118	11,5	79,7	115	24,6
2	7,1	221	5,6	180—88,4	219	25,3	6	12,7	124	11,1	84,5	121	25,0
No. 24, 16 ^h 32 ^m 46 ^s							No. 80, 17 ^h 19 ^m 27 ^s						
1	7,1	220	5,5	89,2	218	24,8	7	17,3	85,5	15,6	62,0	81,9	23,5
2	7,2	218	5,5	180—88,4	216	24,6	8	20,1	73,3	18,8	56,3	69,1	24,0
No. 46, 16 ^h 50 ^m 55 ^s							No. 81, 17 ^h 19 ^m 27 ^s						
1	7,5	209	5,8	89,6	207	24,5	1	13,8	100	13,3	58,2	97,1	23,7
2	7,5	209	5,8	180—88,4	207	24,5	2	13,5	106	12,8	62,6	103	24,3
3	12,7	124	10,9	86,9	122	24,7	3	13,5	111	12,4	69,8	108	24,7
4	12,5	125	10,3	80,2	122	23,5	4	13,5	113	12,1	73,4	110	24,7
5	12,9	121	11,5	79,4	118	25,2	5	13,3	117	11,6	79,8	114	24,6
6	14,4	110	12,5	86,9	107	24,7	6	12,7	124	11,1	84,6	121	25,1
No. 47, 16 ^h 51 ^m 37 ^s							No. 82, 17 ^h 19 ^m 27 ^s						
1	7,5	209	5,8	89,5	207	24,5	7	18,3	81,2	16,4	61,1	77,7	23,4
2	7,5	209	5,8	180—88,8	207	24,5	8	19,5	75,6	18,2	57,3	71,5	24,0
3	12,6	125	10,8	86,8	122	24,7							

Tabelle I

P	p	r	h	a	D	H	P	p	r	h	a	D	H
No. 75, 17 ^h 21 ^m 2 ^s							No. 81, 17 ^h 28 ^m 42 ^s						
1	21,1	73,7	18,7	65,2	69,5	24,0	12	12,0	130	10,0	81,6	127	23,9
2	21,6	72,9	18,9	69,4	68,7	24,0	13	12,0	131	9,9	85,5	129	23,8
3	18,4	83,3	16,2	67,0	79,7	23,7	14	14,4	108	12,2	78,4	106	23,9
4	18,6	83,9	16,3	70,9	80,1	24,1	15	14,4	109	12,1	82,0	107	23,9
5	13,4	103	13,4	59,0	100	24,7	No. 82, 17 ^h 29 ^m 28 ^s						
6	13,5	112	12,4	72,4	109	25,0	5	13,7	102	13,5	60,3	99,1	24,6
7	17,2	85,7	16,0	61,7	82,1	24,1	6	13,7	111	12,4	72,1	108	24,7
8	20,2	73,1	19,2	56,8	68,8	24,5	7	18,5	79,4	16,5	61,0	75,8	22,9
9	13,0	121	10,8	83,3	119	23,8	8	21,6	68,7	19,6	56,0	64,5	23,3
No. 76, 17 ^h 22 ^m 27 ^s							9	13,2	120	11,0	86,0	117	23,9
1	21,1	73,0	19,0	63,1	68,8	24,2	10	13,5	103	12,2	60,5	101	22,6
2	21,7	72,4	19,2	66,9	68,0	24,2	11	13,6	110	11,4	70,2	108	22,7
5	13,6	103	13,6	59,8	99,5	25,0	12	12,0	129	10,0	80,2	127	23,8
6	13,0	116	12,2	72,2	113	25,6	13	12,0	131	9,8	86,2	129	23,6
7	18,2	81,4	16,3	61,0	77,9	23,4	No. 84, 17 ^h 30 ^m 18 ^s						
8	20,7	71,5	19,5	56,0	67,2	24,3	5	13,3	104	13,3	59,1	101	24,8
9	12,9	122	10,8	86,5	120	24,0	6	13,4	113	12,3	71,9	110	25,0
No. 77, 17 ^h 23 ^m 23 ^s							7	18,3	80,0	16,2	58,8	76,6	22,8
1	21,2	71,5	19,0	59,8	67,3	23,7	8	20,5	71,7	19,0	55,9	67,5	23,7
2	21,6	71,8	19,1	63,8	67,5	23,9	9	13,2	120	11,0	86,0	117	23,9
5	13,4	104	13,4	60,3	101	25,0	10	13,2	105	12,0	59,7	102	22,6
6	13,6	112	12,2	72,9	109	24,6	11	13,3	112	11,2	69,7	110	22,7
9	13,0	121	10,8	86,5	119	23,9	12	12,2	127	10,1	80,4	125	23,6
No. 78, 17 ^h 24 ^m 38 ^s							13	12,1	130	9,9	86,2	128	23,7
1	7,3	111	12,3	33,2	108	24,5	No. 85, 17 ^h 30 ^m 58 ^s						
2	8,9	108	12,6	39,1	105	24,5	5	13,3	104	13,2	59,3	101	24,6
3	9,9	108	12,7	43,5	105	24,7	6	13,4	113	12,2	71,8	110	24,7
No. 79, 17 ^h 25 ^m 38 ^s							7	18,5	79,1	16,4	59,0	75,6	22,7
1	21,0	73,2	18,9	63,0	68,9	24,1	8	20,7	70,9	18,6	56,0	66,9	23,0
2	21,5	72,9	19,1	66,7	68,6	24,2	9	13,2	120	10,9	85,7	117	23,7
3	18,7	83,1	16,4	70,0	79,5	24,0	10	13,1	106	12,0	60,0	103	22,8
4	18,8	83,6	16,4	72,7	79,9	24,1	11	13,3	112	11,1	69,6	110	22,5
5	13,6	103	13,5	60,2	99,5	24,8	12	12,0	130	9,9	82,4	128	23,7
6	13,6	112	12,4	72,6	109	24,9	13	11,8	133	9,6	86,5	131	23,5
7	18,2	81,3	16,2	60,9	77,8	23,2	No. 87, 17 ^h 32 ^m 38 ^s						
8	20,9	71,4	19,5	57,4	67,1	24,2	5	13,8	101	13,5	59,3	97,7	24,2
9	13,1	120	10,9	86,3	118	23,8	6	13,8	110	12,4	71,8	107	24,5
12	11,9	132	10,0	83,9	129	24,2	7	18,6	78,6	16,4	58,5	75,1	22,6
13	11,9	132	10,0	85,7	130	24,2	8	20,7	71	18,6	55,8	67,0	23,0
No. 80, 17 ^h 27 ^m 8 ^s							9	13,2	119	10,9	85,2	117	23,7
1	21,2	71,6	18,9	60,0	67,5	23,6	10	13,5	103	12,3	59,9	100	22,7
2	21,6	72,2	19,1	65,1	67,9	24,0	11	13,4	111	11,3	69,5	109	22,7
3	18,7	82,2	16,4	67,0	78,6	23,7	12	12,1	129	10,0	81,1	126	23,6
4	18,9	82,9	16,4	71,6	79,2	23,9	13	11,9	132	9,7	85,9	130	23,6
5	13,3	105	13,3	59,6	101	24,8	15	14,5	109	12,2	84,4	106	23,9
6	13,6	112	12,3	72,3	109	24,7	No. 88, 17 ^h 33 ^m 43 ^s						
7	18,3	81,0	16,0	60,9	77,6	22,8	5	13,2	106	13,1	59,6	103	24,8
8	20,8	71,5	19,3	56,8	67,3	24,0	6	13,5	111	12,1	71,8	108	24,1
9	13,1	121	10,9	86,2	118	23,9	9	13,1	120	10,8	85,2	118	23,6
12	12,1	129	10,0	82,6	127	23,7	10	13,1	107	12,0	60,8	104	23,2
13	12,0	131	9,9	86,0	129	23,8	11	13,3	112	11,0	69,6	110	22,3
14	14,6	107	12,4	79,6	105	24,0	12	11,9	131	9,7	81,4	129	23,4
15	14,2	111	12,0	83,7	108	24,0	13	11,7	134	9,6	85,8	132	23,8
No. 81, 17 ^h 28 ^m 42 ^s							15	14,3	111	12,0	84,6	108	23,9
5	12,8	108	12,8	59,5	105	24,8	No. 89, 17 ^h 36 ^m 38 ^s						
6	13,1	115	11,9	72,1	112	24,8	5	13,2	106	13,0	59,8	103	24,6
7	18,0	81,8	15,8	60,5	78,3	22,8	6	13,2	114	12,0	71,8	112	24,7
8	20,5	71,9	18,5	56,2	67,9	23,2	9	13,1	120	10,9	84,4	118	23,8
9	12,9	122	10,8	86,2	120	24,0	10	12,9	108	11,8	60,3	105	23,0
10	13,2	106	11,8	60,4	103	22,5	12	12,0	129	9,9	78,8	126	23,5
11	13,0	115	10,9	70,2	112	22,7	13	11,9	132	9,7	85,6	130	23,6
							15	14,7	108	12,2	83,6	105	23,6

Tabelle I

P	p	r	h	a	D	H	P	p	r	h	a	D	H
No. 90, 17 ^h 37 ^m 38 ^s							No. 91, 17 ^h 41 ^m 8 ^s						
5	13,2	106	13,1	60,2	103	24,8	9	14,4	109	12,1	82,5	107	23,8
6	13,2	114	12,0	71,7	111	24,8	10	17,7	88,1	15,0	72,4	84,8	23,4
9	13,3	118	10,9	84,3	116	23,5	11	17,7	88,7	15,0	74,5	85,4	23,6
10	13,2	107	12,0	61,6	104	23,0	12	18,2	85,6	15,9	71,0	81,9	23,9
12	11,9	130	9,9	78,2	127	23,6	13	18,3	85,8	15,9	73,3	82,1	24,0
13	11,7	134	9,6	85,3	132	23,8	No. 92, 17 ^h 42 ^m 13 ^s						
15	14,5	109	12,1	83,4	106	23,7	3	11,7	134	9,8	82,9	131	24,0
16	20,6	74,2	18,2	62,4	70,2	23,6	4	11,4	138	9,4	86,2	134	23,9
17	20,7	74,8	18,2	65,3	70,8	23,8	6	13,0	121	10,9	83,3	118	24,0
No. 91, 17 ^h 41 ^m 8 ^s							7	14,9	105	12,4	78,3	102	23,4
1	12,5	122	10,2	75,6	124	22,8	8	14,7	107	12,3	79,2	104	23,5
2	12,1	129	9,8	81,8	127	23,2	9	14,8	106	12,4	81,0	104	23,6
3	11,6	135	9,6	84,7	133	23,9	10	17,9	86,6	15,2	70,6	83,1	23,2
4	11,4	138	9,4	86,4	135	23,9	11	17,9	87,3	15,2	72,9	83,9	23,5
6	13,0	121	10,9	83,4	118	24,0	12	18,4	84,0	16,0	68,8	80,5	23,6
7	14,7	107	12,4	79,7	104	23,7	13	18,6	83,9	16,1	71,2	80,2	23,8
8	14,5	108	12,3	80,9	105	23,9	14	17,4	90,3	14,8	75,2	86,9	23,7

KAPITEL 2.

Farbenverteilung in den Perlmutterwolken am 1. und 15. Januar 1890.

Ich werde jetzt meine alten Beobachtungen vom Jahre 1890 veröffentlichen, da diese bis jetzt wahrscheinlich die einzigen detaillierten Aufzeichnungen über die Farbenverteilungen der Perlmutterwolken sind. Meine Beobachtungen lauten in Übersetzung folgendermaßen (die Zeit ist auch hier mitteleuropäische Zeit):

6. Perlmutterwolken am 1. Januar 1890.

Am 1. Januar 1890 nachmittags von etwa 13^h bis 15^h waren schöne Perlmutterwolken in Christiania (Oslo) zu sehen.

Morgens war der Himmel bewölkt und die Temperatur 3° R. Später gegen 12^h hatte man eine Aufklärung, weil die Wolkendecke südwärts trieb und einen klaren Himmel hinterließ, mit einigen rhombischen Cirrostratus- und sehr charakteristischen Perlmutterwolken, in rhombische Felder eingeteilt. Bald wurden diese Wolken von andern Cirruswolken bedeckt, erschienen aber wieder um 12^h 45^m. Auf Abb. 8¹ sieht man eine solche Perlmutterwolke, teilweise durch eine Cirrostratuswolke bedeckt, und mit sehr schönen, reinen Farben:



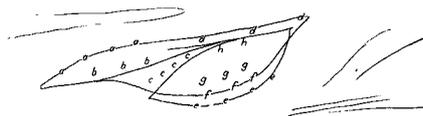
- a Blaulila Kante
- b grün
- c rot bis purpurrot
- d weißlich silberscheinend
- e dickere Cirrostratuswolke

Fig. 8.

Etwas später verschwand die Cirrostratuswolke und die Perlmutterwolken bedeckten den ganzen südwestlichen Himmel wie mit einem lichten silbernen Schleier. Die Wolken waren in rhomben-ähnlichen Feldern oder Streifen geordnet, mit dunkleren Zwischenräumen,

¹ Da die Abbildungen 8—48 so klein gewählt sind, sollten sie durch die Lupe betrachtet werden.

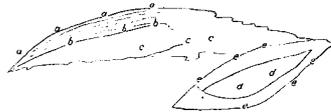
wo der blaue Himmel sichtbar war. Als die Sonne sich dem Horizont näherte, wurden immer mehr Wolken von glänzenden Perlmutterfarben gefärbt. Die früher besprochene Wolke veränderte allmählich Form und Farbenreichtum. Um 13^h hatte sie folgendes, auf Abb. 9 wiedergegebenes Aussehen:



- | | |
|--------------------------|-----------|
| a rein blau | e blau |
| b rötlich bis rotviolett | f grün |
| c weiß glänzend | g violett |
| d rötlich bis rotbraun | h grün |

Fig. 9.

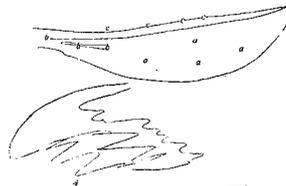
Fünf minuten später war die Wolke wie folgt:



- | | |
|----------------------|------------|
| a scharfe rote Kante | d rot |
| b blau | e blaulila |
| c weiß glänzend | |

Fig. 10.

Die nächste Beobachtung wurde 13^h 50^m gemacht. Mehrere Wolken hatten dann schöne Regenbogenfarben. Etwa an derselben Stelle wie vorher beobachtete ich folgende Wolke, auf Abb. 11 wiedergegeben:



- | |
|---------------------------|
| a schön rotviolettes Feld |
| b lila Übergang |
| c scharfe braunrote Kante |

Fig. 11.

Um 14^h 10^m hatten viele Wolken Regenbogenfarben, und es war schwer sie so genau zu zeichnen, wie sie im gegebenen Augenblick aussahen, weil die Wolken sich während der Zeit des Zeichnens etwas veränderten. Wenn schließlich eine Zeichnung fertig war, hatte der Teil, wo ich zuerst angefangen hatte, sich verändert. Die Zeichnung um 14^h 10^m wurde von links nach rechts gezeichnet. Der linke Teil ist in Abb. 12 wiedergegeben,

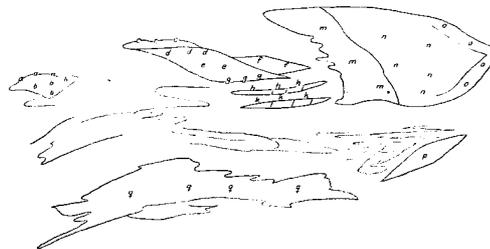


Fig. 12.

der rechte Teil in Abb. 13.

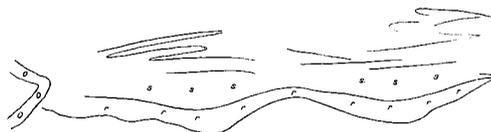


Fig. 13.

Bedeutung der Buchstaben
in Fig. 12 und 13.

- | |
|----------------------------|
| a rotviolette Kante |
| b blau |
| c gelbbraun |
| d rotviolett |
| e blauviolett |
| f blauviolett |
| g hell-lila |
| h blau |
| i braun |
| k blau |
| l braun |
| m grünlich |
| n lila |
| o scharfe rote Kante |
| p lila rhombische Wolke |
| q weiß, helle Wolke |
| r schwache rotbraune Kante |
| s schwach lila |

Diese und die früher gezeichneten Wolken waren etwa 10 bis 20 Grad über der Sonne, aber je nachdem die Sonne sich dem Horizont näherte, wurden immer mehr Wolken mit Regenbogenfarben gefärbt, jedoch nicht so intensiv. Um 14^h 15^m hatten die Wolken folgendes Aussehen, die Zeichnung von links angefangen (Abb. 14) und rechts (Abb. 15) beendet:

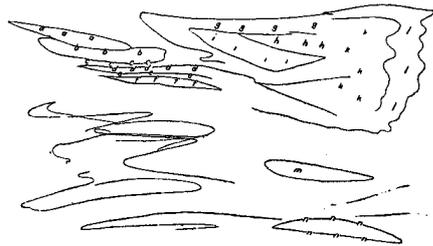


Fig. 14.

- a hellblaue Kante
- b grünblau
- c lila
- d bräunlich
- e lila
- f bräunlich
- g lila bis hellviolett
- h rotbraun
- i lila
- k schön hell-lila
- l schwach rotbraun
- m lila
- n rotbraun
- n' lila
- o rotbraun
- p lila
- q dunkelblau
- r rosenrot bis purpurrot
- s weiß
- t rotbraun
- u lila

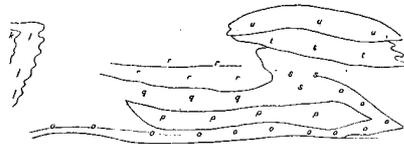
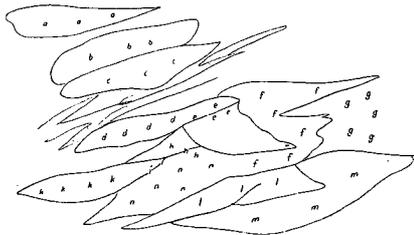


Fig. 15.

(Fortsetzung nach W)

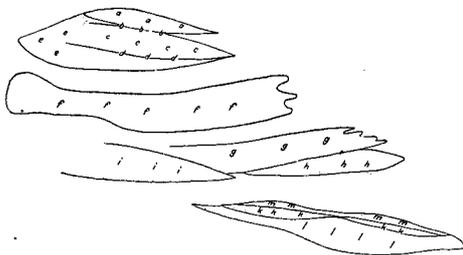
Um 14^h 20^m hatten die Wolken folgende Farbenverteilung (Abb. 16):



- a purpurrot
- b rotbraun
- c lila
- d rotbraun
- e grün
- f schwach lila
- g gelb
- h grün
- i grünviolett
- k schön blauviolett
- l lila
- m bräunlich
- n hellviolett

Fig. 16.

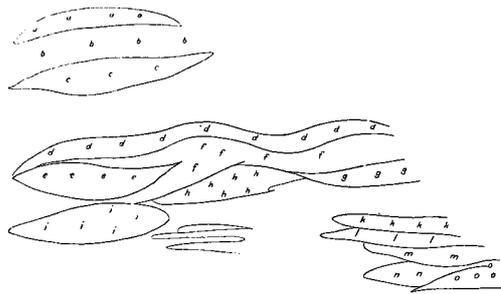
Einige Minuten später hatten die Wolken folgendes Aussehen:



- a lila
- b bräunlich
- c lila
- d bräunlich
- e blau
- f weiß
- g schwach lila
- h rotbraun
- i grünlich
- k rotbraun
- l weiß
- m gelb

Fig. 17.

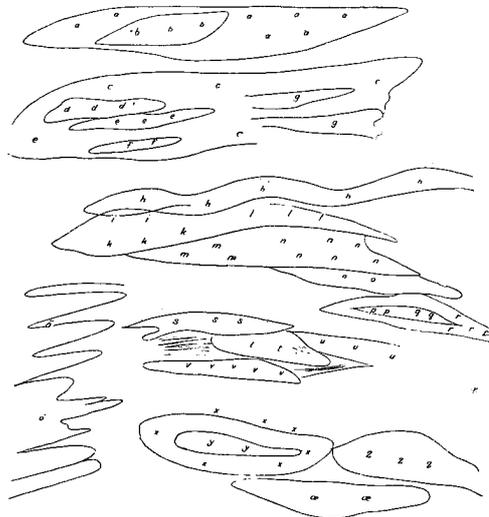
Um 14^h 25^m ergab die nächste Beobachtung (Abb. 18):



- | | |
|----------------------------------|-------------|
| a purpurrot | h hellgrün |
| b schwach blau | i weiß-grün |
| c weißlich | k lila |
| d rotbraun | l rotbraun |
| e stark und schön
lilaviolett | m lila |
| f lila | n rotbraun |
| g dunkel-lila | o grünlich |

Fig. 18.

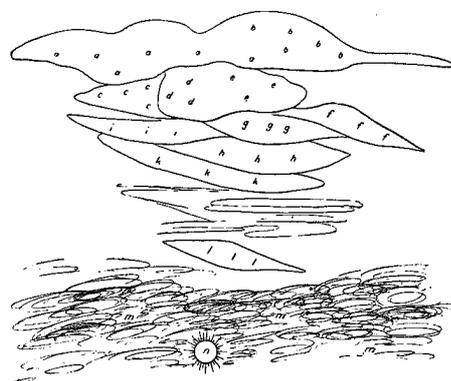
Um 14^h 30^m war die Farbenverteilung wie folgt (Abb. 19) mit Maximum der Ausbreitung:



- | | |
|--------------------------------|------------------|
| a weißliche Wolke | o gelbbraun |
| b rotbraune Mitte
derselben | p violett |
| c weiß | q gelb |
| d rotbraun | r grün |
| e lila | s hell-lila |
| f rot | t purpurrot |
| g weiße Streifen | u lila |
| g rotbraun | v lila |
| i lila | x rotbraun |
| k stark hellgrün | y dunkleres Feld |
| l ebenso | z rotviolett |
| m blauviolett | æ lilaviolett |
| n violett | ö weiß |

Fig. 19.

Jetzt war die Sonne nahe dem Horizonte, und eine dicke undurchsichtige Schicht von Stratuswolken fing von W an sich auszubreiten. Bei Sonnenuntergang 15^h 15^m waren diese Stratuswolken auf der unteren Seite schön rotgefärbt. Um 14^h 40^m hatten die Wolken folgendes Aussehen (Abb. 20):



- | |
|----------------------------|
| a stark hellgrün |
| b stark lila |
| c bräunlich |
| d violett |
| e rot |
| f lila |
| g braun |
| h lilaviolett |
| i violett |
| k braunrot |
| l intensiv hellgelbe Wolke |
| m Stratuswolken |
| n die Sonne |

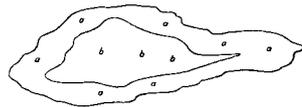
Fig. 20.

Die Wolke auf Abb. 26, mit 1 markiert, wuchs sehr schnell in horizontaler Richtung und wurde sehr stark hellgrün (Abb. 21).



Fig. 21.

Um 14^h 50^m beobachtete ich *diametral entgegengesetzt* der Sonne eine Perlmutterwolke mit deutlichen Farben wie auf Abb. 22.



- a rötliche Kante
- b lila Mitte

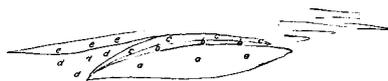
Fig. 22.

Die ringsherumliegenden Wolken waren dagegen ohne Perlmutterfarben. Später zogen die Stratuswolken über den ganzen Himmel, und abends war es bedeckt, mit Temperatur 3° R. Mittags waren 3 1/2 Grad R. Auch am nächsten Tag machte ich eine Reihe Beobachtungen, aber nur schwache Reste von Perlmutterwolken waren zu sehen. Statt diese Beobachtungen wiederzugeben, ziehen wir vor, zu den überaus schönen Erscheinungen am 15. Januar desselben Jahres überzugehen.

7. Perlmutterwolken am 15. Januar 1890.

An diesem Tage beobachtete ich außerordentlich prachtvolle Perlmutterwolken. Morgens war es klar mit Temperatur um 8^h 5° R. Gegen Mittag kamen langsam treibend von W her einige sehr dünne Wolken, teilweise von rhombischen und parallelogrammischen Formen. Diese Wolken waren besonders in S und SW zu sehen, und nachmittags wurden sie von glänzenden Spektralfarben gefärbt, deren größte Pracht gegen 16^h, eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang, eintraf. Die letzten Spuren der Wolken verschwanden gegen 18^h, zwei und eine halbe Stunde nach Sonnenuntergang.

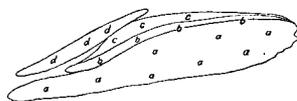
Die erste Andeutung der Perlmutterfarben beobachtete ich 13^h 5^m etwa 25° westlich der Sonne, und in derselben Höhe lag eine Wolke mit den auf Abb. 23 wiedergegebenen Farben:



- a hellblaues Feld
- b rot
- c gelb
- d lila
- e schwach rot

Fig. 23.

Fünf Minuten später hatten sich die Farben mehr ausgebreitet; sie gingen unmerklich ineinander über, wie auf Abb. 24.



- a schönes blaues Feld
- b rosenrot
- c gelb
- d rot

Fig. 24.

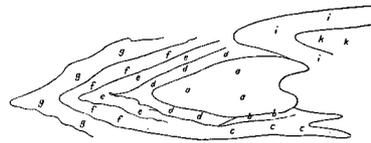
Um 13^h 15^m hatte die Wolke folgendes Aussehen (Abb. 25). Die Mitte hatte eine Entfernung von der Sonne von etwa 25°.



- a schönes blaues Feld
- b schwach rot
- c gelblich
- d rotviolett
- e grünlila
- f rot

Fig. 25.

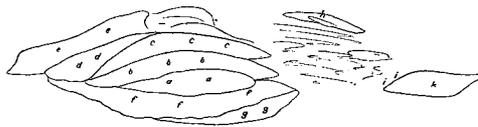
Um 13^h 25^m hatten sich die Farben über ein Feld von einer Breite von etwa 10° mit kleinstem Abstand (links) von der Sonne von etwa 15°, ausgebreitet, Abb. 26.



- | | |
|-------------------|-----------------|
| a hellblaues Feld | f rotbraun |
| b gelbbraun | g gelb |
| c lila | i schwach braun |
| d violett | k schwach lila |
| e grünlila | |

Fig. 26.

Abb. 27 gibt die Farben um 13^h 33^m:



- | | |
|-------------------|------------------|
| a schwach blau | f gelbbraun |
| b schwach violett | g schön grünlila |
| c schwach grün | h rot |
| d rot | i schwach rot |
| e gelb | k weiße Wolke |

Fig. 27.

Im Laufe der folgenden Minuten wurden die Farben in der Mitte so schwach, so zahlreich und so verwickelt, daß es sehr schwer war sie zu beschreiben. Abb. 28 ist um 13^h 37^m gezeichnet:



- | |
|---|
| a verwickelte Farbenmischung |
| b dunkel rotviolett |
| c gelblich |
| d schwach lila Kante der früher erwähnten Wolke |
| e schwache rote Kante derselben |
| f rot |

Fig. 28.

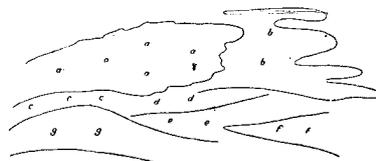
Um 13^h 42^m hatten die Farben die auf Abb. 29 gegebene Verteilung:



- | | |
|------------------------------|---------------|
| a verwickelte Farbenmischung | d gelb |
| b schön lilablau | e schwach rot |
| c rot | f lila |
| | g rot |

Fig. 29.

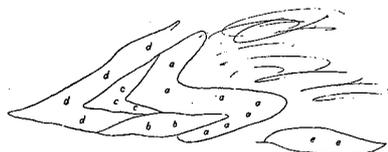
Weiter, um 13^h 45^m (Abb. 30):



- | | |
|-------------|--------------|
| a rot | e lila |
| b bräunlich | f rotviolett |
| c rotbraun | g violett |
| d rotbraun | |

Fig. 30.

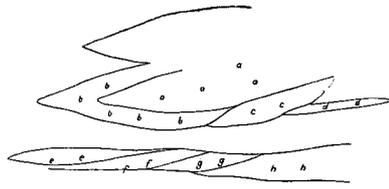
Um 13^h 57^m waren die Farben wieder wunderschön geworden, vergl. Abb. 31.



- | |
|------------|
| a blaugrün |
| b rot |
| c violett |
| d gelb |
| e rot |

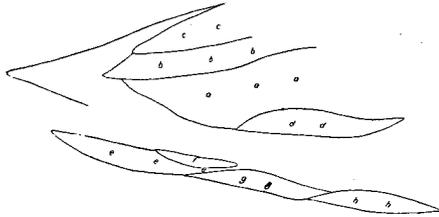
Fig. 31.

Die Abbildungen 32 und 33 zeigen die Farbenverteilungen um 14^h 3^m und 14^h 6^m:



- | | |
|---------------|----------------|
| a hellviolett | e weiß |
| b orangegelb | f hell-lila |
| c blaugrün | g hellblau |
| d rot | h graugrünlich |

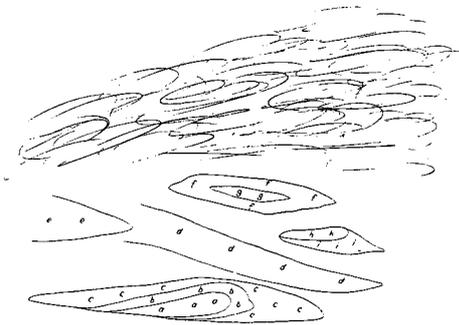
Fig. 32.



- | | |
|------------|----------------|
| a lila | e lila |
| b rotbraun | f schwach grün |
| c lila | g bläulich |
| d rosenrot | h gelbgrün |

Fig. 33.

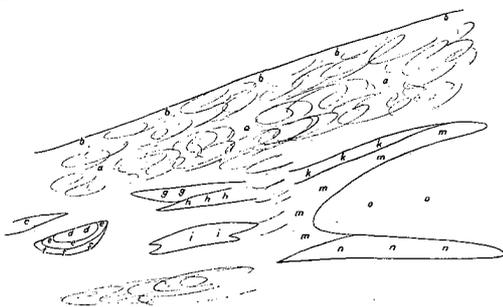
Die Wolken waren jetzt 14^h 17^m gerade über die Sonne gekommen und zwar mit folgender Farbenverteilung (Abb. 34):



- | |
|----------------|
| a hell-lila |
| b schön blau |
| c glänzend rot |
| d grüngelb |
| e lila |
| f dunkelrot |
| g violett |
| h lila |
| i rot |

Fig. 34.

Die Farben verbreiteten sich jetzt immer mehr nach allen Richtungen. Die nächste Beobachtung wurde jedoch erst um 14^h 55^m gemacht. Die Farben waren dann wunderschön (vgl. Abb. 35), besonders links. Über den Perlmutterwolken lag ein schwacher Wolkenschleier, der oben durch eine bläuliche Kante gegen den blauen Himmel abgegrenzt war:



- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| a schwacher weißlicher Wolkenschleier | h rot |
| b bläuliche Kante | i lila |
| c rotgelb | k gelblich |
| d schön lila | l rötlich |
| e glänzend rot | m rot |
| f schön gelb | n gelblich |
| g gelb | o schwach lila Feld |

Fig. 35.

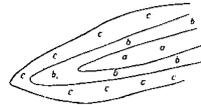
Die kleine glänzende Wolke d, e, f links dehnte sich jetzt schnell aus, mit erstaunlicher Farbenpracht, wie auf Abb. 36 (14^h 57^m):



- a schön lila
- b schön violett
- c schön rot
- d schwache gelbe Kante

Fig. 36.

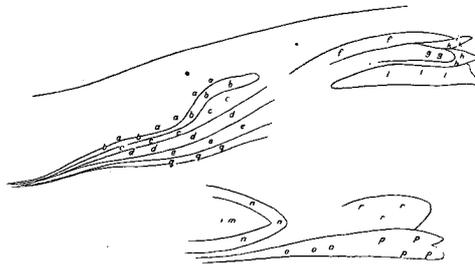
Um 15^h 20^m waren von dieser Wolke nur die folgenden Reste übrig:



- a violetttes Feld
- b schön lilagrün bis blaugrün
- c schwach braunrot

Fig. 37.

Die anderen Wolken wurden immer schöner, je nachdem sich die Sonne dem Horizonte näherte. Bei Sonnenuntergang 15^h 30^m waren sie wie auf Abb. 38.



- a gelbliche Kante
- b rot
- c blau
- d grün
- e violett
- f weißlich
- g lila
- h rot
- i blau
- k rot
- l blaugrün
- m gelb
- n rot
- o violett
- p lila
- r grün

Fig. 38.

Die Farben waren jetzt wunderschön und gingen durch unmerkliche Übergänge ineinander über, so daß es schwer war zu sagen, wo die eine Farbe anfing, die andere aufhörte. Es war jetzt schwierig sämtliche Farbennuancen wiederzugeben. Auf Abb. 39 und 40 sieht man die Farbenverteilung. Die Zeichnung ist links angefangen und rechts beendet. Folglich kann die Zeichnung nicht die simultane Verteilung geben, weil die Wolke beträchtlich verändert war, als die Wolke 27 fertig gezeichnet vorlag (das norwegische Wort »Fortsættelse« sagt Fortsetzung):

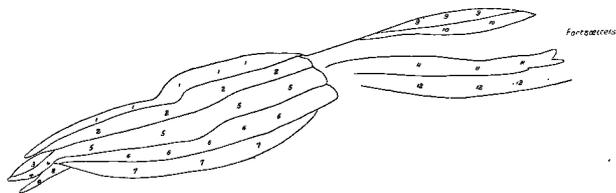


Fig. 39.

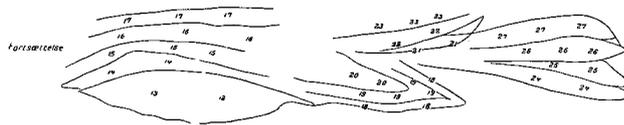


Fig. 40.

Die Zahlen auf Abb. 39 und 40 haben folgende Bedeutung:

- 1 rotbraun
- 2 blau
- 3 rot
- 4 grün
- 5 schönes grünes Feld
- 6 sehr schön reinviolett
- 7 blau
- 8 violett
- 9 grün
- 10 rot
- 11 violett
- 12 blaugrün
- 13 schön blau
- 14 violett
- 15 grün
- 16 rotviolett
- 17 gelbbraun
- 18 gelb
- 19 rot
- 20 lila
- 21 rot
- 22 gelb
- 23 blau
- 24 violett
- 25 grün
- 26 blau
- 27 rot

Die nächste Abbildung 41 ist 15^h 40^m oben links angefangen und 15^h 50^m unten rechts beendet:



Fig. 41.

Die Zahlen bedeuten:

1 bläulich	16 rot	31 violett	46 grün
2 gelblich	17 grün	32 schön rot	47 rot und gelb
3 violett	18 hellviolett	33 schön violett	48 blau
4 grün	19 hellblau	34 sehr schön grün	49 blau
5 gelb	20 gelbrot	35 rot	50 grün
6 rot	21 violett	36 violett	51 rot
7 gelbgrün	22 lila	37 grün	52 grün
8 violett	23 schön grün	38 violett	53 lila sehr schön
9 lila	24 ebenso	39 blau	54 rot sehr schön
10 gelbgrün	25 violett	40 violett	55 grün sehr schön
11 rötlich	26 rot	41 rot	56 blau sehr schön
12 violett	27 gelb	42 grün	57 lila schwächer
13 gelb	28 gelb	43 gelblich	58 rot
14 rot	29 rot	44 lila	59 gelb
15 grün	30 grünlich	45 rot	60 blau

Der Himmel im W war jetzt von diesen Perlmutterwolken bedeckt, was ein Anblick von unbeschreiblicher Schönheit war!

Von oben nach unten sowie von links nach rechts betrug die Ausdehnung der Wolken ungefähr 35°.

Die nächste Zeichnung (Abb. 42) wurde etwa 16^h 5^m gemacht:
 und um 16^h 17^m unten beendet:

Die nächste Zeichnung Abb. 43 ist um 16^h 10^m oben angefangen

1 schwach violett

2 grünlich

3 bläulich

4 gelblich

5 grünblau

6 rot

7 gelb

8 gelbgrün

9 blau

10 blau

11 rot

12 grün

13 rot

14 rot

15 lila

16 gelb

17 rot

18 gelbbraun

19 violett

20 gelbbraun

21 rot

22 violett

23 grünblau

24 violett

25 grün

26 lila bräunlich

27 rötlich

28 rot

29 lila

30 gelb

31 rot

32 grünlila

33 braun

34 weiß lila

35 blauer Himmel

36 lila grün

1 schwach rotviolett

2 schwach grünlich

3 schön lila

4 grün

5 rot

9 rosenrot

7 gelb

8 blau

9 violett

10 grün

11 rot

12 grün

13 rot

14 lila

15 rot

16 lila

17 rot

18 gelb

19 gelbbraun

20 schön violett

21 lila

22 schön gelb

23 schön gelbgrün

24 rot

25 lila

26 rotbraun

27 violett

28 blau

29 rotbraun

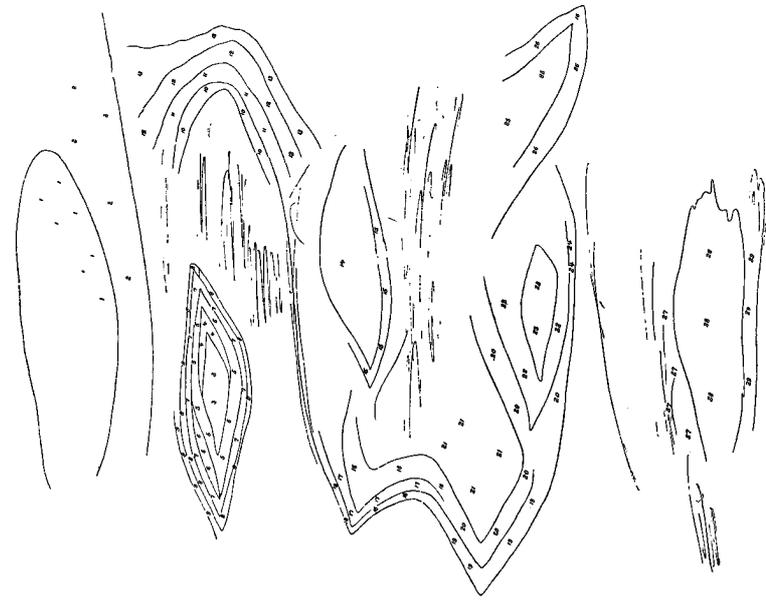


Fig. 42.



Fig. 43.

Die nächste Abbildung 44 gibt die Farben um etwa 16^h 20^m (Ausdehnung von links nach rechts etwa 25°):



Fig. 44.

1 grün	6 rotbraun	11 grün	16 rot
2 lila	7 rot	12 rot	17 grün
3 rot	8 lila	13 grün	18 lila
4 schwach rötlich	9 rot	14 rot	19 rot
5 lila grün	10 rot	15 stark hellgrün	

Um 16^h 30^m waren sämtliche Wolken intensiv rot gefärbt bis 16^h 40^m, dann verschwand allmählich diese rote Farbe, und die Perlmutterfarben erschienen noch einmal, aber viel schwächer als vorher. Es war jetzt so dunkel, daß die Sterne erster Größe sichtbar wurden.

Die nächste Abb. 45 zeigt die Farben um etwa 16^h 40^m:

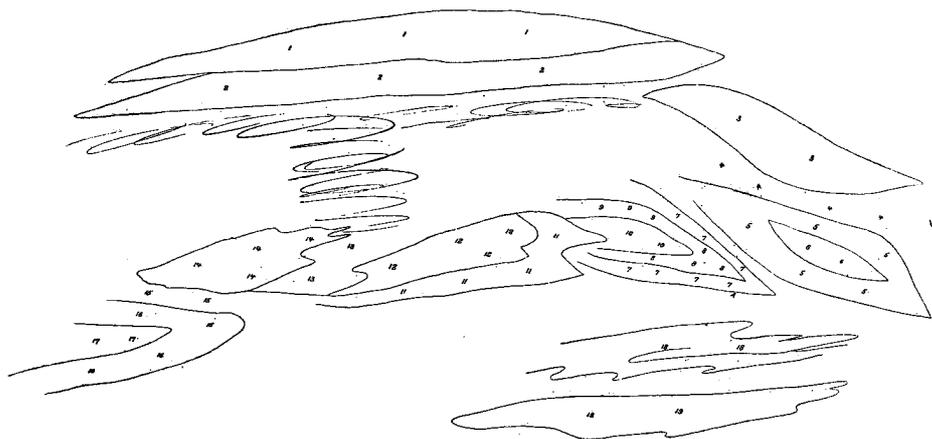


Fig. 45.

Die Zahlen haben folgende Bedeutung:

1 schwach rotbraun	6 lila	11 schwach rot	16 rötlich
2 lilagrau	7 rötlich	12 lilagrau	17 grünlila
3 ebenso	8 violett	13 rötlich	18 graulila
4 rötlich	9 rotviolett	14 schwach gelbgrau	19 rötlich
5 ebenso	10 grünlich	15 grünlich	

Fünf Minuten später 16^h 45^m konnte ich die Sterne zweiter Größe sehen. Die Wolken waren noch sichtbar, hatten aber in Ausdehnung und Höhe über dem Horizont abgenommen. Die Ausdehnung O—W betrug etwa 30°. Abb. 46 zeigt die Farben:

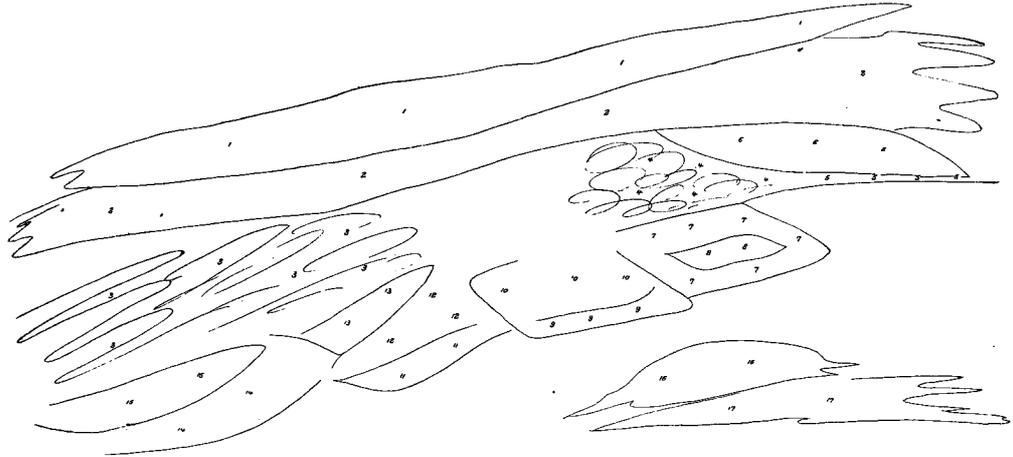
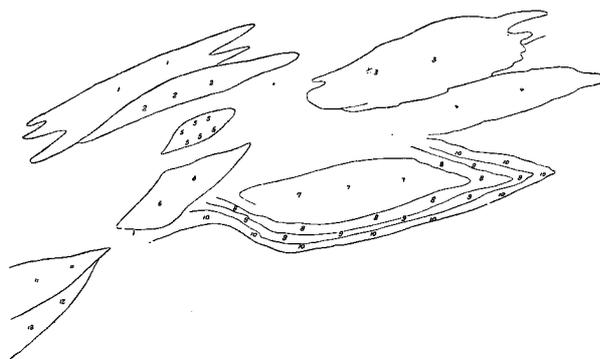


Fig. 46.

1 schwach rötlich	6 lilagrün	10 blaugrün	14 rötlich
2 schwach lilagrau	7 rötlich	11 lila	15 lila
3 schwach rötlich	8 lila	12 rötlich	16 lilagrün
4 schwach rotviolett	9 rötlich	13 lila	17 rötlich
5 rötlich			

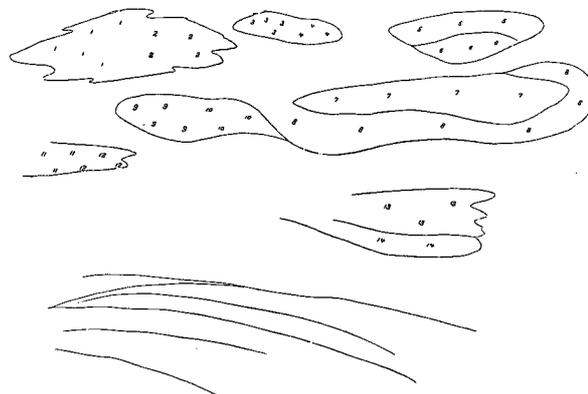
Um 16^h 50^m waren die Wolken 9—10 und 4—8 zusammengeflossen, und die Wolken hatten das Aussehen wie auf Abb. 47; wo der Maßstab etwas kleiner ist als auf Abb. 46.



1 rötlich
2 lila
3 lila
4 rötlich
5 oben, lila
5 unten, rötlich
6 rötlich
7 lila
8 grünviolett
9 violett
10 rotviolett
11 blaugrün
12 rötlich

Fig. 47.

Um 17^h wurde die letzte Zeichnung gemacht, vgl. Abb. 48.



1, 4, 5, 8, 9, 12, 14 rötlich
2, 3, 6, 10, 11, 13 lila
7 lilagrün

Fig. 48.

Später verschwanden die Farben nach und nach, aber erst um 18^h waren die letzten Spuren dieser früher so glänzenden Wolken verschwunden.

Ich hoffe, daß jeder Meteorologe, der diese detaillierten Beschreibungen durchlesen will, einen lebhaften Eindruck von diesen überaus schönen und großartigen Naturerscheinungen bekommt, und auch verstehen wird, daß wir hier mit einer ganz anderen Erscheinung zu tun haben als der gewöhnlichen Irisierung niedrigerer Wolken.

Daß die Wolken am 15. Januar 1890 etwa zu derselben Zeit wie die Wolken am 13. Januar 1930 überall rot wurden, spricht dafür, daß die Höhe von derselben Größenordnung war. Auch die Wetterlage war analog. In Mohns ausführlicher Abhandlung in norwegischer Sprache über diese Wolken¹, Seite 27, findet man Näheres darüber.

Am 12. Februar 1930 beobachtete ich wieder Perlmutterwolken in Oslo, und eine Reihe von Photogrammen wurden gemacht. Sie sind aber noch nicht ausgemessen und berechnet.

¹ H. Mohn: *Perlemorskyer*, Christiania Videnskabselskabs Forhandlingar 1893. Nr. 10.

Oslo, 27. Januar 1931.



A. Perlmutterwolken gegen SE, vor Sonnenaufgang 13 Januar 1929.



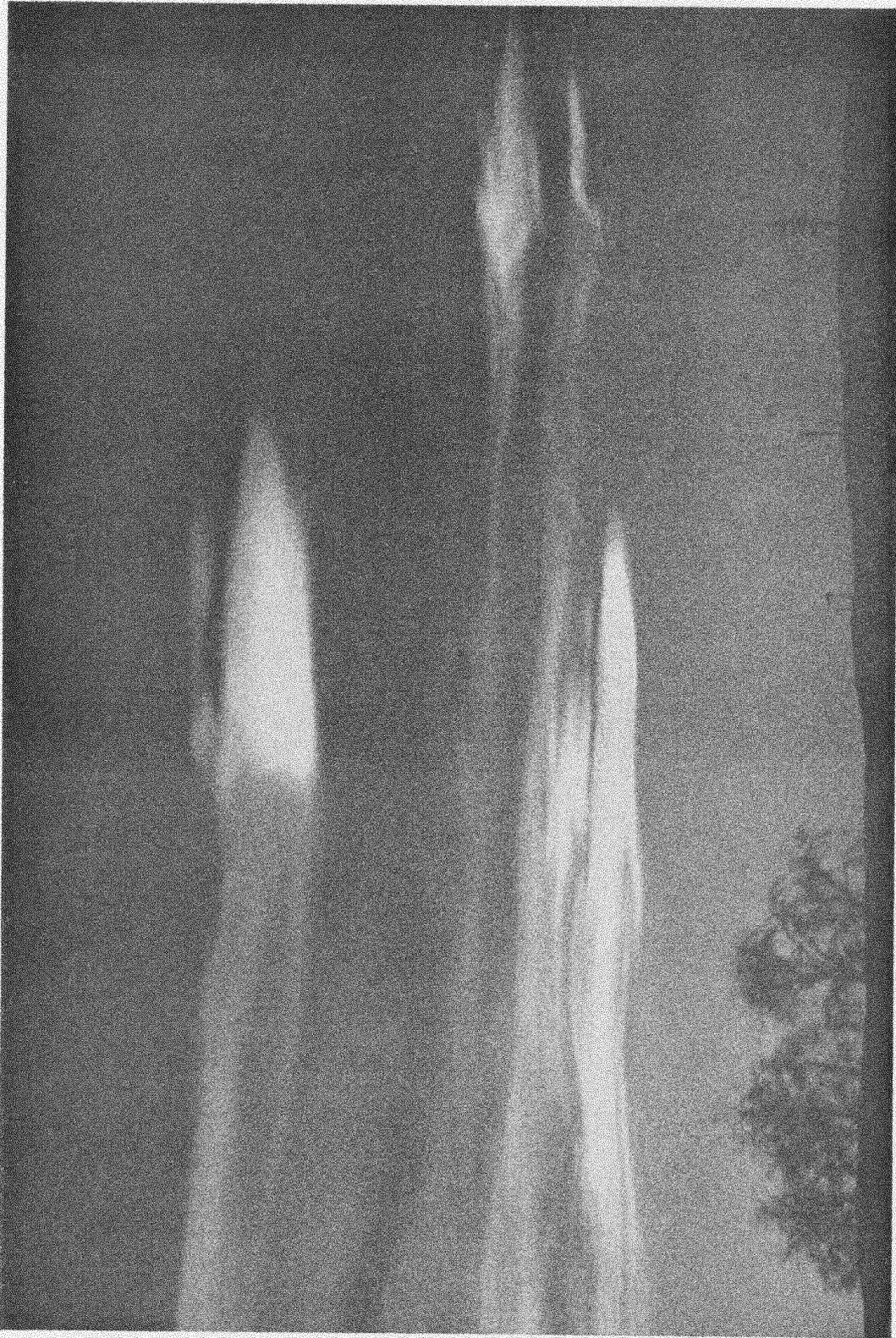
B. Perlmutterwolken gegen WNW, nach Sonnenuntergang 13 Januar 1929.



A. Dieselben gegen WSW.



B. Dieselben gegen SW.



Struktureinheiten derselben Wolken.



Oslo No. 9.



Oscarsborg No. 9.



Oslo No. 49.



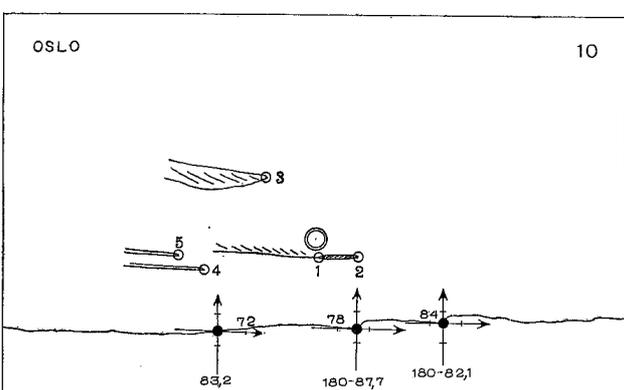
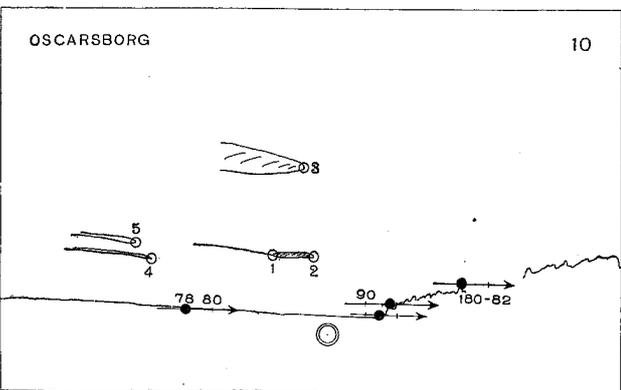
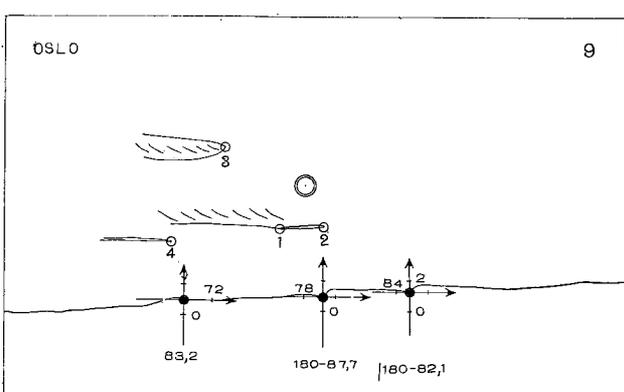
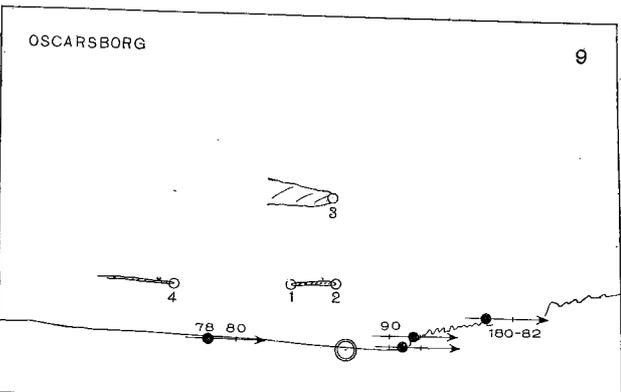
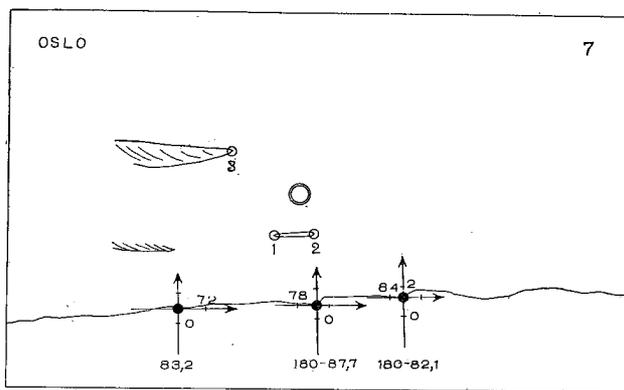
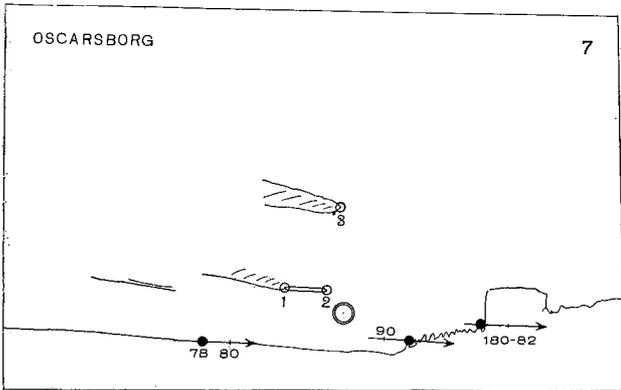
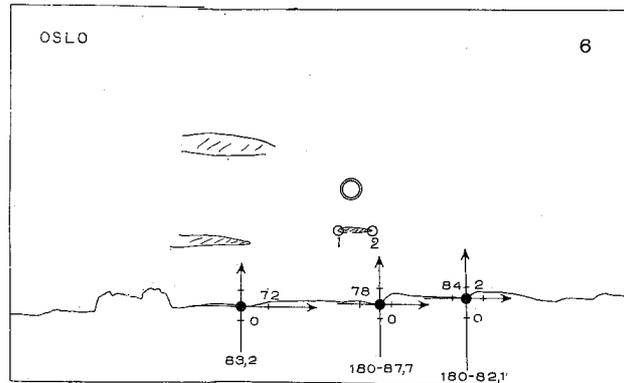
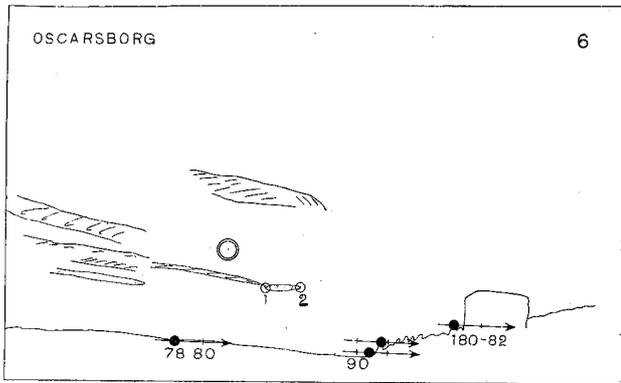
Oscarsborg No. 49.

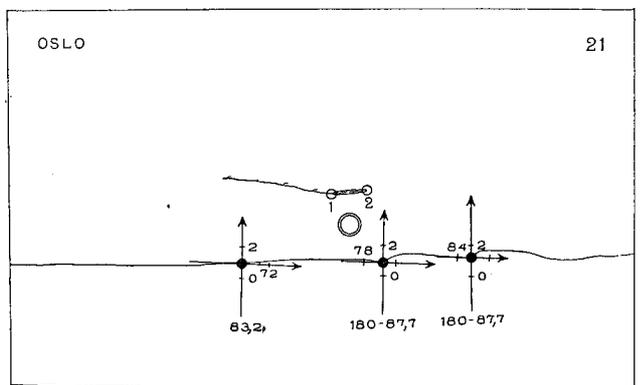
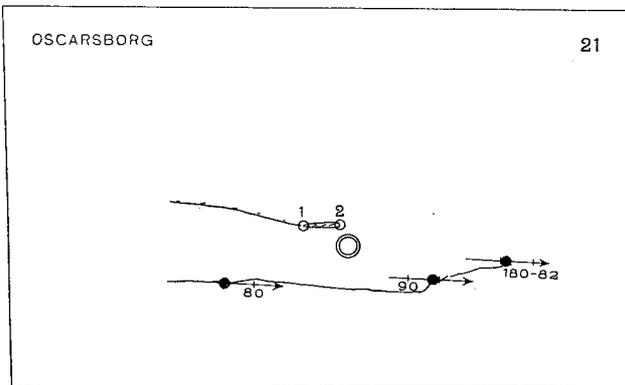
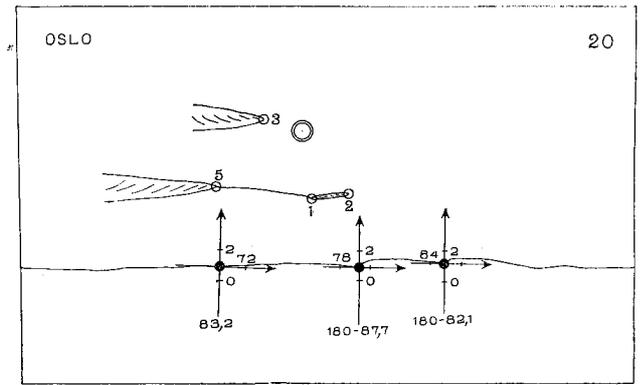
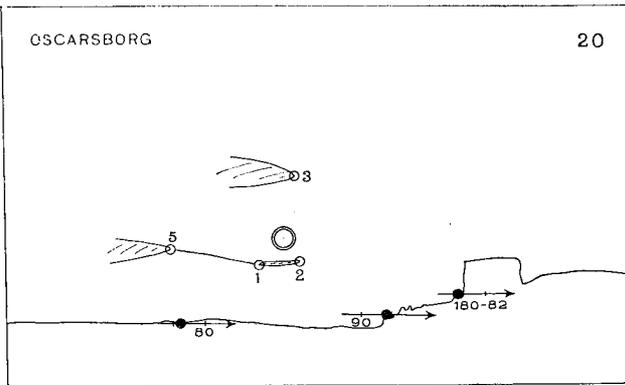
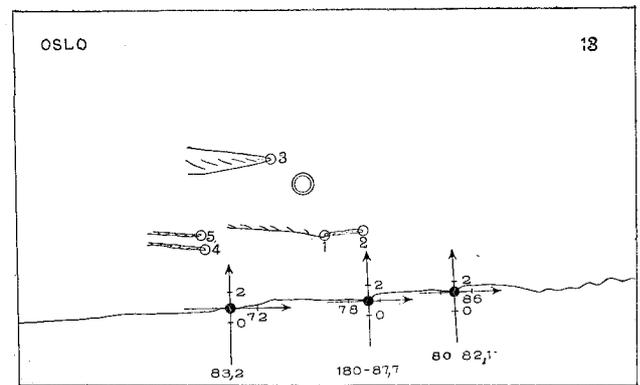
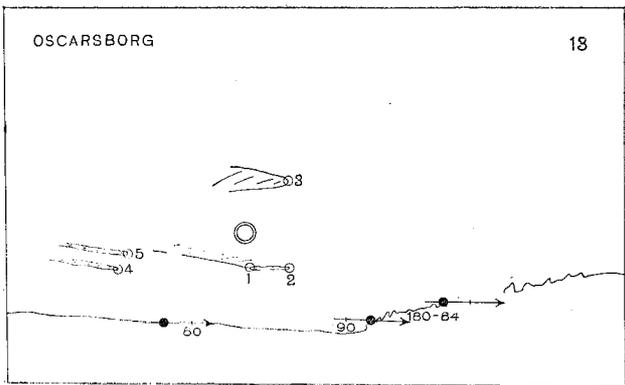
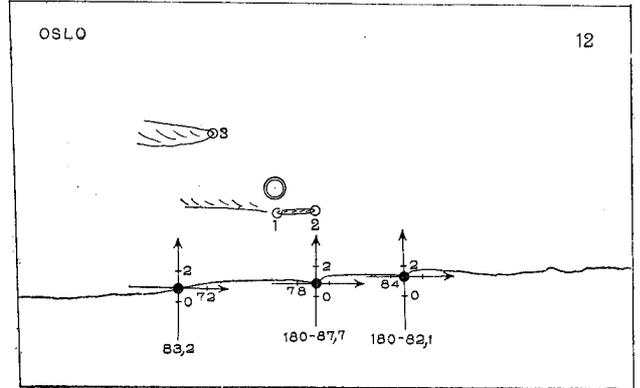
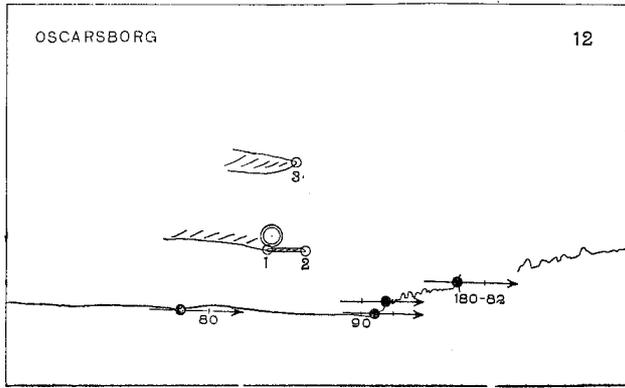


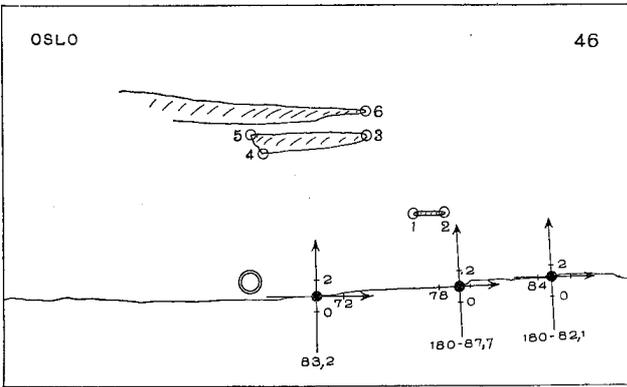
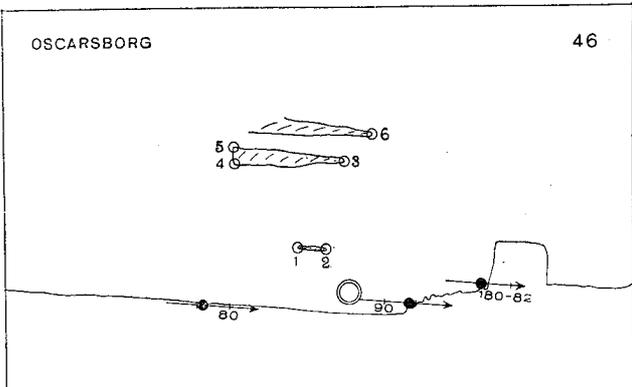
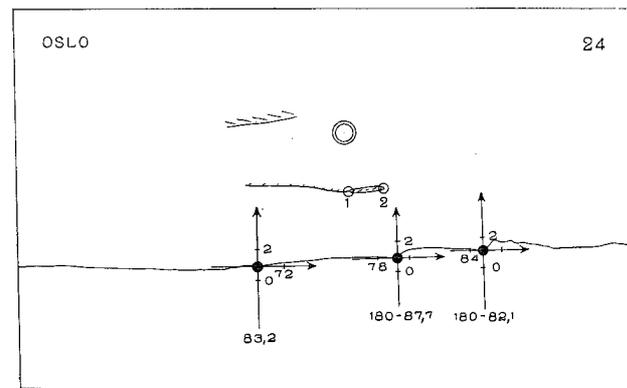
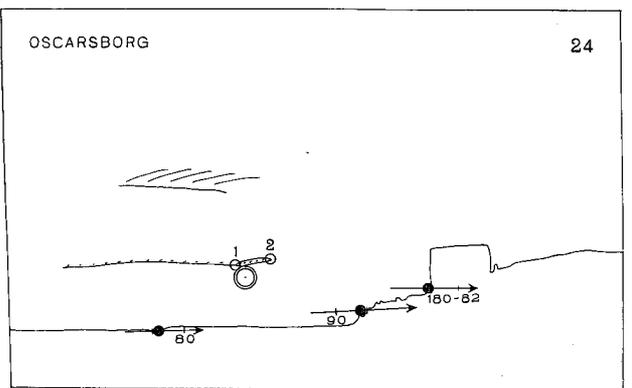
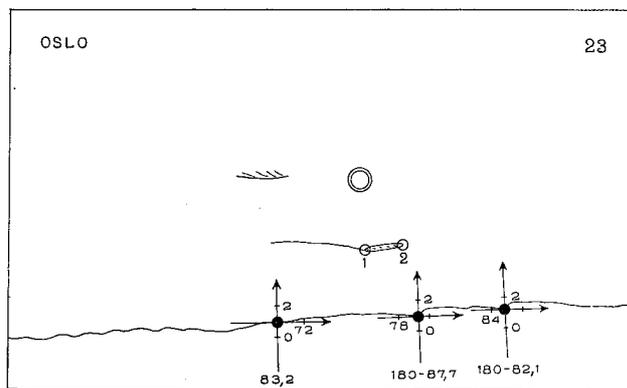
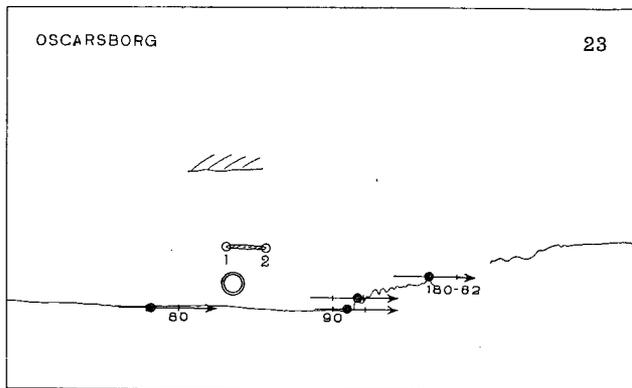
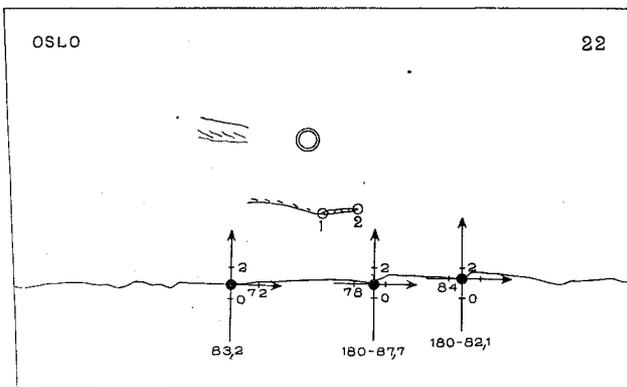
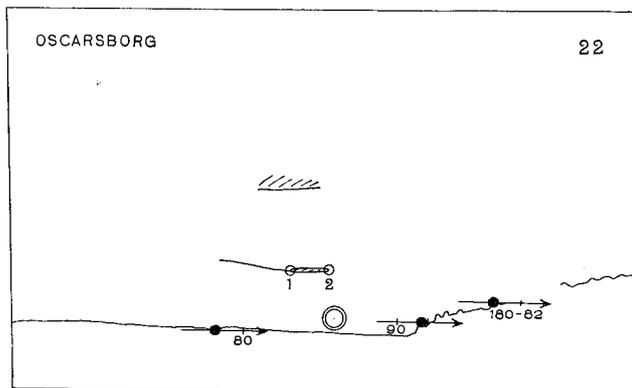
Oslo No. 91.

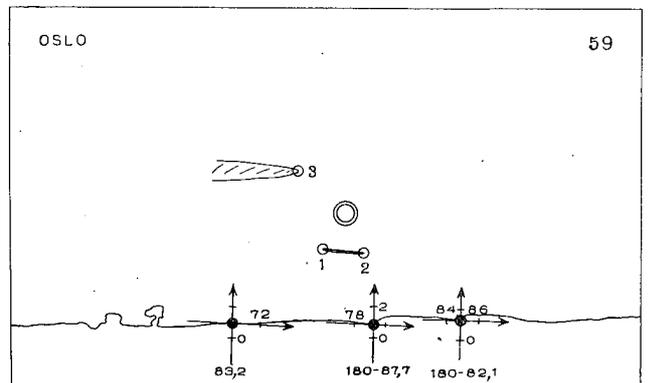
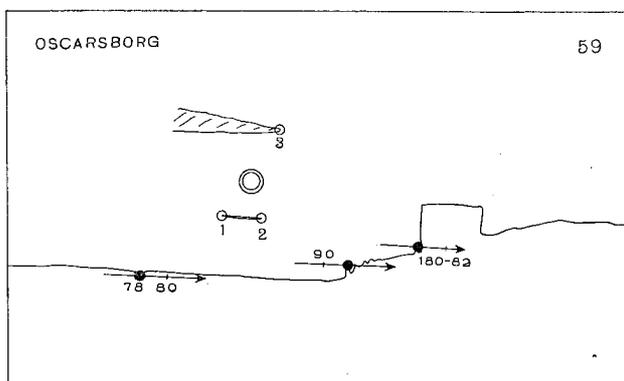
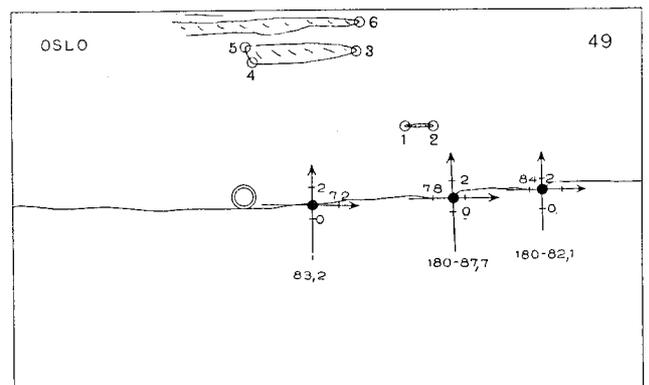
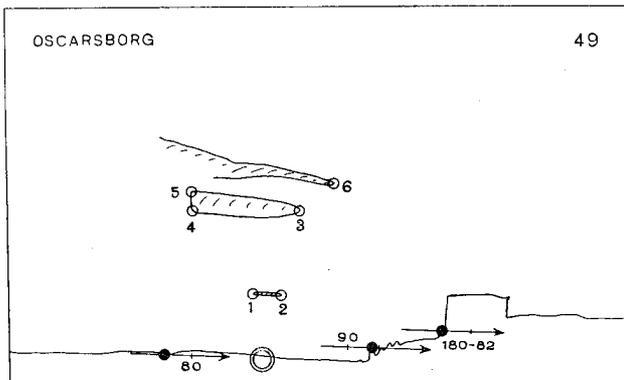
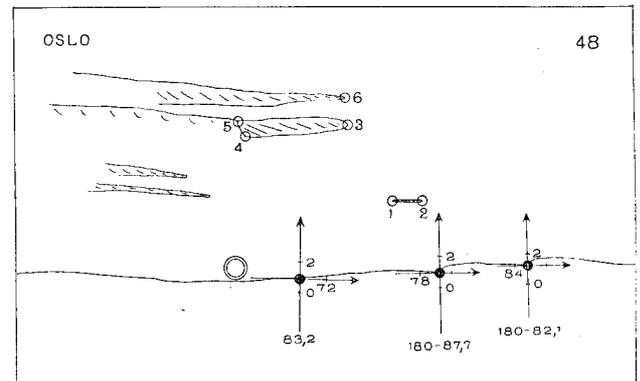
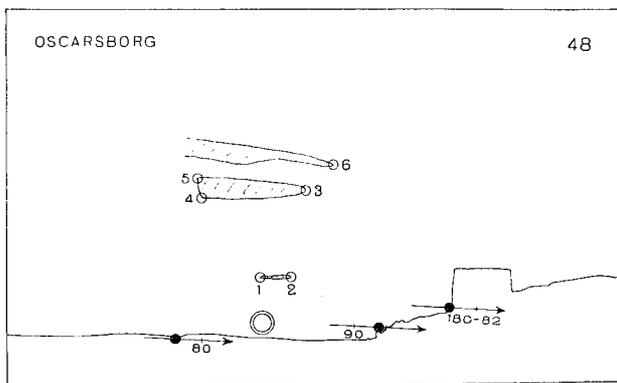
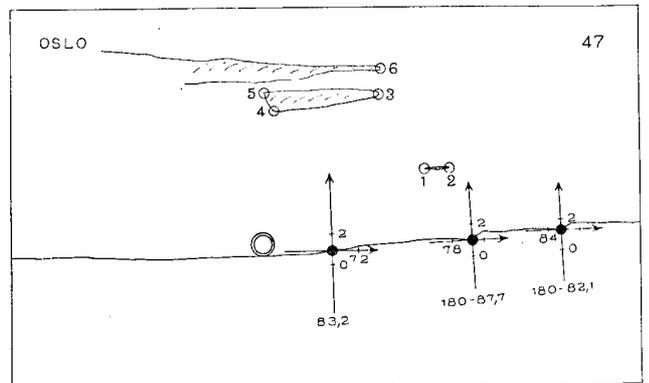
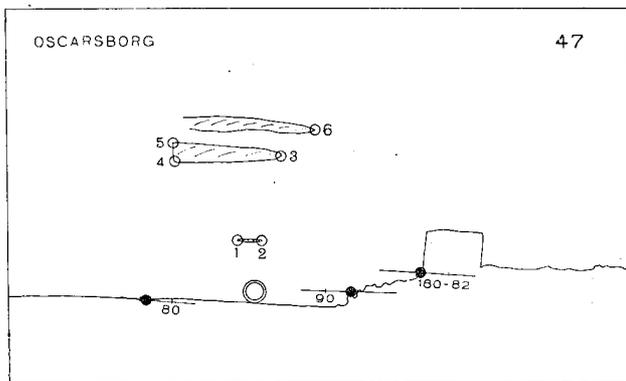


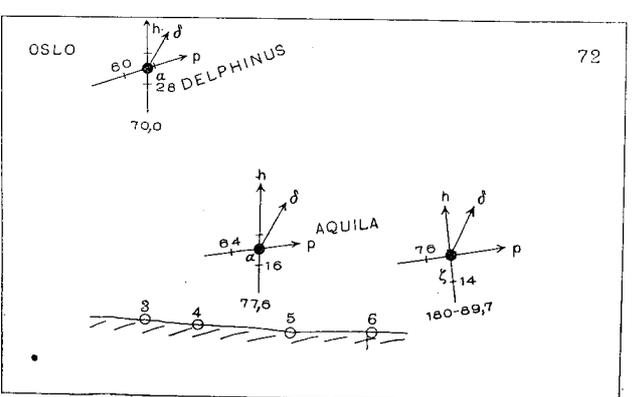
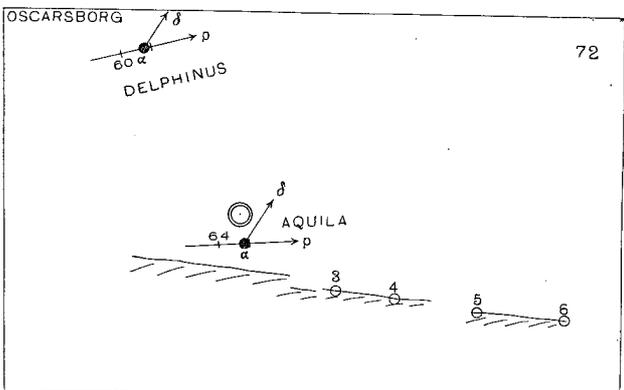
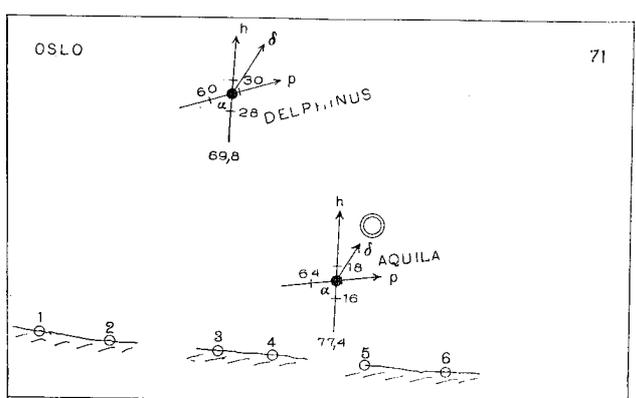
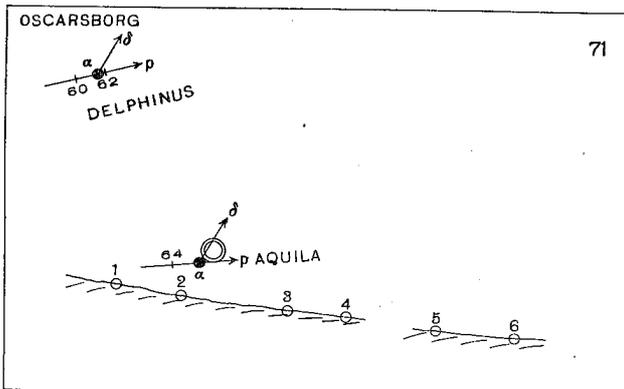
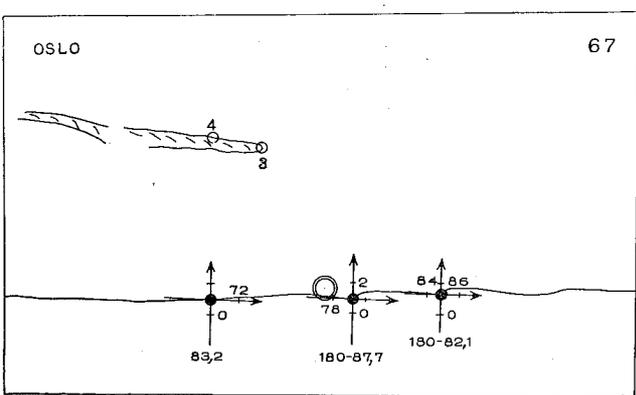
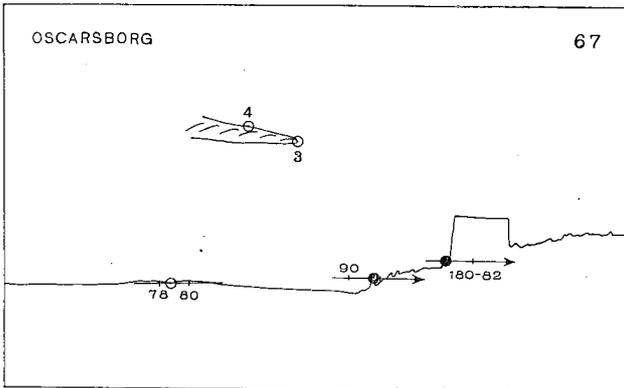
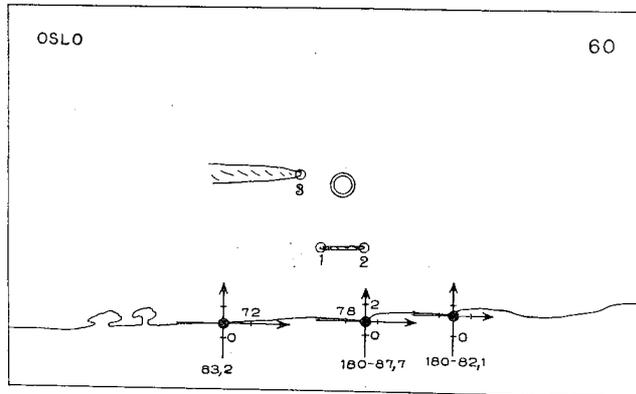
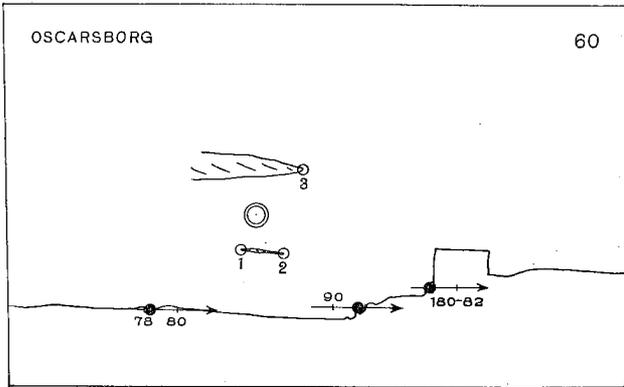
Oscarsborg No. 91.

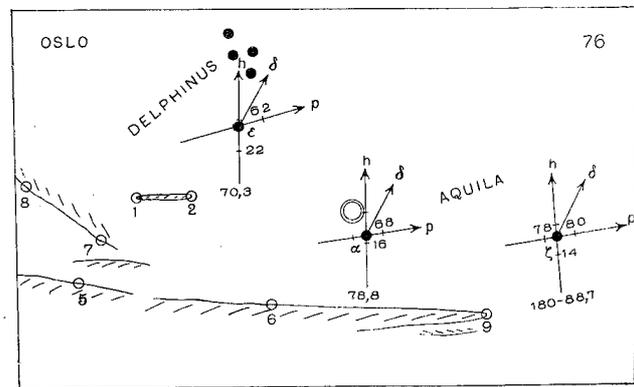
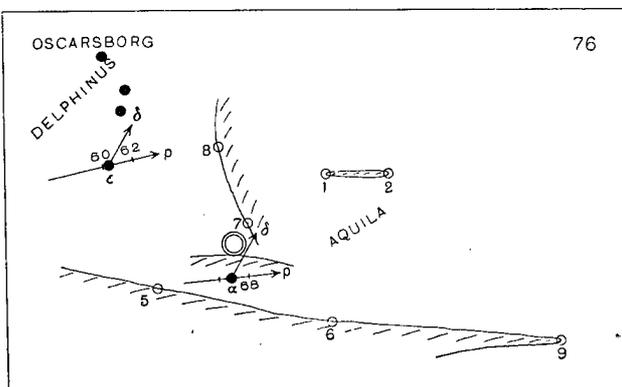
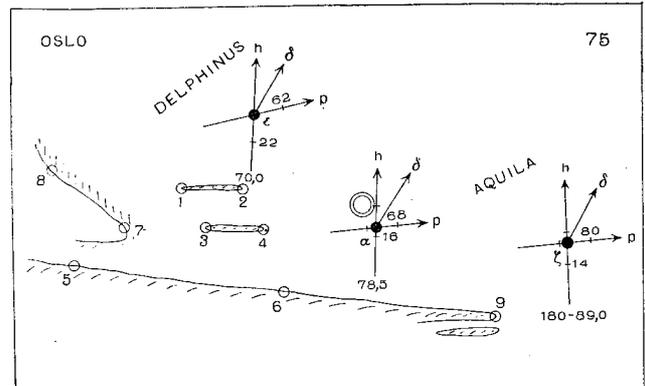
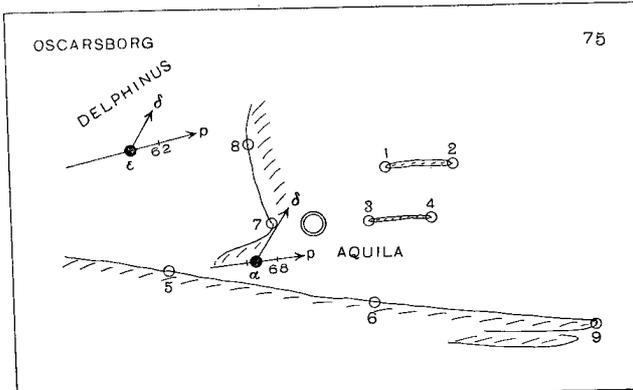
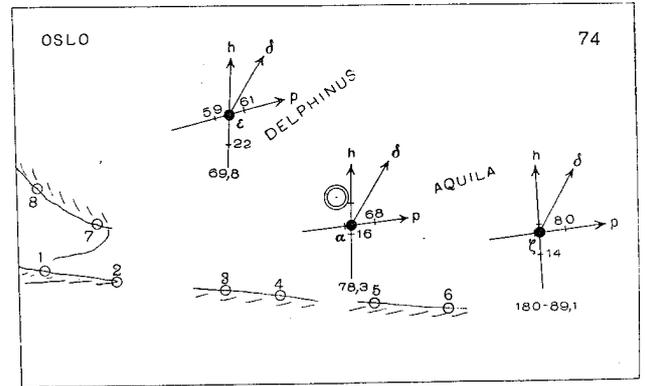
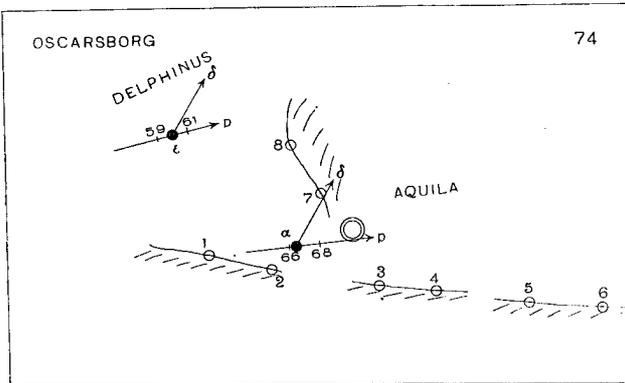
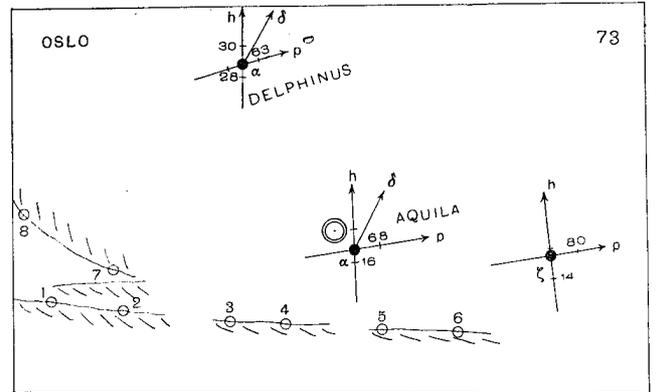
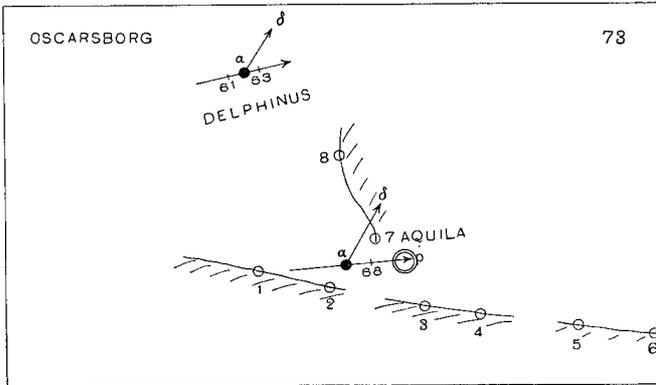


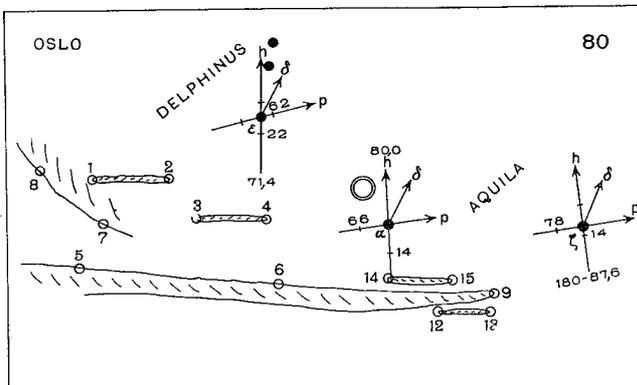
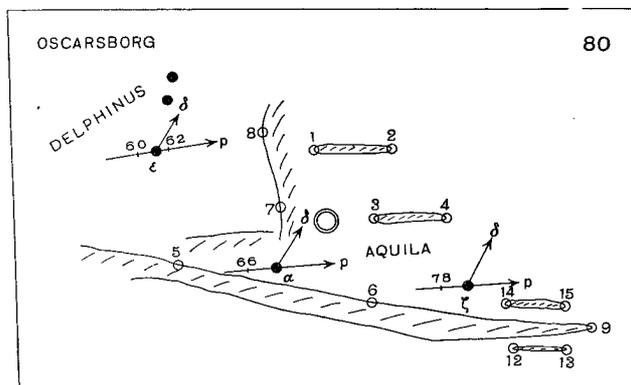
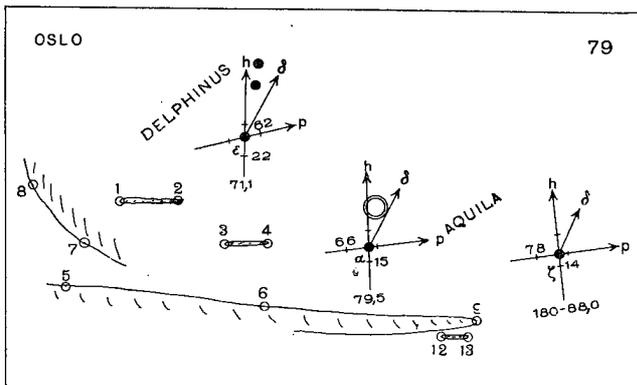
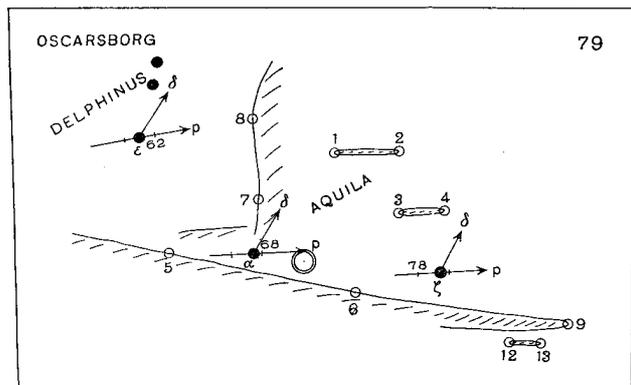
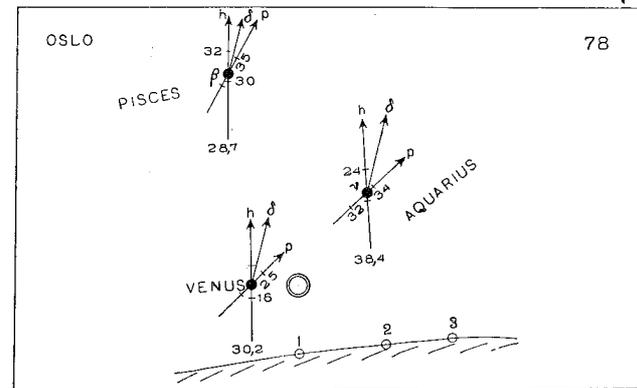
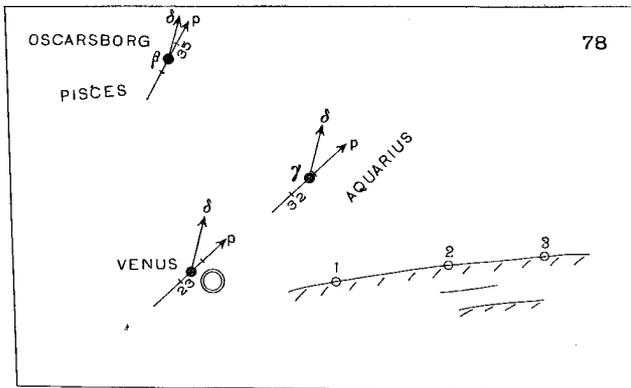
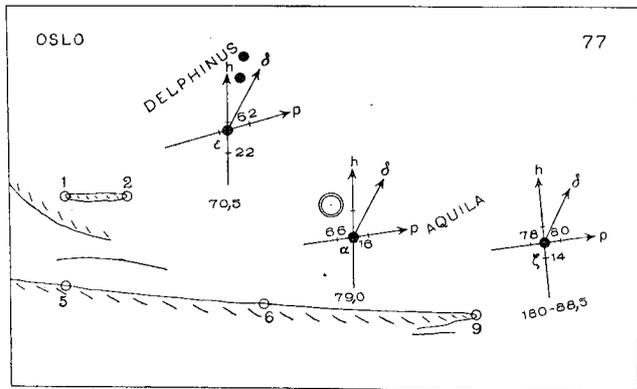
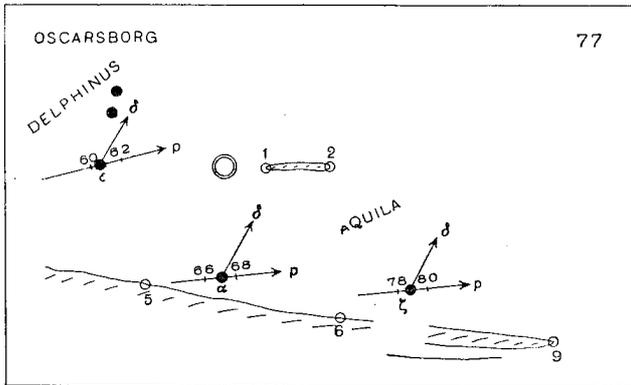


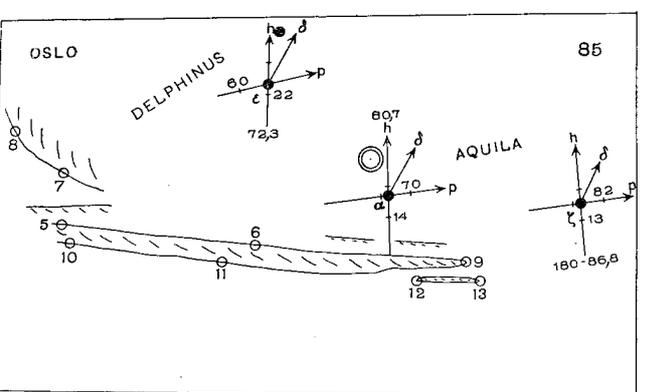
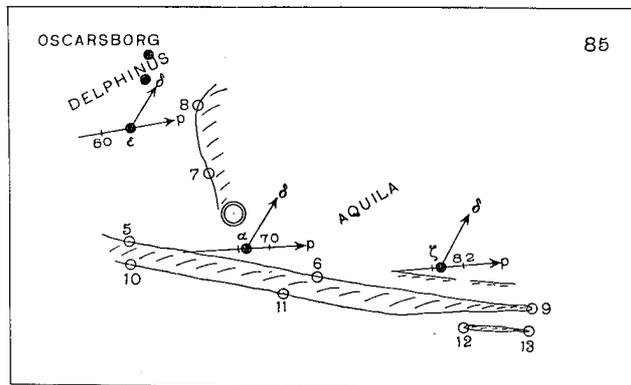
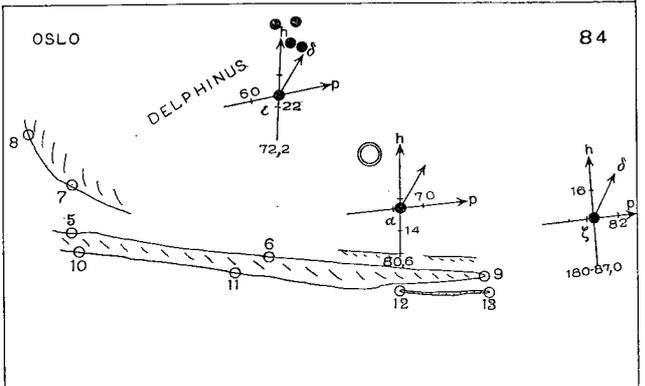
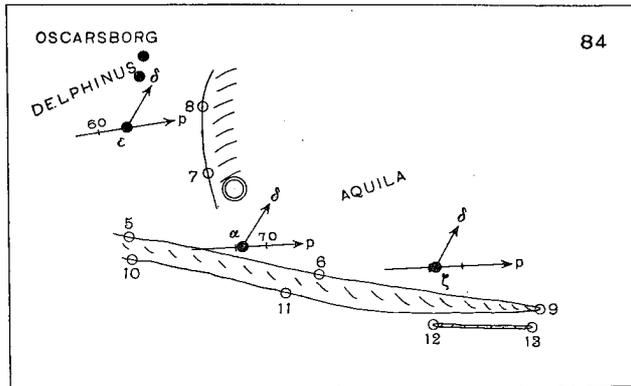
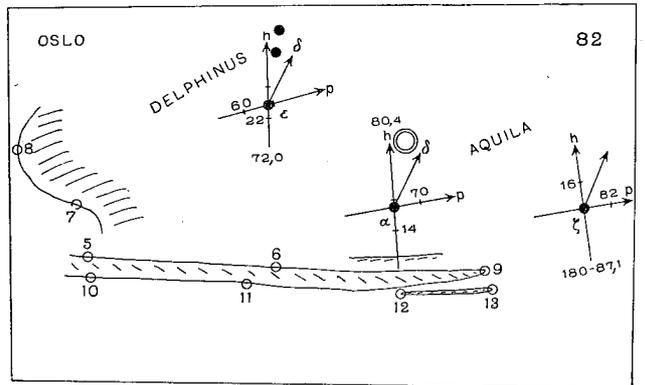
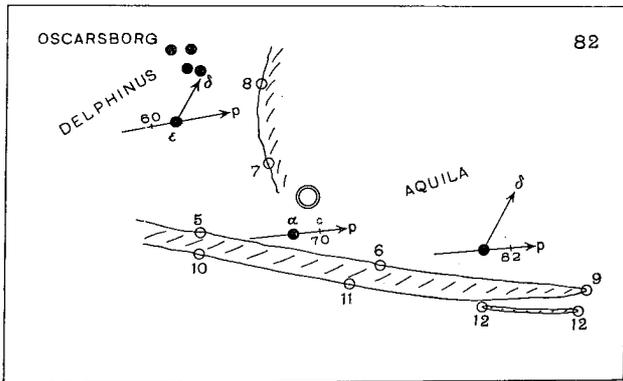
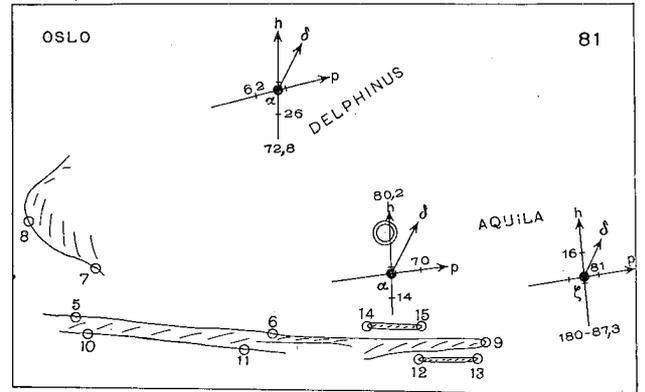
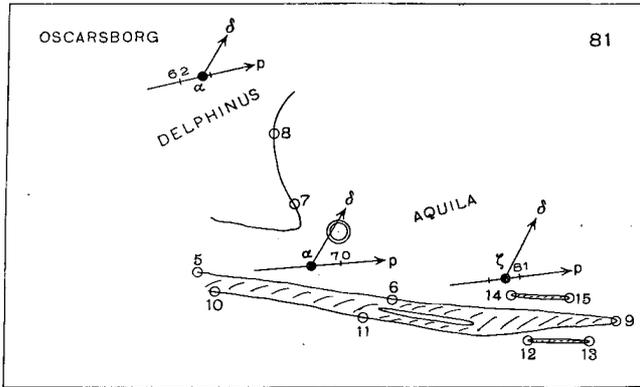


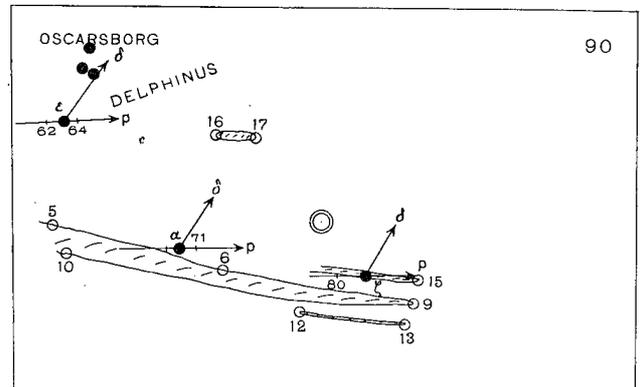
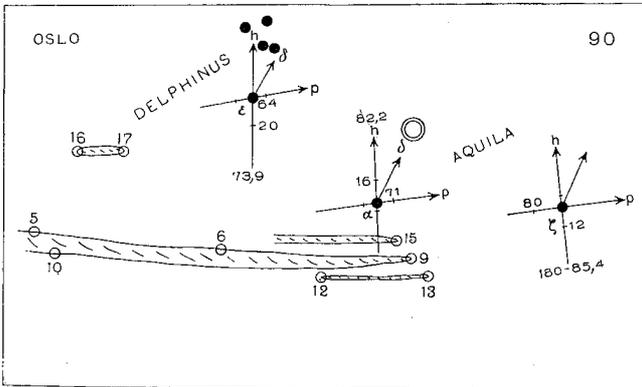
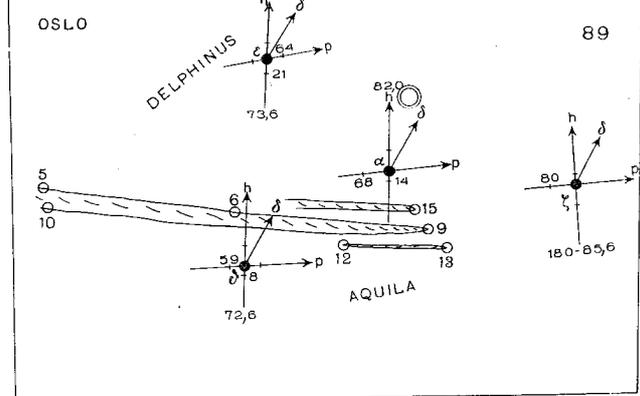
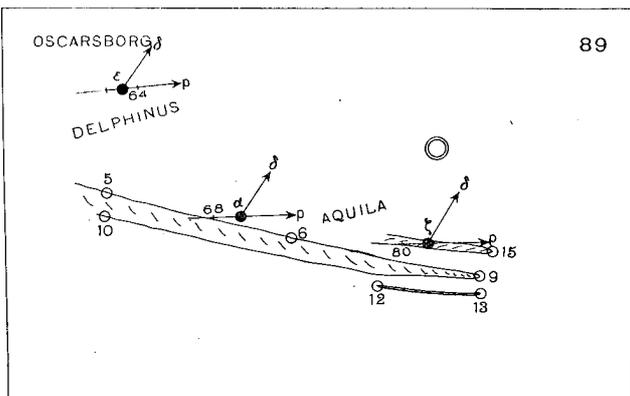
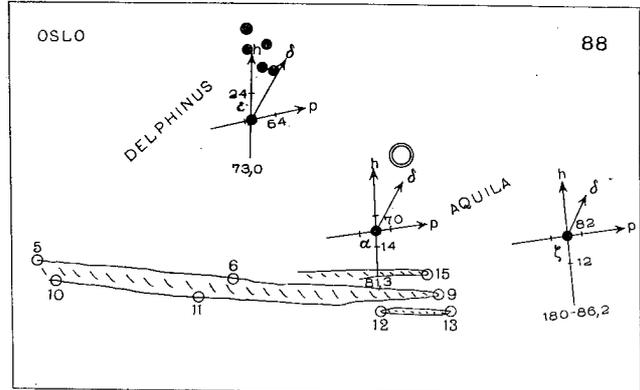
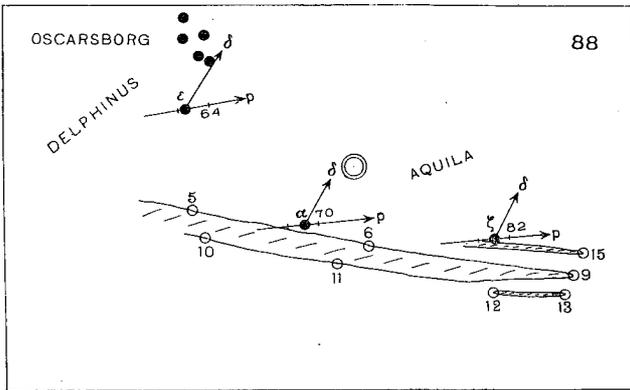
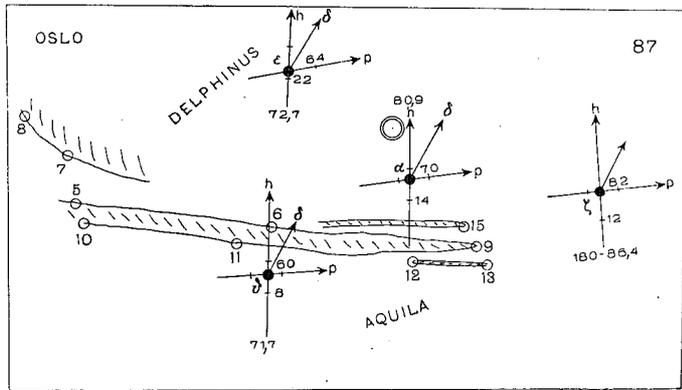
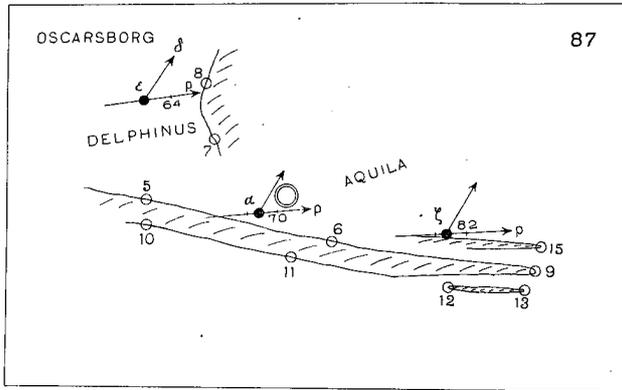


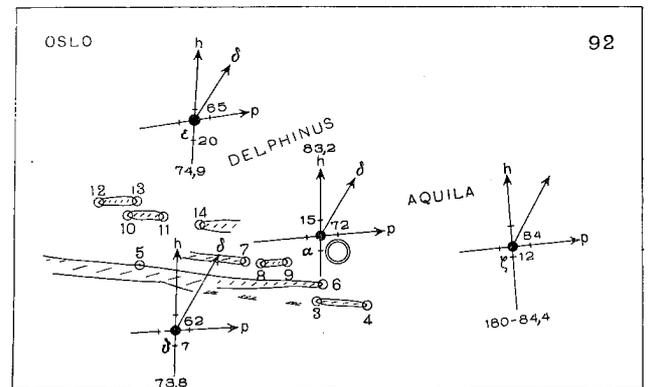
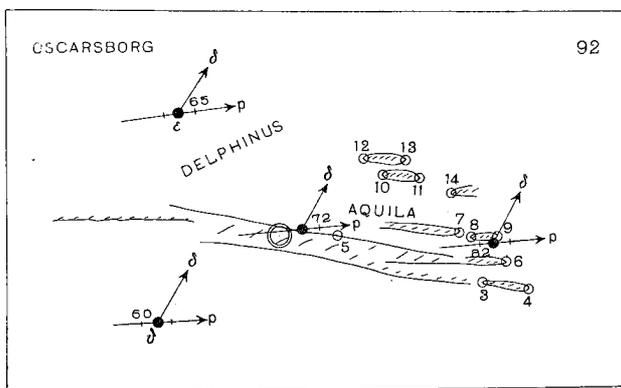
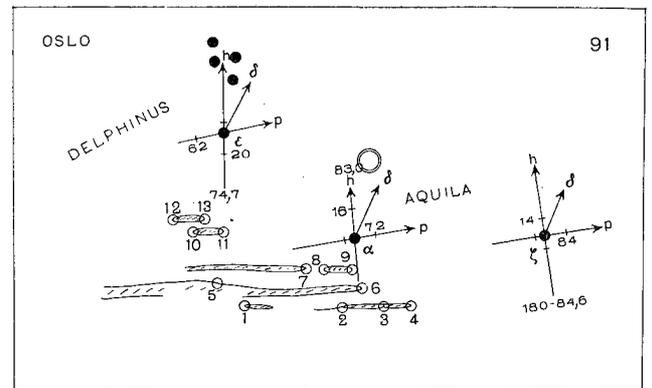
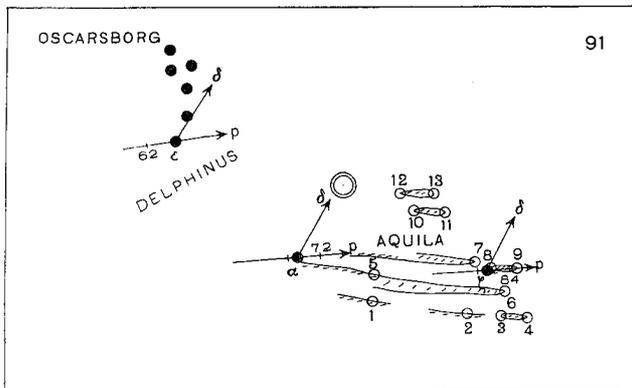












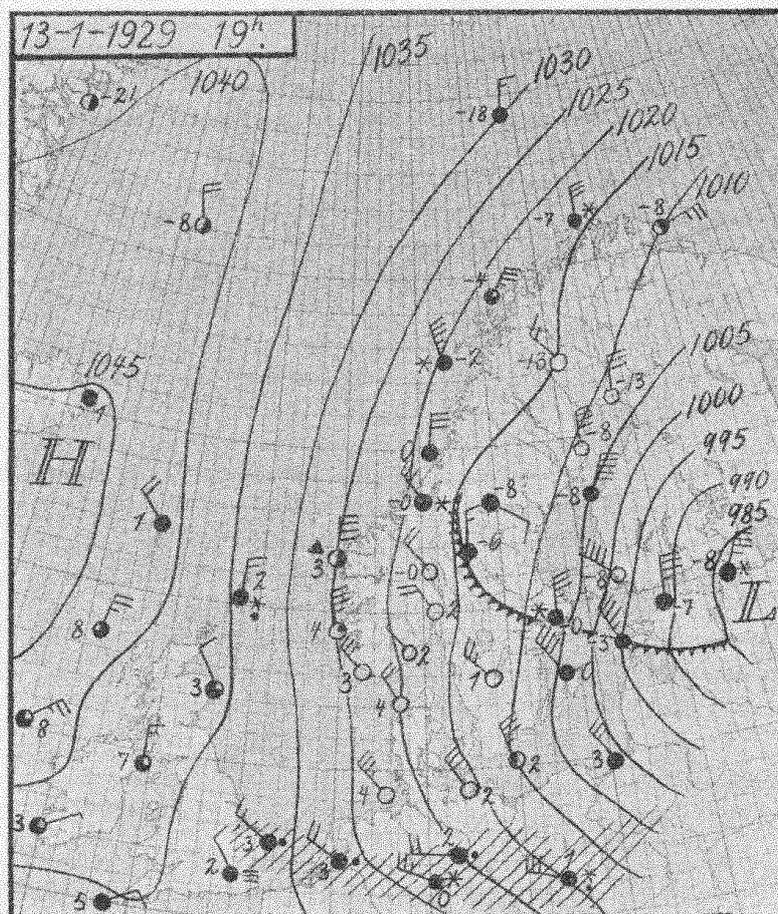


Fig. 7.

Wie es auch am 30. Dezember 1926 der Fall war, sind auch am 13. Januar 1929 dieselben atmosphärischen Bedingungen eingetroffen, wie Mohn oben charakterisiert hat. Das geht aus folgender Übersicht hervor, die Refsdal mir mitgeteilt hat:

»Die Wetterlage am 13. Januar 1929.

Am 12. Januar erreichte eine Zyklone mit ihrem Zentrum Finnmark aus Nordwesten. Im Laufe des 13. Januar passierte das Zentrum über Finnland und ging weiter gegen SO.

Vor dem Zentrum war am 12. Januar über Nord-Schweden ein Druckfall bis auf 10 mb in drei Stunden, und am 13. Januar fand sich in Nord-Norwegen eine Drucksteigerung bis auf 9 mb in drei Stunden. Morgens am 13. Januar, wo die Zyklone am kräftigsten war, hatte ganz Nord-Europa, von den Färöern bis Russland, Kühle oder Sturm. Sowohl die Intensität als auch die Größe der Zyklone waren demnach größer als gewöhnlich.

Über dem norwegischen Ostland bewirkte die Zyklonenpassage einen bedeutenden Föhn. Gvarv in Telemark hatte z. B. am Abend des 12. Januar 11 Kältegrade und am Morgen des 13. Januar 6 Wärmegrade. Diese Warmluft wurde wieder am 14. Januar von Kaltluft aus Nordosten weggetrieben.

Morgens am 13. Januar, als sich die Perlmutterwolken zuerst zeigten, lagen die Hauptfronten der Zyklone über Süd-Norwegen. Nachmittags und abends, als die Wolken fotografiert wurden, hatten die Hauptfronten Skandinavien passiert. Der Wind war