

Twannberg : ein neuer Schweizer Eisenmeteorit

Autor(en): **Bühler, Rolf W.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **44 (1986)**

Heft 217

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-899166>

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.

Twannberg - ein neuer Schweizer Eisenmeteorit

ROLF W. BÜHLER

Bis 1985 kannte man in der Schweiz vier Meteorite: jene von Rafrüti BE, Chervettaz VD, Ulmiz FR und Utzenstorf BE. Gleich zwei weitere kamen im letzten Jahr dazu: Das 16 Gramm schwere Fragment des Steinmeteoriten LANGWIES fand der deutsche Meteoritensammler Walter Zeitschel beim Zusammenfluss des Sapünerbachs mit der Plessur bei Langwies GR. Als jüngste Entdeckung gilt der knapp 16 Kilogramm schwere Eisenmeteorit TWANNBERG. Gefunden wurde er schon 1984 beim Pflügen in einem Haferfeld auf dem Twannberg BE; die Leitung des Museums BALLY-PRIOR in Schönenwerd, der dieses bauernbrotgrosse Eisenstück im Juli 1985 vorgelegt wurde, erkannte darin einen neuen Eisenmeteoriten und führte ihn der wissenschaftlichen Bearbeitung zu.

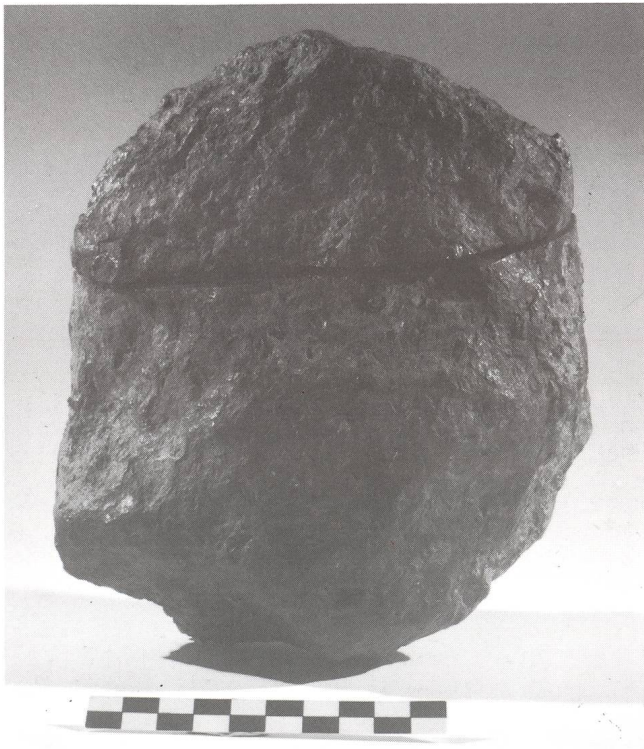


Abb. 1.
Der äusserlich stark verwitterte Eisenmeteorit TWANNBERG wurde 1984 beim Weiler Twannberg, Gemeinde Twann BE, hervorgepflügt und im Juli 1985 als Meteorit erkannt (Skala in Zentimeter).

Zum Sonnensystem gehören nicht nur die Sonne, die Planeten mit ihren Monden, die Asteroiden und Kometen, sondern auch feste Körper - Trümmer von Asteroiden und Kometen - mit Grössen von einigen Kilometern Durchmesser bis hinab zu mikroskopischen Staubpartikeln. Viele Asteroiden und deren Trümmer bewegen sich im Bereich des Planetoidengürtels zwischen Mars und Jupiter. Sie können durch Kollisionsereig-

nisse Bahnabweichungen erleiden und mit der Erde zusammenstossen. Bevor ein solcher planetarer Körper in die Erdatmosphäre eintritt, nennt man ihn *Meteoroid*. Beim Durchflug der Atmosphäre leuchtet er - je nach Grösse - als *Meteor* auf, oder ist als *Feuerkugel* sichtbar und hörbar. Er schlägt - wenn nicht seine ganze Masse durch Ablationsprozesse vernichtet worden ist - als *Meteorit* auf dem Erdboden auf.

Meteorite, welche man beim Niedergehen beobachtet und anschliessend fand, nennt man *Fälle*; jene, die zufällig und ohne Fallbeobachtung als solche erkannt und sichergestellt werden, bezeichnet man als *Funde*.

Es gibt drei grundsätzlich verschiedene Meteoritenarten. Man unterscheidet zwischen Steinmeteoriten, solchen aus einem Stein-Eisen-Gemisch und Meteoriten, die praktisch ganz aus einer Nickeleisenlegierung bestehen.

Zu dieser letzten Gruppe gehört ein Stück Eisen, das 1984 auf dem Twannberg, Kanton Bern, gefunden wurde.

TWANNBERG - der Fund im Haferfeld

Beim Pflügen fiel Landwirt WERNER CHRISTEN in Twannberg, Gemeinde Twann, Amt Nidau BE, ein rostiges Stück Eisen auf von der Grösse eines Bauernbrotes; seine Frau MARGRIT legte den «sonderbar schweren Stein» (Abb. 1, 2) beiseite. Zuerst lag er bei den CHRISTENS auf einem Bord in der Küche, wurde gelegentlich von Besuchern berührt und bestaunt, um später für einige Zeit in den Keller zu verschwinden: «Sonst wäre er noch verschwunden,» wie MARGRIT CHRISTEN bemerkte. Sohn ANDREAS, ein angehender Landmaschinenmechaniker, hatte «den Stein» auch schon mit der Trennscheibe vorsichtig «getestet» und festgestellt: «Es ist ein komisches Eisenstück». Nach der Lektüre eines Zeitungsberichts über die Meteoritensammlung des Museums BALLY-PRIOR in Schönenwerd übergaben die Finder ihr knapp 16 Kilogramm schweres Fundstück diesem Museum.



Abb. 2.
Genau 15.915 Kilogramm wog der neue Eisenmeteorit TWANNBERG nach dem Fund im Haferfeld.



Abb. 3. Bäuerin MARGRIT CHRISTEN hatte den «sonderbar schweren Stein» im 200 Meter vom Hof entfernten Feld gefunden und beiseite gelegt.

Obwohl es weltweit rund 9300 Meteorite gibt - 7000 davon stammen aus der Antarktis - ist jeder neue Fund von wissenschaftlichem Interesse. Dazu kommt eine gewisse regionale Bedeutung. Der 15.915 Kilogramm schwere neue Meteorit - heute im Besitz des Museums BALLY-PRIOR - erhielt nach seinem Fundort den Namen TWANNBERG. Er ist nach dem 1886 gefundenen Meteoriten RAFRUETI erst der zweite Eisenmeteorit der Schweiz.

Während RAFRUETI durch mehrmaliges Erhitzen seine innere Struktur verändert hatte, ist das Innenleben des Meteoriten TWANNBERG, von terrestrischer Korrosion abgesehen, noch fast so frisch wie zu jenem vorderhand noch unsicheren Zeitpunkt, als er in die Gesteinsschichten aus Malmkalk auf dem Twannberg einschlug.

Als anormaler Eisenmeteorit klassiert

Untersuchungsproben wurden vom Museum BALLY-PRIOR verschiedenen Forschergruppen zur Verfügung gestellt: der ETHZ, einem auf Meteoriten spezialisierten Metallurgen der Technischen Hochschule Kopenhagen, einem Wissenschaftlerteam der Universität Köln und einem Kosmochemiker der University of California, Los Angeles. Eine in Zusammenarbeit mit der Werkstätte des Instituts für Kristallographie und Petrographie an der ETHZ, dem Museum BALLY-PRIOR und der Maschinenbaufirma SENN AG in Densbüren vorbereitete Querschnittsscheibe von TWANNBERG wurde von Prof. Dr. V. F. BUCHWALD im Institut für Metallurgie an der Dänischen Technischen Hochschule, Lyngby, geschliffen, poliert und anschliessend untersucht.

Primär- und Sekundärstrukturen

Abbildung 6 zeigt die dabei sichtbar gewordenen Primärstrukturen. Die Grundmasse besteht aus Kamazit (raumzentriertes kubisches Ferrit) mit einem Nickelgehalt, der für die Fe-Ni-Phase von Wasson (siehe unten) mit 4.43% angegeben wurde. Die Mikrohärtigkeit nach Vickers (Last 100 Gramm) ermittelte Buchwald mit 235 ± 15 . Im Kamazit eingebettet liegen grosse hieroglyphenförmige Schreibersitaggregate. Schreibersit ($\text{Fe, Ni}_3\text{P}$) kristallisiert im tetragonalen Kristallsystem, ist magnetisch und von gelblicher Farbe. Das von Haidinger 1847 erstmals beschriebene Mineral kommt nur in Meteoriten vor.

Eine weitere Form von Schreibersit ist auf Mikroaufnahmen (nicht abgebildet) als kleinste nadelige Einlagerungen ($0.5-1 \mu\text{m}$) im matten Teil der Scheibe feststellbar. More hat 1864 auf ihre Identität mit dem Phosphid Schreibersit hingewiesen. Skelettierter Schreibersit wurde nach BUCHWALD (1975) früh aus der Schmelze (Taenitphase) ausgeschieden, Rhabbit bildete sich im Innern des bereits verfestigten Nickeleisenkörpers (Kamazit) aus. Bei hohem Phosphorgehalt (nach BUCHWALD, 1975, über 0.4%), das ist bei Twannberg der Fall, kann man dünne lange Linien beobachten, die parallel den Flächen eines Dodekaeders (110) angeordnet sind. Es handelt sich um angeschnittene Schreibersitplatten, die COHEN 1905 in dieser Ausbildung Brezina-Lamellen nannte. Solche sind im Bereich der Bildmitte auf Abbildung 6 sichtbar. Die dunkle Umrandungszone ist phosphor- und nickelarm.

Sekundäre Strukturen: Abbildung 4 zeigt neben einem L-förmigen und einem geraden (dunklen) Schreibersitkristall, lange, sich zum Teil schneidende dünne Linien, die parallel den Flächen eines Oktaeders (111) verlaufen. Sie werden Neumannsche Linien genannt und sind keine Mineralbildungen, sondern mechanisch erzeugte, plattenförmige Zwillinglamellen mit Dicken im μm Bereich. Ihre Entstehung führt BUCHWALD (1975) auf präatmosphärische kosmische Schockereignisse (Zusammenstoss planetarer Körper) zurück. Beim Einschlag (Impakt) auf die Erde entstehen nach BUCHWALD keine Neumannschen Linien. Schockwirkung ist auch bei stärkerer Vergrösserung in den Schreibersitkristallen (Abb. 6, 4) erkennbar in Form von Spaltrissen.

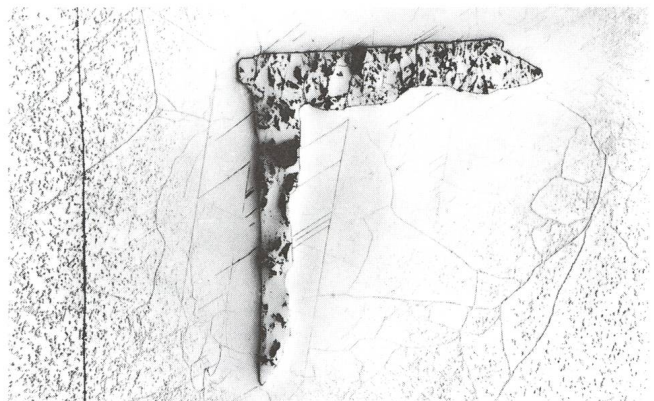


Abb. 4. Mikroaufnahme eines geraden (links) und eines L-förmigen Schreibersitkristalls. Im grossen Schreibersitkristall sind durch Schockwirkung hervorgerufene Spaltrisse sichtbar. Auf der gleichen Ursache beruhen die nach dem Oktaeder (111) angeordneten Neumannschen Linien im Bereich des längeren L-Schenkels. Die helle Umgebung des grossen Schreibersits zeigt Kamazit-Korngrenzen. Sie ist arm an Nickel und Phosphor (Länge des dickeren L-Schenkels 3.2 Millimeter).

Um viele Schreibersitkristalle in der phosphor- und nickelarmen Kamazitzzone sind unter dem Mikroskop Kamazit-Subkorn Grenzen zu sehen. Terrestrische Korrosion durch Grundwasser ist entlang den Schreibersitaggregaten als dunkler Saum erkennbar.

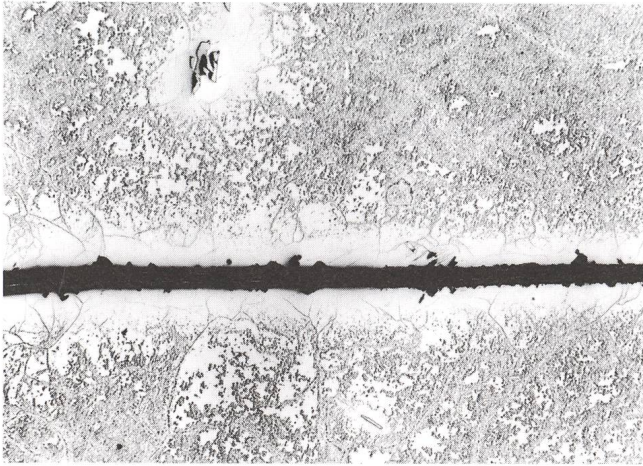


Abb. 5. Gerader, durch terrestrische Korrosion angegriffener Schreibersitkristall neben einem kleinen skelettierten Aggregat der gleichen Zusammensetzung. Die hellen Bereiche um die Schreibersite - phosphor- und nickelarm - zeigen Kamazitkorn Grenzen und vereinzelte Neumannsche Linien. (Bildbreite: 6,8 Millimeter)

Zusammensetzung: Die Anteile der drei wichtigsten chemischen Komponenten wurden von Buchwald nach sorgfältiger Ausplanimetrierung der Phosphidkomponenten (Schreibersit 11 Vol. %) und der Ni-P-armen Zonen um die Schreibersite (11 Vol. %) bestimmt und für die Gesamtzusammensetzung wie folgt angegeben:

Ni: 5,1%; Co: 0,5%; P: 2,0%

Diese Daten bewegen sich, nicht ganz überraschend, in der Nähe jener des Meteoriten von TOMBIGBEE RIVER, welcher TWANNBERG auch in der primären Struktur sehr gleicht. In der Sekundärstruktur unterscheidet sich TOMBIGBEE RIVER, der 1859 in Alabama gefunden wurde, wesentlich von Twannberg. BUCHWALD führt dazu aus:

«Tombigbee River wurde als Meteoroid wiedererhitzt und teilweise rekristallisiert. Auch seine Mikrohärtigkeit ist mit 135-180 VICKERS niedrig. Twannberg dagegen ist ebenfalls stark geschockt, war aber nie wesentlich wiedererhitzt worden. Er zeigt keine Rekristallisation. Die Mikrohärtigkeit bleibt auf dem ziemlich hohen Wert von 235 +/- 15 (Last 100 Gramm)».

Zu ähnlichen Schlüssen kam auch Prof. Dr. JOHN T. WASSON von der University of California (UCLA), der bei Twannberg die Spurenelemente der Metallphase (Kamazit) mit der Neutronen-Aktivierungsanalyse ermittelte.

Die Daten: Ni - 4.43%; Co - 0.521%; Cu - 90 ppm; Ga - 38 ppm; Ir - 0.089 ppm; Au - 1.36 ppm; As - 18.5 ppm; Sb - 0.2 ppm.



Abb. 6. Geschliffene und polierte Scheibe des Meteoriten TWANNBERG mit hieroglyphenförmigen und dünnen geraden Einschlüssen des Phosphidminerals Schreibersit. Dunkle Stellen entlang dem Scheibenrand sind terrestrische Verwitterungsprodukte. Die hellen bogenförmigen Linien sind Spuren der Bearbeitung.



Abb. 7.
Der Meteorit von **TOMBIGBEE RIVER**, Alabama, 1859 gefunden, zeigt in den Primärstrukturen (Schreibersiteinschlüsse) grosse Ähnlichkeit mit **TWANNBERG**, unterscheidet sich von diesem aber in den Sekundärstrukturen, vor allem im Rekristallisationsgrad. Breite: 5,4 cm.

Als Vergleich führt Wasson die Resultate des Meteoriten **BELLSBANK** (Südafrika) an: Ni - 4.6%; Co - 0.515%; Cu - 92.2 ppm; Ir - 0.1 ppm; Au - 1.46 ppm; As - 17.6 ppm; Sb und Ga nicht bestimmt.

Er folgert: «Die kleinen Unterschiede zwischen Twannberg und Bellsbank sind nicht signifikant, besonders weil sie in verschiedenen Neutronen-Aktivierungs-Messungen ermittelt wurden.» Nach Wasson sind auch die Meteorite Tombigbee River und La Primitiva ähnlich, unterscheiden sich aber im niedrigeren Iridiumgehalt.

TWANNBERG wird nach den nun vorliegenden Untersuchungsergebnissen als anormaler Eisenmeteorit unter dem Kurzzeichen **IRANOM** klassiert.

Alterbestimmung und präatmosphärische Grösse

TWANNBERG ist als Bruchstück eines planetaren Körpers zu verstehen, der nach dem Wegsprengen von einem Asteroiden einen Teil seiner Geschichte im interplanetaren Raum als Meteoroid verbracht hat. Während dieser Zeit war der **TWANNBERG** - Meteoroid der kosmischen Strahlung ausgesetzt, welche mit ihren energiereichen Teilchen Atome aufbrach. Die dadurch entstandenen Bruchstücke werden als spallogene Atome bezeichnet. Diese sind von grosser Bedeutung, denn sie ermöglichen die Bestimmung der Bestrahlungsdauer, der Grösse des Meteoroiden und der Lage der untersuchten Probe im Meteoroiden.

Damit liefern sie einen wesentlichen Beitrag zur Beurteilung

von Vorgängen in der Vergangenheit unseres Planetensystems. Wesentliche Impulse für die Erforschung von **TWANNBERG** gingen von der **ETHZ** aus. Prof. Dr. **PETER SIGNER** am Institut für Kristallographie und Petrographie hat nicht nur die Messungen der Edelgase He, Ne, Ar veranlasst und interpretiert, sondern auch zwei seiner Mitarbeiter, Dr. **RAINER WIELER** und **JEAN-PAUL BENKERT** freigestellt für unsere leider erfolglose Nachsuche auf dem Fundgelände mit einem Minensuchgerät der Armee.

Für die Edelgasmessungen verdampfte man eine Probe von 200 mg in einem speziellen Tiegel bei 1800 Grad Celsius im Ultrahochvakuum. Anschliessend wurden alle reaktiven Gase chemisch gebunden. Die Mengen und Isotopenverhältnisse der chemisch nicht reaktiven Edelgase Helium, Neon und Argon mass man darauf im Massenspektrometer.

Die ermittelten Daten werden von **SIGNER** so interpretiert: «Nach diesen ersten Messungen muss es sich beim Meteoroiden, von dem Twannberg abstammt, um einen Körper gehandelt haben, welcher im Durchmesser grösser war als drei Meter.» Weiter führt **Signer** bei Annahme einer einstufigen Bestrahlung aus, dass **TWANNBERG** mindestens in einer Tiefe von 50 Zentimeter im Meteoroiden abgeschirmt lag und eine Flugdauer von etwa 100 Mio. Jahre hatte. Prof. Dr. **ULRICH HERPERS**, Abteilung für Nuklearchemie an der Universität zu Köln, hat sich mit seiner Gruppe vor allem damit befasst, weitere Aufschlüsse über die Bestrahlungsgeschichte aus der Bestimmung der Radionuklide ^{10}Be und ^{26}Al abzuleiten. Beide Radionuklide sind von **Herpers** nach der radiochemischen Isolierung an der Universität Köln in Zusammenarbeit mit der Gruppe von Prof. Dr. **W. WÖFLI**, Institut für Mittelenergiephysik an der **ETHZ**, mit der Beschleunigungsmassenspektrometrie (Anlage Höggerberg) gemessen worden.

Herpers zieht zwei mögliche Interpretationen seiner Messungen in Betracht. Für beide gilt, dass **TWANNBERG** im Vergleich zu anderen Eisenmeteoriten ausnehmend kleine Aktivitäten der beiden Radionuklide ^{10}Be und ^{26}Al enthält. Er folgert daraus:

1. Entweder ist dies auf eine sehr kurze Bestrahlungsgeschichte des Meteoroiden zurückzuführen, oder
2. die gemessenen Proben waren im Weltraum sehr stark abgeschirmt, zum Beispiel in beträchtlicher Tiefe des Meteoroiden.

Zur zweiten Möglichkeit meint **SIGNER**: «Es ist nicht auszuschliessen, dass sogar eine zweistufige Bestrahlung stattfand. Die erste Stufe verlief etwa so, wie dies aus den Edelgasdaten ersichtlich ist. Eine zweite Stufe setzte ein, als das Dreimeter-Meteoroid durch Kollision zerstört wurde und das Material von **TWANNBERG** als kleineres Stück, in einem kleineren Meteoroiden, für kurze Zeit (weniger als 1 Mio. Jahre) bestrahlt wurde, bevor es auf die Erde fiel.»

Nach **Signer** lässt sich das Vorliegen einer zweiten Bestrahlungsstufe feststellen, wenn es gelingt, noch genauere Werte für die Radionuklide anzugeben. Ein weiteres von **Herpers** gesuchtes Radionuklid, ^{53}Mn , ist zur Zeit bei der Neutronenaktivierungsanalyse und wird die Interpretierbarkeit der anderen beiden Messungen noch verbessern.

Der Autor dankt den Forschergruppen, dass er ihre Daten für diesen Artikel benutzen durfte. Eine wissenschaftliche Publikation ist vorgesehen.

Adresse des Autors:

ROLF W. BÜHLER, Museum **BALLY-PRIOR**, Oltnerstrasse 80, CH-5012 Schönenwerd

Schweizer Meteorite

Von den zwölf aus der Schweiz bekannten Meteoriten (Aubonne, Chervettaz, Glarus, Grauholz, Langwies, Lausanne, Lugano, Rafrüti, Twannberg, Ulmiz, Utzenstorf, Walkringen,) sind fünf zweifelhaft (Aubonne, Glarus, Grauholz, Lausanne und Lugano), einer ist verschollen (Walkringen). Von sechs Meteoriten ist in Museen Material vorhanden:

Rafrüti Emmental BE, Fund 1886, 18,2 kg, Eisenmeteorit
 Chervettaz VD, Fall 30. November 1901, 750 g, Steinmeteorit
 Ulmiz FR, Fall 25. Dezember 1926, 76,5 g, Steinmeteorit
 Utzenstorf BE, Fall 16. August 1928, 3,422 kg, Steinmeteorit
 Langwies GR, Fund Mai 1985, 16,5 g, Steinmeteorit
 Twannberg BE, Fund 1984, als Meteorit erkannt Juli 1985, 15,915 kg, Eisenmeteorit

Für die Untersuchung eines meteoritenverdächtigen Stückes wende man sich am besten ans nächste naturhistorische Museum oder direkt ans Museum BALLY-PRIOR, Oltnerstrasse 80, 5012 Schönenwerd.

Literaturnachweis:

BUCHWALD, V.F. (1975): Handbook of Iron Meteorites, Volume 1-3, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.

Neue Meteoritenausstellung

Die Meteoritenausstellung des Museums BALLY-PRIOR, Oltnerstrasse 80, 5012 Schönenwerd, wo der Meteorit TWANNBERG nebst vielen anderen zu sehen ist, wurde vollkommen neu gestaltet und ist für Besucher bei freiem Eintritt jeden Sonntag von 14-17 Uhr zugänglich.

Ferien-Sternwarte Calina Osservatorio Calina CH-6914 CARONA

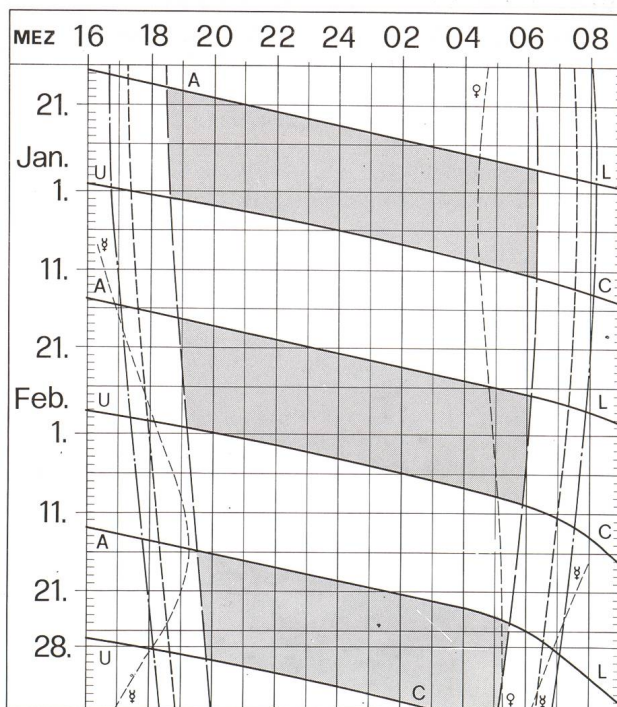
Programm 1987

6. - 11. April	Elementarer Einführungskurs in die Astronomie, mit praktischen Übungen an den Instrumenten der Sternwarte Leitung: Dr. M. Howald-Haller, Basel
21. - 25. April	Astronomische Beobachtungsinstrumente: Kurs über optische Grundlagen, Justierung Leitung: E. Greuter, Herisau
20. - 21. Juni	Kolloquium Thema: Photographische Astrometrie Leitung: Prof. Dr. Max Schürer, Bern
29 giugno - 4 luglio	Corso principianti (in lingua italiana) Introduzione teorica e pratica all'astronomia Istruttore: Fumagalli Francesco, Varese Tel. 096 22 28 06 Iscrizione: Kofler Margherita, c.p. 30, 6914 Carona, tel. 091 68 90 17
5. - 10. Oktober	Einführung in astronomische Berechnungen mit Taschenrechner und Computer Kursleitung: Hans Bodmer, Greifensee
12. - 17. Oktober	Elementarer Einführungskurs in die Astronomie, mit praktischen Übungen an den Instrumenten der Sternwarte Leitung: Dr. M. Howald-Haller, Basel

Besitzer/Proprietario:	Gemeinde Carona/Comune di Carona
Anmeldungen/Informazioni:	Kofler Margherita, c.p. 30 CH-6914 CARONA Tel. 091 68 90 17 priv. Tel. 091 68 83 47 Feriensternwarte
Technischer Berater:	Erwin Greuter, Postfach 41, CH-9100 Herisau 1

Einzel- und Doppelzimmer mit Küchenanteil stehen den Gästen im Hause Calina zur Verfügung.

Sonne, Mond und innere Planeten



Soleil, Lune et planètes intérieures

Aus dieser Grafik können Auf- und Untergangszeiten von Sonne, Mond, Merkur und Venus abgelesen werden.

Die Daten am linken Rand gelten für die Zeiten vor Mitternacht. Auf derselben waagrechten Linie ist nach 00 Uhr der Beginn des nächsten Tages aufgezeichnet. Die Zeiten (MEZ) gelten für 47° nördl. Breite und 8°30' östl. Länge.

Bei Beginn der bürgerlichen Dämmerung am Abend sind erst die hellsten Sterne — bestenfalls bis etwa 2. Grösse — von blossen Auge sichtbar. Nur zwischen Ende und Beginn der astronomischen Dämmerung wird der Himmel von der Sonne nicht mehr aufgehellt.

Les heures du lever et du coucher du soleil, de la lune, de Mercure et de Vénus peuvent être lues directement du graphique.

Les dates indiquées au bord gauche sont valables pour les heures avant minuit. Sur la même ligne horizontale est indiqué, après minuit, le début du prochain jour. Les heures indiquées (HEC) sont valables pour 47° de latitude nord et 8°30' de longitude est.

Au début du crépuscule civil, le soir, les premières étoiles claires — dans le meilleur des cas jusqu'à la magnitude 2 — sont visibles à l'œil nu. C'est seulement entre le début et la fin du crépuscule astronomique que le ciel n'est plus éclairé par le soleil.

— — — — —	Sonnenaufgang und Sonnenuntergang Lever et coucher du soleil
- - - - -	Bürgerliche Dämmerung (Sonnenhöhe -6°) Crépuscule civil (hauteur du soleil -6°)
— — — — —	Astronomische Dämmerung (Sonnenhöhe -18°) Crépuscule astronomique (hauteur du soleil -18°)
A — L	Mondaufgang / Lever de la lune
U — C	Monduntergang / Coucher de la lune
■	Kein Mondschein, Himmel vollständig dunkel Pas de clair de lune, ciel totalement sombre