

# **15 Jahre Wolkenforschung auf dem Brocken – ein Beitrag zur chemischen Klimatologie**

**Detlev Möller**

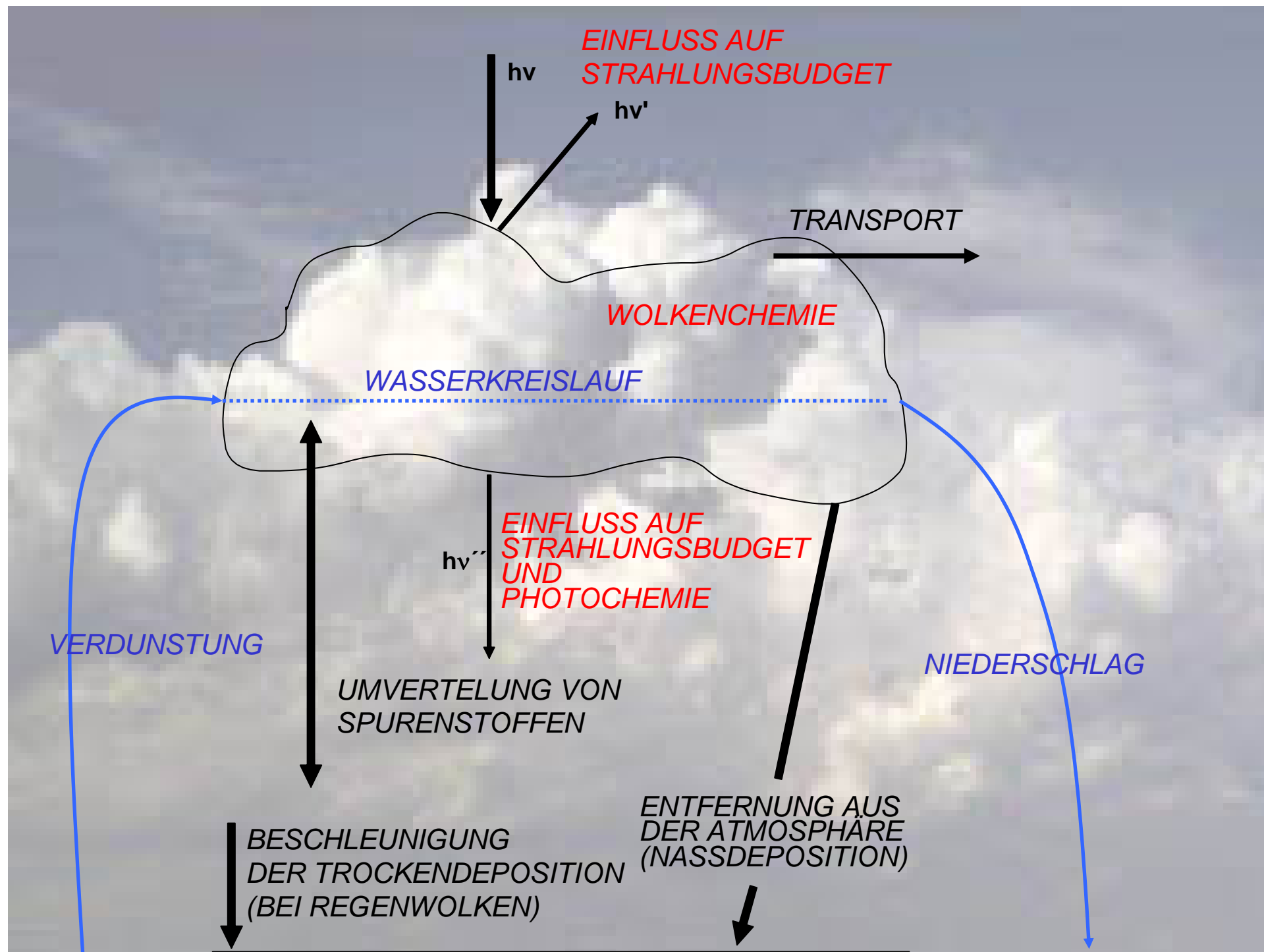
**Brandenburgische Technische Universität Cottbus (BTU)  
Lehrstuhl für Luftchemie und Luftreinhaltung**

Teil 0: Einführung: der Brocken in Bildern.

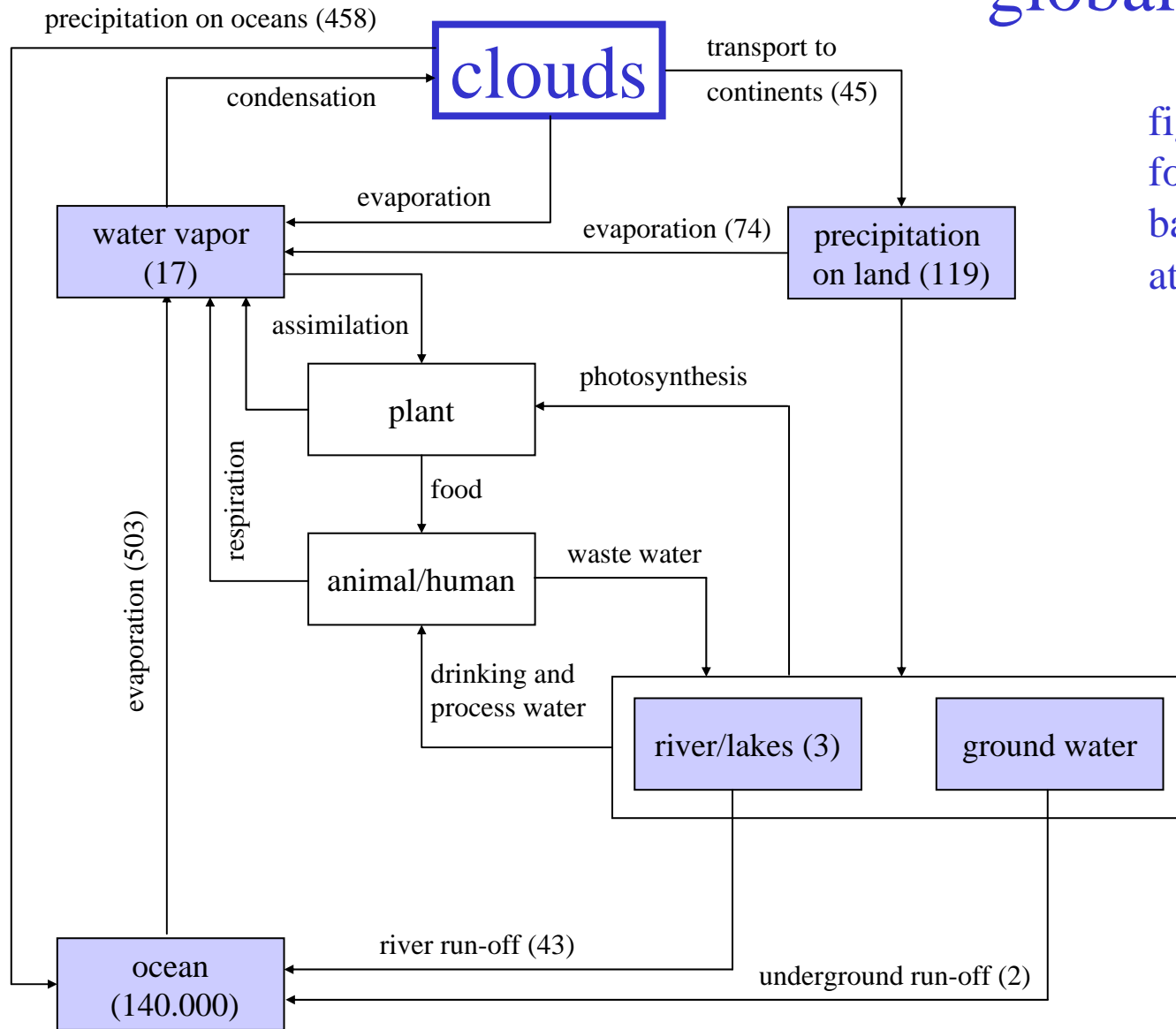
Teil 1: Was ist eine chemische Klimatologie?

Teil 2: Ergebnisse der Brockenforschung.

Teil 3: Zur Geschichte der Wolkenforschung.



# global water cycle



figures in  $10^3 \text{ km}^3$   
for pools and fluxes  
based on year;  
atmos  $\tau_{\text{H}_2\text{O}} \approx 11 \text{ d}$



# Das Prinzip aller Dinge ist das Wasser, denn Wasser ist alles und ins Wasser kehrt alles zurück.



Thales von Milet (um 625 - um 547 v.Chr.)

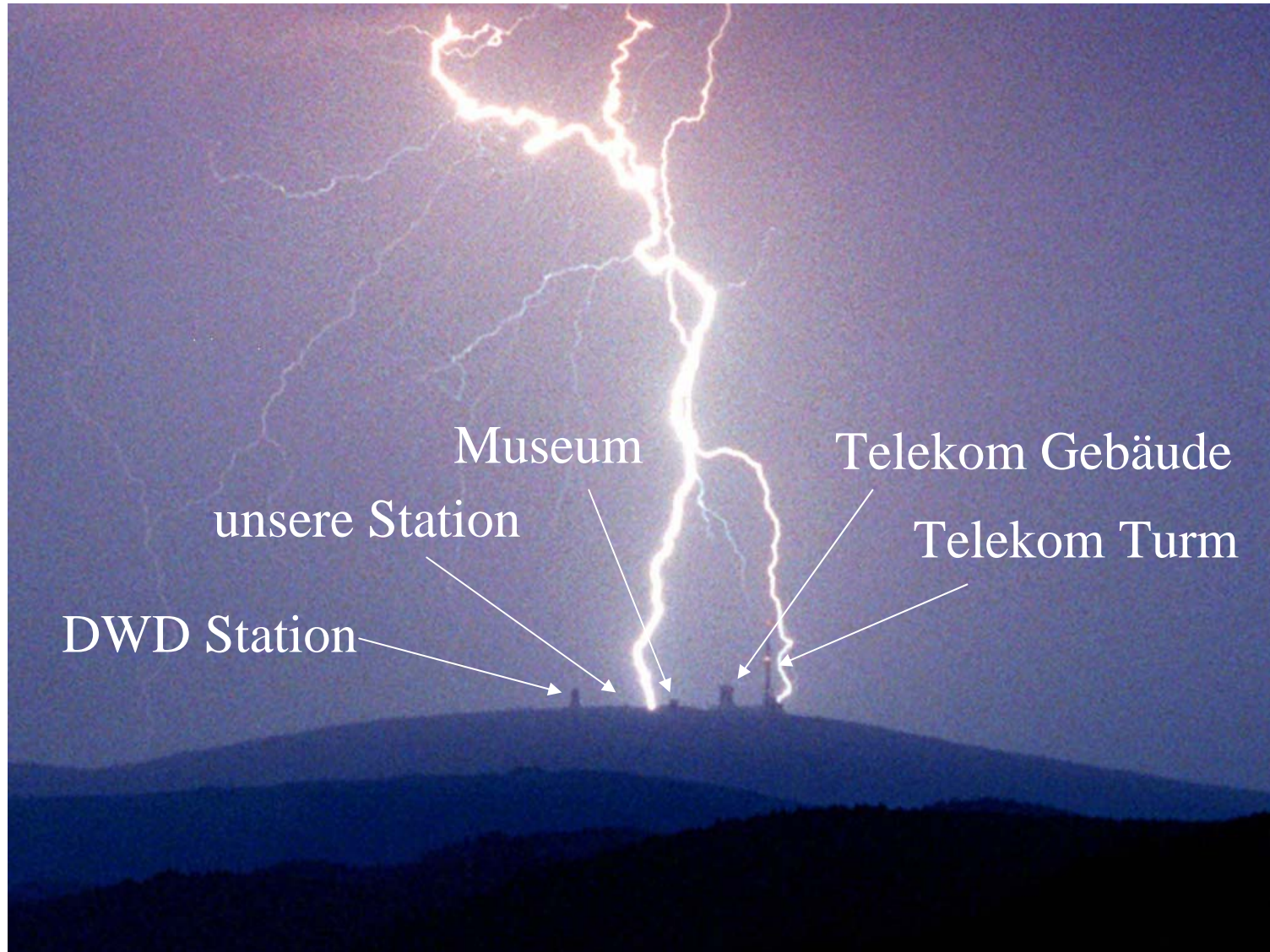


# Warum gibt es Leben auf der Erde?

Weil die klimatischen Bedingungen es erlauben, dass

- ☐ Wasser (als einzige Substanz) in allen drei Aggregatzuständen zugleich existiert und
- ☐ Kohlenstoff (als einziges Element) Verbindungen in allen drei Aggregatzuständen und allen chemischen Bindungsformen aufweist sowie
- ☐ im Wasser alle essentiellen Verbindungen gelöst sind.

## Der Brocken (1241 m a.s.l.) im Gewitter (2000)





## Der Brocken vor 1989



MfS-Abhörzentrale

„Pfefferminzturm“ (SED)

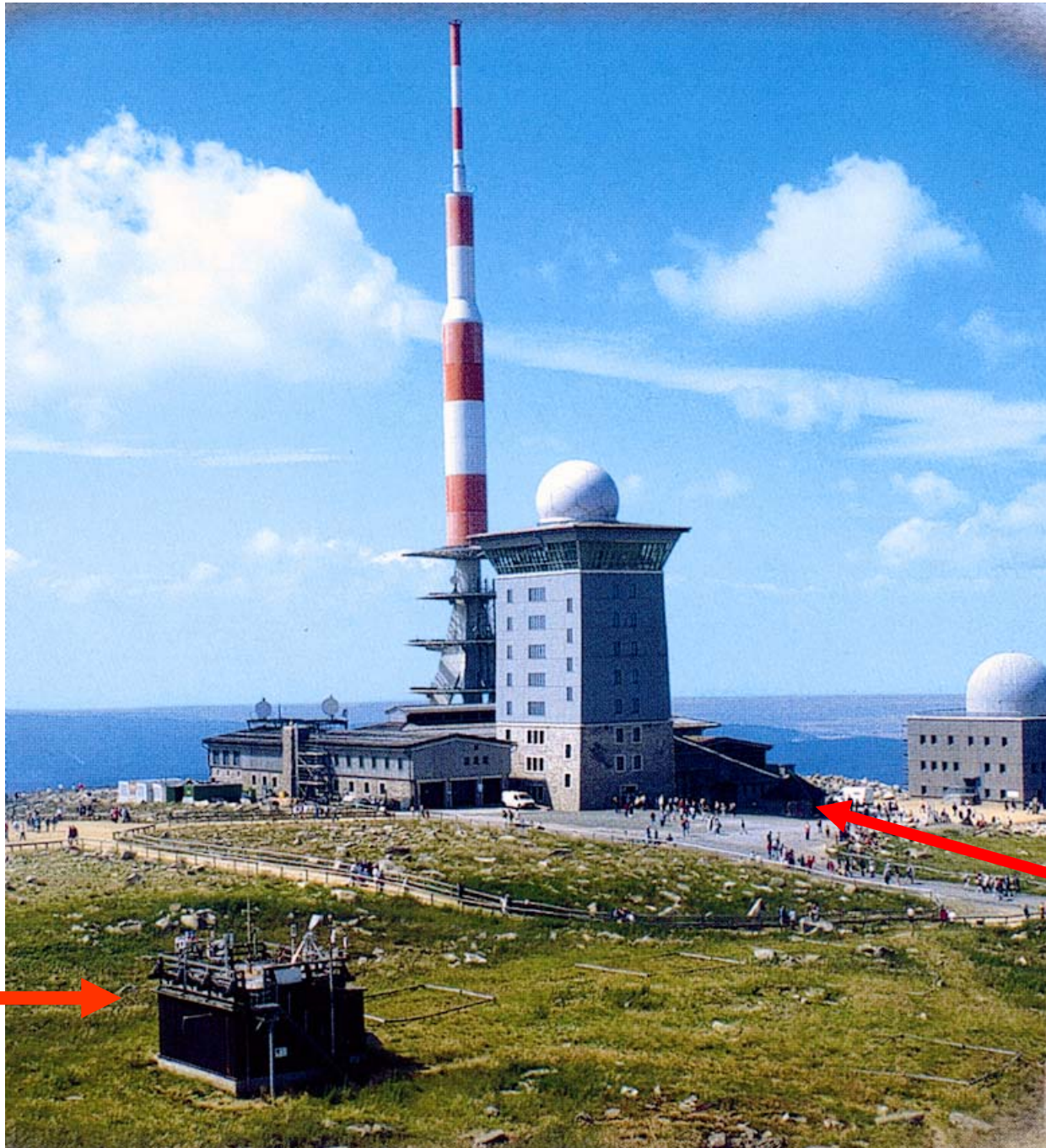
Radio/Fernsehen  
Sendemast

Russ. Standort

unsere spätere Station (Schalraum)

Wetterwarte  
Botanischer Garten





Goethes  
Wolken-  
häuschen

Wolken  
Station





**März 1990:** Erster Besuch mit Dr. Feister  
(Idee: TOR-Station ausbauen)

**August 1990:** BMFT akzeptiert den Aufbau  
einer Messstation (SANA und EUROTRAC)

**Mai 1991:** Aufbau einer Plattform (HHI)

**Juni 1991:** Erste Messungen

**August 1992:** Beginn des Messprogramms

**Juni 2007:** Konferenz 15 Jahre Brocken-  
Messungen

**August 2007:** positive Entscheidung über die  
Fortsetzung der Messungen



DWD (Deutscher Wetterdienst) Turm

Unsere Messstation







## Die Station in der Wolke (um 1995)



















Am Messfeld in Schierke wird Regenwasser gesammelt und die Wolkenhöhe mit einem Ceilometer registriert.





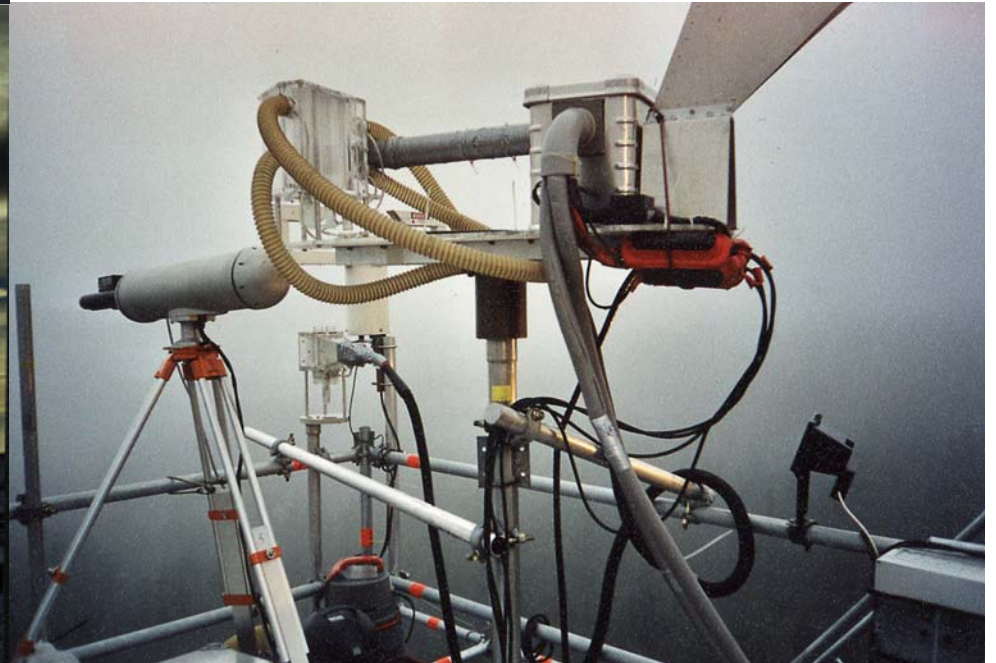




Herr Kalaß repariert den Wolkenwassersammler



Intensivmesskampagne





**Winter 2003**

Ultraschallanemometer

Hygrometer

LWC-Sensor („Gerber“)



Winter 2006





**Winter 2006**

Brockenbesucher „erobern“ unsere Station



Der Brocken (51.80°N, 10.67°E), 1142 m ü.S., der höchste Berg in Deutschland und Mitteleuropa nördlich der Mittelgebirge

Eine Gloria, das sog. Brockengespenst als optisches Phänomen





## Das Brockengespenst - The Spirit of the Brocken

Regen und Schnee, Tau und Reif und Hagel, die Wasserphänomene der Atmosphäre sind von größter Bedeutung für den Menschen von frühesten Zeiten an, als er Schutz suchte in einer Höhle bis zum heutigen Tag, wenn wir Wolken studieren um ihren Einfluss auf die Klimaänderung besser beschreiben zu können – wir also wieder Schutz suchen vor einer globalen Änderung des Klimas.

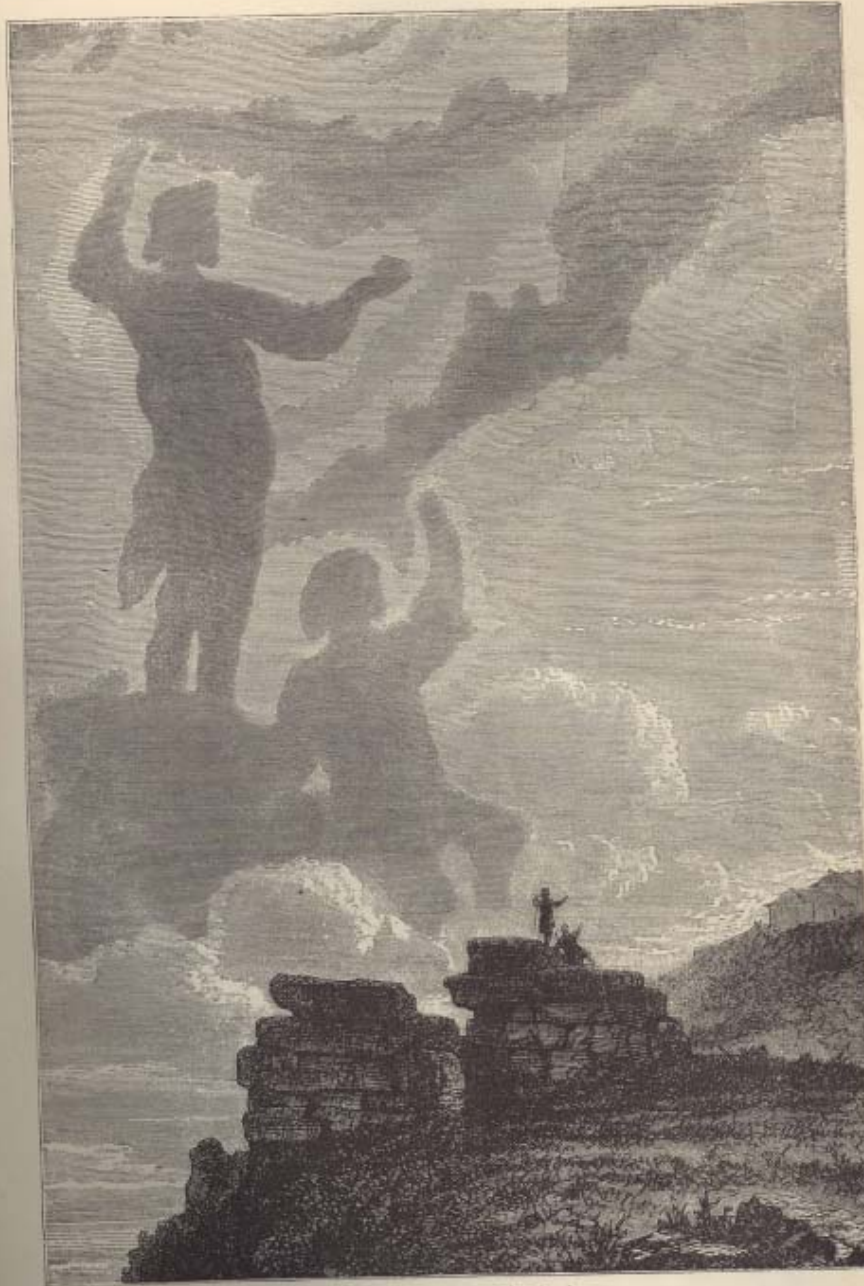


Fig. 35.—The Spectre of the Brocken.

From: Flammarion, C. (1874)  
The Atmosphere. New York, p. 128



06.12.05  
Schatten der Wetterwarte  
auf einer Nebelwand -  
Das Brockengespenst



Sosna, 2005 (c)

Teil 0: Einführung: der Brocken in Bildern.

**Teil 1: Was ist eine chemische Klimatologie?**

Teil 2: Ergebnisse der Brockenforschung.

Teil 3: Zur Geschichte der Wolkenforschung.



# Zur Terminologie

Die Wissenschaft, die die Gesetzmäßigkeiten des **Klimas**, dessen Eigenschaften, Entwicklung und Erscheinungsbild erforscht, bezeichnet man als **Klimatologie**.

**Klima**

**Klimasystem**

**Klimaelement**

**Klimaänderung**

# Klima:

nach *Julius Hann* (Handbuch der Klimatologie, 1883, 1908):

“Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgend einer Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen.”

nach WMO (1999):

“Synthesis of weather conditions in a given area, characterized by long-term statistics (mean values, variances, probabilities of extreme values, etc.) of the meteorological elements in that area.”

- ☛ Wetter
- ☛ meteorologische Elemente
- ☛ Zustand der Atmosphäre



# Meyers Konversations- Lexikon 1888

## Klima,

...

Gegenwärtig versteht man unter K. den Zustand des Wetters an einem bestimmten Ort oder in einer bestimmten Gegend oder, was dasselbe sagt, die Größe und die Beschaffenheit der meteorologischen Elemente sowie deren periodische und nicht-periodische Veränderungen.

*Die klimatischen Untersuchungen beziehen sich demnach auf die Temperatur, die Feuchtigkeit, den Luftdruck, den ruhigen Luftzustand oder die Wirkung ungleichnamiger Winde, die Größe der elektrischen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre oder ihre Vermengung mit mehr oder minder schädlichen gasförmigen Ausdünstungen, endlich den Grad habitueller Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels, der nicht bloß wichtig ist für die vermehrte Wärmestrahlung des Bodens und die organische Entwicklung der Gewächse, sondern auch für die Gefühle und Seelenstimmung des Menschen.*

Die Lehre von den Klimaten der verschiedenen Gegenden bildet den Teil der Meteorologie (s.d.), welchen man

**Klimatologie** nennt.

Hann

Humboldt

# K o s m o s.

Entwurf

## einer physischen Weltbeschreibung

von

Alexander von Humboldt.

Erster Band.

### Kosmos. Erster Band. (1845)

340

Die Einsicht in die Wärme=Vertheilung im Luftkreise hat einigermaßen an Klarheit gewonnen, seitdem man versucht hat die Punkte, in welchen die mittleren Temperaturen des Jahres, des Sommers und des Winters genau ergründet worden sind, durch Linien mit einander zu verbinden. Das System der Isothermen, Isotheren und Isochimenen, welches ich zuerst im Jahr 1817 aufgestellt, kann vielleicht, wenn es durch vereinte Bemühungen der Physiker allmählig vervollkommenet wird, eine der Hauptgrundlagen der vergleichenden Klimatologie abgeben. Auch die Ergründung des Erd=Magnetismus hat eine wissenschaftliche Form erst dadurch erlangt, daß man die zerstreuten partiellen Resultate in Linien gleicher Abweichung, gleicher Neigung und gleicher Kraft=Intensität mit einander graphisch verband.

Der Ausdruck Klima bezeichnet in seinem allgemeinsten Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre, die unsre Organe merklich afficiren: die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Veränderungen des barometrischen Druckes, den ruhigen Luftzustand oder die Wirkungen ungleichnamiger Winde, die Größe der electrischen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre oder die Vermengung mit mehr oder minder schädlichen gasförmigen Exhalationen, endlich den Grad habituellder Durchsichtigkeit und Heiterkeit des Himmels: welcher nicht bloß wichtig ist für die vermehrte Wärmestrahlung des Bodens, die organische Entwicklung der Gewächse und die Reifung der Früchte, sondern auch für die Gefühle und ganze Seelenstimmung des Menschen.

Wenn die Oberfläche der Erde aus einer und derselben homogenen flüssigen Masse; oder aus Gesteinschichten zusam=



**Klima** ist eine Funktion von Raum und Zeit.

**Klima** kann nicht mit einer singulären Größe beschrieben werden.

Ein **Klimazustand** ist die statistische Beschreibung der Gesamtheit des **Klimasystems**.

Eine **Klimaänderung** ist die Differenz zwischen zwei Klimazuständen.

Der Zustand der Atmosphäre im Mittel über hinreichend lange Zeiträume (mehrere Jahre) wird nicht allein durch Prozesse bestimmt, die nur in der Atmosphäre ablaufen, sondern auch durch die Ozean-Zirkulation, Bewegung der Gletscher, die Ausbreitung der Vegetation, ... .

Daher wird das **Klima** *im weiteren Sinne* über den Zustand und die Statistik des **Klimasystems** definiert. Das Klimasystem besteht aus mehreren Untersystemen:

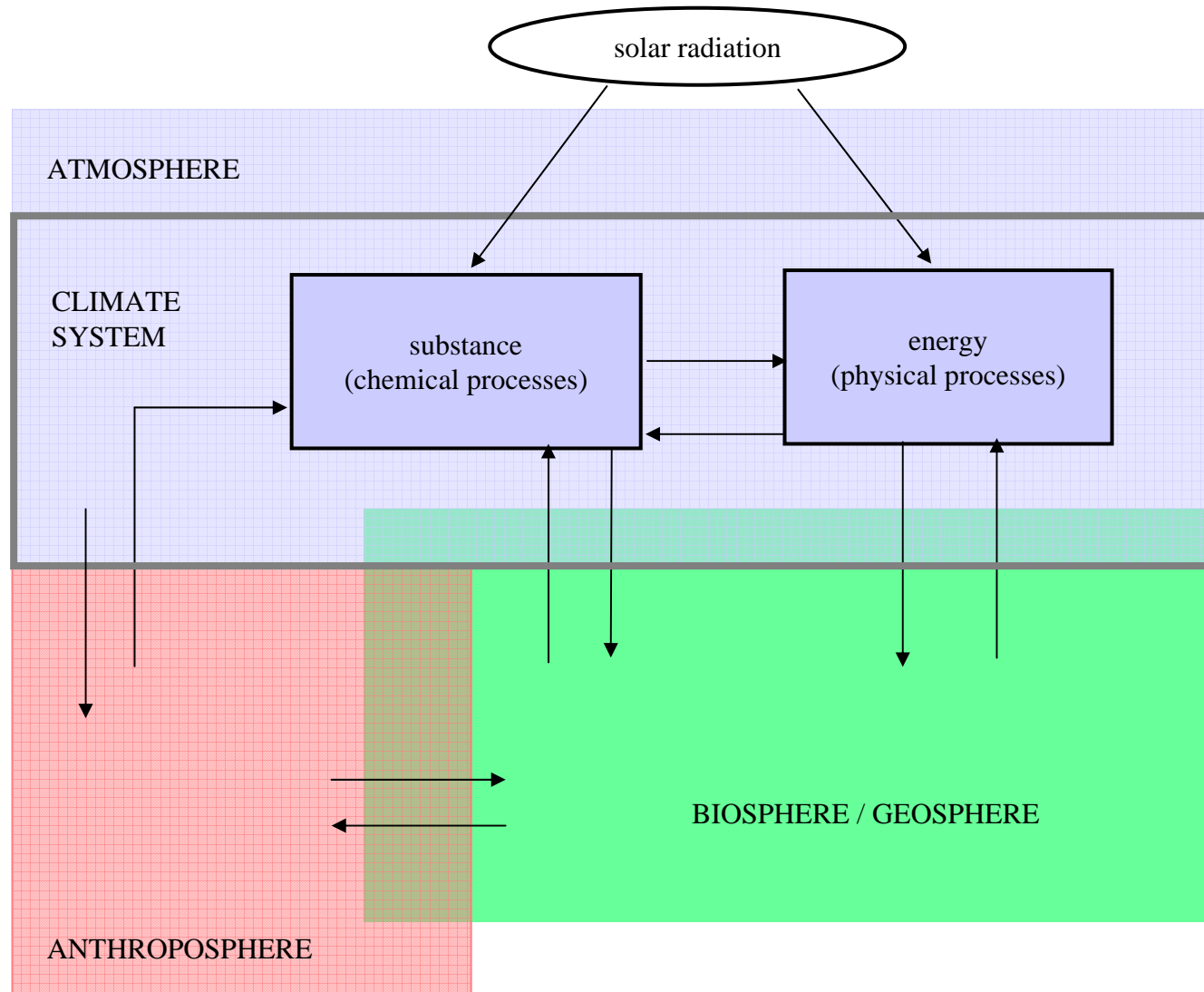
- Atmosphäre,
- Hydrosphäre,
- Kryosphäre,
- Biosphäre und
- Lithosphäre

Der Begriff des **Klimasystems** wird oft gleichgesetzt mit den Begriffen

- natürliches Erdsystem, Ökosphäre, Natursphäre, Natur (*Alexander von Humboldt*),
- Biosphäre (*Vladimir Iwanowitsch Vernadsky*) oder
- GAIA (*James Lovelock* und *Lynn Margulis*).



# The climate system



# Meteorological / Climatological Elements

## *meteorological:*

- temperature
- precipitation
- wind
- cloudiness
- humidity
- sun shine duration
- air pressure
- radiation

## *physico-chemical:*

- deposition (dry, wet)
- trace gas concentration (ozone, greenhouse gase etc.)
- aerosol (number, mass, surface, properties)
- climate forcing
- acidifying potential
- oxidation potential



Es gibt so wenig ein chemisches wie ein physikalisches Klima, es gibt nur *ein* Klima, das den Zustand der Atmosphäre beschreibt. Zwangsläufig sind alle Prozesse und entsprechenden Parameter – vorzugsweise physikalische und chemische (und sogar biologische) – mit eingeschlossen.

Das Klima stellt die Gesamtheit des Zustandes der Atmosphäre an einer Stelle dar, charakterisiert durch die Langzeitstatistik der meteorologischen Elemente. Die Statistik beinhaltet die Mittelwerte, die Abweichungen, Extremwertwahrscheinlichkeiten usw. Die meteorologischen Elemente stellen die (physikalischen und chemischen) Zustandsgrößen der Atmosphäre dar.

Die Meteorologie ist demzufolge die Wissenschaft, die sich mit den physikalischen und chemischen Zuständen und Vorgängen in der Erdatmosphäre befasst.

# chemische Klimatologie

(Immissionsklimatologie) -

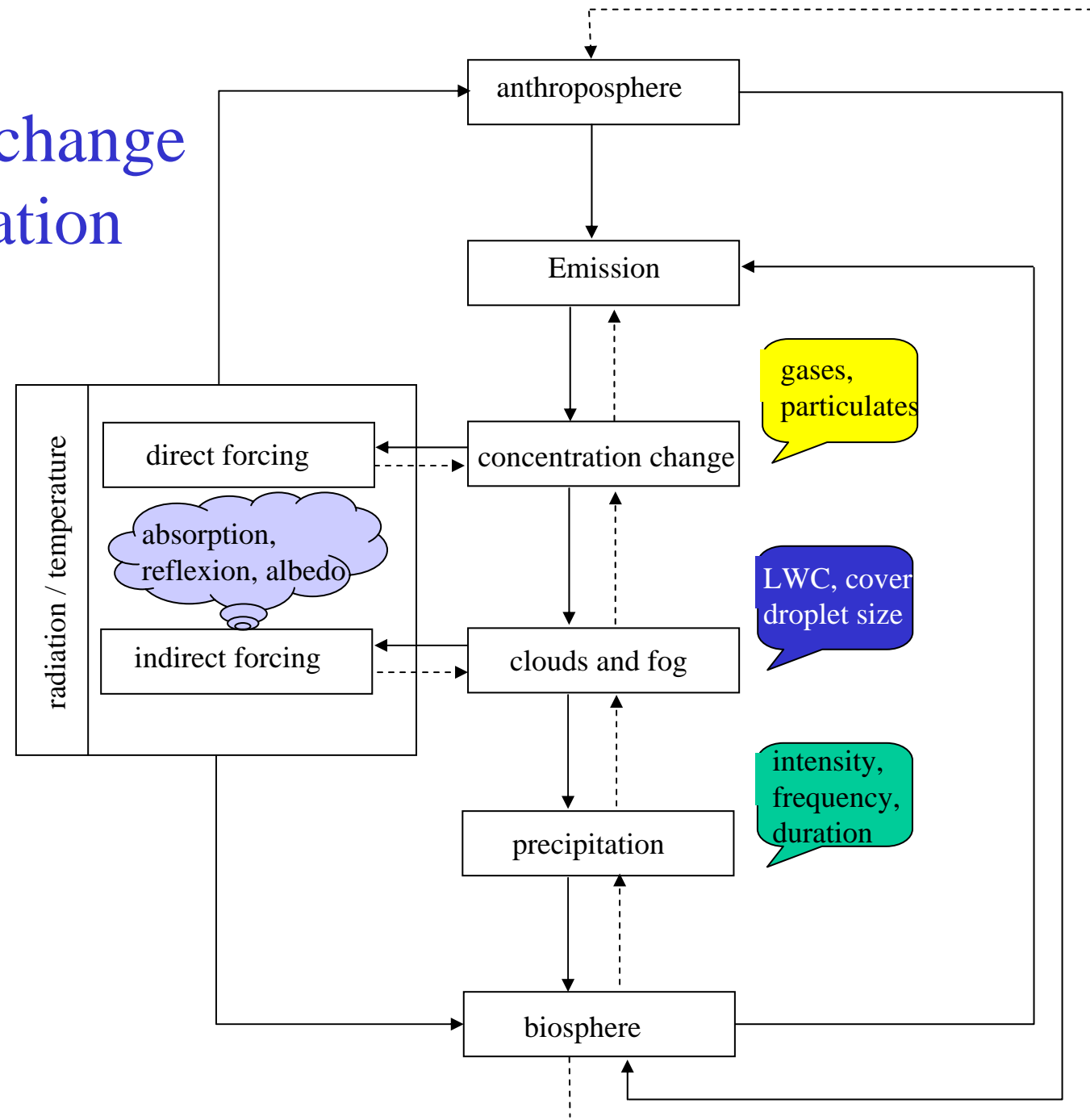
die geographisch geprägte Herangehensweise an die Beschreibung des chemischen Zustands der Atmosphäre.

ACHTUNG:

Atmosphärenchemie ist eine Teildisziplin der Chemie. Sie befasst sich mit chemischen Prozessen unter atmosphärischen Bedingungen aber nicht mit der Beschreibung des atmosphärisch-chemischen Zustands (das ist die Aufgabe der Meteorologie). Die chemische Klimatologie ist ein Aspekt der Klimatologie und somit ein Teilgebiet der Meteorologie (und Geographie wegen dessen räumlicher Komponente).



# The climate change feedback relation



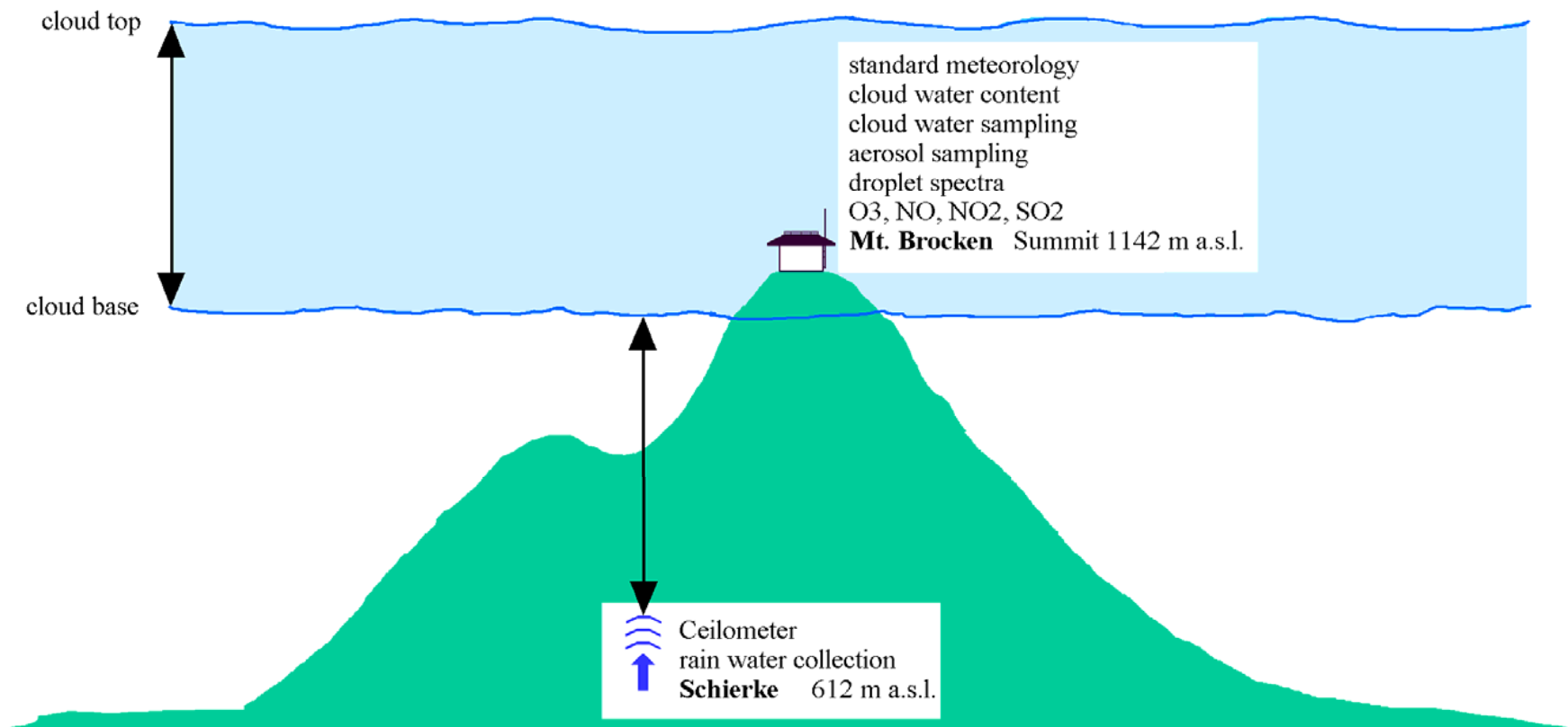
Teil 0: Einführung: der Brocken in Bildern.

Teil 1: Was ist eine chemische Klimatologie?

**Teil 2: Ergebnisse der Brockenforschung.**

Teil 3: Zur Geschichte der Wolkenforschung.





Schierke, 4.5 km in horizontal direction south/east at the foot of Mt. Brocken

# Messprogramm

Kontinuierliche Messungen (Monitoring), seit August 1992:

Wolkenwasserprobenahme (Stundenbasis)

Wolkenbasishöhe (seit 1996)

Flüssigwassergehalt (LWC)

Wolkentyp (indirekt)

Wolkenhäufigkeit

Meteorologische Daten (Wind, Temperatur, Feuchtigkeit, Strahlung)

Gase: NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> (bis 1997)

Partikel (ab 2008)?

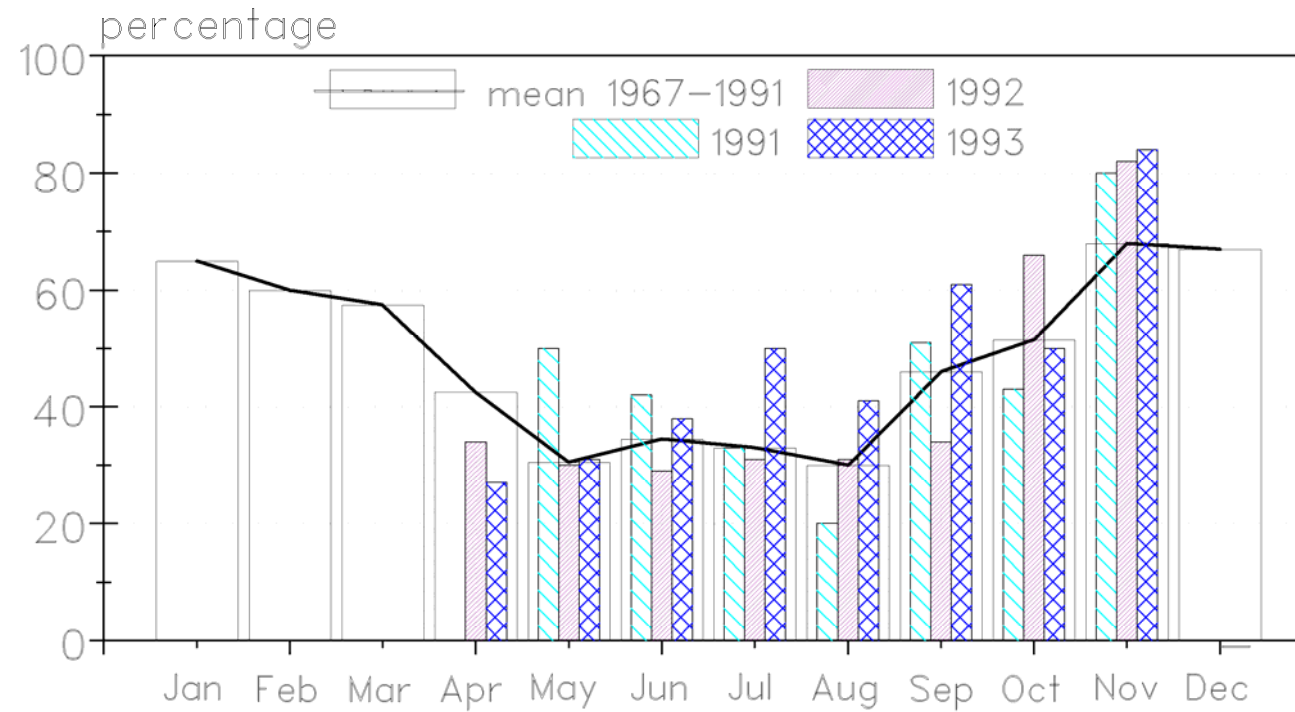
Tropfenspektrum (ab 2008)?

Diskontinuierliche Messungen (Messkampagnen), seit Juni 1991

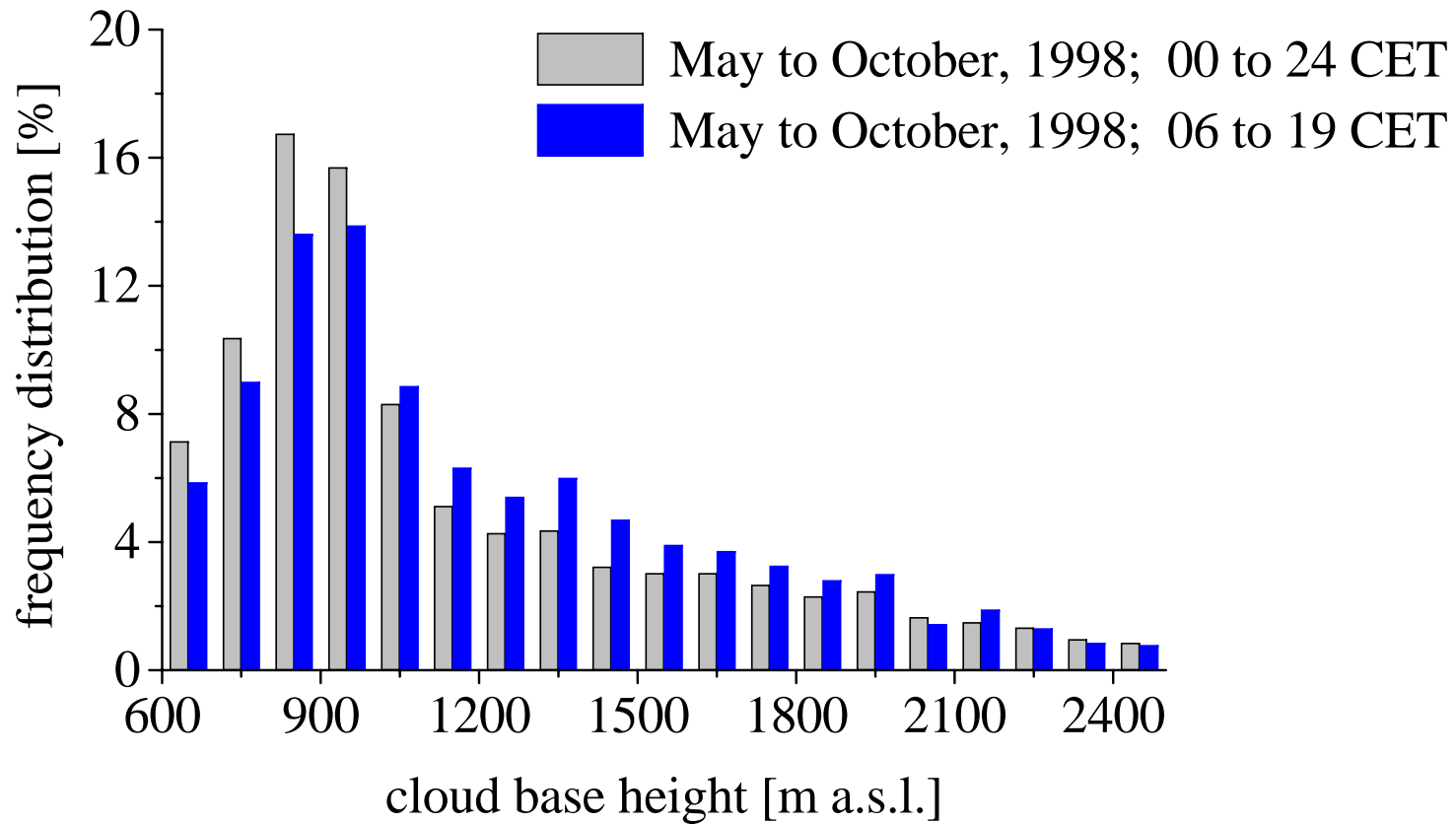
Spurengase (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HNO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, HCl, NH<sub>3</sub>, org. Stoffe, PM)

Tropfenspektrum

# Monthly mean of "station-in-cloud" (%)

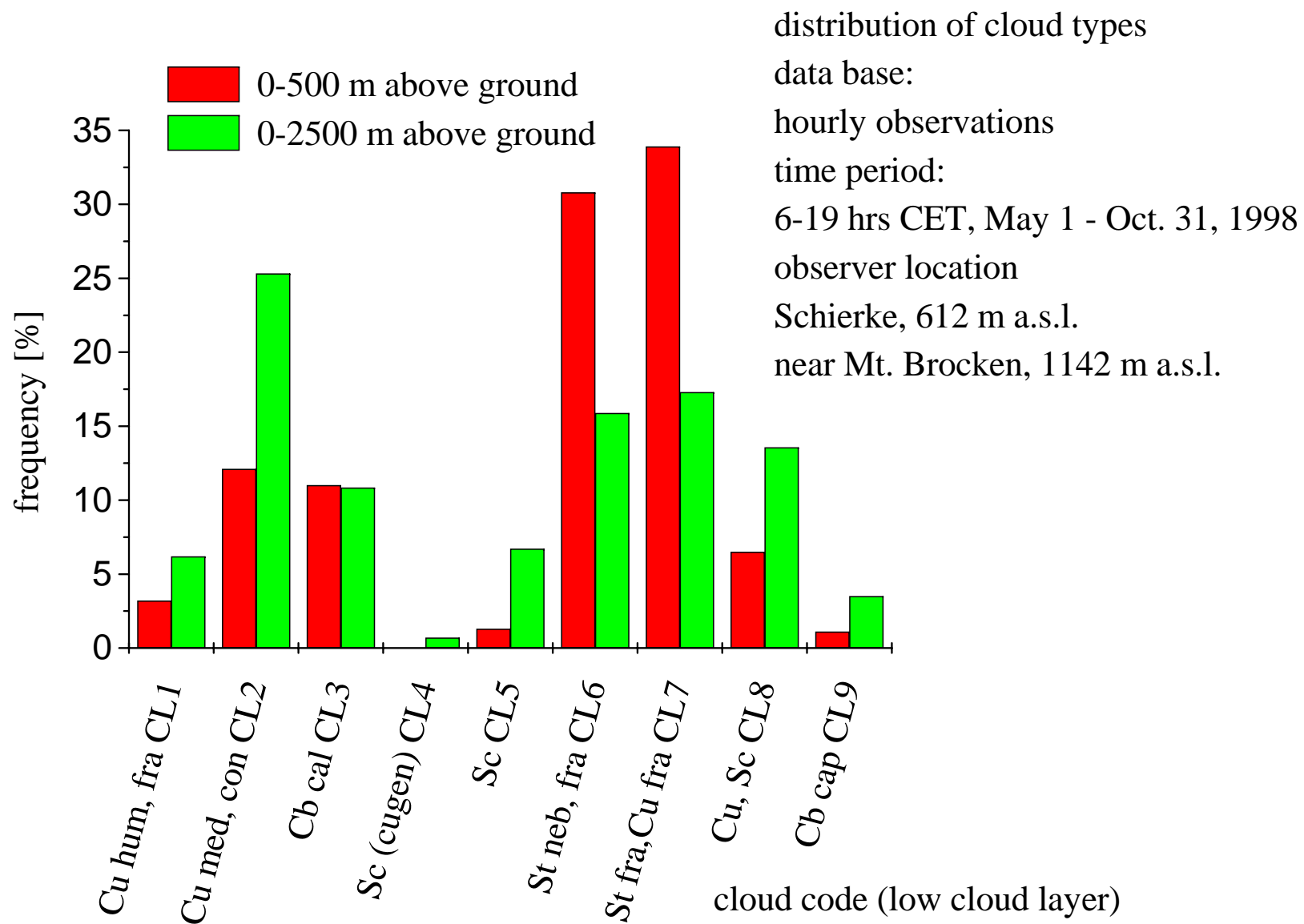


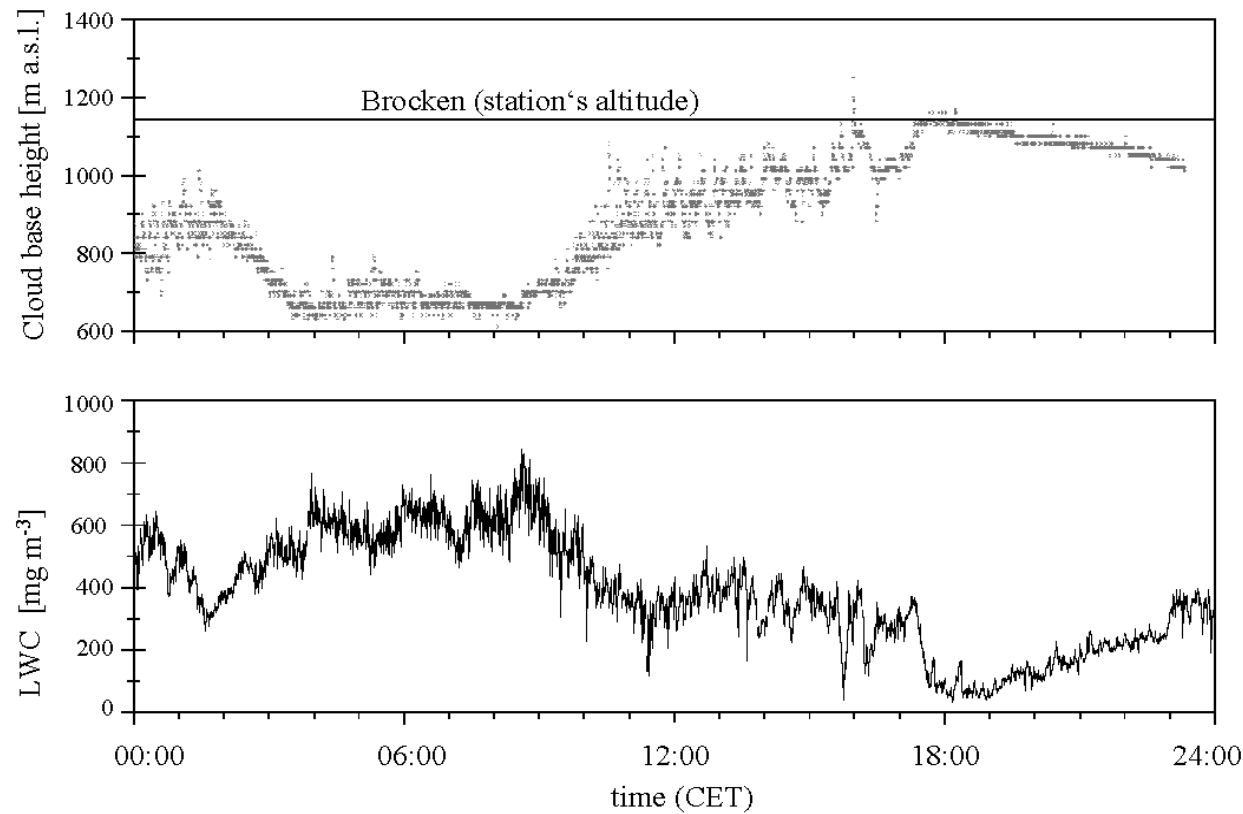




based on 1 hour averages of the ceilometer data

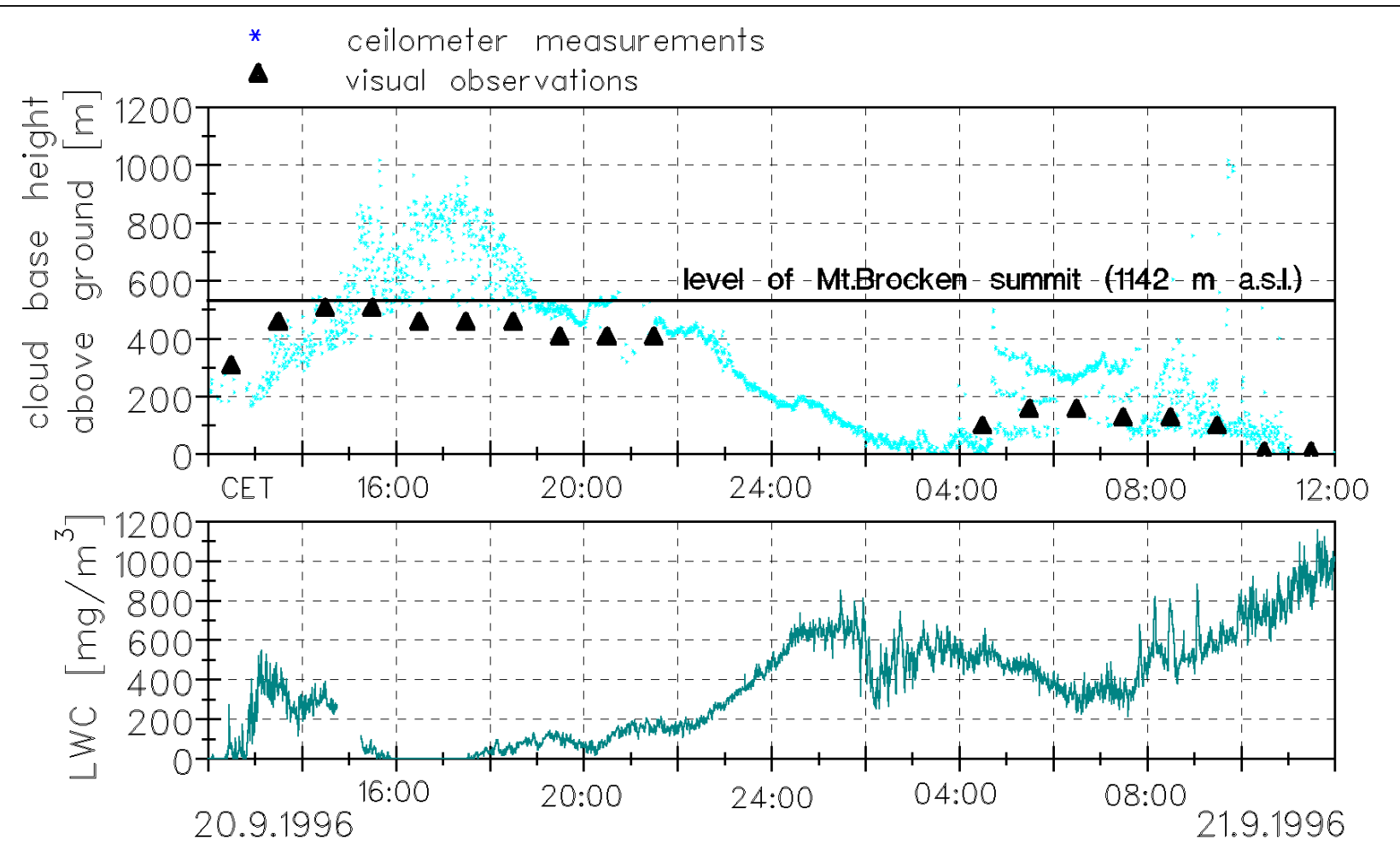
58% (day time 50 %) of all low clouds have their cloud base below the Mt. Brocken summit.



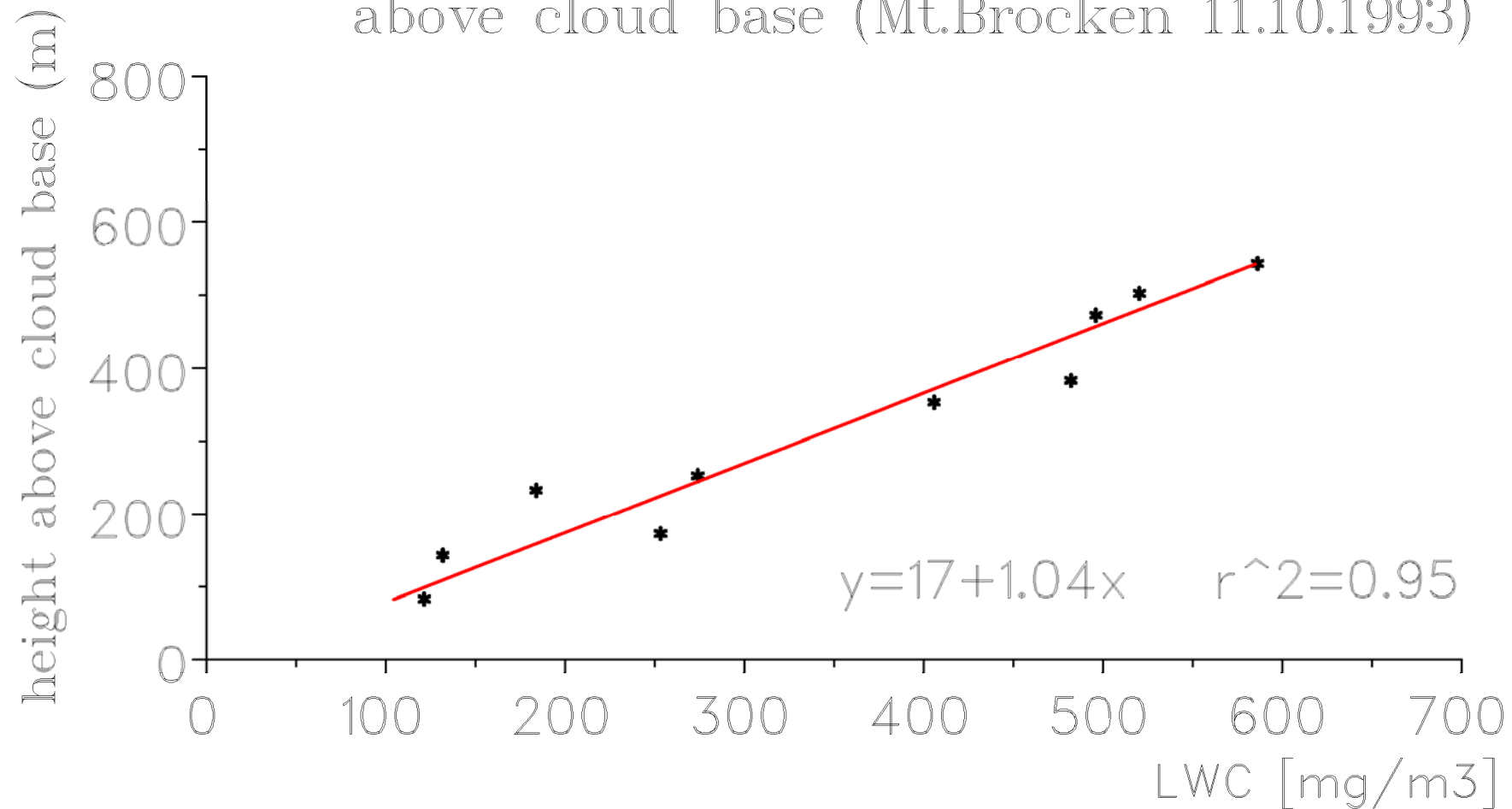


A cloud lifting process caused a strong decrease in the LWC of the observed Stratus cloud of about  $130 \text{ mg m}^{-3}$  per 100 meters, indicating sub-adiabatic conditions.

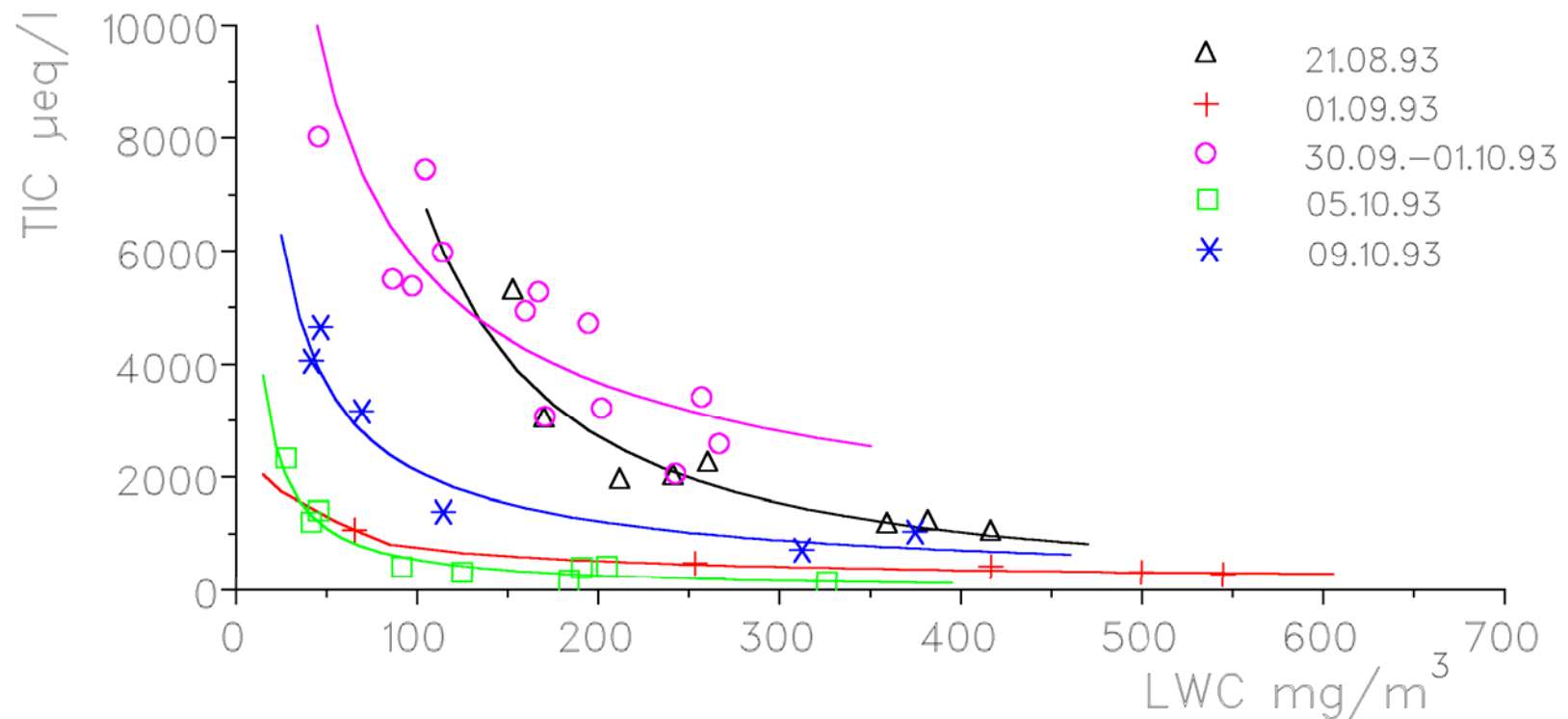




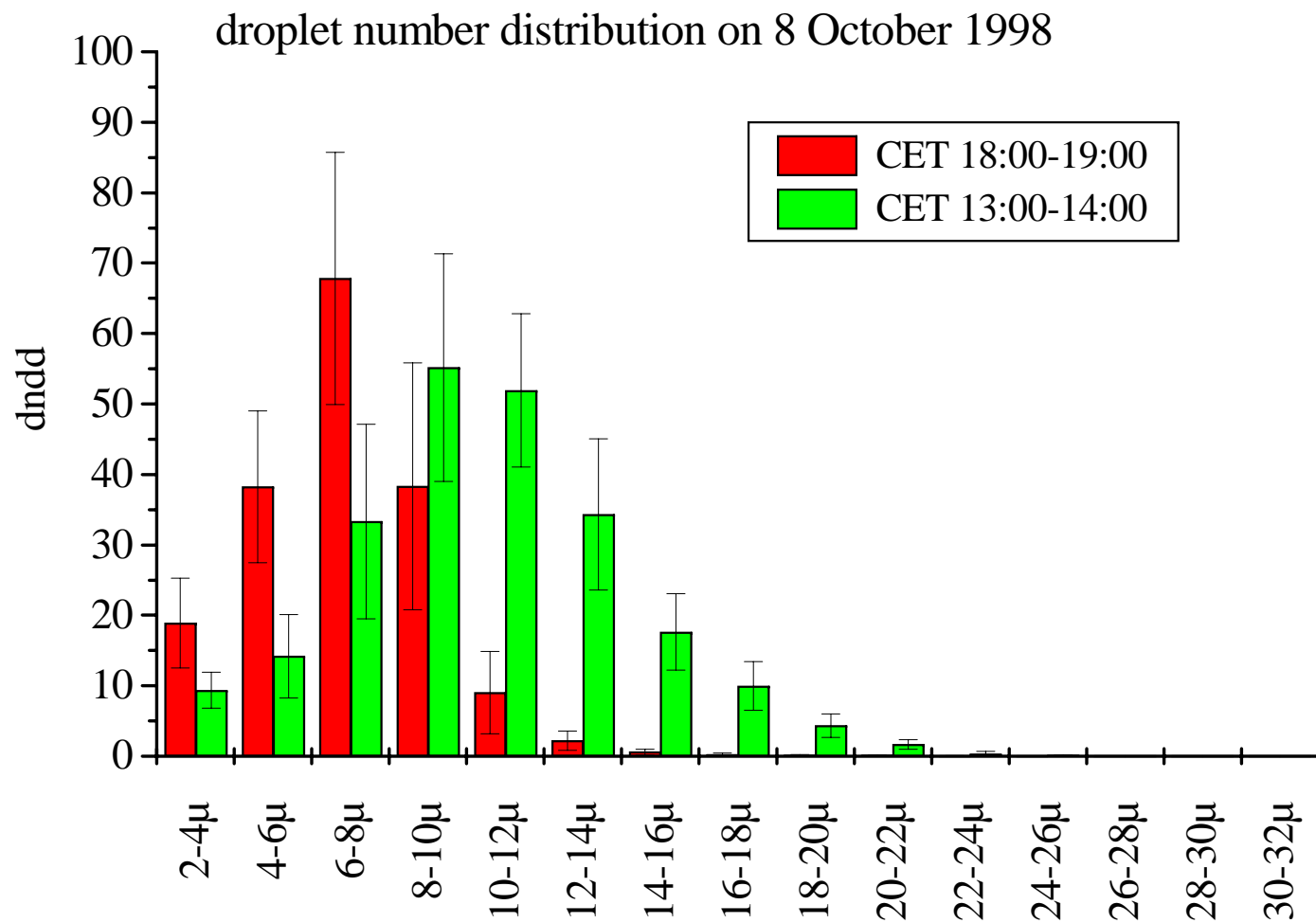
Relationship between LWC and height  
above cloud base (Mt.Brocken 11.10.1993)

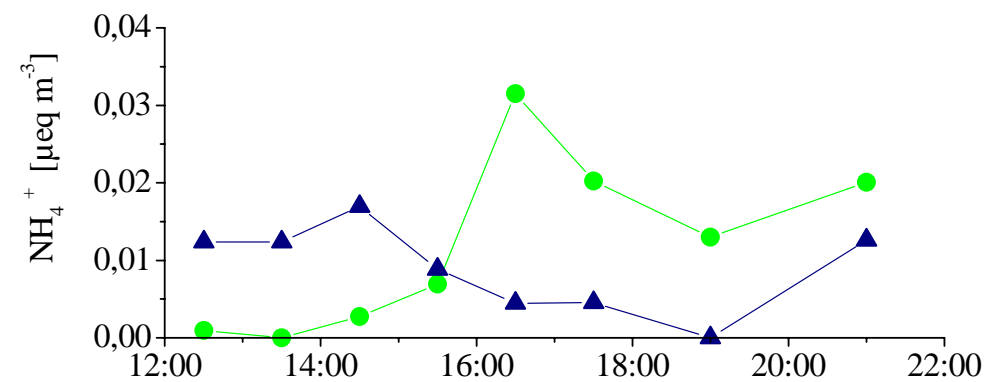
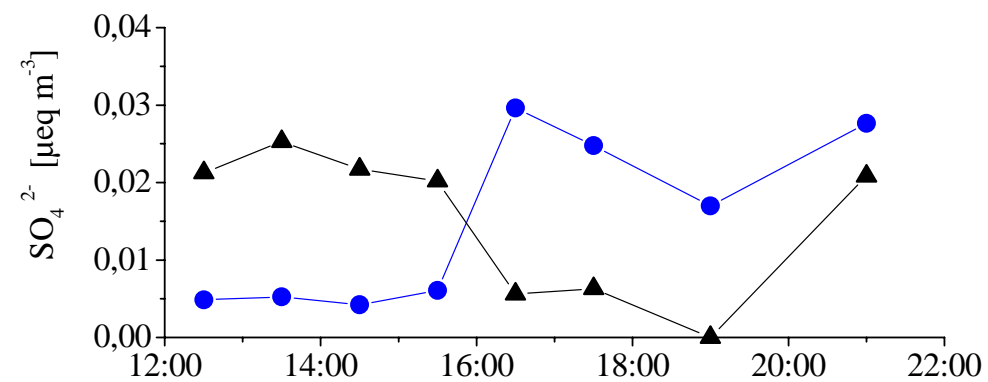
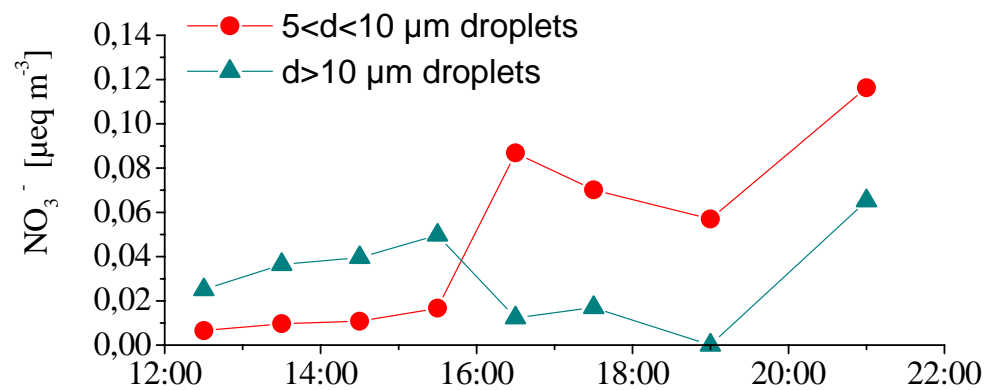


Beziehung zwischen Gesamtionengehalt und Flüssigwassergehalt von Wolken am Brocken, ausgewählte Ereignisse 1993

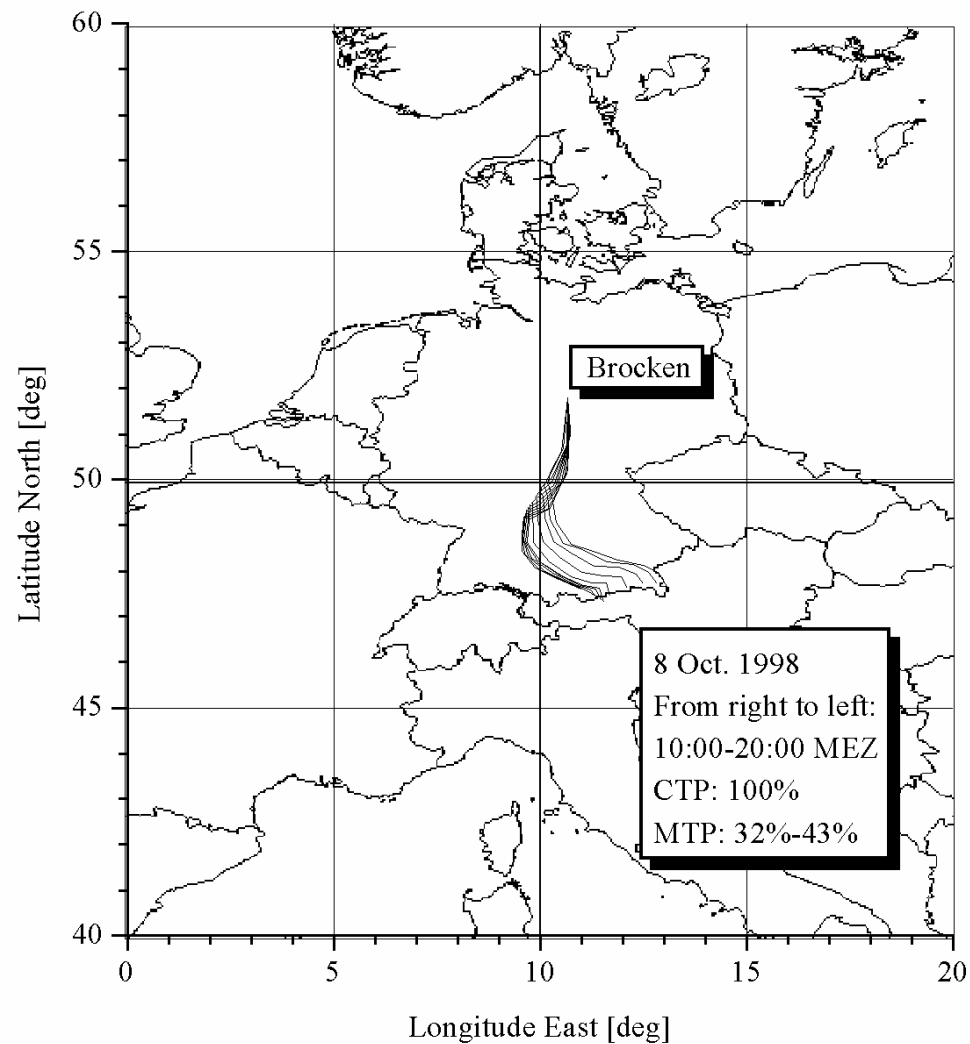








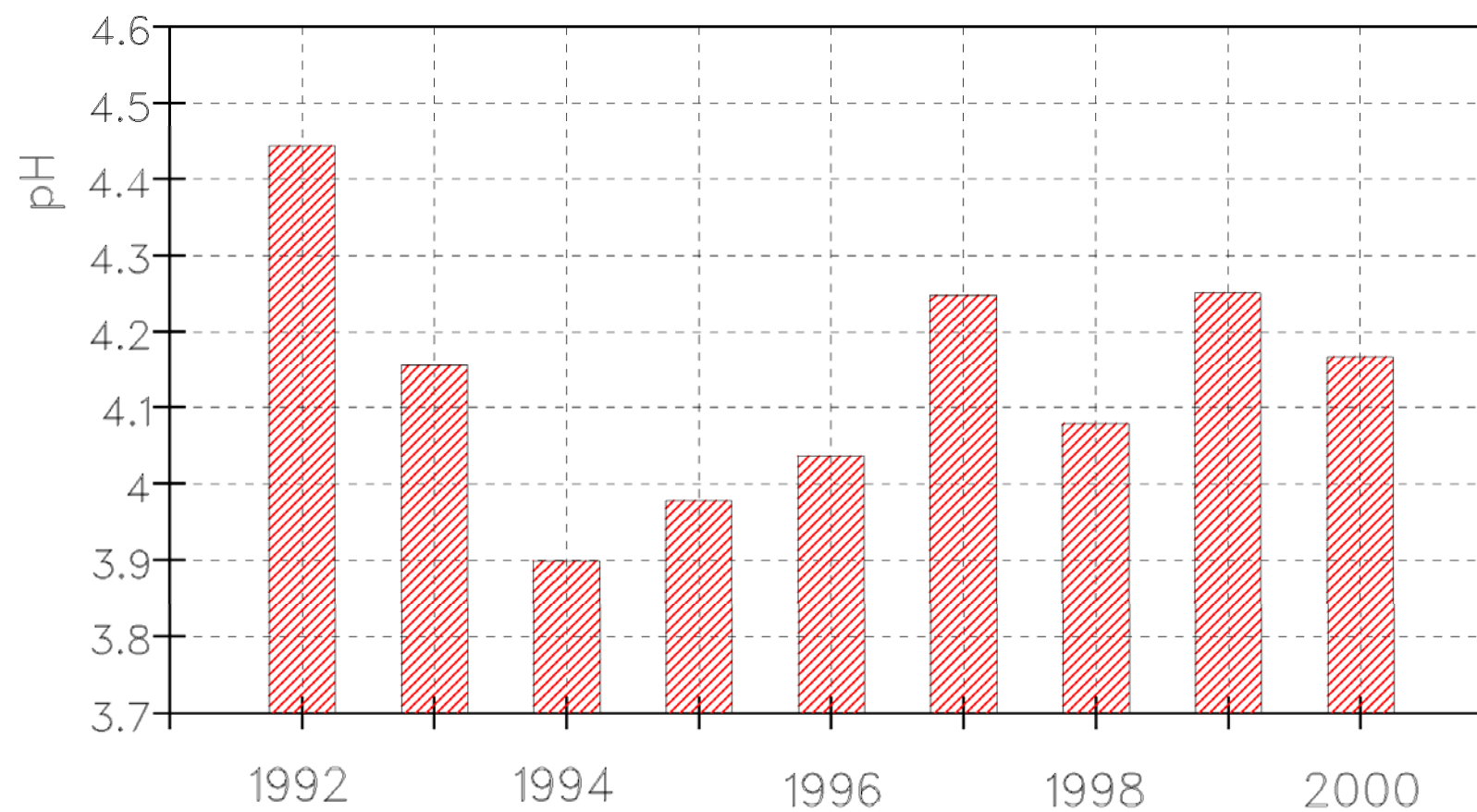
08 October, 1998

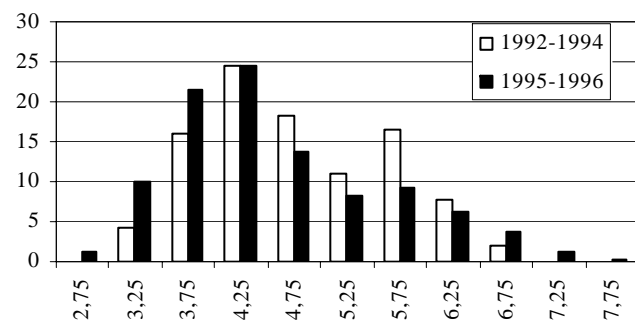
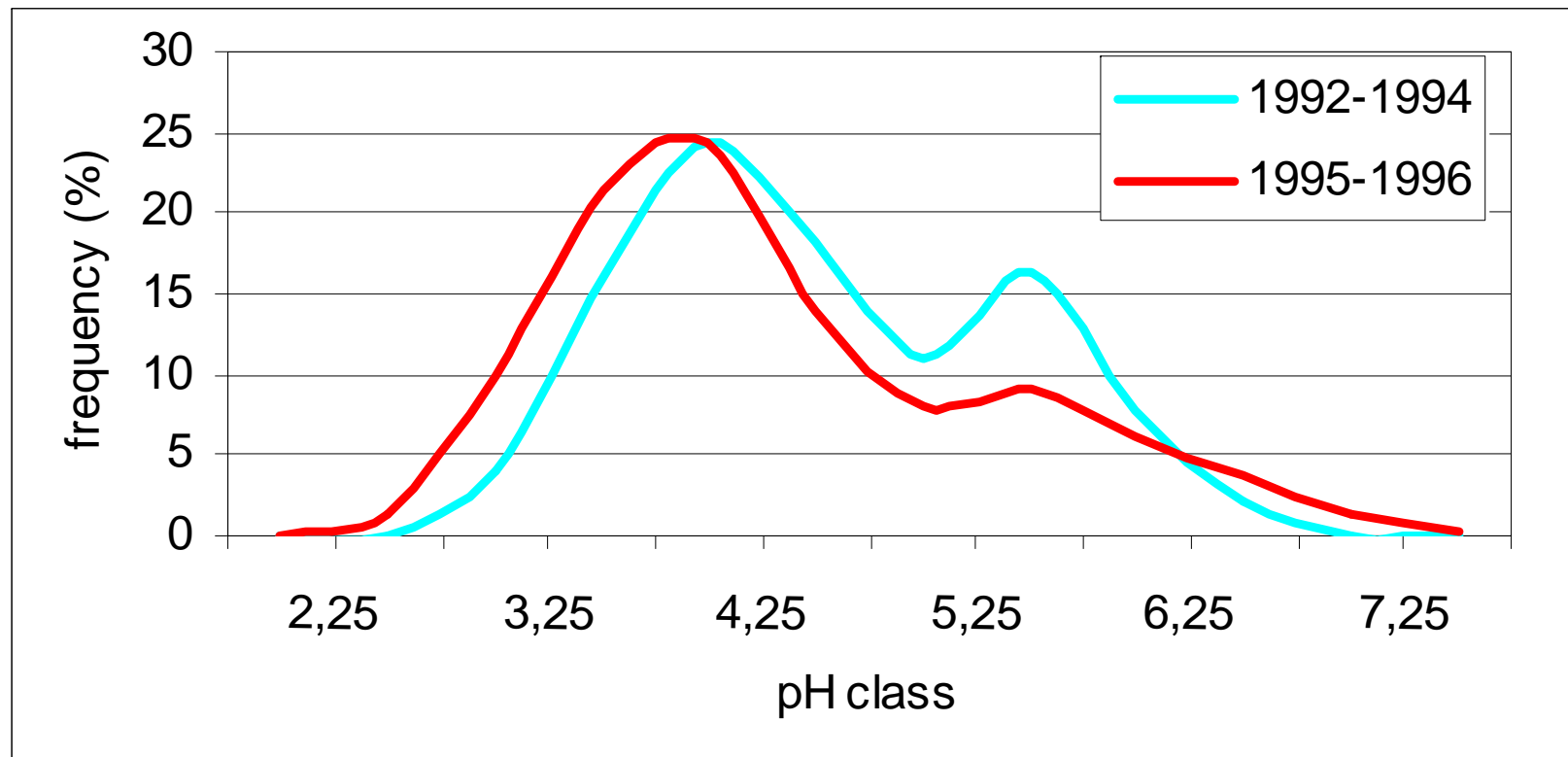


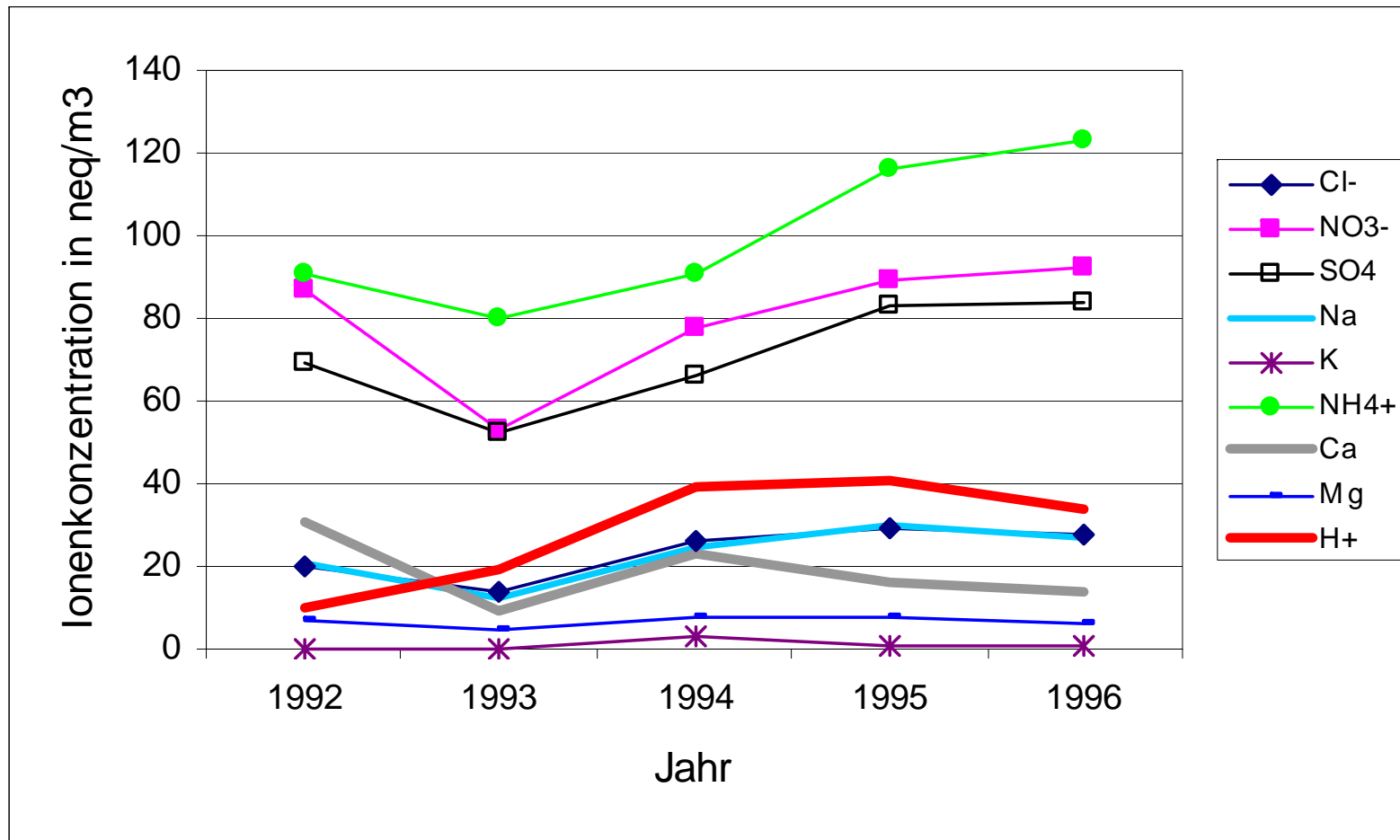
On Oct. 8, 1998  
moderate polluted air  
masses arrived at Mt.  
Brocken from the  
South.



Mt. Brocken cloud water pH, based on volume weighted annual  $[H^+]$





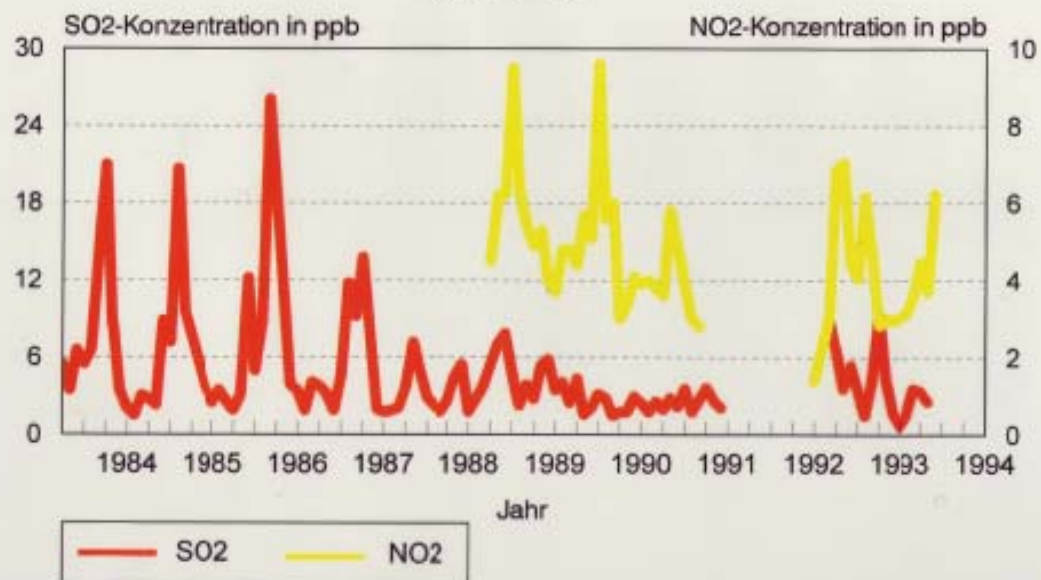


Simultane Messungen von  $\text{SO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}_2$   
an der wolkenchemischen Station Brocken (1241 m a.s.l.)





## Monatsmittelwerte von SO<sub>2</sub> und NO<sub>2</sub> an der Brockenstation (vor 1992 Messungen des MD der DDR)



Frankfurter Allgemeine Zeitung

Natur und Wissenschaft

Mittwoch, 22.3.1995, S. 1

### Ozonabbau in den Wolken

#### Hinweise auf Reaktionen an Tröpfchen / Untersuchung im Harz

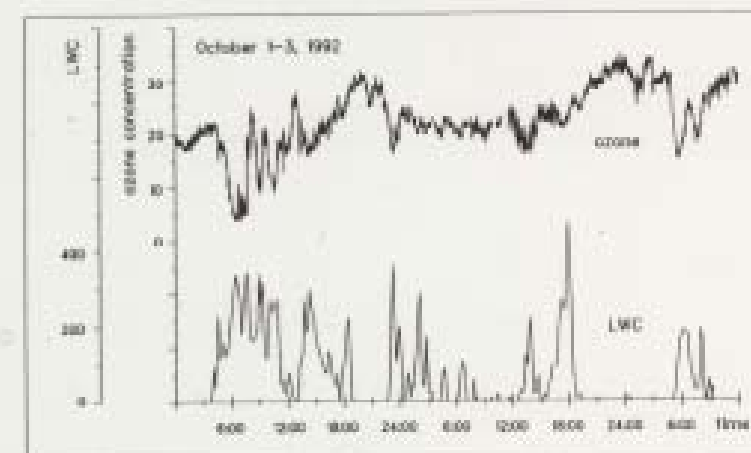
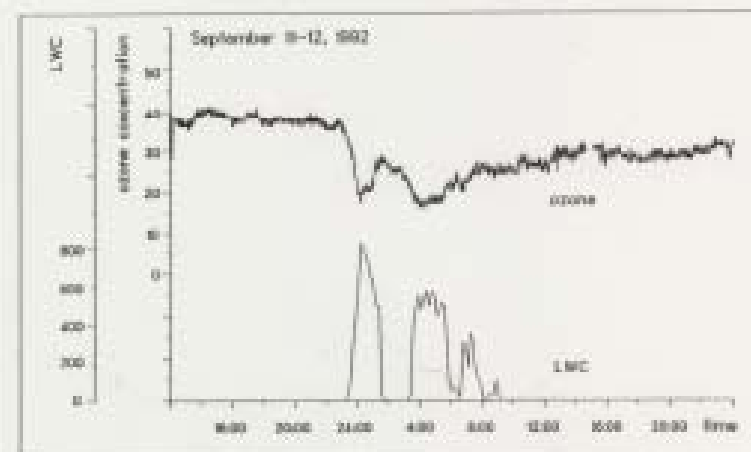
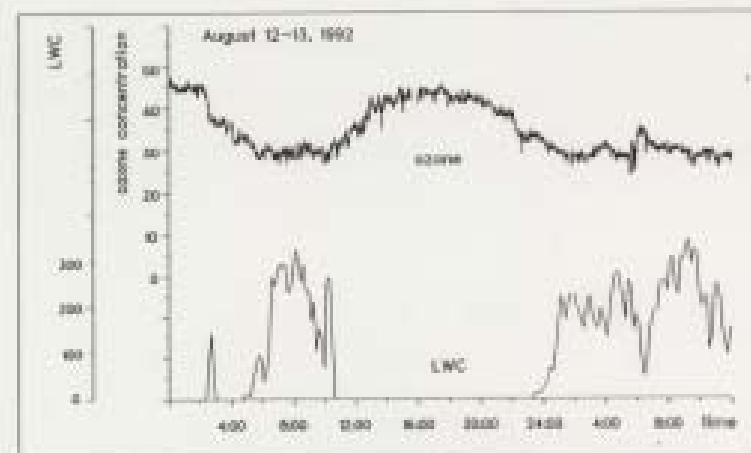
Ozon zählt zu jenen Substanzen, denen in der komplexen Chemie der Atmosphäre besondere Bedeutung zukommt. Seine Konzentration in den unteren Luftschichten nimmt

Naturwissenschaften 82, 86–89 (1995) © Springer-Verlag 1995

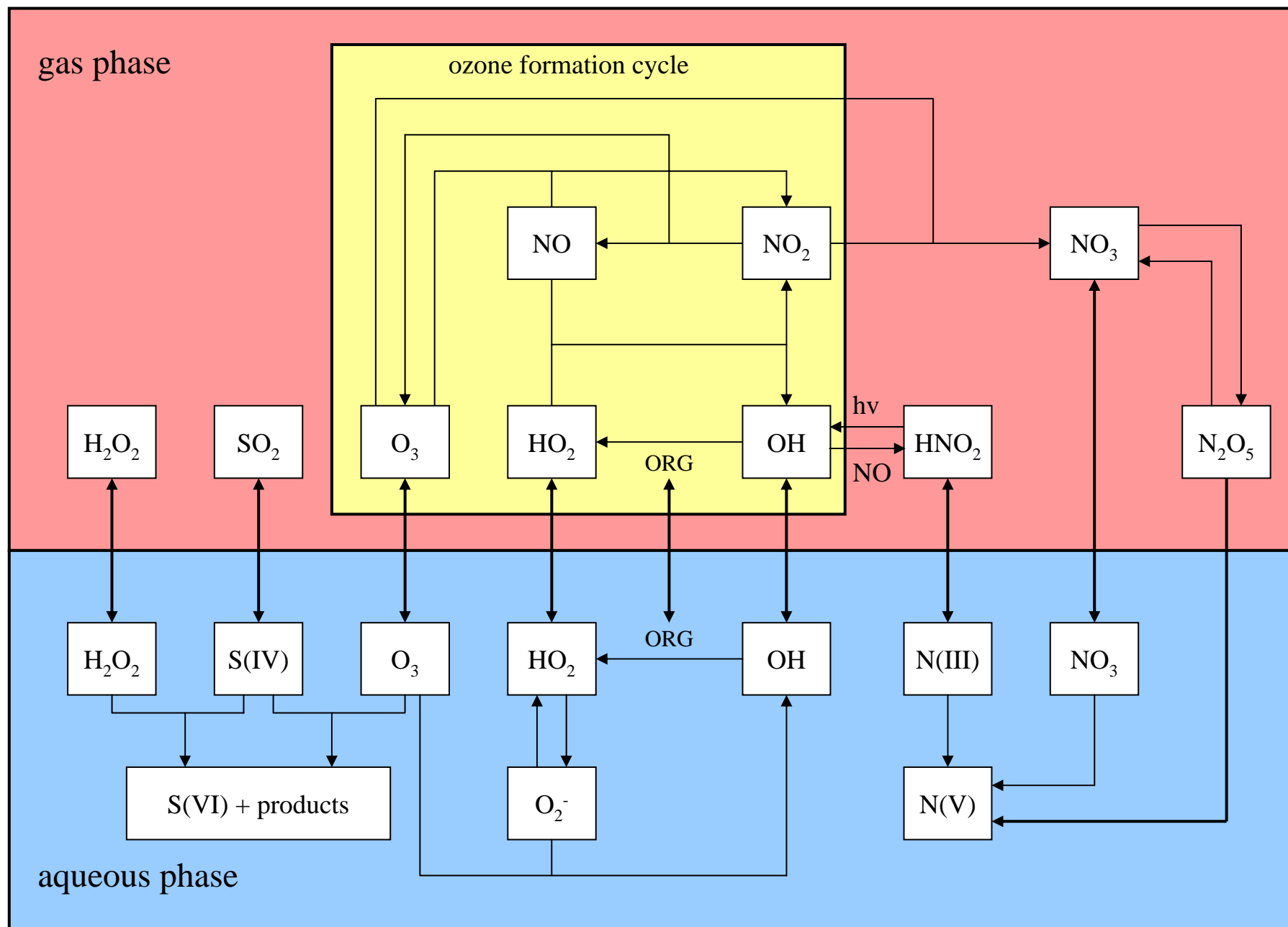
## Evidence of Ozone Destruction in Clouds

K. Acker, W. Wiprecht, D. Möller, G. Mauersberger, S. Naumann, and A. Oestreich

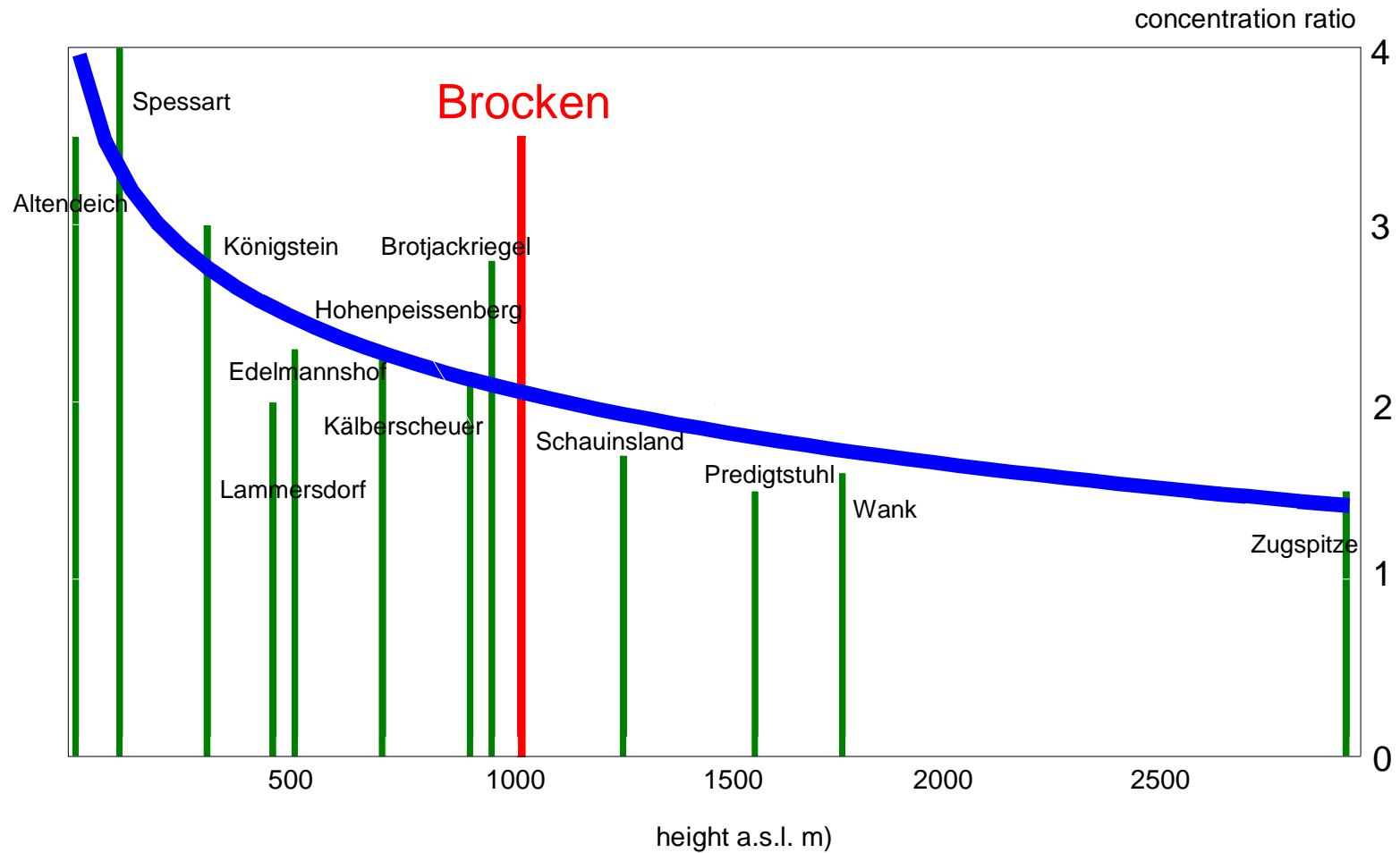
Fraunhofer-Institut für Atmosphärische Umweltforschung, Institutsteil Berlin (ELC), D-12484 Berlin



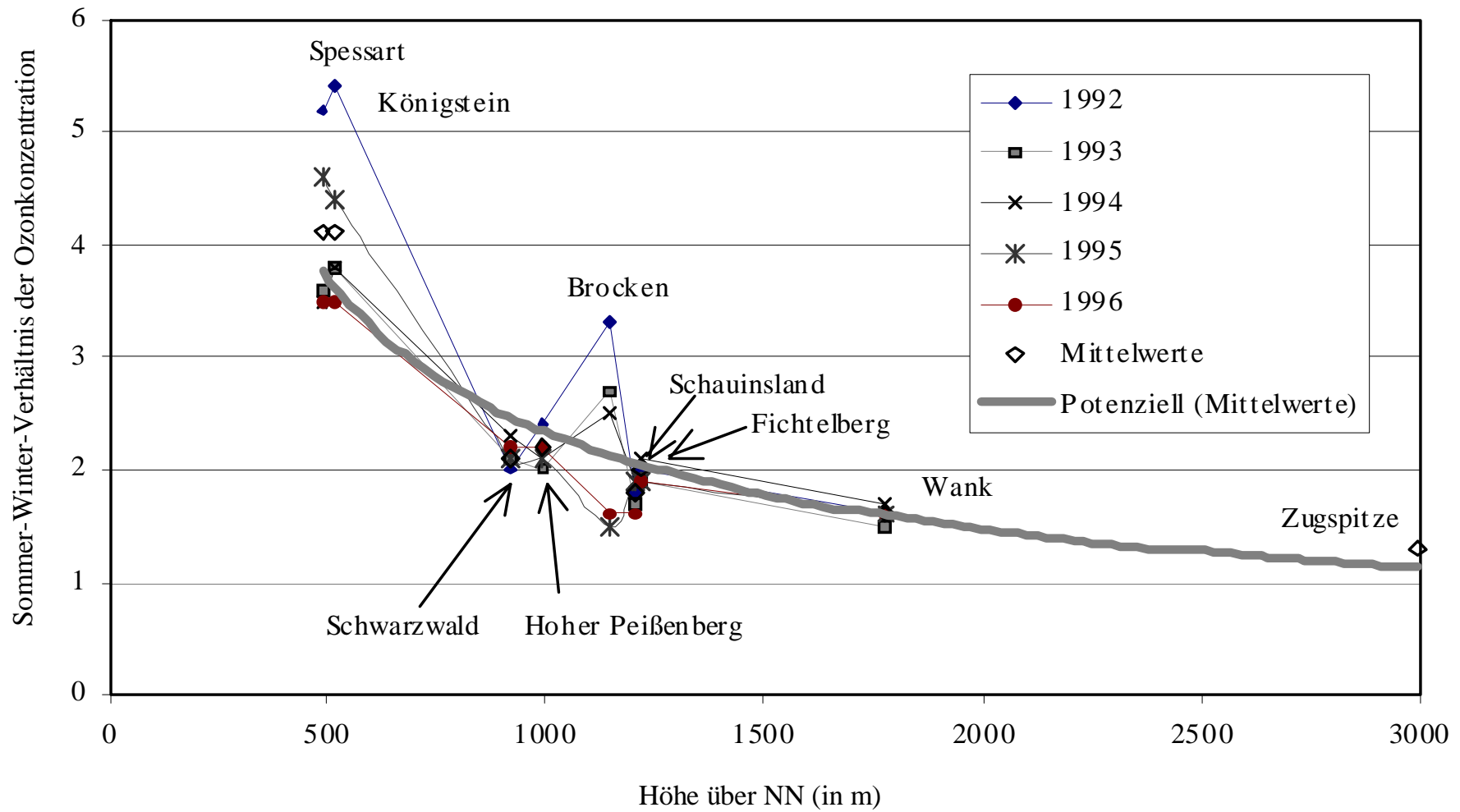
# Multiphase oxidant chemistry



## Summer/winter ratio of ozone concentration at German measurement stations vs. altitude (1993)

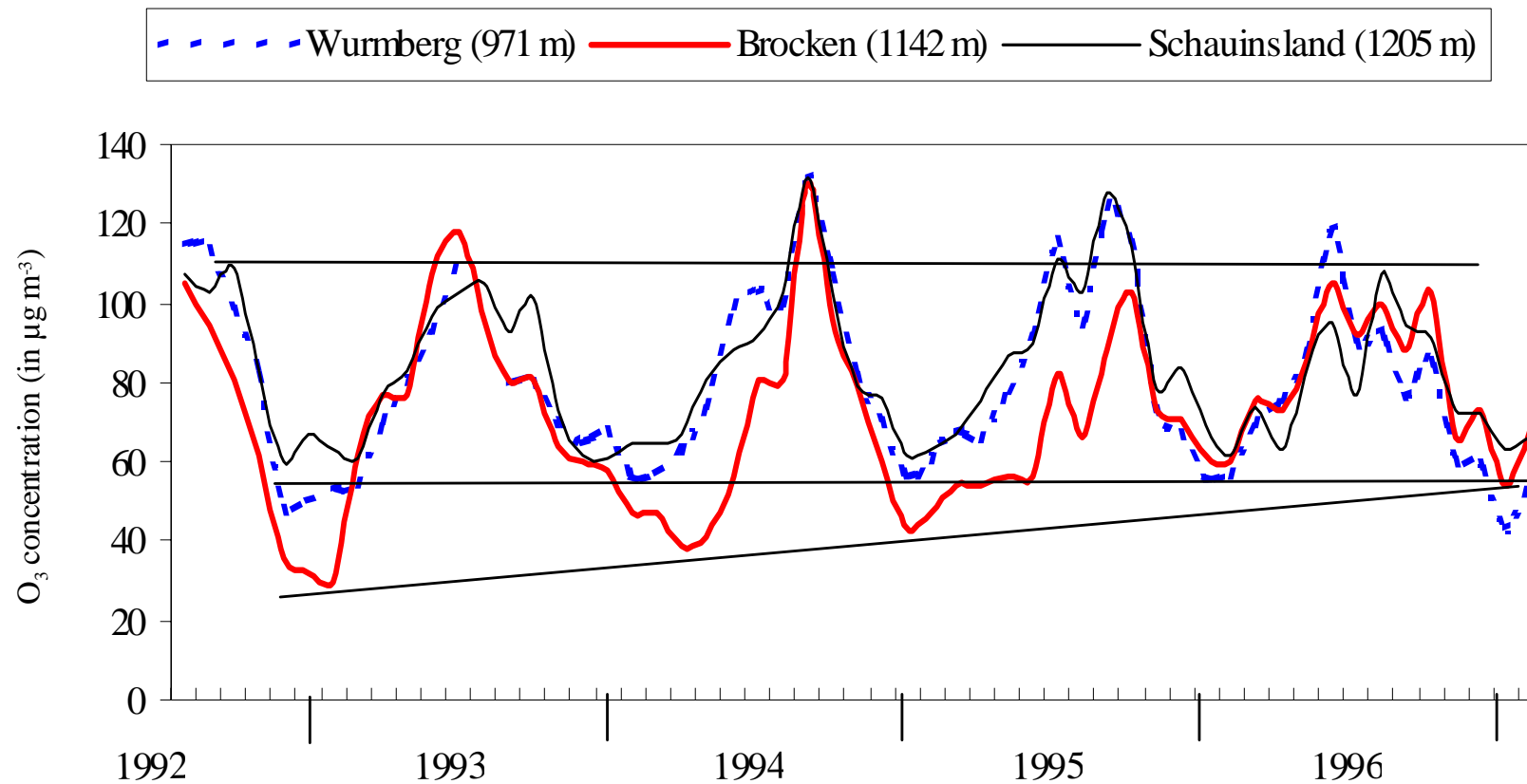


## Dependence of seasonal amplitude from altitude

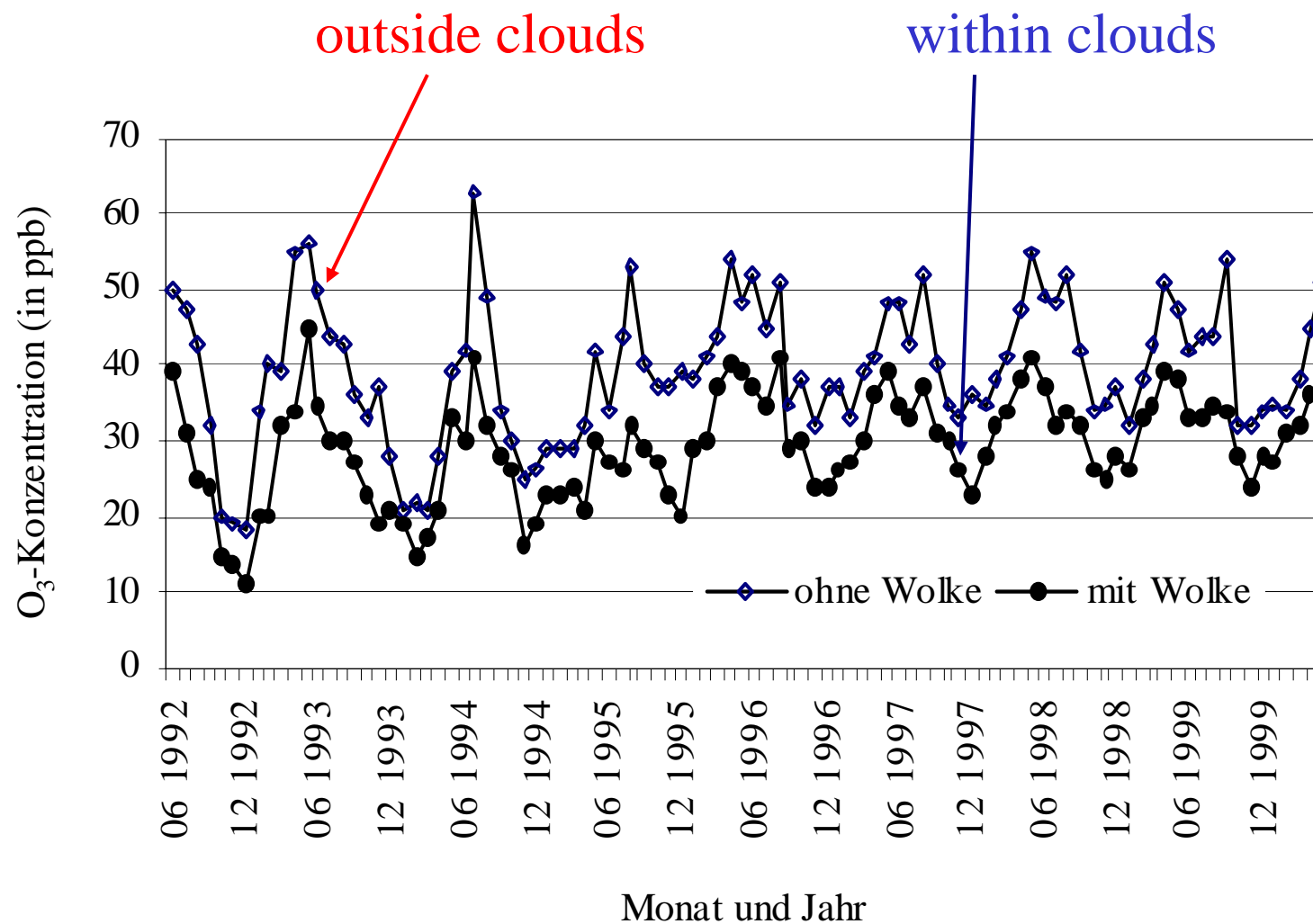




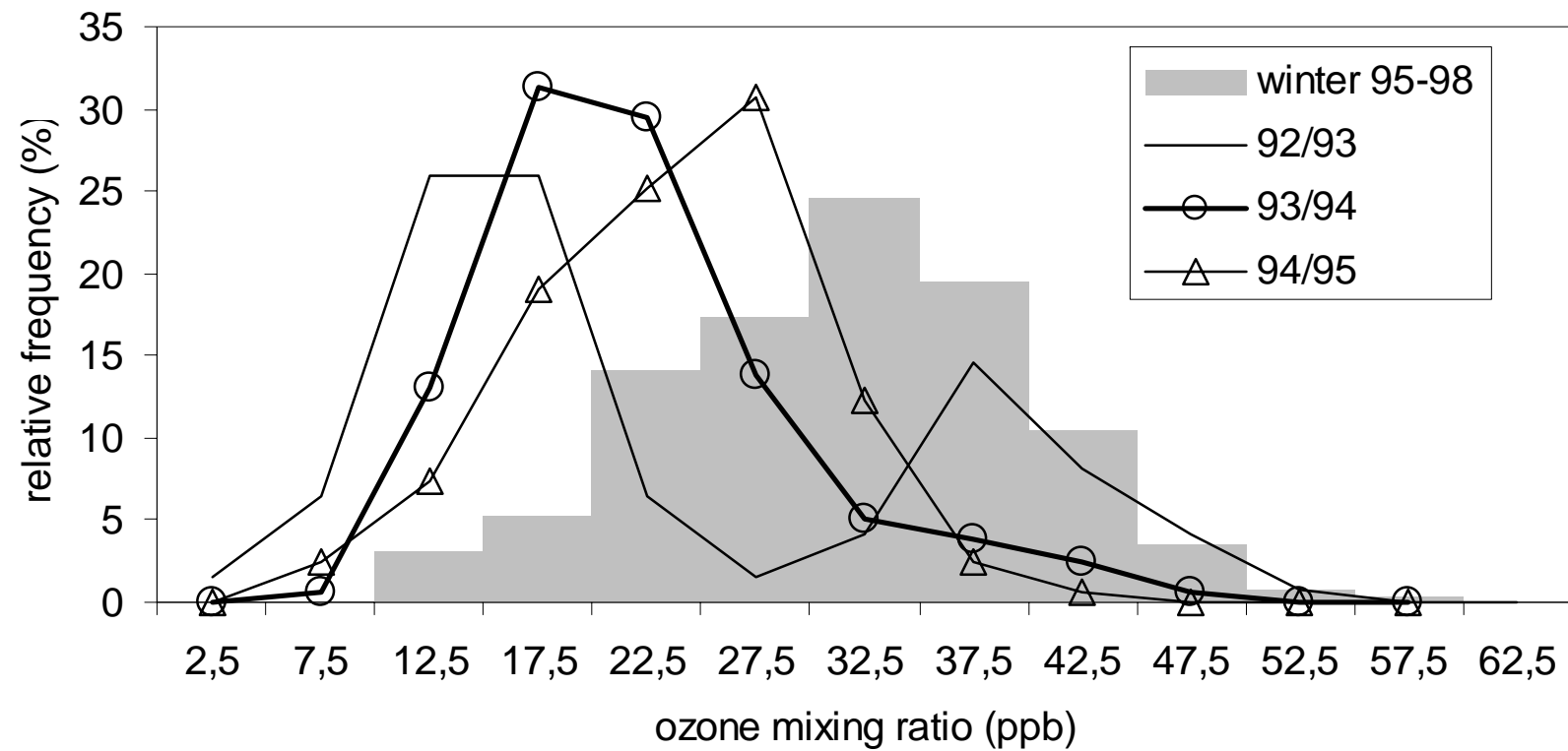
## Winter trend at Mt. Brocken comparing with other mountain sites



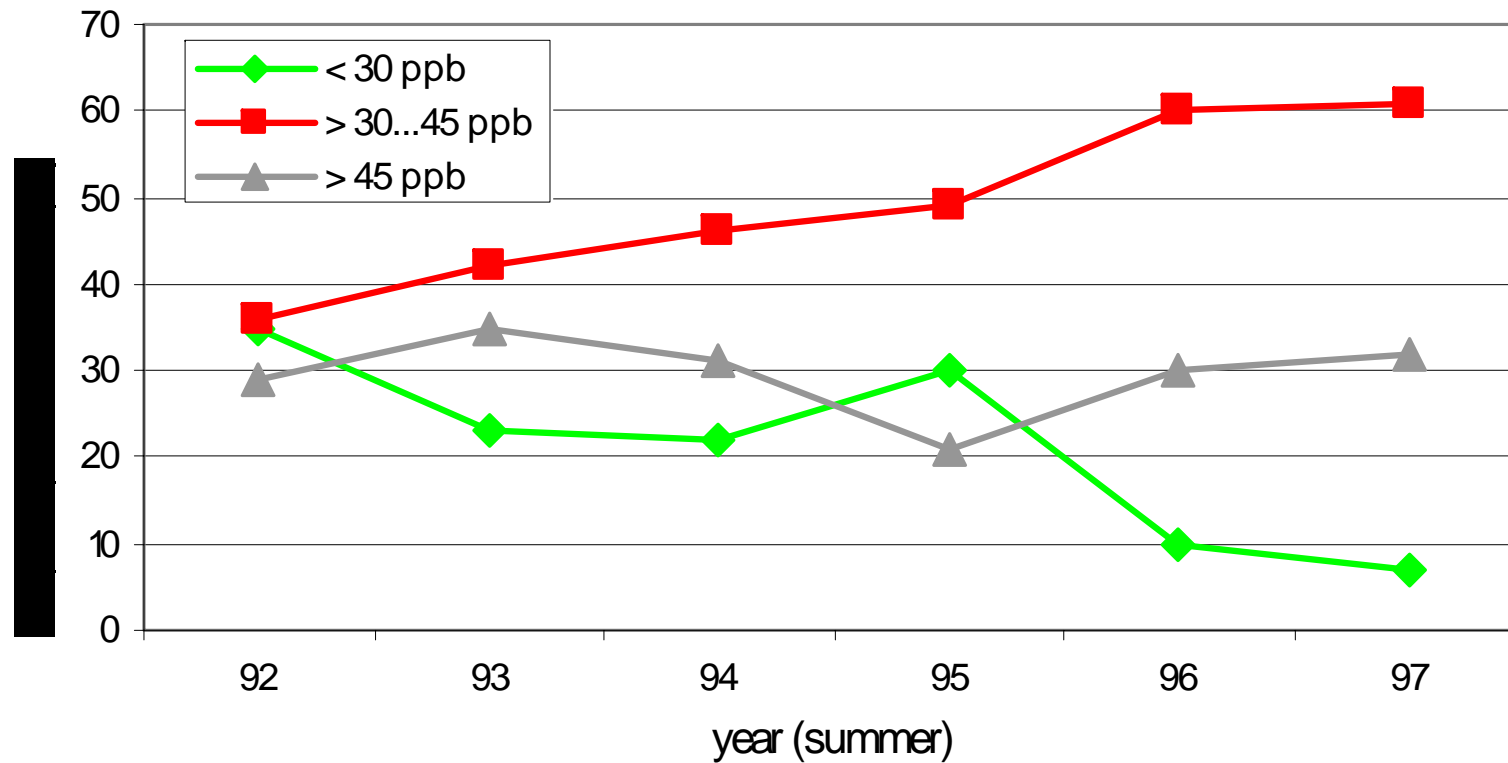
# Ozone within clouds (interstitial concentration) at Mt. Brocken



## Change in winter ozone frequency distribution at Mt. Brocken



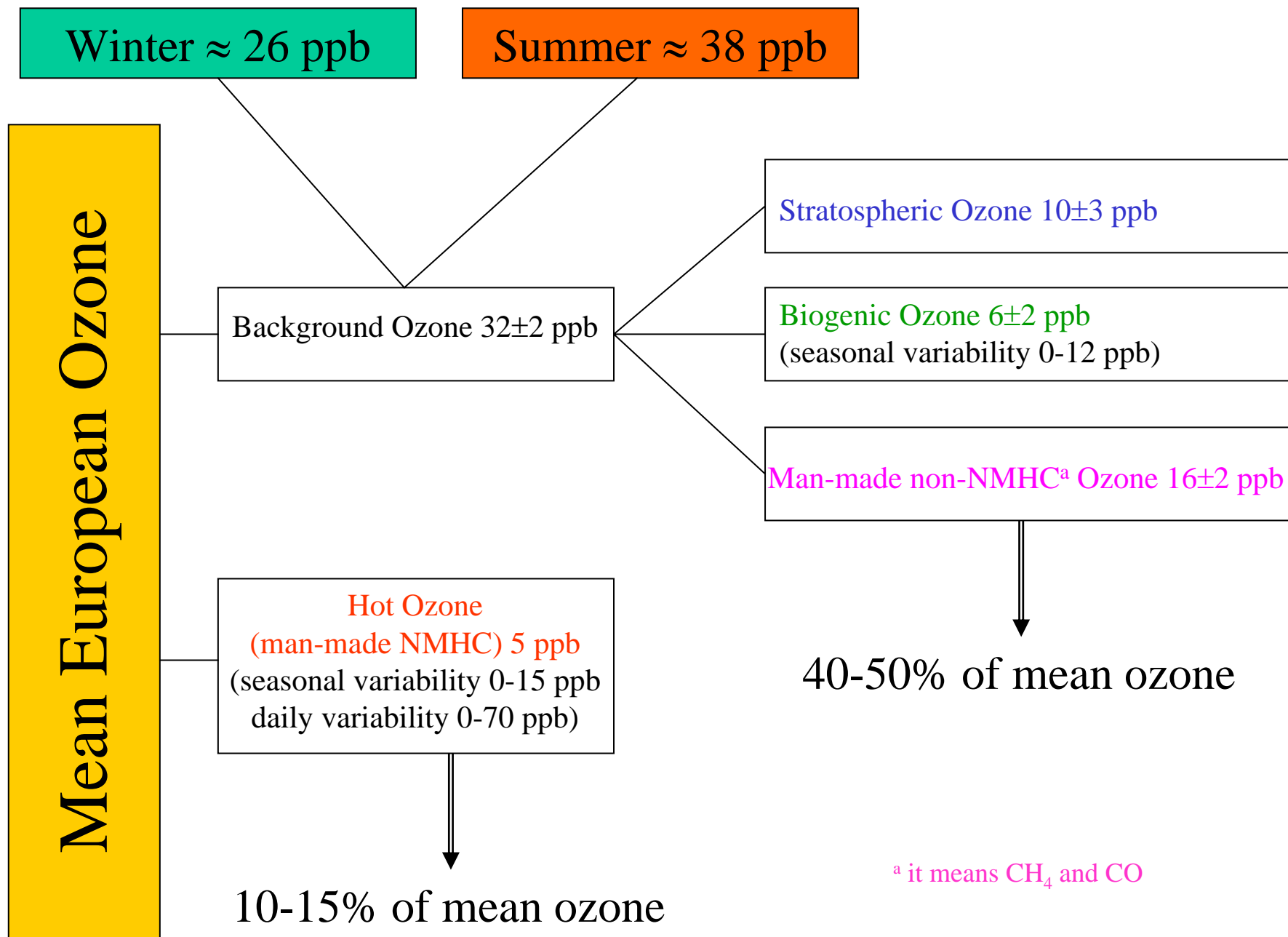
## Changes of ozone frequency distribution at Mt. Brocken





Statistical ozone parameters for summer(15 April till 15 October), winter- (16 October till 14 April) and yearly means based on monthly means (1992-1997) at Mt. Brocken for events „cloud-free“ and „station-in-cloud“ (in ppb), frequencies in % and liquid water content (LWC) in in  $\text{mg m}^{-3}$ )

	winter	summer	year	summer/ winter
[O <sub>3</sub> ] all events (ppb)	26.3±4	44.0±3	34.2±3	1.7
[O <sub>3</sub> ] cloud-free (ppb)	31.1±5	47.1±2	37.4±4	1.5
[O <sub>3</sub> ] „station-in-cloud“ (ppb)	21.1±4	33.5±3	26.8±4	1.6
„station-in-cloud“ (%)	59±16	28±10	45±2	0.5
LWC ( $\text{mg m}^{-3}$ )	272±22	272±27	263±63	1.0
$\Delta[\text{O}_3]$ „station-in-cloud“ – cloud-free (ppb)	10.0	13.6	10.6	1.4
[O <sub>3</sub> ] „station-in-cloud“/ [O <sub>3</sub> ] cloud-free	0.68	0.71	0.72	1.0



Teil 0: Einführung: der Brocken in Bildern.

Teil 1: Was ist eine chemische Klimatologie?

Teil 2: Ergebnisse der Brockenforschung.

Teil 3: Zur Geschichte der Wolkenforschung.

**Nebel**, eine Menge **wäßriger Dünste** in der untern Luft, welche durch irgend eine Kraft schwimmend erhalten werden, dieselbe undurchsichtig machen, und in der Ferne, besonders wenn sie sich in der obern Luft befinden, eine **Wolke** heißen.

Es können auch außer dem Wasser andere Materien in Dunstgestalt verwandelt werden; durch Entziehung des Wärmestoffs aber müssen sie auch wieder niedergeschlagen werden; und eben daher rührt es, daß manche Nebel einen eigenen Geruch besitzen. Von dieser Art sind diejenigen Nebel, welche wenig oder gar nicht aufs Hygrometer wirken, und gemeiniglich **trockene Nebel, Landrauch, Heiderauch, Höhenrauch, Sonnenrauch** genannt zu werden pflegen.

(aus Krünitz)

Das von J. G. Krünitz begründete Werk erschien 1773 bis 1858 in 242 Bänden und stellt eine der wichtigsten deutschsprachigen wissenschaftsgeschichtlichen Quellen für die Zeit des Wandels zur Industriegesellschaft dar.





## Meilensteine:

Wasserdampf ist keine Luft: 1637 (Descartes)

Erste künstliche Erzeugung einer Wolke: 1672 (von Guericke): „Bläschentheorie“

Wolke als Wassersuspension: 1751 (Le Roy)

Erstes direktes Beobachten einer Wolke: 1783 (De Saussure)

Erste Theorie der Regenbildung: 1797 (de Luc)

Erste Wolkenklassifizierung: 1802 (Lamarck) and 1803 (Howard)

Erste qualitative Regenwasseranalyse: 1751 (Marggraf)

Erste qualitative Tauwasseranalyse : 1819 (Julia de Fontenelle)

Erste quantitative Regenwasseranalyse: 1848 (Fresenius)

Erste quantitative Wolken- und Tauwasseranalyse: 1853 (Boussingault)

Kondensation erfolgt nur an Partikeln (Kernen): 1875 (Coulier) und 1881 (Aitken)

Keine Bläschen sondern Tropfen: 1885 (Aßman)



**OTTO** De GUERICKE

Sereniss: „ Potentiss: Elector: Brandeb:

Consiliarius „ Civitat: Magdeb: Consul:

Otto von Guericke's  
NEUE „MAGDEBURGISCHE“ VERSUCHE

über  
den leeren Raum.

(1672.)

Aus dem Lateinischen übersetzt und mit Anmerkungen

herausgegeben von

**Friedrich Dannemann**

Mit 15 Textfiguren.

Unveränderter Nachdruck

LEIPZIG

AKADEMISCHE VERLAGSGESellschaft



Otto von Guericke's  
neue „Magdeburgische“ Versuche  
über den leeren Raum.

---

Drittes Buch.  
Ueber eigene Versuche.

Kapitel I.  
Ueber Ursprung, Natur und Eigenschaften der Luft.

Zum besseren Verständniss unserer Versuche schicken wir gewisse neue und feststehende, die Luft betreffende Thatsachen voraus, welche wir hier zwar vorwegnehmen, indess in den nachfolgenden Kapiteln erweisen werden.

Die Luft ist ein gewisses, körperliches Etwas, das sowohl aus dem Wasser, als auch aus der Erde und anderen materiellen Dingen in den umgebenden Raum ausströmt. Mit anderen Worten, die Luft ist nichts weiter als der Dunst oder Ausfluss der Gewässer, des Erdreichs und anderer Körper. Vor allem aber entsteht sie, wenn Wasser oder eine sonstige Flüssigkeit gestossen, geschüttelt oder zerstäubt wird [wie wir ja auch wahrnehmen, dass durch den Fall des Wassers Wind und Orgeltöne<sup>1)</sup> erregt werden können]. Ferner strömt, wenn Gährung oder Fäulniss eines feuchten Körpers stattfindet, eine Menge Dunst aus, der nichts anderes als Luft ist; deshalb kann sie nicht eigentlich ein Element genannt werden, da sie vielmehr ein Ausfluss ist.

Was die Luft  
sei.

Die Luft ist kein  
Element.

Für Guericke galt das Experiment mit Nachdruck als die einzige Art, die Natur zu befragen, hingegen „Die Redekunst, die Eleganz der Worte sowie die Gewandtheit im Disputieren gelten nichts auf dem Gebiete der Naturwissenschaften.

Guericke widersprach den zu seiner Zeit gängigen Meinungen, dass die Luft ein Element sei und dass sie in Wasser verwandelt werden könne (*Aristoteles*)

Er gebraucht auch den erst 1652 durch *Helmont* eingeführten Begriff „Gas“.



causatur, eapropter aquea materia, quæ in aëre est, separatur condensaturque, unde Nubes existunt. Sicut

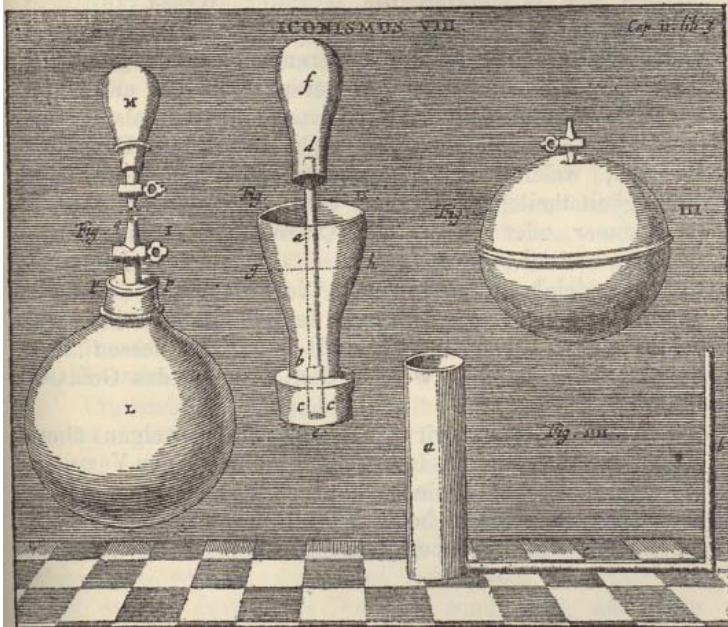
Neue „Magdeburgische“ Versuche etc.

41

etwas Luft eintritt, so wird jener Nebel in Wolken verwandelt.

Daraus geht deutlich hervor, dass in Folge der Zusammenziehung oder Verminderung der Luft das Wasser, welches in der Luft ist, sich von derselben trennt und in Wolken sammelt. Wenn daher der Hahn ganz zurückgedreht und die Luft völlig hineingelassen wird, so verschwinden sogleich die Wolken oder Nebel, weil sie von der eintretenden Luft verschluckt werden. Wird nun

Eine Menge Luft vermag viel Wasser aufzunehmen.



dieser Kolben eine Weile mit dem Nebel aufbewahrt, so lässt sich deutlich das Herabsinken und die Trennung desselben von der klareren Luft erblicken. Auch kann eine Bewegung, eine Art Hin- und Herwogen in dem Glase hervorgerufen werden, wie sie vielleicht die Dämpfe in den oberen Theilen der Atmosphäre besitzen, sodass dieser Versuch zur Erweiterung unserer Kenntniss von den Vorgängen im Luftmeer beiträgt.

Aus alle diesem kann endlich die Ursache der Winde und Wolken erschlossen werden; die vom Fusse

Die Dämpfe in der Luftbewegen sich.

Die Ursache der Wolken.

## Kapitel XI.

### Ein Versuch, durch welchen Wolken und Winde, sowie die Farben des Regenbogens in Glasgefäßen erzeugt werden können.

42

O. v. Guericke's

der Berge und aus unterirdischen Höhlen emporsteigenden Dämpfe, oder jene neue, daselbst erzeugte Luft [wie man ja auch in Bergwerken bemerkt, dass hin und wieder Luft aus den Gängen hervorbläst] bewirken nämlich je nach ihrer verschiedenen Natur, welche sie der äusseren Luft gegenüber besitzen, eine Zusammenziehung oder Veränderung. In Folge dessen wird die wässerige Materie, welche sich in der Luft befindet, abgeschieden und verdichtet, sodass Wolken entstehen. Aus demselben Grunde

Woher der Hauch der Thiere rührt und wann er sichtbar wird.

Weshalb Glasgefäße beschlagen.

athmen zur Winterszeit die lebenden Wesen aus dem Munde Dampf, gleichsam eine Art Nebel aus. Die wärmere Luft wird nämlich in der kälteren verdichtet; geschieht dies, so nimmt sie einen geringeren Raum ein und kann in Folge dessen nicht soviel Wasser enthalten als im Zustande der Ausdehnung. Sie giebt daher ihre Feuchtigkeit ab, welche uns wegen der Vereinigung so vieler Flüssigkeitstheilchen sichtbar wird. So sehen wir auch im Sommer oder an warmen Orten Gläser und sonstige Gefäße, welche aus kalten Räumen herbeigebracht werden, gleichsam schwitzen. Dies geschieht, weil die das Gefäß umgebende Luft von denselben abgekühlt wird, daher sich zusammenzieht und in Folge dessen ihre Feuchtigkeit abgiebt, welche den Wänden des Gefäßes adhärirt.

Die Farben des Regenbogens hervorzurufen.

Endlich wollen wir nicht mit Stillschweigen übergehen, dass wenn jene Glasgefäße während der Versuche der Sonne ausgesetzt sind, die Luft in dem oberen Gefäße sehr zu glänzen beginnt und darauf ganz deutlich die Farben des Regenbogens zeigt.



In seinem posthum 1652 in Amsterdam erschienenen Werk „Ortus medicinae i. e. initia physicae inaudita“

spricht *Johann Baptist (Jan) van Helmont* (1577-1644):

ideo paradoxo licentia, in nominis egestate, halitum illum gas vocavi, non longe a chao veterum secretum

*(Ich habe diesen Hauch Gas genannt, da er von dem Chaos der Alten nicht weit entfernt ist).*

und begründet, warum ein neues Wort (Hunc spiritum, incognitum hactenus, novo nomine *Gas* voco) notwendig ist (S. 86):

*‘dass unsere Naturkundige ein schicklicheres Wort, welches nicht so sehr das Gepräge der Alchymie an sich hätte, ausfindig machten.’*

Offensichtlich bestand das Bedürfnis, die in chemischen Versuchen gefunden Dämpfe, Dünste und Lüfte (Luftarten) durch ein neues Wort von der (atmosphärischen) *Luft* (die zu diesem Zeitpunkt noch als einheitlicher chemischer Körper angesehen wurde) zu unterscheiden.



XIV. *Aelteste Nachricht über Ozon und seine Benennung; von Medicinalrath Dr. Mohr in Coblenz.*

Ein anderes höchst malerisches Wort ist »Hauch«. Es fängt mit *h* an und endigt damit. Man muß die Bewegung des Hauchens nachahmen, wenn man es ausspricht. Daher die Ausdrücke gehäuchlich, Gehäuchniß, d. h. nahes Zusammenleben, daß einer des andern Hauch empfindet. Und endlich das Wort »Athmen«; bei der ersten Sylbe »*ath*« zieht man Luft ein und füllt den Brustkasten, bei der Sylbe »*men*« stößt man die Luft wieder aus, und macht so gleichsam die Bewegung des Athmens. Das lateinische Wort *anhelitus* ist ebenfalls malerisch. Die Sprache ist in diesem Betrachte ebenfalls ein naturwissenschaftliches Object, und es möge sich damit diese Abschweifung entschuldigen.

# Geist:

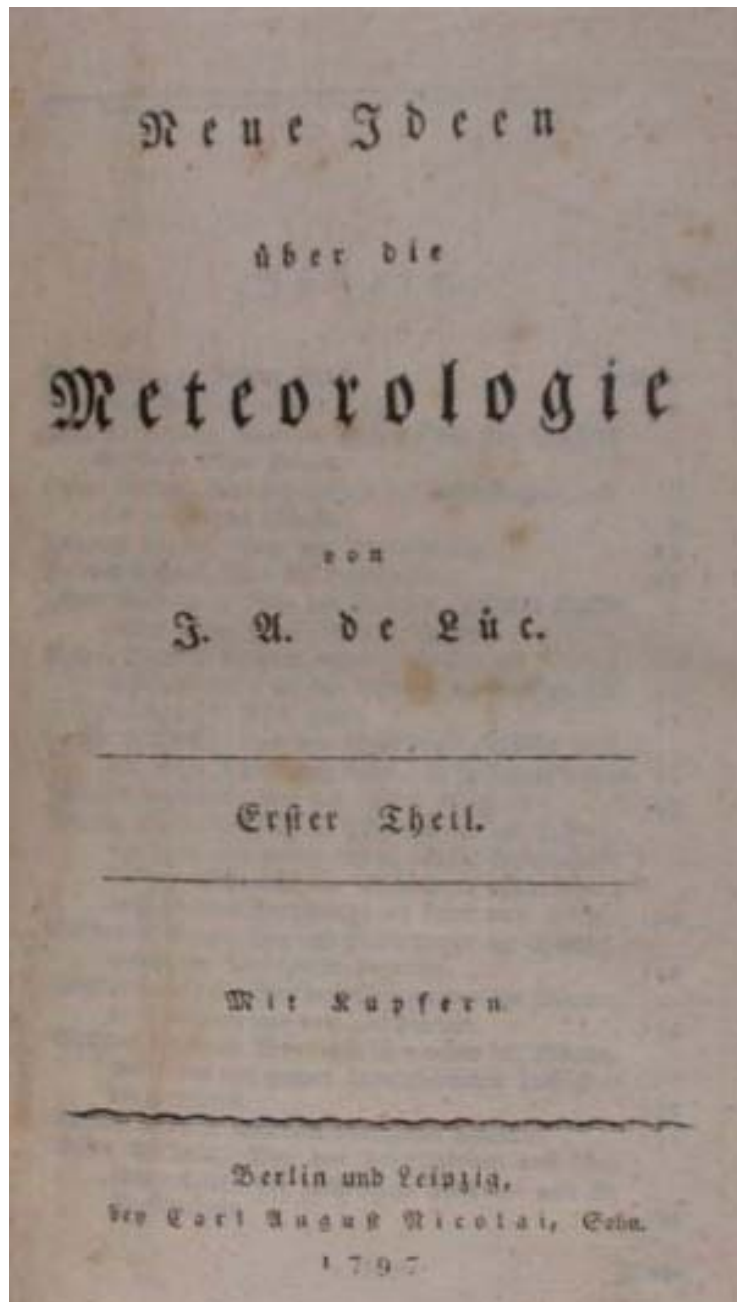
Niederländisch und niedernorddeutsch: geest, ags. gâst (auch altfries.), gæst. Der Ursprung ist in **Hauch** und **Atem** zu suchen. Luther schrieb (Hiob 4, 9):

*der himel ist durchs wort des herrn gemacht und all sein heer durch den geist seines munds.*

Insofern ist die Synonymität zwischen **Geist**, **Dampf**, **Atem**, **Hauch**, **Wind** und **Luftarten** gegeben.

**Lavoisier** schrieb in seinem Werk *Opuscules physiques et chimiques* (2<sup>e</sup> éd., Paris, 1802, p. 5)

« **Gas** vient du mot hollandais **Ghoast**, qui signifie **Esprit**. Les Anglais expriment la même idée par le mot **Ghost**, et les Allemands par le mot **Geist** qui se prononce **Gaistre**. Ces mots ont trop de rapport avec celui de **Gas**, pour qu'on puisse douter qu'il ne leur doive son origine »



Jean Andree De Lúc  
(1727-1817)



**Idées sur la météorologie.**

2 Vol., London 1786

**Neue Ideen über die Meteorologie,**

2 Bände, Berlin, 1787.

**Idées sur la météorologie.**

Paris, Duchesne, 1787. 2 vol.

**New Ideas on Meteorology.**

Translated from the French.

Berlin and Stettin, 1787

Herr de Luc selbst ist durch zahlreiche Beobachtungen und wiederhohltes Nachdenken auf eine andere Erklärung der Wolken und des Regens geleitet worden, welche der Meterologie ganz neue Aussichten eröffnet. Er glaubt nähmlich, daß das **ausgedünstete Wasser** nicht in der Luft aufgelöset, sondern vielmehr in eine eigene **Luftgattung** verwandelt, oder in Luftgestalt mit der Atmosphäre vermischt werde. In dieser Gestalt bleibe es oft lange Zeit verborgen, ohne die Heiterkeit des Himmels zu trüben oder aufs Hygrometer zu wirken. Es vermehre aber die Masse, mithin auch den Druck des Luftkreises, und verursache daher, so lange die heitere Witterung daure, den hohen Stand des Barometers. Endlich aber erhalte diese Luftgattung durch den Einfluß irgend einer unbekannten Ursache in einer gewissen Luftschicht die vorige Gestalt des tropfbaren Wassers wieder, und bilde dadurch Wolken, deren Bläschen in dem Falle, wenn sie zu plötzlich und allzu häufig erzeugt werden, zur Berührung unter einander kommen, zusammenfließen und ihr Wasser tropfenweise herabgießen. Er hat diese sinnreiche Hypothese mit starken Gründen unterstützt, welche fast den ganzen Inhalt des zweyten Theils seiner Ideen über die Meteorologie ausmachen.

(aus Krünitz)



## Wie die Wolken entstehen (Krünitz), nach de Luc's Theorie

Allein dieser besondre Zustand des Wasserdampfs, selbst der bläschenartige Dunst, welcher die Wolken ausmacht, kann, wohin man auch das Entstehn desselben versetzen will, nie anders entstehn, als wenn die Luft, die oft kurz zuvor noch durchsichtig war, den Punkt der äußersten Feuchtigkeit erreicht hat; denn erst dann zeigt sich das Wasser, das über die Gränze der Sättigung hinaus in derselben enthalten ist, in Gestalt von Nebel. Diese Luft war trocken, ehe die Wolke entstand, und wird es wieder, sobald die Wolke sich zerstreut: wo war das Wasser früher, und wo bleibt es? Und sieht man nicht überdieß auf hohen Bergen diese wässerigen Meteore häufig unter sich entstehn? Sie sind also offenbar nicht die Wirkung eines wässerigen Niederschlags, der über ihnen vor sich geht, sondern bloß eines solchen, der auf eine besondre Luftschicht eingeschränkt ist.

## Wie die Niederschläge entstehen (Krünitz), nach de Luc's Theorie

Werden die Bläschen des Nebels und der Wolken zu dick und schwer, so zerreißen sie, laufen zusammen, bilden Tröpfchen und fallen als Regen auf die Erde. Wenn Wasser aus der Bläschenform, wie es in den Wolken enthalten ist, statt in den tropfbaren, unmittelbar in den starren Zustand übergeht, so nimmt es eine regelmäßige Gestalt an und fällt als Schnee herab. Für die Entstehung des Hagels, welcher, wie bekannt, nur im Sommer, bei Tage, größtentheils Nachmittags, beobachtet wird, haben die Physiker bisher noch keine befriedigende Erklärung gefunden.

# Wolkenklassifizierung



Lamarck (1802)

Jedoch wurde das Schema von **Luke Howard** (1772-1864), etwas später im Jahr 1803 vorgestellt, von allen Wissenschaftlern akzeptiert

Eine Wolkenklassifikation wurde zuerst (1801) vom französischen Jean-Baptiste **Pierre Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck** (1744-1829) durchgeführt



**Lamarck** publizierte 1802 seine Klassifikation im dritten Band *Annuaire Météorologique* (Paris, No. 3, 151-166) unter dem Titel „*Sur la forme des nuages*“ (über die Form der Wolken).

Für mich ist jedoch folgender Satz von **Lamarck** noch bemerkenswerter:

Der Himmel der Meteorologen ist jener Teil der Atmosphäre, wo die verschiedenen Meteore sich formen, selbst wieder zerstören und ständig neu gebildet werden, welcher nebenbei ein großes Laboratorium für Physiker und Chemiker darstellt, in dem kontinuierlich die Prozesse ablaufen, deren Studium und Verständnis so wichtig ist.

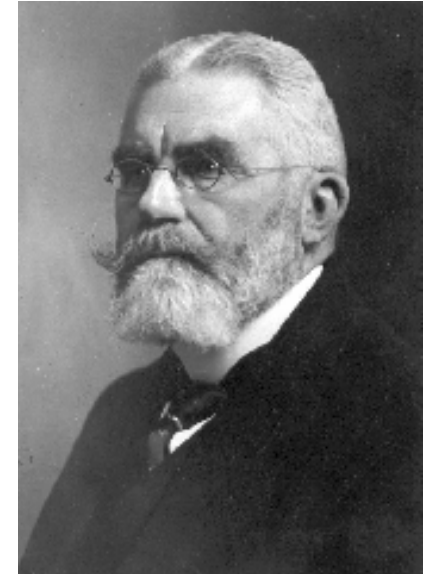
(Spectacle du ciel, *Annuaire Météor.* 1805, No. 6, p. 98)



## Richard Aßmann (1845-1918)

Er erkannte zudem die herausragende Bedeutung einer Wetterstation auf dem Brocken für die Erforschung des zentraleuropäischen Klimas und gehörte in der Folgezeit zu deren entschiedenen Förderern.

Mit seinen *Winterbildern vom Brocken* setzte er sich für den Erhalt der Wetterstation auf dem Brocken ein. Als erster deutscher Skifahrer unternahm Aßmann im Winter 1884/85 eine Brockenwanderung mit norwegischen Skiern.



Aßmann klärte zudem 1885 endgültig die Frage, ob Wolken aus Bläschen oder Tropfen bestehen durch mikroskopische Beobachtungen einzelner Wolkentropfen am Brocken in unterschiedlichen Höhen innerhalb der Wolke. Indem er nach Verdampfen der Tropfen selbst bei größter Auflösung NICHTS mehr sah, bestimmte er indirekt die Größe des Kondensationskern (die ja bereits von Aitken postuliert und nachgewiesen wurden) kleiner 1  $\mu\text{m}$ .

**Forschungsmikroskop**

Zeiss 5272

1881

*7th International Symposium of the Commission  
on Atmospheric Chemistry and Global Pollution*

**5 - 11 SEPTEMBER 1990  
CHAMROUSSE (France)**

**FRIDAY SEPTEMBER 7, MORNING**

**Chairman : T.E. GRAEDEL**

**8 H 30 C. JOHANSSON, A.M. THOMPSON, E. ATLAS : Poster Preview : Global**

***MULTIPHASE PROCESSES IN ATMOSPHERIC CHEMISTRY  
MULTIPHASE I***

- 9 H N. CHAUMERLIAC and R. ROSSET : Wet chemistry parameterizations in a mesoscale meteorological model**
- 9 H 20 J. LELIEVED : The role of clouds in tropospheric photochemistry**
- 9 H 40 D. MÖLLER and G. MAUERSBERGER : The role of clouds in the tropospheric chemistry - model results**

# Von Modellierung zum Experiment und Monitoring

INSTITUT FÜR CHEMIE  
DER KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH  
INSTITUT 3 - ATMOSPHERISCHE CHEMIE  
DIREKTOR: PROF. DR. D. H. EHMANN

KFA - Institut für Chemie - Postfach 1913 - D-5170 Jülich

Ihre Nachricht vom / Zeichen

Bei Beantwortung bitte angeben

Telefon-Durchwahl  
(02461) 61

JÜLICH  
Januar 1990

## EINLADUNG

zum Institutsseminar ICH-3

zum Vortrag von:

Dr. Möller

Akademie der Wissenschaften der DDR  
Heinrich-Hertz-Institut

mit dem Thema:

*"Modellergebnisse der komplexen  
Flüssigphasenchemie in Hydrometeoren  
(Regen und Wolken)"*

Datum:

25. Januar 1990

Zeit:

15.30 Uhr

Ort:

Seminarraum ICH-2/3

Telefon-Sammel-Nr.: (02461) 61-0

Telefax-Nr.: 550 556 47 41

Telefax (02461) 61 53 37  
Telefax ICH-2/3 (02461) 61 53 46

## Séminaire LPAS

Jeudi, 1er Avril, à 14:00 heures, salle CH B 31

**Prof. Detlev Möller**

Fraunhofer-Institut für Atmosphärische  
Umweltforschung, Aussenstelle Berlin (ELC)

## Aqueous Phase Chemistry within Clouds

Clouds affect tropospheric chemistry in many ways: redistribution of trace gases, wet removal of pollutants, changing the tropospheric photoactive solar radiation, liquid phase chemistry. The interaction between gas and cloud water phase is the most important pathway for acid formation. As an example should be said that according to our present knowledge about 90 % of sulphate is formed from  $\text{SO}_2$  via liquid phase oxidation above the European continent. The formation of this and other (e.g.  $\text{HNO}_3$ ) acids depends strongly from the oxidation capacity of the atmosphere.

From several model studies we have shown that the cloud water phase themselves determines sensitively the gas phase oxidant concentration.

The aim of this contribution is a critical review of our present knowledge of aqueous phase chemistry and the presentation of selected results from model studies and field experiments.

Some examples for source-receptor relationships are presented based on model results from a coupled gas-liquid phase atmospheric chemistry model.

First data from our measuring station at the Mt. Brocken will be shown and preliminary conclusions for pollutants scavenging discussed.

Möller, D. (1998)  
Results from the Mt. Brocken  
cloud chemistry programme.  
*Seminar at the Institute for  
Atmospheric Physics (IAP),  
Beijing (China), 3 June*

LSSR

## 科学报告会

德国Brocken山区的云化学研究  
建立化学气候学的方法

Detlev Moller 博士

*Professor of Brandenburgische Technische Universität,  
Cottbus, Germany*

十月十六号, 下午2: 00。

物理大楼, 527房间

北京大学



Falls es gelingt, das Messprogramm **BROCLIM** (*Brocken Cloud Chemistry Climatology*) für den 30-jährigen Zeitraum (1993-2022) durchzuführen, wird nicht nur Aßmann's Traum von der Bedeutung des Brockens für die Erforschung des zentral-europäischen Klimas wahr, sondern dem Brocken auch ein weiteres unvergängliches Denkmal gesetzt.

Aus der Sicht von Wissenschaft und Umweltpolitik bedeutet eine derartige weltweit einmalige Messreihe die Dokumentation der gravierendsten Änderungen in Luftchemie, Wolken und Klima im Wechsel vom 2. zum 3. Jahrtausend n. Chr. welche jemals in der Kulturgeschichte stattfanden.