Eine Aussenstation für Sonnenforschung im Mittelmeerraum

Autor(en): **Klüber, H. von**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **14 (1969)**

Heft 111

PDF erstellt am: **05.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-899799

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

Eine Aussenstation für Sonnenforschung im Mittelmeerraum

von H. von Klüber, Cambridge University, England

Es wird in neuerer Zeit immer schwieriger, sowohl den astronomischen Unterricht als auch die astronomische Forschung auf beobachtungstechnischem Gebiete räumlich an ein und derselben Universität zu vereinigen. Denn zum astronomischen Unterricht gehören natürlich Vorlesungen, Seminare, Bibliotheken, Werkstätten und praktische Übungen in Instituten (z. B. Physik). All dies ist nur in unmittelbarer Verbundenheit mit einer Universität und mit deren übrigen Einrichtungen verfügbar. Andererseits sind hochwertige astronomische Beobachtungen und Forschungsaufgaben an solchen Kulturzentren wegen der ständig zunehmenden Störungen durch Licht, Verkehr und wegen der fast immer sehr ungünstigen Sichtbedingungen kaum noch möglich. Für die nord- und mitteleuropäischen Observatorien kommen noch als besonders erschwerend die meist ungünstigen klimatischen Bedingungen hinzu. Sie schliessen gewisse moderne Beobachtungen überhaupt aus und sie machen die Investierung grosser Geldmittel für ein kostspieliges Instrumentarium nicht mehr verantwortbar. Andererseits sind natürlich hochwertige Beobachtungen unumgänglich notwendig zur Beschaffung des nötigen Informationsmaterials, auf dem letzthin ja alle weiteren Erkenntnisse theoretischer wie praktischer Art schliesslich aufgebaut werden müssen. Zur Überwindung dieser prinzipiellen Schwierigkeiten bieten sich zwei Wege, die beide in den letzten Jahren in immer steigendem Masse mit mehr oder weniger Erfolg eingeschlagen worden sind.

Es besteht einmal die Möglichkeit, Beobachter für einen kürzeren oder längeren Aufenthalt an eine der besonders günstig gelegenen Sternwarten oder Beobachtungsstationen zu senden. Sie können dann als Gast die dortigen, oftmals sehr bedeutenden Beobachtungsmittel für einen gewissen Zeitraum benützen. Es handelt sich dabei meist um die grossen amerikanischen Observatorien oder um die auf der Südhalbkugel gelegenen Stationen in Südafrika, Australien usw. Von diesen Möglichkeiten wird heutzutage unter den Astronomen tatsächlich weitgehend Gebrauch gemacht. Eine erfreuliche internationale Gastfreundschaft und eine Anzahl bestehender Organisationen wie zum Beispiel die Internationale Astronomische Union oder die UNESCO ermöglichen diese Gastbesuche schon in ziemlich grossem Masse.

Andererseits ist solche Inanspruchnahme auswärtiger Observatorien naturgemäss zeitlich begrenzt und ausserdem noch mehr oder minder eingeschränkt durch die am Gastorte vorhandenen Forschungsmittel. Beobachtungsprogramme, die längere Zeiträume benötigen, und besonders spezielle Entwicklungsarbeiten für das eine oder andere geplante neue Gerät oder Verfahren sind auf diese Weise in der Regel nicht möglich.

Eine Anzahl, vorwiegend europäischer und damit klimatisch meist ungünstig gelegener Observatorien hat darum in neuerer Zeit begonnen, eigene, wenn auch kleinere Filialstationen an klimatisch besonders begünstigten Orten aufzubauen. Die Schweiz besitzt zum Beispiel für die besonderen Aufgaben ihrer langjährigen erfolgreichen Koronabeobachtungen die bewährte Aussenstation der Sternwarte der Eidgenössischen Technischen Hochschule oberhalb von Arosa. Für Untersuchungen, die noch grössere Höhe erfordern, steht die bekannte und international viel benutzte Höhenstation auf dem Jungfraujoch zur Verfügung. Eine andere, ebenfalls in der Schweiz gelegene und sehr erfolgreiche Station dieser Art ist ferner die Aussenstation der Göttinger Universitätssternwarte in Orselina nahe Locarno. Zwei andere Aussenstationen, eine schwedische und eine deutsche, arbeiten schon seit längerer Zeit auf Capri. Stationen dieser Art können oft mit relativ bescheidenen Mitteln aufgebaut werden. Mit geeignetem Instrumentarium für spezielle hochwertige Aufgaben ausgerüstet und im Turnus mit wechselndem wissenschaftlichen Personal vom Heimatobservatorium aus besetzt, können sie in relativ kurzer Zeit wertvolle und vielseitige Resultate bringen.

Über die Gesichtspunkte und Erfahrungen, die mit dem Aufbau einer solchen Aussenstation in Übersee seitens der Observatorien der Universität Cambridge (England) neuerdings gemacht wurden, soll hier etwas näher berichtet werden, da manches davon wohl von gewissem allgemeinen Interesse sein mag.

Für die Wahl eines Standortes ist natürlich in erster Linie die ins Auge gefasste Problemstellung massgeblich. Für die Cambridger Aussenstation handelte es sich vorwiegend um die Durchführung und Weiterentwicklung der in Cambridge begonnenen oder vorbereiteten solaren Beobachtungen mit einem Magnetographen, verbunden mit gleichzeitigen, lichtelektrischen photometrischen Messungen im Sonnenspektrum. Dies sind Arbeiten, deren Durchführung im englischen Klima fast aussichtslos ist. Die Filialsternwarte sollte aber auch möglichst nahe dem Heimatobservatorium liegen und mit ihm gute Verkehrsverbindungen haben. Da eine Sonnenstation auch keineswegs eines Platzes auf der südlichen Halbkugel bedarf, so war es naheliegend, einen Platz im Mittelmeerraum zu suchen, der bekanntermassen in vielen Gegenden eine dem nordeuropäischen Klima weit überlegene Sonnenscheindauer bietet. Übrigens laufen zurzeit noch mehrere Projekte europäischer Observatorien für den Aufbau von Aussenstationen, jedoch vorwiegend für Nachtbeobachtungen, im Mittelmeerraum.

Zur Ermittlung von Gegenden mit hoher Sonnenscheindauer gibt es eine ganze Anzahl zum Teil un-

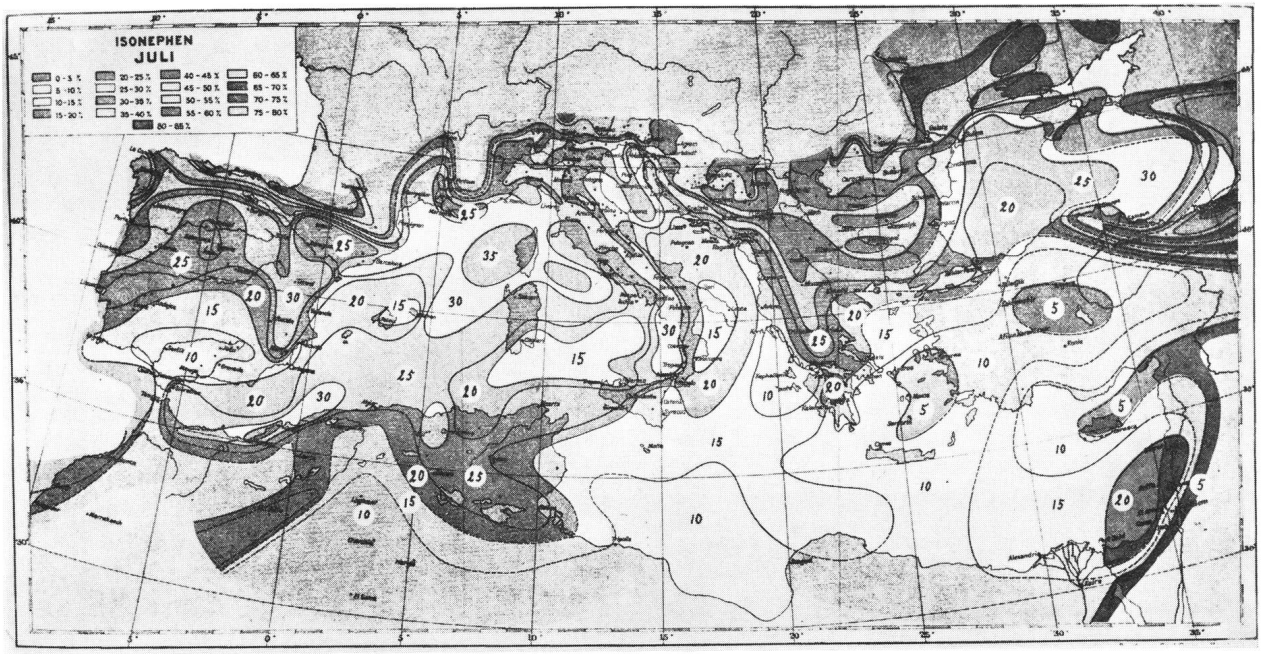


Abb. 1: Linien gleicher Bewölkung (Isonephen) für das Mittelmeerbecken für Juli. Die eingesetzten Zahlen bedeuten Prozente völliger Bewölkung innerhalb der betreffenden Isonephe[1]).

veröffentlichter Quellen. Neben vielen grossräumigen oder lokalen Statistiken sind die regelmässigen Aufzeichnungen der grossen Luftverkehrslinien, der Flughäfen und der zahlreichen im Mittelmeer verkehrenden Schiffe oft von grossem Nutzen. Allein der Astronom trifft hier sogleich auf eine bekannte Einschränkung: das, was bei allen diesen Statistiken als Sonnenscheindauer angegeben wird, umfasst auch sehr viele Stunden mit treibenden Cumuli, hohen Cirrusschichten und mit ähnlichen, für gute Beobachtungen meist ungünstigen oder ganz unbrauchbaren Sichtverhältnissen. Gute Sonnenbeobachtungen, die nicht nur tägliche Routinebeobachtungen sind, brauchen in der Regel gute atmosphärische Durchsicht, geringes allgemeines Streulicht, und sie können sehr ernstlich durch fortgesetzte Unterbrechungen durch treibende Cumuli oder Cirrusstreifen in Frage gestellt werden. Deswegen sind die tatsächlich brauchbaren Beobachtungsstunden ganz wesentlich geringer, als es die üblichen Statistiken erwarten lassen. Es ist von Interesse, hier ein paar solche Statistiken zu betrachten. Mangels einheitlichen Materials müssen sie jedoch mit allem Vorbehalt aufgenommen werden, denn sie stammen aus sehr verschiedenen Quellen, die nur in sehr beschränktem Masse vergleichbar sind. Unsere *Abbildung 1* zeigt zum Beispiel die Bewölkungsverhältnisse im ganzen Mittelmeergebiet nach einer ausführlichen Studie[1]) unter Benutzung vieler Stationen und vieler Schiffsbeobachtungen über viele Jahre. Die Süd- und Ostküsten des Mittelmeerbeckens sind teils aus verkehrstechnischen Gründen, teils wegen der Nähe der staubbildenden und damit hohes Streulicht erzeugenden Wüstengebiete oftmals nicht günstig. In einigen Fällen sind sie auch wegen der zeitbedingten politischen Störungen für eine isoliert liegende Forschungsstation nicht recht geeignet. Die verfügbaren Informationen, die später natürlich noch durch Statistiken aus lokalen Quellen zu ergänzen waren, zeigen aber, dass der westliche und östliche Teil des Mittelmeeres, Süditalien, Teile Griechenlands und natürlich die griechischen Inselwelten im allgemeinen für Sonnenbeobachtungen sehr verlockend erscheinen. Alle diese Gebiete lassen jedenfalls gegenüber dem nordeuropäischen Klima grosse Vorteile erwarten. Ausser einer möglichst guten verkehrstechnischen Lage und ausser hoher Sonnenscheindauer sollten auch die Sichtverhältnisse an dem schliesslich zu wählenden Orte möglichst günstig sein. Wir verstehen darunter in diesem Zusammenhange zunächst Bildruhe und Bildqualität bei Sonnenbeobachtungen und geringes, nicht fortwährend wechselndes Himmels-Streulicht. Aber auch die Abwesenheit von Rauch, Staub, Bodenerschütterungen durch nahegelegene Verkehrswege ist wichtig und ein gewisses Mass von Windschutz ist erwünscht. Die Ermittlung der lokalen, sog. Sichtbedingungen ist eine recht schwierige, zeitraubende und kostspielige Aufgabe, die allgemein noch keineswegs gelöst ist; über sie ist in den letzten Jahren viel geschrieben und experimentiert worden[2]). Wir haben uns zu diesem grossen Aufwand für eine in ihrem Bestand zeitlich begrenzte Station nicht entschliessen können. Wir haben vielmehr versucht, eine Stelle ausfindig zu machen, die nach der Meinung langjähriger erfahrener Sonnenbeobachter relativ günstig zu sein versprach. Als allgemeine Forderung galt: genügend Abstand von der Küste, von menschlichen Siedlungen und von grösseren Verkehrswegen, wobei jedoch leichte Zugänglichkeit gewährleistet sein sollte. Ferner sollte, wenn irgend möglich, reichlich grüne Vegetation mit Bäu-

men (wegen der Verbesserung des lokalen Mikroklimas) vorhanden sein. Ausserdem waren ein gewisser Windschutz und, wenn immer möglich, wegen der grösseren Durchsichtigkeit der Luft eine Höhe von ein- bis zweitausend Metern erwünscht. Alle diese Forderungen sind im Mittelmeerraum nicht leicht zu erfüllen. Der Verfasser hat deswegen auf mehreren Reisen grosse Teile des Mittelmeerbeckens auf der Suche nach einer geeigneten Stelle besucht[3]). Von besonderem Interesse waren gewisse Teile Spaniens, die Kanarischen Inseln, Mallorca, die französisch-italienische Riviera, Sizilien, Malta, Griechenland, Kreta und von den östlichen Inselwelten Rhodos und Cypern. Insbesondere Cypern scheint nach den vorliegenden Statistiken eine besonders grosse Sonnenscheindauer aufzuweisen. Im prächtigen, dicht bewaldeten Bergland im Innern von Cypern fanden wir denn auch in den Troodos-Bergen oberhalb Platres in etwa 1000 Meter Höhe, weitab von stärkerem Verkehr, jedoch noch gut zugänglich, einen allem Anschein nach für Sonnen- und übrigens auch für Nachtbeobachtungen gleich gut geeigneten Platz. Leider haben dann die politischen Unruhen auf der Insel vor einigen Jahren den schon eingeleiteten Bau einer Station dort vereitelt. Die vermutlich nächstbeste Stelle wurde auf dem ebenfalls stark bewaldeten südlichen, flachen Abhang des Profitis Elias im Innern von Rhodos ins Auge gefasst. Wegen der weit vorteilhafteren Verkehrslage, der viel günstigeren Lebensbedingungen und nicht zuletzt wegen der für eine englische Station erwünschten Zugehörigkeit zum Sterlinggebiet fiel die Wahl jedoch schliesslich auf Malta, das, wie wir glauben, einen relativ guten Kompromiss zwischen allen zum Teil divergenten Forderungen bildet.

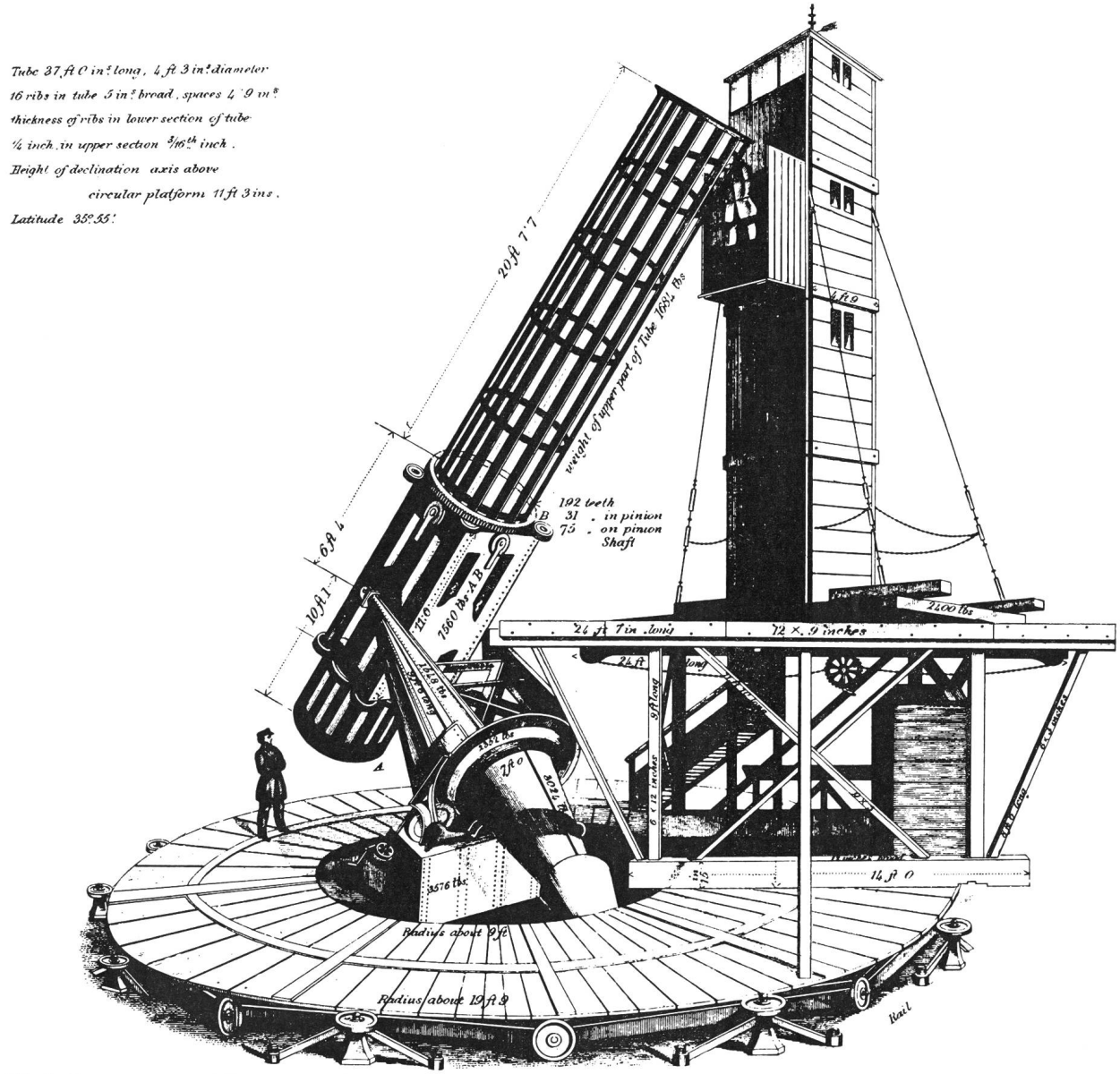


Abb. 2: Das grosse, von W. Lassell selbst gebaute und um 1861–1864 in Malta aufgestellte Spiegelteleskop. Der ebenfalls von ihm selber geschliffene Spiegel hatte eine Öffnung von 120 cm und eine Brennweite von etwa 11 m[4]).

Malta, mit seinem traditionsreichen kulturellen geschichtlichen Hintergrund, besitzt eine alte, angesehene Royal University und ein mit den Mitteln der UNESCO kürzlich fertiggestelltes grosses Polytechnikum. Es gibt dort auch sonst viele für eine Forschungsstation nützliche Einrichtungen und Werkstätten, wie sie durch die lange Anwesenheit der englischen Streitkräfte, besonders der Royal Air Force und der Royal Navy, auf der Insel entstanden sind. Astronomie wird zurzeit in Malta nicht betrieben. Aber schon der französische Johanniter-Grossmeister DE ROHAN (1775–1797) schenkte der Universität seinerzeit astronomische Instrumente. Um 1861–1864 hatte der bekannte englische Astronom WILLIAM LASSELL, ursprünglich ein Amateur, sein grosses selbstgebautes Spiegelteleskop, eines der mächtigsten seiner Zeit, mit einem Spiegel von 120 cm Öffnung und etwa 11 m Brennweite, in Malta aufgestellt. LASSELL, ein grossartiger Beobachter, hatte schon vorher in England einen neuen Satelliten des Saturn und zwei neue Satelliten des Uranus entdeckt. In Malta widmete er sich mit grossem Erfolge dem Studium der Nebelflecke und Satelliten[4]). Auch sein grosser Katalog neu entdeckter Nebelflecke entstand in Malta. In einem Bericht über seine Arbeiten auf der Insel schreibt er begeistert über die, im Vergleich zu England, grossartigen Beobachtungsbedingungen in Malta. Das selten abgebildete grosse Spiegelteleskop LASSELLS zeigt nach seiner eigenen Veröffentlichung unsere *Abbildung 2*. Es wird unsere schweizerischen Leser, von denen so viele selber erfolgreiche und bekannte Spiegelschleifer sind, auch interessieren zu erfahren, dass LASSELL den grossen Spiegel seines Teleskops selber mit einer eigens von ihm dafür konstruierten Spiegelschleifmaschine hergestellt hatte.

Wir möchten im Folgenden aus zum Teil unveröffentlichtem Material einen kurzen Überblick über die meteorologischen Verhältnisse auf Malta geben, wie sie vor dem Bau einer Aussenstation natürlich zu prüfen waren. Wie schon erwähnt, stammt das Material, wie meist in solchen speziellen Fällen, leider aus sehr ungleichwertigen Quellen und kann keinen Anspruch auf Genauigkeit machen. Es ist trotzdem insofern interessant, als es ein gutes Beispiel gibt für die durchschnittlichen meteorologischen Verhältnisse im Mittelmeer, soweit es Sonnenbeobachtungen betrifft.

Unsere *Abbildung 3* zeigt zunächst einmal die monatliche mittlere Sonnenscheindauer für Cambridge (England), für Malta und für einige andere, vom Verfasser in diesem Zusammenhange besuchte Orte. Diese meist mit der üblichen STOKESschen Kugel ermittelten Werte sind für unsere Zwecke natürlich ziemlich irreführend. Denn auch Stunden mit Cirrusstreifen, mit treibenden Cumuli oder mit hohem atmosphärischen Streulicht bei weisslichem Himmel werden hierbei meist als Sonnenschein gezählt. Das sind aber alles Stunden, an denen der Sonnenbeobachter gar keine Freude hat. Trotzdem lässt unsere *Abbildung 3* schon die grosse Überlegenheit des Mittelmeerklimas gegenüber dem Wetter des Heimat-Observatoriums in Cambridge erkennen. Für unsere speziellen Aufgaben (magnetographische und photo-

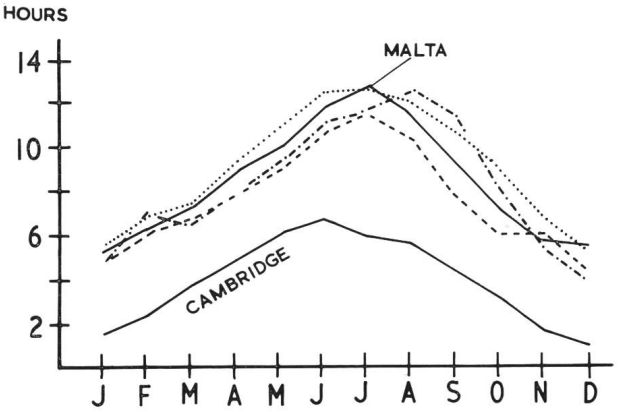


Abb. 3: Mittlere Sonnenscheindauer für Cambridge (England), für Malta, für Nicosia (·····) auf Cypern, für Rhodos (·–·–·) und für Mallorca (–––––).

elektrische Beobachtungen) ist es von ganz besonderer Bedeutung, gute gleichmässige Durchsicht ohne fortwährende Unterbrechung durch treibende Cumuli usw. über Perioden von, sagen wir, einer Stunde oder länger anzutreffen. Glücklicherweise lag gerade für Malta ein wertvolles spezielles Beobachtungsmaterial der Royal Air Force vor[5]); über mehrere Jahre hinweg waren durch ein automatisch schreibendes Ge-

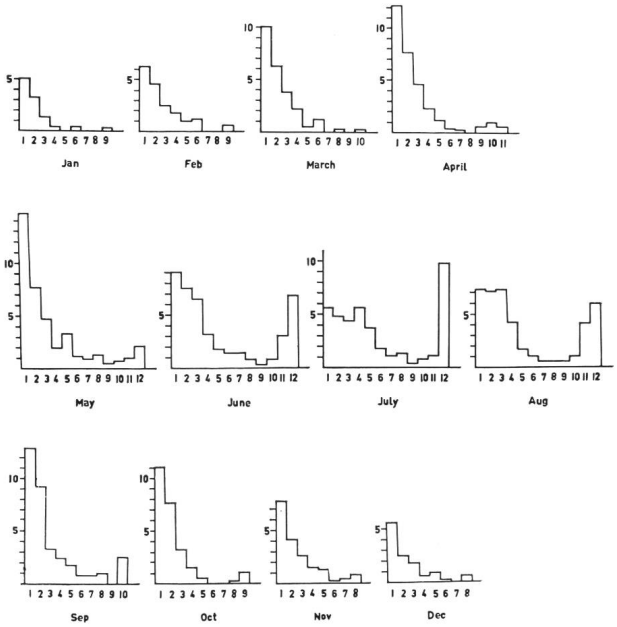


Abb. 4: Monatliche Histogramme für Stunden «ununterbrochenen» Sonnenscheins für Malta. *Abszisse:* durchschnittliche Sonnenscheindauer in Stunden; *Ordinate:* Zahl der Fälle[5]).

rät vom Typ des MOLL-GORCZYNSKI-Solarimeters täglich von Sonnenaufgang bis -untergang von Minute zu Minute der Sonnenschein *und* das allgemeine Streulicht gemessen worden. Aus diesen Aufzeich-

nungen konnten die Zeiten ununterbrochenen Sonnenscheines bei gleichzeitig guter Sicht und geringem Streulicht ohne weiteres entnommen werden. Unsere *Abbildung 4* lässt in Form von Histogrammen erkennen, wie viele und wie lange Perioden solchen «ununterbrochenen» Sonnenscheines in den einzelnen Monaten auf Malta ungefähr zu erwarten sind. Statistisch können selbstverständlich gelegentlich auch grössere Abweichungen einmal vorkommen. Vergleichbare Werte zum Klima von Cambridge stehen leider nicht zur Verfügung. Natürlich gibt es auch ausserhalb dieser sehr strengen Auswahl noch sehr viele Sonnenscheinstunden geringerer Qualität, die für vielerlei Arbeiten und Justierungen vollauf genügen. *Abbildung 4* lässt erkennen, dass es in der guten Jahreszeit – etwa von Mai bis Oktober – oft lange Perioden mit völlig klarem Himmel gibt. Wir selber haben schon 10 bis 15 ununterbrochen klare Tage hintereinander erlebt. Das ist, um ehrlich zu sein, für einen fleissigen Sonnenbeobachter schon eine recht anstrengende Angelegenheit.

Die Werte für mittlere Temperaturen und Feuchtigkeit sind in den *Abbildungen 5* und *6* gegeben. Aus ihnen ersieht man, dass Malta im allgemeinen ein ausserordentlich angenehmes, gemässigtes Klima besitzt, das den Instrumenten ebenso wie den Beobachtern sehr zuträglich ist. Nur an relativ wenigen Tagen,

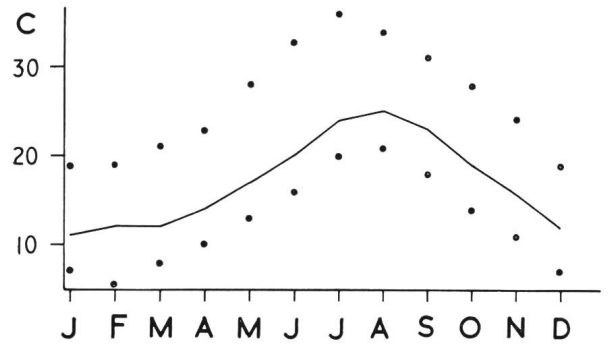


Abb. 5: Durchschnittliche Temperaturen für Malta in °C. Die Punkte stellen die im Durchschnitt beobachteten maximalen und minimalen Abweichungen vom Mittel dar.

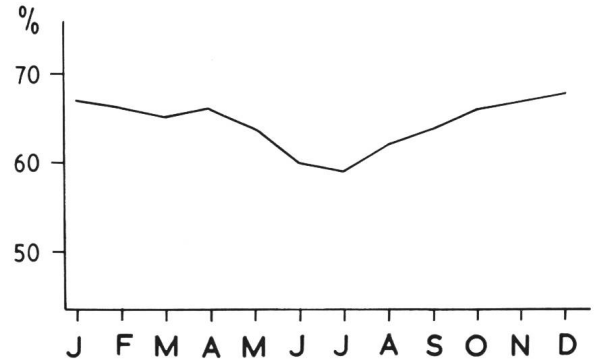


Abb. 6: Durchschnittliche relative Feuchtigkeit für Malta, gemessen in Küstennähe bei Valletta. Auf unserer erhöhten und mehr im Innern der Insel gelegenen Station wurden im Sommer wie im Winter häufig Feuchtigkeitswerte von nur noch 40–50 % registriert.

etwa zwischen Juli und August, überschreitet die Temperatur bei hoher Luftfeuchtigkeit im Schatten gelegentlich 34 °C. Dies ist etwa die Grenze, jenseits derer der Nordeuropäer sich unbehaglich zu fühlen beginnt; sie kann auch gewisse Probleme für die Kühlung und die Isolation elektronischer Geräte aufwerfen. Die täglichen Temperaturschwankungen sind immerhin so gering, dass zum Beispiel die wichtige Thermokonstanz unseres grossen Spektrographenraumes, nur durch Doppelwände mit Luftzwischenraum geschützt, ohne zusätzliche Hilfsmittel ohne weiteres in den zulässigen Grenzen gehalten werden kann.

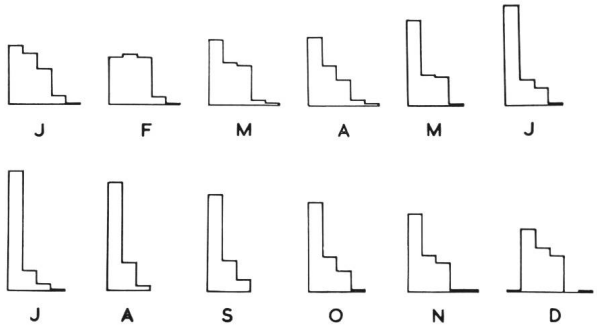


Abb. 7: Monatliche Histogramme der Windstärken für 14 Uhr für Valletta. *Abszisse:* Windstärken von Stufe zu Stufe in der Beaufort-Skala, beginnend links mit Stufe 1; *Ordinate:* relative Zahl der Fälle.

Von Interesse sind ferner Daten über die Windverhältnisse. Starke Winde überfordern gewöhnlich die Stabilität des Fernrohres oder des Coelostaten, indem sie Schwingungen und Vibrationen hervorrufen. Sie beeinflussen in der Regel auch die allgemeine Sicht und Bildruhe recht ungünstig, und sie sind zudem dazu angetan, Staub und unter Umständen Sprühwasser von der Küste zu verbreiten. Zerstäubtes Seewasser ist aber bekanntlich für alle Instrumente und besonders für optische Spiegelflächen sehr nachteilig. Die lokal am Ort einer Station auftretenden Windstärken und -richtungen hängen natürlich sehr von der unmittelbaren Umgebung ab. In *Abbildung 7* zeigen wir als Beispiel monatliche Histogramme der durchschnittlichen Windstärken für 14 Uhr, gemessen an einem Ort nahe unserer Station; ein Beispiel für die Windrichtungsverteilung für den Monat Juni zeigt *Abbildung 8*. Man sieht, dass relativ häufig Windstärken bis zur Beaufort-Skala 3 (5 m/s) vorkommen. Es treten, wie das bei allen Mittelmeerinseln zu erwarten ist, gelegentlich wesentlich stärkere Winde auf, jedoch nach unseren Erfahrungen nicht so oft, dass die besten Beobachtungszeiten wesentlich verkürzt werden. Unsere Station selber liegt geschützt zwischen Bäumen und grüner Vegetation etwa 3½ km vom Meer entfernt und von ihm durch einen Hügelrücken geschützt, so dass der Wind Sprühwasser nicht mehr herüberträgt. Die freien Aluminium-Oberflächen der Coelostatenspiegel halten sich ausgezeichnet und viel länger als im englischen Klima. Verhältnismässig recht selten kann durch einen be-

sonders starken Sturm Sand von der Nordküste Afrikas herübergeweht werden, doch fallen solche Tage für Beobachtungen sowieso aus. Sie haben bisher kein Hindernis der Arbeiten oder vermehrte Instrumentenpflege verursacht.

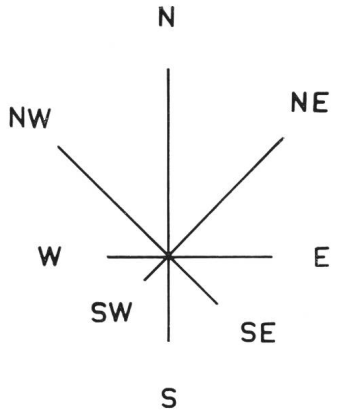


Abb. 8: Durchschnittliche Verteilung der Windrichtungen für Juli, 14 Uhr, für Valletta.

Es gelang, für die Station ein ausgezeichnetes Gelände in Malta ausfindig zu machen: ein leerstehendes, schlösschenartiges Sommerhaus inmitten eines etwa eine Hektar grossen parkartigen Geländes, reichlich mit Bäumen und grüner Vegetation ausgestattet, wie es in der steinigen Landschaft Maltas eine Seltenheit ist. Siedlungen sind hinreichend entfernt, der Abstand zur dichtbevölkerten Hauptstadt Valletta beträgt etwa 10 km. Die ländliche Lage in etwa 300 m Höhe hat sich sehr günstig auf die Beobachtungen ausgewirkt. Das Schlösschen besitzt Elektrizitäts- und Wasserversorgung, Telephonanschluss, sanitäre Anlagen und ist ausreichend, einen Beobachter mit Familie und gegebenenfalls ein bis zwei Gäste oder Mitarbeiter zu beherbergen, Platz für Arbeitsraum und Dunkelkammer inbegriffen. *Abbildung 9* zeigt eine Luftaufnahme des Geländes. Die Verkehrsverbindungen mit London und Cambridge sind ausgezeichnet, was ein besonderer Vorteil der Station ist, denn es ist oft sehr wichtig, kleinere spezielle Reparaturen in der Werkstatt oder in den elektronischen Laboratorien des Heimatobservatoriums ausführen zu lassen. Im Durchschnitt etwa zweimal pro Tag kann London auf dem Luftwege in etwa 4 Stunden erreicht werden. Eine in Malta am Abend aufgegebene Luftfrachtsendung kann zum Beispiel, wie das in der Tat schon vorgekommen ist, bereits am kommenden Tage am Spätvormittag in den Laboratorien in Cambridge

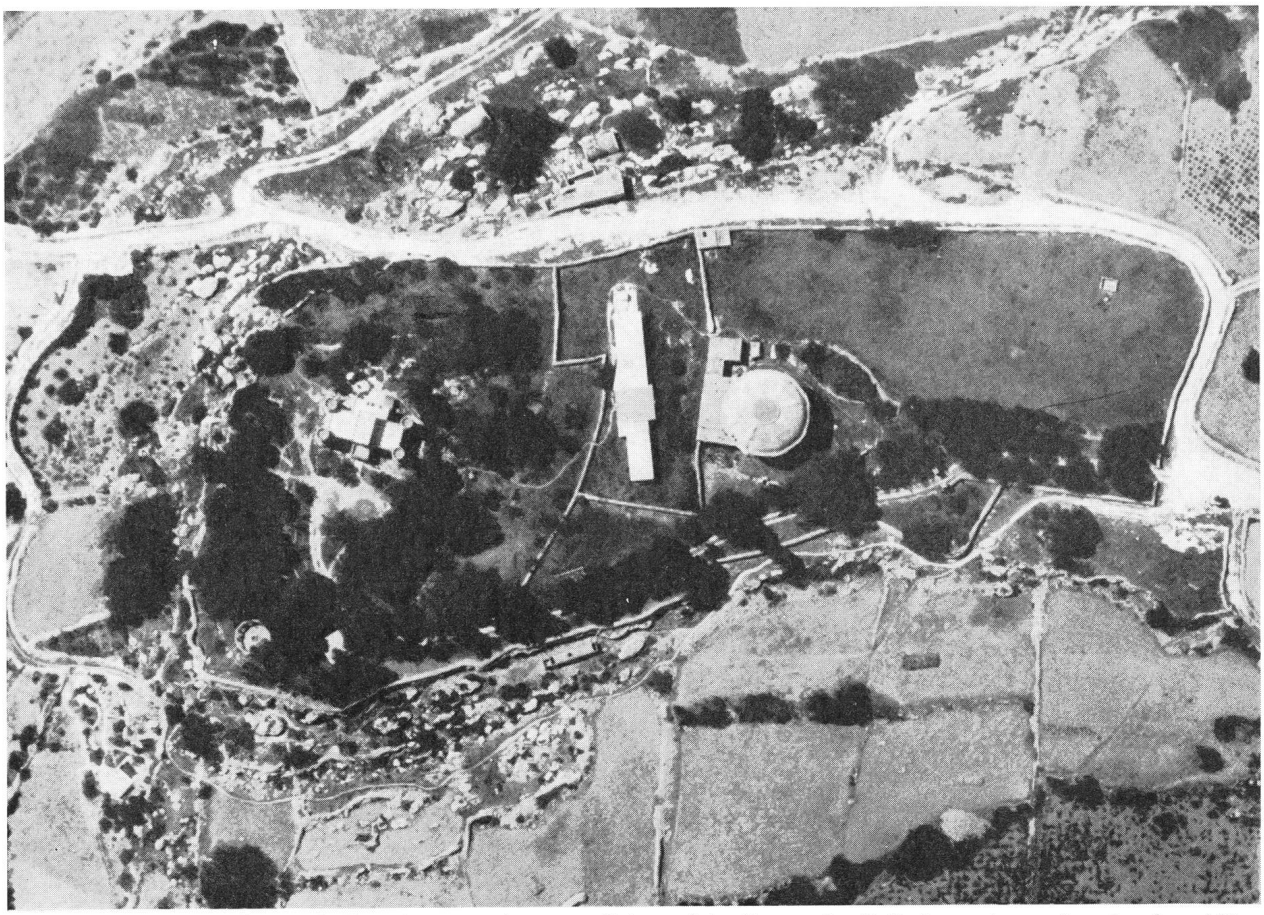


Abb. 9: Luftaufnahme der Cambridger Sonnenstation: ganz links östliche Grenze des Geländes, weiter nach rechts das schlösschenähnliche Wohnhaus; in der Mitte der langgestreckte weisse Bau, süd-nördlich orientiert, mit Süden oben im Bild, zeigt die grosse Horizontalanlage mit Laboratorium und Spektrographen; rechts daneben die Kuppel einer unbenutzten Kapelle; ganz rechts am Bildrande die westliche Begrenzung des Geländes (Royal Air Force, Malta).

sein. Nach Vornahme einer Reparatur kann die gleiche Sendung Malta gegebenenfalls schon am nächsten Tage wieder erreichen, dies alles bei durchaus mässigen Transportkosten.

Für die eigentliche Beobachtungsanlage mit Coelostaten, Laboratorium und mit grossem Gitterspektrographen wurde aus Gründen der Kostenersparnis die Horizontal-Aufstellung gewählt. *Abbildung 10* zeigt das hierfür errichtete Gebäude von aussen, *Abbildung 11* einen Grundriss der ganzen Anlage. Das Sonnenlicht wird von zwei 40 cm-Quarz-Planspiegeln über einen Coelostaten und Hilfsspiegel und durch ein 30 cm-Objektiv von 17 m Brennweite in das Laboratorium und auf den Spalt des grossen Spektrographen geleitet. Dieser beherbergt im wesentlichen ein hervorragendes Plangitter von 14 × 20 cm geteilter Fläche. Es ist eine Gabe des gegenwärtigen Direktors

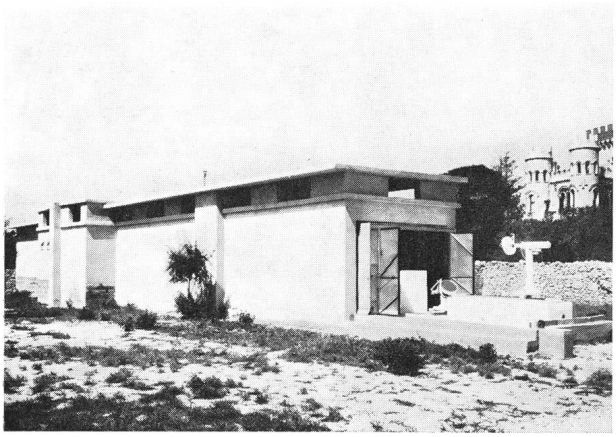


Abb. 10: Aufnahme des Horizontal-Teleskops von SW; der Coelostat vorn rechts geöffnet. Im Hintergrund rechts das Schlösschen (v. Klüber).

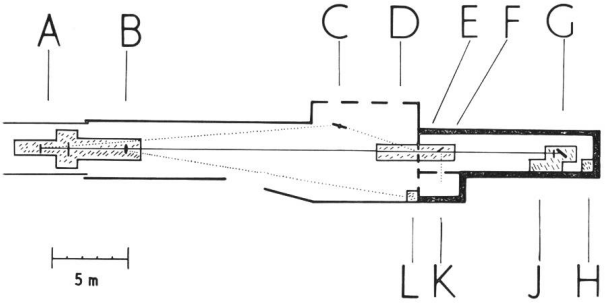


Abb. 11: Grundriss der Beobachtungsanlage: *A* Coelostat mit Hilfsspiegel, beides 40 cm plane Quarzspiegel; *B* 30 cm Objektiv, Brennweite 17 m; *C* kleines Hilfsfernrohr mit Lyot-Hα-Monochromatfilter. Benutzbar entweder in Richtung *A* zur Beobachtung des ganzen Sonnenbildes über Hilfsspiegel bei *A*, oder in Richtung *D* zur Beobachtung eines Ausschnittes des Sonnenbildes auf dem Hauptspalt *E*; *D* Pfeiler mit Magnetograph, Hilfsgeräten usw.; *E* Haupt-Eintrittsspalt und direkt darunter Austrittsspalt des grossen Spektrographen; *F* 45°-Spiegel, um nach Wunsch das Sonnenspektrum von der Dunkelkammer *K* aus zu beobachten, auf gleichem Pfeiler auch Teile der photoelektrischen Apparatur; *G* grosses Babcock-Plangitter mit Kollimator in Autokollimation, f = 9 m; *H*, *J* Pfeiler mit Spiegeloptik, photoelektrischen Apparaturen usw.; *K* kleine Dunkelkammer; *L* Pfeiler mit elektronischer Servo-Einrichtung zur Führung des Sonnenbildes (v. Klüber).

des Mt. Wilson und Palomar Observatoriums, Dr. H. W. Babcock, und ist von ihm selber hergestellt worden. Das Gitter wird in Autokollimation mit einer Objektivbrennweite von 9 m benutzt. Ein kleiner Ausschnitt des von ihm erzeugten Spektrums wird direkt unter dem Eintrittsspalt des Spektrographen auf den dort befindlichen Austrittsspalt entworfen. Unmittelbar hinter diesem befindet sich der optische Teil des eigentlichen Magnetographen. Nach Wunsch erlaubt eine Umleitung des Lichtes um 45° einen kleinen Ausschnitt des Sonnenspektrums direkt von einer kleinen Dunkelkammer aus zu photographieren. Alle wichtigen Einstellungen können dabei vom Laboratorium aus ferngesteuert werden.

Die eigentliche Problemstellung, massgeblich natürlich für die Schaffung und Grundrissplanung der ganzen Station, war diese: alle regelmässigen Routinearbeiten sollten grundsätzlich ausgeschlossen sein, da solche schon von vielen andern Stationen wahrgenommen werden. Die Station in Malta sollte vielmehr grundsätzlich unter Benutzung des Magnetographen nur Grundlagenforschung solcher Art betreiben, welche im Klima Englands viel zu zeitraubend oder sogar völlig undurchführbar wäre. Der Magnetograph wurde für diese Aufgaben zunächst einmal durch ein Monochromatfilter für die rote Wasserstofflinie Hα vom Typ Lyot der Firma B. Halle Nachf., Berlin, ergänzt. Hierzu kamen im weiteren Verlauf der Arbeiten verschiedene photoelektrische Kanäle mit selbstschreibenden Registriergeräten. Durch diese können streng synchron mit der Abtastung schwacher Magnetfelder auf der Sonne entweder die Zentralintensitäten (Restintensitäten) zweier ausgesuchter Fraunhoferscher Spektrallinien im Sonnenspektrum registriert oder ganze Linienkonturen solcher Linien aufgezeichnet werden. Diese Linien werden im allgemeinen in andern Ordnungen des gleichen Gitters erzeugt, und ihr Licht wird dann den zugehörigen Elektronenvervielfachern (Photomultipliern) zugeleitet. Mit den nötigen Kompensationseinrichtungen zum Ausgleich etwaiger kleiner atmosphärisch bedingter Helligkeitsschwankungen stehen im ganzen zurzeit 10 photoelektrische Kanäle mit ihrer speziell entworfenen Elektronik und, wo nötig, mit Kühlvorrichtung zur Verfügung. *Abbildung 12* zeigt eine Teilansicht des Laboratoriums.

Die Anlage arbeitet zurzeit etwa folgendermassen: vom gesamten primären Sonnenbild von etwa 17 cm Durchmesser wird durch eine sehr kleine Lochblende (⌀ ∼ 0.5 mm) nur das Licht eines sehr kleinen Bereiches der Sonnenoberfläche auf den Eintrittsspalt des Spektrographen und damit auf das grosse Beugungsgitter geleitet. Durch diese kleine Blende ist ein relativ gutes räumliches Auflösungsvermögen auf der Sonne gewährleistet (etwa 3 × 5 Bogensekunden). Das übrige auf den Hauptspalt projizierte Sonnenlicht wird durch einen Spiegel und durch ein kleines Hilfsfernrohr dem Lyot-Filter zugeleitet. Der Beobachter an diesem kleinen Fernrohr sieht damit einen grös-

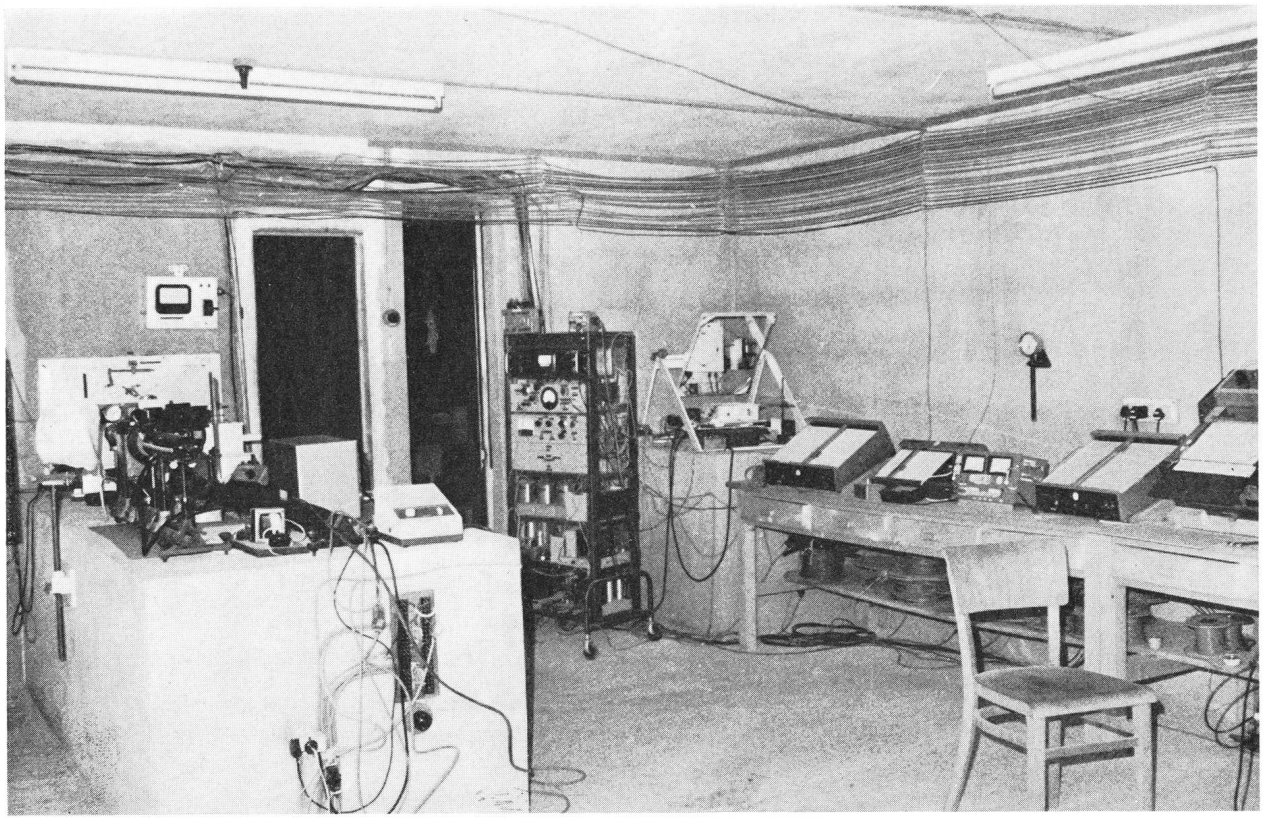


Abb. 12: Teilansicht des Laboratoriums. Ganz links Pfeiler mit Magnetograph und Hilfseinrichtungen, Mitte Eingang zur Dunkelkammer und Teil der Elektronik für die Servo-Führung, rechts in langer Reihe die selbstschreibenden Registriergeräte und ein Teil der elektronischen Bedienungsgeräte (v. KLÜBER).

seren Teil der Sonnenoberfläche im Lichte der Hα-Linie des Wasserstoffs. Er kann dadurch alle die vielfältigen Einzelheiten der Sonnenchromosphäre erkennen (Fackelfelder, dunkle Filamente, Protuberanzen), die im gewöhnlichen Lichte nicht sichtbar sind. Die winzige Lochblende vor dem Hauptspalt erscheint im Gesichtsfeld des Beobachters als kleiner schwarzer Kreis. Es ist dies das Loch, durch das allein Sonnenlicht den Spektrographen erreicht. Man kann also in jedem Augenblick genau erkennen, von welchem Punkte der Sonnenoberfläche Licht in den Spektrographen (also auch in den Magnetographen) fällt. Dieses Bild kann ausserdem durch eine Photokamera nach Belieben aufgenommen werden. Der erhaltene Film dient dann später zur genauen Lagebestimmung der gerade auf der Sonne untersuchten Stelle. Das Beugungsgitter im Spektrographenraum seinerseits entwirft bei diesem Vorgang erstens in der Hauptachse des Spektrographens das Bild einer Spektrallinie mit grosser magnetischer Aufspaltbarkeit (grossem, einfachen ZEEMAN-Effekt, Fe λ 5250.2) auf den Austrittsspalt des Spektrographen, der gleichzeitig Eintrittsspalt des Magnetographen ist. Wenn sich auf der durch die kleine Lochblende vor dem Spalt abgebildeten Stelle der Sonnenscheibe ein Magnetfeld befindet, so erkennt dies der Magnetograph. Nach entsprechender elektronischer Umformung und Verstärkung gibt er ein Signal auf einen Tintenschreiber, der Stärke und Polarität des Magnetfeldes fortlaufend registrieren kann. Zweitens aber wird ausserdem gleichzeitig das Licht von zwei weiteren Spektrallinien, vom gleichen Gitter erzeugt, zwei im grossen Gitterspektrographen befindlichen Elektronenvervielfachern zugeleitet. Diese messen die Lichtintensität im Zentrum dieser beiden Linien, und das Ergebnis wird von zwei weiteren Registriergeräten aufgezeichnet. Zwei weitere Photozellen messen dabei ständig die Lichtintensität des Sonnenspektrums dicht neben den beiden Linien, und ihre Signale kompensieren fortlaufend etwaige kleine Durchsichtigkeitsschwankungen unserer Atmosphäre. Ein Beobachtungssatz wird nun so durchgeführt, dass mittels eines elektronischen Servomechanismus das Sonnenbild langsam über den Spalt des Spektrographen hinweggeführt wird. Die kleine Lochblende vor dem Spalt tastet dann in dieser Weise gewissermassen eine gerade Linie auf der Sonnenscheibe ab, und die drei Tintenschreiber im Laboratorium schreiben die wechselnde Stärke und die Polarität des Magnetfeldes sowie streng synchron damit die wechselnden Zentralintensitäten der beiden andern eingestellten Spektrallinien auf 25 cm breite, stetig ablaufende Registrierstreifen auf. Der Beobachter am LYOT-Filter kann den Vorgang über die ganze Zeit hinweg optisch verfolgen. Auf diese Weise kann er bestimmte, interessante Stellen auf der Sonnenscheibe mit Fernsteuerung über den Spektrographen-

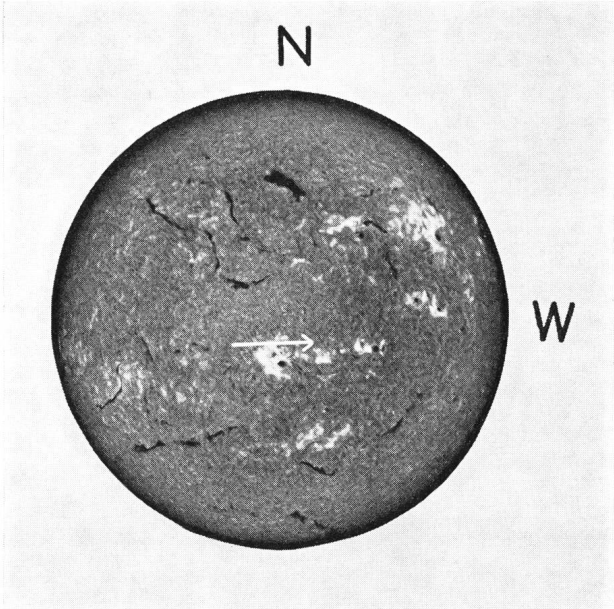


Abb. 13: Sonnenbild, aufgenommen im Lichte der Hα-Linie des Wasserstoffs mit dem LYOT-Filter am 12.1.1969. Der eingetragene weisse Pfeil zeigt Lage und Richtung derjenigen Linie auf der Sonne, die für die Beobachtung von *Abb. 16* abgetastet wurde (v. KLÜBER).

spalt hinwegleiten lassen. Meist werden dies irgendwelche aktive Gebiete auf der Sonne sein. Durch einen Knopfdruck kann er ferner jederzeit auf alle drei Registrierstreifen zusätzliche Signale geben, um eine genaue Ortsbestimmung auf der Sonnenscheibe sicherzustellen und gleichzeitig den genauen Gleichlauf aller drei Schreiber zu kontrollieren. Natürlich werden auch alle Registrierungen kalibriert, um richtige quantitative Werte zu bekommen.

Für viele theoretische Untersuchungen genügen aber diese einfachen Intensitätsmessungen im Zentrum einiger FRAUNHOFERschen Linien am Orte eines Magnetfeldes noch nicht. Es wird vielmehr der ganze Intensivitätsverlauf einer solchen Spektrallinie, die sogenannte Linienkontur, benötigt. Für diesen Fall stehen zwei, resp. vier weitere photoelektrische Kanäle zur Verfügung. Wenn das Schreibgerät des Magnetographen ein Magnetfeld anzeigt, dann kann die Bewegung des Sonnenbildes über den Spalt hinweg angehalten werden. Unmittelbar danach werden im Innern des Spektrographenraumes die vollen Linienkonturen zweier vorher bestimmter FRAUNHOFERschen Linien durch zwei weitere Elektronenvervielfacher abgetastet, und die gemessenen Intensitäten werden direkt als Linienkonturen auf zwei weiteren Tintenschreibern im Laboratorium aufgezeichnet.

Diese Konturen können nun noch durch verschiedene instrumentelle Einflüsse verzerrt sein. Um aus den Aufzeichnungen die wahren Konturen zu bekommen, steht als Bezugssystem ein moderner Laser zur Verfügung. Diese Geräte liefern bekanntlich unerhört schmale, scharfe Spektrallinien, die mehrere Zehnerpotenzen schmäler sind als gewöhnliche Linien. Zusätzlich zu den übrigen Eichungen dient die Registrierung der bekannten Kontur solcher sehr schmalen Linien durch die gleiche Apparatur zur Ermittlung der gewünschten Korrekturen.

Für solche und ähnliche Untersuchungen der geschilderten Art sind in der Regel die besonders interessanten FRAUNHOFERschen Linien Hα des Wasserstoffs und K des einfach ionisierten Calciums benutzt worden, doch wurden auch andere Linien untersucht. Da alle unsere Beobachtungen korrekt geeicht sind, so ist zu hoffen, und es ist das Ziel unserer Beobachtungen, durch derartige Messungen nützliche quantitative Beiträge zur komplizierten Theorie der Entstehung solarer Absorptionslinien in Gegenwart von Magnetfeldern zu liefern.

Im Folgenden möchten wir unseren Lesern ein paar anschauliche Beispiele aus solchen Beobachtungsreihen geben. Aus den überall abgebildeten spektroheliographischen Sonnenbildern im Lichte der roten Wasserstofflinie Hα sind die schwärzlichen, schlangengleichen sog. dunklen Filamente wohlbekannt *(Abbildung 13)*. Es sind in Wahrheit

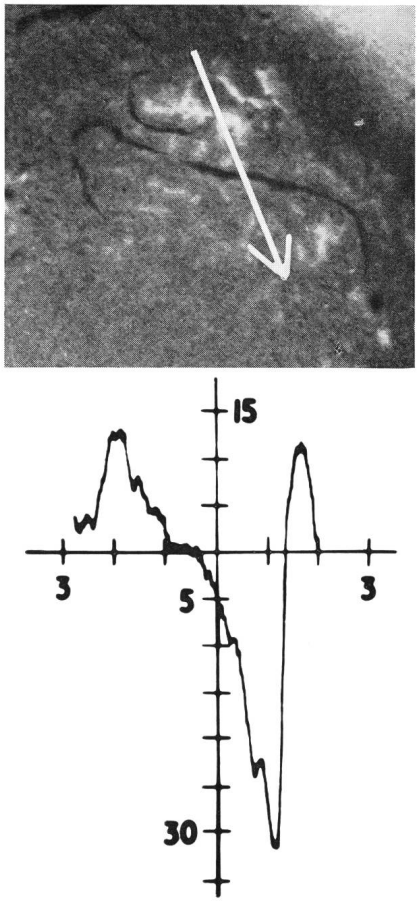
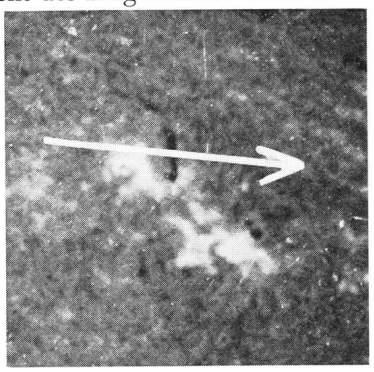


Abb. 14: Beispiel für die Registrierung eines lokalen Magnetfeldes über ein dunkles Filament auf der Sonnenscheibe hinweg, entlang und in Richtung des weissen Pfeiles. *Abszisse:* Bogenminuten auf der Sonnenscheibe; *Ordinate:* genäherte magnetische Feldstärke in Gauss, Nordpolarität oben.
Bei Abszisse 0 bewegte sich das dunkle Filament gerade über den Spektrographenspalt. An ebenderselben Stelle registriert der Magnetograph einen starken magnetischen Gradienten mit Polwechsel von Nord nach Süd (v. KLÜBER).

Protuberanzen, die sich auf die Sonnenscheibe projizieren. *Abbildung 14* entstand, als ein solches dunkles Filament über den Spektrographenspalt geführt wurde. Die zugehörige Aufzeichnung des Magnetographen zeigt sehr anschaulich, dass sich das Filament, wie so oft, gerade dort gebildet hat, wo die magnetische Polarität wechselt, und wo ein starker Gradient des Magnetfeldes auftritt.



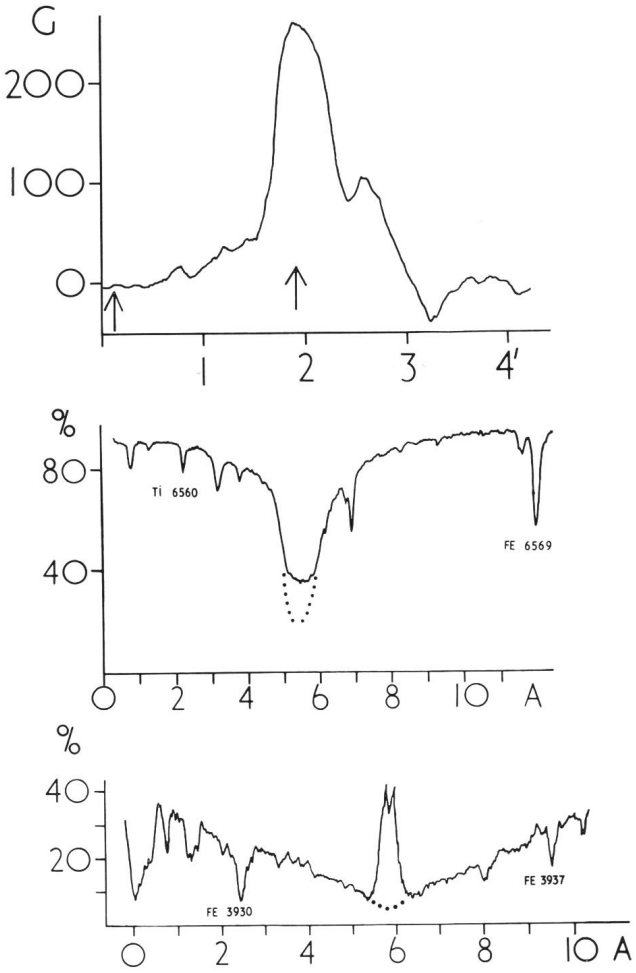


Abb. 15: Beispiel einer synchronen Registrierung eines lokalen Magnetfeldes (oben) und der Zentralintensitäten in den FRAUNHOFERschen Linien Hα (Mitte) und K (unten). *Abszisse:* Bogenminuten auf der Sonnenscheibe; *Ordinate:* oben genäherte magnetische Feldstärke in Gauss, für Hα und K Prozente der mittleren Zentralintensitäten im ungestörten Sonnenspektrum. Ein dunkles Filament wurde bei der Abszissenablesung 3′ gekreuzt, deutlich erkennbar in der Hα-Aufzeichnung (v. KLÜBER).

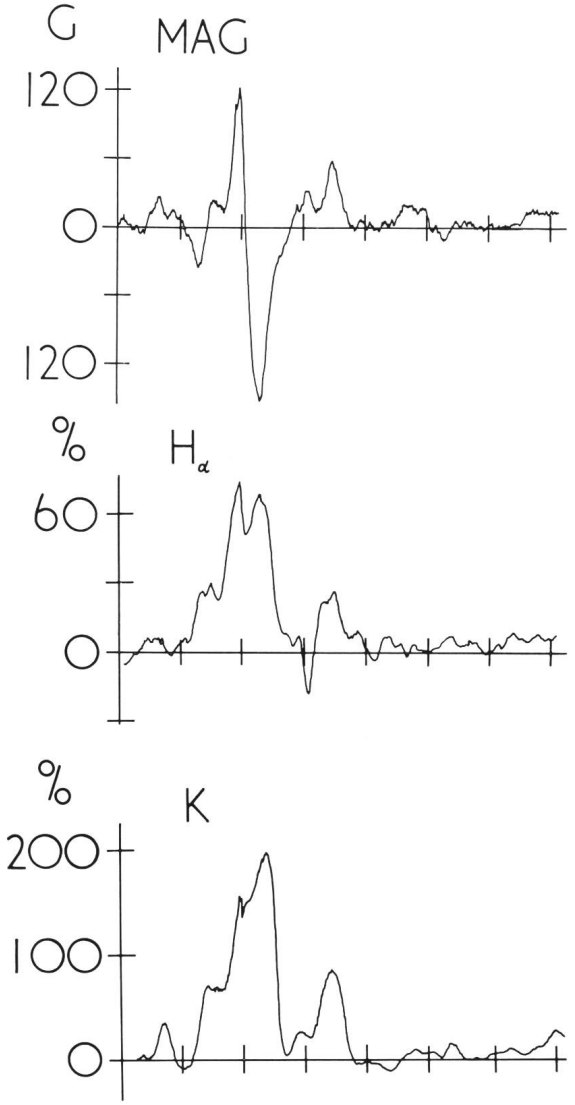


Abb. 16: Beispiel für die Registrierung eines lokalen Magnetfeldes (oben) und der vollen Linienprofile der FRAUNHOFERschen Linien Hα (Mitte) und K (unten). Die Linienprofile wurden am Ort des durch einen Pfeil gekennzeichneten Maximums des Magnetfeldes aufgezeichnet. Das normale, ungestörte Linienprofil, aufgenommen zum Vergleich an einer magnetisch ungestörten Stelle (Pfeil links), ist durch die Punkte angedeutet. Vergleiche auch *Abb. 13*. *Abszisse:* oben Bogenminuten auf der Sonnenscheibe, für die beiden andern Registrierungen Ångström im Sonnenspektrum; *Ordinate:* Gauss (oben), Prozente der Intensität des kontinuierlichen Spektrums (Mitte und unten). (v. KLÜBER).

Abbildung 15 zeigt die Registrierung eines lokalen Magnetfeldes synchron mit den Intensitätsmessungen im Zentrum der Hα-Linie des Wasserstoffes und der Calciumlinie K. Wenn man von den mit allen photoelektrischen Aufzeichnungen notwendigerweise verbundenen kleinen zufälligen Schwankungen (dem sog. Geräuschpegel) absieht, so ist es ausserordentlich eindrucksvoll zu sehen, wie gut die Zentralintensitäten der Linien der Aufzeichnung des Magnetfeldes folgen. Für die K-Linie ist z. B. die Übereinstimmung (Korrelation) fast vollkommen. Bei der Abszissenablesung 3′ bewegte sich wiederum ein dun-

kles Filament über den Spalt. Es ist in der Registrierung der Wasserstofflinie Hα deutlich als ein Ausschlag nach unten (= dunkler) zu erkennen. Und wiederum zeigt das dazugehörige Magnetfeld an der gleichen Stelle einen Polaritätswechsel an. In der K-Registrierung ist das Filament, wie bekannt, viel weniger ausgeprägt. *Abb. 16* zeigt, dass dem weissen Pfeil entlang *(Abb. 13)* ein stärkeres lokales Magnetfeld gefunden und registriert wurde. Am Orte des Maximums des Feldes (Pfeil) wurde dann die Bewegung der Sonnenscheibe über den Spektrographenspalt hinweg angehalten, und unmittelbar danach wurden die vollen Linienkonturen der Hα- und K-Linien aufgezeichnet. Man erkennt sehr schön, wie am Orte des Magnetfeldes die Zentralintensität in der Hα-Linie, verglichen mit der Kontur von einer ungestörten Stelle, deutlich verstärkt ist, während die Linienflügel fast unverändert sind. Dies deutet auf Vorgänge vorwiegend in den höheren Schichten der Sonnenatmosphäre hin. Sehr eindrucksvoll ist ferner die Veränderung in der K-Linie. Über dem Magnetfelde erscheint eine zentrale Emission in der Linienmitte und in deren Mitte wieder eine Absorption. Dies ist die bekannte Erscheinung der sog. doppelten Umkehrung der K-Linie, die in diesem Falle sehr schön quantitativ mit der Hα-Linie und mit dem lokalen Magnetfeld verglichen werden kann.

Es wird noch eines beträchtlichen Beobachtungsmaterials und schwieriger theoretischer Überlegungen bedürfen, ehe die hier wirksam werdenden physikalischen Vorgänge – die ja auch auf anderen Sternen in ähnlicher Weise ablaufen müssen – richtig verstanden werden können.

Literatur:

1) J. Friedemann, Archiv Deutsche Seewarte, 1912, Nr. 2.
2) Symposium on Solar Seeing, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma 1962.
Symposium International Astronomical Union Nr. 19, Le choix des Sites d'Observatoires Astronomiques, Paris 1963.
3) H. von Klüber, Reiseberichte, Manuskripte 1962–1965, Observatories Cambridge, U.K.
4) W. Lassell, Memoir Royal Astronomical Society, London *36*, 1; 1867.
De Morgan, Monthly Notices Royal Astronomical Society, London, *22*, 162; 1862.
Nachruf in ebenda, *41*, 188; 1881.
E. G. Lanfranco, Sunday Times of Malta, 10. Dezember 1967.
5) Mit Genehmigung des Director General of the Meteorological Office, London, nach Beobachtungen der Qrendi Malta Station.
6) H. von Klüber, Monthly Notices Royal Astronomical Society, London, *137*, 297; 1967.
ebenda, *141*, 469; 1968.
The Observatory, *88*, 45; 1968.
Solar Physics, *4*, 479; 1968.

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. H. von Klüber, Cambridge Solar Research Station, Tal Virtù Castle, Rabat, Malta.

Un résumé français paraîtra dans un prochain fascicule.

Risultati delle osservazioni di stelle variabili ad eclisse

1	2	3	4	5	6	7
RT And	2 440 256.369	+25658	—0.019	8	RD	a
WW Aur	2 440 221.380	+ 2755½	—0.008	10	KL	b
RZ Cas	2 440 256.407	+19160	—0.031	11	RD	b
RW Cet	2 440 227.314	+ 7946	—0.050	10	KL	a
TT Cet	2 440 220.307	+15792½	+0.009	8	KL	b
TT Cet	221.266	15794½	—0.004	6	KL	b
TT Cet	238.279	15829½	+0.001	6	KL	b
TW Cet	2 440 228.295	+30208½	—0.009	6	RG	b
TW Cet	231.309	30218	—0.005	5	KL	b
TW Cet	238.278	30240	—0.006	7	KL	b
V Crt	2 440 220.731	+18176	+0.036	5	KL	a
V Crt	256.533	18227	+0.034	6	KL	a
RU Eri	2 440 221.261	+32483	+0.089	7	KL	a
TZ Eri	2 440 243.418	+ 5440	+0.053	7	KL	a
WX Eri	2 440 227.347	+15421	+0.014	10	KL	a
WX Eri	237.227	15433	+0.015	11	KL	a
YY Eri	2 440 221.218	+20655½	+0.012	10	KL	b
YY Eri	227.325	20674½	+0.010	7	KL	b
YY Eri	228.292	20677½	+0.013	7	RG	b
YY Eri	247.259	20736½	+0.012	6	KL	b
YY Eri	252.399	20752½	+0.008	8	KL	b
YY Eri	256.253	20764½	+0.004	9	KL	b
YY Eri	256.398	20765	—0.011	11	RD	b
AF Gem	2 440 256.390	+15685	—0.008	9	RD	a
WW Gem	2 440 252.492	+11527	—0.013	7	RD	a
YY Gem	2 440 252.440	+17222½	+0.011	7	KL	a
RX Hya	2 440 237.434	+ 4138	—0.015	8	KL	a
TT Hya	2 440 253.613	+ 2249	0.000	24	KL	a
VY Hya	2 440 253.599	+ 8354	+0.010	13	KL	a
RS Lep	2 440 220.424	+ 3127	—0.001	11	KL	b
ER Ori	2 440 220.314	+12883½	—0.059	8	KL	b
ER Ori	227.295	12900	—0.064	10	KL	b
ER Ori	237.256	12923½	—0.053	7	KL	b
ER Ori	247.406	12947½	—0.065	6	KL	b
ER Ori	256.294	12968½	—0.068	11	RD	b
β Per	2 440 242.329	+ 1931	—0.045	12	RG	a
AY Pup	2 440 221.485	+29533½	+0.052	6	KL	a
AY Pup	252.441	29599½	+0.056	12	KL	a
AY Pup	256.423	29608	+0.053	8	KL	a
UZ Pup	2 440 252.350	+17889	—0.026	20	KL	a
UZ Pup	256.334	17894	—0.017	6	KL	a
RZ Tau	2 440 256.248	+39031	+0.047	9	RD	a
W UMa	2 440 256.381	+17285	+0.009	12	RD	a
AH Vir	2 440 252.460	+15111	+0.034	10	RD	b
AH Vir	252.469	15111	+0.043	7	KL	b

La significazione delle colonne è: 1 = nome della stella; 2 = O = data Giuliana eliocentrica del minimo osservato; 3 = E = numero di periodi trascorsi fin dall'epoca iniziale; 4 = O – C = data osservata meno data predetta del minimo, espresso in giorni; 5 = n = numero di osservazioni individuali per la determinazione del momento del minimo; 6 = osservatore: RD = Roger Diethelm, 8400 Winterthur, RG = Robert Germann, 8636 Wald, KL = Kurt Locher, 8620 Wetzikon; 7 = base per il calcolo di E e di O – C: a = Kukarkin e Parenago 1958, b = Kukarkin e Parenago 1960.

Riduzione da R. Diethelm e K. Locher