Versuch einer Orts- und Höhenbestimmung an einem Geminiden-Meteor

Autor(en): **Alean, Jürg**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **33 (1975)**

Heft 146

PDF erstellt am: **05.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-899433

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

Der Meteorfall vom 30. August 1974

Eine weitere Meldung von JÜRG ALEAN, Hedingen

In ORION *32*, S. 203 (1974) berichtete der Verfasser über einen aussergewöhnlich hellen Meteor, den er am 30. August 1974 um 2^h24^m beobachten konnte. Meldungen anderer Beobachter trafen seither nicht ein, doch entging diese Erscheinung berufenen Stellen in Deutschland nicht. In der November-Nummer von Sky and Telescope[1]) wurde berichtet:

«Am Morgen des 30. August 1974 erschien eine glänzend helle Feuerkugel über der Schweiz und bewegte sich in nordöstlicher Richtung gegen das südliche Bayern. Das Objekt wurde von 5 deutschen Stationen des European All-Sky Camera Network registriert und die Bilder wurden von Dr. Z. CEPLECHA und Dr. M. JEZKOVA von der Ondrojeover Sternwarte in der CSSR ausgemessen. Diese Autoren berechneten, dass der Meteor in einer Höhe von 71 km erschien und erst in 27 km Höhe erlosch, als er eine Geschwindigkeit von 4.35 km/sec. hatte. Aus der grossen Helligkeit und der geringen Höhe des Verlöschens wurde eine Masse von etwa 9 kg meteoritischen Materials berechnet, das die Erdoberfläche wahrscheinlich in festem Zustand erreicht haben dürfte. Der berechnete Einschlagspunkt liegt bei 9°56′14″ östlicher Länge und 47°50′20″ nördlicher Breite, d. h. etwa 120 km westsüdwestlich von München. Eine Suche in diesem Gebiet wurde von MAX PLANCK-Institut für Kernphysik in Heidelberg organisiert.

Dr. CEPLECHA und Dr. JEZKOVA haben weiter die Umlaufbahn dieses Körpers um die Sonne vor seinem Eintritt in die Erdatmosphäre berechnet. Sie erhielten eine Umlaufszeit von 2.1 Jahren auf elliptischer Bahn, wobei die Sonnenentfernung 0.98 AE im Perihel und 2.30 AE im Aphel betrug. Diese Umlaufbahn gleicht jener des Lost City-Meteors von Oklahoma (U.S.A.) vom 3. Januar 1970[2])».

Literatur:
[1]) Sky and Telescope, November 1974, S. 299.
[2]) Sky and Telescope, März 1970, S. 154, 158.

Adresse des Berichterstatters:
JÜRG ALEAN, Rainstrasse 26, CH-8908 Hedingen.

Versuch einer Orts- und Höhenbestimmung an einem Geminiden-Meteor

von JÜRG ALEAN, Hedingen

Den Anlass zum Versuch einer Orts- und Höhenbestimmung von Meteor-Bahnen bot die erfolgreiche Photographie einiger Perseiden im August 1974. Als Objekt dieses Versuchs boten sich die Geminiden im Dezember 1974 an, als nach einer längeren Schlechtwetter-Periode am 13. Dezember 1974 der Himmel aufklarte.

Um Meteorspuren zu vermessen, bedarf es einer Gruppe von mindestens zwei mit Kleinbildkameras ausgerüsteter Beobachter, die zur gleichen Zeit dasselbe Himmelsareal photographieren. Dabei bieten sich zwei Möglichkeiten an, je nachdem, ob zwei oder drei Beobachter sich an dieser Aufgabe beteiligen.

1. Im Falle zweier Beobachter, deren Standorte einen bekannten Abstand haben, wird das gleiche Himmelsareal zu gleichen Zeiten photographiert und dazu Fallzeit und Ort der Meteore notiert. Die Parallaxe von Meteorspuren auf synchronen Aufnahmen liefert dann zusammen mit den Zeit- und Ortsangaben die Grundlage für die Bahnberechnung.

2. Im Falle dreier Beobachter, deren Standorte die Ecken eines Dreiecks bilden und ebenfalls dasselbe Himmelsareal zu gleichen Zeiten photographieren, kann die Zeitangabe als zusätzliche Information wegfallen. Ausserdem ergeben sich noch weitere Vorteile.

Für Meteoraufnahmen erweist es sich als zweckmässig,

a) die Kameras auf das Radiantengebiet zu richten, da dort die Winkelgeschwindigkeit der Meteore relativ zur Kamera am kleinsten ist und daher auch lichtschwache Spuren erfasst werden können, und,

b) aus himmelsmechanischen Gründen die nachmitternächtliche Zeit oder jene Zeit zu wählen, zu der der Radiant kulminiert.

In den ersten Versuchen des Verfassers wurde die Methode für zwei Beobachter angewandt. Auf eine Nachführung der Kameras, die den ästhetischen Wert der Bilder gesteigert hätte, wurde verzichtet, da sich dadurch kein weiterer Informationsgewinn erzielen lässt. Für die Synchronisierung der Belichtungszeiten und für das koordinierte Vorgehen der beiden Beobachter erwies sich eine telephonische Verbindung als sehr nützlich, da auf diese Weise der Zeitvergleich, die atmosphärischen Bedingungen, die Einstellung auf das Himmelsareal bzw. das Radiantengebiet und an deres mehr jederzeit zu kontrollieren bzw. zu ändern waren.

Die praktische Durchführung des Versuchs erfolgte am Wohnort des Verfassers in Hedingen a. A. und am Wohnort eines Freundes in Thalwil. Die Basislinie zwischen den beiden Standorten betrug 7.9 km. Ihre Länge war als nicht ungünstig beurteilt worden, was sich indessen zufolge der Unterlassung der Durchrechnung eines simulierten Beispiels leider nicht bestätigte. In weiteren Versuchen werden längere Basislinien zu wählen sein. Zur Simultanaufnah-

me von Meteorspuren dienten zwei Kleinbildkameras (Minolta und Nikon) mit 28 mm-Objektiven. Die Weitwinkel-Objektive wurden des grösseren Gesichtsfeldes wegen den Normalobjektiven mit 50 mm Brennweite vorgezogen, die indessen ebensogut verwendbar gewesen wären, da ihre grössere Lichtstärke die raschere Bewegung der Strichspuren auf dem Film ohne weiteres zum gleichen photographischen Effekt kompensiert hätte. Als Film wurde der Kodak-Tri-X-Film benützt, da er für kurze Zeitintervalle hochempfindlich ist, und kein Interesse daran bestand, mit Astroemulsionen mit günstigerem SCHWARZSCHILD-Exponenten mehr Sterne aufzuzeichnen.

In der Nacht vom 13. auf den 14. Dezember 1974 erfolgten dann 10 synchrone Belichtungen von je 15 Minuten Dauer, wobei einige Störungen durch Wolken durch Improvisationen zu kompensieren waren. Einem Beschlagen und Vereisen der Kameras und Objektive konnte durch Haartrockner entgegengewirkt werden.

Bild 1: Übersichtsaufnahme. Geminide von etwa -2^m, 13. 12. 1974, 22^h30^m. Minolta-Kamera mit 28 mm-Objektiv 1:3.5, Kodak-Tri-X-Film, Belichtungszeit 15 Minuten. Das Objekt befindet sich unmittelbar über dem Sternbild Zwillinge, in dem der Planet Saturn als heller Strich zu sehen ist. Der Radiant liegt etwas über Castor und Pollux. Die Dunstwirkung ist durch hartes Vergrössern etwas übertrieben.

Während der Beobachtungszeit konnten zahlreiche Meteore gesichtet werden, die Aktivität der Geminiden erschien als eher überdurchschnittlich. Nicht alle Aufnahmen gelangen. So erschien der Meteor von Bild 1, das im übrigen den ganzen mit der 28 mm-Optik erfassbaren Himmelsausschnitt zeigt, nur auf einer Aufnahme, da der Verschluss der 2. Kamera eben noch nicht geöffnet war. Unter den übrigen Aufnahmen fanden sich dann zwei, deren Meteorspuren eine Auswertung erlaubten. Diese Aufnahmen zeigen je zwei komplette Spuren, deren hellere in den Bildern 2 und 3 in Ausschnittsvergrösserungen wiedergegeben sind. Die ungleich langen Sternspuren in diesen Bildern sind auf wolkenbedingte ungleich lange Verschlussöffnungszeiten zurückzuführen. Der Vergleich der beiden Bilder zeigt sehr schön die Parallaxe der beiden Spuren.

Zur Auswertung dieser Meteoraufnahmen (Positionen, Fallzeit) wurden zunächst die Äquatorialkoordinaten in Horizontalkoordinaten umgerechnet, wobei als erste Unsicherheit der Ort des Spuranfangs auftrat (der gegen den Radiant zu angenommen wurde). Diese Unsicherheit ist nur bei Meteorspuren auszuschliessen, die Details (Helligkeitsausbrüche, Splitterabsprengungen) längs ihrer Bahn zeigen. Eine weitere Unsicherheit folgt aus dem Verlauf der Spurenden, die von beiden Kameras nicht genau gleich erfasst werden und ausserdem von der Stärke der Filmschwärzung abhängig sind. Bei der Berechnung der räumlichen Lage der Meteorbahn wirkte sich weiter die doch zu kurze Basislinie ungünstig aus, weshalb die Resultate mit einem Fehler von 10% oder sogar etwas mehr behaftet sein dürften. Dennoch liegen die erhaltenen Werte innerhalb der erwarteten Grössenordnung:

Bild 2: Geminide von etwa -1^m, 14. 12. 1974, 0^h30^m. Minolta-Kamera mit 28 mm-Objektiv 1:3.5, Kodak-Tri-X-Film, Belichtungszeit 15 Minuten. Das Bild zeigt den Meteor, für den die Höhen- und Bahnberechnung durchgeführt wurde. Ausschnittsvergrösserung. Mitte Procyon. (Die schwarzen Striche sind Telephondrähte, die nicht umgangen werden konnten). *Standort: Hedingen.*

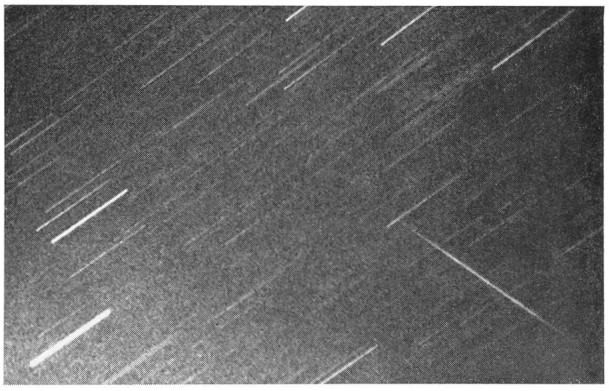


Bild 3: Geminide wie in Bild 2, gleichzeitig aufgenommen. Nikkormat-Kamera mit 28 mm-Objektiv 1:3.5. Gleiche Aufnahmebedingungen. Ausschnittvergrösserung wie Bild 2. *Standort: Thalwil.* Man beachte die Parallaxe der Meteorspuren in den Bildern 2 und 3!

Höhe des ersten Aufleuchtens: etwa 100 km,
Höhe des Verlöschens: etwa 75 km,
Bahnbeginn: über Biasca/TI,
Bahnende: über Tschamutt/Oberalppass,
Länge der Bahn: etwa 45 km.

Aus den beschriebenen ersten Versuchen der Orts- und Bahnbestimmung von Meteoren empfehlen sich für weitere Messungen die folgenden verbesserten Massnahmen:

1. Simultane Aufnahmen *dreier* Beobachter, deren Positionen im Dreieck grössere Abstände als etwa 10 km von einander aufweisen. Die drei direkt messbaren Parallaxen zwischen je zwei der Aufnahmen ergeben drei Gleichungen, die auch ohne Umrechnung auf Horizontalkoordinaten alle gesuchten Werte ergeben.

2. Um mehr Meteore zu erfassen, wäre es zweckmässig, jeden Beobachter mit zwei Kameras auszurüsten, die alternativ benützt werden, so dass Expositionspausen wegfallen.

3. Die Koordination der Beobachter durch eine (Konferenz-) Telephonverbindung ist wichtig, um das Arbeitsprogramm den jeweiligen Verhältnissen sofort anpassen zu können.

4. Die Kameras werden zweckmässigerweise auf das Radiantengebiet gerichtet. Die relativ rasche Bewegung der Meteore abseits desselben würde nur die Aufnahme heller Meteore gestatten.

5. Als weiterer Film für Meteoraufnahmen sollte auch der Kodak-Recording-Film weiter erprobt werden.

Die *Berechnung der Bahnlage* des beobachteten Meteors wird wie folgt durchgeführt:

Eingangswerte:	Aufnahme 1 (Hedingen)	Aufnahme 2 (Thalwil)
Deklination bei Bahnbeginn	+ 2.03°	+ 2.03°
Rektaszension bei Bahnbeginn	6.667^h	6.480^h
Stundenwinkel bei Bahnbeginn*)	—16.52°	—13.71°
Deklination bei Bahnende	— 5.20°	— 5.67°
Rektaszension bei Bahnende	6.542^h	6.330^h
Stundenwinkel bei Bahnende*)	—14.64°	—11.46°

*) Die Sternzeit-Differenz zwischen Hedingen und Thalwil beträgt nur wenige Sekunden und kann daher vernachlässigt werden.

Zur Berechnung der Horizontalkoordinaten aus den Äquatorialkoordinaten dienen die folgenden Formeln:

$$z = 90° - h = \arccos(\sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos t) \quad (1)$$

und

$$Az = \frac{\arccos(-\cos\varphi \cdot \sin\delta + \sin\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos t)}{\sin z} \quad (2)$$

In diesen Formeln bedeuten:

h Höhenwinkel über Horizont ($z = 90° - h$)
φ geographische Breite (für *beide* Beobachtungsorte = 47.303°)
δ Deklination
t Stundenwinkel
z Zenitwinkel
Az Azimutwinkel, von Süden aus gezählt.

Mit diesen Formeln erhält man aus den obigen Eingangswerten:

	Aufnahme 1 (Hedingen)	Aufnahme 2 (Thalwil)
z (Beginn der Bahn)	47.49°	46.81°
Az (Beginn der Bahn)	22.67° Ost	18.96° Ost
h (Beginn der Bahn)	42.51°	43.19°
z (Ende der Bahn)	54.07°	53.93°
Az (Ende der Bahn)	18.11° Ost	14.15° Ost
h (Ende der Bahn)	35.90°	36.07°

Zur *Berechnung der Bahnhöhen* benötigt man die Entfernungen der Beobachtungsorte zu den Punkten, die senkrecht unter dem Bahnanfang und dem Bahnende liegen. Diese Entfernungen seien mit a und b bezeichnet. a, b und die Distanz der Beobachter, mit c bezeichnet, bilden ein Dreieck, dessen von a und b eingeschlossener Winkel γ sich aus $180° - \alpha - \beta$ (γ ist der Winkel, unter dem ein Beobachter, der genau unter dem Bahnanfang bzw. dem Bahnende steht, die Basisdistanz sehen würde); diese Werte sind:

	α in Hedingen	β in Thalwil	$\pm\gamma$
Bahnbeginn	64.72°	111.57°	3.71°
Bahnende	69.28°	106.76°	3.96°

Für die Berechnung der Strecken a und b gibt es zwei Möglichkeiten: Naheliegend ist die Anwendung des Cosinus-Satzes. Da aber α und β nur bis auf etwa 0.5° genau sind, wird der Wert für γ, der im Cosinus-Satz benötigt wird, relativ unsicher.

Eine andere Möglichkeit ist, mit Hilfe des Sinus-Satzes γ durch b, c und sin β oder c, a, und sin α auszudrücken und dann erst des Cosinus-Satz anzuwenden, womit die Unsicherheit der Werte von a und b etwas geringer wird.

Die Höhen H über dem Boden ergeben sich dann zu:

$$H = b \tan h_b \text{ bzw. } H = a \tan h_a$$

wenn mit H die Höhe über dem Boden,
h_a der Höhenwinkel von Thalwil aus, und
h_b der Höhenwinkel von Hedingen aus
bezeichnet wird.

Auf eine Berücksichtigung der Erdkrümmung oder des Niveauunterschieds von Thalwil, Hedingen und den Punkten unter der Meteorbahn konnte im Hinblick auf die nicht besonders hohe Genauigkeit der Messungen verzichtet werden. Die mitgeteilten Resultate sind arithmetische Mittel aus den beiden möglichen Berechnungen.

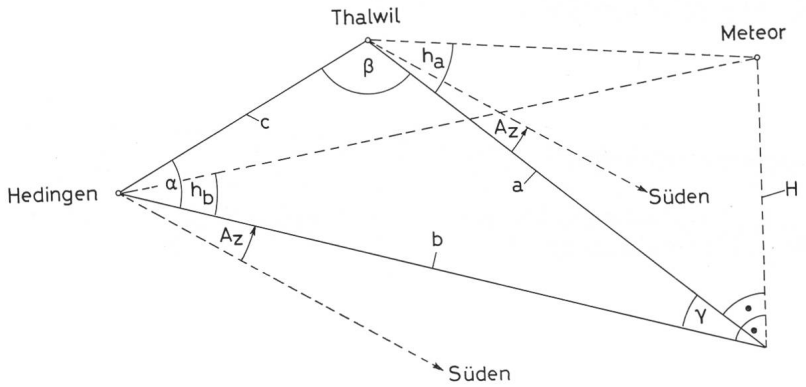


Fig. 1 *Zur Erläuterung des Rechnungsvorgangs*

6. Die Meteorgeschwindigkeiten könnten durch Zerhacken der Spur mit Hilfe einer rotierenden Sektorscheibe gemessen werden. Bei entsprechend hoher Genauigkeit dieser Messungen wären dann auch Berechnungen der ursprünglichen Umlaufsbahnen um die Sonne möglich.

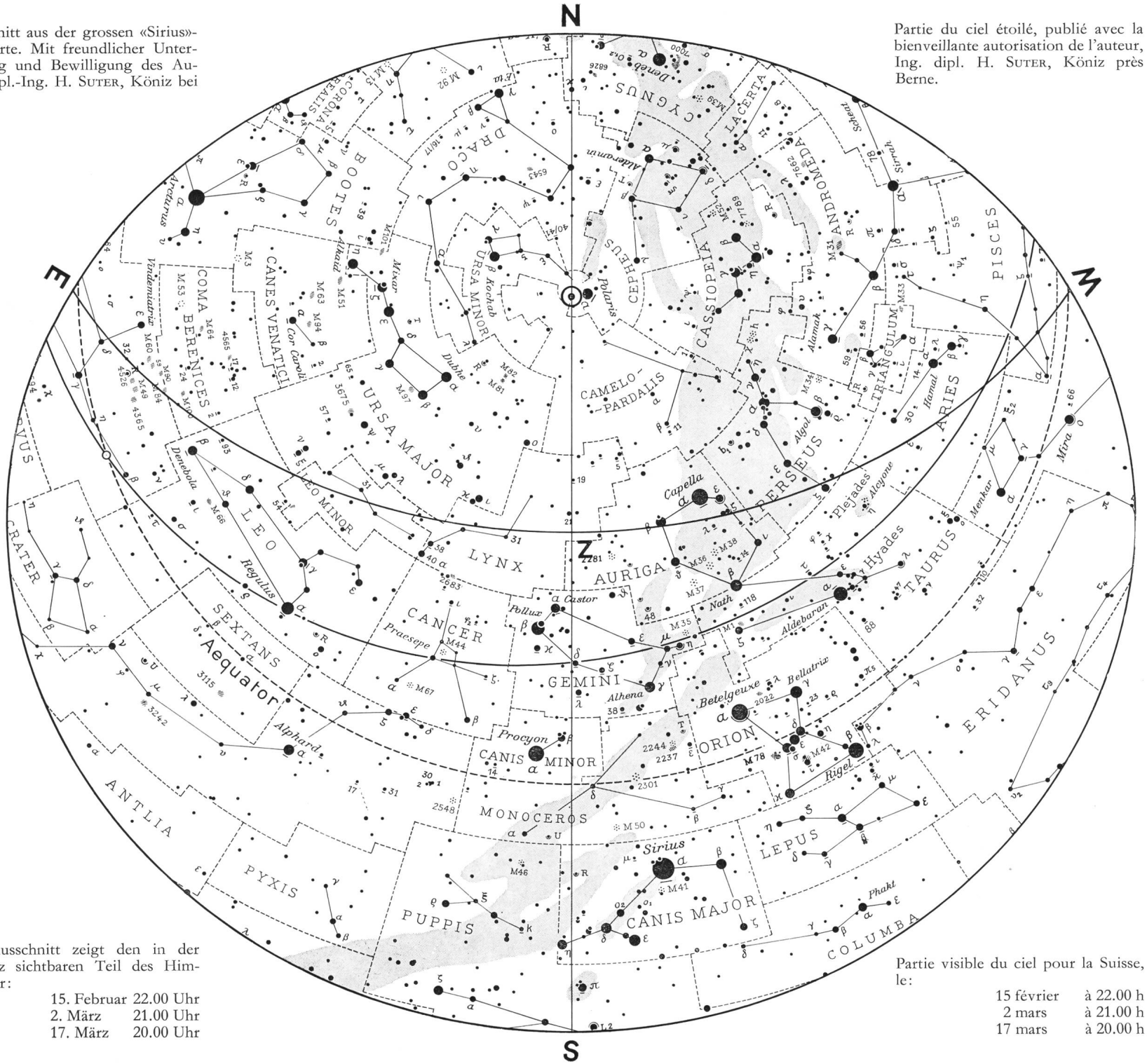
Schlussbemerkung: Der Verfasser dankt seinen ETH-Studienkollegen Peter Berger und Koni Steffen für die leihweise Überlassung der Weitwinkel-Optiken und Christoph Heinrich für die Übernahme der Arbeit am anderen Ende der Basislinie von 7.9 km.

Literatur:
G. D. Roth, Handbuch für Sternfreunde, 2. Aufl., Springer, Berlin 1973.
K. Schaifers, Meyers Handbuch über das Weltall, 4. Aufl., 1973.
Sky and Telescope, diverse Mitteilungen.

Adresse des Autors:
Jürg Alean, Rainstrasse 26, CH-8908 Hedingen/ZH.

Ausschnitt aus der grossen «Sirius»-Sternkarte. Mit freundlicher Unterstützung und Bewilligung des Autors Dipl.-Ing. H. SUTER, Köniz bei Bern.

Partie du ciel étoilé, publié avec la bienveillante autorisation de l'auteur, Ing. dipl. H. SUTER, Köniz près Berne.



Der Ausschnitt zeigt den in der Schweiz sichtbaren Teil des Himmels für:

15. Februar	22.00 Uhr
2. März	21.00 Uhr
17. März	20.00 Uhr

Partie visible du ciel pour la Suisse, le:

15 février	à 22.00 h
2 mars	à 21.00 h
17 mars	à 20.00 h