

Schriften zum Klima





Alexander von Humboldt

Ueber die Hauptursachen  
der Temperatur-Verschiedenheit  
auf dem Erdkörper

Schriften zum Klima

Herausgegeben von  
Thomas Nehrlich und Michael Strobl

Mit einem Geleitwort von  
Stefan Brönnimann und Martin Claussen

Wehrhahn Verlag

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im  
Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

1. Auflage 2023  
Wehrhahn Verlag  
[www.wehrhahn-verlag.de](http://www.wehrhahn-verlag.de)  
Satz und Gestaltung: Wehrhahn Verlag  
Vorsatzpapiere: Siehe S. 403, 416f.  
Druck und Bindung: Mazowieckie Centrum Poligrafii, Warschau

Alle Rechte vorbehalten  
Printed in Europe  
© by Wehrhahn Verlag, Hannover  
ISBN 978–3–86525–990–5

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Zur Aktualität von Humboldts Klimaforschung<br>Geleitwort von Stefan Brönnimann und Martin Claussen                                              | 9   |
| 1. Ueber Grubenwetter und die Verbreitung<br>des Kohlenstoffs in geognostischer Hinsicht                                                         | 29  |
| 2. Ueber die Zersetzung der atmosphärischen Luft durch<br>die reinen Erden, oder über die Oxydabilität der Erden                                 | 44  |
| 3. Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises                                                                                         | 69  |
| 4. Versuche über die eudiometrischen Mittel<br>und das Verhältniß der Bestandtheile der Atmosphäre                                               | 83  |
| 5. Beobachtungen über das Gesetz der Wärmeabnahme<br>in den höhern Regionen der Atmosphäre, und über<br>die untern Gränzen des ewigen Schnees    | 123 |
| 6. Versuch über die astronomische Strahlenbrechung<br>in der heißen Zone für Höhenwinkel unter 10°,<br>insofern sie von der Wärmeabnahme abhängt | 156 |
| 7. Ueber die Gesetze, welche man in der Vertheilung<br>der Pflanzenformen beobachtet                                                             | 198 |
| 8. Ueber die isothermischen Linien                                                                                                               | 210 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9. Ueber den Einfluß der Abweichung der Sonne<br>auf den Anfang der Aequatorial-Regen                             | 223 |
| 10. Ueber die zunehmende Stärke des Schalls in der Nacht                                                          | 233 |
| 11. Ueber die Gestalt und das Klima des Hochlandes<br>in der iberischen Halbinsel                                 | 242 |
| 12. Von der in verschiedenen Theilen der heißen Zone<br>am Spiegel des Meeres Statt findenden Temperatur          | 261 |
| 13. Beobachtung eines Nordlichts in Berlin                                                                        | 270 |
| 14. Ueber die Hauptursachen<br>der Temperatur-Verschiedenheit auf dem Erdkörper                                   | 271 |
| 15. Ueber die allgemeinen Gesetze<br>der stündlichen Schwankungen des Barometers                                  | 292 |
| 16. Betrachtungen über die Temperatur<br>und den hygrometrischen Zustand der Luft<br>in einigen Theilen von Asien | 300 |
| 17. [Über Meeresströme]                                                                                           | 333 |
| 18. The Temperature of Rain-Drops                                                                                 | 365 |
| 19. On Climates Suitable for the Production of Wine                                                               | 368 |
| 20. Bewegungen des Meeres                                                                                         | 378 |

## Anhang

|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| Emendationen                                 | 385 |
| Klimatologie in Alexander von Humboldts Werk |     |
| Nachwort von Michael Strobl                  | 391 |
| Editorische Notiz                            | 445 |
| Quellenverzeichnis                           | 448 |
| Dank                                         | 460 |





## Zur Aktualität von Humboldts Klimaforschung

Geleitwort von Stefan Brönnimann und Martin Claussen

»Ich hätte diese Betrachtungen [...] mit einer Untersuchung der Veränderungen schliessen können, welche der Mensch auf der Oberfläche des Festlandes durch das Fällen der Wälder, durch die Veränderung in der Vertheilung der Gewässer und durch die Entwicklung grosser Dampf- und Gasmassen an den Mittelpunkten der Industrie hervorbringt. Diese Veränderungen sind ohne Zweifel wichtiger, als man allgemein annimmt«, schreibt Humboldt in dem Bericht über seine Reise durch Zentralasien, die er im Auftrag des Zaren 1829 unternommen hatte (Humboldt 1844, S. 214). Allerdings, so fährt Humboldt fort, seien »unter den zahllos verschiedenen, zugleich wirksamen Ursachen, von denen der Typus der Klimate abhängt, [...] die bedeutsamsten nicht auf kleine Localitäten beschränkt, sondern von Verhältnissen der Stellung, Configuration und Höhe der Bodens und von den vorherrschenden Winden abhängig, auf welche die Civilisation keinen merklichen Einfluss ausübt.« (Ebd.) Dem weltreisenden Naturforscher und sorgfältigen Naturbeobachter war also schon am Anfang des 19. Jahrhundert bewusst, dass der Mensch seine Umwelt und damit auch das Klima beeinflusst. Aber er konnte sich noch nicht vorstellen, dass der Mensch zukünftig sogar die Klimazonen verschieben und das globale Klima ändern könnte.

Was wusste Humboldt bereits über die Physik und Chemie der Atmosphäre und das Klima? Wo führte er Ansätze seiner Zeitgenossen weiter und wo brachte er radikale, neue Sichtweisen ins Spiel? Wie hat Humboldt seine wissenschaftlichen Ideen strukturiert, und wie aktuell sind Humboldts Gedanken und Forschungsansatz

heute? Die vorliegende Auswahl von klimatologischen und meteorologischen Schriften Humboldts aus den Jahren 1795 bis 1847 versucht darauf eine Antwort zu geben.

## Beschaffenheit des Luftkreises

In seinem vermutlich berühmtesten Werk, dem *Kosmos* (1845–1862), dem »Entwurf einer physischen Weltbeschreibung«, definiert Humboldt rückblickend auf sein bisheriges Schaffen das Klima in seiner ganzheitlichen Wirkung auf den Menschen: »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 electricen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre oder die Vermengung mit mehr oder minder schädlichen gasförmigen Exhalationen, endlich den Grad habituel-ler 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.« (Humboldt 1845–1862, Bd. 1, S. 340).

Diese einflussreiche Klimadefinition kann gleichsam als Humboldts Synthese zu seinen Klimaschriften gelesen werden. In seinen Arbeiten zeigt sich Humboldt als sorgfältiger Wissenschaftler mit dem Blick fürs Ganze, der stets den Menschen in den Mittelpunkt stellt, gleichzeitig immer nach den zugrundeliegenden physikalischen Vorgängen fragt (obwohl er diese nicht mathematisch fassen kann) und sich nie mit rein deskriptiven Aussagen zufriedengibt.

Klima wirkt, so Humboldt, nicht nur durch physikalische Eigenschaften wie Temperatur und Feuchtigkeit, sondern auch durch die chemische Zusammensetzung der Luft auf den Men-

schen. Diese Erkenntnis spiegelt sich bereits in seinen frühen Klimaschriften wider und markiert damit gleichzeitig Ausgangspunkt und Endpunkt für Humboldts Beschäftigung mit dem Thema.

In diesen frühen Jahren, als Oberbergmeister und wenig später als Oberberggrat im preußischen Staatsdienst in Freiberg, untersucht Humboldt die »unterirdische Meteorologie«, das Grubenwetter (siehe Text Nr. 1, »Ueber Grubenwetter und die Verbreitung des Kohlenstoffs in geognostischer Hinsicht«, 1795). Humboldt weiß, dass wir auf dem »Boden eines Luftmeers wohnen, dessen Tiefe wir nicht kennen«, womit er Evangelista Torricelli (1608–1647), den Erfinder des Barometers, fast wörtlich zitiert. Er begreift, dass die Zusammensetzung der Luft aus einem Zusammenwirken von Geosphäre – den Gesteinen und den Böden – und Atmosphäre entsteht. Kennzeichnend für Humboldt ist, dass er nicht nur die chemische Zusammensetzung der Grubenluft analysiert, sondern auch die Wirkung dieser Zusammensetzung auf den Menschen in zum Teil waghalsigen Selbstversuchen studiert. (Selbstversuche waren ein wichtiger Bestandteil von Humboldts empirischem Wissenschaftsverständnis, vgl. Heyl 2007 sowie Finger, Piccolino und Stahnisch 2013a und 2013b). Zudem gibt er sich nicht mit einer naturwissenschaftlichen Analyse des Grubenwetters zufrieden, sondern nutzt seine Erkenntnisse für praktische Maßnahmen zum Schutze der Bergleute, um neue Grubenlampen und Atemschutzgeräte zu konstruieren.

Die »unterirdische Meteorologie« führt Humboldt durch chemische Analysen der Atmosphäre fort. Zunächst konzentriert er sich auf Messungen des  $\text{CO}_2$ -Gehalts der Luft (siehe Text Nr. 3, »Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises«, 1799), wofür er eigens ein Messinstrument entwickelt. Humboldt erkennt, dass »Kohlensäure [gemeint ist  $\text{CO}_2$ ] kein zufälliger, sondern ein allgemein verbreiteter Bestandtheil der Atmosphäre« ist. Zudem stellt er einen Jahresgang des Kohlendioxid-Gehalts fest, der »keinesweges in den hygrometrischen Verhältnissen des Luftkreises gegründet ist«, den er aber noch nicht erklären kann. Eben-

falls stellt Humboldt Abschätzungen der Sauerstoff-Konzentration der Atmosphäre an, die er allerdings für variabel hielt.

Zwei weitere bahnbrechende Aufsätze zur Chemie der Atmosphäre sind erwähnenswert. Humboldt untersucht die Änderung des Sauerstoffgehaltes durch »Absorbtion [...] vermittelt der Erden« auch im Hinblick auf »vielleicht interessante Entdeckungen in Ansehung des Ackerbaus« (siehe Text Nr. 2, »Ueber die Zersetzung der atmosphärischen Luft durch die reinen Erden, oder über die Oxydabilität der Erde«, 1799). Er erkennt, dass der Boden Sauerstoff aufnehmen und »ganz reinen Stickstoff [...] bilden« kann. Offenbar, so Humboldt, hängt die Absorptionsfähigkeit nicht nur von der Art des Bodens (der »Erden«) ab, sondern auch von der Landnutzung, dem Pflügen und dem Ausbringen von Pflanzen. Er sieht Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff als die wichtigsten Elemente aller Lebensformen und daher die damit verbundenen atmosphärenchemischen Vorgänge als einen wichtigen Teil der Meteorologie. Dies demonstriert wiederum seine umfassende Sicht des Klimas, die physikalische und chemische Prozesse umfasst und die Wirkung auf das Leben ins Zentrum stellt.

Noch fundamentaler ist die zweite Arbeit, welche sich nur mit Sauerstoff und Wasserstoff in der Atmosphäre auseinandersetzt. Zusammen mit Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850), mit dem ihn eine langjährige Freundschaft verband, entdeckte Humboldt, dass das gasförmige Wasser zu zwei Teilen aus Wasserstoff und einem Teil aus Sauerstoff besteht (siehe Text Nr. 4, »Versuche über die eudiometrischen Mittel und über das Verhältniß der Bestandtheile der Atmosphäre«, 1805). Damit hatten Gay-Lussac und Humboldt die volumetrische Zusammensetzung von Wasser gefunden, wahrlich eine weitreichende Entdeckung. (Dass die volumetrische Zusammensetzung gleichzeitig die chemische Formel  $H_2O$  ist, konnten die beiden nicht wissen, da der Molekülbegriff noch nicht existierte.) Außerdem bestimmten sie den Anteil des Sauerstoffs in der Atmosphäre auf konstant 21% (und gaben die Genauigkeit ihrer Messung mit 1‰ an).

## 1. Ueber Grubenwetter und die Verbreitung des Kohlenstoffs in geognostischer Hinsicht

(Aus einem Briefe an Hrn. Prof. *Lampadius*  
von Hrn. F. A. v. *Humboldt*.)

So wenig ich auch gestimmt bin, meine erst seit fünf Jahren ununterbrochen fortgesetzten geognostischen Beobachtungen zu *vereinzeln*, und in ihrer jetzigen *Unreife* bekannt zu machen; so kann ich doch, nach so langem öffentlichen Stillschweigen, dem Wunsche nicht widerstehn, mich mit Ihnen über Ihre scharfsinnigen chemischen Bemerkungen, (im N. Bergm. Journal B. 1. S. 79.) zu unterhalten. Ich freue mich unendlich, daß ein Mann von Ihrem Talente sich an die Untersuchung unsrer Wetter macht. In einem Gebirge arbeitend, wo der Mangel derselben mir so oft das Fahren erschwert, wo die *irrespirablen* Gasarten und *Mangel des Lichtstoffs rachitische* Knochen bey Grubengängen hervorbringen, bin ich mit mannigfaltigen Versuchen darüber beschäftigt <sup>[100]</sup> gewesen. Wenn es lehrreich ist, in der Geognosie zu lernen, wie die Natur einfache Foßilien gemengt hat; so gehörte es wohl auch zu einer Naturbeschreibung, die Mischungen und *Umhüllungen* zu charakterisiren, in denen reines und geschwefeltes Wasserstoffgas, Stickluft, kohlenaures Gas u. s. f. im Innern der Erde vorkommen. Von diesen *Umhüllungen* aber hängt die Ausführbarkeit wichtiger praktischer Vorrichtungen, Durchschläge, Fortbetrieb eines Orts, Unwirksamkeit einer Wettermaschine etc. ab. Wer nur die einfachen Gasarten unsrer Laboratorien kennt, scheitert in der Diagnose unsrer Grubenwetter, wie der Geognost an innig gemengtem Grünstein oder Syenitschiefer. An diesen Umhüllungen liegt es, warum sich das

Wasserstoffgas an der Firste so schwer entzünden läßt, warum die Kohlensäure im *hydrogene pesant* sich auf ausgesetztem Kalkwasser oft nicht niederschlagen will, warum, (wie ich schon in Hr. *Scherers* antiphl. Chemie des *Mayow* angemerkt,) Häuer athmen, wo kein Grubenlicht mehr brennt. Hr. *Fourcroy* hat uns in seiner meisterhaften *Philosophie chymique* die Auflösung eines Metalls, des Arséniks, in Wasserstoffgas kennen gelehrt. Ich äusserte diese Vermuthungen schon früher durch den gasförmigen Zustand des Schwefels im geschwefelten Wasserstoffgase, durch die tödtende Wirkung gewisser nicht schlagender Wetter, und hauptsächlich durch die Beobachtung gewisser *Gangdrusen* darauf geleitet, in denen die Erze von einer Seite, wie angehaucht, als Niederschläge aus gasartigen Solutionen, erscheinen. In der dephlogistisirten salzsauren Luft sehen wir ja <sup>[101]</sup> vor unsern Augen feste Körper, (wie die reine Kohle des Diamants,) luftförmig werden, und aus dem Luftzustande zusammengerinnen. Hat Hr. *Lichtenberg* in seinen trefflichen geologischen Phantasien zum Scherz, wie im Ernst weiland Anaximenes, nicht schon Granit und Gneuß aus der Luft herabhageln lassen. Ja! Sie sollen nächstens in Hr. *Grens* Journal etwas geognostisches über Hagelkörner lesen, die ich mit sechsseitigen, 3 Linien langen, Tafeln, (vollkommene Schwerspathkrystallisation,) besetzt fand. So müssen Chemie, Physik und Geognosie sich die Hände bieten.

Doch, ich kehre zu den Wettern zurück! Wenn ich Versuchen trauen darf, die ich vor zwey Jahren über die Wetter eines alten halbzerbrochenen Stollens anstellte, so löst das Wasserstoffgas auch das Eisen auf. Ich konnte zur Wiederholung der Versuche nachmals mir nicht dieselben Wetter wieder verschaffen; denn es ist interessant, obgleich widrig für den untersuchenden Chemisten, zu sehen, wie in *einer* Firste, auf *einer* Strecke, im Vorgesümpfe *eines* Schachtes, von Tage zu Tage die Natur der Grubenwetter sich ändert. Ich habe oft sagen hören, unsre Wetter seyen Stickluft, brennbare Luft u. s. f. Das ist sehr bequem zu glauben, noch bequemer zu sagen. Man bezeichnete ja ehemals auch Granit, Glim-

merschiefer, Sienit, Gneuß mit dem Nahmen einer Gebirgsart. Jetzt unterscheidet man diese Gemenge, und so wird man nach und nach auch die Gemische der unterirdischen Gasarten zu zerlegen wissen. *Hydroge*<sup>[102]</sup>*ne pesant* finde ich freylich am weitesten verbreitet, aber selbst dies in welchen Abänderungen, in welcher Verschiedenheit der specif. Schwere der Wärmeleitung des Nachtheils für Respiration und Grubenlicht! Man glaube ja nicht, das quantitative Verhältniß des Gemisches sey daran Schuld. Dies widerlegen meine synthetischen Gegenversuche in wohl calibrirten Gefäßen. Aber ein Minimum von Stickstoffgas, von geschwefelten Wasserstoffgas mit Kohlensäure verbunden, und wer weiß welche andre feste Körper, (die man noch nicht abzuscheiden, ihres Wärmostoffs, und damit ihrer Elasticität, zu berauben versteht,) scheinen die sonderbarsten Umhüllungen sonst bekannter Stoffe zu veranlassen. Leider wird in den bisherigen chemischen Schriften von den Grubenwettern, wie von der Atmosphäre des Dörfel oder der Mondalpen geurtheilt; und doch behaupte ich, ist ihre *feinste Analyse* unendlich wichtig für das Menschengeschlecht, wichtig für den praktischen Theil unsers Metiers. Diese Analyse wird auf sehr einfache chemische Gegenmittel führen. Ohne dieselbe wird man beym *Wetterwechsel* stehen bleiben, und (wie ich selbst gesehn) verdorbene Luft durch verdorbene Luft wegblasen.

Daß die unterirdischen Pflanzen die Grubenzimmerung zerstören ist bekannt genug; aber sie haben noch einen andern wesentlichen Nachtheil. Viele von ihnen, (wie mich schon bekannt gemachte Versuche gelehrt haben,) hauchen ununterbrochen, (sie kennen ja keine Abwechselung der Jahrs- und Tageszeit, <sup>[103]</sup> genießen ewiger Frühlingsnacht!) hauchen, sag' ich, ununterbrochen Wasserstoffgas aus. Sie zersetzen das Wasser unendlich schnell, assimiliren vielleicht den einen Bestandtheil desselben, das Oxygene ihrer durch diese Anhäufung *weißen* Fiber, und geben den andern Bestandtheil von sich. So bereiten sich diese sonderbaren Pflanzengattungen eine eigene, sie umhüllende, Atmosphäre, und nur in dieser gedeihen sie: denn unter Glocken mit Lebensluft fand

In: Karl Mager, *Lesebuch zur Encyklopädie enthaltend 250 Abhandlungen und Bruchstücke aus 174 Schriften von 129 Autoren über Gegenstände aus allen Gebieten der Wissenschaft*, Zürich: Meyer und Zeller 1847, S. 88–90.

## 20. Bewegungen des Meeres

(A. v. Humboldt, Kosmos I. [1845] S. 324–330.)

Störungen des Gleichgewichts und die dadurch erregte Bewegung des Wassers sind: theils unregelmäßig und vorübergehend vom Winde abhängig, und Wellen erzeugend, die fern von den Küsten im offenen Meere, im Sturm, über 35 Fuß Höhe ansteigen; theils regelmäßig und periodisch durch die Stellung und Anziehung der Sonne und des Monds bewirkt (Ebbe und Fluth); theils permanent, doch in ungleicher Stärke, als pelagische Strömung. Die Erscheinungen der Ebbe und Fluth, über alle Meere verbreitet (außer den kleinen und sehr eingeschlossenen, wo die Fluthwelle kaum oder gar nicht merklich wird), sind durch die Newton'sche Naturlehre *vollständig* erklärt, d. h. »in den Kreis des Nothwendigen zurückgeführt.« Jede dieser periodisch wiederkehrenden Schwankungen des Meerwassers ist etwas länger als ein halber Tag. Wenn sie im offenen Weltmeer kaum die Höhe von einigen Füßen betragen, so steigen sie als Folge der Configuration der Küsten, die sich der kommenden Fluthwelle entgegensetzen, in St. Malo zu 50, in Acadien zu 65 bis 70 Fuß. »Unter der Voraussetzung, daß die Tiefe des Meeres vergleichungsweise mit dem Halbmesser der Erde nicht bedeutend sei, hat die Analyse des großen Geometers Laplace bewiesen, wie die *Stetigkeit* des Gleichgewichts des Meeres fordere, daß die Dichte seiner Flüssigkeit *kleiner* sei als die mittlere Dichte der Erde. In der That ist die letztere, wie wir oben gesehen, fünfmal so groß als die des Wassers. Das hohe Land kann also nie überfluthet werden, und die auf den Gebirgen gefundenen Ueberreste von Seethieren können keinesweges durch ehemals höhere



Fluthen (durch die Stellung der Sonne und des Mondes veranlaßt) in diese Lage gekommen sein.« Es ist kein geringes Verdienst der Analyse, die in den unwissenschaftlichen Kreisen des sogenannten bürgerlichen Lebens vornehm verschmäht wird, daß Laplace's vollendete Theorie der Ebbe und Fluth es möglich gemacht hat, in unseren astronomischen Ephemeriden die Höhe der bei jedem Neu- und Vollmonde zu erwartenden Springfluthen vorherzuverkündigen und so die Küstenbewohner auf die eintretende, besonders bei der Mondnähe noch vermehrte Gefahr aufmerksam zu machen.

Oceanische *Strömungen*, die einen so wichtigen Einfluß auf den Verkehr der Nationen und auf die klimatischen Verhältnisse der Küsten ausüben, sind fast gleichzeitig von einer Menge sehr verschiedenartiger, theils großer, theils scheinbar kleiner Ursachen abhängig. Dahin gehören: die um die Erde fortschreitende *Erscheinungszeit* der Ebbe und Fluth; die Dauer und Stärke der herrschenden Winde; die durch Wärme und Salzgehalt unter verschiedenen Breiten und Tiefen modificirte Dichte und specifische Schwere der Wassertheilchen; die von Osten nach Westen successiv eintretenden und unter den Tropen so regelmäßigen *stündlichen* Variationen des Luftdruckes. Die Strömungen bieten das merkwürdige Schauspiel dar, daß sie von bestimmter Breite in verschiedenen Richtungen das Meer *flussartig* durchkreuzen, während daß nahe Wasserschichten unbewegt gleichsam das Ufer bilden. Dieser Unterschied der bewegten und ruhenden Theile ist am auffallendsten, wo lange Schichten von fortgeführtem Seetang die Schätzung der Geschwindigkeit der Strömung erleichtern. In den unteren Schichten der Atmosphäre bemerkt man bei Stürmen bisweilen ähnliche Erscheinungen der begrenzten Luftströmung. Mitten im dichten Walde werden die Bäume nur in einem schmalen Längestreifen umgeworfen.

Die allgemeine Bewegung der Meere zwischen den Wendekreisen von Osten nach Westen (*Aequatorial-* oder *Rotationsstrom* genannt) wird als eine Folge der fortschreitenden Fluthzeit und

# Alexander von Humboldts Klima-Forschung

Nachwort von Michael Strobl<sup>1</sup>

Alexander von Humboldt gilt als Begründer der modernen Klimatologie und als Vordenker der Ökologie. Er »kannte das Wort ›Umweltgeschichte‹ noch nicht. Aber die Sache hatte er, ganz nebenbei, erfunden«.<sup>2</sup> In seinen Buchwerken beschrieb er Eingriffe des Menschen in Ökosysteme und deren Veränderung (*Relation historique*, 1814–1831), erkannte und benannte die Faktoren eines anthropogenen Klimawandels (*Asie Centrale*, 1843) und formulierte eine bis heute gültige Klima-Definition (*Kosmos*, Band 1, 1845). Von einer klimatologischen Zusammenfassung im *Kosmos* abgesehen (der »*meteorologische Theil* des Naturgemäldes«), verfasste Humboldt jedoch keine zusammenhängende Darstellung der damaligen Klimaforschung.<sup>3</sup> Seine im weitesten Sinne klimatologischen Beiträge sind in seinen *Schriften*, also in seinen Aufsätzen, Artikeln und Essays zu finden. Mit seinen Beiträgen begründete Humboldt teils eigene Disziplinen (Pflanzengeographie und Ozeanographie), veränderte die moderne Klimatologie grundlegend (durch die Isothermenlinien) und machte lange tradierte klima-

1 Dieser Text erschien zuerst als Transversalkommentar »Umwelt und Klima« der Berner Ausgabe und wurde für diesen Band überarbeitet und aktualisiert, vgl.: Alexander von Humboldt: *Sämtliche Schriften* (Aufsätze, Artikel, Essays), Berner Ausgabe, 7 Textbände und 3 Ergänzungsbände, herausgegeben von Oliver Lubrich und Thomas Nehrich, Mitarbeit Sarah Bärtschi und Michael Strobl, München: dtv 2019, Band 10 (Forschungsband), S. 311–342.

2 Jürgen Osterhammel, »Alexander von Humboldt«, S. 131.

3 *Kosmos*, Band 1, S. 304–364, hier S. 364.

deterministische Anthropologien der Aufklärung obsolet. Die einschlägigsten dieser *Schriften* liegen nun in diesem Band vor.<sup>4</sup>

Dass Humboldts insbesondere auch theoretischer Einfluss auf die Entwicklung der Klimatologie schon vor der heute oft zitierten Klima-Definition des *Kosmos* von seinen Zeitgenossen – und nicht erst aus historischer Perspektive – gewürdigt wurde, zeigt ein Eintrag aus Johann Samuel Traugott Gehler's *Physikalischem Wörterbuch* von 1837: »Die neueste Periode der Meteorologie beginnt mit den gehaltvollen Bemühungen Al. v. Humboldt's [...]. Ohne eine eigentliche Meteorologie zu verfassen, enthalten seine in verschiedenen Zeitschriften zerstreuten Briefe und die Berichte seiner ausgedehnten Reisen so zahlreiche und genaue Beobachtungen, daneben eine Zusammenstellung der verschiedenen Gestalten, unter denen sich die nämlichen Phänomene in anderen Himmelstrichen zeigen, und insbesondere so tiefe Einblicke in die Ursachen und Gesetze, welche dieselben erzeugen und modificiren, daß [...] der reiche Schatz an Thatsachen den Physikern eine sichere Grundlage ihrer Forschung geben mußte.«<sup>5</sup>

Im Gegensatz zu zeitgenössischen mathematisch-theoretischen Klimamodellen bezog Humboldt gemäß seinem transdisziplinären Wissenschaftsmodell lokale, regionale und globale Vorgänge in klimawissenschaftliche Überlegungen ein und hatte stets die Wechselwirkung von Mensch und Umwelt im Blick. Aufgrund der Erkenntnisse seiner klimatologischen Fallstudien – in Südamerika zum Valencia-See im heutigen Venezuela und in Zentralasien zum schrumpfenden Aralsee – forderte er Nachhaltigkeit in der Naturnutzung, besonders in der Holz- und Wasserwirtschaft. Seine Studien erfassten Zusammenhänge, die nach Ernst Haeckels

4 Weitere Texte Humboldts, auf die in diesem Nachwort hingewiesen wird, finden sich neben der gedruckten Ausgabe von Humboldts *Sämtlichen Schriften* inzwischen online unter [www.humboldt.unibe.ch/text](http://www.humboldt.unibe.ch/text).

5 Johann Samuel Traugott Gehler, *Physikalisches Wörterbuch*, S. 1824–1825.

Definition von 1866 und nach heutigem intuitiven Verständnis ökologisch zu nennen sind.<sup>6</sup> Humboldts Wissenschaftskonzept, »die Erscheinungen der körperlichen Dinge in ihrem allgemeinen Zusammenhange, die Natur als ein durch innere Kräfte belebtes Ganze aufzufassen«,<sup>7</sup> führte in ihrem ganzheitlichen Anspruch zu klimatologischen Fragestellungen, da die Klimatologie selbst ein interdisziplinäres Feld von Atmosphärenchemie, Meteorologie, Ozeanographie, Geographie und Geologie ist.<sup>8</sup> Humboldt betrieb die Analyse der Atmosphäre unter Tage, beschrieb alpine Klimazonen z. B. in den Tropen sowie die Vegetation und deren vertikale Zonierung. Auch die politische Ökonomie der Kolonialreiche, deren Produktionsbedingungen, Energiegewinnung und mangelnde Nachhaltigkeit bei der Ressourcennutzung geriet in seinen Blick.

Klimatologische Themen ziehen sich durch Humboldts gesamtes wissenschaftliches Schaffen. Dazu zählen frühe Schriften zur unterirdischen Meteorologie der Grubenwetter und der chemischen Zusammensetzung der oberirdischen wie der unterirdischen Atmosphäre.

Humboldt betrieb, auch auf seinen eigenen Ersteigungen z. B. des Chimborazo und des Vesuvs, Hochgebirgsmeteorologie und verglich weltweit die Höhen des ewigen Schnees. Er arbeitete so zum Gesetz der Wärmeabnahme in der Höhe in verschiedenen Breiten.

Er widmete sich regionalen und globalen Unterschieden des Klimas in Dichte, Luftdruck, Temperatur, Sonneneinstrahlung und Feuchtigkeit in den Tropen, in Zentralasien und in Europa und spürte auch in regionalen und spezifischen Klimabeobachtungen allgemeinen Gesetzen nach.

6 Vgl. u. a. Ulrich Grober, »Humboldt, Haeckel und 150 Jahre Ökologie«.

7 *Kosmos*, Band 1, S. 493.

8 Für die Wissenschaftsgeschichte des Klima-Begriffs vgl. Franz Mauelshagen, »Ein neues Klima«.

Humboldt entwickelte die bahnbrechende Visualisierungsmethode der Isothermenlinien, welche die moderne Klimatologie auf eine synoptische Grundlage brachte und die augenfällig machte, dass traditionelle Klima-Anthropologien der Aufklärung nicht zutrafen, die die Unterlegenheit der ›Neuen Welt‹ gegenüber der ›Alten‹ postulierten hatten.

Er beschäftigte sich ebenso mit der Schallausbreitung in kalten Luftschichten und beschrieb den heute nach ihm benannten Humboldt-Effekt der nächtlichen Zunahme des Schalls.

Schließlich maß und verglich er die Wassertemperaturen des Atlantiks, des Pazifiks und der Ostsee und beschrieb den später nach ihm benannten Humboldt-Strom. Damit stieß er zugleich die Entwicklung der modernen Ozeanographie an.

## 1. Forschungsschwerpunkte

Unterirdische Meteorologie, Chemie des ›Luftozeans‹ und optische Phänomene der Atmosphäre

Humboldt arbeitete als preußischer Bergbaubeamter zur Chemie und zur Zusammensetzung der Atmosphäre unter Tage.<sup>9</sup> In der Schrift »Ueber Grubenwetter und die Verbreitung des Kohlenstoffs in geognostischer Hinsicht« (1795, siehe Text 1 dieser Auswahl) definierte er eine »unterirdische Meteorologie«. Es geht um die Zusammensetzung der unterirdischen Atmosphäre, um deren Zusammenwirken mit der Geosphäre, um chemische Prozesse unterirdischer Pflanzen und um physiologische Auswirkungen auf die Bergleute, die Humboldt in drastischen Experimenten (»Gießen Sie in Ihr Zimmer 5–6 Bouteillen brennbares Gas aus, so vertheilt es sich gleichmäßig an die Decke«) und Selbstversuchen erforschte

9 Vgl. Rembert Watermann, »Alexander von Humboldts Untersuchungen«.

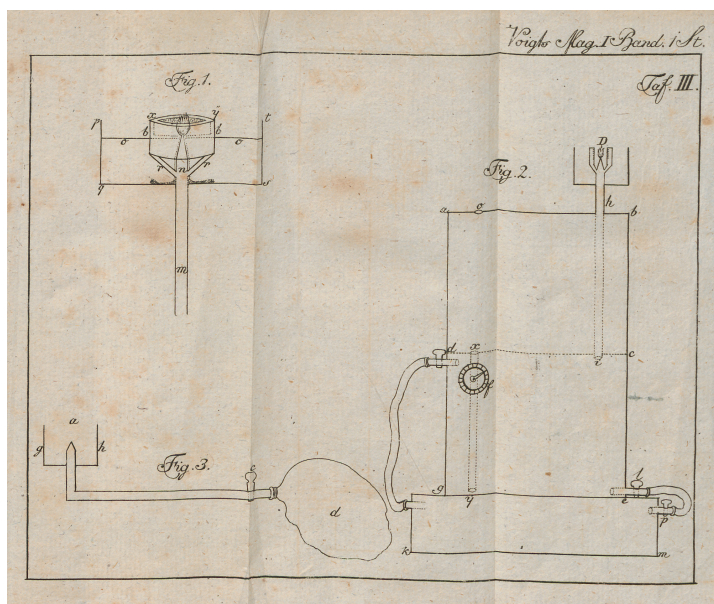


Abbildung 1: Humboldts »Rettungsapparat, in den Gruben und Minengängen, bey bösen Wettern und Pulverdampf«.

(»Ich habe [...] mit Erstaunen gesehen, welche Menge Hydrogene man ohne Gefahr einziehn könne. Dagegen erregt kohlenaures Gas [...] beängstigende, ermattende Empfindungen.«). Zeitgleich entwickelte er eine Grubenlampe (»Lebensluftlampe«) und ein Atemgerät, das vor schädlichen Grubenwettern schützen sollte.<sup>10</sup>

In »Versuche über die chemische Zerlegung des Luftkreises« (1799, Text 3, ausgezogen und teils kommentiert von Achim von

10 »Ueber die einfache Vorrichtung, durch welche sich Menschen stundenlang in irrespirablen Gasarten, ohne Nachtheil der Gesundheit, und mit brennenden Lichtern aufhalten können; oder vorläufige Anzeige einer Rettungsflasche und eines Lichterhalters«, in: *Chemische Annalen für die Freunde der Naturlehre, Arzneigelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufakturen* 13:2:8 (1796), S. 99–110; 13:2:9 (1796), S. 195–210.