

# 20 Jahre Gornergrat-Observatorien : Radio- und Infrarot-Teleskope = 20 ans d'astronomie au Gornergrat : Télescopes radio- et infrarouge

Autor(en): **Winnewisser, G. / Tofani, G. / Rufener, F.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **46 (1988)**

Heft 226

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-899093>

## **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.

G. WINNEWISSER, G. TOFANI, F. RUFENER, N. CRAMER, H. DEBRUNNER

## 20 Jahre Gornergrat-Observatorien Radio- und Infrarot-Teleskope

## 20 ans d'astronomie au Gornergrat Télescopes radio- et infrarouge



*Abb. 1*  
Das Gornergrat Kulmhotel vor 1965 vom Gornergrat-Bahnhof aus gesehen. Im Vordergrund die Stromversorgung der Gornergratbahn.

*Fig. 1:*  
L'hôtel Kulm au Gornergrat vue depuis la gare dans son état antérieur à 1965. Au premier plan se trouve la ligne électrique du train.

Wenn in diesen Tagen die ersten astronomischen Messungen auf Gornergrat 20 Jahre alt werden, dann ist die Geschichte dieses Observatoriums jung im Vergleich zu vielen anderen Sternwarten. Die beiden Jahrzehnte des Observatoriums waren aber durch einen kontinuierlichen Ausbau der Beobachtungsmöglichkeiten gekennzeichnet. Hierbei hat sich sowohl die Instrumentierung als auch die Zielsetzung den sich wandelnden Erfordernissen der astrophysikalischen Forschung angepasst. Heute stehen auf dem Gornergrat zwei moderne Forschungsinstrumente zur Verfügung: ein 1,5-m-Teleskop für Infrarot-Messungen und ein 3-m- Radioteleskop für Millimeter- und Submillimeter-Beobachtungen.

Die Anfänge dieser 20-jährigen Geschichte des Observatoriums Gornergrat reichen bis in die frühen sechziger Jahre zurück. Die Erweiterung der astronomischen Beobachtungsmöglichkeiten für das überbeanspruchte Sphinx-Observatorium auf dem Jungfrauoch war dringend notwendig geworden, um den stetig steigenden wissenschaftlichen Anforderungen gerecht werden zu können. Somit konzentrierte sich die Aufmerksamkeit auf den Gornergrat. Das 3125 m hoch gelegene Kulmhotel mit seinen beiden Aussichtstürmen, die in Abbildung 1 in ihrer ursprünglichen Bauform gezeigt sind, konnte ideale Bedingungen für astronomische Beobachtun-

L'année 1988 marque le 20ème anniversaire des premières mesures astronomiques faites au Gornergrat. L'histoire de cet observatoire est donc bien brève en regard de celles de la plupart des autres stations similaires. Ces deux décennies y ont vu néanmoins une croissance soutenue des possibilités observationnelles. Tant l'instrumentation que l'orientation des recherches se sont constamment adaptées à l'évolution de l'astrophysique. Deux instruments modernes sont actuellement installés au Gornergrat: un télescope de 1,5 m conçu pour des mesures dans l'infrarouge, et un radiotélescope de 3 m spécialement adapté aux observations dans les domaines millimétrique et sub-millimétrique.

L'histoire de l'observatoire du Gornergrat trouve son origine vers le début des années soixante. L'accroissement de la demande pour de nouvelles données expérimentales, dont l'acquisition requérait les conditions de haute montagne, rendit nécessaire l'extension des possibilités limitées de l'observatoire du Sphinx situé au Jungfrauoch. L'hôtel Kulm situé à 3125 m d'altitude au Gornergrat semblait, avec ses deux tours panoramiques (fig. 1), présenter des conditions idéales pour l'observation astronomique. Les conditions extrêmement favorables liées à l'altitude et aux conditions atmosphériques locales ont été reconnues par trois chercheurs en particulier: l'astronome



Abb. 2

Die Lage des Gornergrat in den Schweizer Zentralalpen von Nordwesten aus gesehen. Links oben die Doppelspitze des Monte Rosa, rechts davon der Lyskamm. Unter dem Lyskamm der durch einen Kreis gekennzeichnete Gornergrat. Etwas rechts deutet ein weiterer Kreis einen 1966 in Betracht gezogenen alternativen Standort für ein astronomisches Observatorium an. (Aufnahme aus «Schweizerisches National-Observatorium auf dem Gornergrat», Genf 1966). In der rechten unteren Bildhälfte ist die Trasse der Gornergratbahn zum Riffelberg und Gornergrat als Schlangenlinie im Schnee zu erkennen.

Fig. 2:

La situation du Gornergrat dans les Alpes centrales suisses, vue du nord-ouest. A gauche on voit le double sommet du Mont Rose, suivi à droite par le Lyskamm. Plus bas, et devant le Lyskamm, un cercle localise le Gornergrat. Un deuxième cercle plus à droite indique un autre site qui avait également été considéré en 1966 pour un observatoire national. Dans la partie droite de l'image apparaît le tracé du chemin de fer.

gen bieten. Diese sowohl von der hochalpinen Lage wie auch der Qualität der Atmosphäre extrem guten Voraussetzungen erkannt zu haben, ist für immer mit den Namen dreier Wissenschaftler verbunden: Dem Astronom und Alpinisten Prof. D. CHALONGE vom Institut d'Astrophysique, Paris, der die astronomischen Möglichkeiten und den leichten Zugang erkannte, dem Direktor des Observatoire de Genève, Prof. M. GOLAY, der zusammen mit den französischen Kollegen vorschlug, ein kleines Observatorium zu bauen, und Prof. A. VON MURALT, Direktor der Jungfrauochstation und damaliger Präsident des schweizerischen Nationalfonds. Er schlug vor, entweder ein Observatorium unter der Obhut der Internationalen Stiftung Jungfrauoch aufzubauen, oder ein schweizerisches National-Observatorium mit einem 2.5m Spiegelteleskop zu errichten. Wenngleich dieser letzte Vorschlag, der Bau eines «Schweizer National-Observatoriums auf dem Gornergrat» letztendlich zu Gunsten des schweizerischen ESO-Beitritts (1. März 1982) fallen gelassen wurde, so ist es doch dem wissenschaftspolitischen Einfluss der drei Wissenschaftler zu verdanken, dass der am 30. Januar 1966 gemeinsam gefasste Plan, ein Observatorium auf Gornergrat einzurichten, in den folgenden Jahren in die Tat umgesetzt wurde. Im Zuge der Vorbereitungen zur Errichtung eines Observatoriums auf Gornergrat wurde sehr umfangreiches Beobachtungsmaterial zusammengetragen. Ausführliche Daten über die allgemeinen klimatischen Bedingungen wurden gesammelt und ausgewertet und in einem internen Bericht des Observatoire de Genève festgehalten (M. GOLAY, et al. 1970, «Le Gornergrat-Etude d'un site d'observatoire astronomique»). Es wurden u.a. die Zahl klarer Nächte pro Jahr und die atmosphärische Turbulenz untersucht, die Möglichkeiten für planetare Photographie und für Infrarot-Beobachtungen abgeschätzt sowie erste Messungen der atmosphärischen Extinktion ausgeführt.

Unter Berücksichtigung aller Fakten kam man auf Grund jener Studien zu dem Ergebnis, dass «neben dem Gornergrat kaum ein anderer Ort in Betracht» kommt. Die Abbildung 2, die dem Bericht über das «Projekt eines schweizerischen National-Observatoriums auf dem Gornergrat» entnommen ist, zeigt sehr deutlich, wie ein Kranz von Viertausendern den «recht unscheinbaren» Gornergrat vor Wolken und Niederschlägen abschirmt. Die den Gornergrat umgebenden Gletscher sorgen in normalen Wetterlagen für eine ruhige und trockene Atmosphäre, zwei Bedingungen, die gerade für die Messungen mit den jetzt auf Gornergrat vorhandenen Instrumenten, dem italienischen 1.5 m Teleskop und dem Kölner 3-m-Radioteleskop, entscheidend sind.

So wurde dann der Vorschlag realisiert, Gornergrat vorerst zu einem kleinen astronomischen Observatorium auszubauen und mit Instrumenten von Jungfrauoch auszurüsten. Diese konnten auf Jungfrauoch nach der Installation des 76 cm Teleskops (1966/67) wegen der akut herrschenden Platzenge nicht mehr benützt werden.

Zermatt und damit auch der Gornergrat und das Mattertal bis Visp sind besonders regenarm im Vergleich zu umliegenden Gebieten, wie aus den Klimawerten für das Wallis, den Tessin und das Engadin der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt zu ersehen ist. So war z.B. der Monat Juli 1987 für Mitteleuropa extrem niederschlagsreich. In der Schweiz gab es nur 3 niederschlagsfreie Tage. In Zermatt fielen 67 mm Niederschlag oder 116% des langjährigen Durchschnitts. In benachbarten Orten, wie z.B. Locarno-Monti (452 mm = 232%) oder San Bernardino (483 mm = 250%) lagen die Niederschlagsmengen sowohl absolut wie auch im Jahresdurchschnitt wesentlich höher als für Zermatt.

et alpiniste D. CHALONGE de l'Institut d'Astrophysique de Paris qui releva le potentiel astronomique de ce site facile d'accès; le directeur de l'Observatoire de Genève, M. GOLAY, qui proposa, d'entente avec des collègues français, d'y construire un petit observatoire et A. VON MURALT qui était alors directeur de la station scientifique du Jungfrauoch et président du Fonds National Suisse pour la Recherche Scientifique. Ce dernier proposa que cet observatoire soit affilié à la Fondation Internationale du Jungfrauoch. L'étude du site était justifiée par un projet d'Observatoire National Suisse doté d'un télescope de 2,5 m à installer au Gornergrat. Bien que cette dernière proposition ait finalement été abandonnée au profit de l'adhésion de la Suisse à l'ESO (mars 1982), c'est néanmoins grâce à l'influence des trois personnalités citées que le projet défini en commun le 30 janvier 1966, et consistant à implanter un observatoire au Gornergrat, a pu être réalisé dans les années suivantes. Cette proposition d'établir sur le Gornergrat un petit observatoire équipé d'instruments efficaces a été favorisée par l'installation du nouveau télescope de 76 cm à l'observatoire du Sphinx (1966/67) au Jungfrauoch, l'ancien télescope de 40 cm étant alors disponible. Outre les excellentes conditions climatiques supposées, deux autres facteurs importants favorisèrent l'entreprise: (i) la présence de l'hôtel Kulm (fig 3) avec toute l'infrastructure nécessaire et (ii), l'accès facile offert par le service régulier durant toute l'année par le chemin de fer du Gornergrat, dont la gare se trouve à environ 50 m de l'hôtel.

Ces diverses considérations ont été exposées dans la demande formelle adressée en mars 1966 par le professeur M. Golay, directeur de l'Observatoire de Genève, à la Bourgeoisie de Zermatt, concernant la construction du petit observatoire sur la tour Sud de l'hôtel Kulm (tour droite de la figure 3). L'administration communale de Zermatt répondit le 22 avril 1966 que «... le conseil communal est en principe d'accord d'autoriser l'installation d'un observatoire sur la tour Sud de l'hôtel Gornergrat et de mettre à disposition les chambres nécessaires».

La voie était donc officiellement ouverte à la réinstallation au Gornergrat de l'ancien télescope de 40 cm de l'observatoire du Sphinx au Jungfrauoch et de sa coupole. Ont collaboré à cette entreprise l'Observatoire de Genève (Prof. F. RUFENER) et le Centre National français de la Recherche Scientifique (Prof. J. LEQUEUX) avec l'appui de la Fondation Internationale Jungfrauoch (Prof. A. VON MURALT). Parallèlement à l'installation de l'observatoire, de nombreuses données météorologiques ont été rassemblées. Une étude de site détaillée a été faite (M. GOLAY et al., 1970, document interne de l'Observatoire de Genève). On y examine notamment le nombre de nuits claires par année, la turbulence atmosphérique, les possibilités de faire de la photographie planétaire et des observations dans l'infrarouge ainsi que les premiers résultats de mesures de l'extinction atmosphérique depuis le site.

Le résultat de l'analyse de toutes ces données démontra que peu de sites sur le sol national pouvaient se comparer au Gornergrat. La figure 2, tirée du rapport concernant le projet d'Observatoire National, montre clairement comment un cirque de montagnes dépassant les 4000 m protège le Gornergrat des nuages et des précipitations. Les glaciers environnants contribuent, par beau temps, à stabiliser les conditions atmosphériques locales et à maintenir une faible teneur en vapeur d'eau. Ces deux conditions sont d'une importance décisive pour les mesures faites actuellement au Gornergrat avec le télescope infrarouge italien de 1,5 m et le radiotélescope de 3 m de Cologne.



Abb.3  
Kulmhotel und Bergstation Gornegrat mit Monte Rosa.

Neben den ausgezeichneten Wetterverhältnissen gab es zwei weitere Faktoren, die das Unternehmen begünstigten: (i) die einfache Zufahrt mit der Gornegratbahn, die seit Mitte der sechziger Jahre täglich bis zur 50 m unterhalb des Kulmhotel gelegenen Bergstation Gornegrat fährt und (ii) die durch das Kulmhotel (Abb.3) bereits vorhandene Infrastruktur wie Gebäude, Elektrizität und Wasser. Gleichzeitig mit der Ausweitung des Service der Gornegratbahn wurde auch das Hotel ganzjährig bewirtschaftet.

Alle diese Überlegungen wurden im März 1966 in einem förmlichen Gesuch, das von Prof. M. GOLAY, dem Direktor des Observatoire de Genève, unterzeichnet worden ist, an die Burgergemeinde Zermatt geschickt, mit der Bitte, der Errichtung eines kleinen Observatoriums auf dem Südturm des Kulmhotels zuzustimmen (rechter Turm in Abbildung 3). Bereits am 22. April 1966 antwortete die Gemeindeverwaltung Zermatt, dass «... der Gemeinderat grundsätzlich einverstanden ist, auf dem Südturm des Hotels Gornegrat ein Observatorium einrichten zu lassen und die von Ihnen (M. GOLAY) benötigten Zimmer zur Verfügung zu stellen».

Somit war jetzt offiziell der Weg frei gegeben, das altbewährte 40 cm Teleskop des Sphinx-Observatoriums Jungfrau-joch mit der alten Jungfrau-joch-Kuppel auf Gornegrat neu zu installieren, und zwar in Zusammenarbeit zwischen dem

Fig. 3:  
L'hôtel Kulm et la gare du Gornegrat avec le Mont Rose.

Le Gornegrat, comme l'ensemble de la vallée de Zermatt, est un lieu particulièrement pauvre en précipitations par rapport aux régions environnantes. Ceci apparaît bien dans les données climatiques concernant le Valais, le Tessin et l'Engadine fournies par l'Institut Suisse de Météorologie. Pour citer un exemple: les précipitations ont été spécialement abondantes durant le mois de juillet 1987 sur toute l'Europe centrale. Zermatt enregistra 67 mm, soit 116 % de la moyenne annuelle. Des localités voisines, comme Locarno-Monti (452 mm = 232 %) ou San Bernardino (483 mm = 250 %) enregistrèrent des précipitations nettement supérieures tant en volume qu'en pourcentage de la moyenne annuelle.

Les observations astronomiques ont débuté en 1968. Les premières mesures de la transparence atmosphérique dans l'infrarouge et de spectroscopie solaire submillimétrique ont été faites en début 1968 par J. GAY et ses collaborateurs avec un miroir en aluminium de 140 cm (Astron. Astrophys. 2, 413, 1969). D'excellentes photographies de Saturne (fig. 4) ont été obtenues en automne 1968 à l'aide du télescope de 40 cm, où la définition atteint le pouvoir de résolution nominal de cet instrument. La figure 5 montre l'état de l'observatoire en 1970 et dont les deux tours sont équipées de coupôles. La tour Nord (à gauche) contient un spectrographe solaire de l'Institut d'Astronomie de l'Université d'Oxford (Prof. D. E. BLACKWELL). Cet

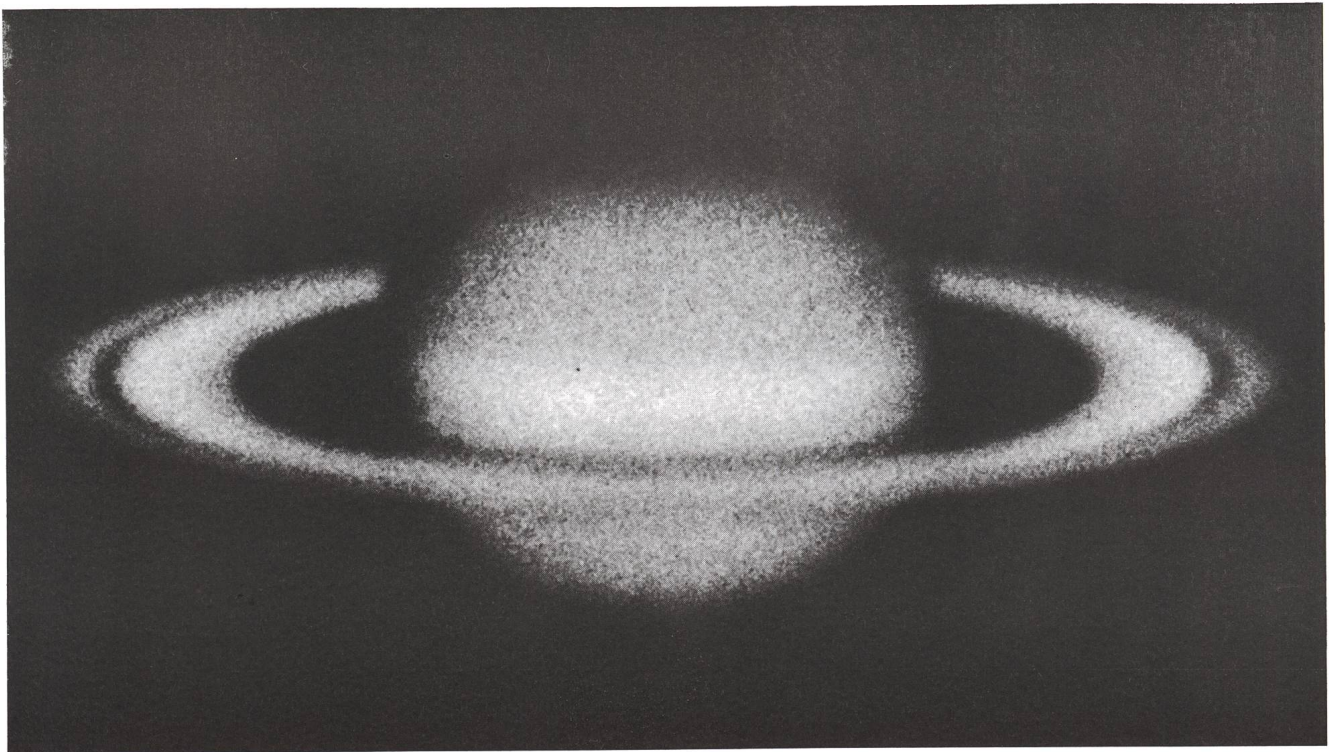


Abb. 4

Planet Saturn aufgenommen mit dem 40-cm-Teleskop vom Gornergrat-Süd Observatorium (P. Guérin, Obs. de Paris)

Fig. 4:

Image composite de la planète Saturne prise depuis l'observatoire du Gornergrat-Sud avec le télescope de 40 cm (P. Guérin, observatoire du Pic du Midi).

Observatoire de Genève (Prof. F. RUFENER) und dem französischen Centre national de la Recherche Scientifique (Prof. J. LEQUEUX) unter der administrativen Leitung der Internationalen Stiftung «Hochalpine Forschungsstationen Jungfrau-Joch und Gornergrat» (Prof. A. VON MURALT). Die ersten astronomischen Messungen fallen in das Jahr 1968. Anfang 1968 wurden von GAY und Mitarbeitern mit einem 140 cm Aluminiumspiegel erste Messungen zur atmosphärischen Transparenz und Solarspektroskopie im Submillimeterbereich durchgeführt. (Astron. Astrophys. 2, 413, (1969)). Im Spätjahr 1968 gelang es dann, mit dem inzwischen fertig montierten 40 cm Teleskop beeindruckende planetare Aufnahmen zu gewinnen. In der hier reproduzierten Aufnahme des Saturn (Abb.4) wurden die Grenzen der Auflösung für dieses Teleskop erreicht. Abbildung 5 zeigt das Observatorium Gornergrat im Zustand der ersten Ausbaustufe, als Süd- und Nordturm bereits mit Kuppeln und Beobachtungsinstrumenten versehen waren. Gleichzeitig mit dem Aufbau des Observatoriums auf dem Südturm hat das Astronomische Institut der Universität Oxford (Prof. D. E. BLACKWELL) auf dem Nordturm eine Sonnenbeobachtungsstation eingerichtet. Leider mussten dann 1970 die erfolgreichen Sonnenuntersuchungen wegen der in England vorgenommenen Kürzungen der Forschungsunterstützung abgebrochen werden.

Ohne alle Stationen des weiteren Ausbaus im einzelnen aufzählen zu wollen, seien die Ereignisse erwähnt, die für die heutigen Beobachtungsinstrumente wesentlich sind. In den Jahren 1975 bis 1978 wurden Süd- und Nordturm mit 7.5 m Kuppeln versehen, um neue Beobachtungsinstrumente installie-

instrument avait été installé à peu près en même temps que celui de la tour Sud, mais des restrictions de fonds de recherche en Angleterre ont contraint ce groupe à l'abandonner vers 1970.

Sans passer en revue tous les détails de l'évolution des équipements, nous ne citerons que les éléments qui sont en rapport direct avec les instruments actuellement installés au Gornergrat. Entre 1975 et 1978 les deux tours ont été pourvues de coupes de 7.5 m (fig. 6) permettant l'installation de nouveaux instruments. Le télescope infrarouge italien de 1,5 m (TIRGO 3 Télescope Infrarouge Gornergrat) fut monté entre 1979 et 1981 dans la tour Nord et a subi des améliorations depuis. La tour Sud a été occupée durant 8 ans (1975-1983) par un télescope Ritchey-Chrétien de 1 m fourni par l'Observatoire de Lyon. Cet instrument a servi, en collaboration avec l'Observatoire de Genève, à des travaux de photométrie stellaire. Démonté en 1983, il fut remplacé par le radiotélescope de 3 m de Cologne après d'importants travaux d'aménagement de la tour Sud. Le transport de ce télescope et son installation au Gornergrat, ainsi que les premiers résultats obtenus ont été décrits ailleurs (Sterne und Weltraum 25, 77, (2/1986), 26, 326, (6/1987) et 382, (7-8/1987), et Orion 222).

#### Recherches en cours au Gornergrat

Avec le télescope italien TIRGO de 1,5 m conçu pour des observations dans l'infrarouge et le radiotélescope allemand de 3 m KOSMA (Kölner Observatorium für Submillimeter Astronomie), le Gornergrat dispose aujourd'hui de deux instruments aptes à aborder les problèmes les plus actuels de

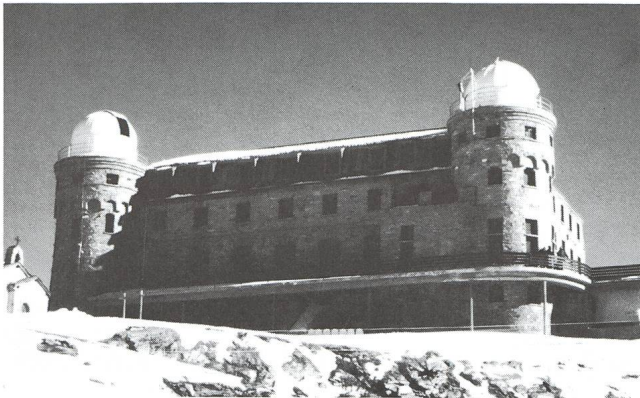


Abb. 5: Beide Türme des Kulmhotels tragen die ersten Kuppeln und Beobachtungsinstrumente.

Fig. 5: Les deux tours de l'hôtel Kulm munies des premières coupôles et instruments (situation en 1970). Tours Nord et Sud à gauche et à droite respectivement.

ren zu können (Abb.6): Zwischen 1979 und 1981 wurde das italienische 1.5-m-Cassegrain Teleskop (Teleskop Infrarot Gornegrat = TIRGO) errichtet, das bis heute kontinuierlich weiter ausgebaut wurde.

Im Südturm war für 8 Jahre (1976-1983) ein Ritchey-Chrétien 1-m-Teleskop des Observatoire de Lyon untergebracht, das in Zusammenarbeit mit dem Observatoire de Genève für photometrische Arbeiten eingesetzt wurde. Nach dessen Abtransport 1983 wurde das Kölner 3-m-Teleskop nach vorherigen umfangreichen Umbauarbeiten im Südturm installiert. Über den Transport des Teleskops von Köln nach Gornegrat Ende 1985, dessen Aufbau und die inzwischen erzielten wissenschaftlichen Ergebnisse wurde schon verschiedentlich berichtet (SuW 25, 77 (2/1986), ibid 26, 326 (6, 1987) und 382, (7-8/1987)).

#### Aktuelle Forschung auf dem Gornegrat

Mit dem italienischen TIRGO 1.5-m-Teleskop für Infrarot-Beobachtungen und dem deutschen KOSMA (Kölner Observatorium für Submillimeter Astronomie) 3-m-Radioteleskop verfügt der Gornegrat heute über zwei Instrumente, die für aktuellste Probleme der Astrophysik eingesetzt werden: Die wichtigsten und interessantesten Beobachtungsobjekte sind die Sternentstehungsgebiete in interstellaren Staub- und Molekülwolken. Während das 1.5-m-Teleskop (Abb.7) vornehmlich für die Messung der Staubverteilung im infraroten Spektralbereich geeignet ist, wird mit dem 3-m-Radioteleskop (Abb.8) die molekulare Komponente der interstellaren Materie untersucht. Die Ergebnisse beider Instrumente ergänzen sich damit geradezu in idealer Weise.

#### Nordturm -Italienisches TIRGO 1.5-m-Teleskop

Das italienische Teleskop wird vom «Centro per L'Astronomia infrarossa e lo Studio del Mezzo interstellare» im Auftrag des Consiglio Nazionale delle Ricerche in Rom und des Osservatorio Astrofisico di Arcetri in Florenz betrieben.

Die astrophysikalische Forschung im infraroten Wellenlängenbereich des elektromagnetischen Spektrums wurde erst etwa in den letzten zehn Jahren entwickelt. Der Bau empfindlicher Detektoren, die bei tiefen Temperaturen (ca. 3° K entsprechend -270°C) betrieben werden sowie die Abstrahlung der niedrigeren Schichten der Erdatmosphäre bilden die

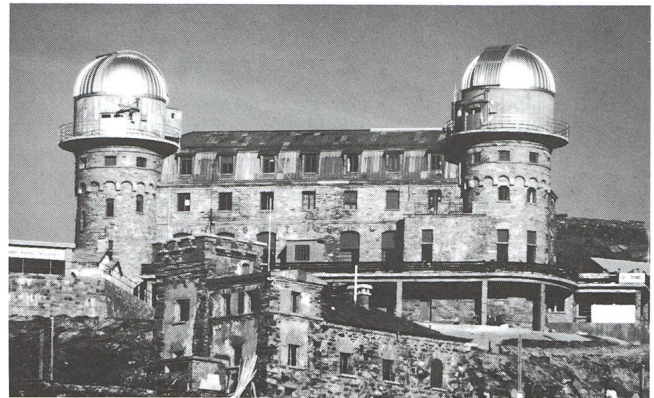


Abb. 6: Beide Türme wurden mit 7.5 m Kuppeln versehen.

Fig. 6: Les deux tours portant les coupôles de 7,5 m (situation en 1977).

l'astrophysique: parmi les objets les plus importants et intéressants à observer sont les régions de formation stellaire au sein de nuages moléculaires et de poussière interstellaire. Tandis que le télescope de 1,5 m (fig. 7) est spécialement bien adapté à l'étude de la distribution de la poussière par le biais du domaine spectral infrarouge, le télescope de 3 m (fig. 8) perçoit la composante moléculaire de la matière interstellaire. Les résultats obtenus par ces deux instruments ce complètent donc de manière idéale.

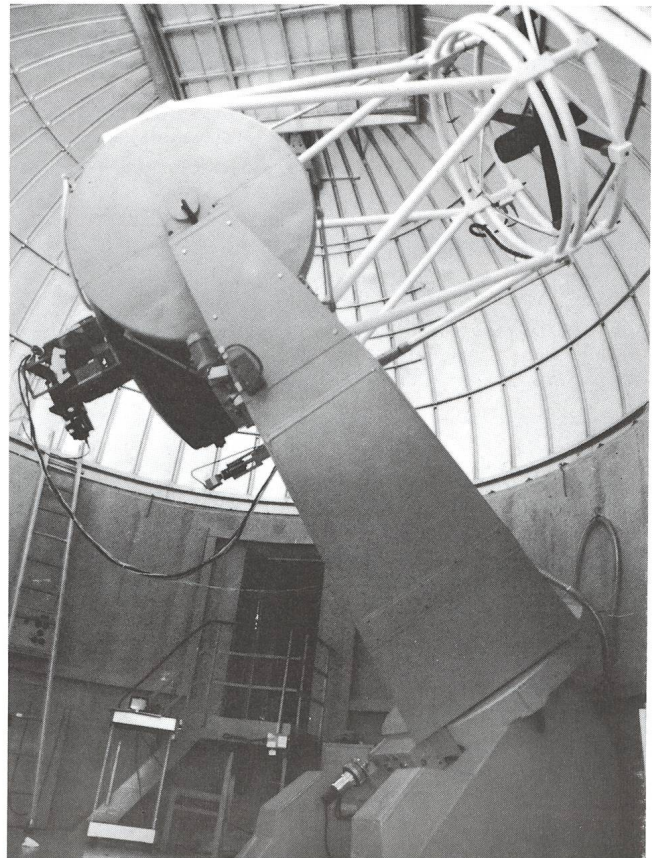


Fig. 7: Le télescope infrarouge italien de 1,5 m, TIRGO, dans la tour Nord.

Abb. 7: Das italienische 1.5 m TIRGO im Nordturm.

Haupt Hindernisse für den Empfang der schwachen IR-Weltstrahlung durch bodengebundene Teleskope. Während die Detektorprobleme im IR heute im wesentlichen technisch gelöst sind, lässt sich der Einfluß der Erdatmosphäre nur teilweise durch hoch gelegene Observatorien minimieren, und das auch nur in den sogenannten atmosphärischen Fenstern. Der Bau des TIRGO-Projektes durch das Consiglio Nazionale delle Ricerche berücksichtigt die Bedingung, dass IR-Beobachtungen nur von hoch gelegenen und sehr trockenen Standorten aus durchgeführt werden können.

Das 1.5 m ist ein äquatoriales Cassegrain Teleskop und wurde in Zusammenarbeit der Firmen «De Bartolomeis» in Italien und «Rademakers» in Holland gebaut, wobei die französische Firma «Reosc» die Optik lieferte. Das Teleskop wird durch einen Mikrorechner gesteuert, der mit einer PDP 11/34 für die Datenaquisition gekoppelt ist. In der Fokalebene des Instruments können vier gekühlte Detektoren gleichzeitig untergebracht werden (Wellenlängenbereich 1-5 Mikron). Es handelt sich u.a. um InSb-Mehrband-Photometer und Mehrlement-Spektrometer.

Der Aufbau und Betrieb des Teleskops sowie des Observatoriums wurde durch die Zusammenarbeit verschiedener CNR-Institute und Universitäten möglich. Seit 1981 werden diese Arbeiten durch das Centro per l'Astronomia infrarossa e lo Studio del Mezzo interstellare koordiniert. Der jährliche Beobachtungszyklus reicht von Anfang September bis Ende Mai. Innerhalb der letzten 5 Jahre wurden pro Jahr etwa 30 Beobachtungsprogramme durchgeführt, die zu einem grossen Teil mit der Standard-TIRGO-Ausrüstung gemacht wurden, obwohl auch spezielle Instrumentierungen benutzt werden können. Die astrophysikalischen Beobachtungen reichen von planetaren Studien bis extragalaktische Messungen. Folgende astrophysikalische Fragestellungen stehen im Vordergrund:

-Sternentstehungsgebiete: Messungen in diesen Regionen sind durch die starke Extinktion des interstellaren Staubs speziell im optischen Bereich nicht oder nur sehr bedingt zugänglich. Aber die Abstrahlung des Staubs im Infraroten verleiht diesem Spektralbereich eine Schlüsselstellung in der Erforschung aller astronomischer Objekte, die von warmem Staub umgeben sind. Hierher gehören die in die Molekülwolken eingebetteten Protosterne, die ihre noch staubige Umgebung, aus der sie geboren wurden, aufheizen. Während Sternentstehungsgebiete in unserer Galaxie auf Grund ihrer relativen Nähe im grossen Detail studiert werden können, lässt sich deren großräumige Verteilung besser in externen Galaxien erkennen.

-Externe Galaxien mit aktiven Kernen zeigen Infrarot-Emissionen, wobei der nicht-thermische Anteil der zentralen Quelle direkt beobachtet werden kann. Die großräumige Struktur von Galaxien kann durch die Strahlung der Sterne in ihren Spätstadien ermittelt werden, da sie auf Grund der sie umgebenden Staubhülle hauptsächlich im nahen Infrarot abstrahlen. Diese Sterne zeigen eine gleichmässige Verteilung als die jungen Sterne, deren Strahlung im optischen Wellenlängenbereich dominiert. Hinzu kommt, dass die niedrigere Extinktion im Infraroten eine bessere Bestimmung der Verteilung erlaubt.

-Ähnliches gilt für galaktische Sterne in ihren Spätstadien. Wenn sie sich mit einer dichten Hülle aus Staub und Gas umgeben haben, sind IR-Messungen zusammen mit Beobachtungen im Millimeter- und Submillimeterbereich oft der einzige Weg, Aufschluß über sie und die Hülle zu bekommen.

Als Beispiel für die Forschungsarbeiten mit dem 1.5-m-TIRGO-Teleskop sei noch kurz eine zusätzliche Messmethode vor-

### Tour Nord; le télescope italien de 1,5 m TIRGO

Le télescope italien est exploité par le «Centro per l'Astronomia infrarossa e lo Studio del Mezzo interstellare» (CAISMI) qui dépend du Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) à Rome et de l'Osservatorio Astrofisica di Arcetri à Florence.

La recherche astrophysique dans le domaine infrarouge du spectre électromagnétique s'est développée essentiellement durant ces dix dernières années. La difficulté de fabriquer des détecteurs sensibles travaillant à des températures très basses (env. 3 °K. soit -270 °C), ainsi que l'émission thermique des couches basses de l'atmosphère terrestre, sont les principaux obstacles à la réception du faible rayonnement IR d'origine cosmique par des télescopes situés au sol. Si les problèmes techniques liés aux détecteurs IR sont maintenant en grande partie résolus, l'influence de l'atmosphère terrestre n'est partiellement réduite qu'à partir d'observatoires situés à haute altitude, et ceci dans quelques «fenêtres» de longueurs d'ondes seulement. La réalisation du projet TIRGO par le CNR tient compte de ces conditions d'altitude et de sécheresse du site.

Le télescope de 1,5 m est du type Cassegrain et a été construit conjointement par les maisons «De Bartolomeis» en Italie et «Rademakers» en Hollande, tandis que «Reosc» en France en réalisait l'optique. Le télescope est piloté par un micro-ordinateur qui est couplé à un PDP11/34 pour l'acquisition des données. Le foyer de l'instrument peut accueillir simultanément quatre détecteurs refroidis et travaillant dans le domaine 1 à 5 microns. Il s'agit, entre autres, de photomètres multicanaux InSb et de spectromètres multi-éléments.

La construction et l'exploitation du télescope et de l'observatoire ont été rendus possibles par la collaboration de plusieurs universités et instituts rattachés au CNR.

Ces travaux ont été coordonnés depuis 1981 par le CAISMI. Le cycle annuel d'observations s'étend de début septembre à fin mai. Durant ces 5 dernières années, quelque 30 programmes d'observations ont pu être menés à bien chaque année. Les instruments utilisés ont essentiellement été ceux de l'équipement standard TIRGO, bien que des instruments spéciaux soient aussi utilisables. Les observations astrophysiques vont des études planétaires aux mesures extragalactiques, mais les préoccupations suivantes figurent en premier plan:

-Régions de formation stellaire. Des mesures dans ces régions sont rendues difficiles sinon impossibles dans le domaine spectral visible par la forte extinction due à la poussière interstellaire. Par contre, l'émission dans l'IR par la poussière confère à ce domaine spectral un rôle privilégié dans l'étude de tout objet astronomique entouré de poussière chaude. De tels objets sont les proto-étoiles, situées au sein de nuages moléculaires. Elles chauffent le milieu environnant encore riche en poussière à partir duquel elles se sont formées. Les régions de formation stellaire de notre Galaxie qui se laissent étudier de manière détaillée sont relativement proches. Les caractéristiques de leur répartition à grande échelle se perçoivent mieux dans des galaxies voisines.

-Des galaxies contenant des noyaux actifs présentent de l'émission dans l'infrarouge, la composante non-thermique de la source centrale devient directement observable. La structure à grande échelle des galaxies peut aussi être étudiée à l'aide du rayonnement provenant d'étoiles dans leurs dernières phases évolutives, et dont l'enveloppe de poussière laisse échapper essentiellement le proche-infrarouge. Ces étoiles présentent une distribution plus régulière que celle des étoiles jeunes, qui rayonnent plus dans le domaine visible. L'extinction plus faible dans l'infrarouge permet une meilleure détermination de la répartition stellaire.



gestellt. Die Technik der Bedeckung eines Sternes z.B. durch den Mond wird routinemäßig angewandt, um auch mit einem Teleskop mittlerer Größe hohe räumliche Auflösung zu erhalten. Die Qualität der Messungen reicht aus, um Größe und eventuelle Größenänderungen des Durchmessers der Hüllen von Sternen zu bestimmen. Für den Fall des späten Sterns RX Cnc, der mit semi-regulärer Periode variabel ist, konnte die Änderung der Sternhülle durch zwei zeitlich verschiedene Mondbedeckungen genau gemessen werden. In Abbildung 9 ist der Intensitätsverlauf der infraroten Sternstrahlung für zwei in etwa drei-monatigem Abstand gemessene Mondbedeckungen wiedergegeben. Wenn der Rand des Mondes sich über den Stern schiebt, entsteht ein Beugungsbild in der gemessenen Intensität des Sternlichts, ähnlich dem bekannten Intensitätsverlauf der Fresnel'schen Beugungstreifen an der Schattengrenze einer mit monochromatischem Licht beleuchteten scharfen Kante (Abb.9).

### Südturm- Deutsches KOSMA 3-m-Radioteleskop

Die Erforschung von Molekülwolken in unserer Galaxis und anderen Galaxien bildet die Hauptforschungsrichtung mit dem KOSMA 3-m-Radioteleskop. Im Weltraum sind inzwischen mehr als 85 chemische Verbindungen nachgewiesen worden, wobei die Mehrzahl der interstellaren Moleküle organischer Natur ist. Der Kohlenstoff besitzt auch in den Tiefen des Weltraums -ähnlich wie auf der Erde- die einzigartige Fä

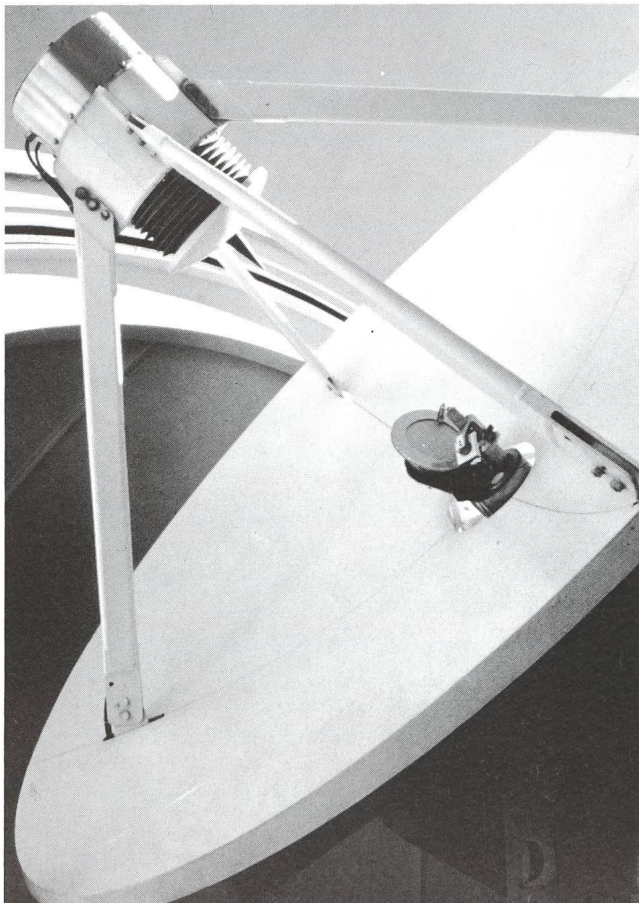


Abb. 8: Das Kölner 3-m-Radioteleskop im Südturm.  
Fig. 8: Le radiotélescope de 3 m de Cologne dans la tour Sud.

-Il en est de même pour les étoiles évoluées de notre Galaxie. Si elles sont entourées d'une épaisse enveloppe de poussière et de gaz, les mesures dans l'IR et dans les domaines millimétrique et sub-millimétrique sont souvent les seuls moyens dont nous disposons pour leur étude, ou celle de leur enveloppe.

Nous présentons encore un exemple d'un autre type de mesure pratiqué à l'aide du télescope TIRGO de 1,5 m. L'occultation d'une étoile, par exemple par la Lune, est appliquée régulièrement. Elle permet d'atteindre un haut pouvoir séparateur angulaire avec un petit Télescope. La précision des mesures suffit à définir les grandeurs et éventuelles variations des enveloppes de certaines étoiles. Dans le cas de l'étoile tardive RX Cnc, une variable semirégulière, il a été possible de mesurer avec précision la variation de son enveloppe entre deux occultations lunaires différentes. La figure 9 montre les variations d'intensité dans l'IR entre deux occultations séparées de trois mois. Lorsque l'étoile passe derrière le bord lunaire, on observe une modulation de l'intensité lumineuse qui se déplace au sol à la vitesse projetée de la lune dans son orbite, et qui correspond à une figure de diffraction. Ceci est analogue au cas bien connu des franges de diffraction de Fresnel qui apparaissent devant la partie obscure d'une lame qui occulte une source lumineuse monochromatique (fig. 9). Dans le cas d'une étoile, la forme des franges dépend de son diamètre angulaire apparent.

### Tour Sud. Le radiotélescope allemand de 3 m KOSMA

Le principal champ d'investigation du radiotélescope de 3 m, KOSMA, est l'étude de nuages moléculaires dans notre Galaxie ainsi que dans des galaxies voisines. Plus de 85 composés chimiques ont été détectés jusqu'à présent dans l'espace. La plupart de ces molécules interstellaires sont de nature organique. Le carbone possède la propriété unique de pouvoir former des molécules complexes, tant dans le vide interstellaire que sur notre Terre. L'observation de la répartition des molécules dans des nuages interstellaires nous donne les moyens d'étudier le déroulement, à l'échelle cosmique, de réactions chimiques dans un milieu extrêmement ténu et froid.

Les nuages interstellaires sont associés aux lieux de naissance des étoiles. Le rayonnement électromagnétique émis lors de la formation stellaire dans les domaines millimétrique et infrarouge est particulièrement riche en informations concernant les régions de formation et leur rapport avec le nuage moléculaire initial. La dynamique, la densité, les conditions d'excitation et la distribution des températures des courants de gaz et de poussière peuvent être déterminés par ces deux télescopes.

Le télescope KOSMA a principalement trois domaines d'applications:

(i) La mesure de la distribution galactique de la matière interstellaire sous forme gazeuse par l'observation de molécules importantes telles que le CO, CS, HCN, et HCO<sup>+</sup> et leurs espèces isotopiques. Il est important de noter ici que le pouvoir séparateur angulaire du télescope de 3 m est comparable, à 115 GHz (la fréquence CO J = 1 → 0), à celui des cartes IRAS (Infrared Astronomical Satellite), soit environ 4 minutes d'arc. Cette similitude est particulièrement avantageuse lors de l'analyse des corrélations entre la distribution des molécules interstellaires (le monoxyde de carbone, par exemple) et celle de la poussière, perçue par IRAS. La figure 10 montre en exemple frappant de la distribution du monoxyde de carbone dans des nuages moléculaires. Sur la carte en relief

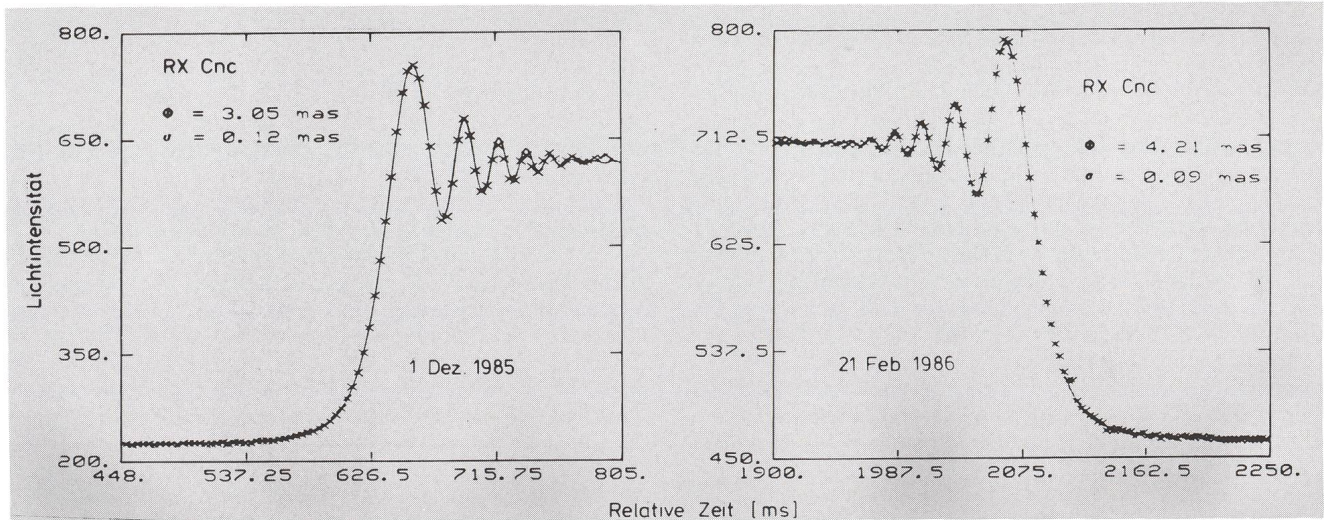


Abb. 9  
Vergleich der Lichtmeßkurven zweier Mondbedeckungen des variablen Sterns RX Cnc (die beiden oberen Abbildungen) mit dem im Labor gemessenen Intensitätsverlauf an der Schattengrenze einer Rasierklinge (untere Abbildung: H.G. Felten, Universität zu Köln). Bei den Mondbedeckungen ergeben sich aus der Anpassung an die astronomischen Daten die Winkeldurchmesser in Sonnenradien zur Zeit der beiden Okkultationen. Die Hülle des Sterns RX Cnc hat sich in dieser Zeitspanne von 3,05 auf 4,21 Milli-Bogensekunden ausgedehnt.

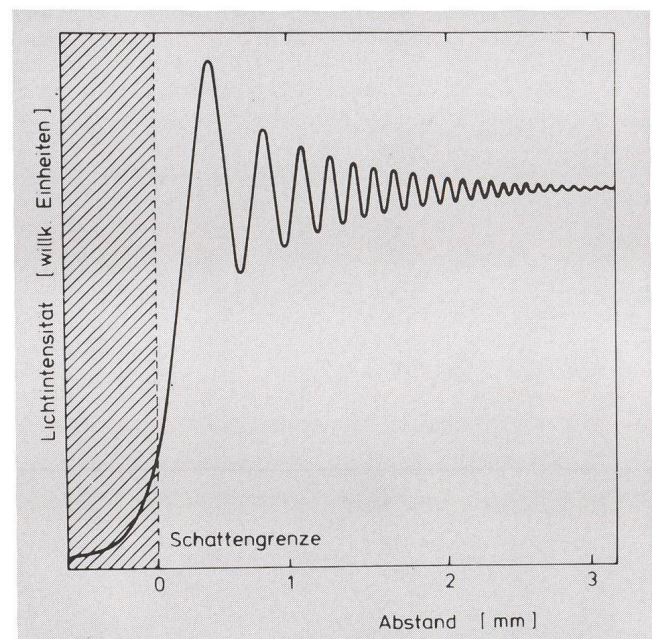
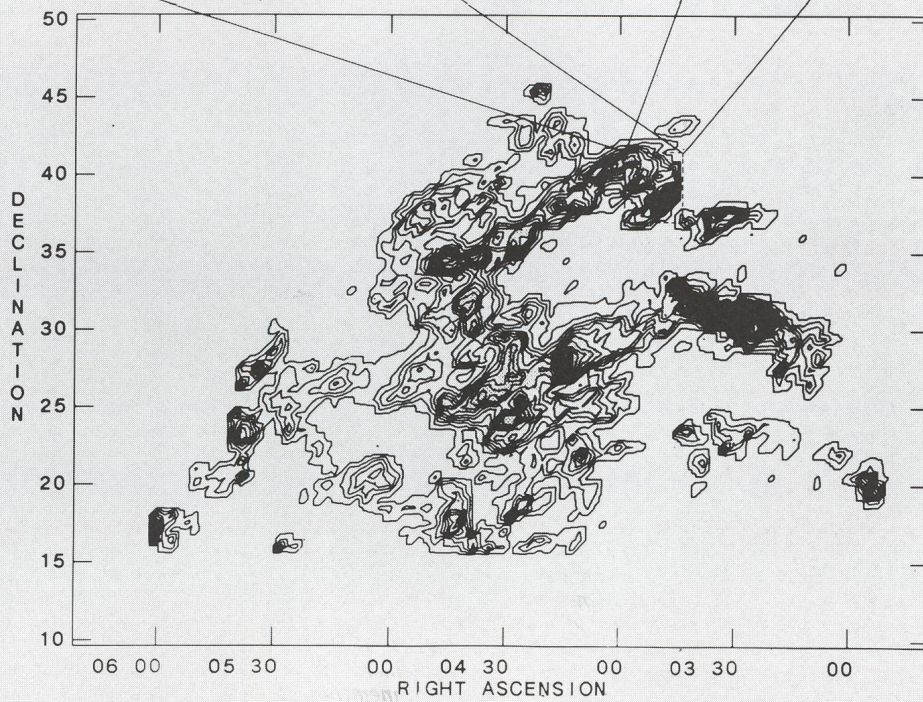
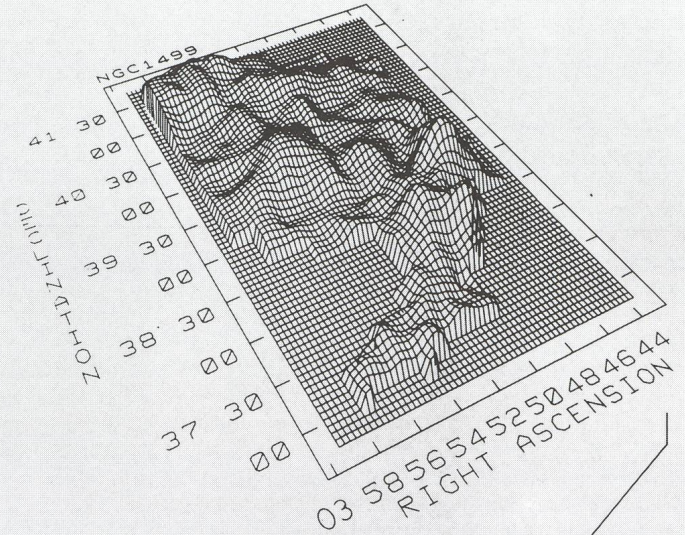
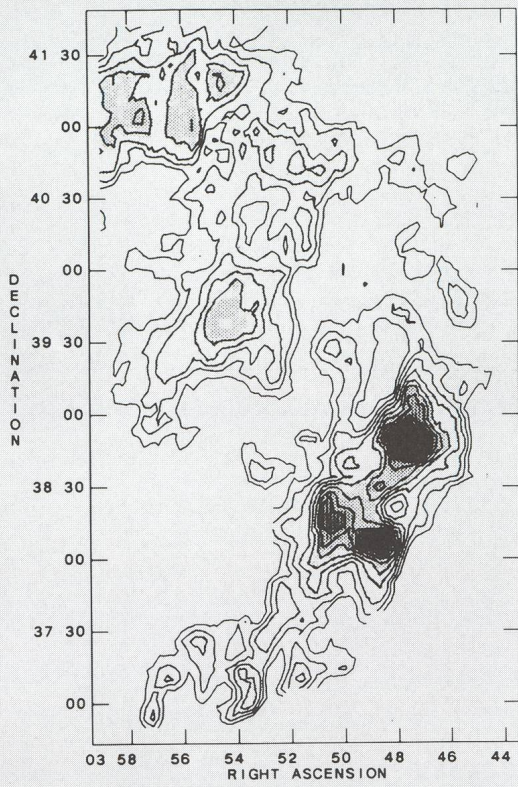


Fig. 9:  
Comparaison des courbes lumière de deux occultations par la Lune de l'étoile variable RX Cnc (figures du haut) avec une simulation faite en laboratoire, où une lame de rasoir occulte une source lumineuse ponctuelle (figure du bas: H. G. Felten, Köln). L'occultation par la Lune permet de déterminer le diamètre angulaire apparent de l'étoile. Ici, l'enveloppe de l'étoile RX Cnc s'est visiblement dilatée entre les deux occultations (de 3,05 à 4,21 millisecondes d'arc).

Abb. 10 rechte Seite  
CO-Molekülwolken in der Perseus, Taurus und Auriga Region. Die beiden oberen Karten geben einen «kleinen» Ausschnitt des gesamten Molekülwolken-Komplexes wieder (untere Karte: H. Ungerechts und P. Thaddeus, Astrophys. J. 63, 645 (1987)). Die Konturlinienkarte mit Grauabstufung und die Reliefkarte zeigen die Molekülverteilung nördlich des Kaliforniennebels NGC 1499 im Licht der niedrigsten Rotationslinie des Kohlenstoffmonoxid-Moleküls CO. Die hier gezeigte Reliefkarte ist eine Zusammenfassung der Meßdaten an rund 4000 Positionen (Bildpunkten) am Himmel, die innerhalb von zwei Wochen mit dem 3-m-Teleskop auf dem Gornnergrat gewonnen wurden (R. Herberz, Universität zu Köln). Die interstellare Molekülwolke ist mit dem optisch sichtbaren Kaliforniennebel NGC 1499 assoziiert und liegt etwa 1000 Lichtjahre von unserem Sonnensystem entfernt im Sternbild Perseus. Der hier gezeigte Ausschnitt hat eine Ausdehnung von rund 50 Lichtjahren und enthält eine Masse, die etwa das 1000-fache der Sonnenmasse ausmacht. CO ist nach Wasserstoff das weitest verbreitete interstellare Molekül; seine Rotationslinien sind verhältnismäßig stark und mit moderner radioastronomischer Technik schnell in großem Umfang beobachtbar. Die Verteilung der Strahlungsintensität am Himmel entspricht dabei im wesentlichen der Ausdehnung und Struktur der interstellaren Gas- und Staubwolken.

Fig. 10 cf.p: 105  
Nuages moléculaires de CO dans la région Persée-Taureau-Cocher. Les deux cartes du haut présentent une «petite» portion de l'ensemble du complexe de nuages moléculaires (carte du bas: H. Ungerechts et P. Thaddeus, Astrophys. J. 63, 645, 1987). La carte des contours en dégradé et celle en relief montrent la distribution moléculaire au nord de la nébuleuse California (NGC 1499) dans la lumière de la première raie rotationnelle du CO. La carte en relief présentée ici rassemble les mesures faites dans quelque 4000 positions sur le ciel. Il a fallu deux semaines au télescope de 3 m pour obtenir ces résultats (R. Herberz). Le nuage moléculaire est associé avec NGC 1499 et se trouve à environ 1000 années lumière de nous, dans Persée. La partie montrée ici s'étend sur environ 50 années lumière et contient l'équivalent de quelque 1000 masses solaires. Le CO est, après l'Hydrogène, la molécule la plus abondante dans le milieu interstellaire. Ses raies rotationnelles sont relativement fortes et faciles à observer avec les moyens modernes. La distribution de l'intensité de son rayonnement sur le ciel représente, dans les grandes lignes, l'étendue et la structure des nuages de gaz et de poussière interstellaires.

PERSEUS , TAURUS UND AURIGA KOMPLEX  
CO J = 1-0



higkeit, komplexe Moleküle zu bilden. Die Beobachtung der Molekülverteilung in interstellaren Wolken gibt uns den Schlüssel, im hochverdünnten und kalten interstellaren Medium chemische Abläufe in kosmischen Dimensionen zu studieren.

Interstellare Wolken stellen die Geburtsorte junger Sterne dar. Die bei der Sterngeburt entstehende elektromagnetische Strahlung zwischen dem Millimeter- und Infrarotgebiet ist besonders reich an Informationen über die Sternentstehungsgebiete und ihre Korrelation zur Muttermolekülwolke. Dynamik, Dichte, Anregungsbedingungen und Temperaturverteilung der Gas- und Staubströmungen lassen sich mit beiden Teleskopen erfassen.

Das KOSMA 3-m-Radioteleskop wird im wesentlichen für drei Forschungsschwerpunkte eingesetzt:

(i) Zur Messung der galaktischen Verteilung der gasförmigen interstellaren Materie mittels astrophysikalisch wichtiger Moleküle wie CO, CS, HCN, und  $\text{HCO}^+$  und deren Isotopenspezies. Hierbei ist es von besonderer Bedeutung, daß die Winkelauflösung des 3-m-Radioteleskops bei 115 GHz, der CO  $J=1 \rightarrow 0$  Frequenz vergleichbar mit der Winkelauflösung der IRAS-Karten (Infrared Astronomical Satellite) ist (ca. 4 Bogenminuten). Für Korrelationsbestimmungen zwischen interstellarer molekularer Verteilung -gemessen z.B. durch Kohlenmonoxid- und interstellarer Staubverteilung, die mit IRAS registriert wurde, stellen Messungen mit gleicher räumlicher Winkelauflösung einen bedeutenden Vorteil dar.

Ein eindrucksvolles Beispiel der Kohlenmonoxid-Verteilung in Molekülwolken ist in Abbildung 10 wiedergegeben. In der Reliefkarte entsprechen die «Berge» hoher und die «Täler» niedriger Strahlungsintensität.

(ii) Zu Frequenz-Durchmusterungen selektierter Molekülwolken, um die chemische Zusammensetzung und Häufigkeitsvariationen zu bestimmen.

(iii) Zu Beobachtungen von Sternentstehungsgebieten in Molekülwolken mittels molekularer und atomarer Spektrallinien. Die warmen (ca. 1000K) und dichten (ca.  $10^9 \text{ cm}^{-3}$ ) Regionen in der Umgebung junger Sterne können besonders gut mit Übergängen, die im Submillimeterwellen-Bereich liegen, beobachtet werden. Niedrige Rotationsübergänge der leichten Hydride (Masse  $< 20 \text{ amu}$ ), und die höheren Rotationslinien von schwereren Molekülen wie CO, CS, HCN stellen typische astrophysikalische Sonden dar, mit denen verschiedene Eigenschaften der Wolken «tiefenmäßig» ausgemessen werden können.

Abbildung 11 hält die augenblickliche Ausbaustufe auf Gorngrat fest.

les «montagnes» et les «vallées» représentent respectivement des zones de rayonnement intense et faible.

(ii) L'échantillonnage en fréquences d'un choix de nuages moléculaires afin de déterminer les compositions chimiques et les variations d'abondances.

(iii) L'observation de zones de formation stellaire dans des nuages moléculaires au moyen des raies moléculaires et atomiques. Les régions chaudes (env.  $1000^\circ\text{K}$ ) et denses (env.  $10^9 \text{ cm}^{-3}$ ) des voisinages d'étoiles jeunes sont particulièrement bien étudiées au moyen de transitions observables dans le domaine submillimétrique. Les transitions rotationnelles des premiers ordres des hydrides légers (masses  $< 20 \text{ amu}$ ), les raies rotationnelles d'ordre élevé de molécules lourdes telles que CO, CS, HCN, . . . sont typiquement des «sondes» à l'aide desquelles les diverses propriétés des nuages moléculaires peuvent être analysées en profondeur.

La figure 11 montre l'état actuel des équipements au Gorngrat.

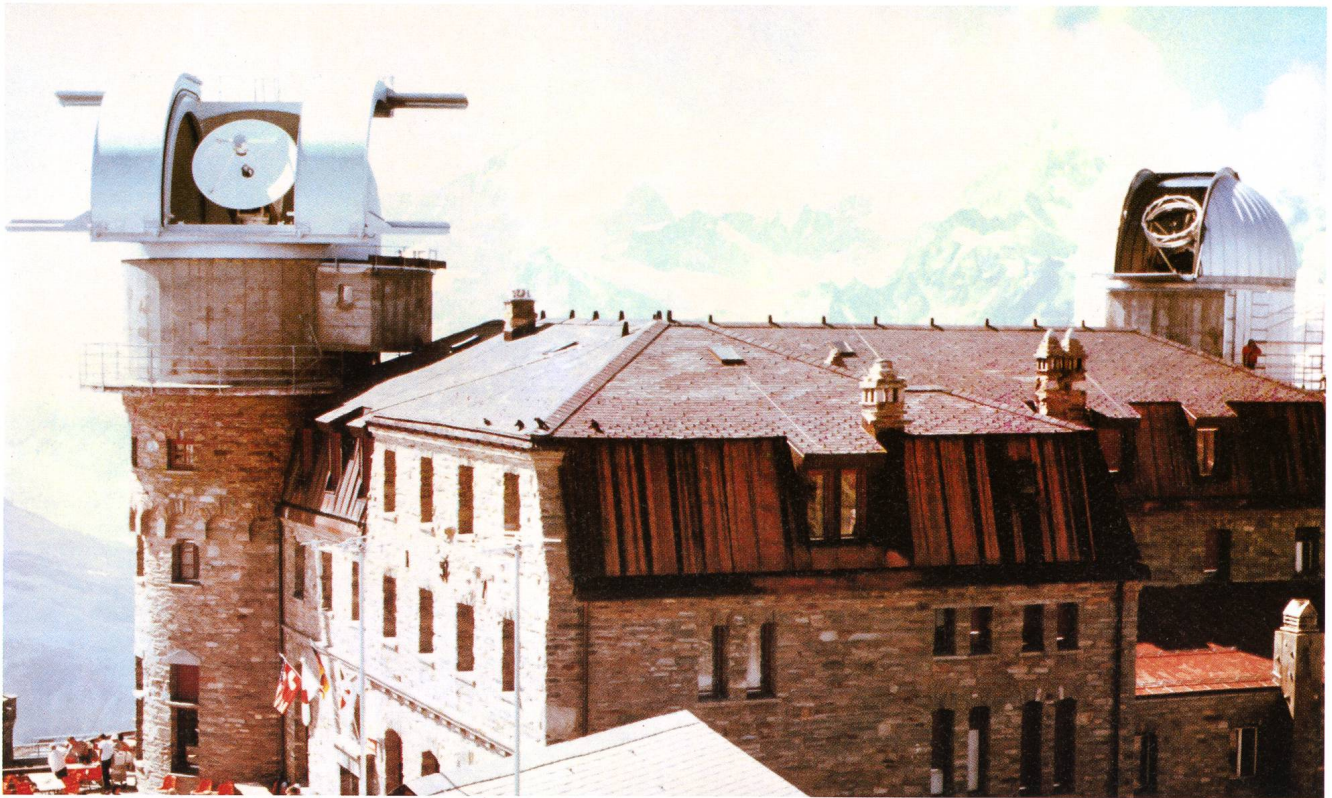


Abb. 11  
Die Gornergrat-Observatorien-Süd und -Nord mit dem Kulmhotel.

Fig. 11:  
Les observatoires du Gornergrat-Sud et -Nord dans leur état actuel.

Die auf Gornergrat geschaffenen Beobachtungsmöglichkeiten stehen auf Antrag allen Astronomen aus Europa und Übersee zur Verfügung. Beobachtungsanträge sind zu richten an:

Für das 1,5-m-Teleskop: Prof. G. TOFANI, Centro per l'Astronomia infrarossa, Largo Enrico Fermi, 5, I-50125 Firenze.  
Für das 3-m-Radioteleskop: Prof. G. WINNEWISSER, I. Physikalisches Institut der Universität zu Köln, Universitätsstr. 14, D-5000 Köln 41.

Das Observatorium Gornergrat wird durch die Internationale Stiftung Hochalpine Forschungsstationen Jungfraujoch und Gornergrat verwaltet und unterstützt. Dieser Stiftung gehören folgende Länder an: Belgien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Österreich, und die Schweiz.

Die Teleskope werden finanziell durch folgende Institutionen unterstützt: 1,5-m-Teleskop: Consiglio Nazionale delle Ricerche, Largo Enrico Fermi 5, I-50125 Firenze; 3-m-Radioteleskop: Deutsche Forschungsgemeinschaft SFB-301, Universität zu Köln und das Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes NRW. Die neue Kuppel für das 3-m-Radioteleskop auf Gornergrat wurde durch die A. Krupp von Bohlen und Halbach Stiftung finanziert.

Die Unterstützung des Gornergratprojektes durch die Bürgergemeinde Zermatt und ihren Präsidenten, E. AUFDENBLATTEN, sowie durch die Gornergratbahn und ihren Direktor, R. PERREN, sei ebenfalls dankend erwähnt. Die stets freundliche Hilfe, auch bei ungewöhnlichen Anliegen, durch alle Bediensteten der Gornergratbahn sowie durch den Direktor des Kulmhotels, Herrn BREMBERGER, wird von uns allen hoch geschätzt.

Les possibilités d'observation disponibles au Gornergrat sont accessibles, sur demande, aux astronomes européens et d'outre-mer. Les demandes de temps d'observation sont à adresser à:

Pour le télescope de 1,5 m: Prof. G. TOFANI, Centro per l'Astronomia infrarossa, Largo Enrico Fermi, 5, I-50125 Firenze.  
Pour le radiotélescope de 3 m: Prof. G. WINNEWISSER, I. Physikalisches Institut der Universität zu Köln, Universitätsstrasse 14, D-5000 Köln 41.

L'Observatoire du Gornergrat est administré et supporté par la Fondation Internationale des Stations Scientifiques Jungfraujoch -Gornergrat. Sont membres de cette fondation l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la France, la Grande Bretagne, l'Italie et la Suisse.

Les télescopes sont supportés financièrement par les institutions suivantes:  
Télescope 1,5 m: Consiglio Nazionale delle Ricerche, Largo Enrico Fermi, 5, I-50125 Firenze.  
Radiotélescope de 3 m: Deutsche Forschungsgemeinschaft SFB-301, Universität zu Köln, et le ministère de la science et de la recherche du Land NRW. La nouvelle coupole du radiotélescope du Gornergrat a été financée par la fondation A. Krupp von Bohlen und Halbach.

Nous voudrions encore remercier la Bourgeoisie de Zermatt et son président E. AUFDENBLATTEN pour leur appui au projet du Gornergrat, ainsi que le Gornergratbahn et son directeur R. PERREN. Nous apprécions aussi particulièrement l'aide toujours consentie avec amabilité, même dans des conditions peu ordinaires, par le personnel du Gornergratbahn ainsi que par le directeur de l'hôtel Kulm, Monsieur BREMBERGER.