

# DIE ERFORSCHUNG DER KOSMISCHEN STRAHLUNG AUF DEM SONNBLICK

S.J. BAUER, Graz

## Zusammenfassung

In der ersten Hälfte des Bestandes des Sonnblick-Observatoriums hat Viktor F. HESS, der Entdecker der kosmischen Strahlung, dort Untersuchungen über die Schwankungen der kosmischen Strahlung durchgeführt. Die Entdeckung von V.F. HESS geht unmittelbar auf die Erkenntnisse von ELSTER und GEITEL zurück, die im ersten Jahrzehnt des Sonnblick-Observatoriums dort luftelektrische Untersuchungen durchgeführt hatten. Eine kurze Übersicht über die kosmische Strahlung und ihre Bedeutung für die Meteorologie und Geophysik wird in diesem Artikel gegeben.

Um die Jahrhundertwende beschäftigten sich Physiker in aller Welt mit zwei neu-entdeckten Phänomenen: Der Leitfähigkeit der Luft und der Radioaktivität. In Österreich war es der Wiener Physiker Franz Serafin EXNER, der zu einer Vaterfigur für eine ganze Generation österreichischer Physiker werden sollte. Zu ihm kam nach seiner, im Jahre 1906 an der Karl-Franzens-Universität Graz erfolgten Promotion „sub auspiciis Imperatoris“, der kaum 23-jährige Grazer Physiker Viktor Franz HESS. Auf Anregung EXNERs beschäftigte sich HESS mit Studien der Luftelektrizität und der Radioaktivität, zuerst am 2. Physikalischen Institut und später am neu gegründeten Institut für Radiumforschung in Wien. Zu dieser Zeit war bereits bekannt, daß staubfreie Luft auch in geschlossenen Gefäßen schwach leitfähig ist. Als Ursache dafür wurde die von radioaktiven Substanzen in der Erde und Atmosphäre ausgehende Gammastrahlung verantwortlich gemacht. Diese Erkenntnis stammte von J. ELSTER und H. GEITEL, die bereits im ersten Jahrzehnt des Sonnblick-Observatoriums dort luftelektrische Untersuchungen durchgeführt hatten.

HESS begann in Wien die Leitfähigkeit der Luft und ihre Ursachen im Detail zu untersuchen. In den Jahren 1911 und 1912 führte er einige Freiballonaufstiege bis in Höhen von ca. 6000 m durch und stellte fest, daß die ionisierende Strahlung, die für die Leitfähigkeit der Luft verantwortlich gemacht wurde, zuerst mit der Höhe abnahm, in größeren Höhen, oberhalb von tausend Meter jedoch wieder zunahm. Auf Grund der genauen Untersuchungen über die Absorption der Gammastrahlen von radioaktiven Substanzen in der Luft kam er zu der Überzeugung, daß die in größeren Höhen gemessene Ionisation unmöglich durch die radioaktiven Substanzen am Boden hervorgerufen werden konnte, da deren Reichweite nicht genügend groß war. Er stellte daher die kühne Hypothese auf, daß es sich bei seinen Beobachtungen um eine völlig neue Strahlung extraterrestrischen Ursprungs handeln müßte. Um weitere Studien dieser Strahlung in möglichst großen Höhen durchzuführen, richtete HESS im Herbst 1913 eine Dauerbeobachtung auf dem Obir (2044 m) in Kärnten ein, um besonders die Schwankungen dieser Strahlung festzustellen. Mit dem Beginn des 1. Weltkrieges wurde diesen Arbeiten jedoch ein Ende gesetzt, und die von HESS entdeckte Strahlung geriet fast in Vergessenheit.

Während des 1. Weltkrieges war HESS Leiter der Röntgenabteilung eines Reservelazarettes. 1920 erhielt HESS einen Ruf an die Universität Graz als Professor der Physik, gleichzeitig aber auch als Chefphysiker der Radium Corporation in die USA, eine Position, die er während einer zweijährigen Beurlaubung von Graz ausübte. Nach seiner Rückkehr nach Graz fand HESS jedoch nur beschränkte finanzielle Mittel zur Verfügung; außerdem gab es keine Radiumpräparate, und so machte er aus der Not eine Tugend und beschäftigte sich mit luftelektrischen Arbeiten, die keinen großen experimentellen Aufwand erforderten. Aus dieser Zeit stammt auch sein Buch „Die elektrische Leitfähigkeit der Atmosphäre und ihre Ursachen“ (1926).

Mit Unterstützung verschiedener Institutionen, darunter der Sonnblick-Verein und die Österreichische Akademie der Wissenschaften, entschloß sich HESS später mehrere Strahlungsmeßapparate und auch abschirmende Panzermantel anzuschaffen. Nach Vorversuchen in Graz, im Innsbrucker Mittelgebirge und auf dem Patscherkofel organisierte er 1927 eine einmonatige Registrierung auf dem Sonnblick, wobei ihm sein damaliger Assistent Dr. Oskar MATHIAS, der spätere Grazer Ordinarius für Astronomie, als Beobachter half. Da diese Registrierung aber kaum nachweisbare Schwankungen ergab, entschloß sich HESS, eine längere Registrierung auf dem Sonnblick-Observatorium mit drei gleichzeitig laufenden Apparaten nach verbesserter Methode

durchzuführen. Für diese Registrierung wurden seine damaligen Mitarbeiter Rudolf STEINMAURER und A. REITZ eingesetzt. Mit welchen Mühen diese Untersuchungen der kosmischen Strahlung auf dem Sonnblick verbunden waren, schildert Prof. Rudolf STEINMAURER, der spätere Nachfolger von Viktor Franz HESS in Innsbruck:

„Mein Kollege, Herr A. Reitz, und ich traten am 29. Juni 1929 die Reise auf den Sonnblick an. Wir wählten, wie alle wissenschaftlichen Expeditionen des schweren Gepäcks halber den Weg über Taxenbach, Rauris, Kolm-Saigurn. Unser Gepäck wog etwa 200 kg und bestand aus den drei Strahlungsapparaten, die wir auf der Eisenbahn im Abteil mitführten, einer großen Kiste, welche die Registrieruhr enthielt, einem Reisekorb, in dem die drei Registrierapparate, ein Akkumulator und verschiedene Reserveteile verpackt waren, ferner eine Kiste mit Anodenbatterien, dem Ausmeßtisch und nicht an letzter Stelle einer Kiste mit Konserven, Kekes, Marmelade, Zwieback usw., Dingen, die es uns gestatten sollten, dem dräuend unbekanntem Speisezettel der nächsten Wochen gegenüber ein wenig unsere Selbstständigkeit zu bewahren.

Der etwa 400 kg schwere Eisenpanzer – weitere 320 kg Panzermaterial waren noch von Dr. Mathias Beobachtungen her auf dem Observatorium verblieben – war bereits im Laufe des Juni auf den Sonnblick geschafft worden. Zum Transport des Materials von Taxenbach nach Kolm-Saigurn wurde ein Pferdefuhrwerk gemietet, die 1500m von dort zum Observatorium mußten von Trägern – jeder trug eine Last von 40 bis 60 kg – bewältigt werden. Diese Transporte waren natürlich mit hohen Kosten verbunden, obgleich die Trägerlöhne gegenüber 1927 um 20% erniedrigt waren, machten die Transportkosten allein über 25% der gesamten Expeditionskosten aus.

Der Aufstieg war herrlich. Sonne über einigen Zentimetern Neuschnee! Auf dem Gipfel eine Fernsicht vom Traunstein bis zu den Dolomiten! Das Gepäck war glücklich angelangt, nur einer der Strahlungsapparate hatte dem inneren Überdruck nicht standgehalten und war ausgelaufen. Das bedeutete aber keinen großen Schaden, denn durch Anbringung einer Korrektur können Messungen auf Normaldruck reduziert werden...

Die Apparate wurden auf Betonsockeln in der sogenannten Pendelhütte aufgestellt, in der 1911 gravimetrische Messungen ausgeführt worden waren. Am 3. Juli war die Aufstellung beendet. Da die Apparate alle vier Stunden neuer Aufladung bedurften, hatten wir einen Tag- und Nachtdienst eingerichtet. Der „Tagdienst“ mußte die Apparate zwischen 3 und 4 Uhr früh zum erstenmal und dann bis 20 Uhr nach Ablauf je vier Stunden laden und überprüfen. Der „Nachtdienst“ wechselte um Mitternacht die Registrierstreifen und unterzog die Apparatur einer Generalrevision.

Auch nach diesen Beobachtungen ergaben sich nicht die von HESS erwarteten Schwankungen, sodaß er sich zur Anschaffung einer neuen Apparatur von noch höheren Präzision, die aber auch gleichzeitig viel schwerer war, entschloß. Dazu war der Sonnblick offensichtlich wegen seiner schweren Zugänglichkeit ungeeignet und als Beobachtungsort wurde das Hafelekar bei Innsbruck, das von der Universität mit der Seilbahn leicht erreichbar ist, gewählt. HESS wurde 1931 nach Innsbruck berufen, um das Institut für Strahlenforschung zu leiten. In den folgenden Jahren wurden unter Mitarbeit seines späteren Nachfolgers Rudolf STEINMAURER dort Dauerbeobachtungen der kosmischen Strahlung durchgeführt. 1937 übernahm Viktor Franz HESS als Nachfolger von Hans BENNDORF, der zu den Pionieren der Erforschung der Luftelektrizität gehört, das Physikalische Institut der Universität Graz. Aber schon 1938 verließ er nach seiner zwangsweisen Pensionierung Graz und emigrierte in die Vereinigten Staaten, wo er als Professor an der Fordham University in New York wirkte. Er starb in den USA im Dezember 1964 im Alter von 81 Jahren, trotz seiner in frühen Jahren erlittenen Radiumverbrennungen. Nahezu 25 Jahre nach seiner Entdeckung der kosmischen Strahlung wurde ihm der Nobelpreis für Physik (1936) zuerkannt.

Worum handelt es sich bei der kosmischen Strahlung und was ist ihre Bedeutung für die Meteorologie und Geophysik?

Im Gegensatz zu der von HESS ursprünglich geäußerten Vermutung, daß es sich dabei um eine harte Wellen-, d.h. Gammastrahlung handle, wurde zu Ende der Zwanzigerjahre erkannt, daß die kosmische Strahlung eine sehr energiereiche Teilchenstrahlung ist: und zwar die energiereichste Strahlung in unserem Universum, die aus Protonen, Alpha-Teilchen, und in geringem Maß aus schweren Atomkernen besteht, welche Energien von vielen Milliarden bis Billionen Elektronvolt besitzen. Diese sogenannte primäre kosmische Strahlung (93% Protonen, 6,3% Heliumkerne oder Alphateilchen und < 0,7% schwerere Atomkerne) hat ihren Ursprung, wie man heute allgemein annimmt, in Supernovaexplosionen in unserer Galaxis. Die kosmische „Primärstrahlung“ tritt in Wechselwirkung mit den Atomkernen der Luftmoleküle und erzeugt dort die „Sekundärstrahlung“, die aus Protonen, Neutronen, Elektronen, Positronen, Photonen, aus Mesonen und Neutri-

nos besteht. Nur die Sekundär-Komponenten der kosmischen Strahlung reichen bis zum Erdboden oder dringen – wie die Mesonen und Neutrinos – in die Erde ein.

In der Atmosphäre erzeugt die primäre kosmische Strahlung durch Wechselwirkung mit den Luftmolekülen Ionenpaare, die für die Leitfähigkeit der Luft verantwortlich sind. Die Intensität der Ionisation hat ein Maximum in einer Höhe von etwa 20 km. Die Intensität der kosmischen Strahlung ist vom geomagnetischen Feld abhängig, weil sie aus geladenen Teilchen besteht, die durch das Magnetfeld abgelenkt werden können. Die kosmische Strahlung in einer bestimmten Höhe ist daher am intensivsten in hohen Breiten und hat die geringste Intensität über dem magnetischen Äquator und ist, wie schon erwähnt, höhenabhängig. Als ionisierende Strahlung ist die kosmische Strahlung daher auch biologisch von Bedeutung, wie HESS in Zusammenarbeit mit dem Schweizer Arzt EUGSTER in den Dreißigerjahren nachgewiesen hat. Die kosmische Strahlung wird auch für Mutationen des Erbmaterials verantwortlich gemacht. Die biologische Wirkung der kosmischen Strahlung ist in der Höhe des Sonnblicks etwa dreimal so hoch wie am Meeresniveau. Wir wissen heute auch auf Grund von Beobachtungen mit Erdsatelliten und Raumsonden, daß die Strahlungsgürtel, die sogenannten „Van Allen belts“ durch die Einwirkung der kosmischen Strahlung auf unsere Atmosphäre zustande kommen. Die in der sekundären Strahlung erzeugten Neutronen, welche ungeladen sind und von der Erdatmosphäre wieder in größere Höhen zurückgestrahlt werden (Neutronen-Albedo), zerfallen in Protonen und Elektronen, und diese werden dann im Magnetfeld der Erde gefangen und bilden die Strahlungsgürtel. Eine andere Eigenschaft der kosmischen Strahlung scheint auch für die Meteorologie oder vielmehr für die Klimatologie von Bedeutung zu sein. Die Einwirkung der kosmischen Strahlung auf die Atmosphäre erzeugt das Kohlenstoffisotop  $C^{14}$ . Dieses wird als Teil des atmosphärischen Kohlendioxyds im Laufe der photosynthetischen Vorgänge in Pflanzen gespeichert, und man hat aus Untersuchungen von alten Bäumen eine Variabilität des  $C^{14}$ -Gehalts und damit indirekt der kosmischen Strahlung festgestellt. Seit bereits ca. 20 Jahren ist bekannt, daß die kosmische Strahlung eine sogenannte solare Modulation aufweist: Auf der Erde beobachtet man eine höhere Intensität der kosmischen Strahlung, wenn die Sonnenaktivität gering, d.h. eine kleine Anzahl von Sonnenflecken vorhanden ist, währenddem zum Sonnenfleckenmaximum die kosmische Strahlung am geringsten ist. Bekannterweise zeigt die Sonnenaktivität einen 11-jährigen Zyklus und damit auch die kosmische Strahlung einen solchen, aber nur ist diese mit der Sonnenaktivität anti-korreliert. Untersuchungen der Jahresringe von Bäumen, die einige tausend Jahre alt sind, ergaben das interessante Resultat, daß es Perioden im letzten Jahrtausend gibt, da die kosmische Strahlung für etliche Jahrzehnte besonders hoch war, gefolgt von niedrigeren Werten. Aufgrund der Interpretation der solaren Modulation ist daher der  $C^{14}$ -Gehalt, der ja von der kosmischen Strahlung abhängt, ein Maß für die Sonnenaktivität. Aus den  $C^{14}$ -Daten kann man auf Perioden von äußerst niedriger Sonnenaktivität im 14., 15., 16., 17., und 18. Jahrhundert schließen. Interessanterweise stimmen diese Perioden einer äußerst ruhigen Sonne, die sich aus der Beobachtung der kosmischen Strahlung ( $C^{14}$ ) ergeben, recht gut mit Kälteperioden, wie den sogenannten kleinen Eiszeiten, überein. Den Übergang von der bis in das halbe 19. Jahrhundert dauernden „kleinen Eiszeit“ zum „Wärmeoptimum“ des 20. Jahrhunderts konnte auch F. STEINHAUSER aufgrund der 50-jährigen Datenreihe vom Sonnblick nachweisen.

Die Beobachtung der kosmischen Strahlung, über das  $C^{14}$  Isotop, scheint daher Hinweise über klimatische Zusammenhänge zu ergeben, die allerdings noch nicht vollkommen geklärt sind. Es wird sich dabei aber kaum um eine Veränderung der Solarkonstante handeln. Falls diese Zusammenhänge reell sind, ist das Problem Ursache und Wirkung gewiß weitaus komplizierter. Nach einer Spekulation, die ich vor einiger Zeit angestellt habe, könnte ein solcher Zusammenhang zwischen der solaren Modulation der kosmischen Strahlung mit Kälteperioden eher über die Stratosphäre erfolgen. Es ist wohlbekannt, daß bei höherer Intensität der kosmischen Strahlung mehr Stickoxyde in der Stratosphäre erzeugt werden. Diese führen wiederum zu einer größeren katalytischen Vernichtung des Ozons. Das stratosphärische Ozon ist aber bekanntlicherweise nicht nur der Schutzmantel für unsere Biosphäre, sondern auch verantwortlich für die Temperaturerhöhung in der Stratosphäre. Die kosmische Strahlung könnte daher über die Veränderung der Stratosphärentemperatur möglicherweise auch einen Einfluß auf unser Klima ausüben.

Wie diese Ausführungen zeigen, ist die kosmische Strahlung, die durch ihre Pionierzeit mit dem Sonnblick eng verbunden ist, nicht nur über ein meteorologisches Phänomen – die Luftelektrizität – entdeckt worden, sie scheint auch heute noch eine besondere Bedeutung für die Meteorologie zu besitzen.

# Literatur

- BAUER, S.J., Viktor Franz Hess und die Kosmische Strahlung: Vom Freiballon zur Weltraumsonde, in Tradition und Herausforderung – 400 Jahre Universität Graz (Herausg. Freisitzer, Höflechner, Holzer und Mantl), Akad. Druck- und Verlagsanstalt, Graz (1985), S. 319-324.
- ELSTER, J. und GEITEL, H., Elektrische Beobachtungen auf dem Sonnblick. Jahresber. Sonnblick Verein f.d. Jahr 1894, Jg. 3:7, Wien 1895.
- HESS, V.F. und MATHIAS, O., Untersuchungen der Schwankungen der kosmischen Ultrammastrahlung auf dem Sonnblick (3100 m) und in Tirol. Sitz. Ber. Akad. d. Wissenschaften, Wien, math.-nat. Kl. Abt. IIa, 137. Bd., S. 327-349, 1928.
- STEINHAUSER, F., Die wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Sonnblick und ihre Bedeutung. Jahresber. Sonnblick-Verein f.d. Jahr 1936, Jg. 45: 13-18, Wien, 1937.
- STEINMAURER, R., Registrierbeobachtungen der Schwankungen der Hess'schen Kosmischen Ultrastrahlung auf dem Sonnblick im Juli 1929. Jahresber. Sonnblick-Verein f. d. Jahr 1929, Jg. 38: 7-20, Wien, 1930.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Siegfried J. Bauer  
Institut für Meteorologie und Geophysik  
Karl-Franzens-Universität Graz

Halbärthgasse 1  
8010 Graz/Österreich