

Der Verlauf der zentralen Sonnenfinsternisse im Alpenraum für die Zeit von 1400 bis 2400 n. Chr.

Autor(en): **Gubser, R.A.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **40 (1982)**

Heft 190

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-899326>

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.

Der Verlauf der zentralen Sonnenfinsternisse im Alpenraum für die Zeit von 1400 bis 2400 n. Chr.

R. A. GUBSER

Dans son article «Le cours des éclipses de soleil centrales dans la région des Alpes pour la période de 1400 jusqu'à 2400 a. Chr.» R. A. Gubser réunit toutes les éclipses totales et annulaires de la région alpine du 15e au 24e siècle.

La raison principale de cet article est de stimuler la recherche de témoignages sur les éclipses historiques de soleil. L'auteur est en tous cas reconnaissant de toutes les indications, même minimales, à ce sujet.

Un état détaillé concernant les cartes se trouve à la page 81.

Das Erlebnis einer totalen Sonnenfinsternis gehört ohne Zweifel mit zum Eindrücklichsten, was uns die Natur offenbaren kann. Der mystischen Bedeutung dieses so elementaren Vorgangs ist eine eher nüchterne wissenschaftliche gefolgt. Die davon ausgehende Faszination aber bleibt nach wie vor. Mit ein Grund dafür liegt sicher in der Seltenheit solcher Ereignisse. (Objektiver betrachtet vermag wohl jedes Naturschauspiel wie etwa ein Sonnenaufgang ein vergleichbares Erlebnis zu bieten, wie sonst ist es erklärbar, dass passionierte Finsternistouristen in ihren Reiseberichten das Finsterniserlebnis oft kaum noch erwähnen!)

Für den einzelnen Menschen besteht kaum eine Chance, je eine zentrale Finsternis zu sehen, falls er sich nicht gezielt an den Ort und die Zeit einer Prädiktion hält. Auf dem Gebiet der nachfolgenden Kartenausschnitte finden im besprochenen Millennium insgesamt 39 zentrale Finsternisse (26 totale und 13 ringförmige) statt. Wer also gewillt ist, innerhalb dieses Gebietes herumzureisen, der kann damit rechnen, alle 25 Jahre eine Finsternis zu erleben. Für meine Generation jedenfalls stimmt dies halbwegs: wir haben die Finsternis vom 15. Februar 1961 noch in bester Erinnerung und haben die Chance, mit noch geringerem Reiseaufwand eine weitere am 11. August 1999 zu beobachten. Warten wir jedoch auf unser Glück, so sieht die Sache wie erwähnt anders aus: Die Karte enthält explizit 64 grössere, etwa statistisch über das Gebiet verteilte Ortschaften. Zählen wir die Ereignisse für die einzelnen Orte, so finden wir, dass im Durchschnitt jeder Ort mit 5.4 Finsternissen (3.2 totale und 2.2 ringförmige) in den tausend Jahren rechnen darf. Spitzenreiter sind Graz, Salzburg und Zagreb mit je 10 und Augsburg, Avignon, Klagenfurt und München mit je 9 Finsternissen. Benachteiligt werden Brünn (1), Florenz (2), Pisa (2) und Prag (2), während z.B. Basel (6), Bern (6), Lugano (5), Luzern (7) und Zürich (7) mit ihrem Los zufrieden sein dürfen. Das Resultat lässt sich auch so formulieren: Im Mittel findet an einem Ort alle 185 Jahre eine zentrale Sonnenfinsternis statt, oder aufgeschlüsselt: alle 307 Jahre eine totale und alle 435 Jahre eine ringförmige Finsternis.

Finsternisvorhersagen hatten schon immer eine grosse Bedeutung. Die Babylonier wussten bereits im 8. bis 7. Jahrhundert vor Christus um das Verhältnis von synodischem zu dra-

konitischem Monat und benutzten den daraus abgeleiteten Saroszyklus zur Finsternisprognose. Ihre Angaben für Sonnenfinsternisse scheinen aber wegen der Verschiebung des Finsternisbereichs recht unsicher gewesen zu sein. Zuverlässigere Angaben zu dieser Finsternis- (perioden)-rechnung gehen auf das Werk von PTOLEMÄUS (ca. 140 n. Chr.) zurück.

Die vermutlich erste und wesentlich aufwendigere Berechnung mit Darstellung eines Kernschattenverlaufs auf der Erdoberfläche findet sich auf einem «Flugblatt», datiert mit 10. April 1715* und stammt von EDMOND HALLEY¹⁾. Es beschreibt da die Finsternis vom 22. April 1715* über England. Bereits am 1. September 1715* erschien ein weiteres Blatt von ihm mit dem nach den Beobachtungen korrigierten Verlauf sowie demjenigen der Finsternis vom 11. Mai 1724* (22. Mai Greg. Kalender). Vergleichen wir hierzu einen Ausschnitt einer solchen Halleyschen Finsterniskarte im «Sternenhimmel 1961» Seite 52 mit der in dieser Arbeit wiedergegebenen Karte 5. Es stimmt zwar, dass diese Finsternis in bezug auf den Verlauf, wie ROBERT A. NAEF in der Bildlegende schreibt, ein Idealfall war. Die total verfinsterte Sonne stand aber z.B. in Zürich lediglich 3° über dem Horizont, so dass einmal vom Wetter abgesehen die Totalität vermutlich keine so grosse Beachtung fand. Ebenfalls auf Karte 5 findet sich der Verlauf der für die Schweiz wohl grossartigsten totalen Finsternis, der vom 12. Mai 1706. Mit einer Zentrallinie mitten durch die Schweiz, einer Totalitätsdauer von 4 Minuten und dies bei einer Sonnenhöhe von 52°, muss dieses eindruckliche Ereignis grösste Aufmerksamkeit gefunden haben! Ein Hauptgrund dieses Aufsatzes ist es, Anregungen zu geben, Zeugnissen historischer Finsternisse nachzugehen! Der Unterzeichner ist jedenfalls dankbar für noch so geringfügige Hinweise!

Bemerkungen zur Genauigkeit

Die Genauigkeit eines hier wiedergegebenen Schattenverlaufs ist aus verschiedenen Gründen begrenzt:

1. Der Computer

Für den hierzu benutzten Mikrocomputer des Typs TRS-80 Modell 1 (48 Kilobytes Benutzerspeicher, 1 Byte = Wort zu 8 Bits) wurden als Programmiersprachen BASIC und FORTRAN der Firma Microsoft verwendet. Beide Sprachen lassen drei Zahlentypen zu: «Integer» (Ganzzahl, beansprucht 2 Bytes pro Zahl), «Single precision» mit 7 signifikanten Dezimalstellen (4 Bytes) und «Double precision» mit 16 Stellen (8 Bytes). Letzteren Typ durchwegs zu verwenden verbietet sich infolge des grösseren Speicherbedarfs und der geringeren Rechengeschwindigkeit. Berücksichtigt man Rundungsfehler und Genauigkeiten der implementierten trigonometrischen Funktionen, so lässt sich mit 7 signifikanten Stellen ein Winkel des Vollkreises auf eine Bogensekunde genau darstellen.

2. Die Mond- und Sonnenörter

Es ist einleuchtend, dass die Genauigkeit der zur Finsternisrechnung benutzten Mond- und Sonnenörter von ausschlaggebender Bedeutung ist. Die Mondephemeride des «Astronomical Almanac» hat eine Präzision von einigen Hundertstel Bogensekunden in Länge und Breite und von einigen Tausendstel in der Parallaxe. Dabei sind für die Berechnung eines Mondortes nicht weniger als 1627 periodische trigonometrische Störterme mit Koeffizienten $>0''001$ ($0''0002$ für die Parallaxe) zu berücksichtigen. Die Berechnung eines Mondortes für diese Arbeit hält sich wie der «Almanac» an die gleiche Quelle, den «Improved Lunar Ephemeris»⁴⁾, einer Bearbeitung der berühmten «Tables of the Motion of the Moon», von E.A. BROWN⁵⁾. Allerdings musste die Anzahl der Terme verkleinert werden. Es wurden total 225 Terme verwendet, nämlich alle mit Koeffizienten $>0''2$ in Länge und Breite sowie $>0''06$ in der Parallaxe. Die gleichen Kriterien galten für die Berechnung eines Sonnenortes nach NEWCOMB'S «Tables»³⁾ (total 43 Terme). Einer Faustregel gemäss, wonach die Genauigkeit etwa so gross ist wie die Summe der vier nächstkleineren nicht berücksichtigten Terme, müsste nun eine Präzision von $<1''$ erwartet werden können. Tests zeigten, dass dies für den Sonnenort und die Mondbreite zutrifft, die Mondlänge hingegen nicht systematische Abweichungen bis etwas über $2''$ aufwies. Die Summe aller nicht eingesetzten Terme ist hier so gross, dass obige Regel offenbar nicht mehr anwendbar ist. Auf Karte 1 findet sich die Darstellung der totalen Finsternis vom 20. April 2433 (die auf diese Weise noch hineingeschuggelt werden konnte, obwohl sie ausserhalb des vereinbarten Zeitraums liegt). Es sind da drei einander ähnliche Verläufe dargestellt. Beim Finsternisverlauf ganz links befinden sich zwei Zentrallinien, und die Schatten-(Zeit-)achsen sind doppelt. Die zweite Zentrallinie von links, beschriftet mit $L\alpha + 4''$, soll den Verlauf zeigen, wenn die Mondlänge für die Finsternisrechnung systematisch um $4''$ vergrössert wird. Es lässt sich leicht erkennen, dass dies einer Zeitverschiebung gleichkommt. Die geogr. Breiten bleiben unverändert, die Längen werden nach rechts verschoben. (Auf den dritten rechtsstehenden Verlauf kommen wir weiter unten zurück). Es soll damit gezeigt werden, dass die Ungenauigkeit dieser Darstellungen, von den Zeitachsen abgesehen, die Grössenordnung der Übertragungsfehler und der Kartenungenauigkeit hat. Dies gilt nicht mehr bei Annäherung an den Auf- oder Untergangspunkt. Die Schattengeschwindigkeiten sind dort grösser, und entsprechend stärker wirken sich Fehler aus.

3. Das verflixte ΔT

Man hat schon seit geraumer Zeit vermutet, die Erde würde nicht ganz gleichmässig um ihre Achse rotieren. Einmal ist sie einer Abbremsung durch die Gezeiten unterworfen, was die Tageslänge in 100 000 Jahren um etwa 2 Sekunden ansteigen lässt. Zum andern fand man durch Vergleiche mit den immer genaueren Uhren, dass die Erdrotation weiteren Schwankungen unterworfen ist und daher eine ungenügende Basis für ein Zeitsystem darstellt. Im Jahr 1950 beschloss man auf der Konstanten-Konferenz in Paris die Einführung eines von der Erdrotation unabhängigen Zeitsystems – der Ephemeridenzeit (ET), definiert allein durch die Gravitationstheorie. Zwischen den beiden Zeitsystemen gilt die an sich einfache Beziehung $ET = UT + \Delta T$ ($UT =$ Weltzeit). Die Grösse von ΔT kann prinzipiell nicht berechnet werden, sondern nur im nachhinein aus der Beobachtung, vorzugsweise des Mondes, ermittelt werden, mindestens so lange nicht, als bis eine Theo-

rie der Erdrotation existiert. Genaue, auf den Ort bezogene Finsternisvorhersagen sind daher unmöglich ohne die Kenntnis von ΔT . Denkt man sich die Erde mit unveränderlicher Rotationsperiode, nach Ephemeridenzeit, und ersetzt man die geographischen Längen durch sog. Ephemeridenlängen, so lässt sich innerhalb dieses Systems ein Schattenverlauf mit beliebiger Genauigkeit für beliebige Zeiten berechnen. Auf dieser Grundlage veröffentlicht z.B. der «Almanac» einen Finsternisverlauf. Man braucht nun lediglich kurze Zeit vor der Finsternis einen möglichst guten Wert für ΔT . Die geographische Länge findet sich dann durch Subtraktion von $1.0027 \Delta T$ von den Ephemeridenlängen (Die geogr. Breiten werden nicht betroffen). Was aber, wenn wie in unserem Falle Finsternisverläufe über einen längeren Zeitraum auf einer Karte darzustellen sind? Für Kalenderdaten ab ca. 1600 bis in unsere Zeit sind Werte für ΔT eruiert worden⁶⁾. Für alle übrigen Daten ist man auf mehr oder weniger willkürliche Extrapolationen angewiesen. Betrachten wir noch einmal Karte 1. Gegenüber dem bereits besprochenen Schattenverlauf sehen wir einen Zweiten, um genau 1.0027° in der Länge nach Osten verschobenen. Diese Verschiebung resultiert, wenn ΔT um 240 Sekunden vergrössert wird. Eine Unsicherheit dieser Grössenordnung liegt bei so entfernten Daten durchaus drin. In der folgenden Tabelle 1 sind die für diese Arbeit angenommenen Werte aufgeführt:

Tabelle 1: Verzeichnis der in den Karten enthaltenen Sonnenfinsternisse und der angenommenen Werte für ΔT .

Datum	Typ	ΔT sec	ZA min	Datum	Typ	ΔT sec	ZA min
Mi 16.6. 1406*	T	+400	2	Mi 5.11. 2059	R	+140	-
Fr 7.6. 1415*	T	380	2	Sa 13.7. 2075	R	160	1
Mo 12.2. 1431*	T	345	1	Mi 3.9. 2081	T	170	2
Mi 17.6. 1433*	T	340	2	Fr 27.2. 2082	R	170	1
Mi 16.3. 1485*	T	240	2	Sa 23.9. 2090	T	185	-
Mi 7.4. 1540*	T	150	-	Fr 7.10. 2135	T	260	-
Do 24.1. 1544*	T	145	4	Fr 25.5. 2142	T	270	2
Mi 9.4. 1567*	T	115	2	Sa 12.3. 2146	R	280	-
				Mo 14.6. 2151	T	290	1
Mi 12.10. 1605	T	70	2	Fr 15.8. 2157	R	300	-
Mo 10.6. 1630	T/R	47	.33	Mi 4.6. 2160	T	305	2
Mi 27.1. 1683	R	-13	-	Fr 6.7. 2187	R	360	2
Mi 12.5. 1706	T	-12	2	Mi 27.9. 2220	R	435	2
Mo 22.5. 1724	T	-8	.5	Mi 16.5. 2227	T	450	2
				Mi 28.6. 2299	T	635	2
Sa 11.2. 1804	R	+6	2				
Fr 8.7. 1842	T	-1	2	Mo 2.10. 2350	R	785	2
Sa 9.10. 1847	R	+1	2	Mo 19.3. 2379	T	875	2
				Mi 22.7. 2381	T	885	-
Mi 17.4. 1912	R	+12	2	Do 26.12. 2391	R	920	2
Mi 15.2. 1961	T	34	2	Do 10.6. 2393	R	975	2
Mi 11.8. 1999	T	68	2				
				Mi 20.4. 2433	T	1060	4

* = Julianischer Kalender
R = Ringförmig, T = Total, ZA = Zeitachsenabstand

Die Kalenderdaten der Finsternisse bis 2160 sind dem «OPPOLZER»⁶⁾ und die nachfolgenden dem «SCHRADER»⁷⁾ entnommen. Schrader hat ebenfalls auf das Kuriosum aufmerksam gemacht, dass diese Finsternisse in Mitteleuropa bevorzugt an einem Mittwoch stattfinden (19). Studiert man obige Tabelle, so wäre noch beizufügen: Am Sonntag (und Dienstag) nie!

Tabelle 2: Kernschattenverlauf der Sonnenfinsternis vom Mittwoch, 11. August 1999
 Beginn: UT 9h30m15s, Ende: 12h35m49s ($\Delta T = 68$ sec.)

UT	Zentrallinie		Höhe	Dauer (sec)	Nördliche Grenze		Südliche Grenze	
	w. Länge	Breite			Länge	Breite	Länge	Breite
10h18m00s	+0°56'	+49°56'	48.8°	126	+1°04'	+50°25'	+0°48'	+49°27'
10h20m00s	-0°26'	+49°50'	49.6°	128	-0°19'	+50°19'	-0°32'	+49°20'
10h22m00s	-1°46'	+49°43'	50.5°	129	-1°41'	+50°12'	-1°51'	+49°13'
10h24m00s	-3°04'	+49°35'	51.3°	130	-3°01'	+50°05'	-3°08'	+49°05'
10h26m00s	-4°21'	+49°27'	52.1°	132	-4°19'	+49°56'	-4°23'	+48°57'
10h28m00s	-5°36'	+49°17'	52.8°	133	-5°35'	+49°47'	-5°37'	+48°48'
10h30m00s	-6°50'	+49°08'	53.5°	134	-6°50'	+49°37'	-6°50'	+48°38'
10h32m00s	-8°02'	+48°57'	54.1°	135	-8°04'	+49°27'	-8°01'	+48°27'
10h34m00s	-9°13'	+48°46'	54.8°	136	-9°16'	+49°16'	-9°10'	+48°16'
10h36m00s	-10°23'	+48°34'	55.4°	137	-10°27'	+49°04'	-10°19'	+48°04'
10h38m00s	-11°31'	+48°22'	55.9°	138	-11°36'	+48°52'	-11°26'	+47°52'
10h40m00s	-12°38'	+48°09'	56.4°	138	-12°45'	+48°39'	-12°32'	+47°39'
10h42m00s	-13°45'	+47°56'	56.9°	139	-13°52'	+48°25'	-13°37'	+47°26'
10h44m00s	-14°50'	+47°42'	57.3°	140	-14°58'	+48°11'	-14°41'	+47°12'
10h46m00s	-15°53'	+47°27'	57.7°	140	-16°03'	+47°57'	-15°44'	+46°58'
10h48m00s	-16°56'	+47°12'	58.1°	141	-17°07'	+47°42'	-16°46'	+46°43'

Berechnung und praktische Ausführung

Auf die Finsternisrechnung kann hier schon aus Platzgründen nicht eingegangen werden. Der daran Interessierte findet im «Explanatory Supplement»¹⁾ eine vorzügliche Zusammenstellung der notwendigen Grundlagen und Formeln, unterstützt durch instruktive Beispiele. Es sollen hier zum Schluss lediglich die zur Durchführung der vorliegenden Arbeit benötigten Schritte kurz gestreift werden:

Ein erster Teil bestand in der eigentlichen Finsternisrechnung. Ihn besorgte das Programm SPATH. Die Tabelle 2 gibt einen Ausdruck dieses Programms für die Finsternis des Jahres 1999 wieder. Nach Vorgabe von Datum, ΔT , den Zeitlimiten (in UT) sowie eines Zeitinkrementes, wurde nun eine Schattenachse nach der andern nach folgendem Schema durchgerechnet:

- Berechnung der ET aus UT und ΔT
- des Mond- und Sonnenortes für diese Zeit
- Wiederholung von b) mit ET + 1 Stunde
- Berechnung der Besselschen Elemente und deren zeitlichen Ableitungen
- der geogr. Koordinaten des Punktes auf der Zentrallinie
- der Finsternisdauer für diesen Punkt
- der Sonnenhöhe für diesen Punkt
- der Koordinaten für die nördliche und die südliche Grenze.

Auf dem erwähnten Mikrocomputer, der mit einer modifizierten Taktfrequenz von 3.5 MHz arbeitet, benötigte das kompilierte Programm für eine solche Schattenachsenberechnung ca. 15 Sekunden. Die Resultate wurden nicht nur ausgedruckt, sondern zur weiteren Verwendung auf ein sog. Diskfile (Datei auf Magnetplatte) geschrieben. In allen Fällen war es notwendig, als erstes die vollständige Finsternis mit einem Zeitinkrement von 6 Minuten durchzurechnen, um dann die Rechnung mit besserer Zeitauflösung für das hier interessierende Gebiet zu wiederholen.

Der zweite Teil bestand in der geeigneten graphischen Darstellung der berechneten Werte. Dazu wurde ein graphischer Plotter (WATANABE WX4671) in Verbindung mit dem TRS-80 verwendet. Ein weiteres Programm (SPLOT) las die

Daten einer Finsternis vom Diskfile, rechnete sie um in die der Kartenprojektion entsprechenden x/y-Koordinaten des Plotters, zeichnete alle Schattenachsen, beschriftete sie und verband deren Hauptpunkte mit sauber interpolierten Kurven. Besondere Schwierigkeiten bereiteten dabei Finsternisse, welche im Kartengebiet beginnen oder enden. Die ursprüngliche Intention war es, diese Plots direkt als Vorlage für den Druck zu verwenden. Dies scheiterte aus finanziellen Gründen, da dann ein mehrfarbiger Druck sich überschneidender Schattenverläufe notwendig geworden wäre.

Die nun getroffene Lösung ist weitgehend das Verdienst des Zeichners Herrn HANS BODMER, Greifensee. Für seine mühevollen Arbeit bin ich ihm zu grossem Dank verpflichtet! Auch bei den Herren Dr. C. ANDERSON, Göteborg und E. LAAGER, Schwarzenburg möchte ich mich für ihre unabhängige voneinander erteilten Anstösse zu diesem Artikel sehr bedanken! Weiterer Dank gebührt Herrn Prof. H. MÜLLER, Zürich, für seine so kompetente Korrektur des Manuskriptes!

Literatur:

- OWEN GINGERICH, «Astronomical Scrapbook», Sky and Telescope, October, p.324, (1981).
- E.A. BROWN, Tables of the motion of the moon. New Haven: Yale University-Press, (1919).
- SIMON NEWCOMB, Tables of the motion of the earth on its axis and around the sun. Astr. Papers Vol. VI, Washington (1898).
- W.J. ECKERT, et al., «Construction of the Lunar Ephemeris» in «Improved Lunar Ephemeris 1952-1959». Nautical Almanac Office, Washington (1954).
- Explanatory Supplement to the Astronomical Ephemeris and the American Ephemeris and Nautical Almanac. Her Majesty's Stationery Office, London (1961).
- TH. v. OPPOLZER, Canon der Finsternisse. Wien (1887), Nachdruck Dover Publication, Inc. (1961).
- O. SCHRADER. Die bedeutenden Sonnenfinsternisse und die grossen Mondfinsternisse für Mitteleuropa von 2166 bis 3045. Berlin (1913).

Adresse des Autors:

Roman A. Gubser, URANIA-Sternwarte, 8001 Zürich
 Privatadresse: in Bruggen 20, 8907 Wettswil.

Legende zu den Finsterniskarten: Eine Karte enthält alle Kernschattenverläufe eines Jahrhunderts. Ein solcher Verlauf besteht aus einer Zentrallinie, einer nördlichen und südlichen Begrenzung und meist mehrerer Zeit- oder Schattenachsen. Eine durchgezogene Zentrallinie bedeutet eine totale und eine gestrichelte Zentrallinie eine ringförmige Finsternis. Die Strichlänge hängt von der Schattengeschwindigkeit ab. Ebenfalls gestrichelt sind die vereinfacht als Gerade eingezeichneten Zeitachsen. Die auf diese Achse bezogene Zeitangabe versteht sich in Weltzeit (UT). Mit «H=» ist die Sonnenhöhe über dem math. Horizont gemeint (Refraktion berücksichtigt). Die Zahl darunter gibt die Dauer der zentralen Finsternis in Sekunden an. Beide Angaben beziehen sich auf den Punkt auf der Zentrallinie.

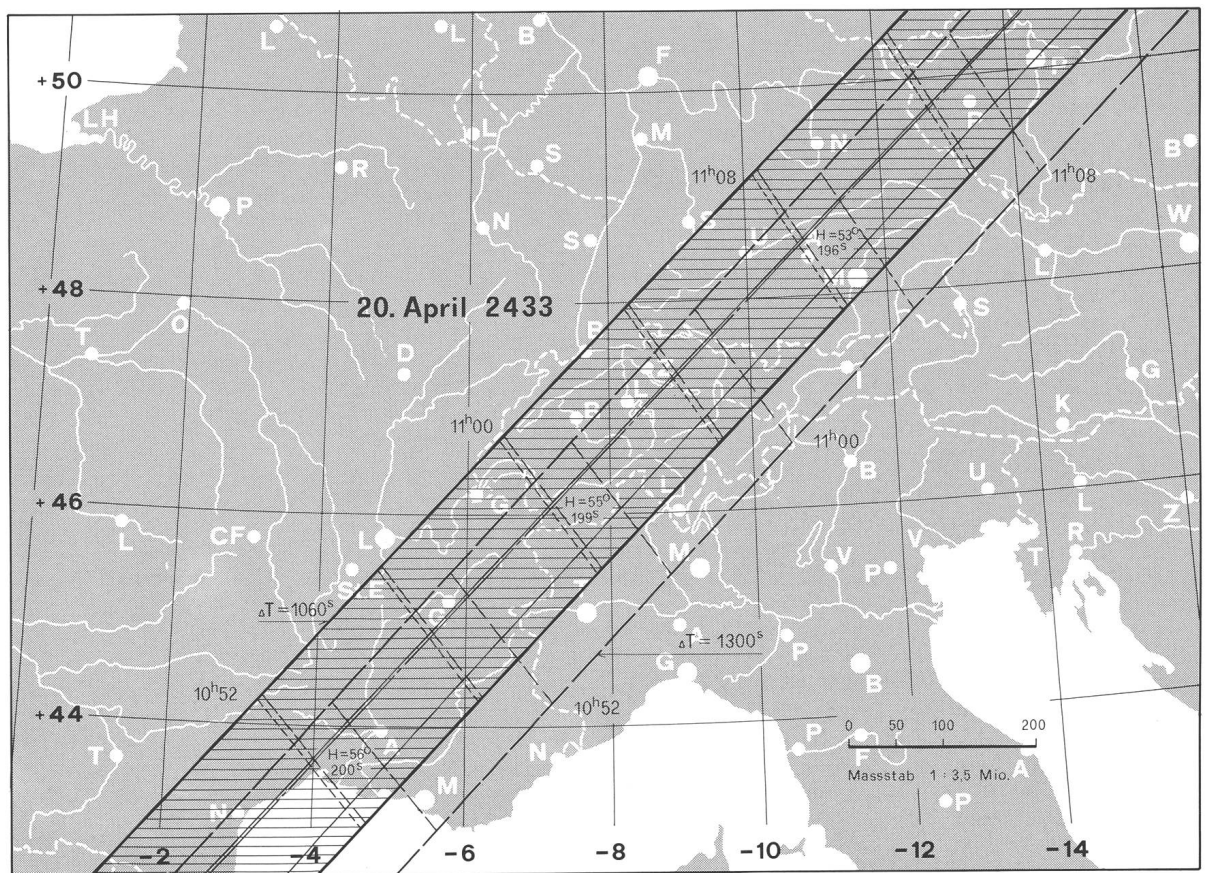
Légendes des cartes d'éclipses: Une carte contient tous les tracés des noyaux d'ombre durant un siècle. Un tel tracé se compose d'une ligne centrale, d'une limite nord et sud et de plusieurs axes de temps et d'ombre. Une ligne centrale continue indique une éclipse totale, une ligne en traits indique une éclipse annulaire. La longueur des traits dépend de la vitesse de l'ombre. Les axes de temps sont également indiqués en traits, en ligne droite, par simplification. Les temps indiqués par ces axes sont en temps universel UT. La hauteur du soleil sur l'horizon mathématique (y compris la réfraction) est indiquée par «H=». Le nombre imprimé au-dessous donne la durée de l'éclipse centrale en secondes. Les deux indications concernent le point sur la ligne centrale.

Karte 1: Die Sonnenfinsternis vom 20. April 2433 – Einfluss von Mondort und von ΔT .

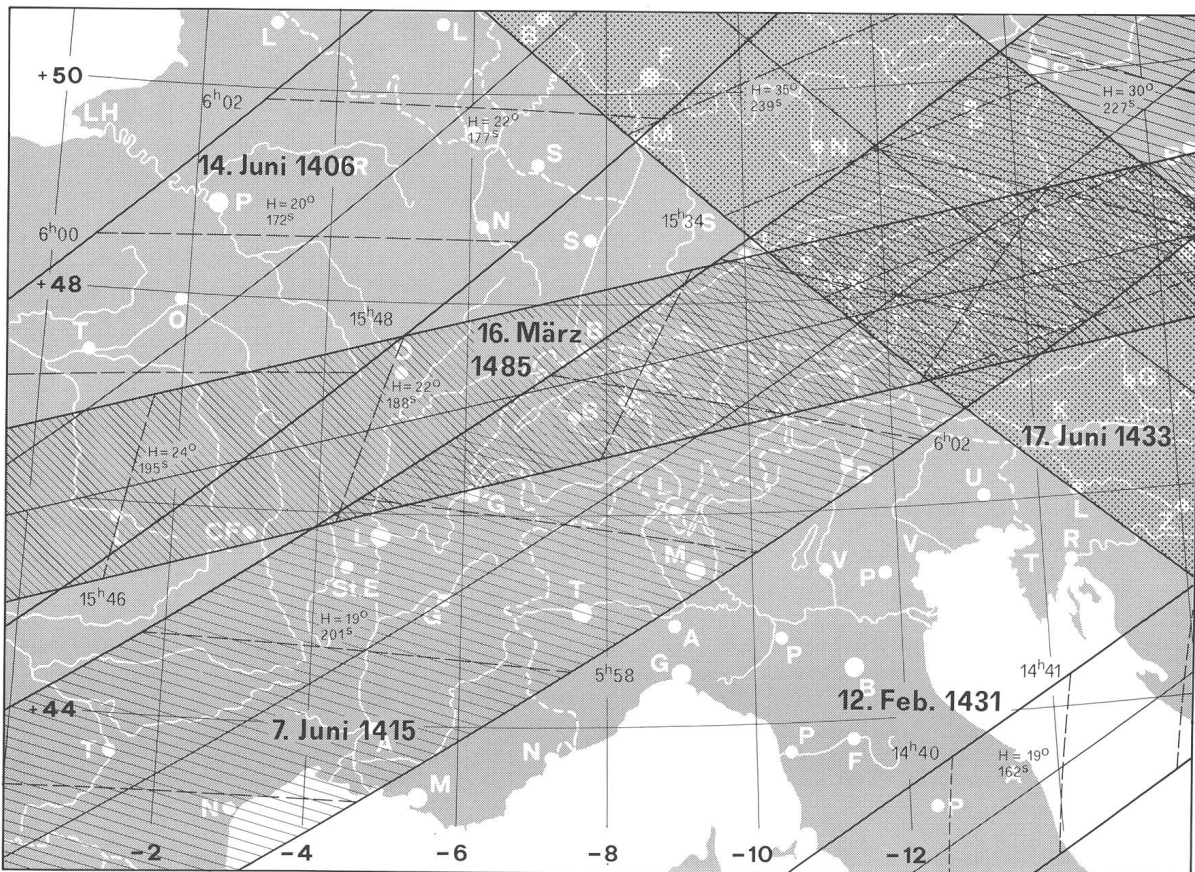
- Karte 2: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 15. Jahrh.
- Karte 3: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 16. Jahrh.
- Karte 4: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 17. Jahrh.
- Karte 5: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 18. Jahrh.
- Karte 6: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 19. Jahrh.
- Karte 7: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 20. Jahrh.
- Karte 8: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 21. Jahrh.
- Karte 9: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 22. Jahrh.
- Karte 10: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 23. Jahrh.
- Karte 11: Die zentralen Sonnenfinsternisse des 24. Jahrh.

Carte 1: Eclipse de soleil du 20 avril 2433 – Influence de la position de la lune et de ΔT .

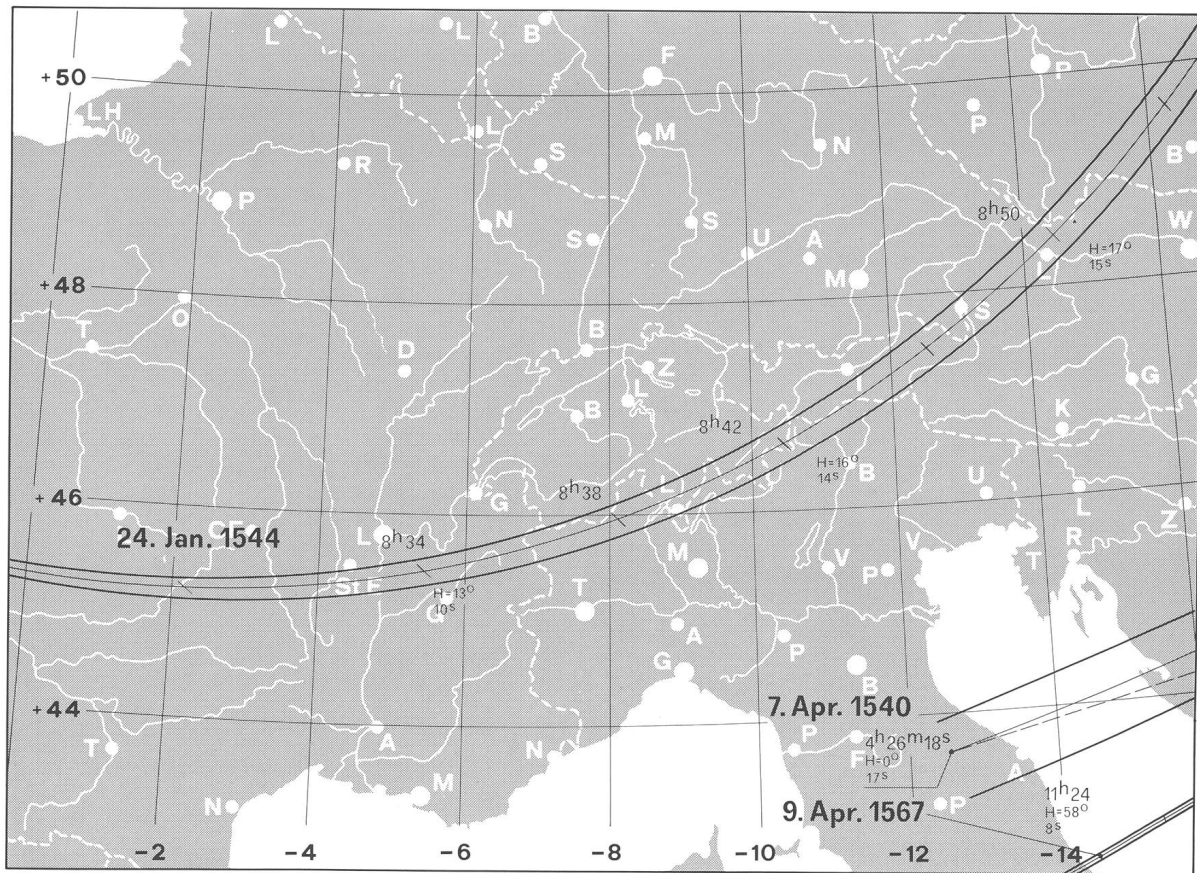
- Carte 2: Les éclipses centrales de soleil du 15e siècle.
- Carte 3: Les éclipses centrales de soleil du 16e siècle.
- Carte 4: Les éclipses centrales de soleil du 17e siècle.
- Carte 5: Les éclipses centrales de soleil du 18e siècle.
- Carte 6: Les éclipses centrales de soleil du 19e siècle.
- Carte 7: Les éclipses centrales de soleil du 20e siècle.
- Carte 8: Les éclipses centrales de soleil du 21e siècle.
- Carte 9: Les éclipses centrales de soleil du 22e siècle.
- Carte 10: Les éclipses centrales de soleil du 23e siècle.
- Carte 11: Les éclipses centrales de soleil du 24e siècle.



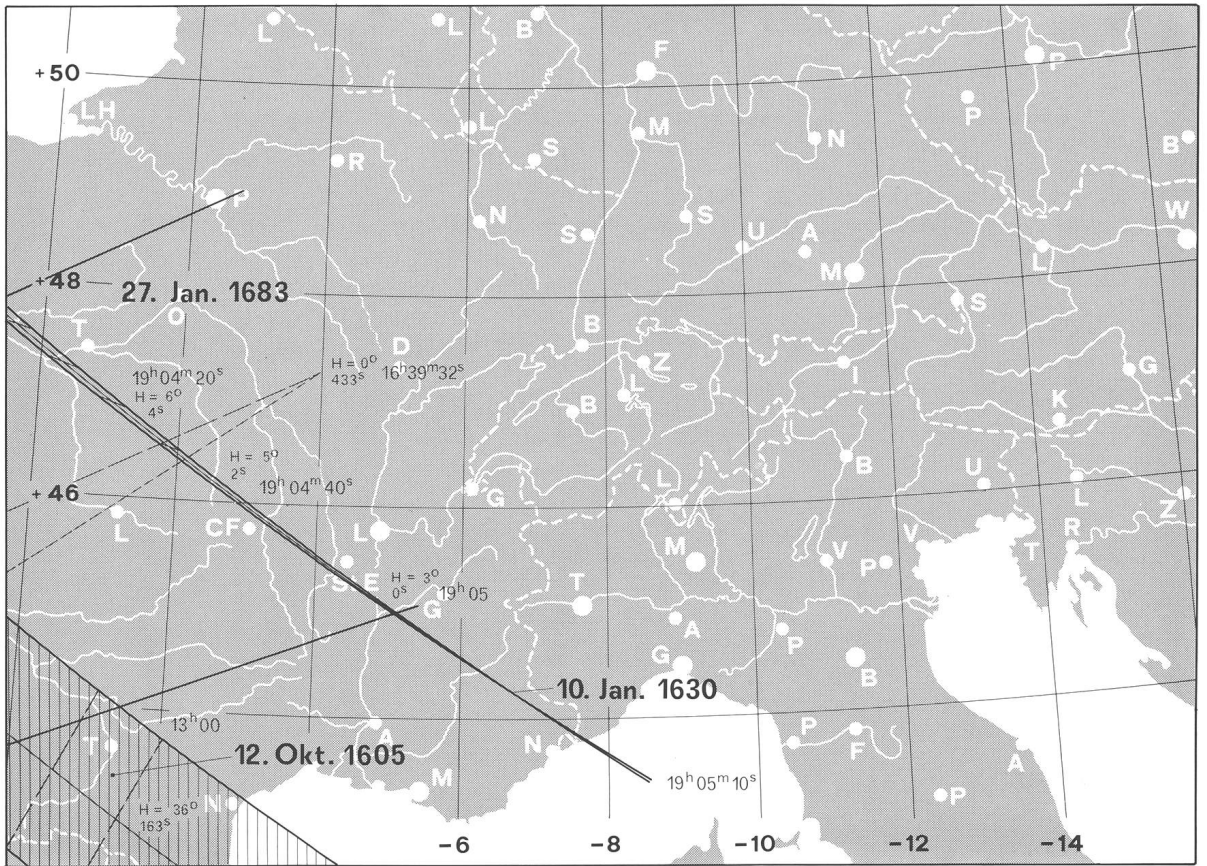
Karte 1



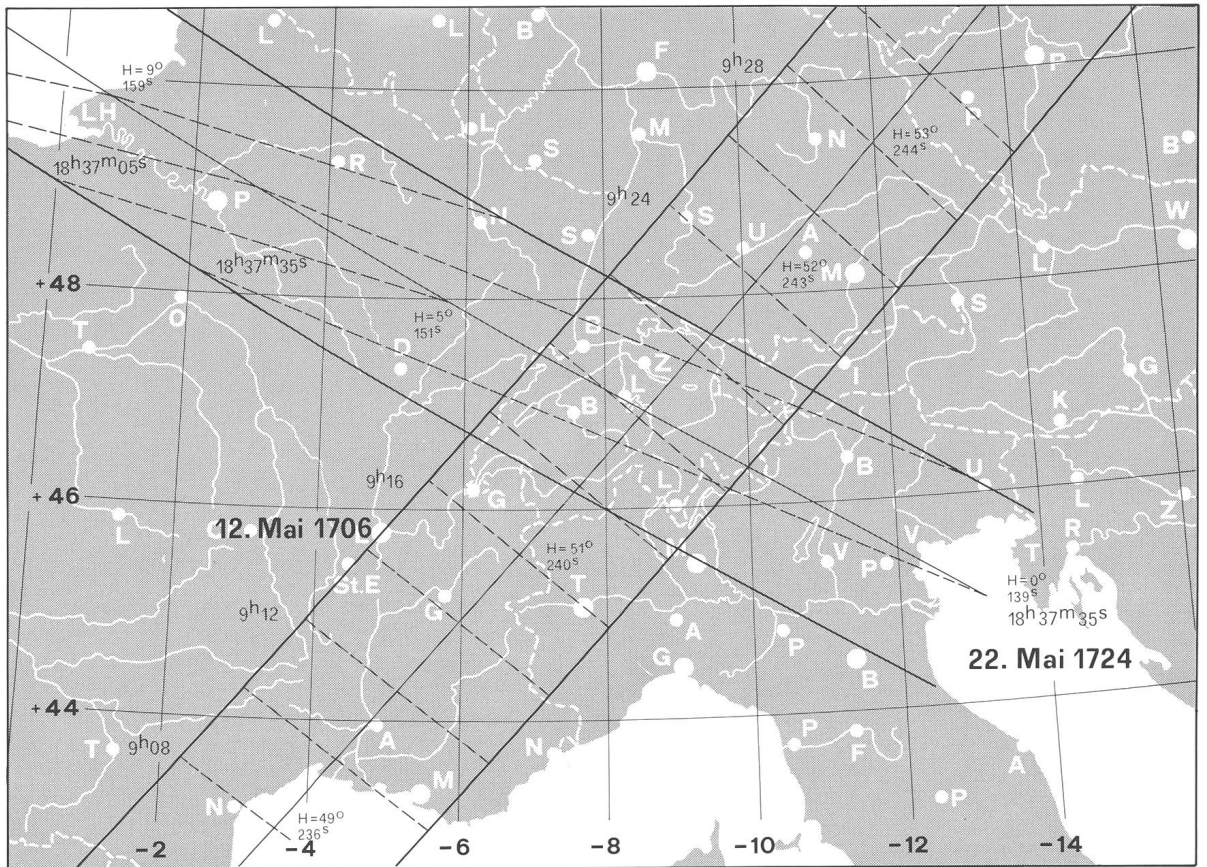
Karte 2



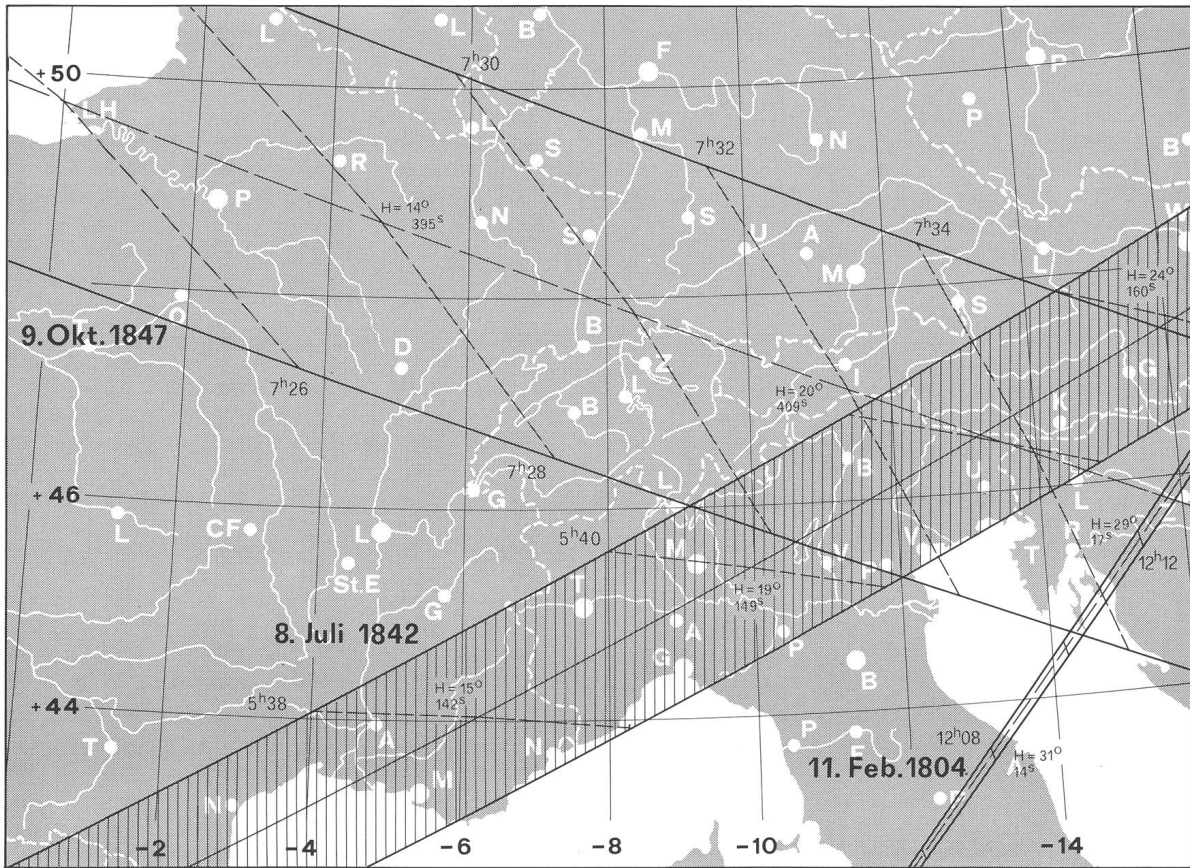
Karte 3



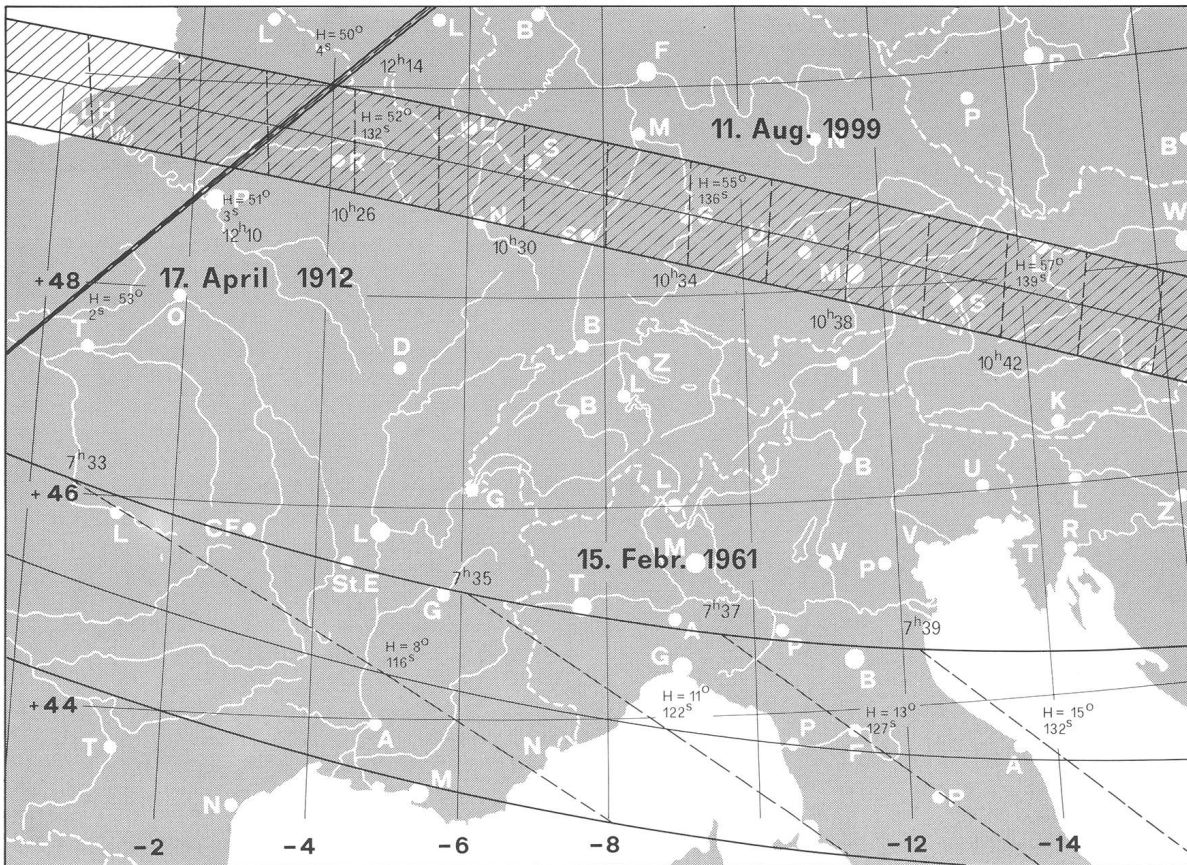
Karte 4



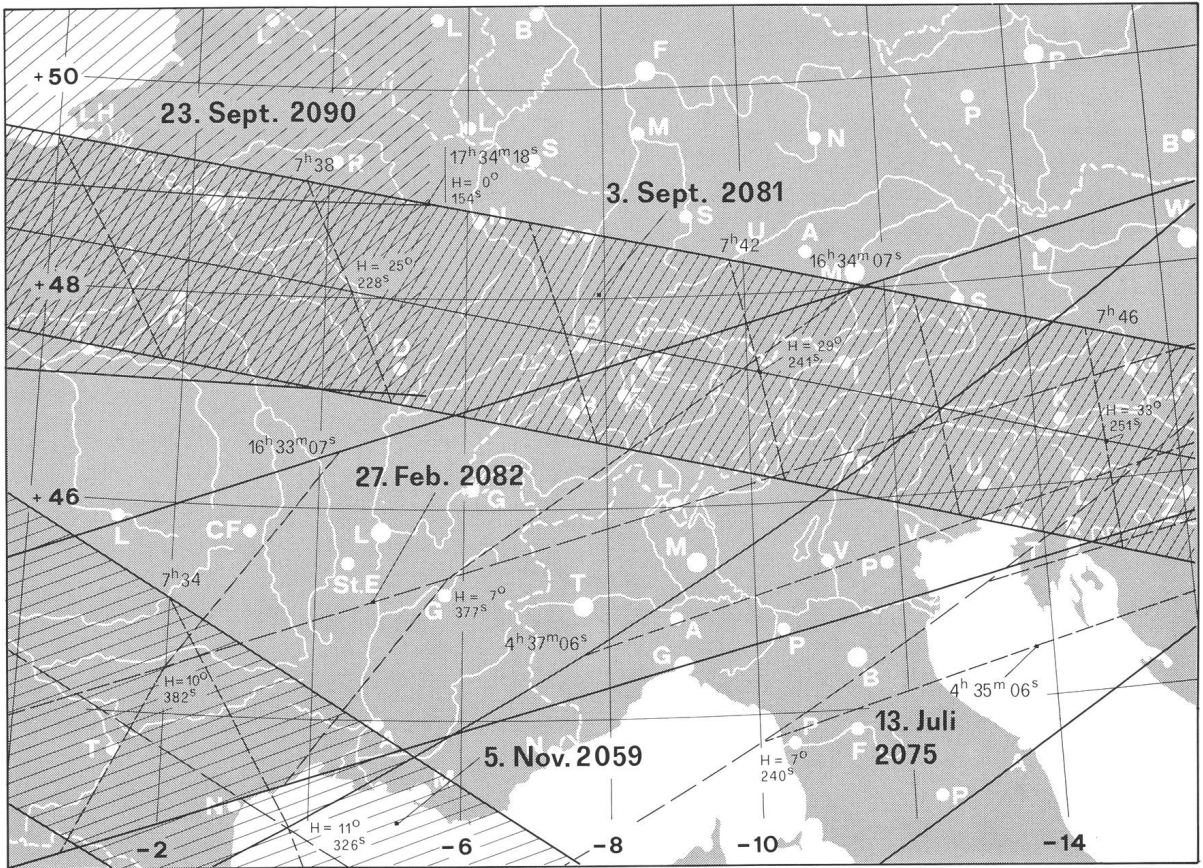
Karte 5



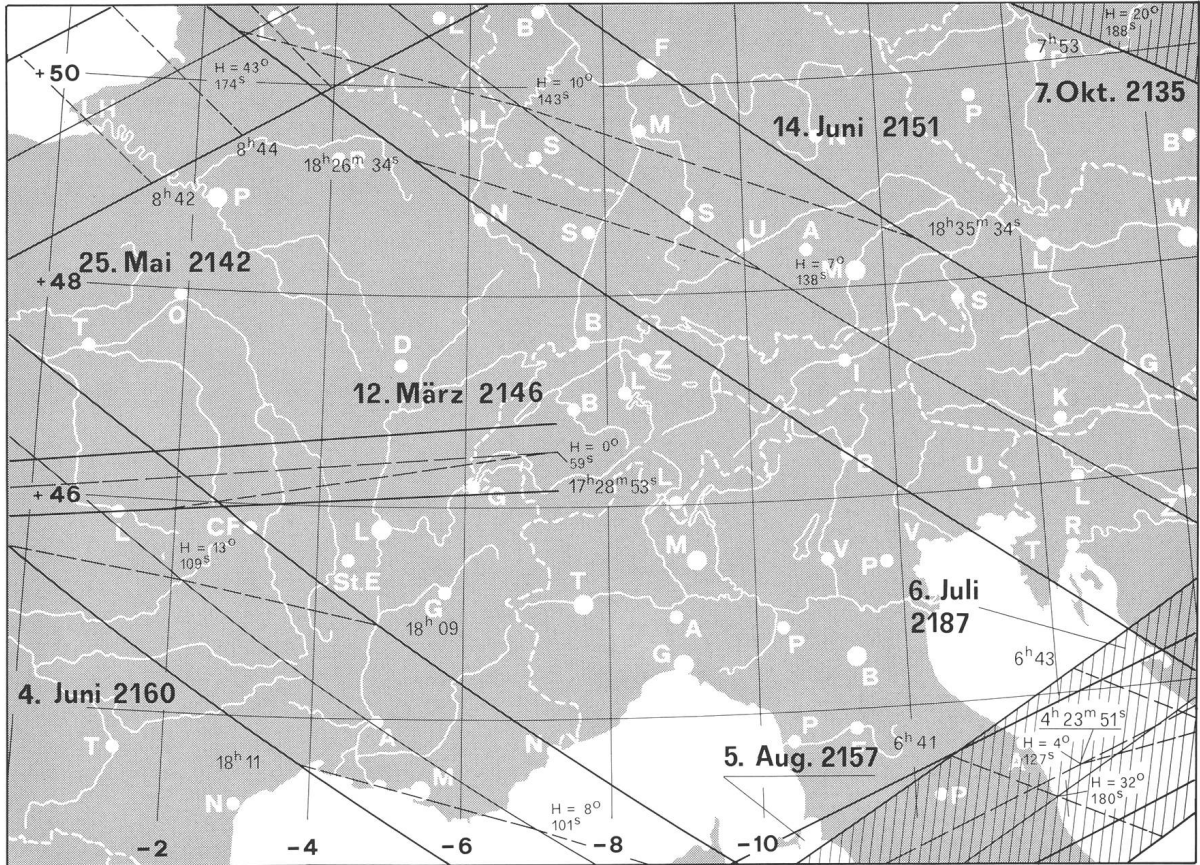
Karte 6



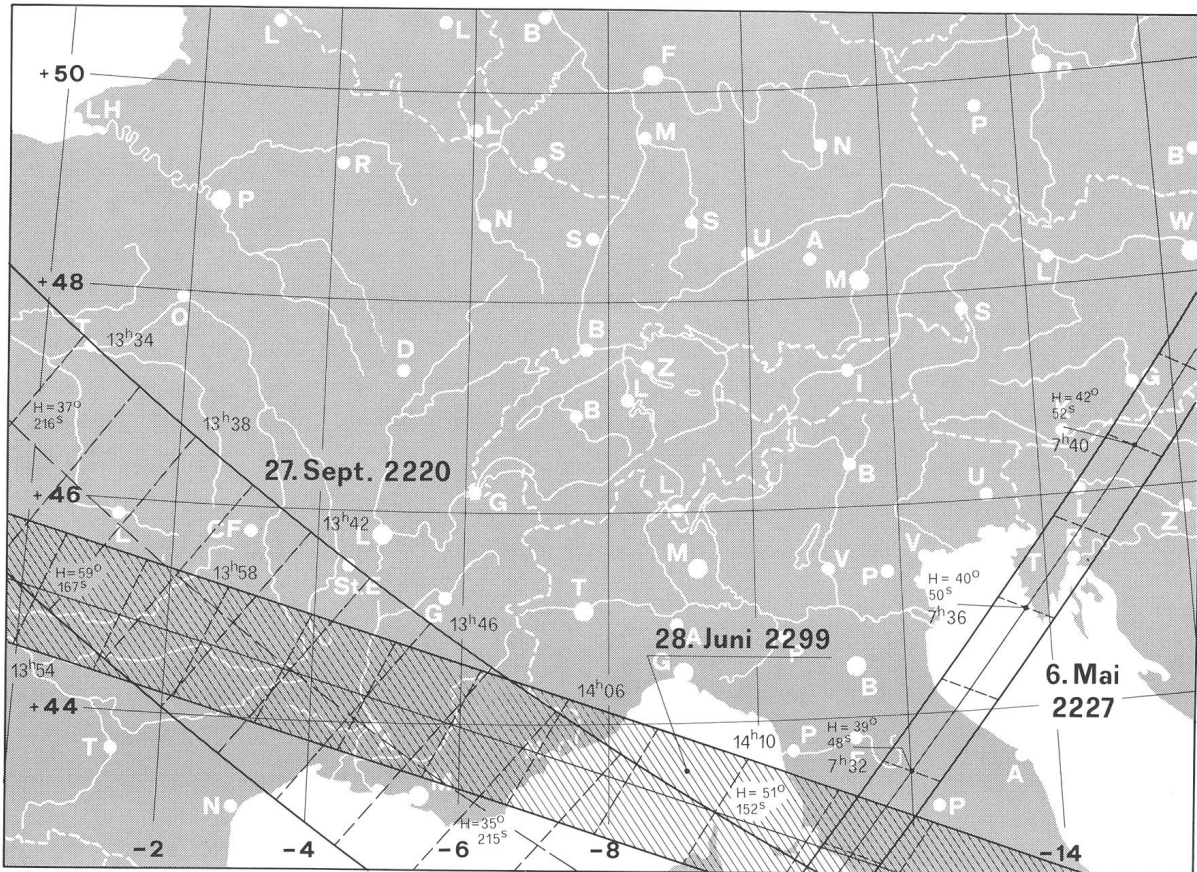
Karte 7



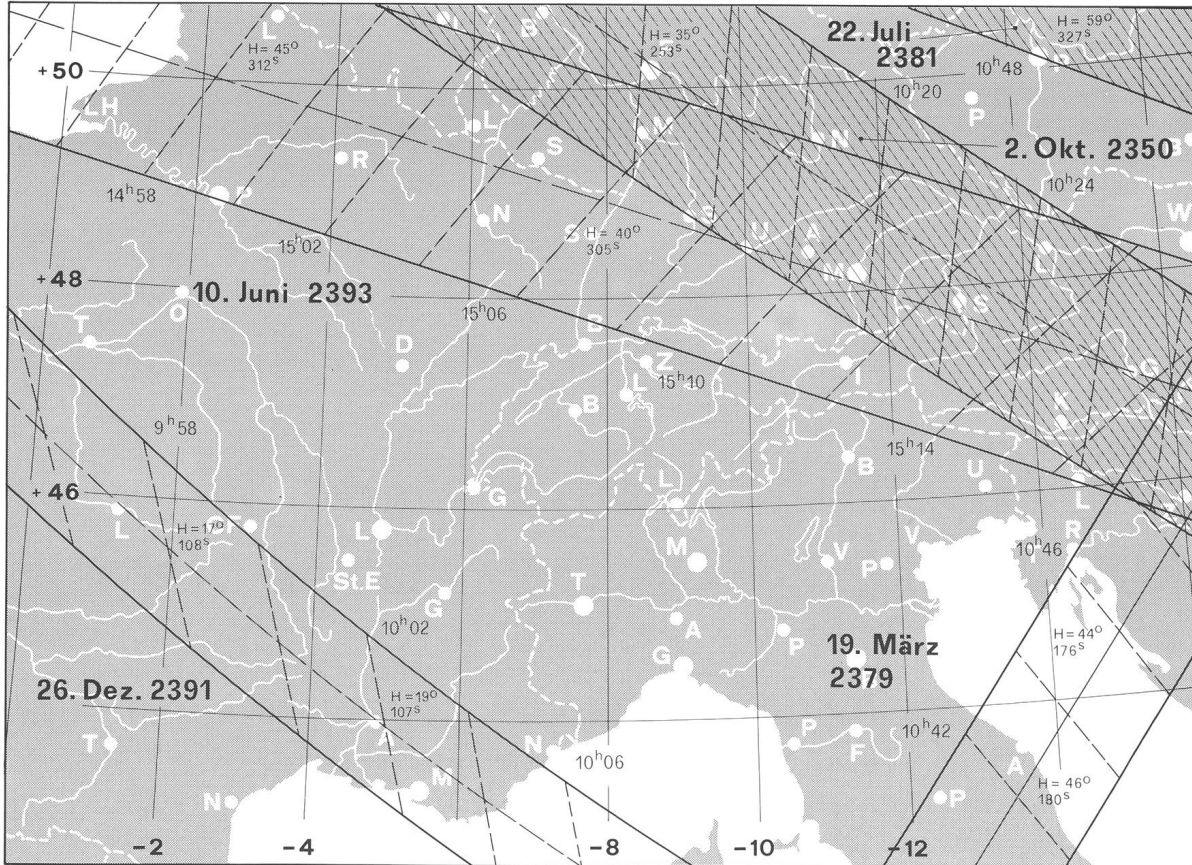
Karte 8



Karte 9



Karte 10



Karte 11