

Von einer „katholischen“ Literatur im gewohnten und gewesenen Sinn ist also kaum mehr zu reden. Und das ist immerhin ein Sachverhalt, den es zu bedenken gilt. Man muß zum voraus auf viele Schablonen verzichten, wenn man dieser neuen Literatur gerecht werden will, aus der ein neuer Typus Katholik aufsteigt, ein ungewohnter, etwas aufreizender, nicht immer deutlich und hin und wieder auch verzerrt, aber von einer zunehmend bestimmter werdenden geistlichen Physiognomie.

Doch das sind Dinge, über die man noch kaum zu schreiben wagt.

Moderne Sonnenforschung

Von WINFRIED PETRI

Im biblischen Schöpfungsbericht werden Sonne und Mond als die beiden „großen Leuchten“ dem Heer der übrigen Sterne gegenübergestellt. Freilich wußte man schon im Altertum, daß der Mond kleiner ist als manch andere Himmelskörper. Dennoch heißt er mit Recht „groß“: *non tamen quantitate quam efficacia et virtute* — wegen seiner Wirksamkeit und Kraft. Diese Antwort des heiligen Thomas von Aquin (S. Th. p. I. qu. 70 ad V.) trifft nicht minder auch auf die Sonne zu, die von den Astronomen als „gelber Zwerg“ klassifiziert wird. Zwar bezeichnet das Wort „Zwerg“ hier nicht eine abnorme Kleinheit; es dient lediglich der Unterscheidung vom Typ der an sich recht seltenen Riesensterne. Die Stellarstatistik lehrt, daß es viel mehr schwächere Sterne gibt als solche, die die Sonne an Leuchtkraft und äußeren Abmessungen übertreffen. Immerhin muß man sagen, daß die Sonne kein besonders hervorragendes Gestirn unter den rund 100 Milliarden Sternen unseres Milchstraßensystems darstellt. Doch auch wenn sie nur ein gutes Durchschnittsexemplar ihrer Gattung ist, bleibt sie für die Erdbewohner stets das *luminare majus* (Gen. 1, 16). Sie ist nicht nur die Quelle jenes Stromes von Licht und Wärme, dem wir die Erhaltung des natürlichen Lebens auf unserm Planeten verdanken, sondern sie ist außerdem auch die hauptsächliche Quelle unseres Wissens von der Beschaffenheit eines Sterns und den mannigfachen Wirkungen, die von ihm ausgehen. Das liegt in ihrer Nähe begründet, die Einzelheiten erkennen läßt, wie man sie bei anderen selbstleuchtenden Himmelskörpern niemals wird beobachten können. Seit einem knappen Menschenalter fließt diese Quelle der Erkenntnis besonders reichlich; denn durch bedeutende Leistungen der theoretischen Physik und der Beobachtungskunst im Rahmen einer erdumspannenden internationalen Zusammenarbeit ist die Sonnenforschung eine Hauptaufgabe der Astrophysiker in aller Welt geworden. Der Aufbau eines Netzes moderner Sonnenobservatorien wurde beflügelt durch die Entdeckung der ungeahnten praktischen Bedeutung, die gewissen unsichtbaren Ausstrahlungen der Sonne zukommt. So hat sich die Lehre von den solar-terrestrischen Beziehungen —

also von dem Einfluß, den die Sonne unmittelbar auf die Erde hat — in letzter Zeit zu einem hochinteressanten Grenzgebiet zwischen Astrophysik und Geophysik entwickelt, dessen stürmischer Fortschritt noch keineswegs in ruhigere Bahnen einzulenken scheint.

Wenn im folgenden versucht wird, die Aufmerksamkeit eines großen, geistig interessierten Leserkreises auf die moderne Sonnenforschung zu lenken, so gilt es selbstverständlich nicht, eine Fülle von Zahlen oder gar mathematischen Formeln mitzuteilen, die man leicht in der einschlägigen Literatur nachlesen kann.¹ Es soll vielmehr ein möglichst abgerundetes und dem neuesten Stande der Wissenschaft entsprechendes Bild der Tatsachen und Zusammenhänge gezeichnet werden, die den Gesamtkomplex der Sonnenphysik mit Einschluß des inneren Sternaufbaus und der unsichtbaren Strahlungen mit ihrer Wirkung auf die Erde heute ausmachen. So reizvoll es gewesen wäre, die Darstellung dem historischen Gang der Forschung anzuschließen, wurde doch mit Rücksicht auf den begrenzten Raum und die anzustrebende Klarheit der rein beschreibenden Form der Vorzug gegeben.

Wir beginnen mit dem Mittelpunkt der Sonne. Dort herrscht eine Temperatur von knapp 20 Millionen Grad und ein Druck von über 100 Milliarden Atmosphären, durch den die Gasatome so stark zusammengepreßt werden, daß ihre Dichte zehnmal so hoch ist wie die des Eisens. Um zu verstehen, wie etwas, das physikalisch sinnvoll immer noch als Gas gelten kann, eine solche Dichte anzunehmen vermag, sei daran erinnert, daß alle chemischen Atome aus einem verhältnismäßig sehr kleinen Kern und einer wolkenartigen Elektronenhülle bestehen, die den allergrößten Teil ihres normalen Durchmessers ausmacht. Bei sehr starker Hitze werfen sie diese Hüllen ab, können dadurch sehr eng zusammenrücken und so als Ganzes eine hohe Dichte erreichen, wenn ein entsprechender Druck hinzukommt, der in diesem Fall durch die Last der gesamten Sonnenmasse ohne weiteres gegeben ist.

Die Energie der Sonne ist atomaren Ursprungs. Wir stellen uns vor, daß sowohl die nackten Atomkerne als die frei gewordenen Elektronen in ihrem Innern mit einer außerordentlich hohen Geschwindigkeit durcheinanderfliegen, für welche die vorhin genannte Temperatur ein statistisches Maß darstellt. Bei der hohen Dichte ereignen sich natürlich fortgesetzt Zusammenstöße, und ab und zu kommt es vor, daß ein besonders schneller Wasserstoffkern — ein sogenanntes Proton — in einen Kohlenstoffkern eindringt. Das Ergebnis ist eine Art Stickstoff und ein Elementarquant der aus irdischen Atomexperimenten unangenehm bekannten Gammastrahlung. Der Stickstoff zerfällt alsbald unter Aussendung eines Positrons — das ist ein

¹ *M. Waldmeier*, Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung, Leipzig 1941; *Newcomb-Engelmann*, Populäre Astronomie, 8. Aufl., Leipzig 1948; *M. Waldmeier*, Einführung in die Astrophysik, Basel 1948; *W. Becker*, Sterne und Sternsysteme, 2. Aufl., Dresden und Leipzig 1950; *H. Siedentopf*, Grundriß der Astrophysik, Stuttgart 1950. Außerdem zur Vertiefung und notwendigen Ergänzung die Zweimonatsschrift über die Fortschritte der Astronomie: „Sternenwelt“, hrsg. v. Prof. Dr. *E. Schoenberg* im Manz-Verlag, Abt. Sternenwelt, München 27, Sternwartstr. 23.

positives Elektron — in einen radioaktiven Kohlenstoffkern, nimmt noch zweimal ein Proton auf, wobei jedesmal wieder Gammastrahlung frei wird und als Zwischenprodukte gewöhnlicher Stickstoff und radioaktiver Sauerstoff entstehen. Dieser sendet wiederum ein Positron aus, wodurch er zu einer Art überschweren Stickstoffs wird, der sich schließlich unter Aufnahme noch eines Wasserstoffkerns in einen Heliumkern und einen Kohlenstoffkern der gleichen Art spaltet, wie der war, mit dem dieser Prozeß begonnen hat. Aufs Ganze gesehen, wird der Kohlenstoff also überhaupt nicht verbraucht; er muß nur da sein, um den Zyklus der Kernreaktionen zu ermöglichen. Seine Rolle entspricht genau der eines Katalysators in der Chemie. Die bleibende Veränderung besteht darin, daß aus vier Wasserstoffkernen jeweils ein Heliumkern entsteht und dabei eine gewisse Energiemenge ausgestrahlt wird. Vergleicht man die Masse eines Heliumkerns mit jener von vier Protonen, so stellt sich heraus, daß 0,7 % der beteiligten Massen „verschwunden“, das heißt als Strahlung abgegeben worden sind. Der Verlust, den die Sonne auf diese Weise ständig erleidet, beträgt vier Millionen Tonnen pro Sekunde. Dennoch hat sie, wenn man überschläglich ein Mindestalter von zwei Milliarden Jahren und konstante Leuchtkraft annimmt, bisher nur 2 % ihrer Masse in Helium verwandelt.

Der geschilderte Energieprozeß ist überaus temperaturempfindlich. Bei geringer Zunahme der Wärme arbeitet er sehr viel wirksamer, bei geringer Abnahme kommt er alsbald zum Stillstand. Das hat zur Folge, daß die Energieerzeugung der Sonne in ihrem tiefen Innern konzentriert ist und daß sich dieses Gebiet im Zustand ständiger Durchmischung befindet, durch die seine Temperatur überall nahezu auf der gleichen Höhe gehalten wird. Nach außen hin, wo es endgültig kühler wird, setzt der Wasserstoff-Helium-Zyklus ziemlich plötzlich aus. Alle äußeren Schichten der Sonne tragen nichts mehr zur Erzeugung der Energie bei, sondern dienen lediglich ihrem Transport nach außen, den man im wesentlichen als eine schier endlose Folge von Absorption und Re-Emission — also von Verschlucken und Wiederaussenden der Strahlung durch die Materie — ansehen kann. Und so, wie manche Stoffe bei Bestrahlung mit kurzwelligem ultraviolettem Licht im sichtbaren, langwelligen Licht aufleuchten, so ist auch der Strahlungstransport der Energie mit einer allmählichen Zunahme der Wellenlänge verbunden, die von der extrem harten Gammastrahlung des Kerns bis zum sichtbaren Spektrum, entsprechend einer effektiven Temperatur von weniger als 6000°, über reichlich sechs Zehnerpotenzen sich erstreckt. Natürlich bleibt der Gesamtbetrag der in der Zeiteinheit nach außen fließenden Energie trotz dieser Degeneration erhalten. Andernfalls gäbe es Stauungen und schließlich Explosionen.

In der Tat kommt es vor, daß ein Stern plötzlich unter millionenfacher Zunahme seiner Leuchtkraft einen Teil seiner Substanz in den Weltraum hinausgeschleudert. Es gibt sogar Fälle, wo sich diese Erscheinung nach einiger Zeit wiederholt. In harmloserer Form zeigt sich eine periodisch abklin-

gende Energiestauung bei den pulsierenden Sternen, deren Atmosphäre sich in regelmäßigen Schwingungen ausdehnt und wieder zusammenzieht. Vielleicht weist auch die Sonne eine solche, allerdings äußerst schwache, Pulsation auf. Ernstliche „Betriebsstörungen“ sind bei ihr aber nicht zu befürchten, weil durch Konvektionsströmungen stets für einen genügenden Ausgleich gesorgt wird. Wenn nämlich das Temperaturgefälle einen gewissen kritischen Wert übersteigt, so daß der Energietransport durch Strahlungsaustausch nicht mehr ausreicht, setzt ein zusätzlicher Mechanismus ein, um die Energie nach außen abzuführen. Dieser Fall ist uns schon im Zentralgebiet der Sonne begegnet, wo die starke Wärmeempfindlichkeit der Kernreaktionen eine innige Durchmischung heißerer und kühlerer Gasmassen herbeiführt.

Der gleiche Zustand thermischer Konvektion tritt noch einmal in einer Schicht der Sonne auf, die vielleicht nur 700 Kilometer stark ist und sich unmittelbar unter der sichtbaren Oberfläche befindet. Hier ist nämlich bei einer Temperatur von 20000 bis 7000° der Wasserstoff, der den Hauptbestandteil der Sonnenmaterie ausmacht, im Begriff, seine aus einem einzigen Elektron bestehende Hülle wieder anzulegen, wobei der zur Abtrennung dieses Elektrons vorher erforderliche Energiebetrag wieder frei wird. Dadurch erreicht das kritische Temperaturgefälle einen besonders geringen Wert, das Strahlungsgleichgewicht kommt in Unordnung, und es entsteht eine instabile Zone, aus der ständig heiße Gasballen bis in den von außen sichtbaren Teil der Sonne aufsteigen, der „Photosphäre“ heißt, weil aus ihm das Licht unmittelbar ins Freie tritt. Die Gasballen sind so groß, daß sie im Fernrohr eben noch als schnell veränderliche feine Körnung der Sonnenscheibe erkennbar sind. Man spricht daher von Granulation. Die Wirkung der Wasserstoffkonvektionszone geht aber noch weiter, indem — grob gesprochen — aus jedem Körnchen ein spitzes Flämmchen, aus jedem *granulum* ein *spiculum*, herausschlägt, das der äußeren Sonnenatmosphäre von der Seite her das Aussehen einer brennenden Graswiese gibt.

Somit wären wir auf unserm Gedankenflug vom Mittelpunkt der Sonne nach außen bei den optisch sichtbaren Erscheinungen angelangt. Schon wenn man mit einem kleinen, gewöhnlichen Fernrohr das vergrößerte Sonnenbild auf eine weiße Fläche entwirft, fallen zwei Dinge auf. Das eine sind die Sonnenflecken, das andere ist die Randverdunklung, die sich darin äußert, daß der mittlere Teil des Sonnenbildchens merklich heller ist als die äußeren Partien. Dieser Effekt ist um so stärker, je kurzwelliger das Licht für die Beobachtung gewählt wird. Er hat folgende Ursache. Die Sonne als frei gravitierende Gaskugel besitzt keine streng abgegrenzte Oberfläche. Wir sehen daher ein gewisses Stück in sie hinein. Dies ist zwar bei der Entfernung von 150 Millionen Kilometern so klein, daß der Sonnenrand außerhalb von Finsternissen auch in den größten Fernrohren noch eben vollkommen scharf erscheint; es genügt aber, um dort, wo der Blick am weitesten einzudringen vermag — das ist in der Mitte der Sonnenscheibe — hei-

ßere und damit „blauere“ Schichten hervorleuchten zu lassen. Da der Energiestrom vorzugsweise radial nach außen gerichtet ist, kann man verstehen, daß auch im unzerlegten Licht die senkrecht austretenden Strahlen der Mitte die streifenden des Randes an Glanz übertreffen.

Sonnenflecken wurden gelegentlich schon von den alten Chinesen und im frühen Mittelalter mit dem bloßen Auge festgestellt. Bald nach der Erfindung des Fernrohrs häufte sich ihre Entdeckung, an der in den Jahren 1610 und 1611 außer Galilei und dem Engländer Harriot der Sohn eines friesischen Pfarrers und Astronomen, Johann Fabricius, und vor allem der gelehrte Jesuitenpater Christoph Scheiner beteiligt war, der durch sein 1630 erschienenenes großes Werk „*Rosa Ursina*“ über die Sonnenflecken bleibenden Ruhm erlangt hat. Die tägliche Beobachtung der Flecken beantwortete sogleich die Frage nach der Umdrehung der Sonne um ihre eigene Achse. Überraschenderweise stellte sich heraus, daß sie nicht als starre Kugel, sondern am Äquator schneller als in höheren Breiten rotiert. Dieses Ergebnis wurde durch spektroskopische Messungen bestätigt. Der Unterschied beträgt bei rund 25 Tagen in 0° und 34 Tagen in 80° mehr als eine Woche. Es scheint auch, daß die Höhe in der Sonnenatmosphäre mit der Rotationsgeschwindigkeit verknüpft ist. Eine allseitig anerkannte theoretische Erklärung dieser Phänomene steht noch aus.

Ebenso unbefriedigend ist der Stand unseres Wissens über das Zustandekommen der Sonnenflecken selbst, obwohl ein Jahrhunderte altes Beobachtungsmaterial vorliegt, das seit der Mitte des 19. Jahrhunderts von der Eidgenössischen Sternwarte in Zürich zentral verfolgt wird. Man weiß seit langem, daß die Sonnenfleckentätigkeit sich während einer etwa elfjährigen Periode von mittleren Breiten bis in Äquatornähe verlagert und dabei ein Maximum durchläuft. Die Flecken sind Gebiete geringerer Temperatur — daher erscheinen sie dunkel — und bestehen aus gewaltigen materiellen und elektrischen Wirbeln, die mit starken Magnetfeldern verknüpft sind. Sie treten gern in Gruppen oder paarweise auf, wobei der vorangehende Fleck magnetisch umgekehrt gepolt ist wie der nachfolgende. Dieses Verhältnis schlägt nach elf Jahren in sein Gegenteil um und ist auf der Südhälfte stets umgekehrt zu der nördlichen Hemisphäre der Sonne. Wenn also in einem bestimmten Zyklus im Norden stets ein nordpolarer Fleck vorangeht, tut dies im Süden ein südpolarer; im nächsten Zyklus aber geht im Norden ein südpolarer und im Süden ein nordpolarer Fleck voran. Man muß daher eigentlich von einer 22jährigen Fleckenperiode sprechen. Eine Erklärung des Fleckenphänomens kann an dieser seltsamen Tatsache nicht vorbeigehen und erfordert kühne Annahmen über Strömungen und Wirbel in tieferen Schichten der Sonne, über die unser Wissen erst am Anfang steht und die mit dem vorhin gestreiften Problem der Sonnenrotation eng zusammenhängen. Wir verlassen daher dieses heikle Gebiet und wenden uns anderen Erscheinungen der sichtbaren Sonnenoberfläche zu.

Wenn man mit Hilfe eines sinnreichen Apparates, des sogenannten Spektroheliostops, die Sonne im Lichte der roten Spektrallinie des glühenden Wasserstoffs betrachtet, treten allerhand dunkle Gebilde hervor. Wegen ihrer langgestreckten Form heißen sie Filamente oder, wenn sie am Sonnenrande leuchtend über die Scheibe hinausragen, Protuberanzen. Es sind, kurz gesagt, Gaswolken, die — teils schnell veränderlich, teils langlebig — der Photosphäre entwachsen und auf starke Strömungen und eigenartige Magnetfelder schließen lassen. Oft kommt es vor, daß ganze Ströme materiellen Gases die Sonne auf Nimmerwiedersehen verlassen und in den Raum eilen. Solche Teilchen- oder Korpuskularströme sind eine normale Begleiterscheinung aktiver Fleckengruppen, aber durchaus nicht an diese gebunden. Zu besonderer Stärke und Geschwindigkeit wachsen sie an, wenn eine Eruption auftritt. Das ist ein Gasausbruch auf der Sonne, der mit intensiver Ultraviolettstrahlung verknüpft ist und auf der Erde beträchtliche Störungen im Funkverkehr hervorruft. Es ist sogar schon vorgekommen, daß man eine Eruption als hellen Fleck im unzerlegten Licht auf der Sonne gesehen hat. Heute werden zu ihrer Feststellung mit Vorliebe Radiogeräte eingesetzt, die sogar mit Alarmglocken für den beobachtenden Astronomen versehen wurden. Was man sonst an hellen Flecken auf der Sonnenscheibe sehen kann, sind Gebiete erhöhter Temperatur, die vorzugsweise in Fleckenumgebung auftreten und — je nachdem — chromosphärische oder photosphärische Fackeln genannt werden.

Über die chemische Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre sind wir heute durch die Spektralanalyse wohl unterrichtet. Schon im vorigen Jahrhundert konnte man von vielen chemischen Elementen sagen, daß sie auf der Sonne vorkommen müssen, weil man ihre Absorptionslinien im hinreichend fein zerlegten Sonnenlicht festgestellt hatte. Die wichtigsten dieser Gebilde sind nach ihrem Entdecker als „Fraunhofer-Linien“ bekannt. Allerdings sind erst seit rund 20 Jahren verlässliche Angaben über die Häufigkeit der Elemente, also die quantitative Zusammensetzung der äußeren Schichten der Sonne, gelungen. Wir sagen ausdrücklich: der äußeren Schichten; denn für das Innere sind wir nach wie vor auf Mutmaßungen angewiesen. Seitdem man nämlich auch die Spektren einiger fremder Fixsterne näher analysiert hat und dabei eine überraschende Gleichförmigkeit der chemischen Zusammensetzung feststellen mußte, ist man mißtrauisch geworden gegenüber jenem naiven Optimismus, der die Elementverteilung in der Atmosphäre für den gesamten Stern als repräsentativ ansehen wollte. Da ja die Sterne ihre Energie aus Atomkernreaktionen beziehen und dabei eine Umwandlung chemischer Elemente stattfindet — es gibt außer dem Wasserstoff-Helium-Zyklus noch andere Möglichkeiten! —, möchte man im Inneren der Sterne je nach ihrem Alter und Entwicklungsgang größere Unterschiede erwarten. Immerhin kann man aber mit einiger Vorsicht sagen, daß die Sonne und die meisten Sterne wenigstens zur Hälfte ihrer Masse aus Wasserstoff und zu etwa 40 Prozent aus Helium bestehen. Unter den

übrigen Elementen nehmen Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Neon eine dominierende Stellung ein, während sonst nur noch Magnesium, Sili-
cium und vor allem Eisen in nennenswerter Menge vorkommen. Auf der
Erde unbekannte Elemente hat man im Kosmos nirgends gefunden.

Die Beobachtung der äußeren Teile der Sonnenatmosphäre bereitet we-
gen ihrer relativen Lichtschwäche große Schwierigkeiten, so daß man auf
Finsternisse oder besondere Hilfsmittel angewiesen ist. Wenn der Mond
bei einer Finsternis die Sonnenscheibe bis auf eine sehr schmale Rand-
sichel abdeckt, treten für kurze Augenblicke die normalerweise dunkel auf
hellem Untergrunde erscheinenden Fraunhofer-Linien leuchtend hervor.
Dieser schmale Lichtsaum entstammt der der Photosphäre unmittelbar auf-
liegenden „Chromosphäre“. In ihr sind die Spicula, Protuberanzen und
chromosphärischen Fackeln zu Hause, von denen vorhin die Rede war. Sie
ist ein Gebiet der Unruhe und des Überganges zur alleräußersten Schicht
der Sonnenatmosphäre. Wenn nämlich die Finsternis ihre Totalität erreicht
hat, so ist die Sonne damit keineswegs vom Himmel verschwunden, sondern
zeigt in eigentümlicher Schönheit eine zarte, mitunter von bandartigen
Strukturen durchzogene Strahlenkrone: die Korona. Seit 20 Jahren ist es
gelingen, diese Erscheinung auch außerhalb der Finsternisse zu beobachten,
indem man die direkten Sonnenstrahlen in einem besonders konstruierten
Fernrohr mittels eines „künstlichen Mondes“ dem Auge fernhält. Um da-
bei den störenden Einfluß des erdatmosphärischen Streulichtes möglichst zu
mindern, errichtet man solche Spezialobservatorien auf Bergen. Bis jetzt
gibt es auf der Erde sieben Koronographenstationen, von denen sich die
ersten und bekanntesten auf dem Pic du Midi in den französischen Pyrenäen,
auf dem Tschuggen bei Arosa in der Schweiz und auf dem Wendelstein in
Oberbayern befinden. Ein eindrucksvolles und lehrreiches Nebenprodukt
ihrer Arbeit sind Protuberanzenfilme, die die Entwicklung leuchtender Gas-
massen am Sonnenrande im Zeitrafferverfahren kinematographisch dar-
stellen.

Das Erstaunlichste, was von der Korona zu berichten ist, ist ihre hohe
Temperatur von fast einer Million Grad, für die es mehrere unabhängige
Beweise gibt. So wird zum Beispiel die stärkste helle Spektrallinie der Ko-
rona durch Eisenatome erzeugt, welche die Hälfte ihrer insgesamt 26 Hüllen-
elektronen infolge der durch die Hitze sehr heftigen Stöße der freien Elek-
tronen eingebüßt haben. Andererseits streuen diese an keine Atome gebun-
denen Elektronen das von der Photosphäre kommende Licht so, daß man
aus der Abnahme dieses gestreuten Lichtes nach außen auf die Abnahme
der Dichte in der Korona zahlenmäßige Schlüsse ziehen kann. Dabei stellt
sich eine neue Merkwürdigkeit heraus. Die Dichte nimmt viel langsamer ab,
als man erwarten möchte. Selbst eine Temperatur von 1000000° reicht
noch nicht ganz aus, um diesen Befund zu erklären. Hier müssen noch an-
dere Kräfte am Werke sein; wahrscheinlich sind es dieselben, die über-
haupt für das Zustandekommen und die Aufrechterhaltung des Korona-

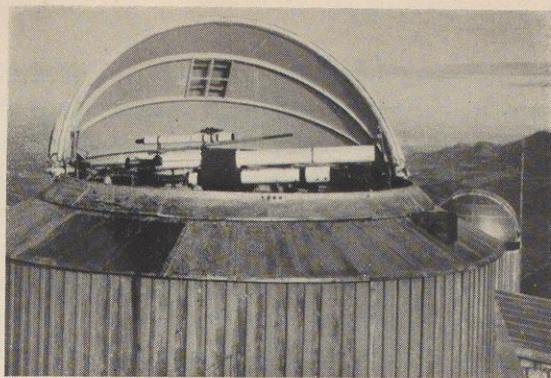


Abb. 1: Der Koronograph des Wendelstein-Observatoriums. Rechts hinten die Kuppel der Spektroheliographenanlage

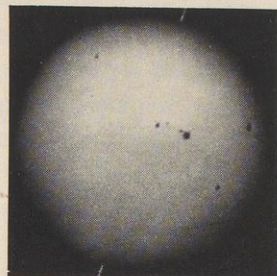
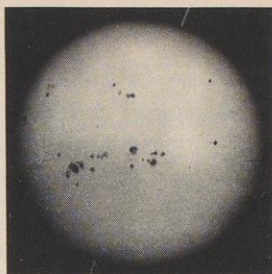


Abb. 3: Die Sonne im gewöhnlichen Licht

Oben:
Starke Fleckentätigkeit
am 10. Mai 1948

Unten:
Geringe Fleckentätigkeit
am 27. Mai 1950

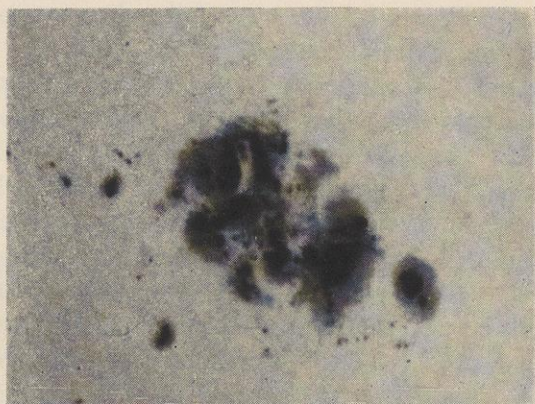


Abb. 2: Große Sonnenfleckengruppe am 18. Mai 1951

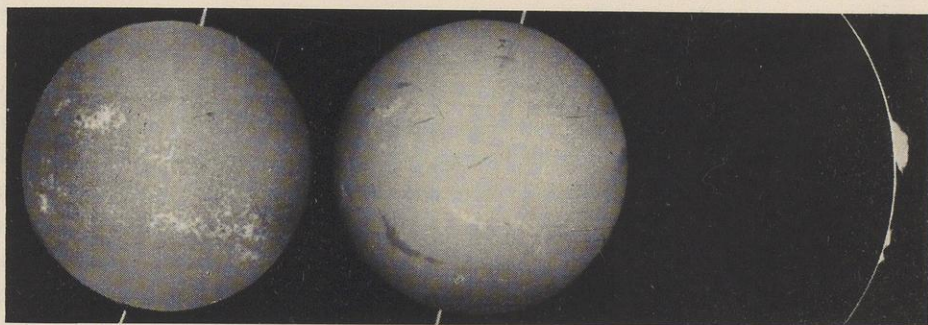


Abb. 4: Die Sonne im einfarbigen Licht. Links: Kalzium-Spektroheliogramm mit leuchtenden Gaswolken am 16. März 1950. Mitte: Wasserstoff-Spektroheliogramm einen Tag später mit großem Filament. Rechts: Koronographische Aufnahme einer Protuberanz am Sonnenrande

Phänomens verantwortlich sind. Dabei dürften ähnlich wie bei den Sonnenflecken elektromagnetisch-hydrodynamische Einflüsse aus dem Innern der Sonne heraus eine im einzelnen noch nicht klar durchschaubare Rolle spielen. Ihnen gegenüber sind die Energiezufuhr und der Materie-Zuwachs von außen, durch die im Schwerefeld der Sonne einfallende und von ihr auf dem Wege durch das Milchstraßensystem aufgelegte meteoritische und interstellare Materie, gering zu veranschlagen. Allerdings sind die Meinungen über diesen Punkt noch geteilt. Wir halten bei der Gelegenheit aber fest: Der Raum zwischen den Sternen ist durchaus nicht leer, sondern von einer ziemlich unregelmäßig verteilten, teils staub-, teils gasförmigen Substanz erfüllt, die mit den Atmosphären der Sterne in ständigem Austausch steht. Wann ein bestimmter Stern und wann das interstellare Medium dabei der gewinnende Teil ist, läßt sich einstweilen noch schwer sagen. Hier eröffnet sich ein Forschungsgebiet, von dem man noch vor wenigen Jahren kaum etwas geahnt hat.

Nachdem unser Überblick bis an die letzten Ausläufer der Sonnenatmosphäre geführt hat, dorthin, wo die Grenze zum interplanetaren Gebiet zu verschwimmen beginnt, wollen wir zum Schluß noch kurz die unsichtbaren Sonnenstrahlen und ihre Wirkung auf die Erde behandeln, wobei die Lückenhaftigkeit und Problematik unseres Wissens auf diesem kaum erst durch Pionierarbeit erschlossenen Sektor der kosmischen Physik von vornherein gebührend betont sei. Man muß bei der Sonne unterscheiden zwischen elektromagnetischer Wellenstrahlung — also Licht im weitesten Sinne — und Korpuskularstrahlung. Erstere zerfällt in das sichtbare Spektrum mit den angrenzenden Bereichen des Ultrarot und nahen Ultraviolett, sodann in kurzwelliges Ultraviolett und Röntgenstrahlung. Auf der anderen Seite der Wellenskala spielt die von der Sonne ausgehende Radiokurzwellenstrahlung eine immer wichtigere Rolle. Bei der Korpuskularstrahlung handelt es sich vorwiegend um Wasserstoffteilchen, die teils mit „nur“ 500 bis 2000 Kilometer in der Sekunde, teils aber auch fast mit Lichtgeschwindigkeit dahineilen. Während die normale Licht- und Wärmestrahlung der Sonne kaum merkliche Schwankungen in geschichtlicher Zeit erfahren hat, unterliegt die unsichtbare Strahlung großen Veränderungen, deren Dauer vom elfjährigen Rhythmus des Fleckenzyklus bis zu wenigen Minuten und sogar Sekunden variieren kann. Da die verschiedenen Erscheinungen oft zeitlich und örtlich zusammenfallen und auch ursächlich miteinander verbunden sind, ist es schwer, die einzelnen Einflüsse zu trennen, und man spricht gern von „Sonnenaktivität“ ganz allgemein, um einen gestörten oder angeregten Zustand auf unserm Tagesgestirn zu kennzeichnen.

Hinsichtlich meteorologischer und biologischer Vorgänge ist die Wirkung des elfjährigen Zyklus am deutlichsten. Die Statistiker haben hier ein reiches Betätigungsfeld gefunden und mehr oder weniger überzeugend den Einfluß der Sonnenaktivität auf die Breite der Jahresringe der Bäume, auf Niederschlagsmengen und Gewitterzahlen, ja sogar auf die Warenpreise und

die Häufigkeit der Heiraten in einzelnen Ländern nachgewiesen. An speziellen Auswirkungen der Sonnentätigkeit auf irdische Vorgänge sind mit verfeinerten physikalischen Mitteln vornehmlich Veränderungen im elektrischen Zustand der Hochatmosphäre und Anomalien des Magnetfeldes an der Erdoberfläche bekannt geworden, die durch die langsamen Korpuskeln der Filamente und Koronastrahlen hervorgerufen werden und in hohen Breiten als Polarlichter sichtbar in Erscheinung treten. Besonders starke Nordlichter und magnetische Stürme werden durch die etwas schneller, mit rund 1600 Kilometer pro Sekunde reisende Partikelstrahlung chromosphärischer Eruptionen erzeugt. Diese Eruptionen sind auch sonst sehr wirksam. So senden sie eine sehr intensive ultraviolette Strahlung aus, die zu ausgedehnten Störungen des Funkverkehrs auf der Erde Anlaß gibt, während die verhältnismäßig schwache Strahlung der Fackeln und der Korona in diesem Bereich für den Aufbau und die kleineren Veränderungen jener Schichten der Ionosphäre verantwortlich ist, deren Wirkung heute jedermann aus dem Unterschied zwischen Tag- und Nachtempfang im Rundfunk bekannt ist. Die Röntgenstrahlung der Sonne, von der man noch wenig weiß, stellt sich der kurzzeitig ultravioletten Emission etwa an die Seite. Beide werden von der Lufthülle der Erde aufgefangen und treten daher für den Menschen nur mittelbar in Erscheinung.

Ein besonders aufregendes Kapitel bildet für den Physiker die kosmische oder Ultrastrahlung, zu der auch die Sonne ihren Anteil beisteuert. Durch schnell veränderliche Magnetfelder können elektrisch geladene Teilchen unter Umständen so hohe Beschleunigungen erfahren, daß ihre Energie nach Milliarden Elektronenvolt zu beziffern ist und sie eine Geschwindigkeit erhalten, die der — grundsätzlich unerreichbaren — Lichtgeschwindigkeit sehr nahe kommt. Wenn sie auf die Erde treffen, verursachen sie ganze Kaskaden und Schauer von subatomaren Reaktionen, die sich aber zumeist bereits in hohen Luftschichten abspielen und wegen ihrer geringen räumlichen Dichte keine unmittelbar erkennbare Wirkung zeitigen. Immerhin ist es nicht ausgeschlossen, daß die Ultrastrahlung durch Kerntreffer in den Chromosomen mitunter spontane biologische Mutationen zur Folge hat.

Die Radiokurzwellenstrahlung der Sonne verdankt ihre Entdeckung dem bedeutenden Aufschwung, den die Technik des gerichteten Sendens und Empfangens kurzer Wellen im letzten Kriege genommen hat. Vorher hatte niemand an sie gedacht, obwohl die Theoretiker nachträglich um ihre Erklärung nicht verlegen waren, wobei freie Elektronen und hohe Temperaturen in verdünnten Gasen eine gebührende Rolle spielen. Jedenfalls ist es eine unbestreitbare Tatsache, daß aus dem Weltall und insbesondere von der Sonne eine nach Zusammensetzung und Stärke mannigfach wechselnde Strahlung im Gebiete der Meter- und Zentimeterwellen auf die Erde einfällt. Über andere Radiofrequenzen läßt sich wegen der Undurchlässigkeit der Erdatmosphäre für diese Bereiche noch nichts genaues sagen; hier werden erst systematische Messungen mit Höhenraketen Abhilfe schaffen.

Aber auch so ist die Funktechnik schon ein wertvolles Hilfsmittel der Astrophysik geworden; denn sie ermöglicht die Überwachung der Sonne bei bedecktem Himmel und liefert in Bestätigung und Ergänzung der optischen und geophysikalischen Befunde eine Fülle von belehrendem Material gerade über das Grenzgebiet zwischen Chromosphäre und Korona, dem heute das Interesse vieler Fachleute in der ganzen Welt gilt. Hier sind mit der Verbesserung der Apparaturen noch bedeutende Entdeckungen zu erwarten. Mitunter erreicht die Sonnenstrahlung im Meterwellengebiet sogar Werte, die oberhalb der physiologischen Reizschwelle der Sinnesorgane liegen. Es scheint daher nicht abwegig, hier die Quelle mancher biologischer Wirkungen zu suchen.

Wie die Sonne als leuchtender Himmelskörper nur einer unter vielen ist und von zahlreichen Sternen an absoluter Helligkeit weit übertroffen wird, so muß man auch annehmen, daß es besondere „Radio-Sterne“ gibt, die im Verein mit angeregten Gebieten des interstellaren Mediums eine besonders vernehmliche Stimme im Ätherkonzert des Universums erschallen lassen. Wer dünkte da nicht an das Dichterwort:

„Die Sonne tönt nach alter Weise
In Brudersphären Wettgesang,
Und ihre vorgeschriebne Reise
Vollendet sie mit Donnergang ...“,

das heute im Kopfhörer oder Lautsprecher des RADAR-Gerätes zur Tatsache geworden ist! Zugleich vergegenwärtigen wir uns die Fülle wissenschaftlicher Erkenntnis und oft ganz überraschender Tatsachen und Zusammenhänge, die die moderne Sonnenforschung uns in wenigen Lustren erschlossen hat. Wir denken an das wunderbare Ineinandergreifen der Kräfte, an die vielen ungelösten Fragen und verneigen uns in Ehrfurcht vor der Allmacht des Schöpfers, indem wir das Zitat zu Ende führen:

„... Ihr Anblick gibt den Engeln Stärke,
Wenn keiner sie ergründen mag;
Die unbegreiflich hohen Werke
Sind herrlich, wie am ersten Tag.“

Am blauen Strom Sibiriens

Von NIKOLAUS GURJEW

(Schluß)

In den Jahren 1929/30 durchforschten an die hundert verschiedene Expeditionen die nordöstliche Taigá. Die geologische Forschung stand unter der Gesamtleitung von Akademieprofessor Obrútschow, Professor Lewinson-Lessing und Professor Másslow. Außerdem waren noch magnetologische und topographische Expeditionen unterwegs. In dem Teil des Angará-Gebietes, in dem ich mich damals befand, hatte die Leitung einer geologischen Expedition Dr. Tschernów und die Doktorin der Geologie Suslówa.