Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Herausgeber: Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

Band: 110 (1929)

Artikel: Probleme der meteorologischen Strahlungsforschung

Autor: Mörikofer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-90367

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.09.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Probleme der meteorologischen Strahlungsforschung

von

W. Mörikofer

Vorsteher des Physikalisch-Meteorologischen Observatoriums Davos

„Strahlung" ist eines der Schlagworte der wissenschaftlichen Entwicklung unserer Zeit, Strahlung untersucht der Meteorologe und der Klimatologe, und Strahlung braucht der Mediziner, der Biologe. Aus diesem Grunde ist es dem Zentralvorstand und dem Jahresvorstand der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft angezeigt erschienen, Ihnen gerade an der Davoser Jahresversammlung einen Überblick über Strahlungsprobleme zu bieten; denn zur Diskussion von Strahlungsfragen ist Davos aus zwei Gründen prädestiniert wie wenige andere Orte. Die natürlichen Besonderheiten und Vorzüge der Strahlungsvorgänge lassen sich hier, wie noch vielerorts in ähnlicher Höhenlage, ganz ausgezeichnet untersuchen und zum Teile auch direkt subjektiv erfühlen. Aber ausserdem verfügt Davos über ein Observatorium zur Strahlungsforschung von einer Bedeutung, wie es in Europa nur wenige, in der Schweiz kein zweites gibt. Gegründet wurde das Davoser Observatorium vor mehr als zwanzig Jahren von Carl Dorno aus eigener Initiative und mit eigenen Mitteln; im Jahre 1926, beim Rücktritte Dornos von der Leitung des Observatoriums, wurde dieses dann dem „Schweizerischen Forschungsinstitut für Hochgebirgsklima und Tuberkulose" als selbständige Abteilung angegliedert. Dornos Verdienste um dieses Forschungsgebiet beruhen, kurz gesagt, darin, dass er als Erster Instrumente, die vorher nur zu Einzeluntersuchungen oder im Laboratorium verwendet wurden, für regelmässige Messungen umänderte und im täglichen Beobachtungsdienst benützte, und dass er damit ein ungeheures Beobachtungsmaterial gesammelt und in systematischer Weise verarbeitet hat; und auf dieser Grundlage erst haben sich viele, zum Teile empirisch schon vorher bekannte Eigentümlichkeiten der Strahlungsverhält-

nisse und Vorzüge des Hochgebirgsklimas auch wissenschaftlich erklären lassen.

So hat sich das Davoser Observatorium auf dem Gebiete der Strahlungsforschung eine führende Stellung erworben, und nach seinem Vorbild sind in den letzten Jahren auch in anderen Ländern ähnliche Institute ins Leben gerufen worden.

Viele von Ihnen werden wohl in den nächsten Tagen das Observatorium besichtigen. Ich möchte Ihnen deshalb heute einen Einblick in das Arbeitsgebiet des Observatoriums bieten, werde mich dabei aber auf eine Erläuterung der Grundprobleme beschränken und nicht auf die Messmethoden und die Konstruktion der Instrumente, aber auch nicht auf die Einzelheiten der Untersuchungsergebnisse eingehen.

Nur die Grundfragen sollen uns also heute beschäftigen, die Probleme, deren Kern sich lediglich aus jahrelangen Messreihen herausschälen lässt. Da ich selbst noch nicht sehr lange in diesem speziellen Forschungsgebiet tätig bin, kann ich Ihnen wohl aus unserer Werkstatt, nur wenig dagegen von eigenen Resultaten berichten.

Dafür möchte ich versuchen, die Probleme der Strahlungsforschung in einer etwas anderen Darstellung zu bieten, als sie sonst üblich ist. Während der Klimatologe die klimatischen Durchschnittswerte der Strahlung feststellt, und deren Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit und verschiedenen Einflüssen untersucht — während der Biologe nach der spezifischen Wirkung der verschiedenen Strahlungsarten auf die lebende Zelle und auf den ganzen Organismus fragt, sollen bei meinen heutigen Ausführungen die physikalischen und meteorologischen Gesichtspunkte im Vordergrunde stehen. Es soll gezeigt werden, durch welche physikalischen Vorgänge die Strahlungsverhältnisse in der Natur beeinflusst werden, und wie dies im Einzelfalle des meteorologischen Geschehens in Erscheinung tritt. Daran anschliessend wird sich dann Gelegenheit bieten, zu untersuchen, in welcher Weise diese Grundtatsachen sich für Meteorologie und Astronomie, aber auch für Klimatologie und Biologie auswirken.

Eine Strahlung wird in erster Linie definiert durch ihre Wellenlänge und ihre Intensität. Dem Physiker ist — um einen Vergleich aus der Akustik heranzuziehen — eine ungeheuer lange Tonleiter von Wellenlängen der Strahlung bekannt, von den kür-

zesten Gamma- und Ultragammastrahlen und den Röntgenstrahlen bis ins Ultraviolett und ins sichtbare Gebiet und von hier zu den langwelligen Wärmewellen, die zuletzt in die elektromagnetischen Wellen übergehen — im ganzen eine Skala von rund 60 Oktaven. Nur einen kleinen Teil davon umfasst der Strahlungsbereich, der den Meteorologen interessiert. Im wesentlichen sind es zwei Gebiete, die hier in Frage kommen: einerseits die Sonnenstrahlung, die sich über die sichtbare und die angrenzenden ultravioletten und ultraroten Spektralpartien erstreckt und uns teils direkt, teils indirekt durch Reflexion und Diffusion in der Atmosphäre und an der Erdoberfläche zukommt, und anderseits die von der Erde und der Atmosphäre ausgehende Eigenstrahlung im langwelligen Ultrarot.

Das Spektrum der Sonnenstrahlung beginnt bei etwa 300 $\mu\mu$ und geht bis 3000 $\mu\mu$, der Bereich von 400 bis 800 $\mu\mu$ entspricht dem sichtbaren Spektrum, unterhalb liegt noch etwas Energie im Ultraviolett, oberhalb sehr viel im Ultrarot; das Maximum liegt im sichtbaren Bereich, im Gelb.

Weiter im Ultrarot liegt der Strahlungsbereich, durch den die Ausstrahlung der Erde und die Gegenstrahlung der Atmosphäre, kurz die Eigenstrahlung von Erde und Atmosphäre, charakterisiert werden. Dieser Bereich erstreckt sich von etwa 7000 bis 14 000 $\mu\mu$, mit einem Maximum unterhalb 10 000 $\mu\mu$.

Woher nun, werden Sie vielleicht fragen, kommt es, dass das für den Meteorologen wichtige Spektralgebiet in zwei scharf getrennte Bezirke zerfällt. Zur Erklärung dieser Tatsache darf ich kurz an einige physikalische Gesetze erinnern.

Jeder Körper, dessen Temperatur vom absoluten Nullpunkt verschieden ist, sendet Strahlung aus. Deren Qualität oder Wellenlänge hängt neben den spezifischen Eigenschaften der verschiedenen Materien vor allem von der Temperatur ab. Nach den Strahlungsgesetzen von Planck und Wien verschiebt sich der Strahlungsbereich um so weiter gegen kurze Wellen, je höher die Temperatur ist. Alle Körper unserer Umgebung strahlen, wir sehen diese Strahlung nicht, weil sie weit im Ultrarot liegt; sichtbar wird die Strahlung erst dann, wenn der Körper eine gewisse Temperatur von über 500° C erreicht hat.

Die Körper, die als Strahlungsquelle für den Meteorologen wichtig sind, zerfallen nun in zwei Temperaturgruppen. Die eine

Strahlungsquelle ist die Sonne, eine glühende Gaskugel von rund 6000° Temperatur; ihre Strahlungskurve liegt ziemlich weit im kurzwelligen Spektralgebiet. Sie umfasst auch das ganze sichtbare, also auf unser Auge wirksame Spektrum — wäre dies nicht der Fall, so könnte uns die Sonne nur Wärme, nicht aber Licht spenden. Ganz anders verhält es sich dagegen mit der von der Erdoberfläche und der Atmosphäre ausgehenden Strahlung. Auch die Erde, die an ihrer Oberfläche eine Durchschnittstemperatur von 14° C besitzt, emittiert eine langwellige Strahlung, wie wir oben gesehen haben, von etwa 7000 bis 14 000 $\mu\mu$. Und auch bei der Atmosphäre verhält es sich ganz ähnlich. Für unser Auge ist diese langwellige Strahlung unsichtbar, und auch unser Tastgefühl empfindet sie nicht, da wir selbst wegen unserer etwas höheren Körpertemperatur eine kurzwelligere und stärkere Strahlung emittieren.

Diese beiden getrennten Strahlungsbereiche der Sonnenstrahlung und der langwelligen Eigenstrahlung von Erde und Atmosphäre bilden zusammen den „meteorologischen Strahlungsbereich". Auf ihre meteorologischen Eigenschaften werde ich gleich noch eingehender zu sprechen kommen.

Nur kurz erwähnen möchte ich vorerst noch, dass auch zwei andere Strahlungsgebiete an den beiden äussersten Grenzen des gesamten Wellenlängenbereiches in neuerer Zeit das Interesse der Meteorologen und Geophysiker auf sich gezogen haben.

Der kosmischen, durchdringenden Höhenstrahlung, die allem Anschein nach von ausserhalb der Erde zu uns gelangt, wird eine Wellenlänge von etwa einer Tausendstel Angström-Einheit zugeschrieben. Von dieser Strahlung, die für uns nur durch ihre Ionisationswirkung in Erscheinung tritt, sind uns verschiedene Einzelheiten bekannt, über ihr Wesen wissen wir jedoch sozusagen nichts. Nach den neuesten Ergebnissen scheint es sogar nicht ausgeschlossen, dass wir in der durchdringenden Höhenstrahlung nicht eine Wellenstrahlung von bestimmter Wellenlänge, sondern eine Korpuskularstrahlung von Elektronen sehr grosser Geschwindigkeit und Durchschlagskraft zu erblicken haben.

Einstweilen bietet die Erforschung der kosmischen Höhenstrahlung vor allem theoretisches Interesse für den Geophysiker und den Astronomen. Doch wer weiss, vielleicht ist der Zeitpunkt nicht mehr so fern, wo auch der Meteorologe und der Biologe

dieser rätselhaften Strahlung ihre Aufmerksamkeit zuwenden werden. Erfährt die Strahlung an den Wolkentröpfchen und den Luftmolekülen gewisse Veränderungen, wie Reflexion, Diffusion oder Absorption, so ist es sehr wohl möglich, dass sie ihrerseits auf die Atmosphäre gewisse Wirkungen ausübt, und sich dabei vielleicht in der Zukunft als einer der Faktoren entpuppt, die für uns jetzt noch gänzlich imponderabel sind und doch einen entscheidenden Einfluss auf die Gestaltung des Wetters auszuüben vermögen.

Und der Mediziner, der Biologe wird sich die Frage vorlegen, ob der kosmischen Strahlung, die zwar eine viel geringere Intensität, aber ein viel grösseres Durchdringungsvermögen besitzt als Röntgenstrahlen, nicht etwa auch eine Wirkung auf die lebende, gesunde oder kranke Zelle zukommt.

Eine andere Erscheinung, ebenfalls elektrischer Art, jedoch aus dem Spektralbereich am entgegengesetzten Ende der uns bekannten Wellen, gibt uns Kunde von den Störungen im Luftmeer. Diese, an den Diskontinuitätsstellen der Atmosphäre entstehenden elektromagnetischen Schwingungen werden mit radiotelegraphischen Apparaten aufgenommen, und diese Aufzeichnungen haben zu überaus interessanten Ergebnissen geführt, die zur Diagnose und zur Prognose des Wetters neue Ausblicke eröffnen. Doch steht es mir nicht zu, Ihnen über dieses Forschungsgebiet zu berichten, besitzt doch unsere Gesellschaft in Herrn Dr. Jean Lugeon ein Mitglied, das bahnbrechend auf diesem Gebiete gearbeitet hat.

Doch wir wollen diese beiden Grenzgebiete der sehr kurzen und der sehr langen Wellen wieder verlassen und uns der meteorologisch wichtigsten, der Sonnenstrahlung, zuwenden. Hier gilt die erste Frage der Intensität der Totalstrahlung, also der Wärmewirkung der Sonnenstrahlung. Die Strahlung wird gemessen in Grammkalorien, die pro Minute auf den Quadratzentimeter einer zur Strahlung senkrechten Fläche auffallen. Die auf die Erde auftreffende Totalstrahlung hat eine Grössenordnung von etwas über einer Grammkalorie pro Minute und Quadratzentimeter, in der Höhe von Davos kann sie bei klarer Luft 1,5 Kalorien übersteigen, am äusseren Rande der Atmosphäre würde sie 1,937 Kalorien betragen, ein Wert, der als „Solarkonstante“ eine besondere Rolle spielt.

Wie Sie schon aus den genannten Zahlen erkennen mögen, erreicht nicht alle Strahlung, die von der Sonne in die Richtung der Erde emittiert wird, den Erdboden, sondern sie erfährt auf

dem Wege durch die Atmosphäre zum Teil gewisse Veränderungen. Im wesentlichen sind es zwei ganz verschiedene physikalische Vorgänge, die hier eine Rolle spielen, nämlich die Diffusion und die Absorption. Die beiden Vorgänge sind grundverschieden: Während bei der Diffusion die Strahlung durch Reflexion, Brechung und Beugung nur in ihrer Richtung und Verteilung geändert wird, behält sie ihre übrigen Strahlungseigenschaften bei und gelangt im wesentlichen auch wieder zur Erde. Anders bei der Absorption: hier wird die Strahlungsenergie vom absorbierenden Medium aufgefangen und in Wärme umgewandelt.

Die Absorption in der Atmosphäre ist durchaus nicht immer gleich, sondern sie hängt von der Menge der in der Atmosphäre vorhandenen absorbierenden Medien, wie Wasserdampf, Kohlensäure, Ozon und festen Partikeln ab. Am anschaulichsten wird die Strahlungsdurchlässigkeit der Luft durch den Transmissionskoeffizienten ausgedrückt. Diese Grösse gibt das Verhältnis der von der Luftmasse 1 durchgelassenen zur aussen auffallenden Strahlung an; als Luftmasse 1 ist dabei der Weg bezeichnet, den der Strahl bei Einfall aus dem Zenit von der äusseren Atmosphärengrenze bis zum Erdboden zurücklegt.

Neuerdings werden die Verluste, die die Strahlung in der Atmosphäre erleidet, häufig auch durch den Linkeschen Trübungsfaktor dargestellt. Gehen wir davon aus, dass schon die ideale, reine und trockene Atmosphäre die Strahlung in einem bestimmbaren Masse durch Diffusion schwächt, so können wir auf diese ideale Schwächung die wirkliche beziehen, die ausserdem durch Absorption an trübenden festen oder flüssigen Partikeln und Wasserdampf hervorgerufen wird. Der Trübungsfaktor gibt dann an, wie viele dieser „idealen“ Atmosphären gerade die gleiche Strahlungsschwächung ergeben würden wie die wirklich vorhandene Atmosphäre.

Alle die Strahlung schwächenden Einflüsse der Atmosphäre sind in hohem Masse von der Wellenlänge abhängig. Die Diffusion ist direkt eine einfache Funktion der Wellenlänge, die Absorption dagegen hat selektiven Charakter und ist eine spezifische Eigenschaft der durchstrahlten Materie. Der Transmissionskoeffizient kann deshalb stets nur für monochromatische Strahlung streng definiert werden, für Totalstrahlung erhält man einen Mittelwert, der jedoch nicht für das ganze Spektrum charakteristisch ist.

Aus diesem Grunde wollen wir für die weitere Diskussion den

Begriff der Totalstrahlung verlassen und uns der spektralen Verteilung der Sonnenstrahlung zuwenden. Das Energiespektrum der Sonne erstreckt sich über das sichtbare und die anstossenden ultraroten und ultravioletten Gebiete. Die maximale Energie liegt im Sichtbaren, nämlich im Gelb. Viel grösser jedoch als die gesamte Energie im sichtbaren Gebiet ist die im ultraroten gelegene; der Hauptteil der Sonnenenergie kommt uns somit durch die langwellige, unsichtbare Wärmestrahlung zu. Ganz wenig, rund 1 Prozent, beträgt die Strahlungsenergie im Ultraviolett. Die Wirkungen des ultravioletten Lichtes beruhen somit nicht auf der Energie, der Wärmewirkung der Strahlung, sondern auf einer durchaus spezifischen Empfindlichkeit der getroffenen Körper.

Betrachten wir nun, wie die verschiedenen schwächenden Einflüsse sich in den einzelnen Spektralpartien auswirken. Da haben wir zunächst die Diffusion oder Extinktion. Bei dieser erfährt die einfallende Strahlung eine Beugung an den Luftmolekülen. Sind die trübenden Teilchen, in diesem Falle die Luftmoleküle, kleiner als die Wellenlänge der Strahlung, so gilt das Rayleighsche Diffusionsgesetz, wonach die Zerstreuung umgekehrt proportional der vierten Potenz der Wellenlänge erfolgt. Der Rayleighschen Zerstreuung unterliegt somit die kurzwellige Strahlung in viel stärkerem Masse als die langwellige, oder — um im sichtbaren Spektrum zu bleiben — die blaue und violette in etwa zehnmal stärkerem Masse als die rote. Dieser Diffusion ist es zuzuschreiben, dass uns der Himmel nicht unbeleuchtet und schwarz, sondern hell, und nicht etwa weiss, sondern gerade blau erscheint.

Treten zu dieser reinen Molekulardiffraktion an den Luftmolekülen noch Beugung, Brechung und Reflexion an den in der Atmosphäre suspendierten Partikeln, so wird die Abhängigkeit der Extinktion vom Rayleighschen Gesetz gestört, da hier die Teilchen grösser als die Wellenlänge sind. Bei diesen Vorgängen wächst die Extinktion etwa umgekehrt dem Quadrate der Wellenlänge.

Wenn auch der Diffusionsvorgang auf den kurzwelligen Spektralbereich in sehr viel stärkerem Masse wirkt als auf den langwelligen, so darf doch nicht übersehen werden, dass auch die Wärmestrahlung von der Atmosphäre in geringem Masse diffundiert wird. Und da in diesem Spektralbereich die primäre Strahlungsenergie sehr viel grösser ist als im kurzwelligen, so erreicht die diffuse Wärmestrahlung, die uns von der Atmosphäre zugestrahlt wird, doch ganz

beträchtliche Werte, ja im Tiefland kann sie bis zur Hälfte der Intensität der Sonnenstrahlung anwachsen.

Erst seit wenigen Jahren ist man richtig aufmerksam geworden auf die grosse klimatologische und biologische Bedeutung, die dieser diffusen Wärmestrahlung zukommt. Der Klimatologe berechnet dann meist nicht die diffuse Strahlung allein, sondern die von Sonne und Himmel auf eine horizontale Fläche geworfene gesamte Wärmestrahlung. Bemerkenswert ist dabei, dass, wenn die direkte Sonnenstrahlung durch Trübung der Atmosphäre vermindert ist, sie uns dann grösstenteils als diffuse Wärmestrahlung doch wieder zukommt. Am grössten ist für eine gegebene Fläche die Gesamtstrahlung von Sonne und Himmel nicht etwa bei wolkenlosem Wetter, sondern, wenn die Sonne zwischen Wolken hindurchscheint, und die direkte Sonnenstrahlung durch Reflexion an den Wolken noch verstärkt wird.

Interessant ist auch die Abhängigkeit der diffusen Wärmestrahlung von der geographischen Breite. Hier zeigt es sich, dass in Nordeuropa die Gesamtstrahlung, wohl wegen des dauernd tiefen Sonnenstandes, nur die Hälfte des am Äquator gemessenen Wertes erreicht. Bemerkenswert ist nun aber die grosse Vermehrung der Strahlung mit der Erhebung über das Meeresniveau, in die reinen Höhen unserer Alpen; so erhält Davos an Strahlung von Sonne und Himmel eine grössere Kalorienmenge zugestrahlt als irgendeine Station in den Tropen, obgleich es in Mitteleuropa sich eines weniger steilen Einfalles der Sonnenstrahlung erfreut.

Während die Diffusion der Strahlung sowohl an den Molekülen, als auch an den grösseren Partikeln eine einfache Funktion der Wellenlänge ist, beruht die Absorption auf einer selektiven Eigenschaft der absorbierenden Medien und beschränkt sich somit auf bestimmte Spektralbereiche, in denen eine vollständige oder partielle Auslöschung der Strahlungsenergie erfolgt. Als solche Medien kommen in Betracht: Wasserdampf, die permanenten Gase der Atmosphäre, und zwar speziell Kohlensäure und Ozon, und schliesslich die in der Luft schwebenden Massen an trockenem Staub oder feuchtem Dunst.

Es spielen somit bei der atmosphärischen Absorption nur diejenigen Gase eine Rolle, die in verhältnismässig geringen Mengen in der Luft vorkommen. Von den beiden Hauptbestandteilen der Atmosphäre zeigt der Stickstoff keinerlei Absorption in diesem Spektralgebiet, während der Sauerstoff nur Absorptionsbanden aus

feinen Linien aufweist, deren gesamte Absorption sehr gering ist. Besässen auch diese beiden wichtigsten Gase der Atmosphäre ähnlich starke Absorptionen im Bereiche des Sonnenspektrums, wie wir sie noch für die selteren Bestandteile kennen lernen werden, so würde sich der Strahlungshaushalt unserer Erde wohl wesentlich anders gestalten. Von der auffallenden Strahlung würde ein viel grösserer Teil von der Atmosphäre absorbiert und zu ihrer Erwärmung verwendet, ein viel kleinerer bis zum Erdboden durchgelassen werden. Die Atmosphäre wäre also wohl viel wärmer und die Luft dauernd weisslich, und es wäre uns nicht gegeben, uns in frischer Höhenluft einer aus blauem Himmel prächtig warm strahlenden Sonne zu erfreuen.

Von den selteneren Gasen der Atmosphäre besitzen zwar Kohlensäure und Ozon sehr starke Absorptionsbanden, doch liegen diese fast ganz an den Grenzen oder ausserhalb des Sonnenspektrums und sollen zunächst ausser Betracht bleiben.

Eine sehr grosse Rolle im Strahlungshaushalt der Natur spielt dagegen der Wasserdampf. Die breiten und tiefen Absorptionsbänder, die das Sonnenspektrum im Ultrarot aufweist, sind durch den Wasserdampfgehalt der Atmosphäre verursacht. Während der Wasserdampf im sichtbaren Gebiet für Strahlung vorzüglich durchlässig ist, wird im langwelligen, im Gebiet der ausschliesslichen Wärmewirkung, über weite Bereiche die ganze Strahlung ausgelöscht.

Diese Eigenschaft des Wasserdampfes besitzt für den Wärmehaushalt der Atmosphäre eine dreifache Bedeutung. Einmal wird die Wärmestrahlung in der wasserdampfreichen Atmosphäre ganz bedeutend geschwächt, sie geht uns somit für die Erdoberfläche direkt verloren. Indirekt kommt sie uns aber wieder zu, denn zweitens erwärmen sich bei dieser Absorption Wasserdampf und Atmosphäre selbst, so dass sie ihrerseits wieder langwellige Wärmestrahlung gegen die Erde auszusenden vermögen; und drittens bewirkt diese Absorption, dass auch die von der Erde reflektierte Sonnenstrahlung und langwellige Eigenstrahlung nicht in den Weltenraum hinausgeht, sondern in der Atmosphäre zurückgehalten wird. Die Wasserdampfhülle der Erde bildet somit für die Erde einen schützenden Wärmemantel, der für alles Leben auf der Erde einen lebenswichtigen Faktor darstellt, da er die Extreme sowohl der Einstrahlung wie der Ausstrahlung mildert.

Im Gegensatz zu den permanenten Gasen der Atmosphäre ändert

sich deren Wasserdampfgehalt mit Tages- und Jahreszeit, vor allem aber auch mit der Witterung und von Ort zu Ort. Die Strahlungsabsorption im Ultrarot ist deshalb grossen Schwankungen unterworfen.

Über die Absorption in einer Wolke trockenen Staubes wissen wir nur sehr wenig. Doch können wir wohl annehmen, dass sie wegen der vielfachen Reflexion zwischen den einzelnen Partikeln ähnlich ist der Hohlraumabsorption, dass somit der Staub ungefähr wie ein schwarzer, oder wenigstens ein grauer Körper alle auffallende Strahlung gleichmässig absorbiert.

Ein ganz besonderes Interesse beansprucht die Frage nach der langwelligen und der kurzwelligen Grenze des Sonnenspektrums. Die Sonne ist zwar ein glühender Gasball; wegen ihrer grossen Masse emittiert sie jedoch nicht ein Linien- und Bandenspektrum, wie es die Physik im allgemeinen von Gasen lehrt, sondern eine kontinuierliche Strahlung, die nahezu der des schwarzen Körpers entspricht. Nun lässt sich die Energiekurve für die Strahlung des schwarzen Körpers aus der Planckschen Strahlungsformel genau berechnen, und da zeigt sich, dass die Energiekurve der Sonnenstrahlung sich ziemlich genau der theoretischen Kurve anschliesst, mit Ausnahme der bereits angeführten Absorptionsgebiete atmosphärischen Ursprunges und sodann mit Ausnahme der beiden Enden des Spektrums. Hier hört die Sonnenstrahlung bedeutend früher auf, als der Strahlung des schwarzen Körpers entspricht. Im langwelligen Gebiet ist diese Verkürzung des Spektrums, wie auch schon die breiten Absorptionsbanden, dem Wasserdampf und ausserdem etwas der Kohlensäure zuzuschreiben.

Viel auffallender als im Ultrarot ist der überraschend starke Abfall im Ultraviolett. Während das beobachtete Energiespektrum der Sonne sich mit der theoretischen Strahlungskurve eines absolut schwarzen Körpers von 6000^0 absoluter Temperatur in grossen Partien, vor allem auch in der Gegend der maximalen Intensität, vollkommen deckt, lassen sich mehrere auffallende Abweichungen feststellen. Besonders wichtig ist von diesen das kurzwellige Ende des Sonnenspektrums; statt bis unterhalb 200 $\mu\mu$ zu reichen, bricht es in steilem Abfall in der Gegend von 300 $\mu\mu$ ab, ist somit um mehr als 100 $\mu\mu$ verkürzt.

Diese Schwächung des Sonnenspektrums sowie das Abschneiden an der Grenze sind auf Absorptionsbänder des Ozons zurückzuführen. Ozon zeigt in diesem Gebiet eine sehr kräftige Absorption,

die schon bei geringen Ozonmengen stark in Erscheinung tritt. Allerdings reicht diese wichtigste Ozonbande, die das Spektrum abschneidet, nicht bis zum theoretischen Ende des extraterrestrischen Sonnenspektrums. Es wäre deshalb zu erwarten, dass in der Gegend von 200 $\mu\mu$ bis 220 $\mu\mu$ wieder etwas Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre hindurchgeht, und von unseren Instrumenten aufgezeichnet wird. In Wirklichkeit ist dies aber nicht der Fall, und es bleibt eine Aufgabe der Zukunft, zu entscheiden, ob das Fehlen des äussersten Sonnenultravioletts dem Ammoniak oder dem Sauerstoff, wie schon vermutet wurde, oder einem ganz anderen Faktor zuzuschreiben ist.

Doch es erhebt sich nun die Frage: Woher kommt denn dieses Ozon, das eine so starke Absorptionswirkung auszuüben vermag? Ozon ist bekanntlich eine chemisch besonders aktive Form des in der Luft stets vorhandenen Sauerstoffes, ist sein dreiatomiges Molekül. Mit der Ozonabsorption und dem Vorkommen des Ozons in der Atmosphäre haben sich in den letzten zwei Jahrzehnten eine ganze Anzahl Forscher beschäftigt, und die interessanten Ergebnisse ihrer Untersuchungen mögen hier kurz zusammengefasst werden. Aus der Absorption der Sonnenstrahlung lässt sich berechnen, dass das Ozon, wenn man es auf eine schmale Schicht von Normaldruck konzentrieren könnte, nur eine Schichtdicke von 3 mm erreichen würde; bei der grossen Lichtundurchlässigkeit des Ozons genügt diese geringe Menge zur Auslöschung ganzer Spektralpartien. Nimmt man an, dass diese Ozonmenge in der Atmosphäre gleichmässig verteilt sei, so würde daraus eine ungeheuer geringe Ozonkonzentration folgen, nämlich eine solche von 4 zu 10 Millionen. Versuche mit künstlichen Lichtquellen auf grosse Distanz haben nun ergeben, dass in der Nähe des Erdbodens keine Ozonabsorption zu beobachten ist, sondern dass das Ozon sich auf sehr hohe Atmosphärenschichten beschränken muss. Und in der Tat haben neue spektroskopische und photoelektrische Strahlungsmessungen, an denen auch unser Kollege Dr. Götz in Arosa beteiligt ist, den Nachweis dafür erbracht, dass diese Ozonschicht ihren Sitz in einer Höhe von rund 30—50 Kilometern hat. Es ist klar, dass diese geringe Ozonmenge nicht auf eine dünne Schicht konzentriert ist, und zudem sind sowohl der Ozongehalt als auch die Höhe der Ozonschicht beträchtlichen periodischen und unregelmässigen Schwankungen unterworfen.

Über die Frage nach der Ursache, die zur Entstehung von Ozon in diesen hohen Schichten führt, herrscht noch keine Klarheit. Bis vor kurzem wurde angenommen, dass das Ozon durch ganz kurzwellige ultraviolette Strahlung erzeugt wird, nämlich durch das äusserste Ende des Sonnenspektrums, das noch eben bis in diese Schichten eindringt. Die allerneuesten Ergebnisse der Forschung sind dieser Erklärung jedoch sehr ungünstig. Ozonbestimmungen, die nicht an Sonnenstrahlung, sondern an Mondlicht angestellt wurden, haben nämlich ergeben, dass nachts die Ozonmenge grösser ist als am Tage, was sich mit der Erklärung der Ozonbildung durch Sonnenstrahlung nicht vereinbaren lässt. So liegt die Entstehung des Ozons noch gänzlich im Dunkeln. Was dagegen die Ozonmenge im Gleichgewicht hält, ist leichter zu sagen. Während diese unbekannte Ursache stets nur die Neubildung von Ozon übernimmt, arbeitet die, gerade vom Ozon absorbierte kurzwellige Sonnenstrahlung von 220 bis 300 $\mu\mu$ an dessen Umwandlung in Sauerstoff. Ausserdem sinkt das Ozon als schweres Gas in die unteren Atmosphärenschichten, wo es unter dem Einflusse des dort vorhandenen Wasserdampfes auch wieder der Vernichtung anheimfällt.

Ich bin etwas näher auf das aktuelle Problem des Ozons eingegangen, weil es von besonderem meteorologischen und geophysikalischen Interesse ist, weil es aber auch, wie wir noch sehen werden, für die Biologie eine sehr grosse Rolle spielt. Doch wollen wir jetzt die Fragen der Sonnenstrahlung verlassen und uns zunächst noch kurz der Eigenstrahlung der Erde und der Atmosphäre zuwenden.

Wie alle Körper, deren Temperatur vom absoluten Nullpunkt verschieden ist, emittieren auch die Erde und die Atmosphäre eine ihrer Temperatur entsprechende Wärmestrahlung. Die Energiekurve dieser Erdstrahlung liegt im langwelligen Gebiet von 7000 bis 14 000 $\mu\mu$. Nach dem Kirchhoffschen Gesetz ist die Emission eines Körpers proportional seiner Absorption, und so können wir wohl annehmen, dass die Erdoberfläche ähnlich wie ein schwarzer Körper von etwa 14° C strahlt. Anders verhält es sich mit der Atmosphäre und mit den in ihr vorhandenen Wolken; da ihre Bestandteile eine selektive Absorption besitzen, muss auch ihre Strahlungsemission durchaus selektiven Charakter zeigen. Über die Einzelheiten der atmosphärischen Strahlung in diesem lang-

welligen Ultrarot sind unsere Kenntnisse noch gering. Bemerkenswert ist jedenfalls, dass dieselben Gase, nämlich Wasserdampf, Ozon, Kohlensäure, die im Sonnenspektrum durch ihre Absorption, nun hier durch ihre Emission eine grosse Rolle spielen; es hat sich gezeigt, dass die Variationen der atmosphärischen Strahlung in erster Linie von der Temperatur und von dem durch den Wasserdampfgehalt bestimmten Emissionsvermögen der Luft abhängen.

Die Eigenstrahlung, oder wie man sie gewöhnlich nennt, die nächtliche Ausstrahlung der Erde, und die Gegenstrahlung der Atmosphäre stehen zueinander im Gegenspiel. In Erscheinung tritt deshalb stets ihre Differenz, die sogenannte „effektive Ausstrahlung". Eine wichtige Schutzmantelwirkung der Atmosphäre zeigt sich auch hier wieder. Da die Luft für die kurzwellige Strahlung von der Art des Sonnenlichtes eine verhältnismässig grosse, für die langwellige Wärmestrahlung dagegen eine viel geringere Durchlässigkeit besitzt, kann das Sonnenlicht nahezu ungehindert durch die Atmosphäre hindurchgehen und den Erdboden erwärmen. Die langwellige Wärmestrahlung jedoch, die dieser dann aussendet, wird von der Atmosphäre in viel geringerem Masse durchgelassen und dafür durch Absorption in Wärme umgewandelt. Diese „Glashauswirkung" der Atmosphäre bildet für die Erde einen wertvollen Wärmeschutz gegen zu grosse Abkühlung durch Ausstrahlung in den Weltenraum.

Damit glaube ich, Ihnen die wichtigsten Grundzüge der Physik und Meteorologie der Sonnen- und Himmelsstrahlung kurz dargelegt zu haben. Doch habe ich damit das mir gesteckte Ziel noch nicht ganz erreicht. Eine lobenswerte Tradition der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft strebt dahin, in den Hauptvorträgen nicht nur den engeren Fachgenossen, sondern auch Forschern aus anderen Gebieten etwas Positives zu geben. Ich möchte deshalb versuchen, Ihnen an Hand einiger Beispiele noch ganz kurz zu skizzieren, in welcher Weise sich die besprochenen Gesetzmässigkeiten für andere Probleme der Meteorologie und Klimatologie, aber auch für weitere Arbeitsgebiete wie Technik, Biologie und Astronomie auswirken.

Eine allgemeine Bemerkung möchte ich zunächst vorausschicken. Bei unseren Arbeiten begegnen wir gelegentlich der Frage: Nach welchen letzten Zielen strebt die Strahlungsforschung, versprechen ihre Ergebnisse einen Gewinn für das praktische Leben, oder han-

delt es sich bei ihr lediglich um wissenschaftliche Forschung ohne praktischen Nutzen?

Die Ansicht, dass wissenschaftliche Forschung als Selbstzweck und ohne praktische Ziele keine Daseinsberechtigung habe, ist schon alt und wird von dem nüchteren Sinne unserer Generation immer stärker betont. Glücklicherweise brauche ich vor diesem Forum keine Lanze zu brechen für das gute Recht und die vornehme Pflicht der Naturforschung, sich auch für diejenigen Fragen zu interessieren, denen keine praktische Seite abgewonnen werden kann. Doch umgekehrt ist es ebenso klar, dass auch der Naturforscher in der Regel mit ungleich grösserer Freude und Begeisterung seinen Problemen nachgeht, wenn er sie zu einem praktischen Ziele führen sieht, wobei unter „praktisch“ weniger die technische und finanzielle Ausbeutung als die Förderung der menschlichen Wohlfahrt verstanden sein soll. Und ich hoffe, Ihnen nun zeigen zu können, dass auch im Gebiete der Strahlungsforschung viele tiefere Probleme ihre Wurzel haben, die sämtliche ihren wissenschaftlichen Wert aufweisen, von denen aber eine ganze Reihe auch ihre grosse praktische Bedeutung besitzt.

Um zunächst den Strahlungs- und Wärmehaushalt von Atmosphäre und Erde zu überblicken, wollen wir uns nochmals vergegenwärtigen, was mit der einfallenden Strahlung alles geschieht.

Von der einfallenden Sonnenstrahlung wird ein Teil durch die Atmosphäre durchgelassen, ein Teil schon hier zurückgehalten, und zwar zum Teil diffus reflektiert, nach allen Richtungen, gegen die Erde und gegen den Weltenraum zurück; ein Teil wird absorbiert und in Wärme verwandelt und geht dann auch wieder als langwellige Wärmestrahlung nach unten und nach oben. Die bis zum Erdboden gelangende Strahlung wird zu einem kleinen Teile reflektiert, in der Hauptsache jedoch absorbiert und in Form von Wärme dem Boden zugeführt. Diese Erwärmung der Bodenoberfläche wirkt sich nun in sehr verschiedener Weise aus. Durch Leitung werden den obersten Bodenschichten grosse Wärmemengen zugeführt, während die direkte Wärmeleitung an die aufliegende Luftschicht infolge des geringeren Wärmeleitvermögens der Luft nur klein ist. Die indirekte Wärmeleitung jedoch, die Scheinleitung durch Austausch und Konvektion, spielt bei der Erwärmung der bodennahen Luftschichten die Hauptrolle. Dazu kommt die Wärmeausstrahlung des warmen Bodens gegen die höheren Atmosphärenschichten.

Sie sehen daraus, welch ungeheuer wichtige Rolle für den Wärmeumsatz der Sonnenstrahlung in Wärme der Erdboden spielt. Unter dem Einfluss der Bestrahlung durch die Sonne nimmt die Oberfläche des Bodens sehr hohe Temperaturen an, durch Leitung in den Boden und durch Konvektion in die Luft breitet sich diese Erwärmung aus. Die höchste Temperatur hat dabei die oberste Schicht des Bodens, von hier nimmt nach oben und nach unten die Temperatur ab.

Besonderes Interesse beanspruchen die Temperaturverhältnisse der bodennahen Luftschicht, denn sie geben ein indirektes Mass für die Einwirkung der Strahlung. Es ist erst wenige Jahre her, seit man die Verhältnisse in dieser bodennahen Luftschicht nicht nur als „gestört" ansieht, sondern der besonderen Untersuchung für wert erachtet. Schon vor zehn Jahren habe ich die Temperaturverhältnisse in der bodennahen Luftschicht genauer untersucht und bin dabei auf eine Tatsache gestossen, die auch von anderer Seite bestätigt wurde, dass vom heissen Boden aufwärts die Temperatur zwar abnimmt, dass sich jedoch in einer Höhe von etwa einem Meter erneut ein kleiner Temperaturanstieg feststellen lässt. Eine Erklärung für diese eigentümliche Schichtung ist bis jetzt nicht bekannt, man wird wohl annehmen müssen, dass Diskontinuitäten im Austausch dafür verantwortlich zu machen sind.

Die Wärmekonvektion und der Massenaustausch bilden die wichtigsten Träger des von der Erdoberfläche in die Luft hineingehenden Wärmestromes. Auch der Austauschgrösse ist erst in den letzten Jahren vermehrte Aufmerksamkeit zugewandt worden; von ihrer Abhängigkeit von der Strahlung sind noch weitere interessante Aufschlüsse über die Wärmefortpflanzung in der Atmosphäre zu erwarten.

Neben den in kleinen Dimensionen sich abspielenden Vorgängen des Austausches und der Konvektion ist noch ein ähnlicher Prozess von sehr grossem Ausmasse zu nennen: Die atmosphärische Zirkulation, die die Luft in grossen Wirbeln oder gleichmässigen Strömen über grosse Teile der Erde fliessen lässt. Der Strahlungsaustausch zwischen Einstrahlung und Ausstrahlung und die atmosphärische Zirkulation, durch welche die Advektion und Konvektion der Wärme unterhalten wird, diese beiden fundamentalen Prozesse bestimmen die horizontale und vertikale Temperaturverteilung in der Atmosphäre. Beide Prozesse haben einen engen kausalen Zusammenhang:

Die Zirkulation wird durch die Strahlung und die ungleiche Erwärmung des Bodens verursacht, und ihrerseits beeinflusst sie durch die Unregelmässigkeiten der Witterung wieder die Strahlung.

Doch nicht nur am Erdboden spielt sich der Energieumsatz von Strahlung und Wärme ab; wie wir wissen, wird auch in der Atmosphäre Strahlung absorbiert und in Wärme umgewandelt.

Nehmen wir die gegen die Erde emittierte Sonnenstrahlung als konstant an, so geben uns die Schwankungen der atmosphärischen Durchlässigkeit ein Mass für die Menge der absorbierenden Beimengungen der Atmosphäre, vor allem des Wasserdampfes. Und in der Tat ist es Fowle gelungen, Formeln aufzustellen, die aus der Strahlungsschwächung den momentanen Wasserdampfgehalt der Atmosphäre über dem Beobachtungsort zu berechnen gestatten.

Wie leicht zu ersehen ist, besteht auch ein enger Zusammenhang zwischen der Strahlungsdurchlässigkeit der Atmosphäre und der Wetterlage; sie beruht auf den Änderungen des Wasserdampfgehaltes und des Dunstes und ausserdem auf den Vertikalbewegungen der auf- und absteigenden Luftmassen.

Leider wissen wir über diese Zusammenhänge noch sehr wenig, jedoch ist jedenfalls hier noch interessantes Neuland zu bearbeiten. Besondere Bedeutung verdienen diese Fragen, weil davon zweifellos ein praktischer Nutzen für die Wetterprognose zu erwarten sein wird. Wie Sie wissen, ist es die Aufgabe der Aerologie, mit Hilfe von Registrier- und Fesselballons, mit Drachenaufstiegen und neuerdings vor allem mit dem Flugzeug, die höheren Luftschichten zu untersuchen. Es wird eine Aufgabe der Zukunft sein, Aerologie und Strahlungsforschung noch intensiver Hand in Hand arbeiten zu lassen zu einer Aufklärung der Vorgänge in den höheren Luftschichten. Wenn gar, wie bei uns in der Schweiz, die für aerologische Untersuchungen notwendigen grossen Geldmittel fehlen, so sollte erst recht die Strahlungsmessung in die Lücke treten, um aus den Strahlungsschwankungen Schlüsse auf die Änderungen in den höheren Schichten zu ermöglichen.

Diese Erwartung basiere ich auf folgendem Gedankengange: Wie Sie wohl wissen werden, ist das ganze Gebäude der synoptischen Meteorologie, der Lehre vom Wettergeschehen, und damit auch die Wetterprognose, in den letzten zehn Jahren durch die Untersuchungen verschiedener Forscher, vor allem die beiden Norweger Bjerknes, Vater und Sohn, auf eine ganz neue Basis

gestellt worden. Von den interessanten, aber ziemlich komplizierten Anschauungen will ich hier nur das Wichtigste nennen: Eine kalte Luftmasse zirkuliert über dem Polargebiet, eine warme über den Tropen. Diese Polarluft und diese Tropikluft sind gegen die gemässigte Zone durch scharfe Abgrenzungen, die Polarfront und die Aequatorialfront, abgetrennt. Diese beiden Fronten sind, besonders über dem Atlantischen Ozean, in dauernder Bewegung und schwingen gegeneinander. Dabei löst sich häufig eine Masse kalter oder warmer Luft aus ihrem Reservoir los und wandert ostwärts über Europa, wobei sie eine Depression bildet und den üblichen Ablauf des Wetterzyklus verursacht. Nun sind aber diese wandernden Luftmassen nicht etwa Luftsäulen, die sich vom Erdboden bis in die höchsten Höhen erstrecken, sondern sie schieben sich in horizontaler Schichtung mit ganz leichter Neigung der Schichtflächen übereinander. Dringt Kaltluft ein, so schiebt sie sich unter die wärmere und deshalb leichtere Luft, die bereits über dem Kontinent lagert. Bricht Warmluft herein, so gleitet sie längs einer sogenannten Aufgleitfläche über die kalte Luft in die Höhe. Für die Wetterprognose ist es nun wichtig, zu wissen, ob warme oder kalte Luft in der Höhe vorhanden ist, und in welcher Höhe die Trennungsfläche der beiden Luftarten liegt. Da Polarluft und Tropikluft ganz verschiedene Beschaffenheit besitzen, so ist nicht daran zu zweifeln, dass auch ihre Durchlässigkeit für Sonnenstrahlung ganz verschieden ist. Und es ist zu hoffen, dass es der Zukunft gelingen wird, eine Methode auszuarbeiten, die gestattet, mittels Strahlungsmessungen Wetterprognose zu treiben.

Auf eine aussergewöhnliche Möglichkeit, durch Strahlungsmessungen Einblick zu erhalten in die atmosphärischen Verhältnisse, möchte ich noch kurz hinweisen. Während der Physiker im Experiment seine Versuchsbedingungen vereinfachen und nach Belieben variieren kann, ist dem Meteorologen in seinem Arbeitsgebiet keine Möglichkeit gegeben, irgendwelchen Einfluss auf den Ablauf der zu untersuchenden Vorgänge auszuüben. Den einzigen Fall, wo die der Erde zukommende Sonnenstrahlung in genau kontrollierbarer Weise sich ändert, bieten die Sonnenfinsternisse; hier schiebt sich der Mond als ausserterrestrische Blende zwischen Sonne und Erde und in kurzer Zeit nimmt die Einstrahlung ab, und die Atmosphäre ist dann ganz sich selbst überlassen. Aus den Beobachtungen, die Herr Dr. Lindholm und ich im Auftrage des

Davoser Observatoriums vor zwei Jahren bei einer totalen Sonnenfinsternis in Lappland angestellt haben, haben wir den Eindruck bekommen, dass schon eine Minderung der Strahlung von weniger als einer Stunde Dauer genügt, um das Strahlungsgleichgewicht der Atmosphäre vollständig zu stören. Am blauen Himmel bildeten sich kurz vor Beginn der Totalität plötzlich Wolken, die nachher mit zunehmender Strahlung ebenso schnell wieder verschwanden — ein Zeichen, dass im Niveau dieser Wolken in etwa 3000 Meter Höhe viel Wasserdampf vorhanden gewesen und eine starke Emission, Ausstrahlung, Abkühlung und Kondensation eingetreten sein muss. Parallel damit ging in der Tat auch eine Abnahme der Strahlungsdurchlässigkeit der Atmosphäre, die ebenfalls auf Kondensation in den höheren Schichten zurückzuführen ist. So scheint es, dass für die zukünftige Forschung Sonnenfinsternisse wertvolle Hilfsmittel zur Erforschung nicht nur der Strahlungsverhältnisse auf der Sonne, sondern ebensosehr auch der Beschaffenheit der Atmosphäre darstellen.

Auf die Klimatologie der Strahlung kann ich hier nicht eingehen; sie ist ein grosses Forschungsgebiet, das sich nicht mit wenigen Andeutungen skizzieren lässt. Die Strahlungsklimatologie untersucht die langjährigen Mittelwerte und den Tages- und Jahresverlauf der verschiedenen Strahlungen. Ihr Hauptergebnis ist, kurz gesagt, dass die Strahlung im Hochgebirge der in der Ebene durch grössere Intensität, grössere Gleichmässigkeit und Reichtum an kurzwelligen Strahlen bei weitem überlegen ist.

Doch auf einige technische Anwendungen der Strahlenforschung möchte ich noch kurz hinweisen; denn auch der Ingenieur und der Architekt können aus den Resultaten der Strahlungsforschung Nutzen ziehen. So wird zweifellos einmal die Zeit kommen, wo der zunehmende Rohstoffmangel das Menschengeschlecht zwingen wird, intensiver als noch jetzt sich mit dem Problem der Ausnützung der Sonnenstrahlungsenergie zu befassen, und dann werden lokale Kenntnisse über die Intensität und über die Häufigkeit von Sonnenschein und Bewölkung eine grosse Bedeutung erlangen.

Für den Architekten mögen weniger die Intensitäten der Strahlung als die Verteilung der Helligkeit von Interesse sein. Es sei nur daran erinnert, dass durchaus nicht, wie man etwa glauben möchte, ein Südzimmer stets die beste Beleuchtung und den meisten Sonnenschein hat. Im Gegenteil, während des Som-

merhalbjahres sind Ost- und Westzimmer bevorzugt; denn in ihnen scheint die Sonne bis in die Tiefe hinein, während sie über die Mittagsstunden so hoch steht, dass sie kaum hinter die Fensterrahmen der Südzimmer dringt.

Auch auf eine biologische Auswirkung der Strahlungsvorgänge möchte ich noch kurz zu sprechen kommen, auf ein Problem der Ultraviolettstrahlung. Wie Sie wissen, besitzt die lebende Zelle eine spezifische Empfindlichkeit für das kurzwellige Ultraviolett, das die Grenze des Sonnenspektrums bildet. Dieses Spektralgebiet führt bei der Haut zu Erythembildung und Pigmentierung, und auch andere physiologische Wirkungen sind an diesen Bereich gebunden.

Vergegenwärtigen wir uns nun die Empfindlichkeitskurve der Haut, so erinnern wir uns, dass sie nach den Untersuchungen von Hausser und Vahle ihr Maximum etwas unterhalb 300 $\mu\mu$ hat, während von dieser Wellenlänge anderseits eine nur noch ganz geringe Energie der Sonnenstrahlung vom Ozon der Atmosphäre durchgelassen wird. Der Einfluss des Ozons seinerseits auf die Erstreckung des Sonnenspektrums geht daraus hervor, dass nach Fabry für eine Abnahme des gesamten Ozongehaltes um je einen Millimeter konzentrierter Schichthöhe von Normaldruck — in welchem Masse ausgedrückt der Ozongehalt durchschnittlich 3 mm beträgt — die Grenze des Sonnenspektrums um etwa 2,5 $\mu\mu$ weiter ins Ultraviolett rückt, also in das Gebiet der maximalen Hautempfindlichkeit. Während das Maximum der physiologischen Empfindlichkeit vom terrestrischen Sonnenspektrum kaum mehr erreicht wird, würde es der Wirkung der extraterrestrischen Strahlung voll unterliegen. Nun kennt man von Versuchen mit der Quarzlampe, deren Spektrum ähnlich der extraterrestrischen Sonnenstrahlung viel weiter ins Ultraviolett reicht als unser Sonnenlicht, die schweren Schädigungen, die die lebende Zelle von dem noch kurzwelligeren Ultraviolett erleidet.

So ist nicht daran zu zweifeln, dass schon geringe Schwankungen des Ozongehaltes durch beträchtliche Verschiebung der Grenze des Sonnenspektrums einen grossen biologischen Einfluss ausüben, der uns im einzelnen noch gar nicht bekannt ist. Vor allem aber ist es nicht nur als ein Glück, sondern geradezu als Existenznotwendigkeit für alles organische Leben anzusprechen, dass das äusserste Ultraviolett des Sonnenspektrums in der Atmosphäre vollkommen absorbiert wird. Wer möchte da nicht staunen

ob der weisen Ordnung der Natur, die sich des in ungeheurer Verdünnung in grossen Höhen schwebenden Ozons bedient, um organisches Leben auf unserer Erde überhaupt zu ermöglichen.

Doch verlassen wir in Gedanken nun auch noch diese hohen Atmosphärenschichten und gehen wir bis zur Sonne; wir begeben uns damit in das Gebiet der Astrophysik. Und da scheint es nun, dass auch die Strahlung, wie sie von der Sonne selbst ausgeht, keineswegs ganz konstant und gleichmässig ist, sondern Schwankungen erleidet, die von einigen amerikanischen Forschern in besonders günstigem Wüstengebirgsklima nachgewiesen wurden. Danach schwankt die Sonnenstrahlung in längeren Zeiträumen von einigen Jahren um etwa 2 Prozent, in kürzeren sogar bis zu 7 Prozent. Die Schwankung, deren Realität übrigens von anderen Forschern bestritten wird, ist viel stärker im kurzwelligen Spektralteil als im langwelligen.

Interessant ist die Tatsache, dass die Sonnenstrahlung ihre grösste Intensität dann hat, wenn die Zahl der Sonnenflecken am grössten ist. Auf den ersten Blick mag dieser Zusammenhang überraschen, da ja die Sonnenflecken dunklere Stellen der Sonnenoberfläche darstellen. Nun geht aber meistens eine Zunahme der Sonnenflecken Hand in Hand mit einer Zunahme der Sonnenfackeln. Diese sind Eruptionen grosser leuchtender Gasmassen, die starke Strahlung emittieren, wenn sie sich auch für unser Auge nicht stark von der Sonnenfläche abheben.

Gehen wir nun noch einen Schritt weiter, verlassen wir die Sonne und begeben uns unter die Fixsterne. Von hier aus wird uns nun die Sonne wie ein Fixstern erscheinen, und zwar nicht etwa als einer von den grossen, strahlenden, sondern als einer von den kleinen, bescheidenen. Wie uns die Strahlungsforschung lehrt, ist das Licht dieses Fixsterns, wie das so manches anderen nicht konstant, sondern es zeigt Schwankungen. Aus der Perspektive des Weltalls stellt sich somit unsere Sonne als kleiner, veränderlicher Fixstern dar.

Doch wir wollen uns nicht in den Tiefen des Weltalls verlieren, sondern zum Schluss wieder an unsern Ausgangspunkt zurückkehren, zum Davoser Observatorium. Und da sei es mir gestattet, mich mit einem persönlichen Wunsche an Sie zu wenden.

Seine Entstehung und seine Blüte verdankt das Davoser Observatorium Prof. Dorno, einem Norddeutschen; als sein würdiger

Nachfolger hat dann der schwedische Staatsmeteorologe Dr. LINDHOLM das Institut während dreier Jahre geleitet, und auch als Gäste und Mitarbeiter waren am Observatorium fast ausschliesslich Ausländer tätig. Wenn nun in diesen Tagen die Leitung des Davoser Observatoriums in die Hände eines Schweizers gelegt wird, so sei diesem gestattet, vor dieser hochansehnlichen Versammlung, der Elite der schweizerischen Naturforscher, dem Wunsche Ausdruck zu verleihen, das Davoser Observatorium möge in Zukunft in den wissenschaftlichen Kreisen unseres Landes mehr Rückhalt und Anschluss finden als bisher. Wenn das Observatorium Fühlung mit den aktuellen Problemen der Nachbargebiete behalten soll, so kann dies nur durch dauernden Kontakt mit den naturwissenschaftlichen Pflegestätten, den Universitätsinstituten unseres Landes geschehen. Wir würden es deshalb freudig begrüssen, Anregungen von anderen Forschern aufnehmen und verfolgen zu können und ihnen, soweit es möglich ist, mit unseren Hilfsmitteln zur Verfügung zu stehen.

Ganz besondere Freude aber würde es uns bereiten, wenn schweizerische Forscher hie und da als Gäste am Davoser Observatorium solchen Untersuchungen obliegen wollten, für welche wir ihnen mit unserem ausnehmend günstigen Strahlungsklima und mit unseren vorzüglichen instrumentellen Einrichtungen besondere Vorzüge bieten können. Auch die Ausländer, wie sie seit jeher in beträchtlicher Zahl als Gäste am Observatorium gearbeitet haben, werden uns nach wie vor herzlich willkommen sein. Und zwar richtet sich unsere Einladung nicht etwa nur an Meteorologen und Physiker, sondern ebenso sehr auch an Biologen, Mediziner und Vertreter anderer Disziplinen. Bei der heutigen Spezialisierung der wissenschaftlichen Forschung lässt sich nur durch enge Zusammenarbeit die Universalität der Wissenschaft wahren, und dies ganz besonders in unserem Arbeitsgebiet, wo sich Probleme der unbelebten und der belebten Natur treffen.