



Early Cosmic Ray Research with Balloons

Michael Walter, DESY, June 20, 2012

First Balloon Flights



**Hot Air
Balloon
J.M. & J.E.
Montgolfier**



**Hydrogen
Balloon
J. Charles
(physicist)**

- **June 04, 1783:**
1st unmanned flight in Annonay/France
- **Sept. 19, 1783:**
1st flight with animals in Versailles
- **Nov. 21, 1783:**
1st manned flight in Paris
J.-F. Pilatre de Rozier (physicist)

- **Aug. 27, 1783:**
1st unmanned flight in Paris
- **Dec. 01, 1783:**
1st manned flight in Paris,
altitude: 3467 m,
measurement of
temperature (-8.8°C)
air pressure (500.8 mm Hg)

Early Balloon Flights in Italy

- 1784 Sept. 14:

Vincent Lunardi
employee Italian embassy London,
hydrogen balloon, 24 miles,
with a dog, a cat, a pigeon



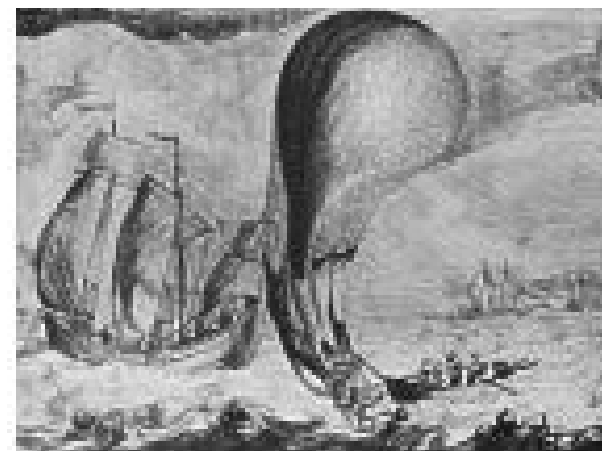
V. Lunardi

- 1803:

Graf Zambeccari
Bologna
dramatic night flight and
landing in the sea



Graf Zambeccari



Rescue of Zambeccari and
his crew in the sea

- 1806:

Carlo Broschi
Neapel,
Balloon was destroyed

Early Balloon Flights in Italy

- 1842:

Comaschi, Antonio
Turin, altitude 9474 m,
but in contradiction
to measured temperature
many flights from Naples and Rome,
1844 in Constantinople

- 1848:

Unmanned balloons
distribution of political proclamations
during the revolution in Milano
against Austria in March 1848

- 1885:

1st military balloon company, Abessinia



Francesco Guardi:
Observation of a balloon launch

Early Scientific Balloon Flights

- **Nov. 30, 1784:** 1st scientific flight in London with barom., thermom., hydrom. & **electrometer**
Dr. J. Jeffries (USA) & Blanchard

Zeit		Temperatur C°	Barometer mm	Hydrometer	Bemerkungen	Höhe in m	Höhenänderung		Temperatur- änderung pro 100 m
h	m						in m	in m pro Sek.	
2	20 p	10,6	762,0	0	Im Rhedarium	80	—	—	—
	45	4,4	685,8	—	In Wolken	878	798	0,5	— 0,78°
3	8	1,7	685,0	3	Wolken be- trocken decken die Sonne	1480	320	0,4	— 0,84°

1st bord journal of J. Jeffries

- **Aug. 24, 1804 :**
Gay-Lussac & Biot (France)
4000 m hydrogen balloon
- **Sept. 16, 1804 :**
Gay-Lussac
7016 m altitude, results:
O₂-fraction indep. on altitude
temp. decrease of 1°C / 174 m



J. Jeffries



Gay-Lussac

Early Scientific Balloon Flights

- Aug. - Nov. 1852:

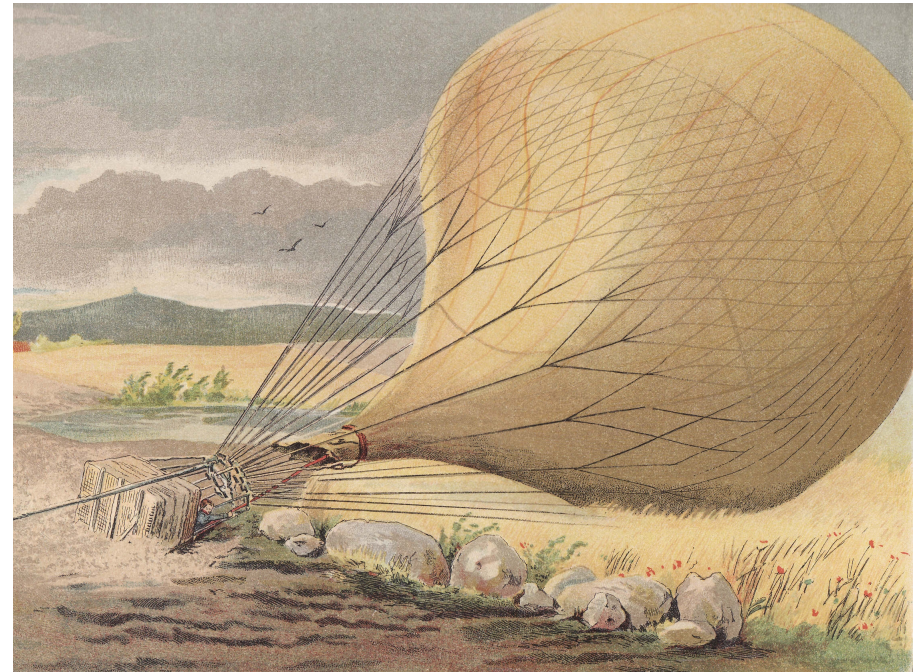
Welsh (England)
4 flights, studied influence
of sunshine
on thermometer

- 1888 – 1889:

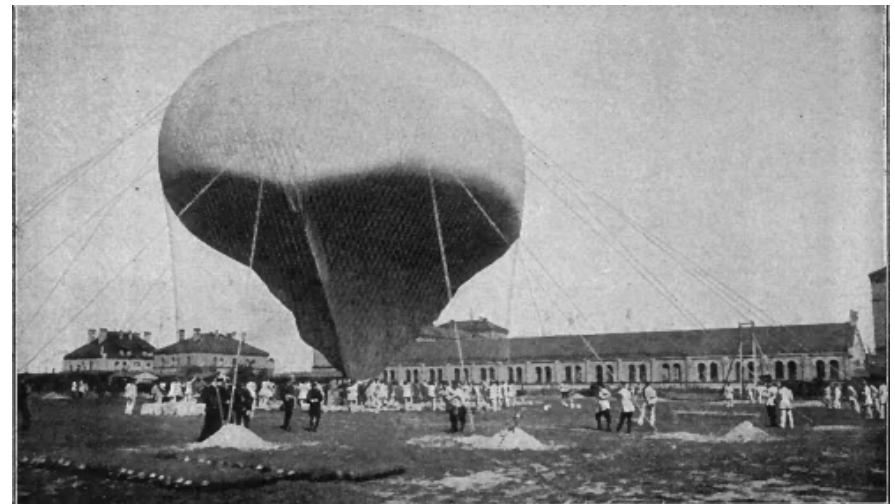
Berlin: 65 manned flights
10 pilot
19 captive balloons

- July 31, 1901:

Berson, Süring (meteorologists),
von Schrötter (Vienna, physician),
balloon “Preussen”, Berlin,
record flight: 10800 m



Balloon “Phönix”, Berlin



Balloon “Preussen”, Berlin

Early Pilot Balloon Flights

- March 18, 1893:

French balloon

113 m³ illuminating gas,

mechan. registration of temperature

Altitude: 12500 m, T = -51°C

15000 m, T = -21°C

- Sept. 6, 1894:

Balloon "Cirrus"

Aßmann (Berlin)

250 m³ hydrogen or illuminating gas,

photographic registration of
air pressure and temperature.

With manned balloon "Phönix"
measurements at the same time

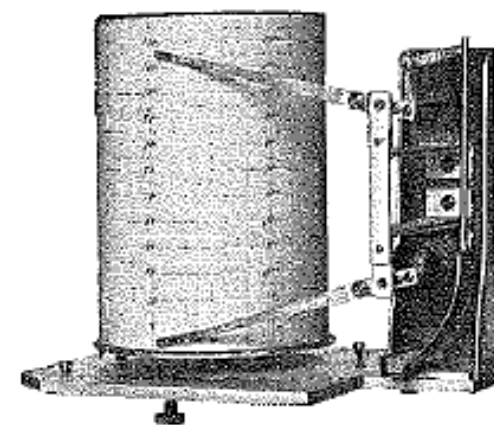
- 1902:

Discovery of stratosphere by

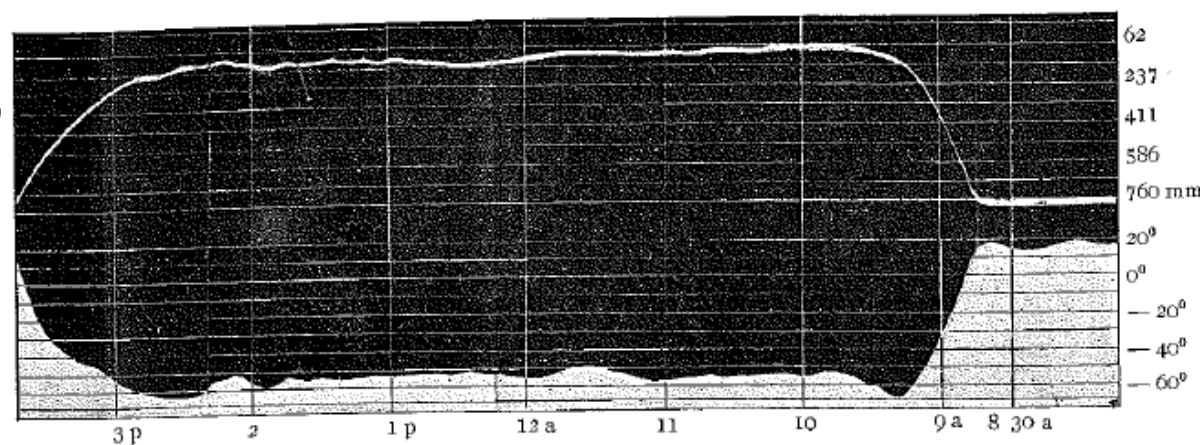
Teisserenc de Boert (Paris)

and Aßmann (Berlin)

with pilot balloons



Barothermograph Richard.



Nr. 40. 6. September 1894

1st Indication for Cosmic Rays ?

Franz Linke:

- geologist and meteorologist

- PhD:

“Messungen elektrischer Potentialdifferenzen
vermittels Kollektoren im Ballon
und auf der Erde”

- **12 balloon flights: Sept. 1900 – Aug. 1903**,
6 flights measurement of ionisation
with Elster-Geitel 2-leaf electrometer

- **Publication:**

“Luftelektrische Messungen bei 12 Ballonflügen”

(“Measurement of the electricity of air at 12 balloon flights”),

Abhandlungen der königlichen Gesellschaft der Wissenschaften
zu Göttingen, Band III

Weidmannsche Buchhandlung, Berlin 1904



1st Indication for Cosmic Rays ?

Linke's conclusion :

(p.87): “Would one compare the presented values with those on ground, one must say

that in 1000m altitude

- where the measurements in general began -

the leakage (ionisation) is smaller than on ground, between 1 and 3 km of the same amount,

and above larger than on earth, with values

increasing up to a factor of 4 (at 5500m altitude),

if the mean value at our latitude is 1.5%.

The uncertainties of the observations

only allow the conclusion that the

reason of the ionisation has to be found first

in the Earth”

→ **no ref. in later papers**

→ **not known why**

Penetrating Radiation - Bergwitz

Karl Bergwitz: Autumn 1908:

- 9h flight from Braunschweig supported by Elster and Geitel
- Wulf 2-string electrometer
- At 1300 m altitude:
 - 25% of ionisation at ground
 - 0% expected
- Detector damaged at ~2000 m



Penetrating Radiation - Bergwitz

	Höhe m	Verlust per $\frac{1}{2}$ Stunde Volt	Ionisierung in Prozenten der am Erdboden beobachteten
Gasanstalt Taubenstraße Braunschweig	0	16,0	100
Lüneburger Heide	etwa 350	8,6	60
	" 650	6,7	40
	" 1300	3,8	25

Ref.: Karl Bergwitz: "Die γ -Strahlung des Erdkörpers und ihr Anteil an der spontanen Ionisierung der Atmosphäre"

16. Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig 1908/1909

After the flight an older university professor advised against it; he said that Bergwitz would lose his scientific reputation if he continues to pursue the idea of an extraterrestrial radiation

Penetrating Radiation - Gockel

Albert Gockel (Freiburg/Switzerland)

- Aug.-Sept. 1908 1st expedition in the Alp's
- measurements at altitudes of 650 – 3000m
- with 2 Wulf-electrometers

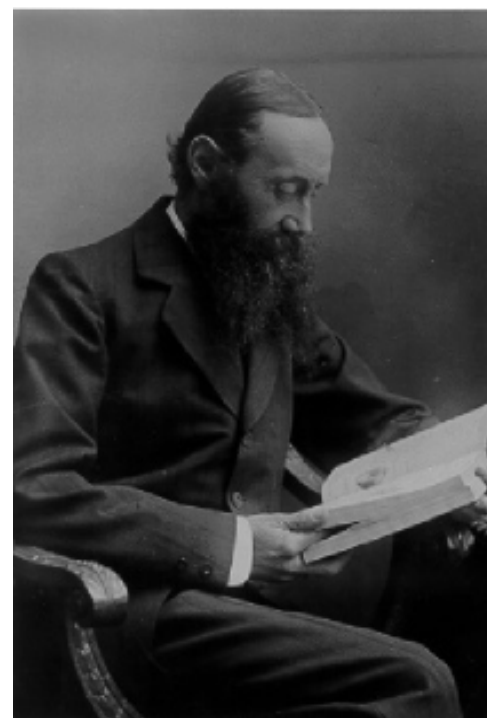
1st use of term “**cosmic radiation**”
18 years before introduced by Millikan

Beobachtungen über die Radioaktivität der
Atmosphäre im Hochgebirge.

Von A. Gockel und Th. Wulf.

Physikalische Zeitschrift. 9. Jahrgang. No. 25.

des: Ein Einfluß der Höhe auf die Ionisation im verschlossenen Gefäß läßt sich nicht nachweisen. Daraus glauben wir den Schluß ziehen zu dürfen, daß eine kosmische Strahlung, wenn sie überhaupt existiert, nur einen unbedeutlichen Teil der durchdringenden Strahlung ausmacht. Dagegen scheint — und dieser Befund



Penetrating Radiation - Gockel

3 balloon flights: Dec. 11, 1909
 Oct. 15, 1910
 April 2, 1911

**Messungen der durchdringenden Strahlung
 bei Ballonfahrten.**

Physik. Zeitschr. XII, 1911.

Zeit	Ort	Volt- verlust
7—9 ^h 30	Schuppen des Gaswerkes Schlieren bei Zürich.	13,3
9 ^h 45—10 ^h 45	800—1100 m über Zürich im Nebel.	10,3
10 ^h 45—11 ^h 30	etwa 1700 m, zwischen Zürich und Zug über dem Nebel.	8,3
11 ^h 30—12 ^h 30	1900 m über Entlebuch.	8,5
12 ^h 30—1 ^h 30	1900 m über Entlebuch.	9,6
1 ^h 30—3 ^h 30	2800 m, Gegend von Olten. nach der Landung auf Wiese.	10,0 9,8

Penetrating Radiation - Gockel

Die erhaltenen Resultate würden in Übereinstimmung stehen mit dem, was auch Pacini¹⁾ aus seinen Beobachtungen auf dem Meere und Mache²⁾ aus denen in Innsbruck folgert, daß nämlich ein nicht unbedeutlicher Teil der durchdringenden Strahlung unabhängig ist von der direkten Wirkung der in den obersten Erdschichten enthaltenen aktiven Substanz. Befriedigend stimmen mit meinen Resultaten auch die von Wulf³⁾ auf dem Eiffelturm erhaltenen überein, besonders

- penetrating radiation in the atmosphere independent on radioactive source

Penetrating Radiation - Hess

Victor Franz Hess:

- 24.06.1883: born in castle Waldstein near to Peggau/Austria
- 1901-1905: physics study Univ. Graz
- 1906: PhD
- 1907-1910: Univ. Vienna at Exner
- 1911-1920: Assistent of S. Meyer
at the 1910 founded Radium Inst. of the Acad. Sc. USA, director United States Radium Corp.
- 1921-23: Univ. Graz
- 1923: Professor in Graz
- 1925-1931: Prof. in Innsbruck
- 1931-1937: Nobelprize
- 1936: Univ. Graz
- 1937-1938: emigration, USA
- 1938: Prof. at Fordham Univ.
- 1938-1956: died in Mt. Vernon, New York
- 17.12.1964:



Penetrating Radiation - Hess

Victor Franz Hess' important steps before the discovery:

- Experimental verification of the absorption coefficient in air predicted by Eve:

Hess, Absorption der γ -Strahlen in der Atmosphäre.
Physik. Zeitschr. XII, 1911.

- Careful calibration measurements performed in early 1912 with electroscopes improved by him using radium sources:

Hess, Radiummessungen nach der γ -Strahlenmethode.
Physik. Zeitschr. XIV, 1913.

Penetrating Radiation - Hess

Hess' 1st balloon flight:

- Aug. 28, 1911: Hess, Absorption der γ -Strahlen in der Atmosphäre.
Physik. Zeitschr. XII, 1911.

Zeit			Höhe	beobachtete Strahlung	
6 ^h	30—7 ^h	45	0	32,3	Ionen/ccm/sec
8 ^h	14—8 ^h	59	150—440 m	28,1	"
8 ^h	59—9 ^h	44	440—800 "	34,7	"
9 ^h	48—10 ^h	18	800—900 "	34,3	"
10 ^h	18—10 ^h	48	900—1070 "	35,5	"
11 ^h	11—12 ^h	12	0	34,9	"

→ established results of Wulf (Eiffel tower) and Gockel (balloon)

Penetrating Radiation - Hess

Routes of 7 balloon flights



Penetrating Radiation - Hess

6 flights around Vienna

Flight	Date	Time	Height, m	Ions(γ -1), $\text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$	Ions(γ -2), $\text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$	Ions(β -Det.), $\text{cm}^{-3} \text{s}^{-1}$
1	17.4.1912	08:30-09:30	0	14.4	10.7	
		11:00-12:15	1700	13.7	11.1	
		12:15-12:50	1700-2100	27.3	14.4	
		12:50-13:30	1100		15.1	
2	26.-27.4.1912	16:00-22:30	0	17.0	11.6	20.2
		23:00-09:35	140-190	14.9	9.8	18.2
		06:35-09:35	800-1600	17.6	10.5	20.8
3	20.-21.5.1912	17:00-21:30	0	16.9	11.4	19.8
		22:30-02:30	150-340	16.9	11.1	19.2
		02:30-04:30	~ 500	14.7	9.6	17.6
4	03.-04.5.1912	17:10-20:40	0	15.8	11.7	21.3
		22:30-00:30	800-1100	15.5	11.2	21.8
5	19.6.1912	15:00-17:00	0	13.4		
		17:30-18:40	850-950	10.3		
6	28.-29.6.1912	20:10-23:10	0	15.5	12.2	
		00:40-05:40	90-360	14.9	11.4	

Penetrating Radiation - Hess

Discovery flight:

- August 7, 1912
- start: Usti nad Labem (Aussig), with German hydrogen balloon
- max. altitude 5300 m (south-east Brandenburg)
- landing: Pieskow, 60 km south-east of Berlin

7. Fahrt (7. August 1912).

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

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

Nr.	Zeit	Mittlere Höhe		Beobachtete Strahlung				Temp.	Relat. Feucht. Proz.
		absolut m	relativ m	Apparat 1	Apparat 2	Apparat 3			
				φ_1	φ_2	φ_3	reduz. φ_3		
1	15h 15—16h 15	156	0	17,3	12,9	—	—	} 1 1/2 Tag vor dem Aufstiege (in Wien)	—
2	16h 15—17h 15	156	0	15,9	11,0	18,4	18,4		
3	17h 15—18h 15	156	0	15,8	11,2	17,5	17,5		
4	6h 45—7h 45	1700	1400	15,8	14,4	21,1	25,3	+6,4 ⁰	60
5	7h 45—8h 45	2750	2500	17,3	12,3	22,5	31,2	+1,4 ⁰	41
6	8h 45—9h 45	3850	3600	19,8	16,5	21,8	35,2	-6,8 ⁰	64
7	9h 45—10h 45	4800	4700	40,7	31,8	—	—	-9,8 ⁰	40
		(4400—5350)				—	—		
8	10h 45—11h 15	4400	4300	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, Braudenburg)	

Penetrating Radiation - Hess

Physik. Zeitschr. XIII, 1912.

Aus der Abteilung für Geophysik, Meteorologie
und Erdmagnetismus:

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

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

Penetrating Radiation - Hess

Important results of 7 flights in 1912:

- 6 flights around Vienna established earlier results
- Night flights:
 - Stable flight conditions
 - Radiation not from Sun
- 7th flight with hydrogen balloon: **discovery**

Possible reasons for the success:

- Detailed knowledge of the electrometers from calibration
- Improvement of the electrometers
- Independent measurements with 3 electrometers
 - 2 γ -, 1 β -electrometer
- Systematic studies at day and night

Ultra-Radiation - Kolhörster

Werner Kolhörster:

- 3 flights in 1913:

*Messungen der durchdringenden Strahlung
im Freiballon in gröfseren Höhen;
von Werner Kolhörster.*

(Vorgetragen in der Sitzung der physikalischen Abteilung der 85. Versammlung
Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Wien am 23. September 1913.)

(Vgl. oben S. 921.)

(Aerophysikalischer Forschungsfonds Halle, Abhandlung 6.)

→ **confirmation of Hess' result**

Ultra-Radiation - Kolhörster

Werner Kolhörster results of 3 flights in 1913:

Erd- abstand in m	Werte der Kurve			Beobachtete Werte									
	I. Fahrt	II. Fahrt	III. Fahrt	I. Fahrt		II. Fahrt		III. Fahrt					
				m		m		m					
Am Boden	15,3	13,5	13,2										
400	- 1,3	- 1,8	- 1,3	310	- 1,2	500	- 2,0						
800	- 1,2	- 2,1	- 1,3	760	- 1,3	600	- 1,4			940	- 1,3		
1200	- 0,7	- 1,8	- 0,9			1000	- 2,1	1090	- 1,2				
1600	- 0,2	- 0,6	0,0			1400	- 1,7	1300	- 0,7				
2000	+ 1,4	+ 1,1	+ 1,3			1500	- 0,8	1440	- 0,5				
2400	+ 3,2	+ 2,6	+ 2,6	1650	+ 0,8	2100	+ 1,8	2130	+ 2,1				
2800	+ 5,6	+ 3,6	+ 4,0	2110	+ 1,3	2400	+ 3,1	2500	+ 2,9				
3200	+ 8,0	+ 4,5	+ 5,5	2400	+ 3,1	2700	+ 3,1	2900	+ 6,1				
3600	+ 10,4	+ 5,6	+ 7,2	2600	+ 4,3	3000	+ 3,8	3550	+ 7,0				
4000		+ 7,0	+ 9,3	3000	+ 7,5	3300	+ 4,5	3800	+ 7,7				
4400			+ 12,3	3400	+ 8,9	3600	+ 6,1	4300	+ 11,4				
4800			+ 16,5	3500	+ 11,1	3800	+ 6,4	4700	+ 14,5				
5200			+ 21,2			4000	+ 6,7	4800	+ 15,7				
5600			+ 25,7					5000	+ 19,2				
6000			+ 30,0					5200	+ 21,9				
								5300	+ 23,6				
								5600	+ 27,5				
								5800	+ 28,2				
								5900	+ 27,9				
								6000	+ 28,5				
								6200	+ 29,3				

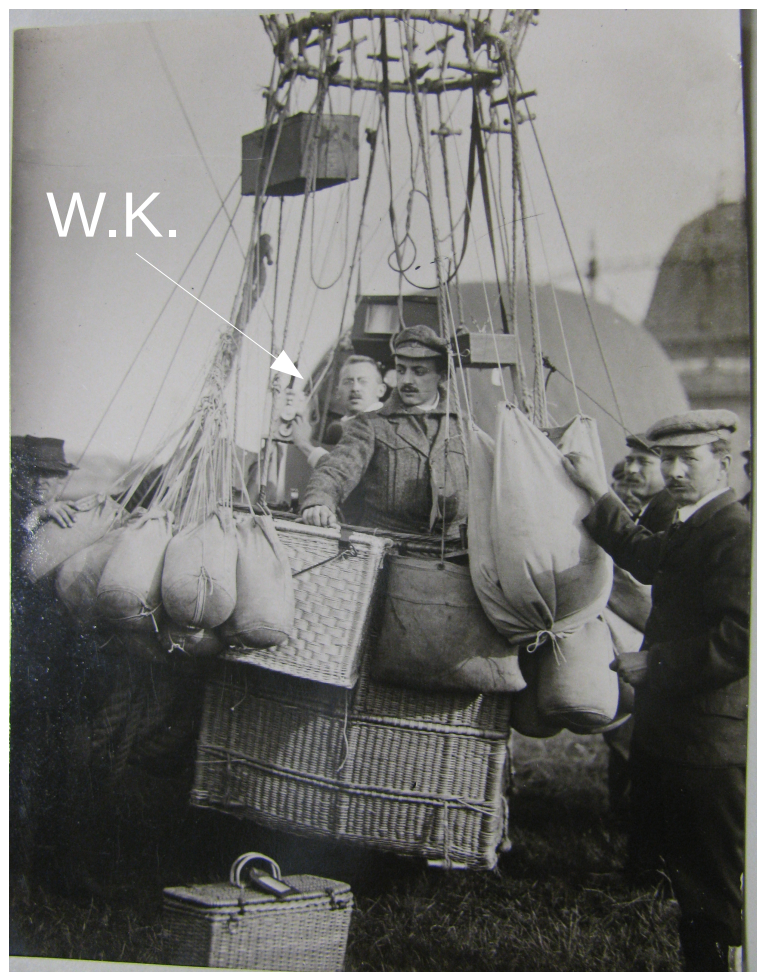
Ultra-Radiation - Kolhörster

Werner Kolhörster's high altitude flight in 1914:

*Messungen der durchdringenden
Strahlungen bis in Höhen von 9300 m;*

von W. Kolhörster.

Verh. deutsche phys. Gesellschaft 16: 719-721



Seehöhe m	Differenz der Ionenzahlen in der Höhe und am Boden	
	Werte von 1913	Fahrt vom 28. Juli 1914
1000	— 1,5	—
2000	+ 1,2	—
3000	+ 4,0	+ 4,3
4000	+ 8,3	+ 9,3
5000	+ 16,5	+ 17,2
6000	+ 28,7	+ 28,7
7000	—	+ 44,2
8000	—	+ 61,3
9000	—	+ 80,4

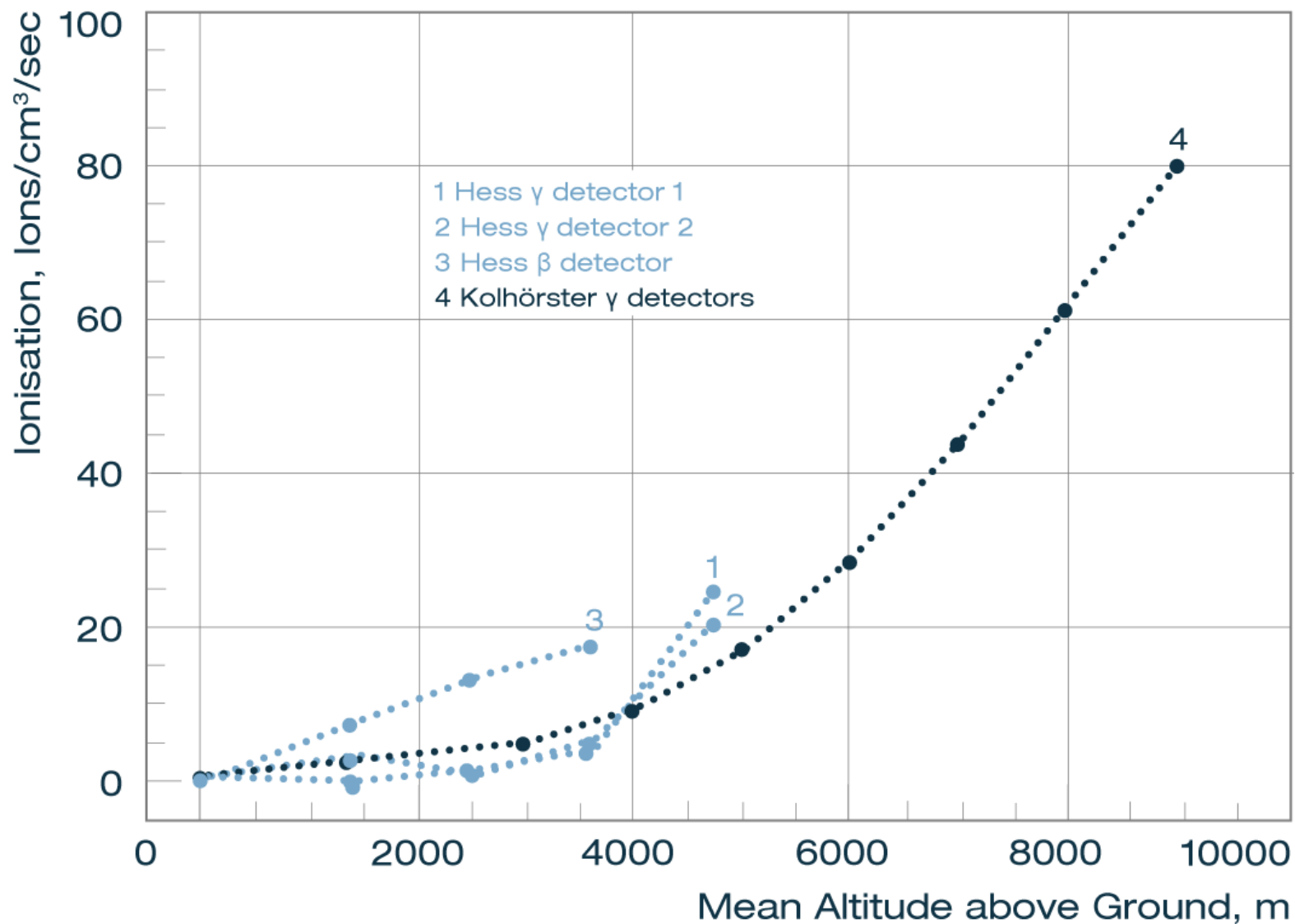
Ultra-Radiation - Kolhörster

Werner Kolhörster's high altitude flight:

Man darf vermuten, daß eine durchdringende Strahlung kosmischen Ursprungs existiert, die wohl zum größten Teil von der Sonne herrührt. Es ist daher beabsichtigt, diese Vermutung durch Beobachtung am Erdboden unter geeigneten Bedingungen — Messungen über und im Wasser zu verschiedenen Tageszeiten, Beobachtungen während der Sonnenfinsternis vom 21. August d. J. in der Zone der Totalität — nachzuprüfen und durch weitere Hochfahrten ihren Ursprung festzustellen.

Ultra-Radiation - Kolhörster

Werner Kolhörster's high altitude flight compared with Hess' results:



100 Years Cosmic Ray Physics

Anniversary of the V. F. Hess Discovery

Conference Topics

- Tribute to Victor Franz Hess
- Research in the early years of the discovery
- From cosmic rays to particle and astroparticle physics:
Historical development of the different fields based on cosmic particles

Location

The conference will be held in Bad Saarow/Pieskow (about 50 km from Berlin), where Victor Franz Hess landed after his successful flight.

<https://indico.desy.de/event/2012VHESS>

International Advisory Committee

Felix Aharonian	Dublin, Ireland and Heidelberg, Germany
Veniamin Berezhinsky	Gran Sasso, Italy and Moscow, Russia
Johannes Blümer	Karlsruhe, Germany
Bruce Dawson	Adelaide, Australia
Erwin Flueckiger	Bern, Switzerland
Masaki Fukushima	Tokyo, Japan
Tom Gaisser	Newark, USA
Karl-Heinz Kampert	Wuppertal, Germany
Walter Kutschera	Vienna, Austria
Paolo Lipari	Rome, Italy
Yuqian Ma	Beijing, China
Olaf Reimer	Innsbruck, Austria
Peter Schuster	Poellauberg, Austria
Ronald Shellard	Rio de Janeiro, Brazil
Michel Spiro	Paris, France
Suresh Tonwar	Mumbai, India
Alan Watson	Leeds, Great Britain
Arnold Wolfendale	Durham, Great Britain

Local Organizing Committee

Dieter Hoffmann	MPI for the History of Science
Rolf Nahnauer	DESY
Martin Pohl	DESY/University of Potsdam
Christian Spiering	DESY
Michael Walter	DESY
Ralf Wischnewski	DESY
Secretary	
Martina Mende	DESY

6–8 August 2012

