

**Zeitschrift:** Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik  
**Band:** 1 (1946)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Sonnenflecken und ihre terrestrischen Wirkungen  
**Autor:** Waldmeier, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-653777>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.12.2024

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

dener krankheitsübertragender Arthropoden gehalten werden. Damit eröffnen sich der schweizerischen *Grundlagen- und Zweckforschung* neue Arbeitsgebiete.

Mit seiner *Lehrtätigkeit* bezweckt das Institut zusätzliche Ausbildung zu vermitteln im Hinblick auf einen bevorstehenden Tropenaufenthalt. Es soll dem in die Ferne Ziehenden das nötige Rüstzeug mitgegeben werden, und zwar unter Berücksichtigung verschiedenster Betätigungsrichtungen.

In seinen *Universitätskursen*, die meist von tropenerfahrenen Fachleuten erteilt werden, wendet sich das Institut einerseits an gebildete Laien, die eine allgemeine Orientierung zu erhalten wünschen über die Besonderheiten der Tropen in naturkundlicher, wirtschaftlicher, ethnographischer, hygienischer und anderer Hinsicht; andererseits an angehende Tropen- und Missionsärzte, denen in Ergänzung ihres Medizinstudiums eine spezielle tropenmedizinische

Fachausbildung geboten wird. Eine besondere Kategorie bilden die Tropenschüler. Das sind junge Leute von 18 bis 25 Jahren, die an der dem Tropeninstitut angegliederten *Tropenschule* theoretisch und praktisch als Pflanzer, Techniker der Zuckerindustrie oder Übersee-Handelsleute fachmäßig weitergebildet werden. – Begeisterte Zeugnisse von bereits Draußen-Stehenden beweisen, wie sehr ihnen die erhaltene Vorbildung zustatten kommt.

So leistet das im Krieg geborene Schweizerische Tropeninstitut Beiträge an Friedensaufgaben, die heute der Welt und unserem Land gestellt sind. Es ist im Begriff, sich zu einer Binnenstation zu entwickeln, die in Ergänzung des technischen Fortschrittes Europa und Übersee auch geistig einander näher bringen will und die es sich angelegen sein läßt, die Ausfahrenden vorzubereiten und sich der Heimkehrenden anzunehmen.

## Sonnenflecken und ihre terrestrischen Wirkungen

PROF. DR. M. WALDMEIER

Immer wenn wieder die Meldung, es seien neue Sonnenflecken «entdeckt» worden, die Runde durch die Presse macht, wird von einem größeren Publikum diesen eigentümlichen *Sommersprossen im Antlitz* der Sonne erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt. Dies war im laufenden Jahr schon zweimal der Fall, nämlich in der ersten Hälfte Februar als der größte jemals photographierte Sonnenfleck auftrat und in der zweiten Hälfte Juli, als eine weitere leicht von bloßem Auge sichtbare Fleckengruppe die Sonnenscheibe passierte. In Anbetracht, daß die Sonnenaktivität gegenwärtig in starkem Ansteigen begriffen ist und im Jahre 1947 ein Maximum von außergewöhnlicher Intensität erreichen wird, mag diesen Erscheinungen und ihren Auswirkungen hier eine kurze Betrachtung gewidmet sein.

Die Sonnenforschung bildet das Hauptarbeitsgebiet der *Eidgenössischen Sternwarte* und ihres *astrophysikalischen Observatoriums* auf dem Tschuggen bei Arosa. Die Zürcher Sonnenfleckenstatistik wurde von *Rudolf Wolf*, dem ersten Direktor der Eidgen. Sternwarte im Jahre 1847 begonnen, als ihn ein großer Sonnenfleck so faszinierte, daß er von da an keinen Tag mehr vergehen ließ, ohne den Sonnenflecken seine Aufmerksamkeit zu schenken. Heute wissen wir, daß in einem etwa 11-jährigen Zyklus Jahre mit sehr vielen Sonnenflecken mit Jahren die fast fleckenfrei sind, abwechseln.

Welches ist nun die physikalische Natur dieser eigentümlichen Flecken, die je nach Größe eine Lebensdauer von nur wenigen Stunden bis zu mehreren Monaten haben? Da die Flecken dunkel er-

scheinen, also weniger Licht geben als ihre Umgebung, müssen sie aus kühleren Gasmassen bestehen als die ungestörte Sonnenoberfläche; während diese zirka 5700 Grad heiß ist, haben die Fleckengebiete nur eine Temperatur von zirka 4500 Grad. Um diese Abkühlung zu verstehen, müssen wir eine weitere wichtige, ja die Haupteigenschaft eines Sonnenflecks kennenlernen. Nachdem es schon lange bekannt war, daß die Spektrallinien in großen Sonnenflecken aufgespalten sind und nachdem 1896 *Zeeman* entdeckt hatte, daß die Spektrallinien einer Lichtquelle ebenfalls aufgespalten werden, wenn man diese in ein starkes Magnetfeld stellt, konnte *Hale* 1908 den Beweis erbringen, daß es sich bei den Aufspaltungen in den Sonnenflecken um einen *Zeemaneffekt* handelt, die Sonnenflecken also riesige Magnete sind. Die magnetische Feldstärke in einem Sonnenfleck kann einige tausendmal größer sein als diejenige an der Erdoberfläche. Warum ist nun die Materie an der Stelle eines Magnetfeldes weniger heiß als außerhalb desselben und erscheint deshalb als dunkler Fleck, der weniger Strahlung liefert als die ungestörte Sonnenoberfläche? Die Sonne erzeugt die gewaltige Energie (es handelt sich um Atomenergie), die sie seit Milliarden Jahren ausstrahlt, in ihrem innersten Kern, der eine Temperatur von zirka 20 Millionen Grad aufweist. Entsprechend dem Temperaturgefälle im Inneren der Sonne fließt die erzeugte Energie nach außen bis sie schließlich die Sonnenoberfläche erreicht und von dieser in den Weltraum ausgestrahlt wird. Im Inneren der Sonne erfolgt der Energietransport zum Teil durch *Strah-*

lung und zum Teil durch *Konvektion*, das heißt durch ein Aufsteigen heißer Gebiete aus dem Inneren an die Oberfläche und durch ein Absinken von weniger heißen Gebieten. Die Sonnenoberfläche ist nicht gleichförmig hell, sondern weist eine feine Granulationsstruktur auf: die helleren Gebiete sind die aufsteigenden, die dunkleren die absteigenden Gasströme. Diese Konvektion wird aber unterdrückt, sobald ein Magnetfeld entsteht, denn das Magnetfeld erzeugt in der bewegten, elektrisch leitenden solaren Materie Wirbelströme, die mit dem Fleckenfeld stets in solche Wechselwirkung treten, daß die Bewegung gebremst wird. Da in den Flecken somit der Energietransport durch Konvektion versagt und nur auf die Wärmestrahlung angewiesen ist, gelangt in den Magnetfeldern weniger Energie an die Oberfläche und diese erscheinen deshalb als dunkle Flecken.

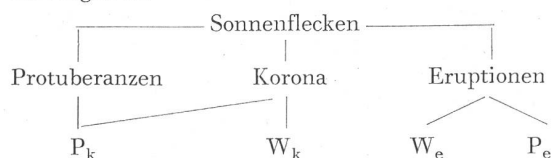
Den Sonnenflecken käme allerdings nicht ein so großes Interesse zu, wenn sie sich nicht in zahlreichen irdischen Erscheinungen, die mit dem 11-jährigen Sonnenzyklus zu- und abnehmen, bemerkbar machen würden. Allerdings handelt es sich dabei nicht um direkte Wirkungen der Sonnenflecken, sondern indirekte und wir müssen uns deshalb zunächst nach den Auswirkungen der Flecken auf der Sonne selbst umsehen, wobei wir uns auf die beiden wichtigsten, die Eruptionen und die Korona beschränken müssen. Die *Korona* ist die äußerste sehr lichtschwache Atmosphäre der Sonne von riesiger Ausdehnung. War die Korona bis vor wenigen Jahren eine völlig unverstandene Erscheinung, so ist sie heute weitgehend enträtselt, woran das Arosener Observatorium der Eidgenössischen Sternwarte, das ursprünglich speziell für die Koronaforschung erbaut worden war, einen bedeutenden Anteil hat. Das Charakteristische der Korona ist ihre außerordentlich hohe Temperatur von rund einer Million Grad, die mit einem Schlag alle Abnormitäten dieser Atmosphäre erklärt. Wie aber ist es möglich, daß die äußerste Atmosphäre eine so hohe Temperatur aufweist, da die Sonnenoberfläche doch nur 6000 Grad heiß ist? Auch dieses letzte Rätsel kann heute als gelöst betrachtet werden. Während der Entwicklung und Umwandlung eines Sonnenflecks ändert sich dauernd mit seiner Größe auch seine Feldstärke. Nun ist es aber eine bekannte Tatsache, daß immer, wenn das magnetische Feld sich ändert, ein elektrisches Feld induziert wird. In diesem werden die elektrisch geladenen Teilchen, Ionen und Elektronen, zu hohen Geschwindigkeiten beschleunigt. Prinzipiell nach ähnlichen Methoden erzeugen die Physiker die zur Erzeugung von Atomumwandlungen benötigten schnellen Teilchen. Allerdings werden im allgemeinen die elektrisch geladenen Teilchen in dem starken Magnetfeld des Sonnenflecks in kleine Kreisbahnen gezwungen und nicht in der Lage sein, Energie zu akkumulieren. Es gibt aber innerhalb einer großen Fleckengruppe, die aus Dutzenden von magnetischen Nord- und Südpolen be-

steht immer neutrale Punkte, in denen die magnetische Feldstärke gerade Null ist, die Teilchen also nicht abgelenkt werden und im elektrischen Feld zwischen zwei Zusammenstößen bis zu mehreren tausend Elektronenvolt beschleunigt werden können; diese Energie entspricht thermisch einer Million Grad. Die Aufheizung der Korona erfolgt also, in Übereinstimmung mit der Beobachtung, über den Sonnenflecken.

Auf ähnliche Ursache sind wohl die ganz auf Fleckenherde beschränkten *Eruptionen* zurückzuführen; es sind dies die interessantesten sich auf der Sonne abspielenden Vorgänge. Plötzlich von einer Minute auf die andere werden große Gebiete in der Umgebung eines Sonnenflecks wie von einem Brande erfaßt, auf gegen 40 000° aufgeheizt und leuchten gelegentlich in einem Glanz, gegen den selbst das Sonnenlicht nur grau erscheint; aber selten dauert diese Erscheinung länger als eine Stunde, meist sogar nur etwa 15 Minuten. Vollzieht sich die Eruption von der Erde aus gesehen gerade am Sonnenrand, so sieht man, wie die gleißende Masse aus der Sonnenatmosphäre emporsteigt wie der «Pilz» einer explodierten Atombombe. Aber sie erreicht nicht eine Höhe von nur 10 oder 20 km, sondern von 60 000 km! Und die Fläche der Eruption erreicht ein Vielfaches der Erdoberfläche und die umgesetzte Energie ist milliardenmal größer als bei der Atombombe! Solche Katastrophen, die das Ende allen irdischen Lebens bedeuten würden, gehören auf der Sonne zu den alltäglichen Erscheinungen.

Schließlich seien noch die *Protuberanzen* erwähnt, Gasmassen, die weit über den Sonnenrand hinausragen, häufig aus Fleckenherden heraus entstehen, aber ihre volle Entwicklung erst erreichen, wenn der betreffende Sonnenfleck schon längst wieder verschwunden ist.

Diese sekundären Erscheinungen der Sonnenflecken sind ihrerseits die Quelle neuer Strahlen, die zum Teil Wellennatur haben (kurzwelliges ultraviolettes Licht), zum Teil Partikelnatur. Wir unterscheiden *kontinuierliche* und *eruptive Wellenstrahlung*,  $W_k$  bzw.  $W_e$ , und *Partikelstrahlung*,  $P_k$  bzw.  $P_e$ , deren Zusammenhänge mit den entsprechenden solaren Erscheinungen aus dem folgenden Schema hervorgehen:



Alle diese Strahlen haben nur ein geringes Durchdringungsvermögen und werden schon in den höchsten Atmosphärenschichten vollständig absorbiert; deshalb sind ihre Wirkungen auf Höhen von 80 bis gegen 1000 km über dem Erdboden beschränkt.

Die von der Korona ausgehende, zufolge ihrer hohen Temperatur sehr kurzwellige  $W_k$ -Strahlung

macht die Erdatmosphäre elektrisch leitend und schafft so die Möglichkeit, mit Kurzwellen die ganze Erde zu umspannen. Während einer Eruption tritt noch die  $W_e$ -Strahlung hinzu, welche die Atmosphäre bis auf 80 km herunter elektrisch leitend macht, während normalerweise die Leitfähigkeit in 100 km Höhe endigt. In dieser tieferen Schicht werden aber die von einem irdischen Sender ausgehenden Wellen vollständig absorbiert; während einer Eruption sind alle auf der von der Sonne beschienenen Halbkugel verlaufenden Kurzwellenverbindungen vollständig unterbrochen.

Die solaren Partikel der  $P_e$ -Strahlung haben Geschwindigkeiten bis zu 2000 km/sec, so daß sie für die Zurücklegung der Distanz Sonne-Erde rund einen Tag benötigen, während die langsamere  $P_k$ -Strahlung zwei, vier oder gar sechs Tage benötigt. Die Partikelstrahlung macht sich hauptsächlich als magnetischer Sturm und als Polarlicht bemerkbar. Magnetischer Sturm bedeutet ein schnelles, unregelmäßiges Schwanken der Magnetnadel, das durch das

Auftreffen der solaren Korpuskeln bewirkt wird, die wegen ihrer Bewegung und elektrischen Ladung am Erdboden ein zusätzliches Magnetfeld erzeugen. Durch das irdische Magnetfeld werden die geladenen Partikel vornehmlich gegen die Polargebiete abgelenkt, treffen dort auf die Atmosphäre auf und bringen deren Sauerstoff- und Stickstoffbestandteile zum Leuchten. Am 25. Juli konnte in der eigangs erwähnten großen Fleckengruppe zwischen 17 h und 19 h gleichsam das Mündungsfeuer des Abschusses solarer Korpuskeln in Form einer gewaltigen Sonneneruption beobachtet werden und in der Nacht vom 26. auf den 27. Juli erreichten die solaren Geschosse die Erde und die Atmosphäre leuchtete unter deren Bombardement zu einem Nordlicht auf.

Die solar-terrestrischen Beziehungen sind heute so weit geklärt, daß die Eidgenössische Sternwarte in der Lage war, einen Prognosedienst für die Möglichkeiten der Kurzwellentelephonie und -telegraphie einzurichten.

## 30 Jahre Debye-Scherrer-Methode

*Vom physikalischen Experiment zum allgemeinen Hilfsmittel der naturwissenschaftlichen Forschung und materialtechnischen Prüfung*

PROF. DR. E. BRANDENBERGER

Bereits in ihrer ersten Arbeit vom Jahre 1912 berichten die Entdecker der Beugung der Röntgenstrahlen an Kristallen, *M. von Laue*, *W. Friedrich* und *P. Knipping* von einem Versuch, derartige Interferenz-Erscheinungen nicht nur an größeren Kristallstücken, sondern auch an fein gepulverten Kristallen zu erzeugen, dazu allerdings bemerkend, daß an einem solchen Pulver keine Beugung des Röntgenlichts festzustellen sei. Erst drei Jahre später

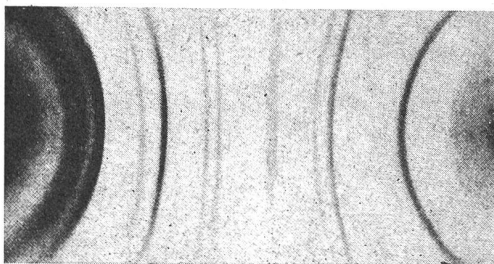


Bild 1: Eine der Pulver-Aufnahmen aus der ersten Veröffentlichung von Debye und Scherrer über Röntgeninterferenzen an regellos orientierten Teilchen (Lithiumfluorid). Allgemein zeigt die Pulver-Aufnahme ein System von Schwärzungslinien, deren Lage durch die Größe der Masche des den einfallenden Röntgenstrahl beugenden Kristallgitters bestimmt wird, während die Intensität der verschiedenen Linien von der Anordnung der Atome innerhalb der einzelnen Gittermasche abhängt (aus dem 1916 erschienen Band 17 der *Physikalischen Zeitschrift*).

haben *P. Debye* und *P. Scherrer* das an feinkristal- linem Material auftretende Beugungsphänomen gefunden und zwar bemerkenswerterweise bei Untersuchungen, welche im Grunde ein anderes Ziel verfolgten, nämlich der Absicht entsprungen, aus der Streuung der Röntgenstrahlen an Materie Rückschlüsse auf die Anordnung der Elektronen in den Atomen zu ziehen. In ihrer ersten ausführlicheren Veröffentlichung vom Mai 1916, illustriert mit Pulveraufnahmen an Lithiumfluorid, Silizium und Graphit (Bild 1), heben sie bereits hervor, daß ein Stoff auch dann Beugungslinien von einer derart ausgezeichneten Schärfe liefern kann, wenn er äußerlich und ebenfalls unter dem Mikroskop keinerlei Anzeichen einer kristallinen Struktur aufweist und «sogar in der Chemie als amorph gilt.» Unabhängig von Debye und Scherrer legte im Oktober 1916 *A. W. Hull* an einer Sitzung der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft eine Mitteilung vor, wonach er Röntgeninterferenzen nicht nur an einzelnen Eisen-Kristallen, sondern ebenso an sehr feinem Eisenpulver feststellen konnte, und ließ dieser ersten Anzeige Ende 1917 seine größere Arbeit «A new Method of X-ray Crystal Analysis» folgen mit Aufnahmen an Aluminium, Eisen, Silizium, Magnesium und Graphit (Bild 2).

Gleichzeitig mit der Bekanntgabe ihrer experimentellen Beobachtungen haben Debye und Scherrer