

Robuste Netze, konstante Daten: Warum wir der Klimatologie trauen können

Julian Schellong

In der öffentlichen Diskussion um den Klimawandel spielt die Verlässlichkeit von Daten eine wichtige Rolle. Wenig beachtet wird dabei, wie viel Aufwand und methodischer Einfallsreichtum notwendig ist, um Daten stabil zu halten. Ein Blick in die Geschichte der Wetterbeobachtung in der Schweiz.

Bevor die Corona-Pandemie sie von den Titelseiten verdrängten, waren die Fridays for Future-Demonstrationen bestimmendes Diskussionsthema der letzten Monate. Hunderttausende Demonstrant*innen auf der ganzen Erde warnten vor dem Klimawandel und forderten eine nachhaltige Politik. Das Thema Klimawandel hat den öffentlichen Diskurs dominiert. Gleichzeitig sind das Klima und der Klimawandel eine diffuse und schlecht wahrnehmbare Angelegenheit. Sie lassen sich nicht direkt beobachten und begegnen uns nicht im Alltag, sondern nur in Form abstrakter Graphen oder Statistiken. Selbst ein außergewöhnlich heißer Sommer wie 2019 (oder der 2018, oder der 2017) ist immer erst mit einigem Abstand und im Vergleich betrachtet außergewöhnlich heiß. Vor diesem Hintergrund ist es einigermaßen überraschend, wie erfolgreich Demonstrationen sind, die nicht ein individuelles historisches Ereignis, sondern eine komplexe geophysikalische Theorie zum Thema haben. Denn um sich einem Protest für klimafreundliche Politik anzuschließen, muss man ein vergleichsweise abstraktes Gedankengebäude verstehen, das beispielsweise die Abgase des eigenen Autos mit dem globalen Meeresspiegel verknüpft.





Abbildung 1: Auftaktkundgebung der FridaysForFuture Demonstration am 25. Januar 2019 in Berlin.

An dieser Stelle setzen auch Kritiker*innen von FFF-Demonstrationen und Leugner*innen des Klimawandels an, die in der vielstimmigen Klimadebatte ebenfalls nach Aufmerksamkeit suchen. Sie behaupten, die Begründung des menschengemachten Klimawandels sei fehlerhaft. Dieses Argumentationsmuster ist deswegen erfolgreich, weil das Klima kein konkretes, sondern ein konstruiertes, wissenschaftliches Objekt ist, ermittelt aus Datenreihen von Wetteraufzeichnungen. Von der Messung der Lufttemperatur an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit bis zu einer Aussage über das Klima einer Region oder sogar der ganzen Erde ist es ein langer wissenschaftlicher Weg, gepflastert mit einigen methodischen Hürden: Die Temperatur (oder ein anderer meteorologischer Parameter) muss mit einem Instrument unter fachgerechten Bedingungen ermittelt und aufgezeichnet werden. Diese Messung muss dann mit anderen Temperaturwerten in einen Kontext gebracht und ausgewertet werden. Auf dieser Grundlage können Wissenschaftler*innen Darstellungen und Prognosen des Klimawandels erstellen.

In der Tat ist hier, wie bei jeder Wissenschaft, Methodenkritik notwendig. Bei Klimareihen bewegen wir uns in Jahrzehnten und Jahrhunderten – wie kann man so alten Daten trauen? Um Temperaturwerte über so eine lange Zeit vergleichen zu können, müsste man mindestens davon ausgehen, dass die Werte unter exakt gleichen Bedingungen ermittelt wurden – sonst könnten Abweichungen und Langzeittrends auch an veränderten Messbedingungen liegen und nicht an Veränderungen der Temperatur selbst. Doch wie kann ein Wetterdienst diese gleichbleibenden Bedingungen über so eine lange Zeitspanne garantieren?

Im Kontext dieser Frage war MeteoSchweiz, der Wetterdienst der Schweiz, heftiger Kritik ausgesetzt. Ein Blick in die Geschichte seiner Wetteraufzeichnungen zeigt, wie Meteorolog*innen in mühevoller und kleinteiliger Arbeit die Qualität ihrer Klimadaten sichern und warum man ihren Darstellungen des menschengemachten Klimawandels trauen kann.

EIN AUSSAGEKRÄFTIGES NETZ AUFSPANNEN

Die schweizerischen meteorologischen Aufzeichnungen reichen zurück zum 1. Dezember 1863.[1] An diesem Morgen begannen mehr als 70 Personen über dem ganzen Land verteilt damit, das Wetter systematisch zu beobachten und diese Beobachtungen aufzuzeichnen. Dreimal täglich, um 7:00 Uhr, um 13:00 Uhr und um 21:00 Uhr, lasen sie dafür die Instrumente einer Wetterstation ab, darunter ein Quecksilberthermometer für die Temperatur, ein Haarhygrometer für die Luftfeuchtigkeit, ein Barometer für den Luftdruck, ein Anemometer für die Windrichtung sowie ein Ombrometer für die Regenmenge. Initiiert hatte dieses Wetterbeobachtungsnetz die meteorologische Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft (SNG).[2] Die Werte der Instrumente notierten die Wetterbeobachter*innen auf vorgedruckten Formularen, die sie einmal im Monat per Post an die Zentrale der meteorologischen Kommission in Zürich schickten. Dort wurden die Werte mathematisch zusammengefasst und archiviert. Im Schweizer Wetterarchiv sind diese Tageswerte seit Beginn der Aufzeichnungen in jährlich erschienenen Berichten abrufbar.



Abbildung 2: Ablesen einer Wetterstation 1931, hier auf dem Oberberghorn (Bern)...

Die Beobachter*innen im ganzen Land arbeiteten auf ehrenamtlicher Basis, aber sie folgten strengen Vorschriften. Beispielsweise gab es Vorgaben für die Kopfhaltung, mit der das Thermometer abzulesen war, um den Wert mit der eigenen Körpertemperatur nicht zu verfälschen, aber gleichzeitig die feinen Markierungen an der Quecksilbersäule richtig zu erkennen.[3] Die meteorologische Kommission wollte sichergehen, dass sich keine Unsicherheiten in ihre Werte einschlichen und dass die Werte verschiedener Stationen unter gleichen Messbedingungen und mit den gleichen Methoden erhoben wurden. Nur so konnte sie davon ausgehen, dass die Beobachtungen miteinander vergleichbar waren und in einen Zusammenhang gebracht werden konnten.

Dafür war auch der Messzeitpunkt entscheidend. Um sicherzustellen, dass alle Wetterbeobachter der gleichen Uhrzeit folgten, bekamen sie Zeitdurchsagen per Telegraph aus der Zentrale. Beobachter*innen ohne Telegraphenstation in der Nähe wurden mit einer geeichten Sonnenuhr ausgerüstet. Temperaturmessungen, die eine Minute zu spät oder zu früh durchgeführt wurden, akzeptierte die meteorologische Kommission nicht.[4]

Diese Wetterbeobachtungen waren ein nicht zu unterschätzender Aufwand, eine einzelne Messung mit allen Parametern dauerte ungefähr 30 Minuten. Die professionellen Meteorolog*innen waren froh über jeden einzelnen ihrer freiwilligen Helfer*innen und lobten deren Einsatz für die Wissenschaft. Aber ehrenamtliches Engagement kann an seine Grenzen stoßen und so gab es immer wieder auch Fälle, in denen Beobachter*innen ihren Posten verließen oder ihre Arbeit, aus welchen Gründen auch immer, nicht sachgemäß erledigen konnten. Erfüllte ein Beobachter die strengen Regeln der meteorologischen Zentralanstalt nicht oder war nachlässig, wurden seine Werte nicht in die jährlichen Statistiken und Bulletins aufgenommen. Die meteorologische Kommission hatte lieber keine Werte als falsche Werte.

Die Kommission suchte die Stationsstandorte des Netzes nach ihrer Repräsentativität für eine Region aus. Die Messinstrumente wurden so ausgerichtet, dass sie möglichst unabhängig von lokalen Einflüssen die Werte der freien Luft maßen, und sie wurden abseits von Gebäuden platziert, weil diese mit ihrer Abwärme die Temperatur verfälschen können. [5] Dafür dienten sogenannte Wetterhütten: Kleine, weiß gestrichene Kästen mit luftdurchlässigen Wänden und auf zwei Metern Höhe aufgebockt, in denen die Messinstrumente untergebracht wurden. Wenn möglich errichtete die Kommission mehr als eine Station in einer Region, um die Stationen gegenseitig zu prüfen.





Abbildung 3: ...und 1991, hier in La Brévine. An der Struktur des Netzes und den Aufgaben von Wetterbeobachtern hat sich wenig geändert.

DER UMGANG MIT LÜCKEN UND UNSCHÄRFEN

Die Geschichte der Wetterbeobachtung macht deutlich, wie aufwändig der Gewinn meteorologischer Daten war und welche Rigorosität die Meteorolog*innen an den Tag legten. Diese Rigorosität ist notwendig, um vom Wetter zum Klima zu kommen. Nur wenn die vielen einzelnen Messungen konsistent und untereinander vergleichbar sind, erlauben Klimatolog*innen sich eine Zusammenfassung der Daten in einer abstrakteren Beschreibung, dem Klima. Für die Ermittlung eines Klimas ist eine individuelle Messung wertlos; erst wenn es weitere, vergleichbare Messungen gibt, ist die einzelne Messung klimatologisch brauchbar. Aber dafür müssen alle Messungen unter den gleichen Bedingungen und mit den gleichen Methoden gewonnen werden. Dafür dienten die pedantischen Regeln und Standards. Das schweizerische Wetternetz setzte seinen Anspruch auf Kontinuität und Regelmäßigkeit in der Praxis unter anderem durch die peinlich genauen Vorschriften für die Beobachtungsabläufe durch.

Trotz aller Vorsicht kam es in den Beobachtungsreihen auch zu Lücken. Mal zerbrach eines der filigranen Quecksilberthermometer, mal war ein Beobachter krank oder jemand in der Zentrale verrechnete sich bei der Ermittlung einer Durchschnittstemperatur. Immer wieder griff die Wetterbehörde auch in die Struktur des Netzes ein und verlegte Beobachtungsstationen. Dies kam beispielsweise vor, wenn ein Beobachter den Dienst quittierte und sich kein neuer fand oder wenn sich die direkte Umgebung einer Station durch wachsende Siedlungen so veränderte, dass die Messbedingungen und die Repräsentativität des Standortes beeinträchtigt waren.

In den 1970er Jahren reformierte die Wetterbehörde ihr Beobachtungsnetz und ersetzte ihre manuellen Beobachtungsstationen durch automatische Messinstrumente und Computer. Der Umstieg von analogen Instrumenten wie Quecksilberthermometern oder Haarhygrometern auf digitale Sensoren war nicht unproblematisch: Wie kann man sicherstellen, dass die neuen Instrumente sich genauso verhalten wie die alten und keine Abweichungen, auch wenn sie noch so klein sind, in die Datenreihen schreiben?

Angesichts der Größe und der Lebensdauer des Beobachtungsnetzes lassen sich solche Messfehler und Unregelmäßigkeiten schlicht nicht vermeiden. Für Leugner*innen des Klimawandels ist das Munition für den Versuch die Klimawissenschaften zu diskreditieren.

Die Meteorolog*innen lösten diese Probleme mit einer kritische Masse an Stationen und mit redundanten Strukturen. Zeichnete sich eine Stationsverlegung ab, maßen sie für einige Zeit gleichzeitig am neuen und am alten Standort, um herauszufinden, in wie weit die zwei sich meteorologisch ähneln und wo Unterschiede liegen. Bei einer ausreichenden Menge an Daten ließen sich außerdem solche Stationen identifizieren, deren Werte sehr ähnlich verlaufen. So konnte in der Zentrale in den bestehenden Daten einzelne Lücken oder Fehler gefunden und ausgeglichen werden. Auch bei der Umstellung von analogen auf digitale Thermometer ging die Wetterbehörde so vor: Sie stellte für mehrere Jahre an zahlreichen Stationen beide Thermometermodelle auf und verglich die gemessenen Werte.[6] Aus solchen Parallelmessungen ermittelte sie Formeln zur Interpolation und Homogenisierung der Datenreihen. Verschiebungen in den Messbedingungen überprüft MeteoSchweiz mit anderen Messungen und gleicht sie wo nötig durch mathematische Korrekturverfahren aus.

TAKTISCHE ZWEIFEL, TRANSPARENTE VERFAHREN

Für das Aufstellen langer Zeitreihen von Wetterdaten nutzt MeteoSchweiz also nicht eins zu eins die originalen Werte, wie sie zum Zeitpunkt der Messung vor Jahrzehnten registriert wurden, sondern passt diese alten Werte an. Dieser Eingriff in die alten Daten macht stutzig, weil dabei die Wahrhaftigkeit der Wetterdaten in Zweifel gezogen wird. Wie kann man der Darstellung eines Klimas trauen, wenn dafür Datenreihen im Nachhinein manipuliert werden?

Die Eingriffe in die Datenreihen rufen Leugner*innen des menschengemachten Klimawandels auf den Plan, wie zum Beispiel in dem [Blog cool-down-schweiz](#). Hier bemängelt ein Leugner die Methode, mit der MeteoSchweiz alte Wetterdaten harmonisiert und wirft der Behörde vor, die Daten zugunsten einer politisch motivierten Aussage zu verfälschen. Solche Angriffe zielen auf einzelne, kleine Argumente und Details innerhalb der komplexen Erklärung des menschengemachten Klimawandels. Wenn diese kleinen Argumentationsbausteine scheinbar plausibel entkräftet würden, so das Kalkül, wackele die ganze Kette, die die Theorie begründet.[7] Mit derlei Einwänden konfrontiert, kann man als

klimawissenschaftlicher Laie schnell den ganzen Kontext an Daten, Methoden, Statistiken und naturwissenschaftlichen Gesetzen, die die Beweise für den menschengemachten Klimawandel liefern, aus den Augen verlieren.

So ein Angriff verfängt, weil es nicht leicht ist, mit der Bedrohung durch einen so gewaltigen und gleichzeitig wenig greifbaren Prozess wie dem Klimawandel umzugehen. Eigentlich müsste man in der Konsequenz nicht weniger als unsere ganze Form des Umgangs mit der Natur und des Wirtschaftens radikal hinterfragen – eine große Verunsicherung.

Leugner*innen des Klimawandels wählen daher häufig eine andere Taktik und behaupten, die wissenschaftlichen Belege für den menschengemachten Klimawandel sei nicht belastbar. Ohne Frage ist das eine attraktive Reaktion auf die globalen Veränderungen der Atmosphäre, weil ihre Konsequenz so bequem ist: Indem man sich sagt, die Gefahr sei nicht existent, braucht man das eigene Verhalten nicht anzupassen. Um so elaborierter sind manche Versuche, die wissenschaftliche Begründung des Klimawandels zu entkräften.



Abbildung 4: Ein Vergleich der Beobachtungsbögen von 1864 und 1964 zeigt, dass die Methoden der Wettermessungen konstant geblieben sind.

Tatsächlich jedoch haben die Meteorolog*innen von MeteoSchweiz plausible Methoden für die nachträgliche Harmonisierung ihrer Datenreihen gefunden. Wenn man Abweichungen in umfangreichen Datenreihen genau beziffern kann, dann können sie stochastisch eliminiert werden. Die Eingriffe in die Datenreihen erfolgen alles andere als willkürlich, sondern anhand genau festgelegter und nachvollziehbarer Verfahren, die in öffentlichen Publikationen erläutert werden. Dies funktioniert, weil das Beobachtungsnetz als wissenschaftliche Infrastruktur Sicherheitsvorkehrungen, Redundanzen und Hilfsmittel

enthält.[8] Die Anzahl an Beobachtungsstationen ist groß genug, so dass der Ausfall einer einzelnen Station keine große Lücke reißt und die Aussagekraft des Netzes nicht beeinträchtigt. Die Stationen ergänzen sich gegenseitig. Seit 1864 hantieren die schweizerischen Meteorolog*innen mit Big Data avant la lettre. Sie bereiten vorhersehbare Eingriffe in das Netz wie den Austausch von Geräten oder die Verlegung von Stationsstandorten vor und kontrollierten ihren Effekt auf die Datenreihen durch parallele Messungen. Diese Strukturierung und Regelung des Beobachtungsnetzes ermöglichen es Meteorolog*innen, Datenreihen im Nachhinein anzupassen, weil sie die Bedingungen der Datengewinnung genau benennen und mögliche Abweichungen feststellen und ausgleichen können.

Eine Kritik an einzelnen Details verkennt, wie robust das gesamte Beobachtungsnetz mit seinen systematisch aufgebauten Stationen und genau geregelten Verfahren ist. In eine Aussage über ein Klima und in die Erklärung des menschengemachten Klimawandels fließen sehr, sehr viele Datenpunkte ein. Diese Darstellungen und Erklärungen sind vertrauenswürdig, weil die Systeme, mit denen diese Daten gewonnen wurden, fähig sind, Robustheit zu garantieren sowie Abweichungen zu identifizieren und zu korrigieren.

Dieser Text erscheint in längerer Form auch in dem Blog klimafakten.de

Autor*in

Julian Schellong hat Geschichte und Philosophie des Wissens an der ETH Zürich studiert und u.a. für den MERKUR/ZEIT Online und das Magazin des Zentrums für Kunst und Medien Karlsruhe geschrieben.

Seminar

Dieser Text basiert auf einer Abschlussarbeit im Master Geschichte und Philosophie des Wissens, Sommersemester 2019, ETH Zürich.

Redaktionell betreut von
Nils Güttler & Bernhard Schär

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Leonhard Lenz, Auftaktkundgebung der FridaysForFuture Demonstration am 25. Januar 2019 in Berlin, CCO 1.0 Universal, Wikicommons: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Start_of_the_FridaysForFuture_Demonstration_25-01-2019_Berlin_28.jpg

Abbildung 2: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Fotograf: Lüdi, Werner / Dia_282-1724 / CC BY-SA 4.0.

Abbildung 3: ETH-Bibliothek Zürich, Bildarchiv / Fotograf: Comet Photo AG (Zürich) / Com_LC1464-002-010 / CC BY-SA 4.0.

Abbildung 4: Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt (Hg.), 1964: *Hundert Jahre Meteorologie in der Schweiz*, Zürich.

Literaturverzeichnis

[1] Rudolf Wolf: *Schweizerische Meteorologische Beobachtungen, erster Jahrgang (Annalen 1864)*, hg. von der meteorologischen Centralanstalt der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Zürich (1865).

[2] Zur Geschichte der meteorologischen Kommission der SNG, die 1880 in der Meteorologischen Zentralanstalt (MZA) verstaatlicht wurde, siehe: Franziska Hupfer: *Das Wetter der Nation. Meteorologie, Klimatologie und der schweizerische Bundesstaat, 1860–1914*, Zürich: Chronos (2019).

[3] Albert Mousson: *Instructionen für die Beobachter der meteorologischen Stationen der Schweiz*, Zürich (1863), S. 7.

[4] Ebd., S. 3f.

[5] Max Schüepp: „100 Jahre schweizerisches Beobachtungsnetz, 1864–1963“, in: Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt (Hg.): *Hundert Jahre Meteorologie in der Schweiz*, Zürich (1864), S. 54.

[6] Othmar Gisler: „Untersuchung zur Übereinstimmung von Messungen der Klimaelemente Lufttemperatur, Luftdruck und relativer Luftfeuchtigkeit mittels herkömmlicher Ablesung der Instrumente und automatisch erfasster Daten“, in: *Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt Nr. 171*, Zürich: Schweizerische Meteorologische Anstalt (1992)

[7] Für die Geschichte der Klimawandelleugner*innen und ihrer Taktik, Details innerhalb des klimawissenschaftlichen Verfahrens zu kritisieren anstatt Beweise gegen klimawissenschaftliche Aussagen zu liefern, siehe: Naomi Oreskes und Erik M. Conway: *Merchants of Doubt. How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming*, New York: Bloomsbury Press (2010), Kapitel 6: “The Denial of Global Warming”.

[8] Zur Bedeutung dieser Sicherheitsvorkehrungen für das Funktionieren einer wissenschaftlichen Infrastruktur siehe: Paul Edwards: *A Vast Machine. Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*, Cambridge, MA: MIT Press (2013), Kapitel 9 (The First WWW).