© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Registrierballonaufstiege in Hamburg

vom April 1905 bis März 1906.

Von Dr. *Paul Perlewitz*,
wissenschaftlicher Hilfsarbeiter bei der Deutschen Seewarte.

Mit 5 Tafeln und 1 Abbildung im Text.

I. Einleitung.

Die internationalen Tage und die Beteiligung Hamburgs.

Auf dem Meteorologenkongreß in Paris, im September 1896, traten einige Mitglieder der Versammlung zu einer Neugründung „der Internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt" zusammen, deren Aufgabe die Erforschung und das Studium der höheren Luftschichten sein sollte.[1] Ihre erste besondere Zusammenkunft hatte diese Kommission im Jahre 1898 in Straßburg, wo es galt, sich weiter zu organisieren und die zu erledigenden Aufgaben genauer festzulegen. Spezialisiert und erweitert wurde das Programm auf den folgenden Versammlungen, die 1900 in Paris, 1902 in Berlin, 1904 in St. Petersburg und 1906 in Mailand stattfanden.

Als eine ihrer Hauptaufgaben sieht die internationale Kommission die Ausführung von möglichst vielen gleichzeitigen internationalen Aufstiegen von bemannten und unbemannten Ballons und Drachen an, um den gleichzeitigen meteorologischen Zustand der gesamten Atmosphäre über einem größeren Raum kennen zu lernen.

Allmonatlich an jedem ersten Donnerstag finden die Aufstiege seit Dezember 1900 von all den Instituten Europas, die dafür eingerichtet sind, statt. Es beteiligen sich mehr oder weniger regelmäßig in Deutschland: Barmen, Berlin, Friedrichshafen, Hamburg, Lindenberg bei Beeskow, München, Straßburg; im übrigen Europa: Pavlowsk bei St. Petersburg, Moskau (Koutshino), Wien, Zürich, Rom, Madrid, Paris, Trappes, Itteville, Chalais-Meudon, Bath bei Bristol, Guadalajara und endlich Blue Hill (U. S. A.).

In Hamburg hat sich die Deutsche Seewarte zwar schon seit 1900

[1] Vergl. Protokoll der 3. Versammlung der Internationalen Kommission für wissenschaftliche Luftschiffahrt. Straßburg 1903. S. 16 u. ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

tunlichst durch Drachenaufstiege[1]) an den „internationalen Tagen" beteiligt, allein erst seit Gründung ihrer Drachenstation in Groß Borstel[2]) im April 1903 konnte diese Beteiligung regelmäßig werden.

Im April 1905 sollte das Programm der Beteiligung an den internationalen Tagen von seiten Hamburgs noch erweitert werden und zwar durch unbemannte Ballonaufstiege. Dies wurde dadurch ermöglicht, daß dem Hamburgischen Physikalischen Staatslaboratorium, welches gemeinsam mit der Deutschen Seewarte die Vorbereitungen dazu in die Hand nahm, die Mittel für die Aufstiege staatsseitig zur Verfügung gestellt wurden. Das Personal wurde teils vom Staatslaboratorium, teils von der Seewarte gestellt.

Nach den Beschlüssen der Versammlung der internationalen Kommission in St. Petersburg im Jahre 1904 sollten neben den monatlich einmaligen internationalen Beobachtungen solche an drei aufeinander folgenden Tagen durch Ballon- und Drachenaufstiege ausgeführt werden, um auch die Veränderungen der meteorologischen Verhältnisse in der gesamten Atmosphäre — also die ganze große Maschine der meteorologischen Erscheinungen — kennen zu lernen, um ferner die Veränderungen in der Höhe mit denen am Erdboden vergleichen zu können, und um überhaupt hierdurch in der Erkenntnis und Erklärung über das Entstehen und Vergehen der Witterungserscheinungen weiter zu kommen.

Auf der Versammlung in Mailand, im September 1906, wurde das Programm der internationalen Kommission dahin erweitert, daß hinfort solche intensiven dreitägigen internationalen Beobachtungen in vier Monaten des Jahres stattfinden sollten.

Im Jahr 1905 gab es zweimal, im April und August, solche aufeinander folgende internationale Tage und zwar vom 4. bis 6. April und vom 29. bis 31. August. Diese letzteren Tage wurden anläßlich der am 30. August stattfindenden totalen Sonnenfinsternis gewählt, vor allem, weil an diesem Tage von den Astronomen, für die der Tag ohne weiteres international in unserem Sinne ist, und von den Expeditionen, die in das Gebiet der totalen Verfinsterung nach Spanien und Algerien, Kanada und Arabien gesandt worden waren, ohnehin schon neben den astronomischen auch meteorologische Beobachtungen in großem Umfange gemacht wurden. Eine wesentliche Bedeutung kann diesem Zusammenlegen des aeronautischen internationalen Tages mit dem Tage der Sonnenfinsternis indessen nicht beigelegt werden, wenn auch durchaus nicht behauptet werden soll, daß solch Zusammenlegen von keinerlei Nutzen sein kann.

[1]) Die Windverhältnisse gestatten an 75 % aller Tage Drachenaufstiege zu machen. Vergl. Jahresbericht der Deutschen Seewarte 1904 und 1905.

[2]) W. Köppen, Die Drachenstation der Deutschen Seewarte, Annalen der Hydrographie usw. 1906. Heft II und III.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

II. Übersicht über die Registrierballonaufstiege vom April 1905 bis März 1906.

1. Aufstiegsort.

Die Registrierballons, auch Ballons sondes genannt, wurden in der ersten Zeit, von April bis Juni, vom Physikalischen Staatslaboratorium aus hochgelassen. Da die räumlichen Verhältnisse, die hohen Gebäude, Telephondrähte und Bäume ringsum die Auflassung und die für das Studium der Winde in der Höhe überaus wertvolle Verfolgung und Beobachtung des Ballons mittels Theodoliten[1]) sehr erschwerten, wurden nach Anbau einer Ballonhalle an das Stationsgebäude der Drachenstation der Deutschen Seewarte in Groß Borstel vom Juli 1905 an von dort und dem freien Drachenfelde aus die Ballonaufstiege ausgeführt.

Es soll nun zunächst, bevor wir uns mit den speziellen Ergebnissen näher befassen, ein allgemeiner Überblick über sämtliche Registrierballonaufstiege gegeben werden, die im Laufe des ersten Jahres dieser Tätigkeit der Deutschen Seewarte gemeinsam mit dem Hamburgischen Physikalischen Staatslaboratorium gemacht worden sind.

2. Tabellarische Übersicht der Aufstiege. (Tabelle 1.)

Die Tabelle 1 zeigt uns alles Bemerkenswerte über die Aufstiege, die dabei herrschenden meteorologischen Verhältnisse und die Wege, die die Ballons eingeschlagen haben. Insbesondere ist hervorzuheben, daß von den 15 Aufstiegen vom April 1905 bis März 1906, die, mit Ausnahme des Aufstieges vom 10. Mai, an internationalen Tagen stattfanden, nicht ein einziger Ballon oder Instrument verloren gegangen ist. Teisserenc de Bort in Paris und Assmann in Lindenberg geben ihre Verluste an Ballon sonde-Instrumenten nach mehrjährigen Erfahrungen zu 5 bis 10% an[2]). Für Hamburg hat das erste Ballonjahr in dieser Hinsicht äußerst günstig abgeschnitten, da hier der Nähe des Meeres und zahlreicher Süßwasser- und Moorflächen wegen auf einen größeren Verlust gerechnet wurde. Es ist allerdings bemerkenswert, daß der am 11. Mai aufgelassene Ballon lange Zeit für verloren galt, da er erst nach anderthalb Jahren, im Oktober 1906, in einem Moor aufgefunden wurde. Bis auf das durchgerostete Barometerrohr ist sowohl das Instrument — Teisserenc de Bort Nr. 288 — als die aufgezeichnete Barometerkurve gut erhalten; in 7,5 km Höhe ist die Uhr stehen geblieben. Eine Temperaturkurve ist leider nicht zu erkennen, daher mußte auch die Darstellung dieses Aufstieges auf Tafel 1 fehlen.

[1]) Vergl. die Anmerkung auf Seite 83.

[2]) Teisserenc de Bort gab auf der St. Petersburger Konferenz 5% Verlust an.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Tabelle 1.

Die Registrierballonaufstiege in Hamburg

Datum der Aufstiege	I. 5. April 1905	II. 6. April	III. 10. Mai	IV.[11]) 11. Mai	V. 7. Juni	VI. 6. Juli
Zeit: des Aufstiegbeginns	8h 0′ V.	8h 20′ V.	8h 10′ V.	8h 15′ V.	7h 59′ V.	8h 20′ V.
Zeit: der größten Höhe	9 30	8 30	8 43	9 12	8 44	8 53
Zeit: der Landung	10 45	8 40	9 9	10 9[4])	9 29	9 15
Dauer in Minuten: des Aufstiegs	90	10	33	57	45	33
Dauer in Minuten: des Abstiegs	75 } 2h 45′	10 } 20′	26 } 59′	(57) } 1h 54′	45 } 1h 30′	22 } 55′
Landungsort	Freiheit b. Wittstock a. d. D	Kirchwärder	Mechtersen b. Lüneburg	Altenmedingen b. Lüneburg	Neugraben b. Harburg	Grünhagen b. Lüneburg
Seine Entfernung vom Aufstiegsort, km	170	24	51	68	18	63
Seine Richtung[1]) = mittlere Windrichtung in der durchflogenen Luftschicht	N 62° W	N 28° W	N 35° W	N 37° W	N 30° O	N 32° W
Mittlere Horizontal Windgeschwindigkeit[2] m. p. s.	17	21	14	10	3.3	19
Windrichtung und -geschwindigkeit am Aufstiegsort m. p. s.	W, 9	N 45° W, 12	N 67° W, 5	S 67° W, 6	N 45° O, 5	N 22° W, 5
Azimut Windänderung[3] mit der Höhe	+10°) 28	+ 17	+ 32°	+ 60°	— 15	— 10°
Größte erreichte Höhe, m	12 400	730	3000	17 000[4])	4700	5840
Vertikalgeschwindigkeit des Ballons m. p. s.: beim Aufstieg	2.3	1.2	1.4	4.9)	1.7	3.0
Vertikalgeschwindigkeit des Ballons m. p. s.: beim Abstieg	2.8	1.2	1.7	—	1.7	4.4
Wolkenform und -höhe, m	ni, 350	ni, 900	str cu, 700	str, >2000	str cu, 500	cu —
Bewölkung (0—10)	10	9	10	8	10	6
Relative Feuchtigkeit der Luft unten, %	89	80	80	78	81	75

[1]) Die Richtung ist nach Art der Windrichtungsangabe, also als Ergänzung des eigentlichen Azimuts zu 180°, gegeben, um sie mit der Windrichtung am Erdboden, zwei Reihen darunter, leichter vergleichen und die Änderung mit der Höhe besser erkennen zu können.

[2]) Die Zahlen dieser Reihe geben die Quotienten von Flugdauer und gradliniger Entfernung des Fundortes vom Aufstiegsort. Sie sind nur dann gleich der mittleren Windgeschwindigkeit in der durchflogenen Schicht, wenn sich, konstante Aufstieg- und konstante Abstieggeschwindigkeit vorausgesetzt, das Azimut während der ganzen Fahrt nicht geändert hat. Ist Änderung im Azimut vorhanden, wie meist der Fall (vergl. die Reihe vorher und nachher), so sind die tatsächlichen mittleren Windgeschwindigkeiten größer als die gegebenen Zahlen.

[3]) Die wirkliche Winddrehung mit der Höhe ist erheblich größer als die angegebenen Gradzahlen, die nicht die Drehung des Höhenwindes in einer bestimmten, möglicherweise größten, Höhe gegen den Wind am Erdboden, sondern nur die mittlere Drehung der gesamten Luftschicht gegen unten angeben.

[4]) Die eingeklammerten Zahlen konnten nicht mit demselben Grad der Genauigkeit ermittelt

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

von April 1905 bis März 1906.

VII. 29. August	VIII. 30. August	IX. 31. August	X. 5. Oktober	XI. 9. November	XII. 7. Dezember	XIII. 4. Januar 1906	XIV. 1. Februar	XV. 1. März	Mittel[9])
8h 42′ V. 9 59 10 21	8h 40′ V. 9 44 10 38	8h 2′ V. 9 22 10 52	8h 29′ V. 8 46) 9 3)	8h 7′ V. 9 12) 10 17)	8h 22′ V. (9 53) 11 40	8h 31′ V. 9 40 10 24	8h 24′ V. 9 10 9 56	8h 36′ V. 9 27 10 11	8h 19′ V. 9 18 10 9
77 / 22 } 1h 39′	64 / 54 } 1h 58′	80 / 90 } 2h 50′	(17) / (17) } 34′	65 / 65 } 2h 10′	101 / 101 } 3h 20′	71 / 44 } 1h 55′	46 / 46 } 1h 32′	51 / 44 } 1h 35′	59 / 51 } 1h 50′
Bark b. Segeberg	Neuenfelde a. d. Elbe	Ostedt b. Ulzen	Hoisbüttel	Henstedt b. Ulzburg	Gerbitz b. Bernburg a. d. S.	Schieren b. Segeberg	Pröttlin b. W.-Warnow	Gagel i. d. Altmark	—
42	14.5	90	15	20	227	44	113	132	76
S 26° W	N 45° O	N 29° W	S 53° W	S 4° W	N 31° W	S 30° W	N 73° W[7])	N 57 W[8])	—
7.1	2.1	9.0	(7.5)	(2.6)	19	6,5[5])	21	23.3	11.5
S, 4	still	N45° W,7	S45° W,9	N22° W,4	S, 8	S22° O,5	S45° W,10	W, 9	—, 6.1
+ 26°	—	+ 16°	+ 8°	24 + 180°	+ 149	+ 52°	+ 62°	+ 33	+[10]) 37°
17 400	16 400	12 000	3160	15 550	18 000	12 600	12 450	15 100	11 830
3.8 **13.2**	4.3 5.1	2.5 2.2	(3.1) (3.1)	3 7 —	3.3 (2.8)	3.2 4.8[6])	4.5 4.5	4.9 5.7	3.3 4.3
ni, 400	al str / cu, 4000 / 900	⊙[11])	str / ni, 1000 / 450	str, 300	ni, 500	ni., 540	str, 800	cu, 1400	—
10.	10	0	10	6	10	10	10.	7	8
95	90	60	91	98	87	88	96	98	86

werden wie die übrigen Zahlen, da entweder das Barogramm oder das Thermogramm ungenau oder auch die Uhr während des Aufstiegs stehen geblieben war.

[5]) Über 6000 m Höhe nur 3,0 m. p. s.; darunter 8,1 m. p. s.

[6]) Von 8000 m Höhe bis zum Erdboden 9,5 m. p. s. Fallgeschwindigkeit.

[7]) Vom Erdboden bis zur Wolkenhöhe (800 m) S 69° W.

[8]) Vom Erdboden bis zur Wolkenhöhe (1400 m) N 60° W.

[9]) Bei der Mittelbildung ist der bei sehr stürmischem Wetter mißlungene Aufstieg vom 6. April (Nr. II) nicht mit berücksichtigt.

[10]) + bedeutet eine Richtungsänderung mit der Höhe im Sinne des Uhrzeigers, — die entgegengesetzte Drehung.

[11]) Dieser Aufstieg konnte auf Tafel 1 nicht dargestellt werden, da eine Temperaturkurve nicht aufgezeichnet war.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

3. Platzen des Ballons.

Es sei hinsichtlich der Ausführung der Aufstiege daran erinnert, daß zunächst ein Gummiballon von etwa 1,5 bis 2 m unausgedehntem Durchmesser mit Wasserstoff gefüllt wird, der in eisernen Bomben auf 150 Atmosphären komprimiert im Handel zu haben ist. Die Bomben fassen etwa 5 cbm von dem Gas, das man langsam durch ein Ventil in den Ballon einströmen läßt. Da 1 cbm Wasserstoffgas 0,1 kg, 1 cbm Luft aber 1,3 kg wiegen, so wird ein mit 1 cbm Wasserstoff gefüllter Ballon, der auch 1 cbm Luft verdrängt, noch 1,2 kg Last heben können; ein Ballon von 2 m Durchmesser, oder 4 cbm Inhalt, wird demnach 4,8 kg Auftrieb besitzen. Über den fest zugebundenen Ballon wird dann ein Fallschirm aus dünner Seide gestülpt, von dessen Rand aus acht dünne Schnüre von 10 m Länge nach dem daran hängenden, gut durch Korbgeflecht gegen äußere Stöße geschützten Instrument führen, das vom Ballon mit hochgetragen werden soll. Im Instrument wird der Luftdruck und damit die Höhe, die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit auf einer sich drehenden Trommel fortlaufend während des ganzen Aufstiegs in Kurvenform aufgezeichnet. Instrument, Gummiballon, Fallschirm und Schnüre wiegen zusammen nur etwa 2 kg, so daß noch mehr als 2 kg Auftrieb verbleiben, die den losgelassenen Ballon zu schnellem Emporsteigen zwingen. Je höher der Ballon kommt, desto geringer wird bekanntlich der Luftdruck außen gegenüber dem Innendruck, sodaß sich der Gummiballon mehr und mehr ausdehnt, bis er schließlich platzt. Das Gas entweicht im Augenblick und das Instrument fällt, am Fallschirm hängend, zur Erde nieder; es wird dann gefunden und gemäß den beigegebenen Anweisungen dem Institut zurückgesandt.

Anstatt des Fallschirms benutzt man auch, besonders bei Registrierballonaufstiegen auf dem Meere, wo man sonst das Instrument nicht wiederfinden würde, einen zweiten, weniger stark gefüllten Ballon, der nach dem Platzen des Hauptballons ebenso wie ein Fallschirm wirkt, und nach dem Fall des Instruments als Marke zum Wiederauffinden dient.

Die ersten fünf Aufstiege (Tabelle 2) sind mit zwei Gummiballons gemacht, deren Durchmesser in unausgedehntem Zustande etwa 120 cm betrug. Wahrscheinlich ist keinmal (bei Aufstieg IV unbestimmt, siehe II 2.) das vorschriftsmäßige Platzen des einen der beiden Ballons eingetreten[1]). Neben dem stürmischen und regnerischen Wetter, das ungünstigerweise grade an den Tagen herrschte, ist wohl der zu geringe

[1]) Die Methode der Tandemballons, die auf der Forschungsreise S. M. S. „Planet" in bisher größtem Umfang betrieben wird, vgl. Annalen der Hydrographie etc. 1906. IV u. f., wurde zuerst von Hergesell (vgl. „Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre", Straßburg 1905, S. 200) und von Kusnezow angewandt. Vgl. auch L. Palazzo, Primi Esperimenti di Palloni-sonde in Italia, Roma 1904.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Auftrieb der Ballons infolge zu geringer Füllung Schuld daran gewesen. Die Aufstieggeschwindigkeit betrug, wie aus der Tabelle 1 ersichtlich ist, nur 1,2 bis 2,3 m. p. s. Diese Geschwindigkeit genügt also anscheinend nicht, um ein Platzen des Ballons in der Höhe zu bewirken, wenigstens bei der Güte der verwendeten Ballons, da das Wasserstoffgas zu schnell durch die Poren und kleineren Löcher entweicht und der Ballon dadurch mit der Zeit seinen Auftrieb mehr und mehr verliert[1]. Bei den späteren Aufstiegen wurde nur ein Ballon von etwa 150 cm unausgedehntem Durchmesser, also von etwa doppeltem Inhalt wie die ersten, genommen und ihm größerer Auftrieb gegeben. Der Ballon platzte dann auch vorschriftsmäßig in der Mehrzahl der Fälle (Nr. VI, VII, VIII?, IX, XII?, XIV, XV), so daß das Instrument am Fallschirm, am 29. August, aus etwa 17000 m Höhe sogar mit 13,2 m. p. s., glücklicherweise ohne Schaden zu nehmen, herunterfiel.

4. Erreichte Höhe.

Bis auf den Aufstieg vom 5. Oktober (Nr. X), an dem sehr stürmisches und regnerisches Wetter herrschte, und der Ballon wahrscheinlich gleich im Anfang durch Regen und Eisbildung am Ballon und an den herabhängenden langen Schnüren, an denen das Instrument am Fallschirm hängt, sehr beschwert wurde, so daß er sehr bald, ohne zu platzen, wieder fiel und das Instrument während einer stürmischen Schleiffahrt stark beschädigte, gelangen die Aufstiege vom August an sehr gut; es wurde meist die Höhe von 9000 bis 10000 m, die man als kritische bezeichnen könnte und die uns im folgenden noch besonders beschäftigen wird, weit überschritten. Die mittlere Höhe der 10 über 12000 m hoch gehenden Aufstiege betrug 14,5 km; der höchste Aufstieg war am 7. Dezember mit etwa 18 km Höhe.

5. Der zurückgelegte Weg.

Der horizontale Weg, den die Ballons zurückgelegt haben, hing naturgemäß in Richtung und Geschwindigkeit vom jeweiligen Winde ab. Dieser zeigte in der Höhe in den meisten Fällen gegen die untere Richtung eine Abweichung um zwei bis drei Strich nach rechts; eine Ausnahme hiervon bildeten nur Aufstieg XI und XII (siehe unten). Die Dauer der Fahrt betrug bei den 10 höheren Aufstiegen anderthalb bis drei Stunden.

---

[1]) Seit Sommer 1906 werden Ballons, die aus besserem Gummi hergestellt sind und nicht so viel Löcher zeigen, von Paturel-Paris benutzt, während früher die Ballons von der Kautschuk- und Guttapercha-Gesellschaft aus Hannover bezogen wurden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Lage sämtlicher Landungsorte, in bezug auf Richtung und Entfernung vom Aufstiegsort, ist in nebenstehender Figur dargestellt; die punktierten Linien führen zu den 5 Aufstiegen, die weniger als 6000 m (im Mittel 3500 m) Höhe erreicht haben. Aufstieg XII hat mit 227 km den weitesten Weg erreicht.

6. Die Fahrt des Ballons am 9. November.

(Tafel 2.)

An diesem Tage konnte der Ballon bei schwachem Nordnordostwind 10 Minuten lang, bis 2000 m Höhe, verfolgt werden, er verschwand dann hinter Wolken im Azimut S 45° W unter dem Höhenwinkel von 30°, so daß er bis dahin in horizontaler Projektion 3,5 km nach SW zurück gelegt hatte. Gefunden wurde er jedoch 20 km vom Aufstiegsort entfernt in N 4° E! Die mittlere Windrichtung in 2 bis 14 km Höhe — so hoch flog der Ballon bei diesem Aufstieg — war also an dem Tage SSW, fast entgegengesetzt der Nordostrichtung der unteren 2000 Meterschicht. In der Höhe muß also schon das vom Ozean, vom westlichen Irland, heranrückende Minimum (vgl. Tafel 2) für die Luftzirkulation maßgebend gewesen sein, während unten das Minimum über Kontinentaleuropa die Wetterlage beherrschte.

7. Die Fahrt des Ballons am 7. Dezember. (Tafel 2.)

Noch interessanter ist der Aufstieg vom 7. Dezember. Bei kräftigem Südwind wurde der Ballon aufgelassen; schon nach drei Minuten verschwand er in den Wolken. Man erkannte an seiner Bewegung, daß in 600 m Höhe der Wind mit großer Stärke aus Südwest wehte; darüber bis mindestens 1200 m wehte ebenfalls Südwestwind, aber mit etwas geringerer Stärke, wie aus dem gleichzeitigen Drachenaufstieg ersehen wurde. Drei Stunden dauerte an dem Tage Auf- und Abstieg des Ballons.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Er landete, mit frischem Südwind aus Süden herangetrieben, in Gerbitz bei Bernburg an der Saale! Der Ballon muß demnach innerhalb weniger als drei Stunden einen Weg von mindestens 250 km nach Süden, genauer nach Süd zu Ost, zurückgelegt haben. Hieraus erhalten wir für die Höhe von über 2000 m eine mittlere Windgeschwindigkeit von mehr als 20 m. p. s. Auf der bekanntlich für Meereshöhe gezeichneten Wetterkarte (vgl. Tafel 2) von diesem Tage würde dieser Nordwind eine dem Gradienten genau entgegengesetzte Windrichtung bedeuten. Wir müssen daraus schließen, daß es an dem Tage in der Höhe in Ostdeutschland und Rußland sehr viel kälter gewesen sein muß, als über West- und Nordwesteuropa, um den stürmischen Nordwind oben durch eine Verlagerung des Minimums weit nach Osten hin erklären zu können, denn allein der Zentrifugalbewegung der Luft in der Höhe des Wirbels können wir ein so starkes Abströmen des Windes nicht zuschreiben. Die Ballonaufstiege an andern Orten von demselben Tage werden uns vielleicht nähere Auskunft bringen, wenn sie in den „Veröffentlichungen der Internationalen Kommission in Straßburg" erschienen sein werden.

Leider versagte die Registrierung der Federn des Instrumentes an diesem Tage 50 Minuten nach dem Beginn des Aufstiegs in einer Höhe von 9680 m. Nehmen wir gemäß andern Beispielen, bei denen der Ballon ebenfalls nicht geplatzt ist, eine gleichbleibende Vertikalgeschwindigkeit für Auf- und Abstieg an, so muß der Ballon etwa 18 000 m hoch geflogen sein.

8. Die Thermohypsen der Aufstiege. — Graphische Übersicht.

(Tafel 1.)

Auf Tafel 1 sind die Thermohypsen sämtlicher 15 Registrierballonaufstiege graphisch dargestellt, als Ordinaten die Höhen, als Abszissen die Temperaturen genommen, die für jeden folgenden Aufstieg um 30 mm, oder 30°, nach rechts verschoben sind. Wo die Temperaturen der Abstiege gut registriert waren, sind auch diese als gestrichelte Linie eingezeichnet. Sie unterscheiden sich nicht wesentlich von den Aufstiegkurven und zeigen die Unstetigkeiten meist in gleichen Höhen und Dimensionen. Auf Kurve 13 ist beim Abstieg in 2600 m Höhe, auf Kurve 14 in 4200 m Höhe eine geringe Temperaturumkehr erkennbar, die beim Aufstieg noch nicht vorhanden war. Einen Einblick in die physikalisch-meteorologischen Ergebnisse der Aufstiege werden wir am besten bei der eingehenden Betrachtung einiger Spezialfälle gewinnen, wozu wir die drei aufeinanderfolgenden internationalen Tage im August wählen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

III. Die internationalen Tage vom 29. bis 31. August 1905.

1. Wetterlage und Witterung in Hamburg. (Tafel 2.)

a) Der 29. August.

Am 29. August lag ein Minimum unter 740 mm in der südlichen Nordsee, nahe westlich von Hamburg, so daß hier frische südliche und südwestliche Winde wehten.

Der Himmel war trübe, nimbus-Wolken erstreckten sich von 400 m an bis in große Höhen; sie wurden am Nachmittag nach 5 Uhr von Sonnenstrahlen, aber nur vorübergehend, durchbrochen.

b) Der 30. August.

Am 30. August war das Hauptminimum, das sich bis 735 mm vertieft hatte, nach der Ostsee, zwischen Memel und Südschweden, gewandert; ein flacher Ausläufer von 740 mm war zurückgeblieben und lag am Vormittag über Hamburg, wo, nach dem Ballon sonde-Aufstieg zu urteilen, bis in die größten Höhen, bis 16 km Höhe, Windstille oder sehr schwacher Nordost herrschte (vgl. S. 17 und Tabelle 1, VIII). Erst am Nachmittag verschmolz das Teilminimum mit dem Hauptminimum im Osten und setzten in Hamburg mäßige nordnordwestliche und nördliche Winde ein. Das Barometer stieg infolge des sich von Irland ausbreitenden Hochdruckgebiets.

Am Morgen waren nur hohe strato-cumuli am Himmel, in denen der Ballon in etwa 2500 m Höhe verschwand. Diese lösten sich jedoch bald auf und es bildeten sich noch am Vormittag die cumuli der Tagesperiode, die als cumulus und cumulo-nimbus-Wolken auch während des Nachmittags den Himmel zum größten Teil bedeckten; nach 6 Uhr wurde es klar.

c) Der 31. August.

Am 31. August rückte das Minimum von Memel weiter nach Osten und Nordosten, nach dem nördlichen Rußland. Das Maximum breitete sich von Irland nach Südosten über Frankreich aus, so daß die Winde bei nur noch wenig steigendem Barometer im Laufe des Tages von Nord bis Westnordwest zurückdrehten.

Um 11 Uhr vormittags bildeten sich an dem bis dahin wolkenlosen Himmel cumuli, die am Nachmittag nicht wieder verschwanden, sondern in massigere cumulo nimbus und stratus übergingen. Diese brachten uns am folgenden Tage Regen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

2. Übersicht über die Ballon- und Drachenaufstiege in Hamburg.

An allen drei Tagen gelang es, nachdem am Morgen je ein Registrierballon hochgelassen war, einen Drachenaufstieg, wenn auch am zweiten Tage erst am Nachmittag, bis in große Höhen zu bringen:

	Registrierballon	Drachen
Am 29. August	17 400 m hoch	3230 m hoch
„ 30. „	16 400 „ „	4800 „ „
„ 31. „	12 000 „ „	4440 „ „
	45 800 m hoch	12 470 m hoch.

Im ganzen wurden an den drei Tagen mit den Registrierinstrumenten 58 270 m Höhe durchlaufen.

3. Die Resultate aus den Drachenaufstiegen. (Tabelle 2.)

Die Ergebnisse der Drachenaufstiege sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Die schrägen Zahlen sind die Auswertungen der Abstiege.

Am 29. August gibt Auf- und Abstieg die gleichen Resultate.

Am 30. August, wo der Abstieg am späten Abend geschieht, ist es naturgemäß unten kälter und feuchter geworden; in der Höhe, in 3 bis 4000 m, ist es jedoch eher wärmer und trockener. Diese Änderung ist aber nicht, wie man vielleicht annehmen könnte, auf eine verspätete Tagesperiode in der Höhe zurückzuführen, da eine solche, besonders nach den neueren Untersuchungen des Aeronautischen Observatoriums in Lindenberg und der Gebrüder Wegener[1]) im Jahre 1905 und 1906, in diesen Höhen nicht mehr existiert, sondern durch eine im Laufe dieser Tage stattfindende allmähliche Erwärmung der Luftschichten aus irgend welchen Ursachen der Änderung in der Wetterlage zu erklären. Die Windstärke hat während des Aufstieges besonders in den mittleren Höhen von 1 bis 4000 m sehr zugenommen, was ebenfalls durch die fortschreitende Wetterlage und nicht durch die Tageszeit bedingt sein dürfte.

Am 31. August ist es während des Abstieges wärmer als während des Aufstieges und oben auch etwas trockener. Der Wind dreht im Laufe des Vormittags langsam, in den untersten Schichten zuerst, von Nordwest nach Westnordwest zurück, wie überhaupt ein Zurückdrehen des Windes in unsern Breiten meist von der untersten erdnahen Schicht auszugehen scheint, während ein Ausschießen sich stets in der Höhe zuerst bemerkbar macht.

Im Laufe der zwei Tage ist die Temperatur in der ganzen Luftsäule, wenigstens bis 3200 m Höhe, um 2° bis 3° gestiegen, die

[1]) Vergl. die Anmerkung des unter Tab. 3 zitierten Berichts von Dr. K. Wegener.

Tabelle 2.

Drachenaufstiege in Hamburg-Groß Borstel.

Datum	29. August 1905					30. August 1905					31. August 1905				
Zeit	9^h a — $1^3/_4$ p					$3^3/_4{}^h$ p — $9^1/_4$ p					$9^1/_4{}^h$ a — $2^3/_4$ p				
Höhe	Temperatur		Feucht.		Wind	Temperatur		Feucht.		Wind	Temperatur		Feucht.		Wind	
unten	13.5	*13.5*	95	*97*	S 4	16.8	*12.8*	73	*87*	NNW 4	*NNW 4*	15.5	*17.4*	60	*63*	NW 7	*WNW 7*
200	12.4		97	*97*	SSW 9	14.7		74	*87*	N 7		12.9	*15.2*	62	*66*	NW 12	*WNW 8*
500	10.0		100	*97*	SSW 15	12.0	*10.8*	78	*87*	N 10	*NNW 10*	10.4	*12.6*	70	*70*	NW 14	*NNW 10*
1000	6.8	*7.0*	99	*97*	SW 16	8.3	*6.4*	85	*86*	N 11	*NNW 16*	6.3	*8.0*	75	*75*	NW 19	*NW 10*
1160																	
1500	4.1	*4.2*	98	*97*	SSW 9	5.1	*4.2*	88	*86*	N 10	*N 17*	3.5	*3.6*	80	*78*	NNW 17	*NW 12*
1630												2.4		80			
1840												3.9	*0.3*	40	*80*		
2000	0.9	*1.4*	98	*98*	SSW 10	1.5	*1.5*	86	*48*	N 9	*N 18*	2.8	*3.1*	70	*46*	NNW 11	*NNW 16*
2100							*0.9*		*50*								
2150							*1.3*		*55*								
2200	—0.5		98	*97*								1.6		75			
2250												1.9		60			
2400		*—0.6*		*97*													
2500	—0.5	*—0.6*	98	*96*	SSW 10	—1.1	*—1.2*	84	*78*	N 10	*NNW 14*	1.2	*1.5*	20	*40*	NNW 12	*NNW 15*
2700							*—3.1*		*86*				*0.3*				
2750							*—2.8*		*50*				*0.6*				
2850							*—2.8*		*50*								
2950							*—3.3*		*60*								
3000	—4.0	*—3.8*	97	*96*	SSW (11)	—3.5	*—2.7*	78	*50*	N 10	*NNW 13*	—1.6		30	*15*	NNW 12	*NNW 13*
3230	—5.4		97		SSW (11)												
3500						—6.8		80	*50*	N 11	*NNW 14*	—5.3	*—3.3*	40	*5*	NNW 12	*NNW 13*
3550												—4.5					
3900							*—9.2*		*70*		*NNW 15*		*—6.2*				
4000						—8.9	*—8.5*	77	*80*	N 14	*NNW 14*	—7.1	*—5.5*	3	*1*	NNW 12	*NNW 12*
4440												—9.2		1		NNW 12	
4500						—10.6	*—10.7*	78	*78*	N 17	*N 17*						
4800						—12.2		78		N 18							
Dauer des Aufstiegs	114′					162′						192′					
Dauer des Abstiegs	*178′*				292′ = 1^h 52′	*180′*				342′ = 5^h 42′		*139′*				331′ = 5^h 31′	
Länge des benutzten Drahtes, m	9100					9500						10 650					
Mittlere Wind richtung	SSW					N				NNW		NNW				NW	
Mittlere Wind geschwindigkeit	11.5					11.4				*14.4*		13.3				*12.3*	
Vertikalgeschwindigkeit m. p. s. Aufstieg	0.47					0.19						0.39					
Vertikalgeschwindigkeit m. p. s. Abstieg	*0.32*					*0.45*						*0.53*					
Wolken form	ni					cu ni		str cu		al str		einzelne cu					
Wolken höhe	von 400 m an (Drachen beeist oben)					900—1500		2500—2700		von 4300		1200—1640 m					

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Feuchtigkeit der Luft hat, besonders in der Höhe, stark abgenommen und dennoch bekommen wir in der darauffolgenden Nacht und am 1. September reichlichen Regen, der demnach auf Transport von Feuchtigkeit, und zwar aus den feuchteren westlichen Gegenden, zurückgeführt werden muß.

4. Die Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis.

Die Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis am 30. August war für Hamburg und Groß Borstel nicht besonders günstig. Schon der Beginn der Verfinsterung um 2^h 13′ war der Beobachtung durch Wolken entzogen. Zwei Minuten später zeigte sich auf den cu- und ci cu-Wolken im Abstand von 22° von der Sonne ein farbiger Sonnenring, als Halbkreis, nach dem Zenit zu geöffnet. Diese Erscheinung währte etwa eine Minute und wiederholte sich in der gleichen Weise sechs Minuten später. Um 1^h 22′ trat die Sonne aus den Wolken heraus, auf der rechten unteren Seite durch den Mond schon ein wenig abgedeckt. Um 1^h 30′ traten wieder cu vor die Sonne, deren zunehmende Verfinsterung man weiterhin von 1^h 31′ bis 1^h 32′ und von 1^h 41′ bis 2^h 1′ beobachten konnte, wo schon fast die Hälfte der Sonne durch den Mond verdeckt war. Später blieb sie hinter Wolken verhüllt. Um 2^h 5′ rückte ein dunkler cu ni aus Norden heran, der von 2^h 6′ bis 2^h 12′ schwachen Regen brachte. Die Temperatur sank infolgedessen, und wohl nicht infolge der Sonnenfinsternis, um 2°. Von 2^h 43′ bis 2^h 46′ und von 2^h 55′ bis 2^h 56′ fielen nochmals einige Regentropfen. Danach stieg die Temperatur wieder langsam von 16.4° auf 16.8°.

Ob infolge der partiellen Sonnenfinsternis hierselbst auf dem Erdboden eine Temperaturerniedrigung eingetreten ist, konnte bei diesem veränderlichen Wolkenhimmel und der Abkühlung durch Regen gerade zur Zeit der größten Verfinsterung nicht festgestellt werden. Jedenfalls würde die Erniedrigung bei gleichmäßiger Himmelsbedeckung nur wenige zehntel Grad betragen haben; in den Gebieten der totalen Verfinsterung beträgt dagegen bei hochstehender Sonne die Erniedrigung etwa 3°. Auch aus dem Thermogramm der Deutschen Seewarte ist eine Abkühlung nicht zu erkennen; eine solche fand vielmehr gerade vor 1^h und nach 3^h statt, während in der Zwischenzeit die Temperatur konstant blieb.

Es konnten von der Drachenstation aus zwei photographische Aufnahmen der verfinsterten Sonne gemacht werden.

5. Auswärtige Registrierballonaufstiege. (Tafel 3—5.)

Außer in Hamburg fanden an den internationalen Augusttagen vornehmlich in Lindenberg, in Straßburg und in Paris genaue Sondierungen der Atmosphäre statt, deren Ergebnisse in bezug auf die Tempera-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

turen uns von der internationalen Kommission zur Verfügung gestellt wurden. Um die vier Orte miteinander zu vergleichen, betrachten wir die Ordinate wieder als Höhe, die Abszisse als Temperatur und tragen zunächst auf Tafel 3 die am 29. August gefundenen Höhentemperaturen für alle vier Stationen in dasselbe Koordinatensystem ein und erhalten in H die Zustandskurve der Temperatur über Hamburg, in L über Lindenberg, in S über Straßburg und in P über Paris. Tafel 5 gibt die entsprechenden Kurven für den 31. und Tafel 4 die Thermohypsen für den 30. August, zu denen sich noch die Münchener Kurve M gesellt.

6. Die Temperaturmessungen in der Höhe mittels Registrierballons.

a) Ventilation und Sonnenstrahlung.

Bevor wir aus den Temperaturkurven weitere Folgerungen ziehen, müssen wir uns vor allem darüber klar werden, mit welchem Grad von Genauigkeit wir es bei unsern Beobachtungen und Aufzeichnungen zu tun haben; ob die Temperaturangaben, die wir aus der Höhe mittels Registrierballons erhalten, so genau sind, daß ihre Verschiedenheiten an den verschiedenen Orten auch auf die Tatsachen und nicht auf ungenaue Temperaturregistrierungen oder Höhenbestimmungen zurückzuführen sind. Während die letzteren bei gut aufgezeichneter Kurve auf etwa 2 % genau angebbar sind, können die Temperaturaufzeichnungen sowohl durch zu geringe Ventilation des Thermometers gefälscht sein, indem sie den wahren Temperaturen nachhinken, als auch infolge der in der Höhe herrschenden enormen Sonnenstrahlung, falls der Aufstieg bei Tage geschieht, viel zu hohe Werte liefern.

b) Ventilation bei Temperaturmessung an der Erdoberfläche.

Nach Versuchen, die Assmann mit seinem Aspirationspsychrometer angestellt hat, muß dieses mit einem Luftstrom von etwa 2 m. p. s. ventiliert sein, damit man an dem der Sonnenstrahlung ausgesetzten mit doppeltem Strahlungsschutz umgebenen Thermometer die wirkliche Temperatur der Luft, unbeeinflußt von Strahlung, bis auf 0.1° genau erhält. Nun ist die Ventilation eines Thermometers gegeben, wie Assmann in seiner Arbeit über „das Aspirationspsychrometer" hervorhebt, durch die Menge der Luft, die in der Zeiteinheit an dem Thermometer vorbeistreicht. Diese ist nun aber gleich ihrer Dichte multipliziert mit der Geschwindigkeit. Da die Dichte bis etwa 800 m Höhe nur um $^{72}/_{760}$ also um etwa $^{1}/_{10}$ abnimmt, so kann der Einfachheit wegen und ohne erheblichen Fehler im Flachlande die Ventilation proportional der Geschwindigkeit gesetzt werden[1]). Als notwendige Geschwindigkeit

[1] Assmann, Das Aspirationspsychrometer, S. 161. Berlin 1892.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

für den angegebenen Grad der Genauigkeit findet Assmann aus Versuchen, die er, um möglichst starke Strahlung zu haben, auf dem Säntis angestellt hat, 2,3 m. p. s. Nun liegt der Säntis 2500 m über dem Meere, die Dichte der Luft ist daselbst etwa $^{556}/_{760}$ der Dichte in Meereshöhe; es muß demnach hier — im Meeresniveau — schon ein Luftstrom von $^{556}/_{760} \cdot 2{,}3 = 1{,}68$ m. p. s. genügen bei selbst gleicher Sonnenstrahlung wie auf dem Säntis. Aus den Messungen, die ebenfalls bei möglichst starker Sonnenstrahlung aber im Meeresniveau bei etwa 760 mm Druck angestellt sind, wird in der Tat eine geringere Geschwindigkeit als 2,3 m. p. s., nämlich gerade unser berechneter Wert von 1,7 m. p. s. für hinreichend gefunden[1]). Zur Erklärung hierfür braucht man also nicht die an der Erdoberfläche schwächere Sonnenstrahlung heranzuziehen.

c) Ventilation in 12 km Höhe.

Hiernach müßten wir beispielsweise für die Ventilation in 12 km Höhe, in der sich das registrierende Thermometer, am Ballon hängend, befinden möge, da der Luftdruck in dieser Höhe etwa 150 mm, also $^1/_5$ Atmosphäre beträgt, und falls wir die gleiche Genauigkeit der Temperaturangaben wie unten, auf 0,1°, erzielen wollten, eine Geschwindigkeit von $5 \cdot 1{,}7 = 8{,}5$ m. p. s. fordern, die aber bei den Aufstiegen in Hamburg sowie auch bei denen an andern Instituten bei weitem nicht erreicht ist. Außerdem ist die Sonnenstrahlung in der Höhe erheblich größer als unten, so daß wir die Ventilationsgeschwindigkeit deswegen noch mehr vergrößern und den Strahlungsschutz, falls möglich, noch mehr verbessern müßten; andrerseits aber — und das ist für uns von wesentlicher Bedeutung — verlangen wir aus der Höhe nicht die Temperaturen bis auf 0,1° genau. Wir wären zufrieden, wenn die Thermographen auf $^1/_2$° bis 1° sichere Angaben lieferten.

d) Die für die zu fordernde Genauigkeit notwendige Ventilation.

Für das Meeresniveau ergibt sich nach Assmanns Psychrometer eine Genauigkeit der Temperaturangaben auf 0,5° schon bei 0,6 m Ventilationsgeschwindigkeit. In 12 km Höhe würde dieser Ventilation $5 \cdot 0{,}6 = 3{,}0$ m. p. s. entsprechen. Da indessen der Schutz des Thermographen gegen die hier stärkere Sonnenstrahlung im Ballonapparat nicht so vollkommen erreicht werden kann, wie beim Aspirationspsychrometer, so muß der Temperaturfehler größer sein als 0,5°. Ein bestimmtes Maß läßt sich leider nicht angeben. Der Transmissionskoeffizient der Luft in unserer Breite ist bei hochstehender Sonne nach

[1]) Assmann, Das Aspirationspsychrometer, S. 177.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Zenker etwa 0,7. In 12 km Höhe kann er nur wenig unter 1[1]) sein, und die Sonnenhöhe macht hier fast nichts mehr aus.[2]) Es ist also $\frac{1}{0,7} = 1,43$ das Verhältnis der Stärke der Sonnenstrahlung in der Höhe zu der maximalen Sonnenstrahlung hier unten. Wir müßten demnach statt 3,0 3,0 . 1,43 = 4,3 m. p. s. Ventilationsgeschwindigkeit anwenden, um den der vermehrten Sonnenstrahlung in der Höhe entspringenden Fehler bis auf 0,5° zu beseitigen. Dabei haben wir angenommen, daß dieser Fehler durch eine der Sonnenstrahlung proportional — dem Transmissionskoeffizient umgekehrt proportional — zunehmende Ventilation aufgehoben wird. Es bliebe dann nur noch der Fehler zu beseitigen, der durch den im Vergleich zum Aspirationspsychrometer schlechteren äußeren Schutz verursacht würde. Vergleiche und Versuche hierüber, wenigstens am Erdboden, nämlich Aufzeichnungen des Ballonapparats sowohl im Schatten wie in starker Sonnenstrahlung, in beiden Fällen durch gleichförmige Bewegung oder Rotation gleichmäßig ventiliert, könnten uns wahrscheinlich in dieser Hinsicht schon einige, wenn auch bedingte, Aufschlüsse über diese letztgenannten Fehlergrenzen bringen.

e) Die Geschwindigkeit des Ballons beim Auf- und Abstieg.

Es fragt sich nun, einer wie starken Ventilation die Thermometer während der Aufstiege ausgesetzt sind. Durch die horizontale Fortbewegung ist, wenn man von dem gelegentlichen Kreisen des Instruments absieht, offenbar gar keine Ventilation vorhanden, denn diese Fortbewegung ist gleich der Geschwindigkeit des Windes, d. h. wie die ihn umgebende Luft selbst. Es bleibt also nur die Ventilation, die durch die vertikale Aufsteiggeschwindigkeit des Ballons bewirkt wird. Diese ist aber, wenn man dessen Auftrieb auch noch so groß macht, wegen des Luftwiderstandes begrenzt. Wäre der Ballon vollkommen elastisch und ließe er während seines Aufsteigens bis zu seinem Platzen kein Gas entweichen, so würde die Auftriebskraft dieselbe bleiben und die Vertikalgeschwindigkeit müßte sogar wachsen; denn der Luftwiderstand, der proportional der Dichte der Luft und dem Querschnitt des Ballons ist, nimmt nach oben hin ab, da die Dichte in der dritten Potenz abnimmt, während der Querschnitt nur im Quadrat zunimmt. In Wirklichkeit ist aber eine Zunahme der Vertikalgeschwindigkeit bei keinem der Aufstiege in Hamburg beobachtet worden; die Geschwindigkeit bleibt meist bis zur größten Höhe fast konstant;

[1]) Es ergibt sich bei hochstehender Sonne für den Transmissionskoeffizienten in 12 km Höhe $1 - \frac{1}{5}(1-0,7) = 0,94$. Da die Luft in der Höhe aber relativ noch weniger absorbierende feste Teilchen und Wasserdampf enthält als unten, so ist der Koeffizient noch näher an 1 als 0,94.

[2]) Vgl. S. 83, oben.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die genannten Bedingungen sind eben nicht erfüllt: der Gummi des Ballons ist weder vollkommen elastisch noch ohne Poren und Löcher. Tritt durch diese während des Aufstiegs das Gas allzuschnell nach außen, so verliert der Ballon noch schneller seinen Auftrieb, die Vertikalgeschwindigkeit wird bald kleiner, und der Ballon erreicht immer langsamer, zuletzt fast horizontal fortschwebend, seinen höchsten Punkt, den er ebenso langsam wieder verläßt. Ventilation ist in diesem Fall oben überhaupt nicht vorhanden, und wir erhalten gänzlich falsche, um 20 bis 30 und mehr Grad zu hohe Temperaturen, wie Aufstieg 1 und 9 offenbar zeigen (Tafel 1). Auch 3 und 5 sind schon in geringer Höhe derartig beeinflußt.

Bleibt die Aufstieggeschwindigkeit etwa konstant, was nach vorliegenden Erfahrungen eintritt, wenn sie mehr als 3 m. p. s. beträgt, so kommt der Ballon auch zum Platzen, und das Instrument fällt, ohne nur zeitweise unventiliert zu sein, am Fallschirm (Aufstiege 5 bis 15) oder an einem zweiten kleineren nicht geplatzten Ballon, der wie ein Fallschirm wirkt, herab und zwar nach den Erfahrungen meist mit der Geschwindigkeit von 4 bis 5 m. p. s. (Nr. 6, 8, 14). Dünne Gazefallschirme lassen das Instrument schneller fallen (N. 7, 13, 15).

Die Aufstieggeschwindigkeit betrug in den günstigen Fällen 4 bis 5 m. p. s. Wesentlich größere Geschwindigkeit wird man überhaupt schwer erreichen können. Für sehr zweckmäßig und nicht zu schwierig für einen geübten Ballonfahrer würde ich es halten, wenn man vom Freiballon aus 4 bis 5000 m Höhe Registrierballons hoch ließe; es würde eine bedeutend größere Vertikalgeschwindigkeit und Höhe damit erreicht werden.

Eine größere Vertikalgeschwindigkeit als 5 m könnte man nach dem Platzen des Ballons beim Herabfallen des Instruments erreichen, indem man den Fallschirm sehr klein oder aus sehr dünner Gaze herstellt, wie dies bei einigen der Aufstiege hier geschehen ist. Die größte Geschwindigkeit, mit der bei einem der Hamburger Aufstiege das Instrument aus 17 000 m Höhe herunterfiel, war 13,2 m. p. s. Wahrscheinlich hat der Fallschirm versagt; das Instrument kam unbeschädigt in unsere Hände. Ein anderes Mal hat die Fußplatte des Instruments bei 9,5 m Fallgeschwindigkeit offenbar bei der Landung (Aufstieg 13) eine starke Durchbiegung erhalten. Die Aufzeichnungen waren in beiden Fällen gut.

f) Nachteile zu großer Vertikalgeschwindigkeit.

Andererseits müssen wir aber auch die Nachteile berücksichtigen, die eine zu große Vertikalgeschwindigkeit des Instruments für die Aufzeichnung zur Folge hat. Ein Registrierthermometer braucht, um die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Temperatur der umgebenden Luft anzunehmen, eine bestimmte Zeit, mindestens eine Minute, wie aus verschiedenen Versuchen festgestellt ist, bis der genügende Annäherungswert aufgezeichnet wird. Fällt nun das Instrument z. B. mit 12 m. p. s. durch die Luft, so hat es in einer Minute 720 m durchmessen, eine Höhendifferenz, in der sich die Temperatur schon um 7°, und bei Umkehrungen um weit mehr, geändert haben kann. Unsere aufgezeichnete Temperatur wird also der wirklichen erheblich nachhinken und die Maxima und Minima werden so abgeschwächt, daß sie quantitativ ganz falsche Resultate liefern; kleinere Unstetigkeiten werden überhaupt nicht bemerkt werden können.

g) Künstliche Ventilation.

Ein anderer Weg, stärkere Ventilation in der Höhe zu erreichen, besteht darin, einen künstlichen Ventilator mit Feder- oder elektrischem Antrieb am Thermometer anzubringen,[1]) wie es Assmann bereits versucht hat. Doch hinderte das große Gewicht des Aspirators bisher seine praktische Anwendung, zumal wegen der Luftverdünnung oben, wenn der Aspirator oben ebensoviel Luft in Bewegung setzen soll, er sehr groß sein und überaus schnell laufen müßte. Etwa eine Stunde nach dem Aufstieg des Ballons, wenn dieser in die Höhe von über 10 km gekommen ist, müßte der Aspirator durch Uhranslösung in Tätigkeit gesetzt werden; es würde fürs erste schon genügen, wenn das Thermometer nur während einiger Minuten stärker ventiliert würde, um zunächst den Unterschied gegen die Aufzeichnung vor- und nachher festzustellen.

Eine zweite, besonders von Teisserenc de Bort, angewandte sehr einfache künstliche Ventilationsmethode beruht darauf, den Ballon, der bei Teisserenc de Bort aus Papier ist, nicht kugelförmig, sondern länglich zu bauen. Beim Aufstieg rotiert er, bei richtiger Anbringung des Instruments, schraubenförmig ansteigend und setzt dadurch das an ihm hängende Instrument in kreisende Bewegung. Man könnte diese Methode wohl auch mit Vorteil bei dickeren Gummiballons anwenden. Die Aufstieggeschwindigkeit würde durch diese Gewichtszunahme nur ganz unbedeutend verringert werden.

h) Nachtaufstiege und Aufstiege bei Sonnenuntergang.

Schließlich hätte man eine stärkere Ventilation überhaupt nicht so sehr nötig, wenn man, wie ich sehr wünschen möchte, wieder mehr zu Nachtaufstiegen überginge, die allerdings größere Umsicht und Vorsicht beim Füllen und Hochlassen des Ballons erfordern. Die Verluste werden kaum größer sein als bei Tagesaufstiegen, da die meisten Ballons

[1]) Das Röhrenthermometer am Bosch-Registrierballon-Instrument würde wohl geeignet dafür sein.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

doch erst nach dem Niederfallen gefunden werden. Bei unsern Aufstiegen ist nur dreimal das Fallen des Ballons gesehen worden.

Es ist durchaus nicht vorteilhafter die Registrierballons bei Sonnenaufgang, oder selbst eine Stunde eher, hoch zu lassen als um die Mittagszeit. Die Strahlung in 12 km Höhe ist von der Höhe des Sonnenstandes, sobald diese positiv ist, fast gar nicht abhängig, da sich oberhalb überhaupt nur noch ein Fünftel der Atmosphäre befindet, welches die Sonnenstrahlen absorbieren und dadurch die Strahlung verringern könnte.

Die Mittagszeit ist insofern sogar günstiger als die Zeit um Sonnenaufgang, als dann das Instrument auch schon in den unteren Schichten stark bestrahlt wird und der Strahlungsunterschied gegen oben bei weitem nicht so überaus groß, ja sogar ziemlich klein ist, was für den Vergleich der unteren und oberen Schichten von Wert sein dürfte. Es ist auf diese Umstände wohl bisher zu wenig geachtet.

Der Ballon braucht, wenn er 15 oder gar 20 km Höhe erreichen soll, allein zum Aufstieg etwa eine Stunde, meist sogar mehr. Außerdem kommt hinzu, daß schon in 12 km Höhe die Sonne eine Viertelstunde eher aufgeht als unten. Es bleibt also nichts anderes übrig, wenn man die Sonnenstrahlung vermeiden will, als mindestens zwei Stunden vor Sonnenaufgang den Ballon hochzulassen.

Sehr viel günstiger erscheint es mir, den Aufstieg bei oder kurz vor Sonnenuntergang auszuführen, da man dann die Vorbereitung, die Auflassung selbst und die Verfolgung mittels Theodolit[1]) noch bei Tageslicht vornehmen kann, ohne befürchten zu müssen, daß der Ballon oben noch bestrahlt wird. Dazu trifft sich günstig, daß die Atmosphäre meist klarer ist als am Morgen und gestattet, selbst nach Sonnenuntergang, die Ballons noch weit hinauf mit dem Auge oder Fernrohr zu verfolgen, wie ich mich selbst praktisch überzeugt habe.

i) Beurteilung der großen Temperaturumkehr in etwa 9500 m Höhe.

Nehmen wir nach den obigen Feststellungen (S. 79) 0,6 und wegen der vermehrten Sonnenstrahlung in der Höhe $0{,}6 \cdot 1{,}43 = 0{,}86$ m. p. s. Ventilationsgeschwindigkeit als für unsere Messungen ausreichend an, bei sehr gut gegen Sonnenstrahlung geschütztem Thermometer, so würde bei einer Aufstieggeschwindigkeit des Ballons von 5 m. p. s., wie wir sie gut erreichen können, die Ventilation genügen bis zur Höhe, in der der Barometerstand $b = 760 \cdot \frac{0{,}86}{5} = 114$ mm ist, also bis fast 14 000 m. Darüber ist die Ventilation zu gering, um wirklich zuverlässige Temperatur-

[1]) Vergl. auch den sehr praktischen und leicht durchführbaren „Vorschlag zur allgemeineren Verwendung von Pilotballon-Anwisierungen zu meteorologischen Zwecken“ von de Quervain, „Das Wetter“, Mai 1906, Berlin.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

werte zu liefern, und zwar ist die Ungenauigkeit offenbar um so größer, aus je größerer Höhe die Angaben stammen. Andrerseits ist aber damit schon viel erreicht, selbst dann, wenn wir des nicht vollkommenen Strahlungsschutzes wegen diesen Grenzwert der hinreichend sicheren Temperaturangaben noch etwas reduzieren würden.

Außerdem lehrt uns auch selbst der Anblick und das Studium der Kurven, ihr geregelter Verlauf, vergl. z. B. Tafel 1, und im besonderen die Augustthermohypsen von vier bis fünf unabhängigen Stationen (Tafel 3 bis 5), daß bis mindestens 12 000 m Höhe — die Angaben nicht geplatzter Ballons ausgeschlossen — die Temperaturwerte ungefälscht durch prinzipielle Fehler und der Wirklichkeit entsprechend aufgezeichnet sein müssen, wie wir noch im folgenden erkennen werden.

Schließlich kommt noch ein Gesichtspunkt in Betracht, der uns in der Sicherheit der Temperaturangaben bis zu jener Höhe bestärken muß: In den mittleren Höhen sind durch die verschiedenen Arten der Beobachtungen, durch Drachen bis 6000 m[1]), im Freiballon bis 9000 m Höhe die gleichen Resultate wie mit dem Registrierballon erhalten worden; warum sollte man dessen Angaben nicht um einige hundert Meter darüber hinaus auch noch Glauben schenken wollen? Die höchste Freiballonfahrt des Luftschiffers Berson, bis 10 500 m Höhe, hat leider nicht die große Temperaturumkehr angetroffen, um deren Festlegung es sich im wesentlichen handelt. Aber auch ohne dies werden wir aus dem Vorhergehenden und noch mehr aus den folgenden Einzelbetrachtungen unzweifelhaft ersehen, daß eine starke Temperaturumkehr in etwa 9500 m Höhe fast regelmäßig zu finden ist, wie zuerst von Assmann und Teisserenc de Bort erkannt wurde; wie groß aber andrerseits die Amplitude ist und wo die obere Grenze der Umkehr liegt, hat aus den meisten bisherigen Beobachtungen nicht mit voller Sicherheit festgestellt werden können. Dies letzte wird man also in Zukunft vor allem ins Auge fassen müssen.

7. Die Temperatur in der Höhe. (Tafel 3—5.)

a) Höhentemperatur am 29. August und Beziehung zur Wetterlage.

In 200 m Höhe ist am 29. August, Tafel 3, die Temperatur an den vier Orten, von denen die Thermohypsen gezeichnet sind, bis auf wenige zehntel Grade die gleiche, wie überhaupt an dem Tage eine äußerst gleichmäßige Temperaturverteilung über ganz Nordwesteuropa herrschte.

[1]) Der höchste Drachenaufstieg in Hamburg erreichte 5500 m Höhe, vergl. Perlewitz „Hohe Drachenaufstiege etc.“, Annalen der Hydrographie etc., I., 1907.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ähnlich ist es in der Höhe. In 2000 m ist die Temperatur an allen vier Orten genau + 0,5° und in 4000 m beträgt die größte Differenz nur 3°, in Paris + 11°, in Hamburg — 8°. Die Pariser- und Straßburger-Kurve laufen weiterhin parallel, bis sie in etwa 9500 m Höhe ein Minimum mit — 46° und — 45° finden. Die nun folgende Temperaturumkehr von 4° Erwärmung umfaßt die nächsten 1000 m; darüber nimmt die Temperatur langsam wieder ab und beträgt in der größten erreichten Höhe über Paris in 11 600 m — 45° und über Straßburg in 16 000 m — 47°. Die Lindenberger Kurve weicht über 6000 m von diesen beiden erheblich ab; sie zeigt überhaupt keine Temperaturumkehr und läßt in 8 bis 10 km Höhe eine auffallend warme, etwa 15° wärmere Luftschicht erkennen als über Paris und Straßburg.

Leider hat die Hamburger Aufzeichnung an diesem Tage in der Höhe versagt. Hamburg lag ebenso wie Lindenberg östlich von einem Minimum, hatte also die gleiche Wetterlage, so daß uns der Hamburger Aufstieg über die Lindenberger Aufzeichnungen größere Sicherheit hätte bringen können. Straßburg und Paris lagen südlich jenes Minimums. Es ist wohl möglich, daß diese Unterschiede der Wetterlage die großen Unterschiede der Temperaturverteilung in der Höhe bedingen können; es würde sich dann der Schluß ergeben, ohne ihn schon auf die Allgemeinheit ausdehnen zu wollen:

1. Im Süden und Südwesten des Minimums zeigt sich eine starke Temperaturabnahme in 4 bis 9 km Höhe, darüber in 9 bis 10 km Höhe eine Erwärmung von etwa — 46° auf — 42° und darüber wieder langsame Abnahme.
2. Im Osten des Minimums ist bei ziemlich gleichmäßiger langsamerer Temperaturabnahme erst in 13 km Höhe die Temperatur — 46° erreicht; es zeigt sich keine Umkehr bis 21 km Höhe, nur eine sehr langsame Abnahme von 12 km Höhe an.

b) Höhentemperatur am 30. August und Beziehung zur Wetterlage.

Am 30. August ist die Gleichmäßigkeit der vier Kurven untereinander, in die sich als fünfte die Münchner Kurve gut einreiht (Tafel 4), am größten. Sie verlaufen vom Erdboden bis 8000 m Höhe fast parallel, wo ihr größter Abstand in Straßburg — 38° und in Lindenberg — 45° ist. Weiterhin zeigen sie alle fünf ein Minimum der Temperatur in fast der gleichen Höhe, zwischen 8900 m in Paris und 9700 m in Straßburg. Dieser Umstand spricht offenbar in vollem Maße für die Richtigkeit und Glaubwürdigkeit der Thermometerangaben in dieser Höhe, trotzdem der absolute Wert des Minimums zwischen — 46° in Straßburg und — 56° in Lindenberg liegt. Das Mittel aus allen fünf Minima:

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

— 46° in 9700 m Höhe über Straßburg,
— 48° „ 8900 „ „ „ Paris,
— 49° „ 9200 „ „ „ Hamburg,
— 50° „ 9200 „ „ „ München,
— 56° „ 9300 „ „ „ Lindenberg

ergibt — 50° in 9260 m Höhe.

An diesem Tage liegen alle 5 Stationen südlich und südwestlich des Minimums. Eine Verallgemeinerung ist natürlich aus diesem einen Beispiel nicht zulässig, die Tatsache ist jedoch für diese zwei Tage festgestellt, daß „im Süden und Westen des Minimums in der Höhe Temperaturumkehr bestand, im Osten dagegen, wenigstens am ersten Tage, nicht."

Größere Abweichungen der einzelnen Aufstiege untereinander finden wir in betreff der Größe und Höhenerstreckung der Temperaturumkehr. Bis 10 300 m steigt die Temperatur zwar noch durchweg, darüber aber fällt sie in Paris und München, während sie an den andern Stationen noch bis etwa 12 000 m Höhe mehr oder weniger stark steigt. Das Maximum der Temperatur zeigen: Paris und München mit — 42° in 10 400 und 10 300 m, Hamburg mit — 39° in 11 300 m, Lindenberg mit — 51° in 12 000 m und Straßburg mit — 43° in 12 700 m. Das Mittel ist danach — 43° in 11 300 m, so daß die mittlere Höhenerstreckung der Umkehr 11 300 — 9300 = 2000 m und ihre Größe 49° — 43° = 6° beträgt. Bis dahin scheinen die Angaben ziemlich sicher mit der Wirklichkeit übereinzustimmen. Über der Umkehrschicht scheint dann die Temperatur wieder langsam zu fallen oder annähernd konstant zu bleiben, doch müssen wir die Richtigkeit dieser Behauptung dahingestellt sein lassen, wie wir oben nachgewiesen haben, ganz abgesehen von der bereits erwähnten gänzlich fehlerhaften Aufzeichnung in Paris über 11 600 m Höhe. Selbst die gute Parallelität der 4 übrigen Kurven bis 17 000 m Höhe darf uns von der Richtigkeit nicht überzeugen. Der ständige Unterschied von 7° in dieser ganzen Schicht zwischen Hamburg und Lindenberg wird auch wohl zum Teil auf die Instrumente zu schieben sein.

c) Höhentemperatur am 31. August und Beziehung zur Wetterlage.

Die Thermohypsen vom 31. August (Tafel 5) zeigen die Temperaturumkehr in der Höhe noch ausgeprägter als die von den Vortagen. Wir befinden uns an allen vier Orten südwestlich vom Minimum (Tafel 2) und zum Teil schon im Übergangsgebiet zum Maximum. Die Wetterlage hat sich nicht wesentlich geändert und die Ergebnisse in bezug auf die Temperaturumkehr befinden sich auch mit den oben aufgestellten Sätzen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in Übereinstimmung, da alle Orte, soweit die Beobachtungen ausreichen, eine sogar verschärfte Umkehr zeigen. In größerer Höhe sind die Temperaturangaben ungenauer als an den Vortagen, da Hamburg von 11 800 m und Lindenberg von 13 000 m gänzlich unbrauchbar sind wegen Sonnenstrahlung oder mangelhafter Ventilation, wovon uns der Anblick der Kurven überzeugt, abgesehen davon, daß beim Hamburger Aufstieg durch Nichtplatzen des Ballons die mangelnde Ventilation in der Höhe erwiesen ist. Auffallend und interessant ist, daß diese zwei Orte schon in geringerer Höhe, in 8600 m, eine Temperaturdifferenz von 20° aufweisen, während sie sich in etwa 11 900 m Höhe nur um 2° unterscheiden! Besser stimmen die entfernter gelegenen Orte Lindenberg und Straßburg in bezug auf Temperaturminimum und Höhe der Umkehrschicht überein, denn an beiden Orten wird ein Minimum von etwa — 47° in 10 500 m Höhe erreicht. Die Größe und Höhenerstreckung der Umkehr ist an diesem Tage an keiner der Kurven festzustellen; beide scheinen größer geworden zu sein. „Es scheint also mit dem Vorübergehen einer Depression im Norden der Beobachtungsorte ein ständiges Wachsen der Temperaturumkehr stattgefunden zu haben."

8. Die Temperatur der unteren Luftschichten.

(Tafel 4 und Tabelle 2.)

Betrachten wir nun für die drei Tage noch die Temperaturverhältnisse der unteren Luftschichten, die vor allem am zweiten Tage auf benannten Ballonfahrten und durch Drachenaufstiege von verschiedenen Orten aus erforscht wurden.

a) Der 29. August.

Am 29. August herrschte, wie schon gesagt, über all den Beobachtungsstationen auch in den unteren Schichten eine ziemlich gleichmäßige Abnahme der Temperatur von 0,65° für je 100 m. Allerdings erscheint dieser Gang etwas gestört beim Hamburger Ballonaufstieg durch eine langsamere Abnahme in 1600 bis 2500 m und beim Drachenaufstieg (Tabelle 2) eine Stunde später durch eine Isothermie in 2200 bis 2500 m, die sich aber bereits beim Drachenabstieg auf die Schicht von 2400 bis 2500 m reduziert hat.

b) Der 30. August.

Am 30. August finden wir eine Temperaturumkehr in unteren Schichten merkwürdigerweise allein in Hamburg, und zwar nur am Vormittag in 2600 bis 2800 m Höhe, von — 4° auf — 3°. Es hängt dies

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sehr wahrscheinlich damit zusammen, daß Hamburg um diese Zeit zwischen dem Hauptminimum im Osten und einem Teilminimum im Westen lag (Tabelle 2). In der Höhe über dieser Umkehr werden die zwei Minima vermutlich zu einem verschmolzen gewesen sein, dessen Zentrum nicht weit von Hamburg gelegen haben wird, da der Ballon, der bei Windstille hoch ging, 11 Minuten lang fast senkrecht über dem Aufstiegsort verfolgt werden konnte und innerhalb zwei Stunden, während deren er 16 000 m Höhe auf und nieder zurücklegte, nur 14 km weit flog, so daß es bis zu jener Höhe fast windstill gewesen sein muß, wenn nicht, stärkere Winde vorausgesetzt, diese schichtweise aus entgegengesetzten Richtungen herrschten, was kaum anzunehmen ist. Erst am Nachmittag begann sich eine durchgehende nordwestliche Windströmung über Hamburg anzubahnen.

Auf Tafel 4b sind die wichtigsten Aufstiege vom 30. August, bis auf die 5 Registrierballonaufstiege der Tafel 4a, in doppeltem Maßstabe wie diese eingezeichnet. In London ist es im untersten Kilometer Luftschicht besonders kühl, über Paris dagegen am wärmsten, nämlich um 5° bis 7° wärmer als über London. Auch höher hinauf bis 6 km bleibt es über Paris ständig 6° bis 7° wärmer als z. B. über Hamburg und Lindenberg. Die beiden Freifahrten von Straßburg und Berlin aus, bis 5000 m Höhe, die sich nur um 1° bis 2° unterscheiden, halten die Mitte unter den 11 an diesem Tage gewonnenen Vertikalschnitten. Auch der Hamburger Drachenaufstieg bis 4800 m und der Pariser Registrierballonaufstieg vom Nachmittag dieses Tages bis 6000 m Höhe stimmen mit den Ergebnissen der Freifahrten und untereinander sehr genau überein. Die Abnahme der Temperatur für 100 m ist im untersten km 0,65°, von 1000 bis 4000 m 0,6° und darüber etwa 0,7°. Die allein in Hamburg am frühen Morgen durch den Registrierballon beobachtete Umkehr in 2600 m Höhe mit der besonders kühlen und daher schweren Luft darunter hängt, wie oben bereits angedeutet, mit der Sattellage Hamburgs zwischen dem Haupt- und Teilminimum ursächlich zusammen.

c) Der 31. August.

Am 31. August, wo, wie wir gesehen haben, die „große Temperaturumkehr“ am stärksten ausgeprägt ist, haben wir auch in den unteren Schichten die meisten Störungen. Der Hamburger Drachenaufstieg bis 4300 m (Tabelle 2) ergab Umkehrungen von 1° bis 2° Amplitude und nur geringer Mächtigkeit in 1700 m, in 2200 m und in 3500 m. Der Registrierballonaufstieg, der etwa eine Stunde früher diese Höhen durchmaß, zeigte eine Umkehr schon in 1000 m Höhe und eine zweite in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

2600 m. Man sieht hieraus, wie schnell veränderlich diese Umkehrungen sind und wie sie aller Wahrscheinlichkeit im Laufe des Vormittags in der Regel in größere Höhen hinauf rücken. Diese letzte überaus wichtige und interessante Erscheinung habe ich auch sonst an zahlreichen Hamburger Drachenaufstiegen durch Vergleich von Doppelaufstiegen oder des Auf- und Abstiegs festgestellt. Der Lindenberger Drachenaufstieg vom 31. August ergab nur eine Umkehr in 1900 m; aus den übrigen 3 Registrierballonaufstiegen ist keine Unstetigkeit in der Temperatur zu ersehen, vielleicht nur wegen zu schnellen Durchfliegens der kleinen Störungsschichten. Über der oberen dieser Umkehrschichten, besonders über 3000 m, finden wir an diesem Tage (Tabelle 2) wieder einmal jene große Lufttrockenheit von wenigen Prozent, wie wir sie auf dem Erdboden in unserm Klima nie, in der freien Atmosphäre jedoch häufig, im Winter bisweilen schon wenige hundert Meter über dem Erdboden, antreffen.

Die Änderungen der Temperatur der unteren Luftschichten im Laufe der drei Tage ist sehr gering, wie besonders gut aus der Tabelle 2 ersichtlich ist.[1])

9. Übersicht der Temperatur über Mitteleuropa. (Tabelle 3.)

Zum Schluß sollen die Temperaturen der freien Atmosphäre über Zentraleuropa an den drei Tagen in einer Tabelle (Tabelle 3) im Überblick zusammengestellt werden.

Die schräggestellten Zahlen bedeuten Maxima und Minima der Temperatur.

a) Zeitliche Temperaturänderungen.

In Lindenberg und Straßburg scheint das Minimum vor der großen Temperaturumkehr im Mittel etwas höher zu liegen als über den andern Stationen, wie aus der untersten Reihe der Tabelle hervorgeht. Eine gesetzmäßige Änderung der Höhe der Temperaturumkehr im Laufe des 29. bis 31. August ist nicht zu erkennen. Wohl aber ersehen wir, daß die Änderungen der Temperatur von Tag zu Tag in der Höhe weit größer sein können als auf dem Erdboden. In 8000 m z. B., also noch unterhalb der großen Umkehr, ist die Temperatur in Lindenberg am 29. — 26°, am 30. — 45°, um am 31. wieder auf — 29° zu steigen. Selbst wenn die Temperaturaufzeichnungen nicht auf ein bis zwei Grad genau sein sollten, so bleiben die Unterschiede doch so gewaltig, daß an der Tatsache nicht zu

[1]) Vgl. auch den unter Tab. 3 zitierten Bericht, Seite 118.

Tabelle 3.

Temperatur über Mitteleuropa am 29. bis 31. August 1905[1]).

Höhe	Lindenberg[2]) 29.	Lindenberg 30.	Lindenberg 31.	Hamburg 29.	Hamburg 30.	Hamburg 31.	Paris 29.	Paris 30.	Paris 31.	Straßburg 29.	Straßburg 30.	Straßburg 31.	München 30.	Mittlere Temperatur 29.	Mittlere Temperatur 30.	Mittlere Temperatur 31.	Mittlere Temperatur 29.—31.
500	10	12	9	10	10	10	9	14	9	10	11	12	12	10	12	10	11
2000	2	2	1	0	0	1	0	4	2	0	1	3	3	0	2	2	1
4000	—9	—9	5	—8	—12	—11	—11	—6	—11	—10	—10	—8	—9	—10	—9	—9	—9
6000	—17	26	—16		—25	—30	—26	—21	—25	—21	—23	—21	—21	—21	—23	—23	—23
8000	—26	—45 *—57*	—29		—41 *—49*	—48 *—53*	—42 *—46*	—42 *—48*	—41	—36	—38 *—46*	—34	—41 *—50*	—35	—41	—38	—39
10 000	—36	—53	—42 *—47*		—46 *—39*	—42	*—42*	—43 *—42*		*45* *—41*	—45	—44 *46*	—45 *—42*	—41	—46	—43	—44
12 000	—42	*—51*	—40		—41	(—25	—46	—38		—42	—43 *—42*	—41	—44	—43	—45	—40	—43
14 000	—47	—52 *—54*	—33		—43					—44	—45		47	—46	—47	—	—46
16 000	—49	—53			—44					—47			—47	—48	—48	—	—48
Höhe der Temp.-Umkehr an den 3 Tagen km	—	9.3	10.7	—	9.2	8 6	8.7	8 9	—	10.0	9.7	10.4	9.2	—	—	—	—
Höhe der Temp.-Umkehr im Mittel .... m	10 000			8900			8800			10 000			9200	9400	9300	9900	9500

[1]) Die schrägen Zahlen sind die Minima und Maxima der Temperaturen, die in °C angegeben sind.

[2]) Die hier für Lindenberg angegebenen Zahlen konnten nach dem während der Drucklegung erschienenen Bericht von „K. Wegener über die Aufstiege in Lindenberg vom 28. bis 31. August 1905“ im I. Band der „Ergebnisse der Arbeiten des Kgl. Preuß. Aeronautischen Observatoriums, Braunschweig 1906“ gegenüber den Lindenberger Kurven auf Tafel 3 etwas — doch nur unwesentlich — verbessert werden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zweifeln ist. Die Ursachen liegen vor allem in der vertikalen Verschiebung der Temperaturumkehrungen.

b) Örtliche Temperaturunterschiede.

Aber nicht nur die zeitlichen Änderungen der Höhentemperaturen über ein und demselben Ort, sondern auch die örtlichen Unterschiede der Temperatur können in der Höhe größer sein als auf dem Erdboden, wie uns der 31. August lehrt, an dem es nach den Aufzeichnungen in 8000 m Höhe über Lindenberg um 19 wärmer ist als über Hamburg. Weit geringere Unterschiede weisen Paris und Straßburg auf, deren Temperaturen sich auch von Tag zu Tag in der Höhe nur wenig ändern.

Es würde das gesetzte Ziel dieser Arbeit überschreiten, wenn ich mich hier auf weitere Erörterungen und theoretische Betrachtungen über die eventuellen Ursachen all der merkwürdigen Temperaturverhältnisse einlassen wollte.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Inhaltsübersicht.

I. Einleitung. Die internationalen Tage und die Beteiligung Hamburgs.

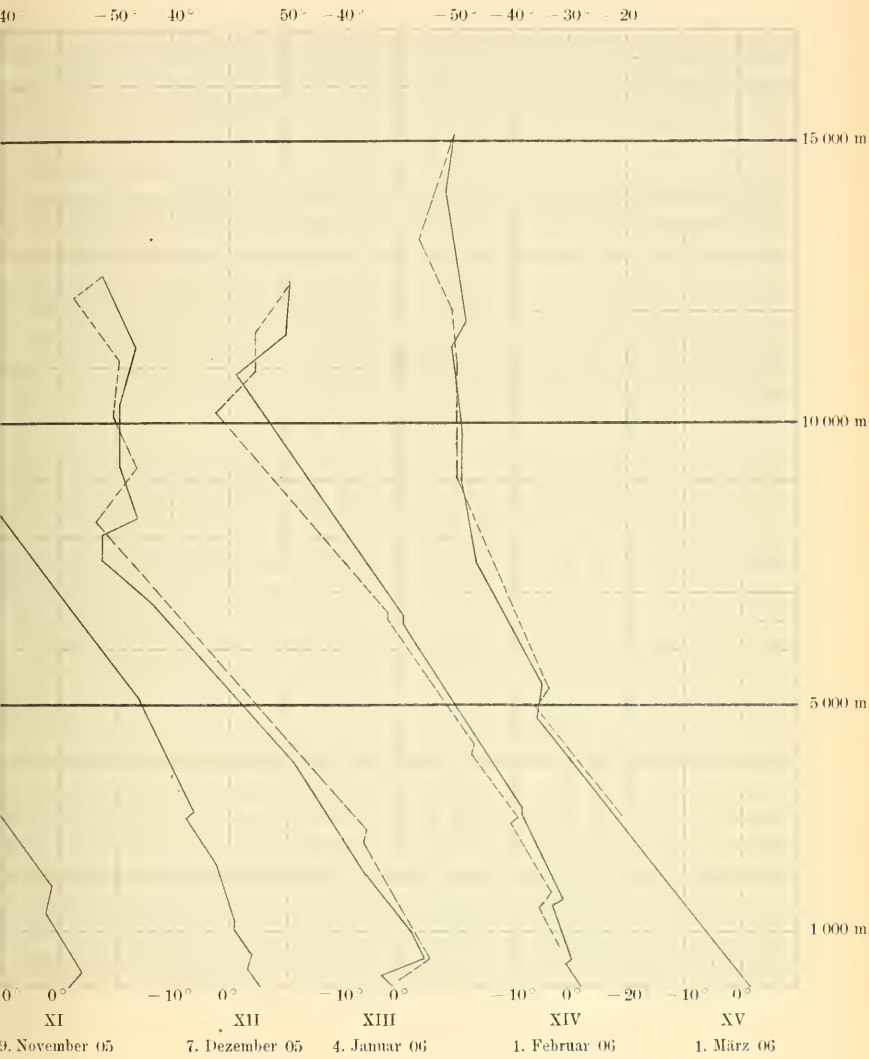
II. Übersicht über die Registrierballonaufstiege.
1. Aufstiegsort.
2. Tabellarische Übersicht der Aufstiege. (Tabelle 1.)
3. Platzen des Ballons.
4. Erreichte Höhe.
5. Der zurückgelegte Weg.
6. Die Fahrt des Ballons am 9. November. (Tafel 2.)
7. Die Fahrt des Ballons am 7. Dezember. (Tafel 2.)
8. Die Thermohypsen der Aufstiege. — Graphische Übersicht. (Tafel 1.)

III. Die internationalen Tage vom 29. bis 31. August 1905.
1. Wetterlage und Witterung in Hamburg. (Tafel 2.)
   a) Der 29. August.
   b) Der 30. August.
   c) Der 31. August.
2. Übersicht über die Ballon- und Drachenaufstiege in Hamburg.
3. Die Resultate aus den Drachenaufstiegen. (Tabelle 2.)
4. Die Beobachtung der partiellen Sonnenfinsternis.
5. Auswärtige Registrierballonaufstiege. (Tafel 3—5.)
6. Die Temperaturmessungen in der Höhe mittels Registrierballons.
   a) Ventilation und Sonnenstrahlung.
   b) Ventilation bei Temperaturmessung an der Erdoberfläche.
   c) Ventilation in 12 km Höhe.
   d) Die für die zu fordernde Genauigkeit notwendige Ventilation.
   e) Die Geschwindigkeit des Ballons beim Auf- und Abstieg.
   f) Nachteile zu großer Vertikalgeschwindigkeit.
   g) Künstliche Ventilation.
   h) Nachtaufstiege und Aufstiege bei Sonnenuntergang.
   i) Beurteilung der großen Temperaturumkehr in etwa 9500 m Höhe.
7. Die Temperatur in der Höhe (Tafel 2—5).
   a) Höhentemperatur am 29. August und Beziehung zur Wetterlage.
   b) Höhentemperatur am 30. August und Beziehung zur Wetterlage.
   c) Höhentemperatur am 31. August und Beziehung zur Wetterlage.
8. Die Temperatur der unteren Luftschichten (Tafel 4 und Tabelle 2.)
   a) Der 29. August.
   b) Der 30. August.
   c) Der 31. August.
9. Übersicht der Höhentemperatur über Mitteleuropa. (Tabelle 3.)
   a) Zeitliche Temperaturänderungen.
   b) Örtliche Temperaturunterschiede.

Eingegangen am 23. November 1906.

Gedruckt bei Lütcke & Wulff, E. H. Senats Buchdruckern.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

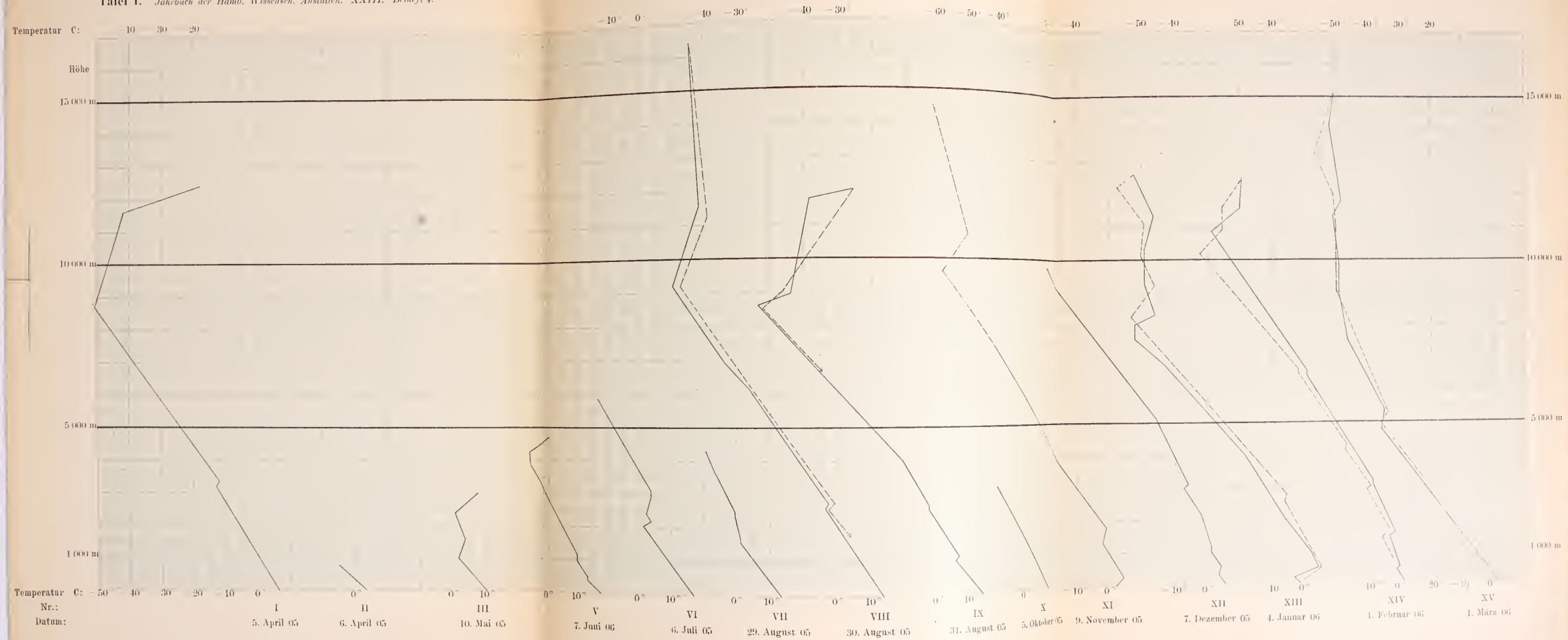


© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Thermohypsen der Registrierballonaufstiege in Hamburg vom April 1905 bis März 1906.



© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

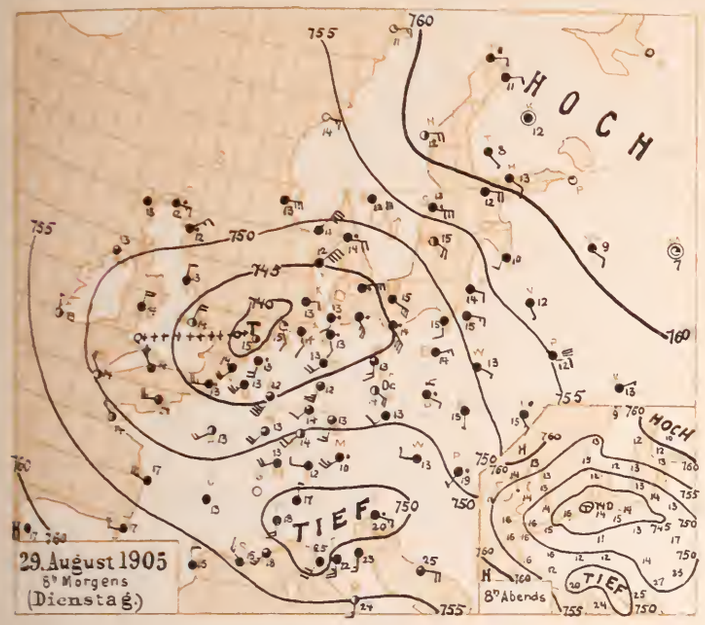
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

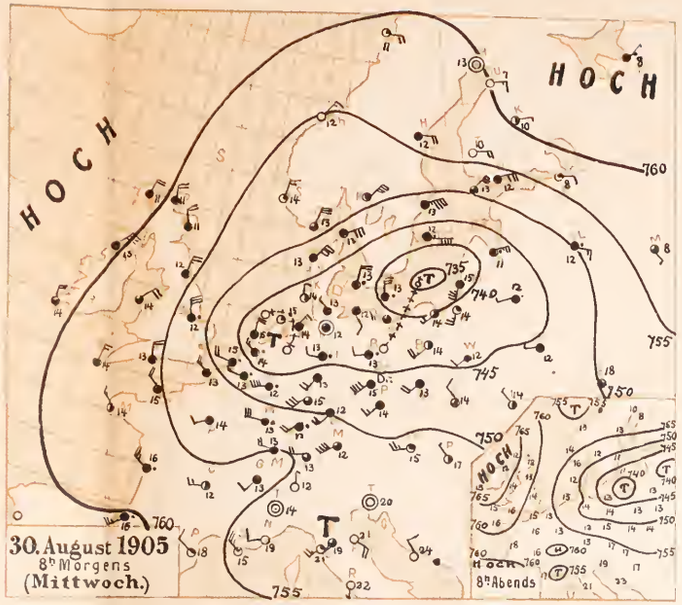
Tafel 2

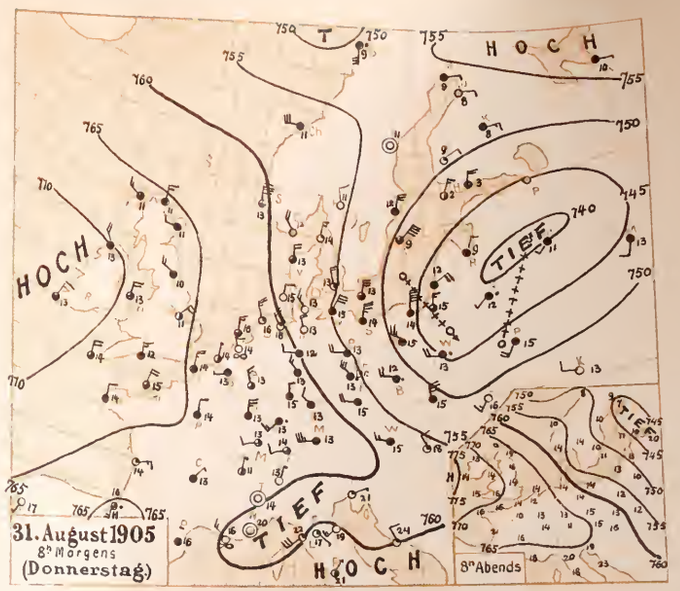
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

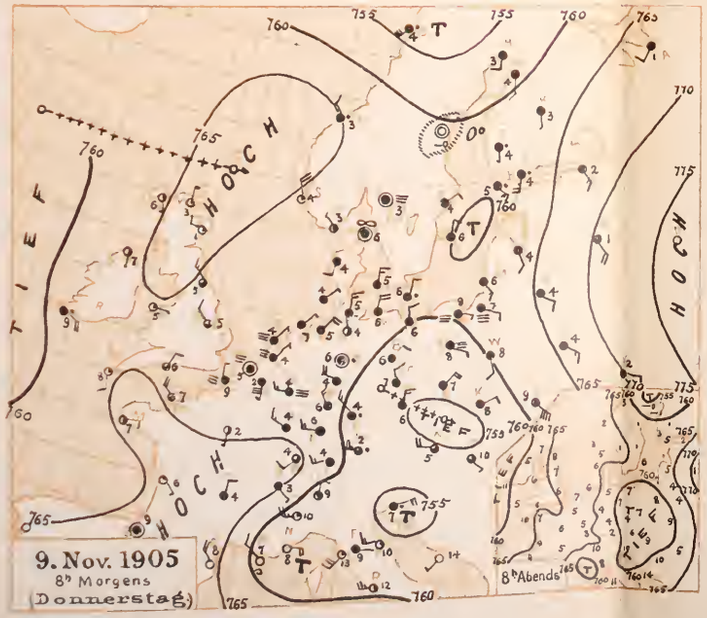
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

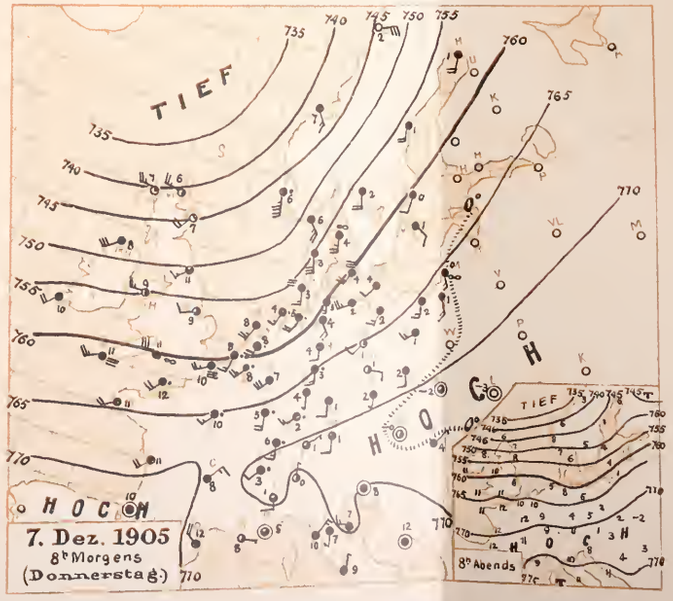
Synoptische Wetterkarten.







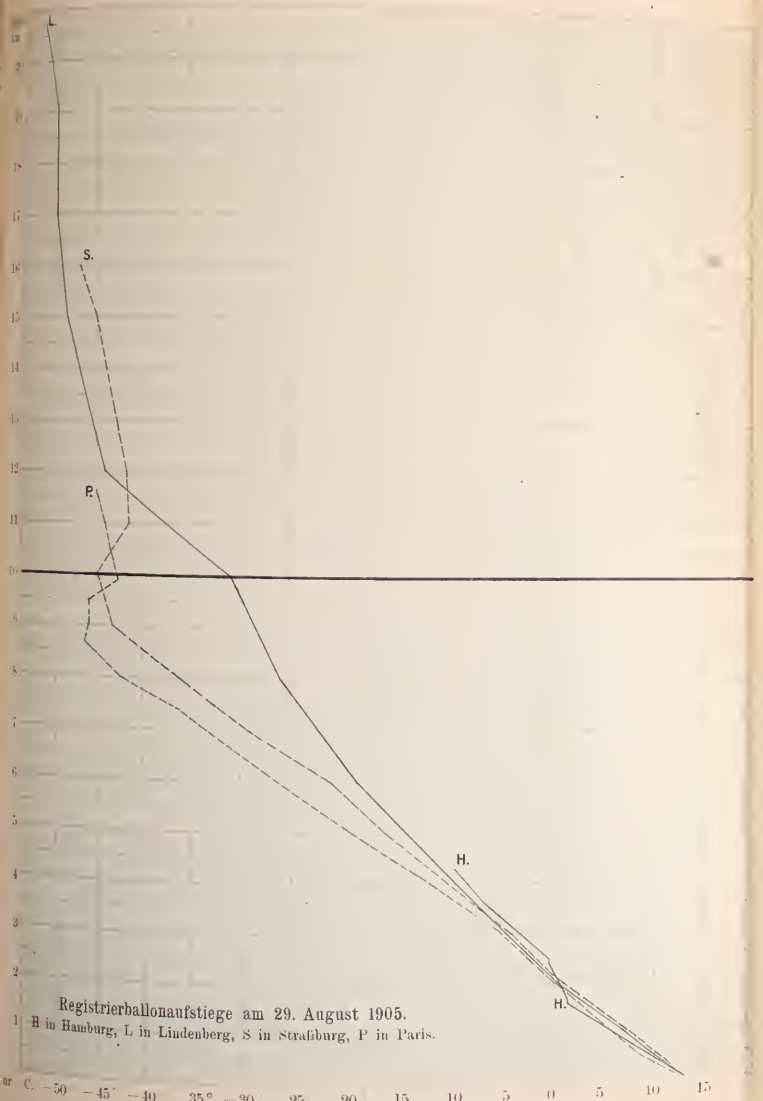




© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

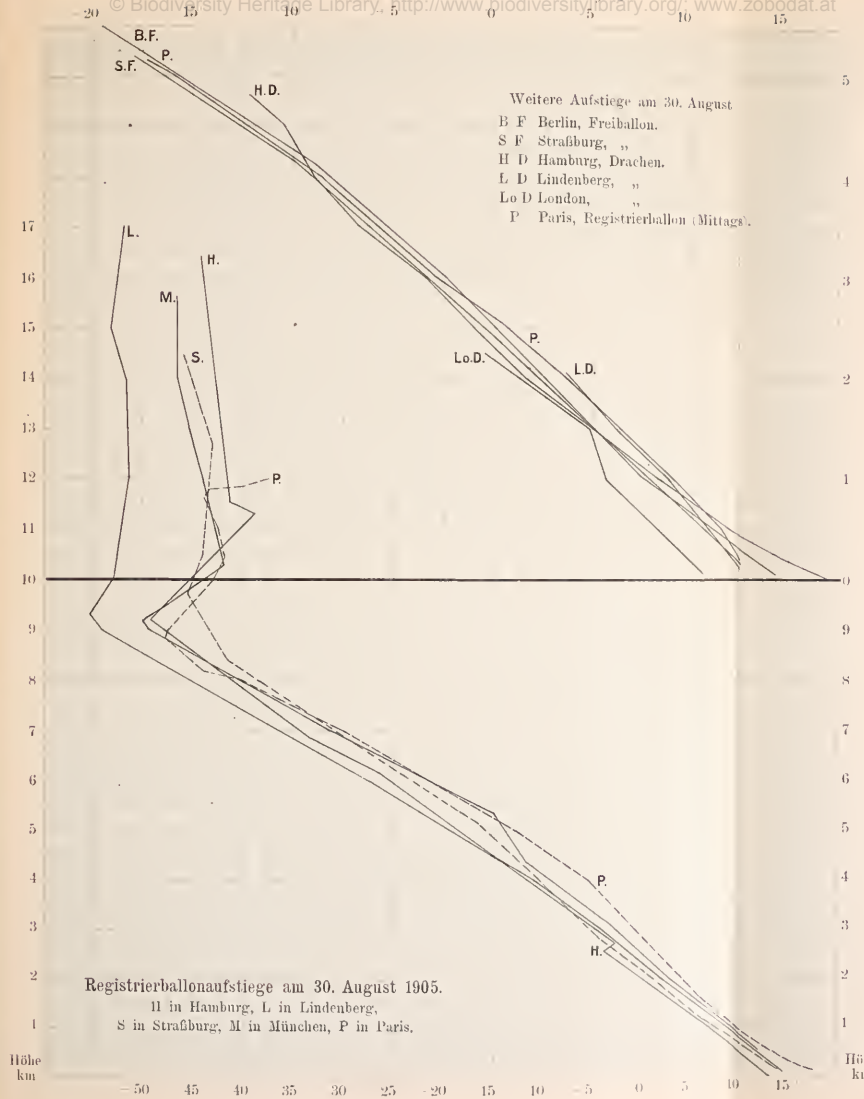
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

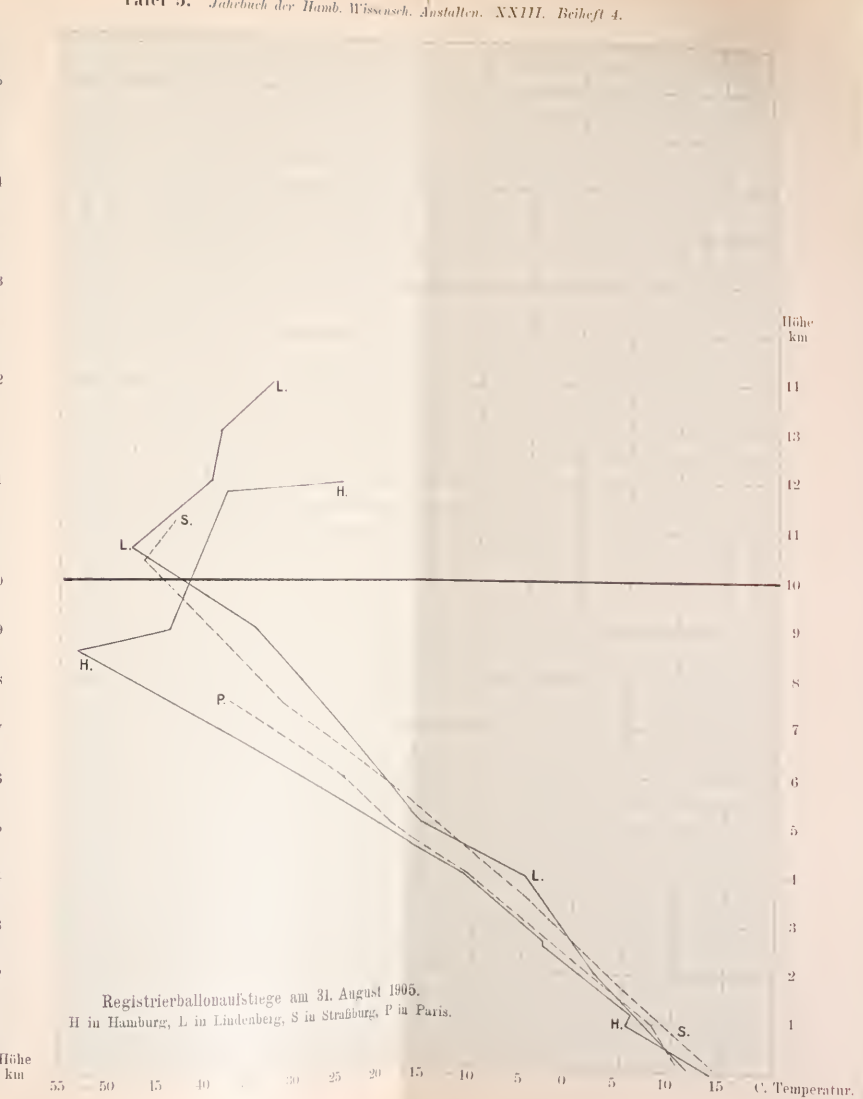


Registrierballonaufstiege am 29. August 1905.
H in Hamburg, L in Lindenberg, S in Straßburg, P in Paris.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



Registrierballonaufstiege am 30. August 1905.
H in Hamburg, L in Lindenberg,
S in Straßburg, M in München, P in Paris.



Registrierballonaufstiege am 31. August 1905.
H in Hamburg, L in Lindenberg, S in Straßburg, P in Paris.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Hamburgischen Wissenschaftlichen Anstalten

Jahr/Year: 1905

Band/Volume: 23_BH4

Autor(en)/Author(s): Perlewitz Paul

Artikel/Article: Registrierballonaufstiege in Hamburg vom April 1905 bis März 1906. 65-92