

wird sie aber gewiß gerne übernehmen; er hat auch einige meiner früheren Blitzaufnahmen übernommen.

Aus der Abteilung für Geophysik, Meteorologie und Erdmagnetismus:

Viktor F. Hess (Wien), Über Beobachtungen der durchdringenden Strahlung bei sieben Freiballonfahrten.

Im Vorjahre habe ich bereits Gelegenheit gehabt, zwei Ballonfahrten zur Erforschung der durchdringenden Strahlung zu unternehmen; über die erste Fahrt wurde schon auf der Naturforscherversammlung in Karlsruhe von mir berichtet¹⁾. Bei beiden Fahrten ergab sich keine wesentliche Änderung der Strahlung gegenüber der am Erdboden beobachteten bis zu 1100 m Höhe. Auch Gockel²⁾ hatte bei zwei Ballonfahrten nicht die erwartete Abnahme der Strahlung mit der Höhe finden können. Es wurde daraus der Schluß gezogen, daß außer der γ -Strahlung der radioaktiven Substanzen der Erdrinde noch eine andere Quelle der durchdringenden Strahlung vorhanden sein müsse.

Eine Subvention der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien hat es mir nun ermöglicht, heuer eine Reihe von weiteren sieben Ballonfahrten auszuführen, wobei ein umfangreicheres und in mehrfacher Hinsicht erweitertes Beobachtungsmaterial gewonnen wurde.

Zur Beobachtung der durchdringenden Strahlung dienten in erster Linie zwei Wulfsche Strahlungsapparate von 3 mm Wandstärke, welche vollkommen luftdicht geschlossen und auch allen bei Ballonfahrten vorkommenden Druckschwankungen gewachsen sind.

Apparat 1 hatte einen Ionsationsraum von 2039 ccm, die Kapazität war 1,597 cm.

Apparat 2 hatte 2970 ccm Inhalt, die Kapazität betrug 1,097 cm.

Einem Ladungsverluste von 1 Volt pro Stunde entsprach somit im Apparat 1 eine Ionisierungsstärke von $q = 1,56$ Ionen/ccm/sec, im Apparat eine solche von $q = 0,7355$ Ionen pro ccm und Sek.

Beide Apparate waren innen behufs möglichster Reduktion der Eigenstrahlung der Gefäßwände auf elektrolytischem Wege verzinkt worden. Den Vorschlag hierzu hat Herr Privatdozent Dr. Bergwitz gemacht. Nach die-

ser Behandlung zeigte Apparat 1 eine normale Ionisation von ca. 16 Ionen, Apparat 2 eine solche von ca. 11 Ionen pro ccm und Sek. Die Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig hat an den Apparaten noch eine weitere wesentliche Verbesserung angebracht: bisher erfolgte die Scharfeinstellung auf die Fäden durch alleiniges Verschieben des Okulars, was mit nicht unbeträchtlichen Änderungen der Vergrößerung verbunden war und bei wiederholter Einstellung Ablesungsdifferenzen bis zu 0,5 bewirkte. Die genannte Firma hat jetzt im Okulartubus eine verschiebbare Negativlinse angebracht, welche die Scharfeinstellung bei verschiedenen Spreizungen der Fäden bewerkstelligt, ohne daß damit eine merkliche Änderung der Vergrößerung verbunden wäre. Die Einstellgenauigkeit ist hierdurch erheblich vergrößert.

Da die Wandstärke bei den Apparaten 1 und 2 drei Millimeter betrug, so konnten im wesentlichen nur die γ -Strahlen wirken.

Zwecks gleichzeitigen Studiums des Verhaltens der β -Strahlen benützte ich noch einen dritten Apparat: dieser war nicht luftdicht gebaut, sondern bestand in einem gewöhnlichen Wulfschen Zweifaden-Elektrometer mit einem daraufgestülpten zylindrischen Ionsationsgefäß von 16,7 Liter Inhalt aus dem dünnsten, im Handel erhältlichen Zinkblech (Wandstärke 0,188 mm), so daß auch weiche Strahlen vom Charakter von β -Strahlen zum Teil noch wirken konnten. Ein auf den Fadenträger des Elektrometers gesetzter Zinkstift von 20 cm Höhe diente als Zerstreuungskörper. Die Kapazität betrug 6,57 cm.

Bei den dickwandigen Wulfschen Strahlungsapparaten 1 und 2 geschah die Bestimmung des Isolationsverlustes in bekannter Weise bei herabgelassenem Schutzrohr. Der stündliche Ladungsverlust betrug bei Apparat 1 0,2 Volt, bei Apparat 2 0,7 Volt. Eine Isolationsstörung ist auch bei feuchtestem Wetter niemals vorgekommen.

Beim dünnwandigen Apparate muß zur Bestimmung des Isolationsverlustes die Ionisierungskammer abgenommen werden. Der Voltverlust des Elektrometers allein wird dann, umgerechnet auf die Kapazität des vollständig zusammengesetzten Apparates, von der beobachteten Gesamtzerstreuung subtrahiert.

Nachdem alle Beobachter der durchdringenden Strahlung auf Türmen stets eine Abnahme der Strahlung konstatiert hatten, während Gockel und ich im Freiballon bisher eine solche nicht mit Sicherheit hatten finden können, so kam es vor allem darauf an, bei länger dauernden Fahrten in geringer Höhe

1) Diese Zeitschr. 12, 998—1001; Wien. Sitz.-Ber. 120, 1575—1585, 1911.

2) Diese Zeitschr. 12, 595—597, 1911.

Messungen auszuführen, um sichere Mittelwerte zu gewinnen. Parallelbeobachtungen mit dem dünnwandigen Apparate 3 sollten zeigen, ob sich die weichere Strahlung ebenso verhält, wie die eigentliche γ -Strahlung.

Weitere Aufmerksamkeit war den Schwankungen der Strahlung zu schenken. Pacini¹⁾ hat bei Parallelbeobachtungen an zwei Wulfschen Strahlungsapparaten bei einstündigen Ablesungsintervallen unzweifelhaft simultane Schwankungen der Entladungsgeschwindigkeit sowohl am Lande als auch über dem Meere festgestellt; die Ursache der Schwankungen liegt also offenbar außerhalb der Apparate, in der Strahlung selbst. Es war nun sehr wichtig, festzustellen, ob auch im Ballon derartige Simultanveränderungen der Strahlung an mehreren Apparaten bemerkbar sind. Da dies am einwandfreiesten bei Dauerfahrten in gleicher Höhe möglich ist, habe ich den überwiegenden Teil der Beobachtungen bei Nachtfahrten ausgeführt.

Der letzte und wichtigste Punkt seiner Untersuchung war die Messung der Strahlung in möglichst großen Höhen. Während bei den von Wien aus unternommenen sechs Fahrten die geringe Tragfähigkeit des dortigen Gases, sowie meteorologische Zufälligkeiten dies nicht gestattet hatten, gelang es mir bei einem von Aussig a. d. Elbe aus mit Wasserstoff unternommenen Aufstiege Messungen bis in 5350 m Höhe durchzuführen.

Vor jeder Fahrt wurden mehrstündige Kontrollbeobachtungen mit allen drei Apparaten gemacht. Hierbei waren die Apparate genau so wie bei der Fahrt selbst mittels Konsolen an dem Ballonkorb befestigt. Die Beobachtungen vor den Aufstiegen wurden am Klubplatze des k. k. Österreichischen Aeroklubs, einem ebenen Rasenplatze im Prater in Wien ausgeführt. L. V. King²⁾ hat kürzlich die Vermutung geäußert, daß die Ballonbeobachtungen durch die Nähe des eventuell schwach radioaktiven Ballastsandes gestört sein könnten. Ich habe in unmittelbarer Nähe größerer Ballastsandvorräte niemals eine Erhöhung der Strahlung gefunden.

Bei den Apparaten 1 und 2 herrscht innerhalb des Ionisationsraumes stets die gleiche Luftdichte, wie am Aufstiegsplatze (im Mittel 750 mm). Anders bei dem dünnwandigen Apparate 3, bei dem stets der gleiche Druck herrscht wie in der Umgebung. Es ist daher, insbesondere bei Beobachtungen in größeren Höhen, eine Reduktion der direkt beobachteten Werte

erforderlich. Unter Voraussetzung der Proportionalität der durch die durchdringende Strahlung erzeugten Ionisation mit dem Drucke wurde der jeweilig beobachtete Strahlungswert mit dem Verhältnis des Normaldruckes 750 mm zu dem während des Beobachtungsintervalles herrschenden mittleren Drucke b multipliziert. Es muß bemerkt werden, daß diese Reduktion eine gewisse Unsicherheit in sich birgt: denn es ist dabei stillschweigend auch angenommen, daß die Reststrahlung der Gefäßwände sich proportional mit dem Luftdrucke im Gefäße ändert, was durchaus nicht der Fall zu sein braucht, wenn diese Reststrahlung etwa nur eine so schwache Durchdringungskraft hat, wie die α -Strahlen. Daher werden insbesondere bei den Messungen in größeren Höhen auch die nichtreduzierten am Apparate 3 erhaltenen Werte mit diskutiert werden.

In den nachfolgenden Tabellen bedeuten q_1, q_2, q_3 die an den Apparaten 1, 2, 3 beobachtete durchdringende Strahlung in Ionen pro ccm und Sekunde. Das Elementarquantum ist hierbei mit $e = 4,65 \cdot 10^{-10}$ E. S. E. angenommen.

Die mittlere Höhe des Ballons während der betreffenden Beobachtungsintervalle (in der Regel je 1 Stunde) wurde durch ein graphisches Verfahren aus der Barographenkurve entnommen. Aus der Seehöhe der jeweilig überflogenen Orte wurde dann ein Mittelwert für die relative Höhe berechnet. Die Tagesstunden sind in den Tabellen in der vierundzwanzigstündigen Einteilungsweise angegeben.

Der ausführliche Bericht über sämtliche im Ballon gemachten Beobachtungen ist der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien überreicht worden und erscheint in deren Sitzungsberichten. Hier will ich nur über die zwei wichtigsten Fahrten ausführlich berichten und mich im übrigen mit der Anführung der Mittelwerte begnügen.

1. Fahrt.

Diese fand anlässlich der in Niederösterreich sehr stark partiellen Sonnenfinsternis am 17. April 1912 statt. Von 11—1 Uhr mittags wurde in 1900—2750 m absoluter Höhe über einer fast vollständig geschlossenen Kumulusdecke beobachtet. Es war keinerlei Verringerung der durchdringenden Strahlung bei zunehmender Verfinsternung zu merken. Apparat 2 zeigte z. B. vor dem Aufstieg eine Ionisation von 10,7 Ionen, in 1700 m durchschnittlicher relativer Höhe 11,1 Ionen, hierauf in 1700 bis 2100 m, während der ersten Phasen der Verfinsternung 14,4, später bei ca. 50 Proz. Sonnenbedeckung 15,1 Ionen. Weitere Messungen

1) Le Radium 8, 307—312, 1911.

2) Phil. Mag. (6) 23, 242, 1912.

waren nicht möglich, da der Ballon infolge der Abkühlung des Gases zum Niedergehen gezwungen wurde.

Es wurde also eine Vergrößerung der Strahlung in ca. 2000 m gefunden. Da kein Einfluß der Verfinsterung auf die durchdringende Strahlung zu bemerken war, werden wir schließen dürfen, daß selbst, wenn ein Teil der

Strahlung kosmischen Ursprungs sein sollte, er kaum von der Sonne ausgeht, wenigstens solange man eine direkte, geradlinig sich ausbreitende γ -Strahlung im Auge hat. Diese Anschauung wird noch dadurch bekräftigt, daß ich bei den späteren Fahrten im Ballon nie einen ausgeprägten Unterschied der Strahlung bei Tag und bei Nacht gefunden habe.

2. Fahrt (26.—27. April 1912).

Ballon: „Excelsior“ (1600 cbm Leuchtgas).

Führer: Hauptmann W. Hoffory.
Beobachter: V. F. Hess.

Nr.	Zeit	Mittlere Höhe		Beobachtete Strahlung				
		absolut m	relativ m	Apparat 1	Apparat 2	Apparat 3		
				q_1	q_2	q_3	q_3 (reduz.)	
1	16h 40—17h 40	156	0	15,6	11,5	—	—	} vor dem Aufstieg am Klub- platz (Wien)
2	17h 40—18h 40	156	0	18,7	11,8	21,0	21,0	
3	18h 40—21h —	156	0	17,8	11,6	19,5	19,5	
4	21h 30—22h 30	156	0	17,8	11,3	20,0	20,0	
5	23h 26—0h 26	300	140	14,4	9,6	19,4	19,8	
6	0h 26—1h 26	350	190	16,2	9,9	17,4	17,9	
7	1h 26—2h 26	300	140	14,4	10,1	17,7	18,1	
8	2h 26—3h 32	330	160	15,0	9,6	18,2	18,7	
9	3h 32—4h 32	320	150	14,4	9,8	18,5	19,0	
10	4h 32—5h 35	300	70	17,2	13,2	20,6	21,0	
11	5h 35—6h 35	540	240	17,8	11,8	19,6	20,8	
12	6h 35—7h 35	1050	800	17,6	10,0	18,1	20,3	
13	7h 35—8h 35	1400	1200	12,2	8,8	17,3	20,3	
14	8h 35—9h 35	1800	1600	17,5	10,9	17,3	21,3	

Vorstehende Tabelle gibt eine Übersicht über sämtliche Beobachtungen auf der zweiten Fahrt. Der Aufstieg erfolgte um 11 Uhr nachts. Es gelang, den Ballon durch vorsichtige Führung 6 Stunden lang in fast gleicher Höhe (300—350 m) zu halten, was zur Feststellung der Schwankungen der Strahlung wichtig war. Die Fahrt führte über den Prater nach Süden, dann trat Windstille ein und schließlich trieb der Ballon gegen Norden zurück über Florisdorf, Stockerau, Guntersdorf nach Mähren. Um 10^h30 vorm. landeten wir, nach Erreichung einer Maximalhöhe von 2100 m, in Pausram südlich von Brünn. Der Himmel war während der ganzen 11¹/₂ stündigen Fahrt wolkenlos.

Aus der Tabelle geht vor allem hervor, daß in geringer Höhe über dem Erdboden die Strahlung tatsächlich geringer ist, wie am Boden selbst. Bilden wir die Mittelwerte:

	Apparat 1	Apparat 2	Apparat 3	
Vor dem Aufstiege	$q_1=17,5$	$q_2=11,55$	$q_3=q_{red.}=20,2$	$\frac{\text{Ionen}}{\text{ccm}\cdot\text{sec}}$
In 140 bis 190 m üb.				
d. Boden	$q_1=14,9$	$q_2=9,8$	$q_3=18,2$	$q_{3red.}=18,7$ „

Die Ionendifferenzen sind demgemäß 2,6,

1,8, 2,0 und 1,5. Im Mittel ist die Differenz etwa 2 Ionen. Diese Abnahme der Strahlung um 2 Ionen rührt offenbar her von der Absorption der γ -Strahlung der radioaktiven Substanzen der Erdrinde in der Luft. Nach der Berechnung von King¹⁾ ist in 160 m die γ -Strahlung bereits auf 24 Proz. geschwächt. Die obengenannte Differenz von 2 Ionen entspricht also etwa $\frac{3}{4}$ der gesamten Ionisierungsstärke, welche von der radioaktiven γ -Strahlung der Erdrinde erzeugt wird. Die gesamte γ -Strahlung der Erdrinde dürfte daher in Zinkgefäßen etwa 3 Ionen pro 1 ccm und Sek. hervorrufen. (Bei der geringen Höhe von 160 m kann von der Abnahme des Induktionsgehaltes und der eventuell möglichen Zunahme einer von oben kommenden Strahlung abgesehen werden.)

Sehr auffallend treten in der Tabelle auch die Schwankungen der Strahlung zutage. Zunächst einmal sehen wir schon aus den Beobachtungen am Boden, daß die Angaben mehrerer nebeneinander aufgestellter Apparate nicht ganz exakt parallel gehen. Dies wird in erster Linie durch die Ablesungsfehler bewirkt sein:

1) Phil. Mag. (6) 23, 247, 1912.

Der stündliche Rückgang der Fäden betrug im Mittel bei Apparat 1 6 Skalenteile, beim Apparat 2 9 Skalenteile, bei Apparat 3 15 Sk.-T. Nehmen wir als möglichen Fehler bei jeder einzelnen Ablesung 0,1 Skalenteile, im äußersten Falle 0,2 Skalenteile, so kann bei Anfang- und Endablesung beider Fäden zusammen ein Fehler von 0,4, im Extrem 0,8 Teilstrichen entstehen. Dies gibt bei Ablesung in stündlichen Intervallen als möglichen Fehler für Apparat 1 7 Proz., für Apparat 2 4,4 Proz., für Apparat 3 2,7 Proz. (im Extremfalle 14 Proz. bzw. 9 Proz. und 5 Proz.).

Als wirkliche Schwankung der Strahlung werden wir nur diejenigen Veränderungen mit Sicherheit ansprechen können, welche bei allen Apparaten gleichzeitig angegeben werden und an Größe die möglichen Fehler der Ablesung übertreffen.

Bei der Betrachtung der Tabelle bemerken wir Schwankungen solcher Art: z. B. bei Beobachtung Nr. 13 bleibt im Apparat 1 der Wert $q_1 = 12,2$ um ca. 40 Proz. hinter dem Mittel zurück. Gleichzeitig registriert auch Apparat 2 einen Rückgang um ca. 2 Ionen. Es dürfte also hier tatsächlich eine Schwankung der Strahlung vorliegen, wenngleich die vom Apparat 1 angezeigte Abnahme um 5 Ionen zum Teil durch Ablesungsfehler gefälscht sein mag. Daß Apparat 3 keine größere Abnahme anzeigte, beruht auf dem vielleicht etwas abweichenden Verhalten der weiteren Strahlung in der Höhe, welches später noch besprochen werden wird.

Eine zweifellos reelle Schwankung der Strahlung ist auch bei der Beobachtung Nr. 10 zwischen $4\frac{1}{2}$ und $5\frac{1}{2}$ Uhr früh zu bemerken. In allen drei Apparaten wird eine Zunahme der Strahlung um 2,8 bzw. 3,4 und 2,0 Ionen gleichzeitig gefunden. Dies hängt aber keinesfalls etwa mit der Annäherung an die Erdoberfläche auf 70 m zusammen, da dies allen von mir bei den weiteren Fahrten gemachten Erfahrungen widersprechen würde.

Da die Schwankungen von keinerlei meteorologischen Veränderungen begleitet waren, kann man sie wohl kaum auf eine Änderung in der Verteilung der radioaktiven Substanzen in der Atmosphäre zurückführen.

Bei weiterem Steigen des Ballons (Beob. Nr. 11—14) wurde im allgemeinen wieder ein schwaches Anwachsen der Strahlung beobachtet. Mit Ausschluß der durch Schwankung der Strahlung beeinflussten Beobachtung Nr. 13 ergibt sich in Höhen von 800—1600 m im Mittel $q_1 = 17,6$, $q_2 = 10,5$, $q_3 = 20,8$. Die Werte sind etwa gleich groß, wie die, welche vor dem Aufstieg gefunden worden waren.

3. Fahrt.

Der Aufstieg erfolgte am 20. Mai 1912 um $10\frac{1}{10}$ abends; in rascher Fahrt ging es über Korneuburg, Neuhäusl a. d. Thaya nach NNW. Gegen Morgen stellte sich teilweise Bewölkung ein. Um 4 Uhr früh wurde Kuttenberg in Böhmen erreicht. Wegen Ballastmangel landeten wir um $5\frac{1}{2}$ Uhr früh aus 1020 m maximaler Höhe in Sadowa-Dohalice, nördlich von Königgrätz.

Die Mittelwerte der Strahlung waren:

	Apparat 1	Apparat 2	Apparat 3
Vor d. Aufstieg in Wien	$q_1 = 16,9$	$q_2 = 11,4$	$q_3 = 19,7$
Während der Nacht von $10\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$ Uhr in 150—340 m Höhe	$q_1 = 16,9$	$q_2 = 11,1$	$q_{3\text{red.}} = 19,2$
$2\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$ Uhr in ca. 500 m relativer Höhe	$q_1 = 14,7$	$q_2 = 9,6$	$q_{3\text{red.}} = 17,6$

Die Beobachtungen in 150—340 m weichen sehr wenig von denen am Boden ab. Wahrscheinlich ist die normale Abnahme der γ -Strahlung von seiten der Erdoberfläche durch zufällige Erhöhung der übrigen Strahlung un deutlich gemacht. Deutlich tritt dagegen die Abnahme bei den Messungen in 500 m hervor: die Ionendifferenz gegenüber den Werten vor dem Aufstiege beträgt bei den 3 Apparaten 2,2 bzw. 1,8 und 2,1 Ionen. Zwischen $11\frac{1}{2}$ und $12\frac{1}{2}$ Uhr nachts wurde in allen drei Apparaten eine Strahlungsschwankung und zwar eine Erhöhung um 2,8 bzw. 2,0 und 1,0 Ionen gefunden.

4. Fahrt.

Der Aufstieg fand am 3. Juni $9\frac{1}{45}$ abends statt. Es stand ein 2200-cbm-Ballon zur Verfügung, mit dem große Höhen erzielt werden konnten. Leider zwang uns ein näher kommendes Gewitter, um $1\frac{1}{30}$ nachts bereits zur Landung. Die Maximalhöhe war 1900 m (absolut). Es wurde nur von $10\frac{1}{2}$ bis $12\frac{1}{2}$ Uhr nachts in Höhen von 800 bis 1100 m über dem Boden beobachtet. Die erhaltenen Mittelwerte in dieser Höhe sind $q_1 = 15,5$, $q_2 = 11,2$, $q_{3\text{red.}} = 21,8$, während vor dem Aufstiege die sehr wenig davon abweichenden Werte $q_1 = 15,5$, $q_2 = 11,7$, $q_3 = 21,3$ gefunden worden waren.

5. Fahrt.

Diese fand am 19. Juni um 5 Uhr nachmittags statt. Da ich allein aufstieg und daher auch die Führung des Ballons besorgen mußte, nahm ich bloß einen Strahlungsapparat mit. In 850 bis 950 m relativer Höhe fand ich $q_2 = 9,8$ bis $10,7$ Ionen, während ich in den zwei Stunden vor dem Aufstiege $q_2 = 12,3$ bis $14,5$ beobachtet hatte. Der Mittelwert in 900 m Höhe ist um ca. 3 Ionen geringer als am Boden.

Aus den Resultaten der 4. und 5. Fahrt werden wir schließen, daß die konstatierbare Abnahme der Strahlung bis gegen 1000 m über dem Erdboden reichen dürfte, daß sie aber unter Umständen — wie bei der 4. Fahrt — durch zufällige Zunahme der übrigen Strahlung verdeckt sein kann.

6. Fahrt.

Bei dieser Fahrt sollte wiederum die Strahlung in unmittelbarer Nähe der Erde untersucht werden. Ich stieg am 28. Juni um 11^{1/2} Uhr abends auf. Es gelang, den Ballon durch 5 Stunden in Höhen von 280 bis 360 Metern

zu halten. Ich hatte nur die beiden dickwandigen Apparate mitgenommen. Ihre Angaben verliefen die ganze Nacht über vollkommen parallel. Zwischen 1^{1/2} und 2^{1/2} Uhr nachts war eine Erhöhung der Strahlung um 1,9 bzw. 1,6 Ionen zu bemerken, ohne daß eine Höhenänderung des Ballons oder irgendeine meteorologische Veränderung zu bemerken gewesen wäre. In 360 m über dem Boden betrug die Strahlungsabnahme gegenüber den Werten am Erdboden in Apparat 1 2,1, in Apparat 2 2,4 Ionen. Diese Ergebnisse bestätigen die früher gezogenen Schlüsse.

Die darauf folgende 7. Fahrt wurde als eigentliche Hochfahrt unternommen:

7. Fahrt (7. August 1912).

Ballon: „Böhmen“ (1680 cbm Wasserstoff).
Meteorolog. Beobachter: E. Wolf.

Führer: Hauptmann W. Hoffory.
Luftlekt. Beobachter: V. F. Hess.

Nr.	Zeit	Mittlere Höhe		Beobachtete Strahlung				Temp.	Relat. Feucht. Proz.		
		absolut m	relativ m	Apparat 1		Apparat 2				Apparat 3	
				ρ_1	ρ_2	ρ_3	reduz. ρ_3			ρ_3	reduz. ρ_3
1	15h 15—16h 15	156	0	17,3	12,9	—	—	—	—		
2	16h 15—17h 15	156	0	15,9	11,0	18,4	18,4	1 1/2 Tag vor dem Aufstiege (in Wien)	—		
3	17h 15—18h 15	156	0	15,8	11,2	17,5	17,5		+6,4 ⁰	60	
4	6h 45—7h 45	1700	1400	15,8	14,4	21,1	25,3		+1,4 ⁰	41	
5	7h 45—8h 45	2750	2500	17,3	12,3	22,5	31,2	—6,8 ⁰	64		
6	8h 45—9h 45	3850	3600	19,8	16,5	21,8	35,2	—9,8 ⁰	40		
7	9h 45—10h 45	4800	4700	40,7	31,8	—	—	—	—		
		(4400—5350)	5350	—	—	—	—	—	—		
8	10h 45—11h 15	4400	4200	28,1	22,7	—	—	—	—		
9	11h 15—11h 45	1300	1200	(9,7)	11,5	—	—	—	—		
10	11h 45—12h 10	250	150	11,9	10,7	—	—	+16,0 ⁰	68		
11	12h 25—13h 12	140	0	15,0	11,6	—	—	(nach der Landung in Pieskow, Brandenburg)	—		

Wir stiegen um 6^h12 früh von Aussig a. d. Elbe auf. Wir überflogen die sächsische Grenze bei Peterswalde, Struppen bei Pirna, Bischofswerda und Kottbus. In der Gegend des Schwielochsees wurde die Höhe von 5350 m erreicht. Um 12^h15 mittags landeten wir bei Pieskow, 50 km östlich von Berlin. Am Aufstiegsorte konnten vor der Fahrt leider keine Beobachtungen gemacht werden. Dagegen wurden nach der Landung unter dem noch nicht aufgerissenen Ballon Messungen angestellt, um zu sehen, ob der unmittelbar aus 5000 m herabgekommene Ballon sich etwa mit radioaktiven Induktionen bedeckt hatte und selbst eine Strahlung aussendete. Wie aus der Tabelle ersichtlich (Beob. Nr. 11), wurde jedoch keine Spur einer Erhöhung der Strahlung unter dem gelandeten Ballon bemerkt. Das Wetter war bei dieser Fahrt nicht vollkommen klar. Eine von Westen sich nähernde barometrische Depression machte sich durch beginnende Bewölkung bemerkbar. Doch sei ausdrücklich

bemerkt, daß wir nie in einer Wolke, ja nicht einmal in der Nähe einer solchen uns befanden, da zur Zeit, als die Kumuluswolken in vereinzelten Ballen über den ganzen Horizont verstreut eintraten, wir uns bereits in Höhen über 4000 m befanden. Über uns befand sich, als wir bereits in der Maximalhöhe fuhren, eine noch viel höhere dünne Wolkensicht, deren untere Grenze in mindestens 6000 m gewesen sein dürfte. Die Sonne schimmerte nur ganz schwach durch.

Betrachten wir zuerst die Resultate bei den dickwandigen Apparaten 1 und 2. In 1400 bis 2500 m mittlerer Höhe war die Strahlung ungefähr ebenso groß, als wie sie gewöhnlich am Boden gefunden wurde. Dann aber beginnt ein bei beiden Apparaten deutlich bemerkbarer Anstieg der Strahlung mit zunehmender Höhe. — In 3600 m über dem Boden sind die Werte schon um 4—5 Ionen höher als am Boden.

Was die Resultate am dünnwandigen Appa-

Tabelle der Mittelwerte.

Mittlere Höhe über dem Erdboden m	Beobachtete Strahlung in Ionen pro ccm und sec.			
	Apparat 1	Apparat 2	Apparat 3	
	Q_1	Q_2	Q_3 (reduziert)	Q_3 (nicht reduziert)
0	16,3 (18)	11,8 (20)	19,6 (9)	19,7 (9)
bis 200	15,4 (13)	11,1 (12)	19,1 (8)	18,5 (8)
200—500	15,5 (6)	10,4 (6)	18,8 (5)	17,7 (5)
500—1000	15,6 (3)	10,3 (4)	20,8 (2)	18,5 (2)
1000—2000	15,9 (7)	12,1 (8)	22,2 (4)	18,7 (4)
2000—3000	17,3 (1)	13,3 (1)	31,2 (1)	22,5 (1)
3000—4000	19,8 (1)	16,5 (1)	35,2 (1)	21,8 (1)
4000—5200	34,4 (2)	27,2 (2)	—	—

rate 3 betrifft, so hat es den Anschein, als ob hier der Anstieg der Strahlung schon in geringerer Höhe sich bemerkbar machte. Bei der S. 1085 besprochenen Unsicherheit, welche die Reduktion der Werte dieses Apparates auf normalen Druck¹⁾ mit sich bringt, darf man jedoch diesen Schluß für nicht ganz sicher ansehen. Qualitativ ist übrigens der Anstieg auch bei den nicht reduzierten Werten q_3 zu erkennen. Die Ablesungen am Apparate 3 fanden um 10^h45 Uhr ein unbeabsichtigtes Ende, da sich durch ein ungeschicktes Anstoßen gerade vor der Ablesung in der Maximalhöhe der Ionisationszylinder lockerte und durch Berührung mit dem Mittelstift der Apparat sich entlud.

Bei den beiden γ -Strahlenapparaten sind die Werte in der Maximalhöhe um 20 bis 24 Ionen höher als am Boden. Beim Abstieg wurden noch in 4400 m durchschnittlicher absoluter Höhe die ebenfalls sehr hohen Werte $q_1 = 28,1$ und $q_2 = 22,7$ gefunden. Auch diese überragen die Normalwerte um 12 bzw. 11 Ionen. Bei dem darauffolgenden sehr raschen Fall (2 m pro Sek.) wurde in 1200 m mittlerer Höhe im Apparat 1 der sehr niedrige Wert 9,7 gemessen, während im Apparat 2 der normale Wert 11,5 registriert wurde. Ich halte es für möglich, daß in dem mit sehr dicken Fäden versehenen Apparat 1 sich manchmal eine gewisse Steifigkeit der Fäden störend bemerkbar machte.

Die nach der Landung unter dem noch gefüllten Ballon erhaltenen Resultate beider

1) Von der Anbringung einer Korrektur wegen Änderung der absoluten Temperatur habe ich abgesehen; bei den Fahrten Nr. 1—6 ist diese Änderung nie von berücksichtigungswertem Betrage gewesen. Aber auch bei den eben besprochenen Messungen fällt sie nicht ins Gewicht, weil wegen der Einstrahlung der Sonne die Temperatur im Meßraum des Apparates weitaus weniger tief sinken konnte, als die mittels Aspirations thermometer gemessene Außentemperatur.

Apparate sind, wie schon oben bemerkt, ganz normal.

Um eine Übersicht über die Veränderung der durchdringenden Strahlung in der Höhe zu gewinnen, so wie sie sich in den Mittelwerten darstellt, habe ich in der folgenden Tabelle sämtliche 88 von mir im Ballon beobachteten Strahlungswerte nach Höhenstufen entsprechend geordnet zusammengestellt. Da hierbei für jede Höhenstufe Mittelwerte aus mehreren Einzelwerten gebildet sind, welche unter verschiedenen Verhältnissen gewonnen wurden und durch die schon erwähnten zeitlichen Schwankungen beeinflußt sein können, so darf man nicht erwarten, jetzt schon ein ganz exaktes Bild über den Verlauf der Strahlung mit zunehmender Höhe zu erhalten. Die den Strahlungswerten in Klammern beigetzten Ziffern bedeuten die Anzahl der Beobachtungen, aus denen jeweilig das Mittel gebildet wurde.

Wir ersehen aus der Tabelle: unmittelbar über der Erde nimmt die Gesamtstrahlung ein wenig ab. In den Mittelwerten beträgt diese Abnahme 0,8 bis 1,4 Ionen. Da aber bei den einzelnen Fahrten manchmal doch eine Abnahme bis zu 3 Ionen, bei sehr vielen Messungen über 2 Ionen gefunden worden ist, so werden wir etwa 3 Ionen als Maximalwert der Abnahme ansprechen. Diese Abnahme erstreckt sich bis beiläufig 1000 m über dem Erdboden. Sie rührt, wie erwähnt, offenbar von der Absorption der γ -Strahlen her, die von der Erdoberfläche ausgehen. Daraus schließen wir: die γ -Strahlung der Erdoberfläche und der obersten Bodenschichten erregt in Zinkgefäßen eine Ionisation von etwa 3 Ionen pro 1 ccm und Sek.

In Höhen bis 2000 m erfolgt bereits wieder eine merkliche Zunahme der Strahlung. Die Zunahme erreicht in 3000 bis 4000 m bereits den Betrag von 4 Ionen, in 4000 bis 5200 m gar den Betrag von 16 bis 18 Ionen, in beiden Apparaten. Beim dünnwandigen Apparat 3

tritt, wenn man die Werte auf normalen Druck reduziert, die Abnahme noch früher und stärker hervor.

Woher rührt nun diese an drei Apparaten gleichzeitig und mehrfach beobachtete Zunahme der durchdringenden Strahlung mit der Höhe?

Wenn man sich auf den Standpunkt stellt, daß nur die bekannten radioaktiven Substanzen in der Erdrinde und in der Atmosphäre eine Strahlung vom Charakter einer γ -Strahlung aussenden und in geschlossenen Gefäßen eine Ionisation erzeugen, so stellen sich einer Erklärung große Schwierigkeiten entgegen:

Nach den direkten Bestimmungen des Absorptionskoeffizienten der γ -Strahlen in Luft von mir¹⁾ und Chadwick²⁾ erfolgt die Absorption der von der Erdoberfläche ausgehenden Strahlung ziemlich rasch, so daß in 500 m über den Boden kaum 10 Proz. der Strahlung mehr wirken können. Wie erwähnt, ist es mir auch gelungen, diese Abnahme experimentell im Ballon nachzuweisen, wobei sich allerdings ergeben hat, daß die radioaktiven Substanzen der Erdoberfläche keine so überwiegende Rolle bei der Gesamtstrahlung spielen, wie manche Autoren glaubten. Ihr Anteil wurde mit 3 Ionen pro Kubikzentimeter und Sekunde bestimmt.

Es erübrigen jetzt noch als Ionisatoren mit γ -Strahlung in der Höhe die Zerfallsprodukte der Emanationen. Wegen ihrer kurzen Lebensdauer werden die Thorium- und Aktiniumemanation sowie deren Zerfallsprodukte nicht in größere Höhen gelangen können. Nur die Radiumemanation mit einer Halbwertszeit von fast 4 Tagen wird durch aufsteigende Luftströmungen in große Höhen emporgerissen werden können. Im allgemeinen jedoch wird die Konzentration der Emanation und somit auch der Gehalt der Luft an Radium G mit der Höhe bald abnehmen. Eine Zunahme der Strahlung mit der Höhe könnte nur bei einer zufälligen Anhäufung des *RaC* von rein lokalem Charakter auftreten: es wäre z. B. denkbar, daß in Stabilitätsschichten mit Temperaturinversion, ferner in Kumuluswolken oder im Nebel solche Anhäufungen stattfinden, da es bekannt ist, daß die *RaC*-Atome häufig als Kondensationskerne fungieren. Eine gleichmäßige Zunahme der durchdringenden Strahlung mit der Höhe, wie sie aus meinen Beobachtungen resultiert, kann aber doch wohl nicht auf diese Weise erklärt werden. Auch habe ich bei den Fahrten Nr. 2 und 6, bei denen

der Ballon nahe der Erde stundenlang auf einer Stabilitätsschicht mit Temperaturinversion dahinfuhr, keine Erhöhung der Strahlung beobachtet, obwohl doch in der Nähe des Bodens der Gehalt der Luft an *RaC* größer sein muß. In einer Höhe von 5000 m wird der *RaC*-Gehalt überhaupt nicht ausreichen, um so starke Erhöhungen der Strahlung zu bewirken, wie ich sie fand.

Einer Erklärung der durchdringenden Strahlung auf alleiniger Grundlage der radioaktiven Theorie bereiten auch große Schwierigkeiten die von Pacini¹⁾ und Gockel²⁾ auf dem Meere und am Lande, von mir auch im Ballon öfters gefundenen Schwankungen der Strahlung. Solche Schwankungen habe ich wiederholt mitten in der Nacht, bei vollkommener Ruhe der Atmosphäre beobachtet. Beim Fehlen jeglicher meteorologischer Veränderung liegt kein Grund vor, sie auf Änderungen in der Verteilung der radioaktiven Substanzen der Atmosphäre zurückzuführen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Beobachtungen scheinen am ehesten durch die Annahme erklärt werden zu können, daß eine Strahlung von sehr hoher Durchdringungskraft von oben her in unsere Atmosphäre eindringt, und auch noch in deren untersten Schichten einen Teil der in geschlossenen Gefäßen beobachteten Ionisation hervorruft. Die Intensität dieser Strahlung scheint zeitlichen Schwankungen unterworfen zu sein, welche bei einstündigen Ablesungsintervallen noch erkennbar sind. Da ich im Ballon weder bei Nacht noch bei einer Sonnenfinsternis eine Verringerung der Strahlung fand, so kann man wohl kaum die Sonne als Ursache dieser hypothetischen Strahlung ansehen, wenigstens solange man nur an eine direkte γ -Strahlung mit geradliniger Fortpflanzung denkt.

Daß die Zunahme der Strahlung erst jenseits 3000 m so stark merklich wird, ist nicht so sehr überraschend: in den ersten 1000 m überwiegt die Abnahme der γ -Strahlung der Erdoberfläche und dazu kommt dann die Abnahme des Induktionsgehaltes, die sicher bis über 3000 m sich bemerkbar macht. Die Absorption der von oben kommenden Strahlung verläuft jedenfalls nach einer Exponentialkurve; von unten nach oben wird daher dann überdies der Zuwachs der Strahlung in großer Höhe steiler vor sich gehen.

Betrachten wir zum Schluß noch die Ver-

1) Wien. Sitz.-Ber. 120, 1205—1212, 1911.
2) Le Radium 9, 200—202, 1912.

1) l. c.
2) Jahrb. d. Rad. u. Elektron. 9, 1—15, 1912.

suche, welche Wright, Simpson, Mc. Lennan, Wulf u. a. zur Anschauung geführt haben, daß die durchdringende Strahlung an der Erdoberfläche fast ausschließlich von den radioaktiven Substanzen der Erde und nicht von der Atmosphäre herrühre: übereinstimmend fanden die genannten Autoren, daß über Wasser oder Eis schon in geringer Distanz vom Lande die Strahlung um 4—6 Ionen geringer ist. Sie fanden also eine größere Differenz, als ich zwischen den Werten am Erdboden und in wenigen hundert Metern Höhe festgestellt habe (2—3 Ionen). In bester Übereinstimmung mit meinen Resultaten steht eine Beobachtung von Prof. Wulf, der auf der Spitze des Eiffelturmes in Paris eine um 2,3 Ionen geringere Strahlung gefunden hat, wie am Boden. Es ist bekannt, daß γ -Strahlen auch sekundäre β - und γ -Strahlen beim Auftreffen an Materie erregen. Die an festen Körpern erregte Sekundärstrahlung ist aber stärker als die an einer Wasserfläche erzeugte Sekundärstrahlung¹⁾. Die von oben kommende Strahlung wird nun an der Erdoberfläche sicher auch Sekundärstrahlen erregen können, über Land aber wird die

1) A. Brommer, Wien. Sitz.-Ber. Juli 1912.

erzeugte Sekundärstrahlung größer sein als über Wasser. Dadurch mag sich die Differenz bei der Abschätzung der Erdstrahlung aus den Ballonversuchen und den Versuchen über Wasser aufklären.

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, daß die in geschlossenen Gefäßen beobachtete durchdringende Strahlung sehr komplexen Ursprungs ist. Ein Teil der Strahlung rührt her von den radioaktiven Substanzen an der Erdoberfläche und in den obersten Bodenschichten und wird relativ wenig sich ändern. Ein zweiter von meteorologischen Faktoren beeinflusster Anteil wird von den radioaktiven Substanzen der Atmosphäre — im wesentlichen von *RaC* herrühren. Meine Ballonbeobachtungen scheinen darauf hinzuweisen, daß noch eine dritte Komponente der Gesamtstrahlung existiert, welche in der Höhe zunimmt und auch am Boden merkwürdige Intensitätsschwankungen aufweist. Die weitere Forschung wird insbesondere diesen die größte Aufmerksamkeit zu schenken haben:

Zum Schlusse möchte ich dem Präsidium des k. k. Österreichischen Aeroklubs sowie der Leitung des deutschen Luftfahrtvereins in Böhmen für die verständnisvolle Förderung meiner Arbeit meinen herzlichsten Dank aussprechen.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Ziele der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt; zur Abwehr.

Von E. Warburg.

Vor einigen Tagen wurde ich auf eine Rede des Herrn Geheimen Regierungsrats Voigt (Göttingen) über die physikalische Forschung und Lehre in Deutschland während der letzten hundert Jahre¹⁾ aufmerksam gemacht, in welcher u. a. auch die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt einer kritischen Besprechung unterzogen wird. Die Ausführungen des Herrn Voigt sind geeignet, bei dem fernerstehenden Publikum unzutreffende Anschauungen über die Ziele und das Wesen der Anstalt hervorzurufen und dürfen deshalb nicht unwidersprochen bleiben. Ihr Wortlaut ist folgender:

„Einen kräftigen Impuls erhielt die Technik der physikalischen Meßinstrumente in Deutschland durch die 1888 erfolgte Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg, angeregt und ge-

1) Göttingen, Vandenhoeck & Ruprecht, 1912.

fördert durch den Schöpfer der deutschen Elektrotechnik W. Siemens.

In der technischen Abteilung dieses großartigen Institutes, das über 100 Beamte zählt, werden gegen ein sehr mäßiges Entgelt physikalische Meßinstrumente verschiedenster Art geprüft bzw. bezüglich der Richtigkeit ihrer Angaben mit den dauernd kontrollierten Normalien verglichen. Der Besteller empfängt für sein Instrument eine beglaubigte Fehlertabelle, die dasselbe nun einem richtigen praktisch gleichwertig macht.

Der Vorteil, den die Industrie aus dieser Einrichtung zieht, ist begreiflicherweise ganz bedeutend. Thermometer, aus einem Jenaer Glas von den bez. Anforderungen besonders entsprechenden Eigenschaften, mit Kontrollscheinen der Reichsanstalt sind z. B. zu Hunderttausenden exportiert worden. Aber auch die wissenschaftliche Arbeit erhält durch die Reichsanstalt ganz ungemeine Förderung, und man kann sich kaum mehr in den gar nicht so überaus weit zurückliegenden Zustand hineindenken, wo diese