

Kantschain Dschunga
4406^t
Lat. 27° 51'

Dhawala Giri 4390^t (?)
Lat. 28° 40'

Nanda Dewi, (Djuwah)
Lat. 30° 22'

Purkyl, 3550^t
Lat. 30° 19'

Purk., Oktob. 1818, 3035^t h...
der N. Seite d. Sutlej.
rtels ewig. Schnee
g; eine Crucifere
Astragalus.
nist. verwic.

Lebug Pass, 2978^t; Lat. 30° 19'; Webb, 6 J

GeoAgenda

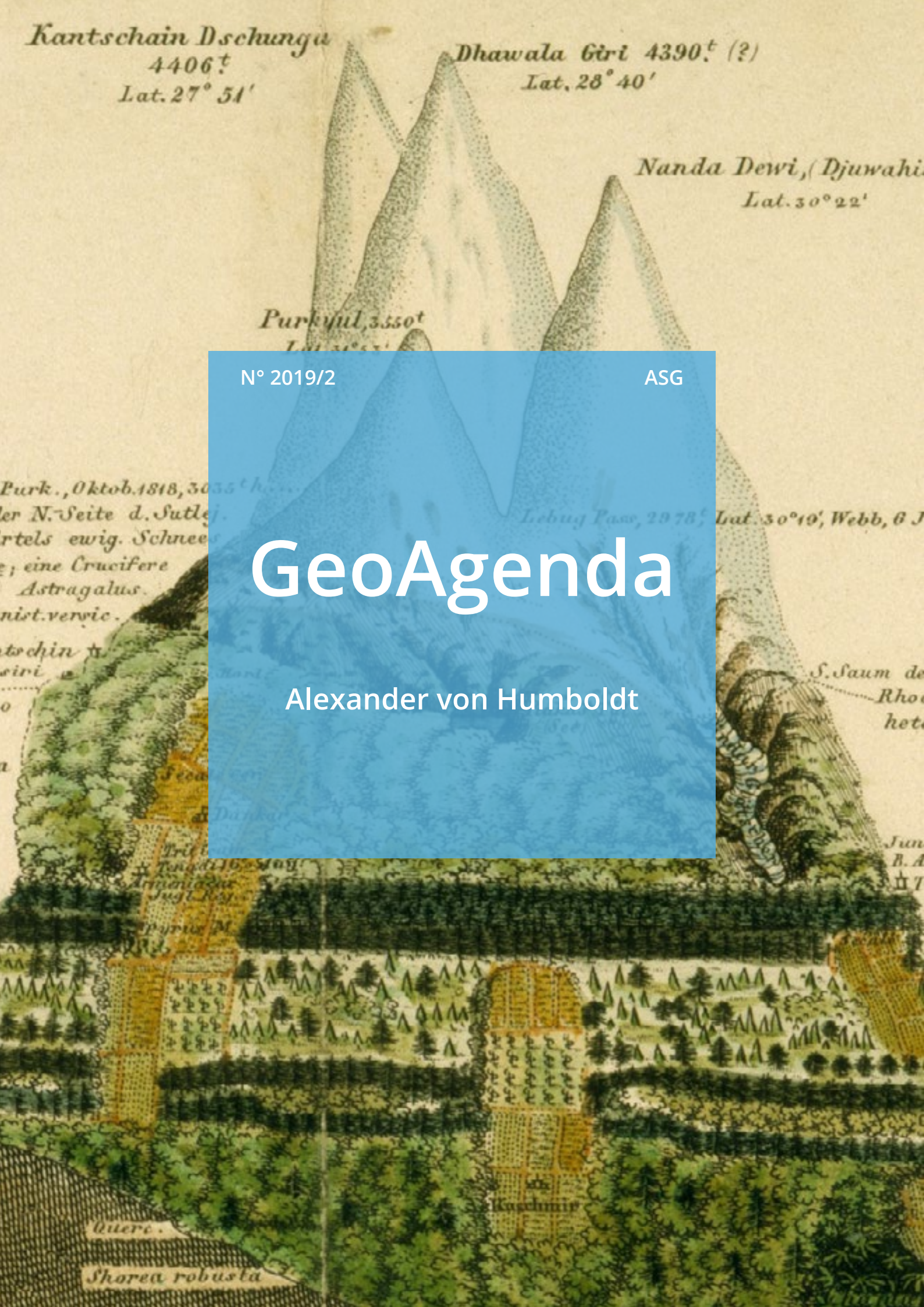
Alexander von Humboldt

S. Saum de
Rho
het

Jun
B. A
17

Querc.
Shorea robusta

Kashmir



Humboldt – Entdecker des anthropogenen Klimawandels?

Zur Debatte:

- ▶ Humboldts allgemeine Definition des Klimas ist kennzeichnend für seine Wissenschaft mit dem Blick für das Ganze, der stets den Menschen in den Mittelpunkt stellt
- ▶ Humboldt spricht sich gegen einen Klimadeterminismus aus
- ▶ Humboldt erkannte und beschrieb die Landnutzung als dominanten Faktor anthropogener Klimabeeinflussung
- ▶ Die Veränderungen im globalen Kohlenstoffkreislauf durch Landnutzung sowie die damit verbundenen Klimaänderungen scheinen Humboldt nicht gegenwärtig gewesen zu sein

Alexander von Humboldt wird in der Literatur manchmal als *Entdecker des anthropogenen Klimawandels* bezeichnet. Doch was wusste Humboldt über die Wechselwirkung zwischen Mensch und Klima und den Einfluss des Menschen auf das Klima? Wie hat er Klima definiert?



Martin Claussen ist Meteorologe und Klimaforscher, Professor für Allgemeine Meteorologie an der Universität Hamburg und Direktor am Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg.

Klima beeinflusst die Menschen

«Der Ausdruck Klima bezeichnet in seinem allgemeinen Sinne alle Veränderungen in der Atmosphäre, die unsere Organe merklich affizieren: die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Veränderungen des barometrischen Druckes, den ruhigen Luftzustand oder die Wirkungen gleichnamiger Winde, die Grösse der electrischen Spannung, die Reinheit der Atmosphäre oder die Vermengung mit mehr oder minder schädlichen gasförmigen Exhalationen, endlich den Grad habitueller 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» (von Humboldt 1845:340)

schrieb Alexander von Humboldt in seinem vermutlich berühmtesten Werk, dem *Kosmos* (1844–1862), dem *Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*. Alexander von Humboldt betrachtete die Umwelt, analysierte die verfügbaren Daten und diskutierte die zugrundeliegenden physikalischen und chemischen Vorgänge. Er beschränkte sich aber nicht nur auf das Naturgemälde, wie er seine Beobachtungen nannte, «wie sie, von der Phanatasie entblösst, der reinen Objectivität wissenschaftlicher Naturbeschreibung angehören» (von Humboldt 1847:3), sondern er fragte auch nach den Empfindungen, den Anregungsmitteln zum Naturstudium, dem Naturgefühl und schliesslich nach der «Geschichte der physischen Weltanschauung (...) der Erkenntniss des Weltganzen» (von Humboldt 1847:135). Und so ist auch die allgemeine Definition des Klimas kennzeichnend für von Humboldts Wissenschaft mit dem Blick für das Ganze, der stets den Menschen in den Mittelpunkt stellte.

Klima wirkt, so von Humboldt, durch physikalische Eigenschaften wie Temperatur und Feuchtigkeit und durch die chemische Zusammensetzung der Luft auf den Menschen. Doch wie entscheidend ist dieser Faktor, prägt allein das Klima den Menschen? Von Humboldt sprach sich gegen einen Klimadeterminismus aus, bei dem etwa im Sinne von Ellsworth Huntington (1876–1947) eine Korrelation zwischen Klima, gesellschaftlicher Struktur und wirtschaftlichem Erfolg hergestellt wurde und der sich im 20. Jahrhundert bei einigen Geographen, z. B. dem Hamburger Geographen



Abb.1: Klima verändert den Menschen, aber «die charakteristischen Unterschiede der Menschenstämme und ihre relative numerische Verbreitung über den Erdkörper ... (sind) nicht durch jene Naturverhältnisse allein, sondern zugleich und vorzüglich durch die Fortschritte der Gesittung ... (also soziokulturelle Entwicklung) bedingt». Die im Berghaus-Atlas veröffentlichte Karte verdeutlicht dies. Der sogenannte Berghaus-Atlas wurde 1859 von Heinrich Berghaus im Julius Perthes Verlag als *Physikalischer Atlas zu Alexander von Humboldts Kosmos* veröffentlicht. Berghaus 2004 [1845–1862], aus: David Rumsey Map Collection.

Siegfried Passarge (von Storch et al. 2019) und auch in der Politik unheilvoll Bahn brach. Humboldt betonte:

«Wenn die Geographie der Pflanzen und Thiere von diesen verwickelten Contrasten der Meer- und Ländervertheilung, der Gestaltung der Oberfläche, der Richtung isothermer Linien (Zonen gleicher mittlerer Jahreswärme) abhängt; so sind dagegen die charakteristischen Unterschiede der Menschenstämme und ihre relative numerische Verbreitung über den Erdkörper ... nicht durch jene Naturverhältnisse allein, sondern zugleich und vorzüglich durch die Fortschritte der Gesittung ... bedingt» (von Humboldt 1845:169f).

Von Humboldt nutzte den Begriff *Rasse* auch im Hinblick auf den Menschen, stellte sich aber gegen Rassismus und war von der Gleichberechtigung des Daseins aller Menschen überzeugt: «Indem wir die Einheit des Menschengeschlechtes behaupten, widerstreben wir auch jeder unerfreulichen Annahme von höheren und niederen Menschenrassen» (von Humboldt 1845:385).

Menschen verändern das Klima

Klima und Klimaveränderungen beeinflussen die Menschen – umgekehrt: Menschen verändern das Klima.

«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» (von Humboldt 1844:214)

sagte von Humboldt 1844 im Bericht über seine Reise durch Zentralasien, die er im Auftrag des Zaren 1829 unternahm. Allerdings, so fuhr von Humboldt fort, seien

«unter den zahllos verschiedenen, zugleich wirkenden 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».

Einen globalen, durch den Menschen verursachten Klimawandel konnte, sich von Humboldt noch nicht vorstellen. Tatsächlich verdichteten sich erst Ende des 20. Jahrhunderts die Hinweise darauf, dass die Menschen das Klima auch in globalem Masse ändern (Hegerl et al. 1996).

Von Humboldt erwähnte in der Liste anthropogener Faktoren der Klimaänderung zuerst die Landnutzung. Dies war vermutlich kein Zufall, denn im 18. Jahrhundert war die Entwaldung in Europa bereits weit vorangeschritten. Viele europäische Länder waren damals deutlich stärker entwaldet als heutzutage. So beklagte Hanns Carl von Carlowitz bereits 1713 in seiner *Sylvicultura Oeconomica* den «insgemein einreissenden grossen Holz Mangel» und forderte einen «Anbau des Holzes (...), dass es eine kontinuierliche beständige und anhaltende Nutzung gebe» (von Carlowitz 1713). In diesem Satz wurde zum ers-

ten Mal der Begriff *Nachhaltigkeit* definiert, ein Begriff, der heute eine Renaissance erlebt und in vielfältiger Hinsicht genutzt wird. Von Humboldt verwendete diesen Begriff in seinem *Kosmos* nicht. Vielleicht kannte er die *Sylvicultura Oeconomica* nicht. Allerdings spiegelt sich der Begriff *Nachhaltigkeit* in von Humboldts Werk wider. Er sah die Folgen des Fällens der Wälder und der Veränderung in der Verteilung der Gewässer auf seiner Forschungsreise in Süd- und Lateinamerika (1799–1804) und beschrieb diese in seinen Tagebüchern. Von Humboldt begnügte sich aber nicht mit einer sorgfältigen Beobachtung und Analyse der anthropogenen Veränderung der Landoberfläche, sondern warnte später eindringlich vor den Folgen der nichtnachhaltigen Landnutzung, wie Frank Holl (2008) in seinem Aufsatz *Alexander von Humboldt – Wie der Klimawandel* entdeckt wurde ausführlich darlegt.

Für die heutige Klimaphysik bemerkenswert sind von Humboldts gründliche Analysen und fundierte Kenntnisse der chemischen und physikalischen Prozesse in der bodennahen Atmosphäre, der Wechselwirkung zwischen der Vegetation und Atmosphäre

sowie der Folgen der Landnutzung auf diese Wechselwirkung. An verschiedenen Stellen, so auch in den Ansichten der Natur analysierte von Humboldt die Wirkung des Waldes auf das bodennahe Klima. Drei Faktoren stellte von Humboldt heraus: «die Schattenkühle, Verdunstung und kälteerregende Ausstrahlung» (von Humboldt 1849:158ff). Dabei ging er ausführlich auf den Strahlungshaushalt im Waldbestand ein und diskutierte die solare Einstrahlung, Reflexion der Einstrahlung und Wärmeausstrahlung durch die Blätter. Die unter anderen von Joseph Fourier (1768–1830) Anfang des 19. Jahrhunderts durchgeführten Untersuchungen zur Emission von Wärmestrahlung von Körpern waren von Humboldt im Prinzip bekannt.

Von Humboldt erfasste die biophysikalischen Prozesse und damit den Einfluss der Wälder auf den Energie- und Wasserkreislauf schon zum grossen Teil. Er wusste auch, dass Wälder Sauerstoff produzieren. Die Änderungen der Kohlenstoffspeicher der Vegetation durch Photosynthese und Respiration von CO_2 erwähnte er nicht, obwohl er das Gas CO_2 (damals oft als Kohlensäure bezeichnet) aus seinen Untersuchungen zur unterirdischen Meteorologie eingehend erforscht hatte (Brönnimann & Claussen 2019).

In seinen Beobachtungen über *die Absorption des Sauerstoffs vermittelt der Erden, und Bemerkungen über den Einfluss dieser Operation auf die Ackerbaukunst* fand von Humboldt, dass der Boden Sauerstoff aufnehmen und «ganz reinen Salpeterstoff [Stickstoff] aus der Atmosphäre ab...sondern» kann. Offenbar, so von 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 (Brönnimann & Claussen voraus. 2019).

Landnutzung ändert nach von Humboldt also nicht nur die Energie- und Wasserflüsse, sondern auch die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre. Er sah Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff als die wichtigsten Elemente aller Lebensformen und daher die damit verbunden chemischen Prozesse in der Atmosphäre als wichtigen Teil des Klimas. Die Veränderungen im globalen Kohlenstoffkreislauf durch Landnutzung und die damit verbunden Klimaänderungen (Claussen 2015) durch den von Fourier 1824 beschriebenen Treibhauseffekt schienen von Humboldt nicht gegenwärtig gewesen zu sein.

Humboldt – Entdecker des Klimawandels?

Entdeckte von Humboldt den Klimawandel, wie Frank Holls Aufsatz nahelegen scheint? Von Humboldt war vermutlich der Erste, der viele Aspekte der Wechselwirkung zwischen Klima und Mensch ausführlich beschrieb. Seine allgemeine Definition des Klimas war wegweisend, ebenso seine Idee, «die Natur als ein durch innere Kräfte bewegtes und belebtes Ganze(s)» (von Humboldt 1845:VI) aufzufassen, eine Idee, die sich erst deutlich später in Vernadskys (1998 [1926] *Biosphäre* (vgl. von Chollier in diesem Heft) oder Lovelocks (1982) *Gaia-Welt* wiederfindet. Von

Humboldt erwähnte die Entwicklung grosser Gasmassen an den Mittelpunkten der Industrie als Klimafaktor. Ob er damit den anthropogenen Treibhauseffekt meinte, lässt sich nicht belegen. Da von Humboldt Klima «im allgemeinen Sinne als alle Veränderungen der Atmosphäre, die unsere Organe merklich affizieren», also auch die Veränderungen in der «Reinheit der Atmosphäre» oder die «Vermengung mit mehr oder minder schädlichen» Gasen, begriff, könnte er damit die zu Beginn der industriellen Revolution rasch zunehmende Luftverschmutzung im Sinn gehabt haben. Die Landnutzung als damals dominanten Faktor anthropogener Klimabeeinflussung erkannte von Humboldt allerdings sehr klar und beschrieb diese eindringlich.

Auch wenn Alexander von Humboldts Ausführungen zum anthropogenen Klimawandel keinen direkten Eingang in die heutige Klimaphysik fanden, so sind sie dennoch wegen ihrer umfassenden, genauen und selbstkritischen Betrachtung und Einbettung in einen grösseren Zusammenhang, in dem der Mensch im Mittelpunkt steht, auch in der heutigen Klimadiskussion aktuell.

Martin Claussen

Literatur

- Berghaus, H. (2004 [1845–1862]): *Physikalischer Atlas*. Köln: Eichborn.
- Brönnimann, S. & M. Claussen (vorrauss. 2019): Vorwort zu «Alexander von Humboldt, Ueber die Hauptursachen der Temperatur-Verschiedenheit auf dem Erdkörper: Meteorologische und und Klimatologische Schriften» (Hrsg. Michael Strobl), Hannover: Wehrhahn.
- Carlowitz, v. H. C. & J. Hamberger (1713): *Sylvicultura Oeconomica*. Leipzig: Johann Friedrich Brauns.
- Claussen, M. (2015): *Vegetation – das grosse Fliegengewicht im Klimasystem*. In: J. Marotzke & M. Stratmann: *Die Zukunft des Klimas*. München: C.H. Beck.
- Hegerl G. C., H. von Storch & K. Hasselmann (1996): *Detecting green-house-gas-induced climate change with an optimal fingerprint method*. In: *Journal of Climate* 9, 2281–2306.
- Holl, F. (2008): *Alexander von Humboldt – Wie der Klimawandel entdeckt wurde*. In: *Die Gazette* 16, 20–25.
- Humboldt, v. A. (1844): *Central-Asien. Untersuchungen zu den Gebirgsketten und zur vergleichenden Klimatologie*. Mit einer Auswahl aus Alexander von Humboldts Reisebriefen und Gustav Roses Reisebericht. Paderborn: Salzwater.
- Humboldt, v. A. (1845): *Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*, Band 1. Tübingen: Cotta.
- Humboldt, v. A. (1847): *Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*, Band 2. Tübingen: Cotta.
- Humboldt, v. A. (1849): *Ansichten der Natur*, Band.1. Stuttgart: Cotta.
- Lovelock, J. (1982): *A New Look at Life on Earth*. Oxford: Oxford Paperbacks.
- Storch, v. H., M. Claussen & C. Gräbel (vorrauss 2019): *Klimaforschung in Hamburg*
- Vernadsky, V. (1998 [1926]): *Biosfera* New York: Copernicus, Springer.



Abb. 2: Humboldt vermass nicht nur das Klima (vgl. Brönnimann in diesem Heft), sondern setzte auch die Vegetationsverteilung und Klima miteinander in Beziehung und analysierte die Wirkung der Landnutzung auf das Klima. Die Abbildung 2 zeigt die Linien gleicher mittlerer Sommertemperatur (Isothernen), die Linien gleicher mittlerer Wintertemperaturen (Isochimenen) und die Verteilung der wichtigsten Kulturpflanzen (Berghaus 2004 [1845–1862], aus: David Rumsey Map Collection).