

Leibniz' Spuren in der Meteorologie

VON DER SUBJEKTIVEN WAHRNEHMUNG

ZUR OBJEKTIVEN WISSENSCHAFT

Wetter ist ein überregionales
raum-zeitliches Phänomen.

Zwei Wissenschaftler vom

Institut für Meteorologie und

Klimatologie erläutern Leibniz'

Beitrag zu dieser Erkenntnis:

Die Initiierung eines internationalen Mess-Netzwerkes systematischer Wetterbeobachtung.

Rekordsommer, Jahrhundertflut oder Megawirbelsturm – meist mehrmals im Jahr geben extreme Wetterereignisse Anlass zu Schlagzeilen. Und immer wieder die Fragen: Ist das noch normal? Verändert sich das Klima?

Eine möglichst gute Datenbasis für statistische Analysen ist die Voraussetzung, um bei der Betrachtung von Wetter- und Klimazuständen beurteilen zu können, was normal ist. Meteorologische Daten der Vergangenheit können durch Rekonstruktion historischer und geowissenschaftlicher Quellen, durch Computersimulationen und aus direkten Instrumentenmessungen gewonnen werden.

Leibniz war einer der Pioniere der direkten meteorologischen Instrumentenmessung. Er hat bereits den überregionalen Charakter des Wetters erkannt und mitinitiiert, dass meteorologische Beobachtungen in möglichst vergleichbarer Weise an mehreren Orten gleichzeitig durchgeführt wurden. Damit leistete er einen wesentlichen Beitrag dazu, dass wir heute in der Lage sind beurteilen zu können, wie *normal* extreme Wetterereignisse sind.

Wetter und Klima

Klima ist das, was man erwartet; Wetter ist das, was man bekommt – so einprägsam lässt sich der prinzipielle Unterschied zwi-

schen der statistischen Natur des Klimas und dem physikalisch messbaren Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort und zu einer bestimmten Zeit, den wir als Wetter bezeichnen, beschreiben. Etwas genauer formuliert,

kann man heute etwa aus Sedimenten, Eisbohrkernen, Baumringen und Tropfsteinhöhlen die Temperaturentwicklungen in bestimmten Regionen der Erde bis zu einer Million Jahren vor heute rekonstruieren. Die zeitliche

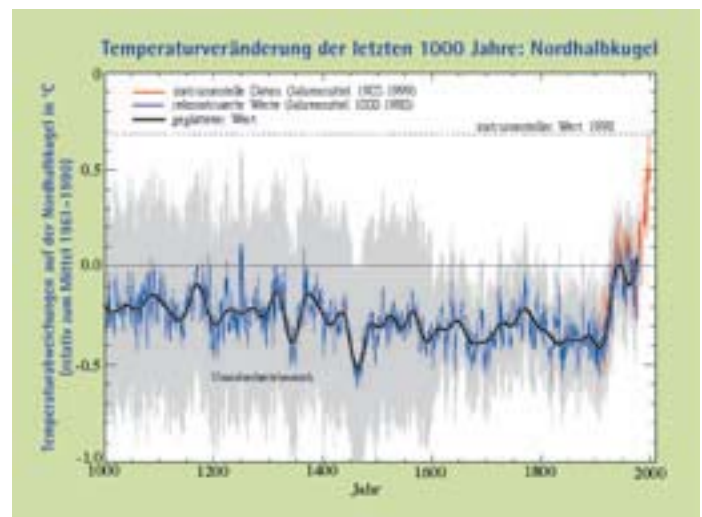


Abbildung 1
Veränderungen der Oberflächentemperatur auf der Nordhalbkugel während der letzten 1.000 Jahre

Quelle: Kasang nach IPCC

verstehen wir unter dem Begriff Klima die Synthese des Wetters über einen Zeitraum, der lang genug ist, um dessen statistische Eigenschaften bestimmen zu können, in der Regel dreißig Jahre.

Exemplarisch zeigt Abbildung 1 die Veränderung der Oberflächentemperatur auf der Nordhalbkugel über die letzten 1.000 Jahre. Woher wissen wir heute, wie das Klima in dieser Zeit war?

Mit modernen geowissenschaftlichen Analyseverfahren

Auflösung solcher Rekonstruktionen, so genannter »proxy«-Daten, ist sehr grob, und die Unsicherheit für die Ableitung einer hemisphärischen Mitteltemperatur ist, wie in Abbildung 1 für das Mittelalter gezeigt, sehr groß. Zur Rekonstruktion des Klimas der letzten 1.000 Jahre können auch historische Quellen herangezogen werden, die allerdings auch nur indirekte Rückschlüsse auf das Klima und seine Variation zulassen. Aus Annalen, Chroniken und andere Aufzeichnungen der öffentlichen Verwaltung lassen

sich über die Getreidepreise und die Weinqualität Rückschlüsse über die klimatischen Verhältnisse ziehen. In Mythen, Sagen und Legenden verbergen sich Informationen über die klimatischen Rahmenbedingungen. Inschriften und Markierungen wie etwa Hochwassermarken an Flüssen sind Spuren extremer Wetterereignisse. Die Umsetzung der oft auch subjektiven Quelleninformation in quantitative Daten ist nicht einfach und mit Unsicherheiten verbunden.

Pioniere der Instrumentenmessung

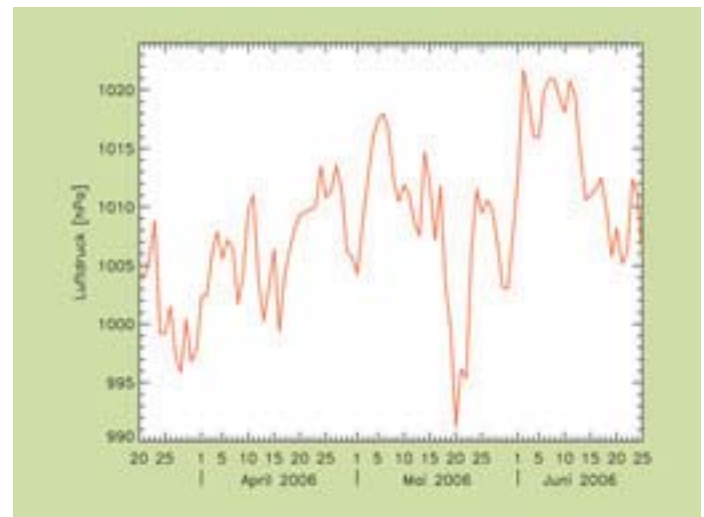
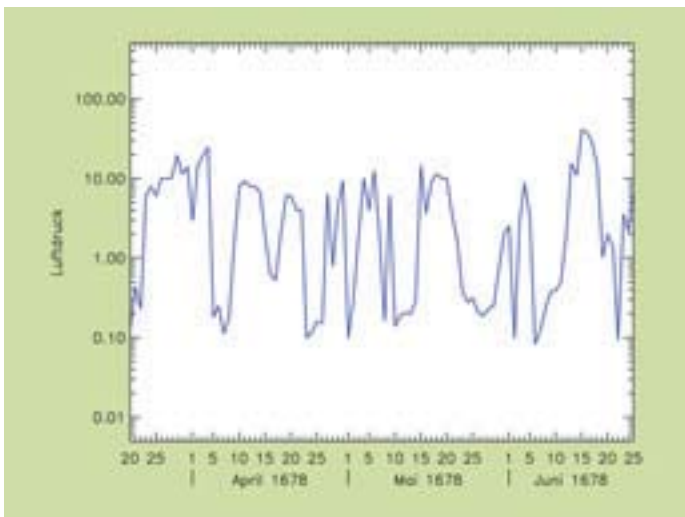
Die sicherste Informationsquelle der Klimatologie ist die direkte Datenerfassung mit Hilfe von Messinstrumenten.

1643 füllte der italienische Mathematiker und Physiker Evangelista Torricelli ein langes Glasrohr mit Quecksilber, verschloss dieses mit einem Finger, drehte es um und tauchte es in ein ebenfalls mit Quecksilber gefülltes Becken. Dabei stellte er fest, dass das Rohr sich nicht vollständig leert, und dass immer eine bestimmte Quecksilbersäule bestehen blieb. Er schloss daraus, dass der Luftdruck eine Kraft auf die Oberfläche des Beckens ausübt und das Gewicht der Quecksilbersäule ausgleicht. Er stellte zudem fest, dass die Quecksilbersäule sich mit der Zeit änderte und dass eine Abnahme der Höhe einer Schlechtwetterperiode vorausging. Damit hatte Torricelli das Barometer erfunden, die erste Luftdruckverände-

rischer Prozesse endgültig zur objektiven Naturwissenschaft wurde.

Der französische Physiker Edme Mariotte hatte 1676 mit Hilfe von Barometern ziemlich genaue Höhenbestimmungen von verschiedenen Orten durchgeführt. 1677 bat er Leibniz in Hannover, möglichst dreimal täglich Beobachtungen des Luftdrucks, der Lufttemperatur, der Winde und der Wolken durchzuführen. Leibniz folgte dieser Anregung und veranlasste seinen Diener Brandshagen, ein Hooksches Radbarometer herstellen zu lassen.

Der Engländer Robert Hooke hatte 1664 ein Barometer entwickelt, um relativ geringe Luftdruckschwankungen ge-



Dieses ist jedoch erst seit Beginn des 17. Jahrhunderts mit der Entwicklung der notwendigen physikalischen Messtechnik, wie Thermometer und Barometer möglich: Leibniz gehörte zu den Pionieren dieser neuen Epoche, die als neoklimatisch bezeichnet wird, und sich in Abbildung 1 durch die deutliche Abnahme der Fehlerbalken im 17. Jahrhundert im Vergleich zu den davor liegenden 600 Jahren zeigt.

runge gemessen und so einen entscheidenden Schritt zu Verwissenschaftlichung der Meteorologie getan.

Wetterbeobachtungen bleiben allerdings im 17. Jahrhundert noch vornehmlich deskriptiv. Insbesondere Landwirte fassten ihre Erfahrungen mit dem Wetter in Bauernregeln zusammen, mit denen sich das Wetterwissen verbreitete. Es dauerte dann noch mehr als zweihundert Jahre, bis die Meteorologie globalen Beobachtungsnetzen und der theoretischen Beschreibung atmosphä-

nauer verfolgen zu können. Dabei schwimmt auf einer Quecksilberoberfläche ein kleines eisernes Gewicht, welches bei dem Steigen und Fallen des Quecksilbers eine Rolle in Bewegung setzt, worauf ein daran befindlicher Zeiger die Grade angibt. Leibniz hatte ähnliche Konstruktionsvorschläge selbst entwickelt, wobei nicht klar ist, ob diese unabhängig von Hooke oder durch dessen Arbeiten angeregt entstanden sind.

Abbildung 2
Variabilität des Luftdrucks

Links: Rekonstruktion für März bis Juni 1678 (relative Einheiten)
Quelle: Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek – Niedersächsische Landesbibliothek Hannover, Ms IV 334

Rechts: Messungen für März bis Juni 2006 in Hannover Herrenhausen
Quelle: Institut für Meteorologie und Klimatologie

Abbildung 3
 Von Leibniz koordinierter Vergleich von Messergebnissen und Beobachtungen aus Kiel und Paris durch Mariotte für August 1679. Da Mariotte den gregorianischen und Reyher den julianischen Kalender benutzten, handelt es sich möglicherweise gar nicht um zeitgleiche Messungen. Quelle: Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek, Niedersächsische Landesbibliothek Hannover LBr 608, Bl 28

	Paris	Barometre	Wahrheit	Temperatur	Kiel	
20	27	7	sup	0 11 0	Savant	27 3 50 plige
21	27	6	sup	0 11 0	ser.	27 5 20 plige
22	27	6	sup	0 11 0	ser.	27 6 50 plige
23	27	6	sup	0 11 0	ser.	27 1 11 0 plige
24	27	7	sup	0 11 0	ser.	27 1 11 0 plige

Abbildung 4
 Deckblatt der ersten systematischen deutschen Luftdruckmessungen in der Handschrift von Leibniz und seinem Diener Brandshagen vom 18. März 1678
 Quelle: Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek – Niedersächsische Landesbibliothek Hannover, Ms IV 334

Mit dem in Leibniz' Auftrag wahrscheinlich in Bremen angefertigten Barometer, das auch »ver de temps« = »Wettermessglas« genannt wurde, begann sein Diener Brandshagen am 18. März 1678 mit den ersten kontinuierlichen Messungen des Luftdrucks in Deutschland (Abbildung 4).

Eine Rekonstruktion der Tagesmittelwerte bis zum 25. Juni 1678 aus den Messwerten der Aufzeichnungen ist in Abbildung 2 dargestellt. Die verwendete Skalierung des Barometers ist unklar, eine

logarithmische Einteilung erscheint nahe liegend. Die Messungen wurden meist morgens, mittags und abends durchgeführt, aber an manchen Tagen fanden auch weniger oder gar keine Messungen statt. Vom 26. Juni bis 27. August 1678 sind die Messungen unterbrochen. Danach verändert sich der Charakter der Variabilität, was vermuten lässt, dass das Instrument verändert oder ausgetauscht wurde.

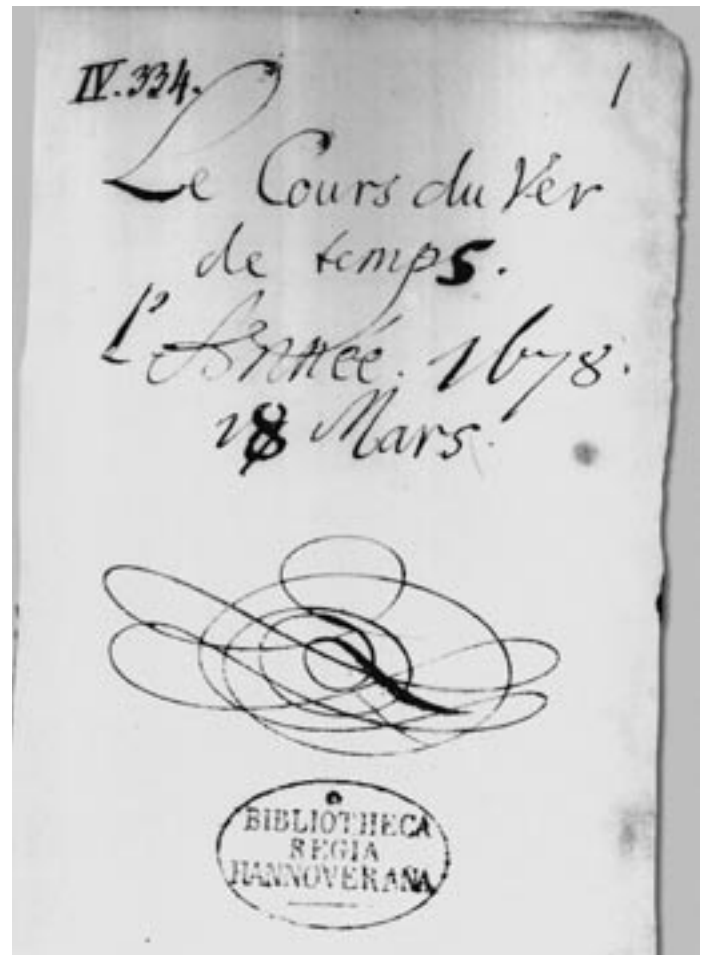
Ein Vergleich mit heutigen Messungen der Bodenluftdruckvariabilität aus Hannover Herrenhausen für den gleichen Zeitraum in 2006 zeigt, dass die Varianz aufgrund der unklaren Skalierung zwar unterschiedlich erscheint, dass die Frequenz der Luftdruckschwankungen aber durchaus ähnlich ist.

Wetter als überregionales Phänomen

Mariotte hatte Leibniz gegenüber nicht nur den Wunsch nach dreimal täglichen Wetter-

beobachtungen geäußert, sondern er hatte ihn auch gebeten, ihm solche Messungen von anderen Orten zu besorgen. Der Initiative von Leibniz und seines umfangreichen Korrespondenznetzwerks ist es zu verdanken, dass sich auch andere deutsche Gelehrte meteorologischen Messungen und Be-

Kalender falsch annahm – zeitgleichen eigenen Beobachtungen aus Paris. Diese in Abbildung 3 dokumentierte Synthese von Wetterbeobachtungen und physikalischen Messungen an zwei weit voneinander entfernten Orten zeigt eine grundlegend neue Betrachtungsweise: Wetter als über-



obachtungen zuwandten und diese weiter systematisierten.

Neben anderen Korrespondenzpartnern bat Leibniz am 12. August 1679 den Kieler Professor Samuel Reyher, ebenfalls instrumentelle Beobachtungen durchzuführen. Die Ergebnisse der darauf hin von Reyher und seinem Doktoranden Albert Meyer angestellten Beobachtungen leitete Leibniz an Mariotte weiter. Mariotte verglich Reyhers Wetterbeobachtungen aus Kiel mit seinen – wie er möglicherweise auf Grund verschiedener

regionales Phänomen, für dessen Verständnis möglichst vergleichbare physikalische Messungen an verschiedenen, weit von einander entfernten Orten erforderlich sind.

Aus dieser Erkenntnis erwuchs die Notwendigkeit eines möglichst internationalen Beobachtungsnetzwerks. Leibniz hat am Ende des 17. Jahrhunderts mit seinen vielen Korrespondenzkontakten entscheidend zur Entstehung eines solchen ersten Netzwerks beigetragen. Etwa einhundert Jahre später gründete

der Kurfürst Karl Theodor von Bayern und Pfalz die Pfälzisch Meteorologische Gesellschaft (Societas Meteorologica Palatina), in der nach einheitlichen Methoden zu den so genannten Mannheimer Stunden (7, 14 und 21 Uhr) an 39 Stationen meteorologische Beobachtungen vorgenommen wurden. Heute wird mehrfach täglich der physikalische Zustand der Atmosphäre weltweit an etwa 15.000 Beobachtungsstationen und durch täglich einige hunderttausend Satellitenmessungen erfasst.

Messen, analysieren und vorhersagen

Das Verständnis der atmosphärischen Prozesse, die das Wetter bestimmen, konnte erst mit Hilfe der Instrumentenmessungen gelingen und ist seitdem stetig gewachsen. Durch die Analyse der Messergebnisse konnten in der Folge physikalische Gesetzmäßigkeiten abgeleitet werden, mit denen in heutigen Computermodellen die atmosphärische Dynamik und Thermodynamik, und somit Wetter und Klima, realistisch simuliert werden können.

Klimamodelle werden dazu eingesetzt, ein schlüssiges Bild vom Klima der Vergangenheit zu erhalten und Szenarien für die Entwicklung des Klimasystems in den nächsten 100 Jahren zu beschreiben. Sie ermöglichen uns daher nicht nur Antworten auf die eingangs gestellten Fragen, sondern auch auf die vielleicht viel wichtigere Frage: Was wird in Zukunft normal sein?

Leibniz spielte in der Pionierzeit der atmosphärischen Wissenschaften in Deutschland eine Schlüsselrolle: Er entwickelte eigene Messgeräte, initiierte Messungen und korrespondierte mit Kollegen im In- und Ausland. Unser Verständnis von Wetter als ein überregionales raum-zeitliches Phänomen und die daraus resultierende Notwendigkeit internationaler Zusammenarbeit und Forschung ist in Leibniz' Werken in seinen Anfängen deutlich erkennbar.

Die Autoren danken Carolin Weinreis und Michael Theusner für die Rekonstruktion der Daten in Abbildung 2 und Prof. Dr. Herbert Breger für die Interpretationshilfen.



Dr. Stephan Venzke

Jahrgang 1968, ist Geschäftsführer der Fakultät für Mathematik und Physik und Lehrbeauftragter am Institut für Meteorologie und Klimatologie.



Prof. Dr. Thomas Hauf

Jahrgang 1949, ist Professor am Institut für Meteorologie und Klimatologie.

Literatur

- Leibniz: Sämtliche Schriften und Briefe, Reihe III, Band 2 und 3, Sachregister »Wetterbeobachtungen«
- Fritz Klemm, »Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in Nord- und Mitteleuropa bis 1700«, 1976
- Rüdiger Glaser, »Klimageschichte Mitteleuropas«, 2001
- Christian Schönwiese, »Klimaänderungen: Daten, Analysen, Prognosen«, 1995