# **Discovery of the Stratosphere**

#### 11km, Tropical Atlantic (20N, 65W), August

## stratosphere

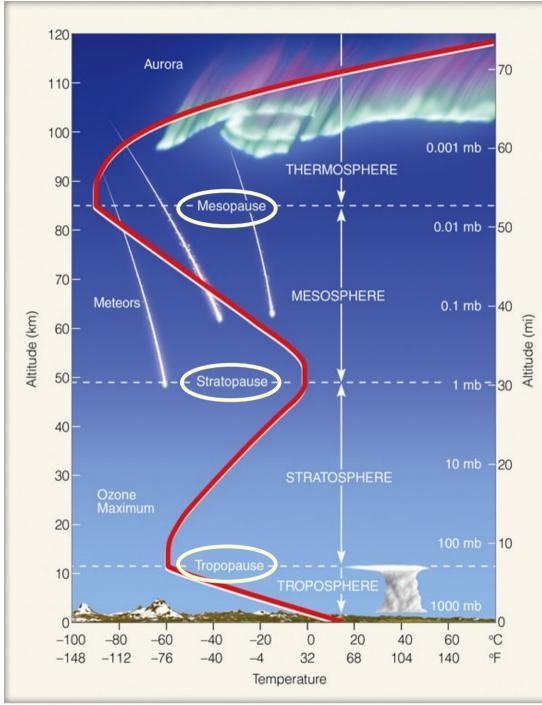
## troposphere

photo courtesy Andrew Gettelman, NCAR

# Temperature Structure

- The atmosphere is layered according to its temperature structure
- In some layers temperature increases with height
- In others it decreases with height or is roughly constant

..."pause" is a level ..."sphere" is a layer



Cole, Cengage Learning

# **Discovery of the Stratosphere: 1902**

PHYSIQUE DU GLOBE. - Variations de la température de l'air libre « zone comprise entre 81m et 13km d'altitude. Note de M. L. TEISSEB BORT, présentée par M. E. Mascart.

#### Variations of the temperature of the free air in the zone between 8 and 13 km of altitude

pérature dans la zone comprise au-dessus de 10km, mettent en lumié faits nouveaux et imprévus dont le plus saillant est le suivant : 10 Alore qu'en movenne la décroissance de température a



## **Isothermal Layer**

nt, pour devenir à peu près nulle ans nos régions, de 11km. variable avec la situation zone caractérisée par la par une croissance lége l'échauffement. Nous ne pouvons pl s, d'après les observations actuelle urs kilomètres.

Fig. 5. Léon Teisserenc de Bort (Photo by courtesy of Michel ici et qui mérite d'être pris en très se considération dans l'étude de la circulation générale. Je dois ajout

mit wachsender Erhe thoden und Instrumer meinen eine Vergröss

der Höhe, wie es den Gesetze spricht.

Ausserdem aber erkannte

## **Upper Inversion**

BERSON und Süring im dritte schaftliche Luftfahrten« vier ( peratur. Feuchtigkeit und Bew

deren oberste durch nahezu Wasserdampfgehalt und beträchtliche Windgeschwindigkeit ausgezeich-

net ist.



### **Richard Assmann**

iler heil mit entbilung gen HH. senem-

ten.

Über die Existenz eines wärmeren Luftstromes in der Höhe von 10 bis 15<sup>km</sup>.

> Von Prof. Dr. RICHARD ASSMANN in Berlin

#### On the existence of a warmer airflow at heights from 10 to 15 km

ratur in der Atmosphäre haben den Beweis erbracht, dass die von JAMES GLAISHER gefundene schrittweise Verminderung der Abnahme

- 200 years ago steady temperature drop with height was known from observations at mountain tops
- this would result in 0 K (absolute zero) somewhere between 30–40 km (~20 mi) altitude
- It was assumed that rate of temperature drop diminishes, but temperature still decreases with height throughout the atmosphere

*"It doesn't matter how beautiful your theory is, it doesn't matter how smart you are. If it doesn't agree with experiment, it's wrong."* -- Richard Feynman

## **Discovering the 3rd Dimension (around 1900)**

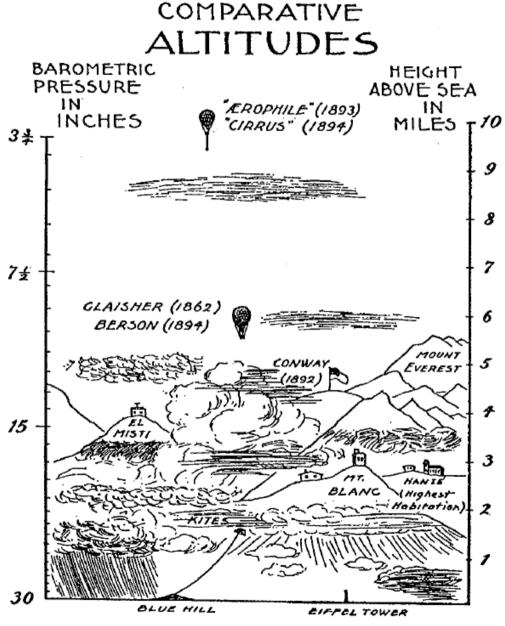


Fig. 3. Upper-air research at the end of the 19th century (taken from ROTCH 1896).

from Hoinka (1997)

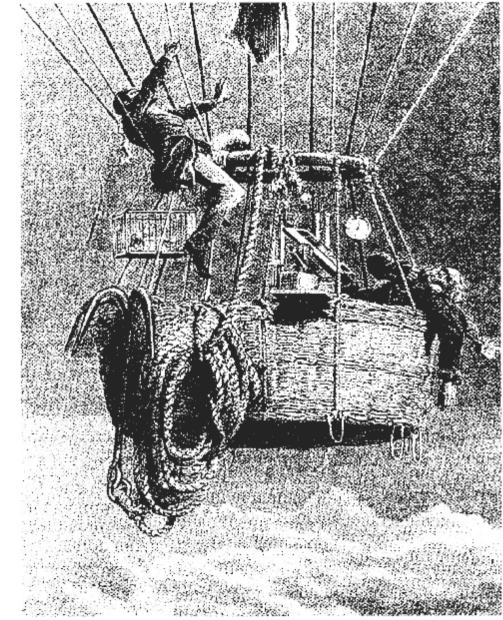


Fig. 1. Contemporary sketch of the dramatic situation when Coxwell and Glaisher became unconscious during their flight in an aerostat in 1862 (taken from FLAMMARION 1885).

- First balloon soundings during 1890's
- Reached stratospheric altitudes, but warm temperatures above ~12 km were adjusted ("corrected") to match expected temperature drop
- Teisserenc de Bort took over 200 soundings within ~ 10 years, carefully examining possible measurement errors
- Only then did he announce the discovery of the stratosphere to the French Academy of Science (on 28 April 1902, Assmann announced essentially the same discovery to the German Academy of Science on 1 May 1902)

# **Discovery of the Stratosphere: 1902**

PHYSIQUE DU GLOBE. - Variations de la température de l'air libre « zone comprise entre 81m et 13km d'altitude. Note de M. L. TEISSEB BORT, présentée par M. E. Mascart.

#### Variations of the temperature of the free air in the zone between 8 and 13 km of altitude

pérature dans la zone comprise au-dessus de 10km, mettent en lumié faits nouveaux et imprévus dont le plus saillant est le suivant : 10 Alore qu'en movenne la décroissance de température a



## **Isothermal Layer**

nt, pour devenir à peu près nulle ans nos régions, de 11km. variable avec la situation zone caractérisée par la par une croissance lége l'échauffement. Nous ne pouvons pl s, d'après les observations actuelle urs kilomètres.

Fig. 5. Léon Teisserenc de Bort (Photo by courtesy of Michel ici et qui mérite d'être pris en très se considération dans l'étude de la circulation générale. Je dois ajout

#### mit wachsender Erhe thoden und Instrumer

meinen eine Vergröss der Höhe, wie es den Gesetze

Ausserdem aber erkannte

## **Upper Inversion**

spricht.

BERSON und Süring im dritte schaftliche Luftfahrten« vier ( peratur. Feuchtigkeit und Bew

deren oberste durch nahezu Wasserdampfgehalt und beträchtliche Windgeschwindigkeit ausgezeich-

net ist.



### **Richard Assmann**

iler

heil

mit

ent-

bil-

ung

gen

HH.

sen-

em-

ten.

Über die Existenz eines wärmeren Luftstromes in der Höhe von 10 bis 15<sup>km</sup>.

> Von Prof. Dr. RICHARD ASSMANN in Berlin

#### On the existence of a warmer airflow at heights from 10 to 15 km

ratur in der Atmosphäre haben den Beweis erbracht, dass die von JAMES GLAISHER gefundene schrittweise Verminderung der Abnahme

- Terms troposphere and stratosphere were coined by Tesserenc de Bort
- Term tropopause was popularized by Sir Napier Shaw around 1920

- Radiation error (absorption of solar radiation, also related to lack of ventilation)
  - soundings during day vs. during night
  - aspiration psychrometer due to Assmann (ventilated thermometers enclosed in polished metal tubes)
- Balloon material:
  - paper, treated silk, goldbeater's skin
  - rubber introduced by Assmann (in collaboration with Continental)
- Balloons were filled with hydrogen

#### M.O. 074.

### O. H. M. S.

## INTERNATIONAL INVESTIGATION OF THE UPPER AIR.

#### 5 SHILLINGS REWARD.

#### DELICATE METEOROLOGICAL APPARATUS,

This instrument is the property of the Meteorological Office, London. The above reward will be paid for the instrument if it is not tampered with. The finder is requested to pull out the piece of red string (with the match end attached), to put the instrument away in a safe place and to write to the Director, Meteorological Office, London, S.W., when instructions, and if desired, information, will be sent.

The balloon need not be returned.