

Die Atmosphären der Erde, der Planeten unseres Sonnensystems und der Exoplaneten

Report

Author(s):

Brüesch, Peter

Publication date:

2016

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010580523>

**Die Atmosphären
der Erde, der
Planeten unseres
Sonnensystems und
der Exoplaneten**

Peter Brüesch



**Es gibt mehr Dinge zwischen Himmel und Erde,
als Eure Schulweisheit sich träumen lässt.**

aus «Hamlet»

von William Shakespeare

(1564 - 1616)

INHALT

0. Einführung – Inhaltsverzeichnis	pp A - P
1. Prolog : Die Lufthülle unserer Erde	pp 1 - 11
2. Physikalische und chemische Grundlagen	pp 12 - 55
3. Das Wetter in der Troposphäre	pp 56 - 105
4. Das Fliegen und Gleiten in der Luft	pp 106 - 189
5. Luftverschmutzung, Giftgase und radioaktiver Fallout	pp 190 - 244
6. Atmung und Photosynthese von Pflanzen	pp 245 - 270
7. Die Atmung von Menschen und Tieren	pp 271 - 333
8. Ausgewählte Atmosphärische Phänomene	pp 334 - 373
9. Atmung in der Psychologie , in der Philosophie und in den Weltreligionen	pp 374 - 404
10. Atmosphären von Planeten und Exoplaneten	pp 405 – 500

Jedes Kapitel enthält einen Anhang mit ergänzenden Informationen.

A

Vorwort

Mein erstes Buch habe ich dem Thema «WASSER: Seine Bedeutung in der Wissenschaft, in der Natur und Kultur, in den Weltreligionen und im Universum» gewidmet.

Nach der «Vier - Elementen – Lehre» der griechischen Philosophen besteht alles Sein aus den vier Grundelementen Erde, Feuer, Luft und Wasser. Dieses zweite Buch habe ich dem Element «Luft» oder allgemeiner der «Atmosphäre» gewidmet. Wie das Wasser ist die Luft für alle Lebewesen unverzichtbar; Wasser und Luft ermöglichen überhaupt erst das Leben auf unserem Planeten.

Im Gegensatz zu flüssigem und festem Wasser (Eis) ist die Luft unserer Erde unsichtbar. Die Lufthülle der Erde ist im Vergleich zu ihrem Radius verschwindend klein. Unsere Atmosphäre besteht aus mehreren Gasen. Ohne sie würden wir während des Tages durch die intensive Hitze der Sonne verbrannt und während der Nacht wegen der sehr niedrigen Temperaturen erfrieren.

Obwohl wir sie dauernd zum Atmen brauchen (nach wenigen Minuten ohne Luft stirbt der Mensch !), nehmen wir sie als eine Selbstverständlichkeit hin, was zur Folge hat, dass man sich normalerweise wenig um deren Eigenschaften und Qualität kümmert. Es braucht schon massive Kontaminationen, z.B. unübersehbaren Smog oder schlechten Geruch, bis die Alarmglocken läuten.

Mehrere Aspekte über das «Globale Klima» wurde in meinem Buch über «WASSER» behandelt und werden deshalb hier nicht wiederholt.

Es schien mir wichtig, die zentrale Thematik der «Atmosphäre» jeweils in einen grösseren Sinnzusammenhang einzubetten, d.h. die zentralen Aspekte nicht isoliert sondern in einem einführenden und umfassenden Kontext darzustellen.

Das letzte und 10. Kapitel enthält eine Übersicht über die Eigenschaften und Atmosphären der Planeten unseres Sonnensystems und von Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems – den sogenannten extrasolaren Planeten oder Exoplaneten.

Mit wenigen Ausnahmen ist das Buch bewusst einfach und allgemein verständlich geschrieben. Für ein weitergehendes Studium enthält jedes Kapitel eine umfangreiche Liste von Literaturzitaten.

B

Peter Brüesch - Januar 2016

Verdankungen

Folgenden Freunden und Kollegen möchte ich meinen herzlichen Dank aussprechen:

Herrn Dr. Walter Schneider (†) danke ich herzlich für seine langjährige Unterstützung: er hatte mir regelmässig aktuelle Informationen über die verschiedenen Sachgebiete zukommen lassen, die für meine vorliegende Arbeit von grossem Interesse waren.

Herrn Peter Etter möchte ich für Diskussionen über Insekten im Allgemeinen und insbesondere für die Demonstration und Erklärungen seiner eindrucklichen Schmetterlingssammlung danken (Kapitel 4, Abschnitt 4.2.2). Ebenso möchte ich ihm für seine Hinweis betreffend des kleinsten Insektes der Welt, der «Dicopomorpha Echmepterygis» (p. 127) danken,

Herrn Dr. Dieter Kuse danke ich für seine Anregungen und Zusendung von Literatur betreffend «Polarlichter» und «Kennedy-Heaviside Schicht» (Kapitel 8, Abschnitte 8.2 und 8.3).

Herrn Prof. Dr. Norbert Straumann möchte ich für seine Informationen betreffend einschlägiger Literatur über «Exoplaneten» danken (Kapitel 10, Abschnitte 10.3 und 10.4).

Mein Dank gilt auch Herrn Reto Stephan Grimm für wertvolle Literatur über «Exoplaneten».

Herrn Kirkor Arsik danke ich für seine wertvolle Hilfe bei Fragen der Datenverarbeitung und PC-Unterstützung.

Meinen beiden Töchtern Elisabeth Schraner – Brüesch und Christine Brüesch danke ich herzlich für Bücher über «Exoplaneten», aus denen ich viel Wertvolles über deren Atmosphären gelernt habe. Vielen Dank auch meiner Enkelin Angéline Da Silva für ihre Hilfe bei der Korrektur einiger Kapitel meines Textes.

Meiner lieben Frau möchte ich für ihr grosses Interesse und ihre Anregungen sowie für ihre Unterstützung und Geduld während der Entstehung dieser Arbeit von ganzem Herzen danken.

C

Peter Brüesch

Peter Brüesch : Wissenschaftlicher Werdegang und Aktivitäten

- 1934 Geboren in Scuol, Graubünden
- 1948 – 1954 Gymnasium in Chur, Graubünden
- 1954 – 1960 Studium der Experimentalphysik an der ETHZ
- 1960 – 1965 Doktorarbeit im Institut für „Physikalische Chemie“ der ETHZ
- 1965 – 1967 „Postdoctoral Fellowship“ in „Physical Chemistry“, Oregon State University, USA
- 1967 – 2002 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter im ABB Forschungszentrum – Schweiz.
Arbeiten auf dem Gebiet der Festkörperphysik mit 72 Publikationen
- 1975 Ernennung zum Privatdozent in Physik der EPFL in Lausanne
Vorlesungen über Festkörperphysik und über „Wasser und wässrige Lösungen“
- 1987 Ernennung zum Titularprofessor an der EPFL in Lausanne
- 1982 – 1986 Verfassung von 3 Büchern über «Physics of Phonons» - Springer-Verlag in Solid State Physics
- 1998 – 2000 Berater bei ABB über „Wasser und wässrige Lösungen“
- 2000 - 2011 Studium und Forschung auf dem Gebiet des Wassers und der wässrigen Lösungen und deren Rolle in der Natur
- Seit 1997: Vorlesungen über Festkörperphysik und Wasser an der EPFL in Lausanne
 - 2002 – 2011: Verfassung einer umfassenden Arbeit über „Wasser“:
Daraus entstand das folgende erweiterte Werk in Deutsch und Englisch:
 - „Wasser: Seine Bedeutung in der Wissenschaft, in der Natur und Kultur, in den Weltreligionen und im Universum“
 - „Water: Its Significance in Science, in Nature and Culture, in World Religions and in the Universe“
- 2011 - 2015: «Die Atmosphären der Erde, der Planeten unseres Sonnensystems und der Exoplaneten»

E-Mail : peterbruesch@bluewin.ch

D

Allgemeine Referenzen

- R.0.1 Feuer , Wasser , Erde , Luft
Horst Rademacher, Erwin Lausch, Dagmar Röhrlich, Wiebke Rögner
Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
1. Auflage (12- Mai 2003); ISBN-10: 3527404473
- R.0.2 Vier_Elemente_Lehre
http://de.wikipedia.org/wiki/Vier:Elemente_Lehre
- R.0.3 a) The Elements: A Very Short Introduction
Philip Ball
Oxford University Press - October 2004
b) Earth, Air;Fire & Water: More Techniques of Natural Magic
Scott Cunningham
Pub. Data: 9/1/2001 Publisher: Llewellyn Worldwide, Ltd
- R.0.4 Wasser: Seine Bedeutung in der Wissenschaft, in der Natur und Kultur,
in den Weltreligionen und im Universum
Brüesch , Peter
Home – ETH E-Collection
e-Collection.ethbib.ethz.ch
- R.0.5 Die Atmosphäre der Erde» (Eine Einführung in die Meteorologie)
Helmut Kraus
Verlag: Springer Berlin (2004); ISBN: 978-3-540-20656-9
- R.0.6 Wie der Erde die Luft ausgeht
Das Ende unseres blauen Planeten (1999)
John Brandenburg, Monica Rix Paxson; ISBN-10: 345316539X
- R.0.7 Air: Our Planet's Ailing Atmosphere
Hans Tammemagi
Oxford University Press, April 2009; ISBN-10: 0195430077

E

- R.0.8 Was ist was: Luft und Wasser
Rainer Crummenerl und Gerd Ohnesorge
Band 48, 1. Auflage 2010 ; Amazona.de
- R.0.9 An Introduction to Atmospheric Physics
David G. Andrews
Second Edition published 2010
Cambridge University Press ; ISBN 978-0-521-87220-1
- R.0.10 Fundamentals of Atmospheric Physics
Murry L. Salby
Elsevier Science 1996
ISBN 0126151601 , 9780126151602
- R.0.11 Atmosphärenphysik
Niklaus Kämpfer: Institut für angewandte Physik, Univ. Bern
[PDF] Atmosphärenphysik; Frühlingssemester 2011
www.iapmw.unibe.ch/teaching/.../FS.../AT-phys_FS13_Kapitel1_2.pdf
- R.0.12 Die Entdeckung der Stratosphäre – ein Ereignis der
Berliner Wissenschaftsgeschichte
Karl-Heinz Bernhardt
Sitzungsberichte der Leibniz – Sozietät 12 (1996) 4, pp 91 – 96
www.leibnizsozietat.de/wp-content/uploads/2012/10/07_bernhardt_kh.pdf
- R.0.13 Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre
buch.de; Erschienen bei Springer
3. überarbeitete und aktualisierte Auflage, 06-2000
Walter Roedel
ISBN-10: 3-540-67180-3 ; ISBN-13 : 978-3-540-671800-0
- R.0.14 Thermal Physics of the Atmosphere
Maarten H.P. Ambaum
ISBN: 978-0-470-74515-1
John Wiley & Sons , April 2010

F

- R.0.15 Lectures in Atmospheric Physics , 2010
Björn-Martin Sinnhuber
University of Bremen - Master of Environmental Physics
www.iup.uni-bremen.de/lecture/AtmosphericPhysics-09_01.pdf
- R.0.16 Atmospheric Physics
[PDF] Lecture Notes - Assoc. Prof. Dr. Aysegül Yilmaz (2006)
Canakkale Onsekiz Mart University
www.nu.edu.sa/userfiles/semohammad/atmosphere.pdf
- R.0.17 Wetter & Klima
Vorhersagen – Wetterphänomene – Klimaänderung – Meteorologie
DORLYNG KINDERSIAY – DK
- R.O.18 WOLKENGUCKEN
Gavin Pretor-Pinney
Wilhelm Heyne Verlag, München . 2006

G

Inhaltsverzeichnis

1. Prolog	pp 1 - 11
1.1 Entwicklung der Erdatmosphäre	2 - 4
1.2 Atmosphäre und Luft	5 - 8
1.3 Schichten der Atmosphäre	9 - 11
A-1 Anhang	
R-1 Referenzen	R-1-0 - R-1-2
2. Physik und Chemie der Erd-Atmosphäre	pp 12 - 55
2.1 Vorbemerkungen und Inhalt	13 - 14
2.2 Zusammensetzung der trockenen Luft	15 - 23
2.3 Die Troposphäre mit Wasserdampf	24 - 32
2.4 Die Stratosphäre	33 - 42
2.5 Die Mesosphäre	43 - 45
2.6 Die Thermosphäre	46 - 50
2.7 Die Exosphäre	51 - 55
A-2 Anhang	
R-2 Referenzen	R-2-0 - R-2-8

H

3.	Das Wetter in der Troposphäre	pp 56 - 105
3.1	Das Wetter – Allgemein	57 - 62
3.2	Die Troposphäre	63 - 67
3.3	Die Welt der Wolken	68 - 78
3.4	Der Wind	79 - 86
3.5	Niederschläge und extreme Wetterbedingungen	87 - 99
3.6	Nutzung der Windenergie	100 - 105
A-3	Anhang	
R-3	Referenzen	R-3-0 - R-3-10

4.	Das Fliegen in der Luft	pp 106 - 189
4.0	Das Fliegen - Überblick	107 - 108
4.1	Physikalische Grundlagen	109 - 119
4.2	Fliegende und gleitende Tiere - Wirbellose	120 - 139
4.2.1	Wirbellose und Wirbeltiere	121 - 123
4.2.2	Fliegende und gleitende Wirbellose: Insekten	124 - 139
4.2.2.1	Bienen, Ameisen und Termiten	130
4.2.2.2	Schmetterlinge	131 - 134
4.2.2.3	Wie fliegen Fliegen ?	135 - 136
4.2.2.4	Hautflügler und Libellen	137 - 139

I

4.3	Fliegende und gleitende Wirbeltiere	140 - 174
4.3.1	Fliegende Urtiere	141 - 144
4.3.2	Die Vögel	145 - 153
4.3.3	Gleitflug von Fischen	154 - 156
4.3.4	Gleitflug von Reptilien	157 - 160
4.3.5	Gleitende Amphibien	161 - 163
4.3.6	Gleitende und fliegende Säugetiere	164 - 174
	Übersicht	165
4.3.6.1	Fledermäuse – Allgemeines	166 - 169
4.3.6.2	Flughunde	170 - 172
4.3.6.3	Gleithörnchen	173
4.3.6.4	Gleitende Lemuren	174
4.4	Gleiten und Fliegen des Menschen	175 - 189
4.4.1	Der Traum vom Fliegen mit Flügeln	176 - 179
4.4.2	Die ersten Gleit- und Flugapparate	180 - 182
4.4.3	Der Zeppelin	183
4.4.4	Das Segelflugzeug	184
4.4.5	Der Jumbo-jet Boeing 747 – 81	185 - 187
4.4.6	Der Hubschrauber oder Helikopter	188 - 189
A-4	Anhang	
R-4	Referenzen	R-4-0 - R-4-18

J

5.	Luftverschmutzung - Giftgase – Radioaktiver Fallout	pp	190 - 244
5.1	Allgemeine Aspekte		191 – 194
5.2	Primärschadstoffe		195 – 208
5.2.1	Kohlenstoffdioxid CO ₂		196 – 197
5.2.2	Kohlenmonoxid CO		198 – 199
5.2.3	Stickstoffoxide NO _x		200 – 201
5.2.4	Methan CH ₄		202 – 203
5.2.5	Schwefeloxide		204 – 206
5.2.6	Ammoniak NH ₃		207 - 208
5.3	Toxische organische Moleküle		209 – 220
5.3.1	Flüchtige organische Verbindungen		210 - 211
5.3.2	Persistente organische Schadstoffe (POP's)		212 - 215
5.3.3	Das Seveso- Unglück mit Dioxin		216 - 217
5.3.4	Die Bhopal- Katastrophe		218 - 220
5.4	Dynamik von Sekundärschadstoffen		221 - 237
5.4.1	Feinstaub: Kategorien - Partikelgrößen		222 – 224
5.4.2	Cunningham-Korrektur – Viskosität		225 - 226
5.4.3	Gesetz von Stokes mit Cunningham-Korrektur		227
5.4.4	Sinkgeschwindigkeit fallender Partikel in der Luft		228 - 231
5.4.5	Asbest: Morphologie - Eigenschaften – Krankheiten		232 - 234
5.4.6	Nanopartikel – Schadstoffe		235
5.4.7	Die Tschernobyl - Katastrophe		236 - 237

K

5.5	Beispiele von Sekundärschadstoffen		238 – 244
5.5.1	Ozon O ₃		239 – 244
A-5	Anhang		
R-5	Referenzen		R-5-0 – R-5-15
6.	Photosynthese und Atmung von Pflanzen	pp	245 – 270
6.1	Photosynthese		246 – 254
6.2	Zellatmung		255 – 261
6.3	Atmung und Photosynthese von Wasserpflanzen		262 – 270
A-6	Anhang		
R-6	Referenzen		R-6-0 – R-6-6

L

7.	Atmung von Menschen und Tieren	pp 271 - 333
7.0	Tierklassen	272 – 276
7.1	Atmung der Säugetiere	277 - 286
7.2	Atmung der Amphibien	287 - 290
7.3	Atmung der Reptilien	291 - 305
7.4	Atmung der Vögel	306 - 310
7.5	Atmung der Fische	311 - 319
7.6	Atmung der Wirbellosen	320 . 333
7.6.1	Wirbellose – Allgemeines und Beispiele	321 - 323
7.6.2	Insekten	324 - 333
7.6.2.1	Tracheen – Tracheolen – Stigmen	324 – 327
7.6.2.2	Schmetterlinge	328 - 329
7.6.2.3	Ameisen	330
7.6.2.4	Termiten	331
7.6.2.5	Wasserinsekten	332 - 333
A-7	Anhang	
R-7	Referenzen	R-7-0 - R-7-16

M

8.	Ausgewählte Atmosphärische Phänomene	pp 334 - 373
8.1	Gewitterwolken, Blitz und Donner	335 - 350
8.1.1	Entstehung und Struktur von Gewitterwolken	336 - 338
8.1.2	Elektrische Ladungen in einer Gewitterwolke	339 - 342
8.1.3	Entstehung und Eigenschaften des Donners	343 - 344
8.1.4	Gefahren von Blitzen und Blitzschutz	345 - 347
8.1.5	Fraktale Eigenschaften von Blitzen	348
8.1.6	Kugelblitze - Beobachtungen und Eigenschaften	349 - 350
8.2	Erdmagnetfeld, Sonnenwind, Magnetoplasma und Polarlichter	351 - 361
8.2.1	Innerer Aufbau der Erde und Erdmagnetfeld	352
8.2.2	Sonnenwind und Magnetfeld	353 - 357
8.2.3	Das Polarlicht – Entstehung	358 - 361
8.3	Heaviside-Schicht, Kurzwellen und Kurzwellensender	362 - 365
8.3.1	Die Ionosphäre mit Kennelly-Heaviside-Schicht	363
8.3.2	Die Kennelly-Heaviside-Schicht und Kurzwellenrundfunk	364 - 365
8.4	Weitere Atmosphärische Phänomene	366 - 373
8.4.1	Der Regenbogen	367
8.4.2	Halos: Entstehung und Form	368
8.4.3	Das Elmsfeuer: Allgemeines und Geschichte	369 - 370
8.4.4	Das Purpurlicht	371
8.4.5	Nachhimmelsleuchten – Airglow	372
8.4.6	«Rote Kobolde», «Elfen» und «Blaue Strahlen»	373
A – 8	Anhang	
R – 8	Referenzen	R-8-0 – R-8-11

N

9.	Atmung in Psychologie, Philosophie und Weltreligionen	pp 374 - 404
9.1	Atmung in der Psychologie	375 – 378
9.2	Atmung in der Philosophie	379 – 380
9.3	Der Atem in den Weltreligionen	381 - 385
9.3.1	Die Weltbevölkerung	382
9.3.2	Die Weltreligionen	383 - 385
9.4	Der Atem in den fünf Weltreligionen	386 - 404
9.4.1	Das Christentum	387 - 391
9.4.1.1	Das Christentum – Allgemeines	388
9.4.1.2	Der Atem und der Heilige Geist	389 - 390
9.4.1.3	Zitate zur Seele und Atem aus dem Neuen Testament	391
9.4.2	Der Islam	392 - 394
9.4.2.1	Der Islam – Allgemeines	393
9.4.2.2	Geist und Atem im Islam	394
9.4.3	Der Hinduismus	395 - 397
9.4.3.1	Der Hinduismus – Allgemeines	396
9.4.3.2	Der Atem im Hinduismus	397
9.4.4	Der Buddhismus	398 - 401
9.4.4.1	Der Buddhismus – Allgemeines	399
9.4.4.2	Die acht Bedeutungen der Buddhistischen Symbole	400
9.4.4.3	Der Atem im Buddhismus	401
9.4.5	Das Judentum	402 - 404
9.4.5.1	Das Judentum – Allgemein	403
9.4.5.2	Der Atem im Judentum	404
A – 9	Anhang	
R – 9	Referenzen	R-9-0 – R-9-8

O

10.	Die Atmosphären von Planeten und Exoplaneten	pp 405 – 500
10.1	Die Atmosphären der Planeten unseres Sonnensystems: Eine Übersicht	pp 406 - 416
10.2	Unser Sonnensystem: Eigenschaften und Atmosphären	pp 417 - 456
10.2.1	Der Planet Merkur	pp 418 - 422
10.2.2	Der Planet Venus	pp 423 – 427
10.2.3	Der Planet Erde	pp 428 - 429
10.2.4	Der Planet Mars	pp 430 - 434
10.2.5	Der Planet Jupiter	pp 435 - 438
10.2.6	Der Planet Saturn	pp 439 - 444
10.2.7	Der Planet Uranus	pp 445 - 451
10.2.8	Der Planet Neptun	pp 452 - 456
10.3	Exoplaneten: Historische Beobachtungen und Beispiele	pp 457 - 481
10.3.1	Beobachtungen von Sternen – Suche nach Exoplaneten	pp 458 - 465
10.3.2	Zur Entdeckung und Systematik von Exoplaneten	pp 466 - 470
10.3.3	Unsere Milchstrassen-Galaxie – Suche nach einer zweiten Erde	pp 471 - 481
10.4	Atmosphären von Exoplaneten	pp 482 - 490
10.5	Exoplaneten im Universum	pp 491 - 500
A – 10	Anhang	
R – 10	Referenzen	pp R-10-0 - R-10-23

P