Ein Elementarteilchen, das in den letzten Jahren das Interesse besonders auf sich gelenkt hat, ist das «Meson», ein Teilchen, dessen Masse zwischen der Elektronen- und der Protonenmasse liegt. Schon vor seiner Entdeckung in der kosmischen Strahlung (NEDDERMEYER und ANDERSON 1937) wurde die Existenz eines solchen Teilchens von YUKAWA (1935) vermutet, und zwar auf Grund von Spekulationen über den Ursprung der Kernkräfte, d. h. der Kräfte, welche die Protonen und Neutronen in den Atomkernen aneinander binden. Die Eigenschaften dieser Kräfte kennt man aus der wellenmechanischen Diskussion der kernphysikalischen Phänomene (Arbeiten von HEISENBERG und anderen, seit 1932). Nun stellt sich die Frage, ob die Kernkräfte als Wirkungen eines Feldes verstanden werden können, ähnlich wie die elektromagnetischen Kräfte als Wirkungen des Maxwell-Feldes. Jenem hypothetischen Felde müssen gewisse Elementarteilchen entsprechen (analog den Lichtquanten, gleichfalls mit ganzzahligem Spin); die Ruhmasse dieser Partikeln, welche die Reichweite der Kernkräfte bestimmt, muss in derselben Grössenordnung angenommen werden wie die Ruhmasse der Höhenstrahlmesonen; es liegt daher nahe, das die Kernkräfte vermittelnde Feld als ein Mesonfeld zu interpretieren. Für diese Auffassung spricht auch der beobachtete β-Zerfall der Mesonen; man kann nun nämlich (nach YUKAWA) den β-Zerfall radioaktiver Atomkerne als einen β-Zerfall der in ihnen enthaltenen Mesonen deuten; aus der gemessenen mittleren Lebensdauer des freien Mesons ($\sim 2 \cdot 10^{-6}$ sec im Ruhsystem) folgt dann für die Lebensdauer der β-aktiven Substanzen eine Grössenordnung, die im grossen und ganzen mit den Erfahrungsdaten in Einklang steht. In den Einzelheiten ist aber diese Mesontheorie der Kernkräfte noch sehr hypothetisch, namentlich wo Selbstenergieprobleme, ähnlich denen der Quanten-Elektrodynamik, hineinspielen.

In ihren letzten Entwicklungsphasen hat also die Quantentheorie — unter dem Zwang relativistischer Forderungen — zu neuartigen Fragestellungen geführt, für deren Beantwortung quantentheoretische und relativistische Gedankengänge allein vermutlich nicht ausreichen werden.

Astronomie

Von

W. BRUNNER

(Mit 2 Abbildungen im Text)

Die Teilnahme Zürichs an den Fortschritten der Astronomie in den letzten fünfzig Jahren beschränkt sich fast ausschliesslich auf das Gebiet der Sonnenforschung. Das ist bedingt durch die Notwendigkeit der Fortführung und die Wünschbarkeit der Erweiterung der um die Mitte des vorigen Jahr-

hunderts vom Zürcher RUDOLF WOLF in Bern begonnenen und von 1855 bis 1893 in Zürich fortgesetzten Arbeiten auf diesem Gebiet.

Die Sonne ist ein riesiger strahlender Gasball. Die Strahlung, in der wir sie als helle blendende Scheibe sehen, entstammt einer Schicht von nur 400—500 km Tiefe, der Photosphäre. Die Strecke von 400 km sehen wir von der Erde aus unter einem Sehwinkel von einer halben Sekunde. Dieser kleine Winkel erklärt den scheinbar scharfen Rand der Sonnenscheibe. Die Erscheinungen der Photosphäre der Sonne sind: ihre rasch veränderliche Feinstruktur (Granulation), die kleinen und grossen Gruppen von dunkeln Flecken mit einer Lebensdauer von wenigen Tagen bis vielen Monaten und die Gruppen heller Lichtadern (Fackeln), die nur in den Randgebieten deutlich zu sehen sind. Wahrnehmungen bei Sonnenfinsternissen zeigen, dass über der Photosphäre weitere, weniger dichte und durchsichtigere strahlende Gasschichten vorhanden sind, nämlich die Chromosphäre, als rosaroter Saum von etwa 15″ = 12 000 km Höhe um die verfinsterte Sonne sichtbar, und, als ausgedehnte äusserste Atmosphäre, die Korona, mit ihrem silbergrauen Licht und ihrer strahligen Struktur. Als bei der totalen Sonnenfinsternis von 1868 zum erstenmal mit Telespektroskopen die Chromosphäre beobachtet wurde, zeigte sich ein Spektrum von hellen Emissionslinien. Die Erfahrungen bei dieser ersten Beobachtung des Chromosphärenspektrums, besonders die auffallend grosse Helligkeit einiger Linien, namentlich der roten Wasserstofflinie Hα, führten zu einer bequemen Methode der monochromatischen Beobachtung der Chromosphäre und der Protuberanzen am Sonnenrand mit Fernrohr und Spektroskopen von grosser Dispersion, bei weitgeöffnetem Spalt, unabhängig von Sonnenfinsternissen. In den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts konstruierte G. E. HALE und unabhängig von ihm H. DESLANDRE eine Apparatur, den Spektroheliographen, mit dem sie die Erscheinungen in der Chromosphäre nicht nur am Sonnenrand, sondern auch über der Photosphäre monochromatisch im Licht der auffallendsten Linie *H* und *K* des ionisierten Kalziums des Sonnenspektrums photographieren konnten. Heute ist es möglich, solche Aufnahmen — man nennt sie Spektroheliogramme — in der Strahlung von 34 Linien von zehn Elementen im Spektralbereich 3720—10 938 Å zu erhalten. Erst dreissig Jahre später, nach seinem Rücktritt von der Leitung der Mount-Wilson-Sternwarte, gelang es HALE, noch eine Apparatur zu konstruieren, das Spektrohelioskop, mit der die Erscheinungen in der Chromosphäre der Sonne auch visuell bequem monochromatisch beobachtet werden können. Trotz vielen Versuchen blieb bis vor fünfzehn Jahren die Beobachtung der Sonnenkorona, ähnlich wie früher diejenige der Chromosphäre, auf die wenigen Minuten der Dauer einer totalen Sonnenfinsternis beschränkt. Es war deswegen ein epochemachendes Ereignis für die Sonnenforschung, als anfangs der dreissiger Jahre ein junger Franzose, BERNHARD LYOT, den Koronographen erfand, mit dem es möglich ist, die Korona visuell, photographisch und spektroskopisch jederzeit unabhängig von Sonnenfinsternissen zu beobachten.

Nach dieser kleinen, für das Verständnis der nachfolgenden Ausführungen nötigen Übersicht über die verschiedenen, der Beobachtung zugänglichen äusseren Schichten des Sonnenballs, komme ich zum eigentlichen Gegenstand dieses Berichtes und möchte zeigen, was in der Zeit von RUDOLF WOLF bis zur Gegenwart in Zürich zum Fortschritt der Astronomie auf dem Gebiet der Sonnenforschung beigetragen wurde.

Grosse Fleckengruppen, welche WOLF Ende 1847 fast zufällig auf der Sonne wahrnahm, weckten sein Interesse für diese von ihm und überhaupt von den Astronomen bisher wenig beachteten Erscheinung. Schon vorher, 1843, machte ein Liebhaberastronom, HCH. SCHWABE, auf Grund einer 1826 begonnenen Beobachtungsreihe die Mitteilung, dass in der Häufigkeit der Sonnenflecken eine Periode von etwa zehn Jahren angedeutet sei. Diese Mitteilung erweckte zuerst nur bei wenigen wirkliches Interesse. Das wurde anders, als fast gleichzeitig und unabhängig voneinander der Engländer ED. SABINE und die Schweizer RUDOLF WOLF und ALFRED GAUTIER entdeckten, dass die Reihe der jährlichen Fleckengruppenzahlen von SCHWABE einen parallelen Gang zeigten mit den Variationen der erdmagnetischen Elemente. WOLF war sich sofort klar, dass diese Entdeckung der von SCHWABE aus einer kurzen Beobachtungsreihe erkannten Periodizität der Fleckentätigkeit der Sonne erhöhte Bedeutung verlieh und dass es von grösster Wichtigkeit war, möglichst bald ihre Realität und die Dauer ihrer Periode aus einem sich über einen grösseren Zeitabschnitt erstreckenden Beobachtungsmaterial zu erschliessen. Es gelang ihm bald, in den ihm zugänglichen Bibliotheken genügend ältere Sonnenbeobachtungen zu sammeln, um noch im gleichen Jahre (1852) mit ordentlicher Sicherheit mehrere Maxima- und Minimaepochen und aus ihnen den mittleren Wert von 11,1 Jahren für die Dauer der Periode zu ermitteln.

Die Bedeutung dieser ersten Arbeit WOLF's auf dem Gebiete der Sonnenforschung wurde rasch anerkannt. Sie hatte zur Folge, dass den bisher wenig ausdauernd beobachteten Erscheinungen auf der Sonne grössere Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Für WOLF selber war aber diese Arbeit erst ein Anfang. Um die Grundlagen für die genauere Untersuchung des Verlaufes der Sonnenfleckenhäufigkeit zu erhalten, setzte er seine eigenen und die Sammlung älterer Beobachtungen fort und bearbeitete das ständig wachsende Material einheitlich unter Einführung seiner Fleckenrelativzahlen als Tätigkeitsmass, das nicht nur für jeden Tag den Fleckenstand der Sonne, sondern auch die Art der Zählung der Tätigkeitsherde und ihrer Flecken von verschiedenen Beobachtern mit verschiedenen Instrumenten berücksichtigte. Auf Grund dieses Materials konnte er für den Zeitraum 1610—1876 die Epochen aller Maxima und Minima festlegen und von 1749 an die Beobachtungsergebnisse in ziemlich homogene tägliche Fleckenrelativzahlen umsetzen und aus ihnen eine Tabelle der mittleren monatlichen Relativzahlen für die Jahre 1749—1876 aufstellen. Diese Tabelle, die Ergebnisse der auf der Zürcher Sternwarte angestellten Sonnenbeobachtungen, ergänzt durch Beobachtungen einiger astronomischer Freunde, ihre Verarbeitung zu einem homogenen Ma-

terial und die Resultate der Untersuchungen über den Verlauf der Fleckentätigkeitskurve veröffentlichte WOLF regelmässig in der von ihm von 1856 bis zu seinem Tode redigierten Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich. Auch den Zusammenhang zwischen der Variation der erdmagnetischen Elemente und der Fleckentätigkeit der Sonne verfolgte er ständig weiter, und es gelang ihm, denselben durch eine lineare Beziehung darzustellen.

Den Nachfolgern von RUDOLF WOLF in der Leitung der Eidg. Sternwarte, ALFRED WOLFER von 1894—1926 und WILLIAM BRUNNER von 1926—1945, war die Fortführung der Wolfschen Reihe der Fleckenzahlen eine erste und wichtige Pflicht. Die Reihe überbrückt heute fast 200 Jahre und bildet die Grundlage der grossen Mehrzahl aller statistischen Untersuchungen über den Verlauf der Fleckentätigkeit und ihrer Beziehungen zu terrestrischen Erscheinungen. Unsere täglichen Fleckenrelativzahlen werden in neuerer Zeit vierteljährlich veröffentlicht im «Quarterly Bulletin on Solar Activity» der Internationalen Astronomischen Union, herausgegeben von unserer Sternwarte, im «Terrestrial Magnetism and Atomspheric Electricity», in der «Monthly Weather Review», in der «Meteorologischen Zeitschrift», in der «Zeitschrift für Geophysik» und ganz ausführlich für die ganze Sonnenscheibe und auch getrennt für die Nord-, Süd-, Ost- und Westhälfte in den «Astronomischen Mitteilungen» unserer Sternwarte.

Neben den Wolfschen Relativzahlen dient heute als Mass für die tägliche Sonnenfleckentätigkeit die Flächensumme der Flecken. Die Flächen werden seit 1874 auf der Greenwicher Sternwarte auf photographischen Aufnahmen, korrigiert für die perspektivische Verkürzung, in Einheiten von einem Millionstel der Sonnenscheibe gemessen und jedes Jahr zusammengestellt und veröffentlicht. Schon WOLF war sich bewusst, dass ein solches Mass die Flekkentätigkeit genauer kennzeichnet. Die Wolfschen Relativzahlen haben aber den Vorteil, dass sie viel rascher bereit sind, und dass mit ihnen aus vielen inhomogenen älteren Beobachtungsreihen rasch eine lange und ordentlich homogene Reihe von Charakterzahlen für die Fleckenhäufigkeit hergeleitet werden konnte. Der Vergleich der Greenwicher Statistik mit der Zürcher Fleckenstatistik hat auch ergeben, dass die Relativzahlen den Fleckenarealen proportional sind, so dass die Wolfschen Relativzahlen, dank der glücklichen Definition derselben, ihren Zweck doch erfüllt haben und immer noch erfüllen.

Die Fleckentätigkeitskurven der Nord- und Südhalbkugel der Sonne verlaufen nicht parallel. Assistent W. BRUNNER-HAGGER hat aus dem Beobachtungsmaterial von 1854—1936 gezeigt, dass in den Änderungen des Verhältnisses der Fleckenhäufigkeit der beiden Halbkugeln eine Periode von etwa sieben Fleckenzyklen angedeutet ist. Die gleiche Periode ist auch in viel längeren Beobachtungsreihen an den Höhen der Maxima und an den verschiedenen Längen der Fleckenzyklen von Minimum zu Minimum zu erkennen.

Die Erfahrung lehrt, dass die ausgeglichene Fleckenkurve keineswegs streng periodisch verläuft. Die Höhen der Maxima, die zeitlichen Abstände

derselben und die Anstiegzeiten vom Minimum zum Maximum sind sehr verschieden. WOLF nahm als Arbeitshypothese an, die Fleckenkurve sei aufzufassen als eine Superposition von mehreren reinperiodischen Kurven. Er selber und viele andere, auch noch in neuerer Zeit, rechneten mit Hilfe der harmonischen Analyse solche Nebenperioden aus. Diese Versuche müssen heute als verfehlt bezeichnet werden. MAX WALDMEIER zeigte 1935 in seiner Zürcher Promotionsarbeit «Neue Eigenschaften der Sonnenfleckenkurve», dass die Superpositionshypothese unverträglich ist mit den von CARRINGTON und SPÖRER gefundenen Gesetzen der Wanderung der Fleckenzonen und den von HALE entdeckten Gesetzen der magnetischen Polarität der Flecken. Nach WALDMEIER's neuer Arbeitshypothese besteht die Fleckenkurve aus sich über 9—14 Jahre erstreckenden Teilkurven (Buckel, Eruptionskurven). Ein einzelner Fleckentätigkeitsbuckel hat kein Minimum. Die beobachteten Minima der Sonnenfleckenkurve kommen durch Überlagerung des aufsteigenden mit dem absteigenden Ast des vorangegangenen Buckels zustande. Den Minima der Sonnenfleckenkurve kommt daher keine sonnenphysikalische Bedeutung zu. Jeder Buckel, jeder Zyklus stellt für sich ein Ganzes dar. Die Anstiegszeit nimmt mit der Intensität vom Maximum zu. Der Verlauf der Fleckenkurve ist in grossen Zügen durch den einen Parameter, die Intensität vom Maximum, bestimmt. Das ist von praktischer Bedeutung, weil daraus folgt, dass schon durch ein kleines Stück der aufsteigenden Kurve ihr weiterer Verlauf für den ganzen Zyklus festgelegt ist. Die Fleckenkurven der aufeinanderfolgenden Zyklen bilden also eine einparametrige Kurvenschar, die in ihrer Gesamtheit durch eine Differentialgleichung dargestellt werden können. Unter einfachen Annahmen hat jüngst B. THÜRING eine Differentialgleichung aufgestellt, deren Lösungskurven den beobachteten Verlauf allerdings weniger gut darstellen als neue, empirisch bestimmte Interpolationsformeln von STEWART und PANOFSKI sowie auch von GLEISSBERG.

Soviel von den Arbeiten über die Fleckentätigkeitskurve der Sonne. ALFRED WOLFER hat das Arbeitsprogramm der Zürcher Sternwarte wesentlich erweitert durch tägliche Aufnahmen der Flecken und Fackeln der Sonne im Projektionsbild, durch regelmässige spektroskopische Absuchungen des Sonnenrandes nach Protuberanzen und durch gleichzeitige Darstellung der Tätigkeitszentren für diese drei Erscheinungen in heliographischen Übersichtskarten für jede Sonnenrotation. Für die Fleckentätigkeitszentren verdankt man CARRINGTON und SPÖRER eine mit dem Jahr 1854 beginnende, über 40 Jahre sich erstreckende Reihe solcher Übersichtskarten. Die Einbeziehung der Fackeln durch WOLFER war angezeigt durch die Erfahrung, dass durch diese die gestörten Gebiete der Photosphäre andauernder bezeichnet werden als durch die Flecken. WOLFER wollte mit seiner Beobachtungsreihe und seinen Karten die Unterlagen schaffen für Untersuchungen über die Beziehungen zwischen den Flecken, Fackeln und Protuberanzen und auch über ihre Verteilungsverhältnisse in der Richtung der Sonnenrotation. In den ersten vier Bänden der durch die Wolfstiftung ermöglichten grösseren Publikationen der Eidg. Sternwarte stellte er die Beobachtungsergebnisse der Jahre

1887—1898 zusammen, nämlich Koordinationsverzeichnisse der Flecken- und Fackelgruppen sowie der Protuberanzen, kurze Kennzeichnungen des Entwicklungsganges der einzelnen Fleckengruppen und die heliographischen Übersichtskarten für die drei Erscheinungen. Ein Hauptergebnis der Diskussion des Materials ist, dass die Flecken- und noch entschiedener die Fackelgruppen in der Richtung der Rotation der Sonne nicht regelmässig verteilt sind, sondern sich zu ausgedehnten, auf jeder Halbkugel diametral liegenden Gruppenkomplexen häufen, die bei nicht gar zu grosser Sonnentätigkeit deutlich durch dazwischen liegende, nur schwach besetzte Zwischenräume getrennt sind. Dass während der langen Lebensdauer der Gruppenkomplexe Neubildungen und Auflösungen stattfinden, weist darauf hin, dass die grosse Beständigkeit nicht den Produkten der Sonnentätigkeit, sondern ihrer Ursache zuzuschreiben ist.

Unter Benutzung des grossen Beobachtungsmaterials von Wolfer hat W. Brunner in seiner Promotionsarbeit die schon von Carrington und Spörer erwähnten, aber nie in grösserem Umfang untersuchten divergierenden Eigenbewegungen der Flecken derselben Gruppen auf Gesetzmässigkeiten geprüft. Eine andere Eigenschaft der Fleckengruppen ist, dass ihre Flecken sich um eine Achse gruppieren, die gegen den Sonnenäquator etwas geneigt ist. Joy zeigte aus dem alten Beobachtungsmaterial von Carrington und Spörer, dass in der Regel der im Sinne der Rotation vorangehende Hauptfleck einer bipolaren Gruppe dem Sonnenäquator näher liegt. Brunner bestätigte das aus der Zürcherreihe der Sonnenaufnahmen von 1894—1928, gibt neue Zahlen für die mittlere Neigung der Gruppenachse in verschiedenen heliographischen Breiten, auch getrennt für verschiedene Entwicklungstypen der Fleckengruppen und für den auf- und absteigenden Ast der Flekkenkurven. Diese besondere Art der Anordnung der Flecken zu Gruppen und die Neigung der Gruppenachse kann erklärt werden auf Grund der Erfahrung, dass die Sonne nicht wie ein starrer Körper rotiert, sondern mit vom Äquator gegen die Pole abnehmender Winkelgeschwindigkeit.

Im Jahre 1926 begann Brunner mit der Herausgabe einer neuen Reihe von heliographischen Übersichtskarten für jede Sonnenrotation, mit Entwicklungstabellen für jede Fleckengruppe und in neuerer Zeit auch mit statistischen Angaben über die Verteilung der Neubildungs- und Auflösungsstellen der Flecken u. a. m. Die Karten geben nicht das Bild der Sonne für einen bestimmten Zeitpunkt, sondern sie stellen alle Flecken- und Fackelgruppen dar, die während der Zeit (27 Tage), in der die Sonne für einen Beobachter auf der Erde eine volle Umdrehung macht, auf ihr sichtbar waren. Es ist aber leicht, aus den Karten für irgendeine Zeit die Verteilung der Tätigkeitsherde auf der sichtbaren Sonnenscheibe zu finden. Aus den Entwicklungstabellen kann man für jeden Tag den Entwicklungszustand der einzelnen Fleckengruppen entnehmen und auch die Zeiten ihrer Entstehung und Auflösung. Durch die Errichtung einer kleinen Beobachtungsstation auf Prätschli-Arosa und dank der Mitarbeit einiger Sternwarten und Liebhaberastronomen wurden die Beobachtungsergebnisse für die Herstellung der Karten und Ent-

wicklungstabellen immer lückenloser. Seit 15 Jahren können wir sicher sagen, dass uns, wie schon viele Jahrzehnte für die Fleckenstatistik, kein auch nur einigermassen wichtiger Tätigkeitsherd auf der der Erde zugekehrten Halbkugel entgangen ist. Die Beschränkung auf die photosphärischen Erscheinungen geschah, weil das Astrophysikalische Observatorium in Meudon seit 1919, auf Grund von spektroheliographischen Aufnahmen, regelmässig Übersichtskarten für die Erscheinungen der Chromosphäre der Sonne, die chromosphärischen Wasserstoff- und Kalziumfackelgebiete und die Filamente (Protuberanzen) veröffentlicht. In den letzten Jahren hat MAX WALDMEIER aus am Koronographen beobachteten Helligkeitsänderungen der grünen und roten Koronalinien einige heliographische Übersichtskarten für die Sonnenaktivität in den äussersten strahlenden Schichten, der Korona, zusammengestellt. Die Vergleichung dieser Karten mit den korrespondierenden zürcherischen Übersichtskarten der photosphärischen Erscheinungen und der Meudoner Karten für die Aktivität der Chromosphäre ergab, dass Gebiete maximaler Linienintensitäten in der Hauptzone der Korona mit den Fackelgebieten der Photosphäre zusammenfallen in denen Flecken vorhanden sind oder über denen besonders helle chromosphärische Fackeln auftreten. Ein Zusammenhang zwischen den Intensitäten der grünen und der roten Linien im Spektrum der inneren Korona und den Protuberanzen (Filamente) ist nicht angezeigt.

Aus neuerem Beobachtungsmaterial der Zürcher Sternwarte hat Assistent BRUNNER-HAGGER auch für die Flecken- und Fackelgruppenkomplexe Entwicklungsdiagramme konstruiert, ähnlich wie CARRINGTON, SPÖRER und namentlich WOLFER und BRUNNER für die Fleckengruppen. Es ergab sich, dass sie die gleichen Eigenschaften zeigen wie die Entwicklungsdiagramme der Flecken, nämlich divergierende Eigenbewegungen der Gruppe eines Komplexes, ihre Gruppierung um eine gegen den Äquator geneigte Achse und die Art der Auflösung. Auch die Beibehaltung der mittleren heliographischen Länge von Gruppenkomplexen beim Durchgang durch die Minimumepochen, auf die schon WOLFER durch ein Beispiel hinwies, konnte Assistent BRUNNER bei den Minima von 1933 und 1944 bestätigen.

Aus den Übersichtskarten von CARRINGTON und SPÖRER, den Greenwicher Verzeichnissen der beobachteten Fleckengruppen und den Zürcher heliographischen Karten hat BRUNNER für die Jahre vor und nach den Minimumepochen von 1854—1944 die Position der Fleckengruppen in heliographische Breiten-Zeitdiagramme eingetragen. Die Diagramme zeigen anschaulich das langsame Verschwinden des alten Fleckenzuges in niedrigen Breiten und den Einsatz des neuen in hohen Breiten. Die aus den beobachteten Einsatzzeiten und den Maximaepochen bestimmten wahren Anstiegzeiten haben eine etwas kleinere Korrelation mit der Intensität des Maximums, als die von WALDMEIER benutzten Anstiegszeiten vom Minimum zum Maximum des resultierenden Fleckenzuges, was wahrscheinlich auf die Unsicherheit der Bestimmung des ersten Einsatzes der Fleckenzüge infolge Lücken in den älteren Beobachtungsreihen zurückzuführen ist.

In den letzten zwei Jahrzehnten war Zürich stark beteiligt an Organisationen der Internationalen Astronomischen Union für möglichst lückenlose Beobachtungen der Erscheinungen auf der Sonne. Die Ergebnisse der täglichen Absuchungen des Sonnenrandes nach Protuberanzen (Position, Grösse und Form) werden seit 1922 am Ende jedes Jahres dem Observatorium in Arcetri-Firenze zugestellt, wo sie, mit den Beobachtungen einiger anderer Sternwarten, zu täglichen spektroskopischen Randbildern der Sonne zusammengestellt und unter den Auspizien der IAU. regelmässig veröffentlicht werden. Die statistische Verarbeitung der Zürcher und Aroser Protuberanzenbeobachtungen besorgen wir selber und stellen seit 1926 ihre Ergebnisse, nämlich die Häufigkeit und die von den Flecken verschiedene Verteilung nach heliographischer Breite, jedes Jahr in den «Astronomischen Mitteilungen» der Eidg. Sternwarte zusammen.

Bis vor 20 Jahren wurden für die Untersuchungen über die Beziehung zwischen solaren und terrestrischen Erscheinungen nur die Fleckentätigkeit und gelegentlich auch die Randprotuberanzen benutzt. Dabei ergab sich eine wirklich grosse Korrelation nur für die Jahresmittel der Zahlen, welche die Sonnentätigkeit und z. B. die erdmagnetische Aktivität oder die Nordlichttätigkeit kennzeichnen. Schon für die Monatsmittel ist die Korrelation klein und verschwindet fast ganz für die Tageswerte.

Seit einigen Jahrzehnten macht man auf mehreren Sternwarten mit dem Spektroheliographen tägliche Aufnahmen der ganzen Chromosphäre im Lichte der roten Wasserstofflinie und der Linie K des ionisierten Kalziums. Sie zeigen als aktive Gebiete der Chromosphäre der Sonne helle Kalzium- und Wasserstoff-Fackelherde, dunkle Filamente, d. h. Protuberanzen über der Chromosphärenscheibe und in den Fackelgebieten mit Flecken gelegentlich, durch ihre Intensität, rasche Veränderlichkeit und kurze Dauer auffallende helle Eruptionen. Um die Grundlagen zu schaffen für die Prüfung einer engeren, vielleicht sogar unmittelbaren Beziehung zwischen Sonnenerscheinungen und geophysikalischen Vorgängen, beschloss im Jahre 1928 die Internationale Astronomische Union die Herausgabe eines «Bulletin on Solar Activity» und betraute unsere Sternwarte mit der Sammlung und Zusammenstellung des Beobachtungsmaterials. Die täglichen Charakterzahlen für helle chromosphärische Wasserstoff- und Kalziumfackelherde sowie für Filamente werden auf den am Bulletin mitarbeitenden Sternwarten unter Berücksichtigung ihrer Häufigkeit, Ausdehnung und Helligkeit in einer sechsstufigen Skala für die ganze Chromosphärenscheibe und die Zentralzone derselben nach den Spektroheliogrammen oder am Spektrohelioskop geschätzt und nach Zürich geschickt. Zur Kennzeichnung der Fleckentätigkeit dienen auch in diesem Bulletin unsere lückenlosen Zürcher Fleckenrelativzahlen. Die Beobachtung einer hellen chromosphärischen Eruption schien bis zur Erfindung des Spektrohelioskops eine zufällige, ziemlich seltene Glücksache. Die ersten Beobachtungen HALE's mit seinem Spektrohelioskop in den Jahren 1926—1930 zeigten bald, dass solche Eruptionen zu den Zeiten grosser Sonnentätigkeit recht häufig in Fleckengruppen auftreten. Das «Bulletin on Solar Activity»

wurde daher 1934 durch einen besonderen zweiten Teil erweitert, in dem chronologisch und nach Tätigkeitszentren geordnet, die beobachteten Eruptionen mit einer Intensitätsbezeichnung zusammengestellt werden. Zentrum für die Überwachungsbeobachtungen chromosphärischer Eruptionen ist das Astrophysikalische Observatorium in Meudon. Die Eidg. Sternwarte ist durch drei halbe Stunden an dem in Meudon für die 22 mitarbeitenden Stationen ausgearbeiteten Stundenplan beteiligt.

Das Ergebnis der Prüfung der täglichen Charakterzahlen ist, dass eine sehr grosse Korrelation besteht zwischen den verschiedenen Tätigkeitsformen der Sonne unter sich, aber keine enge direkte Beziehung derselben zu geophysikalischen Vorgängen. Für alle chromosphärischen Erscheinungen ist die Korrelation zu diesen, wie für Flecken, nur gross für Mittelwerte über grössere Zeitabschnitte. Das bedeutet nicht, dass die neuen Charakterzahlen ihren Zweck verfehlt haben, da er wenigstens teilweise, durch diesen negativen Befund erfüllt wird.

Wichtiger ist der zweite Teil des «Bulletin on Solar Activity» mit den Listen der beobachteten hellen Eruptionen geworden. Die Erfahrung lehrte bald, dass grössere Eruptionen kleine, mit der Eruption gleichzeitige und mit ihr verschwindende Änderungen der erdmagnetischen Elemente hervorbringen können, ferner grosse, etwa einen Tag später beginnende und länger dauernde magnetische Stürme und Polarlichterscheinungen sowie Störungen der Ionosphäre. Von den letzteren ist am auffallendsten der sogenannte Dellingereffekt, d. h. der Radioschwund im transozeanischen Radioverkehr auf kurzen Wellen, von dem Dellinger im Jahre 1935 nachwies, dass er mit chromosphärischen Eruptionen auf der Sonne zusammenhängt. Das wichtigste Ergebnis einer von Assistent Max Waldmeier 1937 ausgeführten Untersuchung auf Grund der von 1934—1936 beobachteten Eruptionen und Dellingereffekte ist, dass in der Tat ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Erscheinungen nicht nur statistisch erfasst werden kann, sondern auch an einer grossen Zahl von Einzelfällen. Mindestens 80 % der beobachteten Radioschwunderscheinungen in den Jahren 1934—1936 konnten auf gleichzeitige chromosphärische Eruptionen zurückgeführt werden. Alle weiteren Erfahrungen, besonders die Laufzeit des Vorganges auf der Sonne bis zur Störung auf der Erde und die Verteilung der Radioschwunderscheinungen auf ihr, weisen darauf hin, dass die Störungen der ionosphärischen Schichten durch von den Sonneneruptionen ausgehende kurzwellige Emissionen im Gebiet der Lymanserie des Wasserstoffs hervorgerufen werden. Der Zusammenhang zwischen Dellingereffekt und chromosphärischer Eruption ist heute physikalisch im wesentlichen aufgeklärt.

Unser Zürcher Spektrohelioskop benutzen wir nicht nur zu Überwachungsbeobachtungen für chromosphärische Eruptionen, sondern auch zur Verfolgung besonderer Vorgänge in der Chromosphäre der Sonne. Das Spektrohelioskop eignet sich hiefür besonders gut, weil man mit ihm bequem und genügend genau Dopplereffekte messen und auch, durch Drehung des Gitters, die monochromatischen Bilder in der Strahlung einer Linie des Sonnenspek-

trums rasch auf andere Linien wechseln kann. G. E. HALE gab 1931 ausführliche erste Berichte mit schönen Beispielen heraus über im Spektrohelioskop beobachtete Vorgänge und besonders auch über helle chromosphärische Eruptionen. In den darauffolgenden Jahren minimaler Sonnentätigkeit wurden keine grösseren Eruptionen beobachtet. Erst 1935 und namentlich 1936 und 1937 setzte mit der Zunahme der Flecken- und Fackeltätigkeit auch die Eruptionstätigkeit stärker ein. Assistent MAX WALDMEIER hat das im «Bulletin on Solar Activity» zusammengestellte Beobachtungsmaterial der Jahre 1936 und 1937 in Hinsicht auf die Grösse der Eruptionen (40 bis 4000 Millionstel der Sonnenscheibe), ihrer Lebensdauer (wenige Minuten bis über eine Stunde), ihrer Verteilung nach heliographischer Länge und Breite sowie nach dem Abstand vom Zentralmeridian der Sonnenscheibe statistisch verarbeitet. Die Eruptionen treten fast ausschliesslich nur in Fleckengruppen auf, und zwar am Rande des Hofes von Flecken, nur selten über dem Kern. Anzahl und Intensität hängen von der Entwicklungsphase ab. In einer grösseren Arbeit werden die spektroskopischen und photometrischen Beobachtungsergebnisse von hellen chromosphärischen Eruptionen mitgeteilt. Da die Erfahrung zeigte, dass die mit dem Linienschieber des Spektroskops gemessenen Breiten der Hα-Linie des Wasserstoffs gleichsinnig mit der Zentralintensität der Linie zunehmen, konnte der Intensitätsablauf einer bestimmten Stelle der Eruption durch die rasch messbaren Linienbreiten dargestellt werden. Schneller Anstieg zum Helligkeitsmaximum und sehr langsamer Rückgang sind charakteristische Eigenschaften der Lichtkurven der Eruptionen. R. S. RICHARDSON und R. MINKOWSKI haben das Spektrum der Eruptionen im Bereich 3300 Å bis 11 500 Å untersucht, wobei aber die nur allerintensivsten Emissionslinien erfasst wurden. WALDMEIER konnte noch andere Linien feststellen und untersuchte besonders das Verhalten der Linien D_2 vom Natrium und D_3 vom Helium in ihrer Abhängigkeit von der Intensität der Linie Hα des Wasserstoffs, in deren Strahlung in der Regel die Eruptionen am Spektrohelioskop beobachtet werden. Das Spektrum zeigt neben den hellen Emissionslinien auch noch ein schwaches Kontinuum, das aber nur selten und am ehesten am Sonnenrand beobachtet werden kann. Bei zwei Eruptionen gelang es, die Kontinuumintensität zu messen und daraus und dem bekannten Streukoeffizienten der Elektronen die Elektronendichte und den Elektronendruck zu berechnen unter der Voraussetzung, dass, wie bei den Protuberanzen, das Kontinuum im Spektrum der Eruptionen an Elektronen gestreute Photosphärenstrahlung sei. Das Ergebnis ist, dass Druck und Dichte in den Eruptionen etwa 300mal grösser sind als in den Protuberanzen.

Auf Grund von vielen in Zürich beobachteten Beispielen berichtet WALDMEIER auch über besondere Erscheinungen in der Chromosphäre bei der Neubildung von Sonnenflecken, nämlich das Auftreten von übernormal hellen Hα-Flocken und von als dunkle Hα-Bogen sichtbare Protuberanzen mit Strömungen von jüngeren zum älteren Fleck.

Durch die Erfindung des Spektrohelioskops und noch mehr durch die mit dem Koronographen möglich gewordenen Serienaufnahmen ist das Problem

der Bewegung der Protuberanzen in ein neues Stadium getreten. WALDMEIER beobachtete am Spektrohelioskop mehrere Beispiele von aufsteigenden Protuberanzen, und zwar wurde die Bewegung nicht nur in der Richtung des Sonnenradius, sondern in allen drei Komponenten gemessen. Von den früher schon von PETTIT auf Grund von spektroheliographischen Aufnahmen aufgestellten Gesetzen konnte das erste, dass die Aufstiegsgeschwindigkeit längere Zeit konstant bleibt und dann wiederholt sprunghaft zunimmt, bestätigt werden, dagegen nicht das zweite, das aussagt, dass die neue Geschwindigkeit ein kleines ganzzahliges Vielfaches der alten ist. Neue Ergebnisse ergaben später kinematographische und Serienaufnahmen von aufsteigenden Protuberanzen mit dem Koronographen des neuen Aroser Observatoriums der Eidgenössischen Sternwarte. Nach denselben liess sich an logarithmischen Höhenzeitdiagrammen zeigen, dass jeder Aufstieg sich im wesentlichen durch die Neigung, also durch den Parameter $p = \frac{d \lg h}{dt}$ kennzeichnen lässt. Bei aufsteigenden Protuberanzen machen sich auch fast immer rätselhafte, kräftige Attraktionszentren bemerkbar, in denen Teile der Protuberanzen oft noch aus grosser Höhe zurückfallen. Die charakteristischen Abströmungen in gewöhnlichen, nicht aufsteigenden aktiven Protuberanzen in Attraktionszentren sind von McMATH, PETTIT und in Zürich von DESZÖ und WALDMEIER untersucht worden. Waldmeier wies nach, das die Bahnen nicht, wie man bisher annahm, bogenförmig, sondern aus geradlinigen Stücken zusammengesetzt sind. Das gilt, wie sich später zeigte, auch für absteigende Protuberanzen und auch für die Abströmungen aus den Knoten der Fleckenprotuberanzen. Da die gebrochenen Bahnkurven sich nicht stark von bogenförmigen unterscheiden, konnte dieses Gesetz erst gefunden werden, nachdem mit dem Koronographen Aufnahmen mit grösserem Auflösungsvermögen und in kürzeren Intervallen möglich geworden sind als mit dem Spektroheliographen.

Interessant sind auch die Ergebnisse der Beobachtungen von Auswürfen chromosphärischer Materie (eruptive Protuberanzen), wie sie oft in engem Zusammenhang mit hellen chromosphärischen Eruptionen auftreten. Kleine Auswürfe, nur wenige Minuten dauernd, werden in aktiven Fleckenherden recht häufig beobachtet und erreichen Höhen bis 30 000 km. Grosse Auswürfe können bis zu einer Stunde dauern, erreichen Höhen von einigen hunderttausend Kilometern und fallen auf der gleichen Bahn wieder zurück in die Chromosphäre. Bei besonders heftigen Ausbrüchen können Teile der Protuberanz sich ganz von der Sonne entfernen, wobei, wie bei den aufsteigenden Protuberanzen, die Geschwindigkeit mit der Höhe zunimmt, nur ist der Aufstiegsparameter $p = \frac{d \lg h}{dt}$ viel grösser als bei aufsteigenden Protuberanzen.

Der Anregung meines jungen Mitarbeiters, Privatdozent Dr. MAX WALDMEIER, folgend, wurde das Arbeitsgebiet der Sternwarte, das nach den bisherigen Ausführungen in der Hauptsache die Erscheinungen der

Photosphäre und der Chromosphäre zum Gegenstand hatte, im Jahre 1938 durch Einbeziehung der äussersten strahlenden Schichten, der Korona der Sonne, erweitert. Die vielen Rätsel, die namentlich das Spektrum der Korona bot, waren zu dieser Zeit noch nicht vollständig gelöst. RAYET hat schon bei der totalen Sonnenfinsternis von 1868 das reine Kontinuum der inneren Korona entdeckt, HARKNESS 1869 die erste Emissionslinie (die grüne Linie 5303 Å) und JANSSEN 1871 die Fraunhoferschen Linien des gewöhnlichen Sonnenspektrums in der äusseren Korona, die etwa im Abstand 4′ vom Sonnenrand sichtbar sind und nachher immer intensiver werden, während die Emissionslinien, von denen heute 26 bekannt sind, verschwinden. GROTRIAN wies 1934 nach, dass das Fraunhofersche Spektrum (Kontinuum und Absorptionslinien) der äusseren Korona durch Streuung der Strahlung aus den tieferen Schichten an kleinen kosmischen Staubteilchen von etwa 3 μ Durchmesser zustande kommt. Das Fehlen der Fraunhoferschen Linien in der inneren Korona kann, wie SCHWARZSCHILD schon 1905 andeutete, erklärt werden durch die Annahme grosser thermischer Geschwindigkeiten der Elektronen, an denen die von unten kommende Sonnenstrahlung gestreut wird. Die grossen Geschwindigkeiten der streuenden Elektronen bewirken eine so starke Verbreiterung der Fraunhoferschen Linien, dass sie ganz verwaschen und unsichtbar werden. GROTRIAN wies darauf hin, dass durch eine Häufung von Absorptionslinien an einer bestimmten Stelle im Sonnenspektrum das Kontinuum stark erniedrigt erscheint und dass sich diese Einsenkung stark verwaschen im Koronakontinuum wieder findet. Aus der roh geschätzten Verwaschungsbreite ergibt sich für die Elektronen eine thermische Geschwindigkeit von etwa 6000 km/sek und daraus eine kinetische Temperatur in der inneren Korona von rund einer Million Grad. Die Emissionslinien werden wohl etwas verbreitert, aber nicht verwaschen, weil die strahlenden Atome wegen ihrer viele tausendmal grösseren Masse sehr viel kleinere thermische Geschwindigkeiten haben als die Elektronen. Ein ganz besonderes Ereignis in der Sonnenforschung bedeutete 1941 die Identifikation fast aller bisher so rätselhaften Emissionslinien auf Grund von theoretischen Termdifferenzrechnungen durch B. EDLÉN. Es handelt sich, ähnlich wie bei den Emissionslinien im Spektrum der kosmischen Gasnebel, um verbotene Linien. Ein wesentlicher Unterschied ist aber, dass die Atome sehr viel stärker ionisiert sind und in dieser Beziehung alles übertreffen, was bis jetzt in den Spektren astronomischer Objekte beobachtet oder überhaupt für möglich gehalten wurde. Die Identifikation ist von grösster Bedeutung für die Sonnenforschung, weil es erst durch sie möglich wurde, Schlüsse zu ziehen über die physikalische und chemische Konstitution der äusseren Gasschichten der Sonne.

Die Einführung der Koronaforschung in unser Arbeitsprogramm bedingte die Anschaffung eines Koronographen mit Zusatzapparaten und den Bau eines Bergobservatoriums, weil im Tiefland die schwache Koronastrahlung durch das an den Staubteilchen der Atmosphäre gestreute Sonnenlicht so stark überstrahlt wird, dass auch im Koronographen, in dem die Sonne

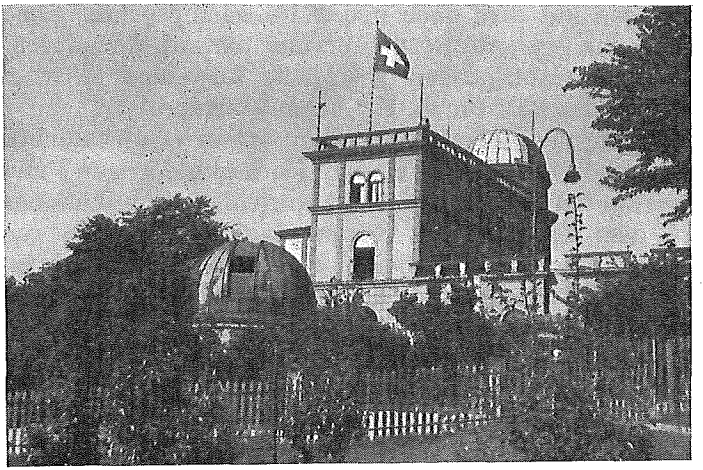

Abb. 1
Eidgenössische Sternwarte in Zürich, gegründet 1864 als Institut der Eidg. Technischen Hochschule.

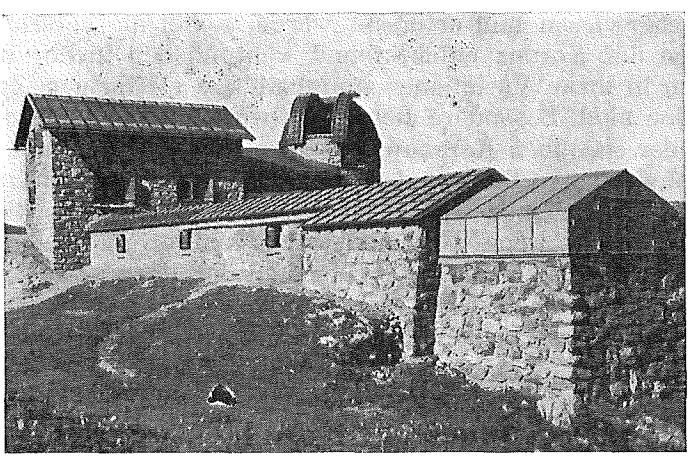

Abb. 2
Astrophysikalisches Observatorium der Eidg. Sternwarte Zürich auf dem Tschuggen ob Arosa (2050 m). Kuppel mit kleinem Vorbau, erstellt 1939, Erweiterungsbau 1944. Unter dem abfahrbaren Blechdach rechts im Bild wird eine Spiegelapparatur (Cölostat) aufgestellt, von der die Sonnenstrahlung auf ein Objektiv von 30 m Brennweite und weiter durch den langen Gang auf die Apparate im Laboratorium gelenkt werden kann.

künstlich verfinstert und das Streulicht in der Apparatur auf ein Minimum reduziert wird, die Korona nicht beobachtet werden kann. Nachdem im Winter 1938/1939 die Prüfungen der Luftklarheit befriedigten und die er-

sten Erfahrungen auf dem noch neuen Forschungsgebiet gemacht worden waren, konnte das geplante Bergobservatorium auf dem durch seine freie, aber durch einen Gebirgskranz geschützte Lage und leicht zugänglichen Tschuggen ob Arosa (2050 m ü. M.) gebaut werden.

Mit der Leitung der Arbeiten auf dem Aroser Observatorium der Sternwarte der Eidgenössischen Technischen Hochschule wurde Privatdozent Dr. MAX WALDMEIER betraut. Die schönen wertvollen Publikationen von BERNHARD LYOT, dem Erfinder des Koronographen, und die recht mannigfaltigen Beobachtungen und Arbeiten von MAX WALDMEIER in den letzten sieben Jahren in diesem Neuland, haben die Koronaforschung bald zu einem der aktuellsten Gebiete der Astrophysik gemacht.

Das Interesse WALDMEIER's galt vornehmlich den damals ihrem Ursprung nach noch unbekannten Emissionslinien im Spektrum der Korona. Die Untersuchungen der Intensitäten dieser Linien in Abhängigkeit von der heliographischen Breite und vom Abstand vom Sonnenrand brachte das völlig überraschende Resultat einer ausgesprochenen zonalen Struktur der koronalen Emission an den Tag, die in rascher Folge nach verschiedenen Methoden: durch Statistik der Koronastrahlen, durch die Konstruktion heliographischer Karten, durch Koronaaufnahmen im monochromatischen Licht einer Koronalinie und durch die Bestimmung von Isophoten der Linie 5303 Å nachgewiesen und erforscht wurde, wobei die verschiedenen Aktivitätszonen der Korona entdeckt und während den bisher vergangenen acht Jahren in ihren Variationen innerhalb des elfjährigen Zyklus untersucht worden sind. Besondere Beachtung wurde auch dem verschiedenen Verhalten der einzelnen Koronalinien entgegengebracht, hauptsächlich den Linien 5303, 5694 und 6374 Å, deren Verhalten als Extremfälle betrachtet werden können. Daneben wurde in verschiedenen anderen Richtungen in das Neuland vorgestossen: die Entdeckung innerer Strömungen warf ein neues Licht auf den kinematischen Zustand der Korona, während die absolute Photometrie der Koronalinien, die Bestimmung des radialen Helligkeitsgradienten, die Entdeckung der koronalen Kondensationen und der Gebiete erhöhter Linienintensität (C-Gebiete), die Auslöschung der 6374-Strahlung in der Umgebung von Protuberanzen, die Bestimmung der Rotation der Korona, die Photometrierung der Linienkonturen, um nur einige wichtige Programmpunkte zu erwähnen, unsere Kenntnisse über die Korona in kurzer Zeit wesentlich erweiterten. Die entsprechende Ausweitung unserer Vorstellungen über den physikalischen Zustand der Korona stellte sich jedoch erst ein, nachdem EDLÉN in Anlehnung an GROTRIAN die Koronalinien sehr hohen Ionisationsstufen von Eisen, Nickel, Kalzium und Argon zuordnen konnte (1941). Darauf wurde es möglich, viele der zunächst nur als Tatsachen registrierten Beobachtungen physikalisch zu deuten. Die Breite der Koronalinien, die nur thermischen Ursprungs sein kann, lieferte für die Temperatur der Koronamaterie den unerwartet hohen Wert von einer Million Grad, der aus der Ionisation der Koronamaterie, dem Dichtegradienten und nach andern Methoden bestätigt werden konnte, während das erwähnte

verschiedene Verhalten der Koronalinien über die lokalen Temperaturvariationen Aufschluss gibt. In den Polgebieten und häufig auch in der Äquatorgegend tritt nur die rote Linie 6374 auf, deren Träger, Fe X, relativ leicht zu erzeugen ist; da in den Fleckenzonen auch die grüne Linie 5303 des schwerer erzeugbaren Ions Fe XIV auftritt, muss in diesen die Temperatur höher liegen, und sehr hoch in jenen Gebieten über grossen und aktiven Flekkengruppen, in denen die gelbe Linie 5694 Å auftritt, deren Träger Ca XV zur Erzeugung unter allen in der Korona nachgewiesenen Ionen die höchste Ionisationsenergie erfordert.

Rätselhaft blieb lange Zeit das völlige Fehlen der Wasserstofflinien im Spektrum der Korona, um so mehr als man heute bezüglich der chemischen Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre annimmt, dass erst auf rund zehntausend Wasserstoffatome ein Metallatom kommt. Aber auch hier konnte die Erklärung auf Grund der sehr hohen Koronatemperatur gegeben werden. Bei dieser Temperatur ist nämlich die Zahl der Rekombinationen der Wasserstoffionen mit Elektronen sehr gering: unter den physikalischen Bedingungen der Korona erfolgt pro cm^3 und Sekunde die Emission nur eines einzigen $H\alpha$-Quants, was natürlich bei weitem nicht ausreicht, eine erkennbare Intensität der Wasserstofflinien zu liefern.

In der Korona haben wir Materie unter so hoher Temperatur vor uns wie sie sich nirgends sonst, weder im Laboratorium noch im Weltall, der Beobachtung bietet. Die hohe Temperatur wirft ein völlig neues Licht auf die Ausstrahlung der Korona: nach den Strahlungsgesetzen können die wenigen, absolut schwachen Emissionslinien im sichtbaren Spektralbereich nur einen sehr kleinen Teil der gesamten Koronaemission darstellen, während die Hauptausstrahlung im nicht beobachtbaren kurzwelligen Spektralbereich liegen muss. Diese kurzwellige Strahlung wird von den höchsten Atmosphärenschichten vollständig absorbiert, wobei diese sehr stark ionisiert werden. Nun war aber schon seit vielen Jahren bekannt (Appleton), dass in dem in Frage kommenden kurzwelligen Bereich die Sonnenstrahlung rund 10^6mal zu schwach ist, um die Ionisation der Erdatmosphäre aufrecht zu erhalten. Eine rohe Berechnung hat nun aber ergeben, dass die Korona infolge ihrer sehr hohen Temperatur in dem Bereich um 600 Å, der für die Ionisation hauptsächlich verantwortlich ist, gerade eine Million mal intensiver strahlt als die Photosphäre, so dass die physikalische Deutung der Korona unmittelbar ein Verständnis der Ionosphäre nach sich zieht. Die Strahlung der Korona ist heute als die wesentliche Ursache der Ionosphäre zu betrachten. Diese Verbindung zweier zunächst weit getrennter Gebiete eröffnete neue Perspektiven und Möglichkeiten. Zunächst besitzt man in den Variationen des Zustandes der Ionosphäre ein getreues Abbild der an Intensität den visuellen Anteil weit übertreffenden kurzwelligen Teil der Koronastrahlung. Dementsprechend soll dem Aroser Observatorium eine Abteilung für Ionosphärenforschung angegliedert werden, zunächst nur im Hinblick auf die einzig aus Ionosphärenuntersuchungen erschliessbare kurzwellige Ultraviolettemission der Sonne. Daneben beansprucht aber die Kardinalfrage nach

der Ursache der gewaltigen Aufheizung der Korona und damit der Existenz der Ionosphäre erhöhtes Interesse. Es deutet alles darauf hin, dass dieses aktuellste Problem der Sonnenforschung nur durch eine minutiöse Untersuchung der Sonnenoberfläche auf Struktur, Strömungen, Konvektion und lokale Magnetfelder der Lösung näher gebracht werden kann. Um die Forschungen auf diesen Wegen weiterzuführen, ist die Aufstellung eines Horizontalteleskopes von 30 m Brennweite mit Cölostat, dem ein spektrographisches Laboratorium angeschlossen ist, in Aussicht genommen. Wegen den Kriegsverhältnissen musste die Anschaffung dieser Apparatur verschoben werden. Im Erweiterungsbau vom Jahre 1944 sind aber die Räume hiefür vorgesehen. Durch alle diese bedeutenden und weit in die Zukunft weisenden Erweiterungen ist das Aroser Observatorium der Sternwarte der Eidg. Technischen Hochschule nach Instrumentation und Zielsetzung zu einem recht modernen Institut der Sonnenforschung geworden.

Abschliessend sei noch auf einen Problemkreis hingewiesen, der die Koronaforschung und das Programm unseres Aroser Observatoriums in einem neuen Licht erscheinen lassen. Die Ionosphärenforschung ist nicht nur Mittel zur Untersuchung der direkt nicht beobachtbaren Koronastrahlung, sondern auch Selbstzweck. Die Ausbreitung der Kurzwellen, die immer mehr zum Nachrichtenmittel über grosse Distanzen werden, erfolgt über die Ionosphäre, und deshalb ist deren Zustand und damit schliesslich die Sonnenaktivität für die Ausbreitungsmöglichkeiten der Kurzwellen ausschlaggebend. In zwei Untersuchungen neueren Datums konnten die engen Zusammenhänge zwischen Sonnenaktivität und sowohl der theoretischen wichtigen E-Schicht, der Ionosphäre, wie auch der praktisch ausschlaggebenden F_2-Schicht aufgedeckt werden. Damit ist das Problem, Prognosen für das Funkwetter zu geben, auf das rein astrophysikalische Problem der Prognose der Sonnenaktivität zurückgeführt. Heute, rund 100 Jahre nachdem R. Wolf sein Interesse den Sonnenflecken zuwandte und die erste solar-terrestrische Beziehung entdeckt hat, ist dieser Problemkreis noch nicht erschöpft, sondern erscheint von grösserer Aktualität als je zuvor.

Über die Teilnahme Zürichs am Fortschritt der Astronomie auf anderen Gebieten kann nur noch ganz kurz berichtet werden. Ich möchte hinweisen auf die Entdeckung des schönen Kometen 1937b auf unserer Sternwarte durch P. Finsler und auf den wertvollen Beitrag zum Problem der Nachthimmelshelligkeit und zum Zodiakallichtproblem von Assistent W. Brunner-Hagger durch seine umfassende Promotionsarbeit aus dem Jahre 1934. Der mondlose klare Nachthimmel zeigt eine gewisse, nicht unbeträchtliche Helligkeit, der in den letzten Jahrzehnten erhöhtes Interesse entgegengebracht wurde. S. Newcomb und andere gaben schon am Anfang dieses Jahrhunderts den Betrag der Nachthimmelshelligkeit an und glaubten die Ursache desselben in den unsichtbaren schwachen teleskopischen Sternen suchen zu müssen. L. Yntema (1909) und P. J. van Rhijn (1921) versuchten die mit Hilfe von sternstatistischen Überlegungen berechnete Gesamthelligkeit, an verschiedenen Stellen zu überprüfen. Ihre Messungen gaben aber

so hohe Werte für die Nachthimmelshelligkeit, dass das Licht der teleskopischen Sterne zur Erklärung nicht ausreicht und eine zweite Komponente, das sogenannte Erdlicht, angenommen werden muss. Dieses Ergebnis wurde von J. Dufay (1928) und C. Hoffmeister (1930) bestätigt. Assistent Brunner machte 1931/32 neue ausgedehnte Messungsreihen, deren Verarbeitung zu einigen astronomisch und geophysikalischen wichtigen Ergebnissen führte. Er konnte die kurz vorher von Lord Rayleigh gefundenen jahreszeitlichen Helligkeitsschwankungen bestätigen und auch eine tageszeitliche Variation nachweisen mit einem Helligkeitsmaximum 1½ Stunden nach dem Durchgang der Sonne durch den magnetischen Ortsmeridian. Es war ferner möglich, die grossen Unterschiede in den absoluten Helligkeiten des Nachthimmels, die in verschiedenen Jahren und an verschiedenen Orten gemessen wurden durch einen von der geographischen Breite abhängigen Einfluss der Sonnentätigkeit auf den Erdlichtanteil im Nachthimmelslicht zu erklären. Auf Grund seiner eigenen und aller bis jetzt vorhandenen Messreihen war es erstmals möglich, die Helligkeitsänderungen vom Tag- zum Nachthimmel durch absolut geeichte Dämmerungshelligkeiten zu überbrücken und ein einfacheres Näherungsgesetz für den Dämmerungsablauf herzuleiten. Es ergab sich, dass alle Stellen des Himmels bei zunehmender Sonnendepression die gleiche exponentielle Helligkeitsabnahme von durchschnittlich einer astronomischen Grössenklasse (Faktor 2.5) aufweisen.

Mit den Messungen von Dämmerungs- und Nachthimmelshelligkeit ist eng verbunden die Frage der Natur des Zodiakallichtes. F. Schmid in Oberhelfenswil, dessen langjährige Beobachtungen grosse Beachtung gefunden haben, deutet das Zodiakallicht als terrestrisch-atmosphärische, die Astronomen Seeliger und C. Hoffmeister als kosmische, interplanetare Erscheinung. Brunner zeigt, dass Helligkeits- und Formänderungen des Zodiakallichtes während der astronomischen Nacht von Helligkeits- und Azimuthänderungen eines Nachdämmerungsscheines herrühren, aus Schichten bis auf etwa 400 km Höhe. Die Übereinstimmung der Helligkeitsverteilung längs der Zodiakallichtachse mit derjenigen im Vertikal der Sonne ist eine so grosse, dass man den beobachteten Helligkeitsanstieg gegen die Sonne zur Hauptsache dem Nachdämmerungsschein zuschreiben kann. Was wir als Zodiakallicht bezeichnen und beobachten, ist aus einer terrestrischen und einer kosmischen Komponente, nämlich einem Nachdämmerungsschein und einem kosmischen Zodiakallichtband zusammengesetzt, die beide etwa gleich viel zur Gesamthelligkeit der Erscheinung beitragen.