Polarlicht vom 8. November 1991 : Historisches und Aktuelles der Polarlichtbeobachtung in der Schweiz = Aurore boréale du 8 novembre 1991 : les aurores boréales en suisse : rétrospective et observations récentes

Autor(en): **Schlamminger, L.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **51 (1993)**

Heft 254

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-898175

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Polarlicht vom 8.November 1991

Historisches und Aktuelles der Polarlichtbeobachtung in der Schweiz

L.SCHLAMMINGER

Im mittleren Europa, geographische Breite etwa 45° bis 55°N, sind Polarlichter seltene Erscheinungen. Ihre großartigen, farbigen Himmelsphänomene werden nur von wenigen Menschen bewußt wahrgenommen. Die jüngste erhöhte Polarlichthäufigkeit im 22. Sonnenfleckenzyklus konnte aber auch in der Schweiz durch gesicherte Beobachtungen bestätigt werden.

Die vereinzelt bekannt gewordenen historischen Beobachtungen von Polarlichtern am Himmel zwischen Bodensee und Genfer See, stehen daher in einem auffallenden Gegensatz zum hohen Ansehen Schweizer Gelehrter in der Polarlichtforschung des 19.Jahrhunderts. Eine kleine Reminiszenz soll nachstehend mit schweizerischen Beobachtungen des Polarlichtes vom 8./9. November 1991, sichtbar in weiten Teilen Mittel-Europas, verbunden werden.

Pioniere der Polarlichtforschung

Bis weit in die Mitte des 18. Jahrhunderts waren Polarlichter z.B. ein atmosphärisches Phänomen von schwefligen Erdausdünstungen [1], ihre Erklärung für Ursache und Ausbreitung stand noch aus. Wichtige offene Fragen für das Verständnis des faszinierenden Himmelsleuchten konnten Schweizer Forscher in ihrer Zeit entscheidend mitbeantworten.

Als ihre erste historische Persönlichkeit war es Jean-Alfréde Gautier (1793-1881), Professor der Astronomie und Direktor der Sternwarte in Genf, der seine Forschungsergebnisse aus geomagnetischen Studien 1869 veröffentlichte. Unabhängig von seinerzeitigen Forschern beschreibt er einen solar-terrestrischen Zusammenhang mittels einer nahezu 10-jährigen Periode bei der Häufigkeit magnetischer Störungen im Einklang mit beobachteten Sonnenflecken und Polarlichtern [2].

In dieser Zeit war es Rudolf Wolf (1816-1893), einem Wegbereiter physikalischer Sonnenforschung, Professor an der Eidgenössischen Hochschule und Direktor der Eidgenössischen Sternwarte, beide in Zürich, im Jahre 1852 gelungen, eine mittlere Sonnenfleckenperiode von 11.11 ± 0.038 Jahre nachzuweisen. Im Gegensatz zu Gautier, der seine aufgefundene Beziehung späterhin nicht weiterverfolgte, blieb Wolf der solar-terrestrischen Forschung treu. Hier waren Polarlichter u.a. auch sein Forschungsobjekt, und wenig später konnte er 1857 ein Verzeichnis von über 5500 Polarlichtern vorlegen. Hinsichtlich der Häufung von Polarlichtern war 1852 Wolf's Erkenntnis, daß "namentlich die fleckenreichen Jahre der Sonne auch an Nordlichterscheinungen... auffallend reich gewesen seien", Wegweiser für die Erforschung dieses Zusammenhanges [3].

Eine statistische Aufbereitung des damals vorliegenden Nordlicht-Materials blieb aber einem persönlichen Freund Wolf's in Zürich, Herman Fritz (1830-1893), Professor der Maschinenbaulehre und Technischen Zeichnens an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, vorbehalten.

Aurore boréale du 8 novembre 1991

Les aurores boréales en Suisse: rétrospective et observations récentes.

L. SCHLAMMINGER

En Europe centrale, latitude approximative 45° à 55° N, les aurores boréales sont des manifestations peu fréquentes. Ces phénomènes atmosphériques lumineux d'une grande beauté ne sont observés en connaissance de cause que par un nombre de personnes très restreint. L'activité aurorale la plus récente du 22e cycle solaire a néanmoins pu être confirmée par des observations fiables, ayant eu lieu notamment en Suisse.

Les quelques cas d'observation historiquement connus entre le lac de Constance et le lac Léman sont cependant en contradiction avec la réputation dont jouissaient en la matière les érudits suisses du XIXe siècle.

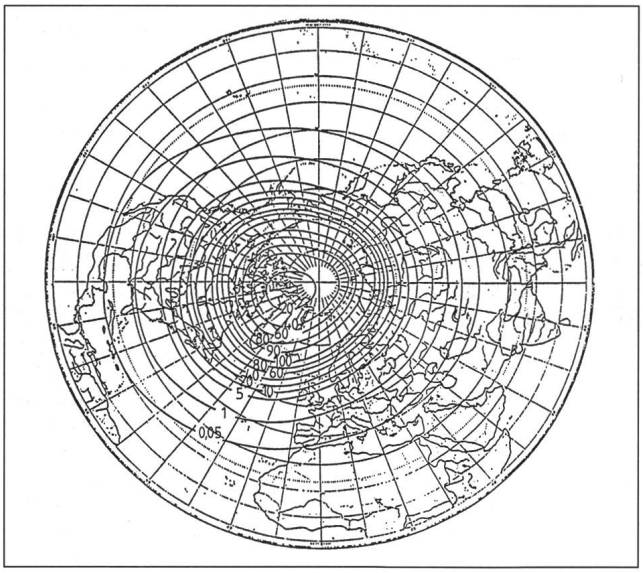
Pionniers de la recherche aurorale

D'importants jalons dans la compréhension du phénomène fascinant des aurores polaires purent être posés de manière décisive par des chercheurs suisses.

Parmi eux, la première personnalité historique fut Jean Alfréde Gautier (1793-1881), professeur d'astronomie et directeur de l'observatoire de Genève, qui publia en 1869 les résultats de ses recherches géomagnétiques. Indépendamment des chercheurs de son temps, il y établissait un rapport Soleil-Terre à l'aide d'une période de perturbations géomagnétiques de presque 10 ans coïncidant avec les taches solaires et les aurores boréales observées [2].

Abb. 1 Die Isochasmen zwischen Orten gleicher Häufigkeit von Polarlichtern in der nördlichen Hemisphäre nach H.Fritz, 1878, mit Ergänzungen von E.H.Vestine [5].

Fig. 1 Isochasmes reliant les points géographiques de même fréquence aurorale dans l'hémisphère nord selon H. Fritz, 1878, complété par E. H. Vestine [5].



H.Fritz konnte nachweisen, daß für die Polarlichter eine breitenabhängige Häufigkeit auftritt. Mit seiner Konstruktion eines als "Isochasmen" bezeichneten Kurvensystem für Breiten gleicher Häufigkeit, wurde die Existenz von Polarlichtzonen erstmals deutlich (Fig.l). Es sind ovale Regionen um die geomagnetischen Pole, etwa 67° geomagnetischer Nord- bzw. Süd-Breite, auf der Nachtseite eines Erdentages.

Auch den Wolf'schen Polarlichtzyklus konnte er bestätigen und aufdecken, daß eine Parallelität für die Häufigkeit von Sonnenflecken und Polarlichtern statistisch nachgewiesen werden kann. Es war auch H.Fritz, der 1862 daraufhinwies, daß für das Polarlichtmaximum in mittleren Breiten, geographisch ≤50°N, eine Verzögerung von etwa 1.5 Jahre gegen den Zeitpunkt des Sonnenfleckenmaximums zu bestehen scheint [4]. Moderne Untersuchungen durch Fraser-Smith erbrachten eine Bestätigung dieser heute wenig beachteten Zeitdifferenz ihrer Verzögerung [l8]. Wir verdanken schließlich H.Fritz den für die Statistik sehr geschätzten, umfangreichen Katalog von Polarlichtbeobachtungen von 503 B.C. bis A.D. 1872 in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts [6].

Die Erkenntnisse in den Arbeiten von J.A.Gautier, R.Wolf und H.Fritz waren wichtige Schritte in Richtung einer erfolgreichen Erforschung dieses solar-terrestrischen Himmelsphänomens. Der für das Polarlicht verantwortliche physikalische Auslöser konnte danach nur noch von außerhalb der irdischen Atmosphäre kommen, so wäre heute rückschauend ein gemeinsames Resumé ihrer Forschungsergebnisse zu konstatieren.

Beobachtungen in der Schweiz

Frühe Berichte über Nordlichtbeobachtungen in der Schweiz reichen weit zurück bis in das Mittelalter. Als eine ihrer wertvollsten gilt die gedruckte Schilderung des Schweizer Universalgelehrten Conrad Gessner (1516-1565) über das Nordlicht vom 6. Januar 1561. In seiner Schrift "Historia et interpretatio prodigij, quo coelum ardere visum est per plurimas Germaniae regiones" [7] wird erstmals für ein Nordlicht unterschieden in seinen Farbvariationen, Strahlen und Flächen [8]. Neuzeitliche spektakuläre Ereignisse waren in der Schweiz mit den Nordlichtern vom 25. Januar 1938 und vom 22. Januar 1957 verbunden. Beides intensive rötliche Himmelsfärbungen, die auch in vielen Orten Mittel-Europas bis nach Nord-Afrika zu beobachten waren [9].

Das Nordlicht am 8. November 1991 wurde in Mittel-Europa, obgleich seiner sehr niedrigen Häufigkeit von etwa l Nordlicht pro 10 Jahre, vielerorts beobachtet. So z.B: in Belgien [10], Deutschland [11] Süd-England [12] Nord-Italien [13], Österreich [14], der Schweiz [l5] und auch in Ungarn [16].

Eine Anfrage im ORION 251, August 1992, speziell nach Schweizer Beobachtungen, erbrachte lediglich eine Zuschrift von A. Ossola, Lugano/Ti [17]. Als eigentliche Anregung für diesen Beitrag ist die Mitteilung einer Nordlichtbeobachtung am 8. November 1991 durch P. Graf, Bern, beschrieben in SONNE 62, August 1992, anzusehen. Danach war Peter Graf "als Wehrpflichtiger in seiner letzten Dienstnacht in den Alpen bei Gstaad im Berner Oberland beim Wachdienst. Als er in einer kleinen Wolkenlücke im Norden plötzlich ein Wölkchen sah, welches rot leuchtete (wie das Abendrot) und etwa nach einer Minute verblaßte. Später hatte er den Eindruck, hinter den aufziehenden Wolken leuchtete der Himmel manchmal so weisslich". Das Polarlicht war für ihn unterhalb des Polarsternes sichbar, Uhrzeit: ca. 02h MEZ [l5]. A. Ossola berichtet, daß seine Tochter das Nordlicht am Abend des 8. November

A la même époque, Rudof Wolf (1816-1893), précurseur de l'étude physique du Soleil, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich et directeur de l'observatoire fédéral de cette même ville, a pu déterminer en 1852 une périodicité moyenne de 11.11 ± 0.038 ans du cycle de taches solaires. Wolf, qui s'intéressait également aux aurores polaires, avait été frappé par l'activité aurorale élevée au cours des années abondantes en taches solaires [3]. Cette constatation fut déterminante pour l'étude ultérieure de ce parallélisme.

C'est cependant à un ami personnel de Wolf, Hermann Fritz (1830-1893), professeur de construction mécanique et de dessin technique au Polytechnicum de Zurich, que l'on doit l'évaluation statistique des données rassemblées sur les aurores boréales. H. Fritz a montré que la fréquence des aurores boréales est liée à la latitude. Son système de courbes nommées «isochasmes», reliant les points géographiques de même fréquence, a mis clairement en évidence l'existence de zones aurorales (Fig. 1).

Il a de plus pu confirmer la périodicité du cycle solaire calculée par Wolf, et démontrer statistiquement l'existence d'une corrélation entre l'abondance des taches solaires et l'activité aurorale. En 1862, H. Fritz a encore fait remarquer qu'il semblait y avoir un retard d'environ 1,5 ans entre le maximum de l'activité solaire et l'activité aurorale maximale aux latitudes moyennes (≤ 50° N) [4]. Ce décalage qui ne suscite de nos jours que peu d'attention a cependant été confirmé par les travaux modernes de Fraser-Smith [18]. Enfin, c'est à H. Fritz que nous devons une compilation d'une grande valeur statistique sous la forme de son «catalogue des aurores polaires observées de 503 av. J.-C. à 1872» publié en 1873 [6].

Observations d'aurores boréales en Suisse

Bien que les aurores polaires soient des phénomènes rares en Europe centrale (environ une aurore tous les 10 ans), l'aurore boréale du 8 novembre 1991 a pu y être observée en de nombreux endroits. Citons notamment la Belgique [10], l'Allemagne [11], le Sud de l'Angleterre [12], le Nord de l'Italie [13], l'Autriche [14], la Suisse [15] et la Hongrie [16].

Une demande de renseignements parue dans ORION 251, août 1992, et visant a obtenir des informations sur des observations suisses, a eu pour seule réponse une lettre de A. Ossola, Lugano/Ti [17]. L'élément décisif à la rédaction du présent article est le récit de l'observation d'une aurore boréale le 8 novembre 1991 par P. Graf de Berne, récit cité dans SONNE 62, août 1992. Astreint au service militaire, Peter Graf tenait sa dernière nuit de service en montant la garde près de Gstaad, dans l'Oberland bernois. C'est alors qu'il vit soudain, au nord, dans une trouée nuageuse, un petit nuage éclairé d'une lumière rouge (comme au coucher du soleil) qui pâlit et disparut au bout d'une minute. Plus tard, il lui sembla que le ciel était éclairé, derrière les nuages, d'une lueur blanchâtre. Pour lui, l'aurore boréale était visible en dessous de l'étoile Polaire. Heure approximative : 02h H.E.C. [15].

A. Ossola rapporte que sa fille a été la première à voir l'aurore boréale. C'était le soir du 8 novembre 1991, vers 22h 39min H.E.C. à Cari/Ti, dans la Valle Leventina. Le phénomène auroral se signalait par une forte coloration rouge. Visible d'abord au nord-ouest, il s'est ensuite lentement déplacé vers le nord en pâlissant, si bien que vers minuit, on ne distinguait plus qu'une légère teinte rose à l'horizon nord. Le lieu d'observation se situe dans le massif du Saint-Gothard à environ 1650 m d'altitude. La position de l'aurore boréale au-dessus de l'horizon théorique a été estimée grossièrement à max. 50° à 60° [17].

1991 gegen 22h 39m MEZ in Cari/Ti im Valle Leventina/Ti als erste beobachtete. Es hatte eine auffallend stark rote Farbe. Sichtbar zuerst in Nord-Ost, mit anschließender langsamer Bewegung in Richtung Nord. Die Farbe hat sich dabei abgeschwächt, sodaß gegen Mitternacht nur noch eine ganz blasse rosa Färbung über dem Nord-Horizont zu sehen war. Der Beobachtungsort in der Gotthard-Region liegt etwa 1650 m über NN. Die Höhe des Nordlichtes über dem theoretischen Horizont wurde grob auf max. 50° bis 60° geschätzt [17].

Nach A. Ossola erhielt das Specola Solare di Locarno Monti zwei weitere Beobachtungen mitgeteilt. Beides Tessiner Meldungen für den 8. November 1991 für die Zeit gegen 23h 15m MEZ und zwar aus Losone und Claro. Der erstere Ort liegt bei Locarno und der zweite nördlich Bellinzona. Hierbei stellt sich auch ein subjektives Phänomen von allgemeinem Interesse. Nämlich die seit altersher beschriebenen scheinbaren Feuersbrünste, immer verbunden mit dem Erscheinen von Nordlichtern in mittleren Breiten. So entstand auch am 8. November 1991 scheinbar eine Feuersbrunst für die Bewohner des Maggia-Tales und sie alarmierten irrtümlich ihre Feuerwehr [17]. Es war eine dunkle Nacht, zwei Tage nach Neumond mit Mond-Untergang gegen 17h 47m MEZ.

Die von uns modernen Menschen oft zu Unrecht belächelten Berichte aus dem frühen Mittelalter über Flammen, die am Himmel sichtbar waren, Schröder,1984, Seite 16-19 in [1] dürften für ihre Bewertung hiernach durchaus noch heute unseren Respekt verdienen. Die rötlichen Zeichen des Himmels haben sich offenbar seit dieser frühen Zeit in ihrer trügerischen Erscheinung und seinem Unverständnis nur unwesentlich gewandelt.

Polarlichthäufigkeit

Aufgrund der von H. Fritz [4], dem Pionier der Polarlichtstatistik, entdeckten 1.5-jährigen Verzögerung der Polarlichtmaxima war zu erwarten, daß bei einem vorläufigen Fleckenmaximum für den laufenden 22. Zyklus im Juni 1989 sich in den Monaten um die Jahreswende 1990/91 regelgemäß ein verzögertes Polarlichtmaximum einstellen könnte (Fig.2). Für diese Zeit nach dem 1989er Sonnenfleckenmaximum wurde in unseren Breiten eine überdurchschnittliche Polarlichthäufigkeit auch beobachtet [10-16].

Die mittlere Höhe von Polarlichtern beträgt etwa 100 km, wobei ein Maximum der Häufigkeit für grünliche bei 110 km und für das aktive grünliche bis gelbliche Polarlicht mit roter Unterkante bei etwa 90 km auftritt. Seine vertikale Ausdehnung beträgt jeweils rund 20 bis 30 km. Eine Ausnahme stellt die mittlere Höhe des aktiven roten Polarlichtes dar, dessen Höhenverteilung hat sein Maximum in etwa 250 km Höhe. In Höhen um 100 km ist nämlich die mittlere Zeitspanne zwischen zwei Stößen des Sauerstoffatoms kürzer als die Lebensdauer des angeregten Zustandes (110 s). Daher wird die Emission des roten Polarlichtes durch die überwiegende Stoß-Deaktivierung unterdrückt. Ausgedehnte rote Polarlichter sind deshalb stets ein untrügliches Zeichen dafür, daß sich das Naturschauspiel in großer Höhe präsentiert. Mit Hilfe moderner Radar-Ortung konnte aktives rotes Polarlicht bis in Höhen um 1000 km gemessen werden [19].

Für die Zeitabschnitte von September 1986 bis Juni 1989, entsprechend der Anstiegsphase des 22. Sonnenfleckenzyklus und von Juli 1989 bis Juli 1992, entsprechend hier Anteil der fortschreitenden Abstiegsphase des 22. Zyklus, sind in Fig.2 die aufgetretenen verhältnisgleichen Häufigkeiten der in mittleren Breiten Süd-Englands und Deutschlands beobachteten Polarlichter eingetragen.

A. Ossola nous a également signalé que deux autres avis sont parvenus à la Specola Solare di Locarno Monti, tous deux concernant des observations faites dans le Tessin dans la nuit du 8 novembre 1991, vers 23h 15min H.E.C., la première à Losone, près de Locarno, et la deuxième à Claro, au nord de Bellinzona. Il convient ici de mentionner un phénomène subjectif d'intéret général, à savoir ces incendies apparentes décrites de tous temps et liées aux phénomènes auroraux aux latitudes moyennes. C'est ainsi que le 8 novembre 1991, les habitants de la vallée de la Maggia ont cru à une incendie et alarmèrent par erreur leurs pompiers [17]. C'était une nuit sombre, deux jours après la nouvelle lune, avec coucher de lune vers 17h 47min H.E.C.

Intensité de l'activité aurorale

Considérant le décalage d'un an et demi découvert par H. Fritz [4], pionnier de la statistique aurorale, entre le maximum de l'activité solaire et l'intensité aurorale maximale, il fallait s'attendre, après un maximum provisoire de l'activité solaire du 22e cycle en juin 1989, à une forte activité aurorale fin 1990 – début 1991 (Fig. 2). En effet, le nombre d'aurores boréales observées pendant cette période est inhabituellement élevé [10 à 16].

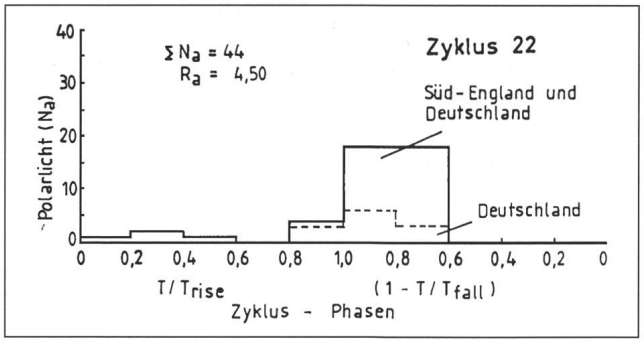
Les fréquences des aurores boréales observées aux latitudes moyennes du Sud de l'Angleterre et de l'Allemagne au cours des périodes de septembre 1986 à juin 1989 (phase croissante du 22e cycle solaire) et de juillet 1989 à juillet 1992 (phase décroissante du 22e cycle solaire) sont représentées, rapportées à une même échelle, au diagramme de la Fig. 2.

Les quotients T/T_{rise} et ($1-T/T_{fall}$) de 0 à 1.0 et de 1.0 à 0 permettent d'obtenir une pondération relative commune des phases de croissance et de décroissance du cycle solaire, et de diviser leurs durées respectives en pas comparables. Il est alors possible, à l'aide d'une mesure relative commune, de comparer des cycles solaires dont les périodes sont de durée inégale (par exemple 8 à 17 ans). La division par pas 1/5 des périodes T_{rise} et T_{fall} entraîne une répartition du cycle total sur 10 segments, ce qui représente une bonne approximation de la durée totale des cycles dont la valeur moyenne est d'environ 11 ans. La quantité d'aurores polaires par cycle est caractérisée par leur somme $\sum N_a$ et par le nombre proportionnel $R_a = N_{fall}/N_{rise}$ [20].

Dans la Fig. 2, $\sum N_a$ est obtenu par l'addition de 32 observations anglaises et de 12 observations allemandes. La valeur posée pour la durée du cycle est de 11.2 ans, soit 2.75

Abb. 2 Phasenabhängige Häufigkeit von Polarlichtern in England (32) und Deutschland (12) während des 22. Sonnenfleckenzyklus.

Fig. 2 Fréquence des aurores boréales observées dans le Sud de l'Angleterre (32) et en Allemagne (12) au cours des différentes phases du 22e cycle solaire.



Darin bedeuten die Quotienten T/T_{rise} bzw. $(1-T/T_{fall})$ von 0 bis 1.0 bzw. von 1.0 bis 0 eine verhältnisgleiche Teilung der Anstiegs- bzw. Abstiegs-Phasendauer beliebiger Zyklus-Epochen von Minimum bis Maximum bzw. von Maximum bis Minimum im Verlaufe der Zyklusdauer. Hierdurch werden Sonnenfleckenzyklen von unterschiedlicher Periodendauer zwischen z.B. 8 bis 17 Jahre mittels eines relativen Zyklusmaßes vergleichbar. Weiter bedeutet der gewählte Teilungsschritt eine sukzessive 1/5 Zeitstufung der T_{rise}- bzw. T_{fall}-Dauer in 10 Schritten auch eine gute Näherung an die im Mittel etwa 11-jährige Zyklusdauer. Die Anzahl der Polarlichter je Zyklus wird durch deren Summe $\sum N_a$ und durch die Verhältnis-Zahl $R_a = N_{fall}/N_{rise}$ charakterisiert [20].

In der Fig.2 setzt sich $\sum N_a$ aus 32 englischen und 12 deutschen Polarlicht-Registrierungen zusammen. Als Zyklusdauer wurden 11.2 Jahre zugrunde gelegt, darin sind 2.75 Jahre Anstiegsdauer und 8.45 Jahre Abstiegsdauer enthalten. Die Polarlichter wurden in geographischen Gebieten ≤55°N beobachtet und ergeben für Süd-England ein Jahresmittel von 2.86 und für Deutschland von 1.07 Polarlichtern. Die höhere geomagnetische Breite des englischen gegenüber dem deutschem Beobachtungsgebiet dürfte wohl die Ursache für das bemerkenswerte englische Jahresmittel sein. Das Histogramm läßt für beide Häufigkeitsverteilungen und daher auch summiert mit $R_a = 4.50$ das nach H. Fritz verzögerte Polarlichtmaximum gegen den Zeitpunkt des Sonnenfleckenmaximum auch für den 22. Zyklus erkennen.

Höhenbestimmung einer Tessiner Beobachtung

Nachdem M.Holl [11] am 8.November 1991 von 23h21m bis 23h57m MEZ im Zenit über dem Stadtgebiet Hamburg's rötliches Leuchten beobachtete, haben weitere Beobachter [10, 12-16] diese Erscheinung als ein ausgedehntes rotes Polarlicht, in weiten Teilen Mittel-Europas sichtbar, bestätigt. Die nachstehende Höhenbestimmung wurde aber erst möglich, nachdem auch eine Simultanbeobachtung der Hamburger Polarlichterscheinung für den kleinen Ort Cari/Ti in der Schweiz von A.Ossola mitgeteilt wurde [17].

Als geographische Distanz zwischen beiden Orten der Simultanbeobachtung Cari/Ti ($\varphi = 46°29$ N, $\lambda = 08°49'$ E) und Hamburg ($\varphi = 53°$ 30 N, $\lambda = 10°07$ E) ergibt sich (Fig.3) für die Strecke CH = 784.57 km. Mit einem mittleren Erdradius von $R_E = 6376.4670$ km ist der geozentrische Winkel $\varphi_o = 7.0597°$ gegeben und damit als Horizont-Linie von Cari/Ti (C) bis nach Hamburg (H) die Seite $A = R_E \sin \varphi_o$ des Höhendreieck's ABC bestimmt.

Mit Hilfe des Pythagoras kann die Gleichung $(R_E + r)^2 = R^2_E + A^2$ gebildet werden und nach deren Umformung wird als Teilstrecke r für die Höhe (r + B) bis zur Erhebung des Polarlichtes im Zenit über dem Stadtgebiet von Hamburg r = 47.91 km erhalten.

Mit der Seite A und den beiden Winkeln β und γ für das Höhendreieck ABC in der senkrechten Ebene der Horizont-Linie von Cari/Ti nach Hamburg lassen sich die nachstehenden Sinus-Sätze angeben:

$$B = \frac{A \sin \beta}{\sin[180° - (\beta + \gamma)]} \quad (1) \qquad C = \frac{A \sin \gamma}{\sin[180° - (\beta + \gamma)]} \quad (2)$$

Mit A = 782.59 km, $\beta = 50°$ und $\gamma = 97.0597°$ errechnet sich als obere Grenze für die Erhebung des roten Polarlichtes im Zenit von Hamburg eine Höhe (r + B) = 799.11 km.

ans pour la phase de croissance et 8.45 ans pour la phase de décroissance. Les aurores boréales ont été observées à des latitudes géographiques ≤ 55° N. La moyenne annuelle anglaise est de 2.86, la moyenne annuelle allemande de 1.07.

Détermination de la hauteur d'une observation tessinoise

La luminosité rougeâtre observée au zénith de la ville de Hambourg par M. Holl [11] le 8 novembre 1991 entre 23h 21min et 23h 57min H.E.C. a pu être identifiée, grâce à d'autres observations [10, 12 à 16], comme étant une aurore boréale rouge allongée. Ce n'est cependant que grâce à la lettre de A. Ossola, dans laquelle il nous communiquait son observation simultanée à Cari/Ti, en Suisse, que le calcul de hauteur ci-dessous fut possible [17].

La distance géographique entre les deux points d'observation simultanée Cari/Ti ($\varphi = 46°29''$N, $\lambda = 08°49''$E) et Hambourg ($\varphi = 53°30'$N, $\lambda = 10°07'$E) présente la valeur CH = 784.57 km. Un rayon terrestre moyen de $R_E = 6376.4670$ entraîne un angle géocentrique $\varphi_o = 7.0597°$, ce qui nous permet de tracer comme ligne d'horizon Cari/Ti (C) et Hambourg (H) la base $A = R_E \sin \varphi_o$ du triangle altimétrique ABC.

Grâce au théorème de Pythagore nous pouvons ainsi énoncer l'équation $(R_E + r)^2 = R_E^2 + A^2$, dont la réduction nous apporte la valeur r = 47.91 km comme partie de la hauteur (r + B) de l'aurore boréale au zénith de Hambourg.

Le côté A et les deux angles β et γ du triangle de hauteur ABC dans le plan vertical de la ligne d'horizon Cari – Hambourg nous permettent d'obtenir pour les cotés B et C les équations suivantes :

$$B = \frac{A \sin \beta}{\sin[180° - (\beta + \gamma)]} \quad (1) \qquad C = \frac{A \sin \gamma}{\sin[180° - (\beta + \gamma)]} \quad (2)$$

Avec A = 782.59 km, $\beta = 50°$ et $\gamma = 97.0597°$, nous obtenons une hauteur (r + B) = 799.11 km du sommet de l'aurore boréale au zénith de Hambourg.

Visibilité

Les conditions météorologiques les 8 et 9 novembre aux deux points d'observation étaient déterminées par une zone de haute pression située sur l'Europe centrale. La visibilité était bonne à excellente avec formation épisodique de légers nuages. L'observation visuelle à une distance aussi élevée (le calcul trigonométrique de la distance C entre le point zénithal Hambourg et Cari/Ti révèle la valeur C = 973.25 km – voir (2) ci-dessus) est remarquable. L'étendue du phénomène a certainement joué un rôle non négligeable.

La ligne visuelle d'un observateur se trouvant à Cari et regardant vers Hambourg est presque parallèle aux lignes de champ magnétique d'un plan méridien de coordonnée $\gamma_m \sim 90°$ de longitude. Cela pourrait également expliquer la bonne visibilité de l'aurore boréale à Cari. En effet, étant donnée la précession des particules de vent solaire autour des lignes de champ magnétique, la ligne visuelle de l'observateur se trouvant à Cari est quasi perpendiculaire au plan sécant à la zone d'activité de ces particules dans la haute atmosphère. Cela signifie donc que l'effet optique des particules s'additionne le long de la ligne visuelle de l'observateur.

L'auteur remercie A. Ossola, Lugano; G. Sebök, Budapest et R.J. Livesey, Edinburgh, aurora section de la BAA, pour leur aimable collaboration à l'élaboration du corpus du présent article.

Nicht berücksichtigt wurde die Refraktion des Strahlenganges der eine scheinbare Erhöhung der Erscheinung über dem Horizont vortäuschen würde und auch die unterschiedliche Meereshöhe von Cari/Ti und Hamburg. Es dürften dadurch aber nur unwesentliche Korrekturen notwendig werden. Der in Cari/Ti beobachtete große Erhebungswinkel $\beta = 50°$ des Polarlichtes über dem Horizont, konnte durch Beobachtungen von K.Rom und F.Brandfelner auf der Gerlitzen/ Kärnten (1950 m) in Österreich bestätigt werden. Um 23h erstrahlte ein großes Nordlicht von Nordwesten (Schwan) bis Nord (Großer Wagen) am teilweise bewölkten Himmel. Es reichte bis über den Polarstern hinauf, rund 50° hoch [22] .

Fernsichtbarkeit

In der Nacht vom 8./9. November 1991 wurde die Großwetterlage in beiden Beobachtungsgebieten von einer ausgedehnten Hochdruckzelle über Mittel-Europa bestimmt. Es lagen gute bis sehr gute Fernsichtbedingungen mit zeitweise aufkommender leichter Bewölkung vor. Die oben mit (2) trigonometrisch ermittelte Entfernung zwischen dem Zenit- und Simultan-Ort, Hamburg und Cari/Ti, ist mit C = 973.25 km zweifellos beträchtlich für eine visuelle Beobachtung tief über dem Horizont. Dabei spielt wahrscheinlich die Großflächigkeit der Erscheinung eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Von Cari/Ti blickt man in Richtung Hamburg nahezu parallel den magnetischen Feldlinien einer Meridian-Ebene mit der Co-Koordinate $\gamma_m \sim 90°$ Länge. Damit könnte sich auch die gute Fernsichtbarkeit des Polarlichtes für einen Cari-Beobachter möglicherweise begründen lassen. Die um die magnetischen Feldlinien präzessierenden Sonnenwind-Partikel ermöglichen dem Cari-Beobachter quasi eine Draufsicht auf die Ebene ihres Wirkungsquerschnittes in der Hochatmosphäre. Das beinhaltet schließlich eine optische Integration von Polarlichtemissionen entlang der Sichtlinie bei der visuellen Beobachtung.

Als Verursacher des ausgedehnten Polarlichtes vom 8./9. November 1991 könnten solare Flares um den 5./6. November mit einer mittleren Teilchengeschwindigkeit von etwa 600 km/s infrage kommen. Im Zentral-Meridian der Sonne befand sich nach A.Schroll [21] am 4.November eine C-Gruppe. Ihre rasche Entwicklung zu einer E-Gruppe mit zahlreichen Flares (L ≤50°W) ist möglicherweise eine der Sonnenwind-Quellen für das rote Polarlicht über Hamburg,gesehen auch in der St. Gotthard-Region bei Cari/Ti.

Der Autor bedankt sich bei A.Ossola, Lugano; G.Sebök, Budapest und R.J.Livesey, Edinburgh, aurora section der BAA, für die freundliche Unterstützung mit Datenmaterial.

L.SCHLAMMINGER
F.S.Astronomical Observatory
Berganger 19, D – W-8524 Neunkirchen am Brand

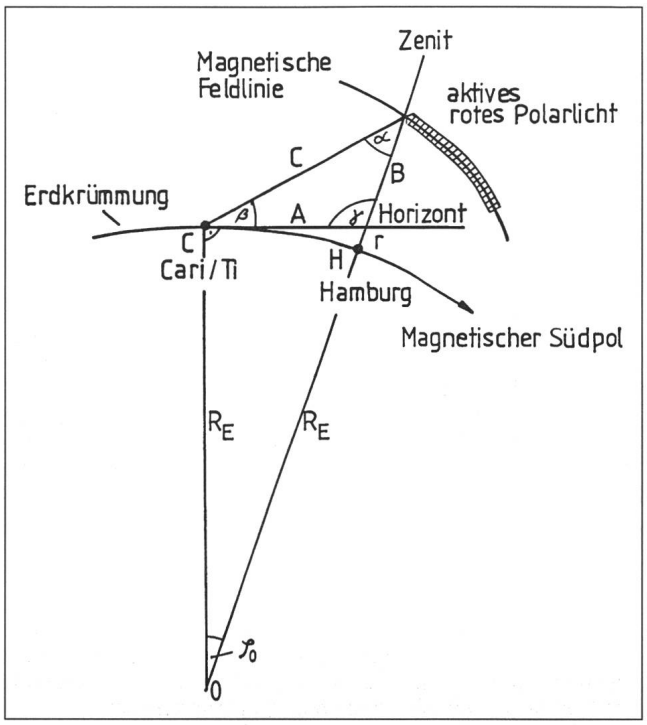


Abb 3 Zur trigonometrischen Höhenbestimmung des Polarlichtes vom 8. November 1991. 0 bezeichnet den Mittelpunkt der Erde.

Fig. 3 Détermination trigonométrique de la hauteur de l'aurore boréale du 8 novembre 1991. 0 représente le centre de la Terre.

Bibliographie

[1] Schröder, W.: *Das Phänomen des Polarlichts,* Darmstadt, 1984.
[2] Gautier, J.A.: *De la constitution du soleil*, Arch. Genève XVIII, 1869.
[3] Wolf, R.: *Geschichte der Astronomie*, München, 1877.
[4] Fritz, H.: *Die Beziehungen der Sonnenflecken zu den magnetischen und meteorologischen Erscheinungen der Erde*, Haarlem, 1878.
[5] Vestine, E. H.: *The geographic incidence of aurora and magnetic disturbance, northern hemisphere*, Terr. Magn. **49**, 1944, 77-102.
[6] Fritz, H.: *Verzeichnis beobachteter Polarlichter,* Wien, 1873.
[7] Gessner, C.: *Universalgelehrter, Naturforscher, Arzt*, Zürich, 1967.
[8] Schröder, W.: *Zur Geschichte der Polarlichtforschung*, Phys. Bl. **34**, 1979, 160-164.
[9] Walker, A.: *Polarlichter und Sonnenfleckenmaximum*, Naturw. Rundschau **45**, 1992, 1-6.
[10] Roggemans, P.: *Beobachtungsergebnisse November 1991*, Mitteil. des Arbeitskreises Meteore Nr. **129**, 1991, 1.
[11] Holl, M.: *Polarlichter, Nachtleuchtente Wolken, oder...?*, SONNE **60**, 1991, 123.
[12] Hardie, B.: *Aurora Section*, J. Br. Astron. Assoc. **102**, 1992, 76-78.
[13] Rinaldi, C.: *Occhio alle aurore, l'astronomia* **117**, 1992.
[14] Filimon, E.: *Weitere Polarlichtbeobachtungen, Der Sternenbote* **35**, 1992, 15.
[15] Holl, M.: *Noch einmal*: Das Polarlicht vom 8. /9. 11. 91, SONNE **62**, 1992, 54.
[16] Sebök, G.: Budapest/Ungarn, pers. Mitteilung, 1992.
[17] Ossola, A.: Lugano/Schweiz, pers. Mitteilung, 1992.
[18] Fraser-Smith, A. C.: *Spectrum of the Geomagnetic Activity Index Ap*, J. Geophys. Res. **77**, 1972, 4209-4220.
[19] Gustafsson, G.: *Polarlicht, Phys.* Bl. **38**, 1982, 287-292.
[20] Schlamminger, L.: *Aurora borealis during the Maunder minimum*, Mon. Not. R. astr. Soc. **247**, 1990, 67-69.
[21] Schroll, A.: *Die Sonnenaktivität im November 1991,* Der Sternenbote, **35**, 1992, 9.
[22] Rom, K. ; Brandfellner, F.: *Polarlicht am 1. und 8. November 1991*, Der Sternenbote **34**, 1991, 251.