

Dem Empiriker über die Schulter geschaut

Messen, Sammeln, Ordnen, Darstellen: Humboldts Umgang mit Klimadaten

Zur Debatte:

- ▶ Alexander von Humboldt gelang es, aus nur wenigen Klimabeobachtungen weitreichende Aussagen zu treffen
- ▶ Seine Dateninterpretation beruht auf einem tiefen Verständnis des Klimas
- ▶ Die isothermen Linien sind eine ebenso nützliche wie intuitive Darstellung seiner Interpretation

Humboldt gilt als Wegbereiter der Geographie als empirische Wissenschaft. Aber was heisst das genau? Am Beispiel von Klimadaten können wir dem empirischen Wissenschaftler Humboldt nachspüren. Empirie ist die systematische Sammlung von Daten, oder allgemeiner von Erfahrungen über Phänomene. Dazu gehört zunächst das Messen, aber auch das Sammeln und Ordnen, und schliesslich das Darstellen der Daten. All diese Bereiche gemeinsam charakterisieren Humboldts Werk.



Stefan Brönnimann ist Klimatologe an der Universität Bern. Er beschäftigt sich unter anderem mit der Rekonstruktion von Wetter und Klima seit dem 18. Jahrhundert anhand von frühen Messungen und Klimamodellen.

Messen

«Das erste Geschäft eines reisenden Physikers, wenn er nach langer Abwesenheit in Gebirgsgegenden an die Meeresküste gelangt, ist die Bestimmung der Barometerhöhe und der Temperatur des Wassers» (von Humboldt 1837).

Dieser Satz findet sich in seinem Aufsatz *Über die Meeresströmungen*¹ und zeigt die Wichtigkeit und Ernsthaftigkeit, die Bedeutung der Messung in Alexander von Humboldts Wissenschaft. Auf seiner Südamerikareise führte von Humboldt zahlreiche meteorologische Messinstrumente mit sich, und er bereitete sich auf diese Reise messtechnisch in den Alpen und in Spanien sehr gut vor (vgl. Beitrag von Veit in diesem Heft). Humboldt mass alles und überall, verglich Instrumente und Messmethoden (er erfand, entwickelte und baute auch Messinstrumente). Dabei waren Messstandards zu seiner Zeit noch nicht entwickelt – entsprechend kritisch setzte er sich mit Messungen und deren Qualität auseinander. Diese wichtige Grundlage seiner Wissenschaft vernachlässigte er nie.

«Humboldt mass alles und überall, verglich Instrumente und Messmethoden»

Sammeln

Damit war er aber nicht allein. Seit der Frühaufklärung gab es reisende Wissenschaftler, welche meteorologische Messungen durchführten und publizierten. Einer der ersten war James Cunningham, der 1698–1702 in Südafrika und China Messungen durchführte. Im 18. Jahrhundert folgten viele weitere. Für Humboldt ein Vorbild war auch der Genfer Gelehrte Horace-Bénédict de Saussure, der 1787 mit Barometer und Thermometer den Mont Blanc bestieg und

Messungen der Temperatur- und Druckabnahme mit der Höhe durchführte (Strobl 2018). Diese und viele andere meteorologische Daten sammelte Humboldt.

Vor der Gründung der ersten staatlichen Wetterdienste waren es eben «reisende Physiker» und Gelehrte aus aller Welt, die über die Information verfügten. Humboldt setzte, wie damals üblich, auf die Gelehrtennetzwerke (Boscani-Leoni 2018), in welche er gut eingebettet war. Wissenschaft war damals wie heute ein Netzwerk, das sich in Akademien und gelehrten Zirkeln organisierte und in Fachzeitschriften publizierte. Es war ein gemeinschaftliches Unternehmen vieler. Von Humboldt sammelte Klimadaten aus aller Welt, tauschte aus, kopierte, publizierte, schrieb und erhielt Tausende von Briefen und machte sich seine Beziehungen zunutze.

«Um aus wenigen Datenpunkten Aussagen zu machen, braucht es aber eine Vorstellung der Welt, und zwar eine sehr genaue»

Ordnen

Doch erstaunlich war nicht nur, wieviel und wie sorgfältig er mass, welche Menge an Messdaten er generierte und von anderen sammelte. Erstaunlich war vor allem, wie er anhand seiner immer noch sehr beschränkten Daten zu Schlüssen kam. Noch heute stellt uns das Verknüpfen von wenigen Punktmessungen zu einer globalen Sicht vor grosse Probleme. Denn nichts weniger als die ganze Welt wollte Humboldt ergründen. Um aus wenigen Datenpunkten Aussagen zu machen, braucht es aber eine Vorstellung der Welt, und zwar eine sehr genaue.

Dass von Humboldt diese Vorstellung hatte, zeigt sich immer wieder, beispielsweise in folgendem Ausschnitt aus *Des lignes isothermes* (von Humboldt 1818):

«Da Reisende selten Gelegenheit haben, an jedem Orte hinlängliche Beobachtungen zu Bestimmung der mittlern Temperatur des Jahres zu sammeln, so suchte H[umboldt], welche Monate sie unmittelbar liefern könnte. Folgende Tabelle zeigt, dass bis zu sehr hohen Breiten, die Monate April und October, besonders aber der letztere, diese besondere Eigenschaft haben».

Da will von Humboldt eine Karte der Jahresmitteltemperatur der Erde zeichnen – vor über 200 Jahren. Die Temperatur im Oktober könne als Näherung für die Jahresmitteltemperatur verwendet werden. Stimmt das? Heute lässt sich dies einfacher beurteilen als damals, globale Datensätze sind vorhanden. Subtrahiert man das langjährige Jahresmittel vom lang-

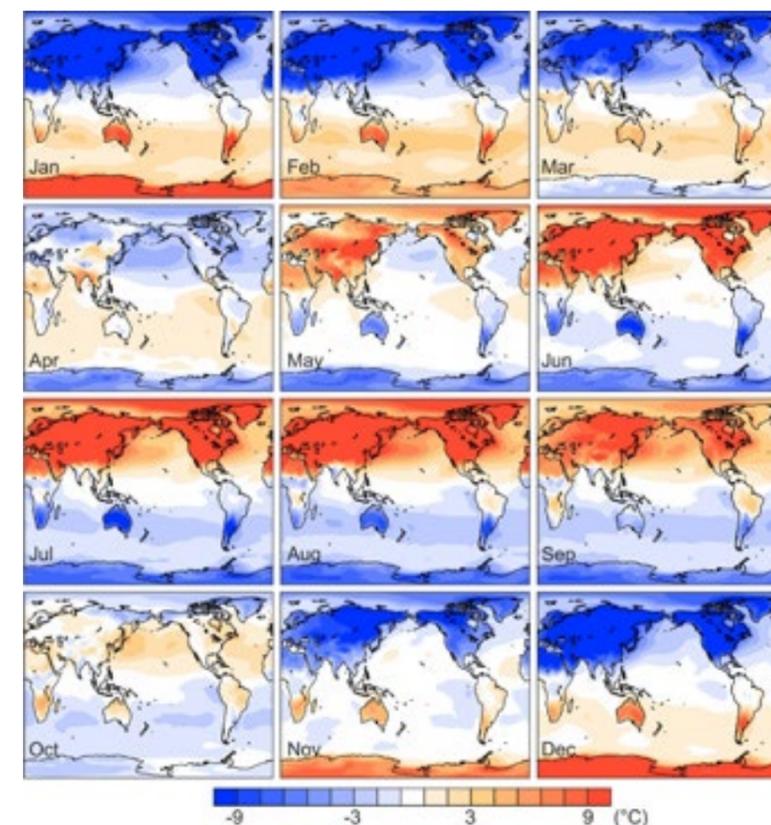


Abb. 1: Differenz zwischen dem langjährigen Temperaturmittel eines Kalendermonats und dem langjährigen Jahresmittel (aus NCEP/NCAR Reanalysedaten, 1981–2010)

jährigen Mittel eines jeden Kalendermonats (Abb. 1), zeigt sich tatsächlich, dass der Monat Oktober dem Jahresmittel am nächsten kommt. Humboldt hatte recht – und konnte so die wenigen Daten optimal ausnutzen.

Gleichzeitig war Alexander von Humboldt klar, dass eine Näherung eben nur eine Näherung war, und dass letztlich koordinierte Messnetze entstehen müssen. Dafür setzte er sich ein. Er beklagte die Rückständigkeit der Meteorologie im Allgemeinen und die Schwierigkeit, gute Messungen zu finden. Es brauchte schliesslich institutionelle Veränderungen (wie den Nationalstaat) kombiniert mit technischen Neuerungen (Telegraf) um langfristig-systematischen meteorologischen Messungen zum Durchbruch zu verhelfen (vgl. Brönnimann 2018). Empirische Klimaforschung ist in diese Kontexte eingebettet.

«Diese Darstellungsweise war ein genialer Schachzug, der sich gerade für Humboldts ökologische und pflanzengeographische Fragestellungen eignete»

¹ Alles Zitate in diesem Artikel wurden der «Berner Ausgabe» entnommen (vgl. Beitrag von Oliver Lubrich in diesem Heft).

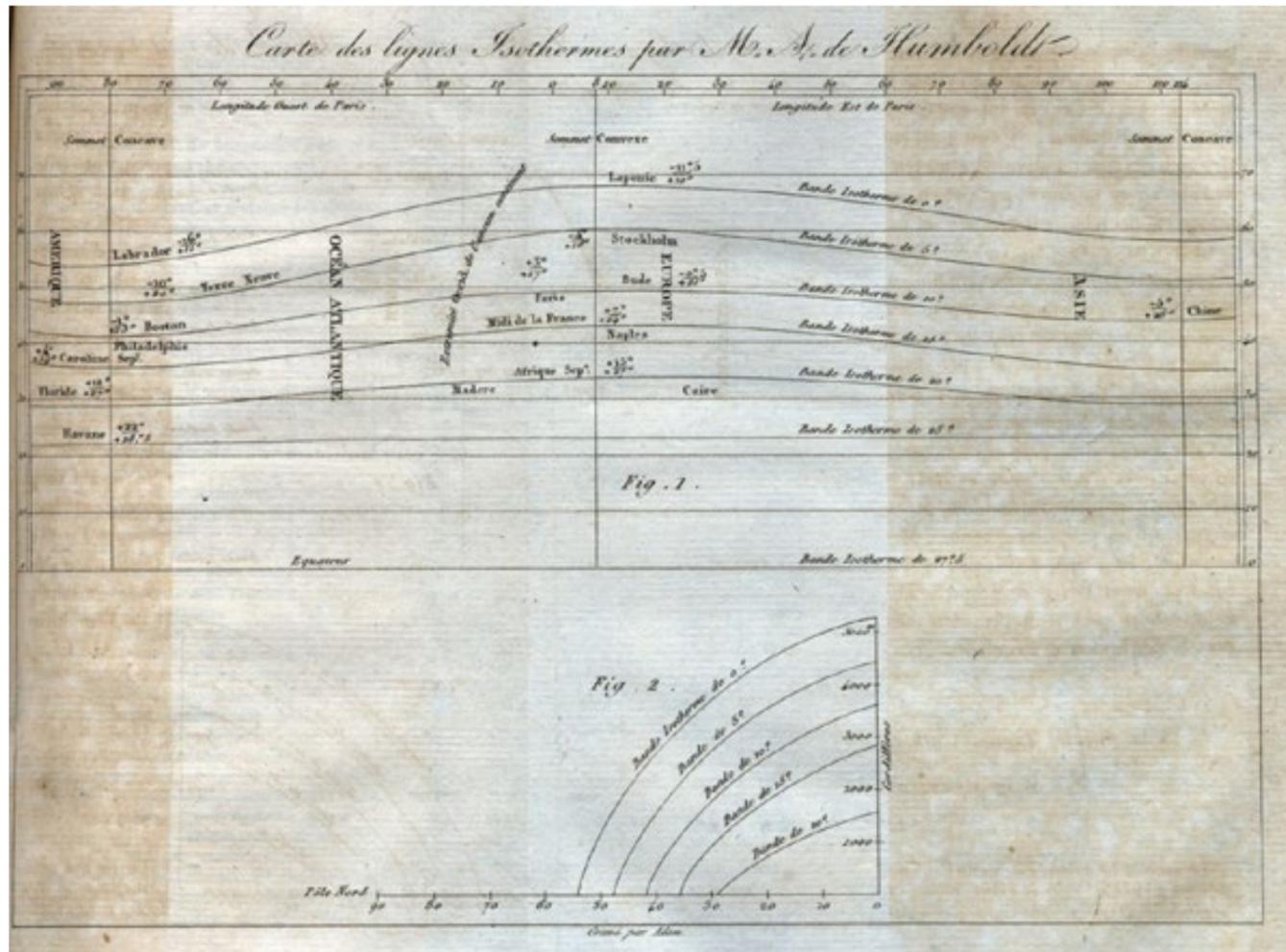


Abb. 2: Erste Darstellung isothermer Linien (von Humboldt 1817). Die untere Figur zeigt die Entsprechung der Temperaturabnahme mit der Höhe und derjenigen mit der geographischen Breite.

Darstellen

Alexander von Humboldts Zusammenstellungen der Jahresmitteltemperaturen an verschiedenen Orten mündeten in die isothermen Linien (Abb. 2, vgl. Schneider 2017). Anfangs waren diese noch eher ein Konzept als eine Karte der weltweiten Temperaturverteilung (die wird dann ein paar Jahre später von William Channing Woodbridge erstmals kartographisch ansprechend ausgeführt). Kondensiert aus 58 Stationsreihen fanden nur dreizehn Mittelwerte – zwölf aus Europa und Nordamerika und einer aus Asien – Eingang in die Zeichnung. Das reichte Humboldt, um darzustellen, wie die isothermen Linien über dem Nordatlantik nach Norden biegen. Dahinter steckt eben seine Vorstellung von der Welt. Orte in Europa haben ein wärmeres Klima als Orte auf dem selben Breitengrad in Nordamerika. Über Asien biegen sich die Linien wieder nach Süden. Peking hat ein kühleres Klima als Stationen in Europa auf der selben geographischen Breite.

Humboldt war nicht der erste, der Isolinien verwendete, aber er war der erste, der diese Technik für klimatologische Fragestellungen anwendete. Diese Darstellungsweise war ein genialer Schachzug, der sich gerade für Humboldts ökologische und pflanzengeographische Fragestellungen eignete. Dort hatte

er es ja ebenfalls mit Linien zu tun, der Waldgrenze und der Schneegrenze, beispielsweise. Durch Linien lassen sich Flächen einteilen, vertikal in Höhenstufen oder horizontal in Klimazonen (Abb. 3).

Bald folgten weitere Kompilationen von globalen Daten als Grundlage für globale Karten und Klimaatlanten (vgl. auch Beitrag von Chollier in diesem Heft). Im «Berghaus-Atlas», der Humboldts Kosmos begleitet, findet sich eine genauere Karte der isothermen Linien (vgl. Beitrag von Claussen in diesem Heft) und eine Liste von bereits über 300 Stationen, welche in die Berechnung der Karte eingeflossen sind (wobei nicht klar ist, wer diese Daten sammelte; Berghaus oder Humboldt). Ein weiteres Jahrzehnt später verwendete Heinrich Wilhelm Dove für seinen Klimaatlas bereits über 1000 Stationen. Es ist heute fast unvorstellbar, wie ein Wissenschaftler aus Publikationen und Korrespondenz eine solche Datenmenge zusammenstellen konnte. Das Netzwerk muss gut funktioniert haben, *open data* war gängige Praxis. Viele dieser Daten sind übrigens auch heute noch nicht digital vorhanden. Unsere Forschungsgruppe arbeitet im Rahmen des ERC-Projekts PALAEO-RA daran, die Daten Humboldts, Berghaus', Doves und vieler anderer zu digitalisieren (Brönnimann 2018).

Fazit

In diesem Artikel wird Alexander von Humboldt als Prototyp des empirischen Wissenschaftlers beschrieben. Das wird ihm nur teilweise gerecht. In seinen Aufsätzen begann er oft mit «First Principles» und ging seinen Forschungsgegenstand deduktiv an, bevor er danach seine empirische Forschung präsentierte. Diese setzt tiefe Kenntnisse in verschiedenen Disziplinen voraus, über die von Humboldt verfügte (vgl. Bärtschi in diesem Heft).

Nur so konnte er Vorstellungen entwickeln, anhand derer er seine Daten verknüpfen und neue Erklärungen und ein neues Bild der Erde entstehen lassen konnte. Die Messung war für von Humboldt deshalb nie Selbstzweck, nie nur deskriptiv zu verstehen. Gegen die bloss beschreibende Wissenschaft verwehrte sich Humboldt ausdrücklich. Er kritisierte auch das zu deskriptive Vorgehen seiner Zeitgenossen, welche es vernachlässigten,

«den grossen und steten Naturgesetzen, die sich in dem raschen Wechsel der Erscheinungen zeigen, und dem Ineinanderwirken, gleichsam dem Kampfe der entzweiten Naturkräfte, nachzuspüren» (von Humboldt 1806).

Und heute? Ähnlich wie von Humboldt die Beobachtungen anhand seiner Vorstellung sinnvoll verbinden konnte, verwenden wir Wettermodelle, um Messungen miteinander zu verknüpfen. Nur sind Daten nicht mehr knapp, Modelle sind leistungsfähig, und der Visualisierung sind scheinbar keine Grenzen gesetzt.

Das soll uns aber nicht dazu verleiten, das Ziel naturwissenschaftlicher Forschung aus den Augen zu verlieren: den Naturkräften nachzuspüren.

Stefan Brönnimann

Literatur

- Boscani-Leoni, S. (2018): Zwischen London und den Alpen. Johann Jakob Scheuchzer (1672–1733) und die ersten meteorologischen Messungen in der Schweiz. In: GeoAgenda 2018/3, 4–7.
- Brönnimann, S. (2018): Nützliche Historische Wetterdaten. In: GeoAgenda 2018/3, 8–12.
- Gressler, F. G. L. (1854): Die Erde, ihr Kleid, ihre Rinde und ihre Inneres durch Karten und Zeichnungen zur Anschau gebracht. Langensalze: Schulbuchhandlung des Thür. L. V.
- Humboldt, v. A. (1806): Beobachtungen über das Gesetz der Wärmeabnahme in den höheren Regionen der Atmosphäre, und über die untern Grenzen des ewigen Schnees. In: Annalen der Physik 24, 1, 1–49.
- Humboldt, v. A. (1817): Des lignes isothermes et de la distribution de la chaleur sur le globe. In: Annales de Chimie et de Physique 5, 102–112.
- Humboldt, v. A. (1818): Ueber die gleichwarmen Linien. In: Isis 2, 5, 852–866.
- Humboldt, v. A. (1837): Über die Meeresströmungen im allgemeinen und besonders über eine kalte Meeresströmung an der Westküste von Südamerika. In: H. Berghaus (Hrsg.): Allgemeine Länder- und Völkerkunde. Stuttgart: Cotta, Bd. 1, S. 415–423, 575–583, 586–592, 610–611.
- Lubrich, O. (2014): Alexander von Humboldt – Das graphische Gesamtwerk. Köln: Lambert Schneider.
- Schneider, B. (2017): Klimabilder. Eine Genealogie globaler Bildpolitiken von Klima und Klimawandel. Berlin: Matthes & Seitz.
- Strobl, M. (2018): Alexander von Humboldts Pico del Teide-Aufstieg als mediale Selbstinszenierung um 1800. In: Orbis Litterarum 73, 1, 52–79.

Humboldts Visualisierung macht Schule

Humboldt verknüpfte die geschickte Darstellung von viel Information mit ästhetisch atemberaubenden Visualisierungen. Am bekanntesten sind seine Gebirgsprofile, welche schnell Berühmtheit erlangten (Lubrich 2014) und Eingang in Schulbücher fanden.

Abb. 3: Höhenstufen in verschiedenen Gebirgen und Klimazonen. Eng an Humboldt angelehnte Tafel aus einem Schulbuch von 1854 (Gressler 1854)

