

# Klima – Ökonometrische Analyse der Temperaturvariabilität

*Klimapolitik ist nach wie vor von großer Bedeutung, wenn auch je nach Weltregion verschieden. Ihre wissenschaftlichen Grundlagen stammen weit überwiegend vom Weltklimarat (IPCC). Die Klimawissenschaftler setzen aus verschiedenen Gründen in ihren Modellen vor allem auf Simulationsmodelle. Jüngst erschien in der Zeitschrift für Energiewirtschaft (Heft 4, Dezember 2012) der Artikel „Ökonometrische Analyse der Temperaturvariabilität“, der einen rein statistischen Ansatz wählt. „et“ sprach mit dem Autor, Prof. Dr. F. J. Wodopia von der Georg Agricola University of Applied Science, Bochum, über die neue Methode und deren Ergebnisse.*

**„et“:** Sie haben eine ökonometrische Analyse der Temperaturvariabilität durchgeführt und sich damit auf ein Feld begeben, das von Naturwissenschaftlern beherrscht wird. Was war Ihr Motiv, sich als Ökonom mit diesem Thema zu befassen?

**Wodopia:** Nicht nur als Ökonom hat man gegenüber den komplexen Simulationsmodellen des Weltklimarates (IPCC) ein Gefühl der Ohnmacht. Man kann sich noch nicht einmal selbst ein Bild davon machen, welche Konsequenzen die Änderung der Setzung von Prämissen hätte. Das gilt insbesondere für den Sättigungseffekt der Wärmerückstrahlung von CO<sub>2</sub>. Dies war der Startpunkt für eine tiefgreifende Befassung mit dem Thema.

**„et“:** Wie sind Anstrengungen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion hinsichtlich des Sättigungseffekts der Wärmerückstrahlung von CO<sub>2</sub> zu bewerten?

**Wodopia:** Da die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre im Gegensatz zu anderen Treibhausgasen (THG) bereits sehr hoch ist, ist CO<sub>2</sub> das THG, dessen Absorptionsband am stärksten gesättigt ist. Nur noch am Rande des Spektrums wirkt CO<sub>2</sub> als THG. Die Literaturrecherche zu diesem Thema machte dem Nicht-Naturwissenschaftler klar, dass die Auswirkung des Sättigungseffekts von THG nicht theoretisch abgeleitet, sondern daten- und modellgestützt ermittelt wurde.

Die Klassifizierung der einzelnen THG scheint einigermaßen unscharf zu sein: Ein linearer Zusammenhang von Konzentration und Treibhauswirkung wird für THG mit noch sehr geringer Konzentration wie für die halogenierten Kohlenwasserstoffe unterstellt, bei höherer Konzentration wie bei CH<sub>4</sub> (Methan) und N<sub>2</sub>O (Distickstoffoxid) eine Wurzeltransformation und bei starker Sättigung wie bei CO<sub>2</sub> der natürliche Logarithmus. Es kann so selbst über lange Zeiträume nie eine vollständige CO<sub>2</sub>-Sättigung dargestellt werden. Bei exponentiellem Wirtschaftswachstum kommt

es vielmehr zu einem linearen Anstieg der Wärmerückstrahlung von CO<sub>2</sub>. Dann wären auch entsprechende Anstrengungen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion gerechtfertigt. Angesichts der gravierenden Folgen sollte aber dringend der Frage nachgegangen werden, ob der nur noch an den Rändern des Spektrums wirksame Rückstrahlungseffekt nicht irgendwann gänzlich zum Erliegen kommen könnte.

**„et“:** In Ihren Untersuchungen wenden Sie ökonometrische Ansätze an. Welche Grundüberlegungen haben Sie dabei angestellt?

**Wodopia:** Simulationsmodelle sind im Hinblick auf das Paradigma eines chaotischen und stochastischen Klimasystems zu betrachten. Deren deterministische Vorhersagbarkeit ist begrenzt. Nichtlinearitäten und Instabilitäten machen das Klimasystem über bestimmte Zeiträume hinaus nicht mehr vorhersagbar. Allerdings können die nichtlinearen Prozesse im Klimasystem kleine Störungen auf solche Weise verstärken, dass sich daraus ein „Rauschen“ ergibt, das mit statistischen Methoden untersucht werden kann. Deshalb wandten sich Klimawissenschaftler auch dem rein statistischen Ansatz zu. Im Unterschied dazu habe ich jedoch ökonometrische Methoden angewendet.

**„et“:** Wie unterscheidet sich Ihre Herangehensweise von anderen Ansätzen?

**Wodopia:** Klimawissenschaftler erheben den Anspruch, jährliche und damit kurzfristige Schwankungen im Klimasystem kausal erklären zu können. Da ihnen die Ergebnisse rein statistischer Modelle aber unbefriedigend erschienen, wurde dieser Weg nicht weiter verfolgt. Stattdessen werden die Ergebnisse von Simulationsmodellen mit Beobachtungen aus der Realität verglichen. Als Ökonom sieht man kurz- und langfristige Phänomene, z. B. Konjunktur und Wachstum, mit anderen Augen. Selbst wenn die Erklärung konjunktureller Schwankungen schwierig oder unmöglich

erscheinen sollte, könnte doch zumindest versucht werden, den langfristigen Wachstumstrend kausal zu erklären und die kurzfristigen Störungen als Daten für ein Fehlerkorrekturmodell zu verwenden. Mit Hilfe der Kointegrationsanalyse konnte auf der Basis eines schon publizierten physikalischen Modells ein Erklärungsversuch für langfristige Tendenzen des Klimasystems unternommen werden.

**„et“:** Wie ist die Bedeutung der verschiedenen Klimagase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) und ihr Zusammenspiel einzuschätzen?

**Wodopia:** Meine Schätzungen zeigen, dass der Temperaturanstieg im Zeitraum 1880 bis 2005 zu 10 % durch die Sonnenaktivität (TSI) und zu 65 % durch CO<sub>2</sub> erklärt wird. Allerdings haben die SO<sub>2</sub>-Emissionen einen signifikanten kühlenden Effekt, der 45 % der Erwärmung durch CO<sub>2</sub> neutralisiert. Die Nicht-CO<sub>2</sub>-Treibhausgase (einschließlich halogenierter Kohlenwasserstoffe) trugen 55 % zum Temperaturanstieg bei. Das ist deutlich mehr als der Nettoeffekt aus CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> von 36 %.

**„et“:** Was sind die wesentlichen Ergebnisse Ihrer Analyse?

**Wodopia:** Eines der wichtigsten Ergebnisse, das die Erkenntnisse des Weltklimarates grundsätzlich unterstützt, ist, dass die anthropogenen Treibhausgase, die Sonnenaktivität und die SO<sub>2</sub>-Emissionen gemeinsam den Trend bestimmen. Dagegen erklären Vulkanismus und natürliche Schwankungen im ozeanographisch-meteorologischen System des äquatorialen Pazifiks (SOI) nicht den Trend, sondern Abweichungen vom Trend. Der Kointegrationsanalyse zufolge kann nicht nur von einem statistischen, sondern von einem kausalen Zusammenhang zwischen Temperatur und Trendvariablen gesprochen werden. Ein grundsätzliches statistisches Problem ist, dass es der Zusammenfassung der einzelnen



*„Klimawissenschaftler erheben den Anspruch, jährliche und damit kurzfristige Schwankungen im Klimasystem kausal erklären zu können. Da ihnen die Ergebnisse rein statistischer Modelle aber unbefriedigend erschienen, wurde dieser Weg nicht weiter verfolgt. Stattdessen werden die Ergebnisse von Simulationsmodellen mit Beobachtungen aus der Realität verglichen. Als Ökonom sieht man kurz- und langfristige Phänomene, z. B. Konjunktur und Wachstum, mit anderen Augen. Selbst wenn die Erklärung konjunktureller Schwankungen schwierig oder unmöglich erscheinen sollte, könnte doch zumindest versucht werden, den langfristigen Wachstumstrend kausal zu erklären und die kurzfristigen Störungen als Daten für ein Fehlerkorrekturmodell zu verwenden. Mit Hilfe der Kointegrationsanalyse konnte auf der Basis eines schon publizierten physikalischen Modells ein Erklärungsversuch für langfristige Tendenzen des Klimasystems unternommen werden.“*

Prof. Dr. Franz Josef Wodopia; Technische Fachhochschule Georg Agricola, Bochum

THG in einem Index und damit einer Festlegung der jeweiligen Wärmerückstrahlung bedarf. Eine Sättigungsfunktion konnte leider nicht geschätzt werden.

Ein weiteres wichtiges Ergebnis war, dass eine sehr gute Expost-Prognose für den gesamten Beobachtungszeitraum möglich war. Während selbst der Weltklimarat einräumt, dass er in den letzten Jahrzehnten die aktuelle Entwicklung überschätzte, ist mein statistisches Modell auch hier treffsicher. Nachdem die Publikation fertig gestellt war, wurde ich auf neuere wissenschaftliche Erkenntnisse zur Bedeutung des Einflusses von Ruß aufmerksam. Zwischenzeitlich habe ich auch diesen Effekt analysiert und dabei festgestellt, dass 10 % des historischen Erwärmungsprozesses auf die Rußemissionen entfallen. Der Anteil der solaren Aktivität und von SO<sub>2</sub> bleibt davon unbeeinflusst. Der Anteil der THG CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und der halogenierten Kohlenwasserstoffe reduziert sich dagegen.

**„et“:** Welche Schlussfolgerungen ziehen Sie daraus?

**Wodopia:** CO<sub>2</sub> darf nicht länger als das einzig relevante klimapolitische Problem behandelt werden.

**„et“:** Besteht die Gefahr, dass bei der versteiften Betrachtung der Reduktion von CO<sub>2</sub> und außer Acht lassen der nicht-CO<sub>2</sub>-Treibhausgasemissionen Mittel an falscher Stelle eingesetzt werden?

**Wodopia:** Genau das ist meines Erachtens das Hauptproblem. Viel zu lange erfolgte die Fixierung auf nur eine Ursache des anthropogenen Treibhauseffektes. Natürlich ist CO<sub>2</sub> ein wichtiges Treibhausgas und der Einfluss fossiler Emissionen wird noch zunehmen, wenn die SO<sub>2</sub>-Emissionen zurückgeführt werden. Aber selbst dann spielen die weiteren THG noch eine ganz entscheidende

Rolle. Die Fixierung auf nur eine Ursache ist zwar leichter zu vermitteln, volkswirtschaftlich ist sie aber ineffizient. Zudem besteht die Gefahr, dass sich daraus eine politische Grundhaltung entwickelt, die nicht mehr hinterfragt wird. Einiges spricht dafür, dass wir diesen Punkt bereits überschritten haben.

**„et“:** Wie beurteilen Sie die Prognose der Klimasensitivität des IPCC?

**Wodopia:** Der Klimasensitivitätsparameter kann in meinem Modell direkt geschätzt werden. Sein Wert liegt unterhalb der in der Literatur genannten Bandbreite. Deshalb erhalte ich zwangsläufig auch niedrigere Temperaturprognosen als das IPCC. Um auszuschließen, dass abweichende Prognosen auch auf die Prämissensetzung zurückzuführen sind, wurden von mir vier Szenarien verwendet, die im 2014 erscheinenden Bericht des Weltklimarats verwendet werden. Die Szenarien wurden vom IPCC so gewählt, dass sie von einer Stabilisierung bei 2 Grad Celsius über zwei eher als realistisch einzuschätzende Szenarien bis zu einem extremen Wachstumsszenario reichen. Selbst im letzten Fall würde sich der für 2100 prognostizierte Temperaturanstieg mit 2,8 Grad Celsius deutlich unterhalb dessen bewegen, was das IPCC in seinem nächsten Bericht veröffentlichen wird. Auf Grund einer „Informationsleckage“ beim IPCC ist dies mehr als nur eine Vermutung. Nicht nur in einem, sondern in drei Szenarien wird der Temperaturanstieg meinen Ergebnissen zufolge unterhalb von 2 Grad Celsius gebremst.

**„et“:** Welche politischen Empfehlungen können aus Ihren Ergebnissen abgeleitet werden?

**Wodopia:** Statt der Fixierung auf nur eine Ursache sollte ein Maßnahmenbündel vorgeschlagen werden, das einerseits leicht nachvollziehbar und andererseits auch international akzeptabel erscheint. Win-Win-Strategien sollten hierbei an erster Stelle aufgeführt werden. Die Eindämmung der Rußemissionen setzt z. B. nicht die Abschaffung des Dieselmotors voraus, sondern kann durch Filterung ermöglicht werden. Neben der Verbesserung der Luftqualität wäre der Klimaschutz ein kostenloser Nebeneffekt. Auch die Methanemissionen beim Reisanbau können reduziert werden, ohne den Reisanbau selbst in Frage zu stellen. Eine Kombination aus geringerem Wasserverbrauch und gezielter Düngung könnte eine Emissionsminderung bewirken.

Auch auf Kältemittel kann nicht verzichtet werden. Hier ist aber der Ersatz extrem klimaschädlicher Stoffe bei relativ niedrigen volkswirtschaftlichen Kosten möglich. Erstaunlicherweise besteht aber gerade bei diesen extrem gefährlichen Stoffen ein großes Verständnis für die Umstellungsprobleme der Verwender von Kühlanlagen. Fossile Energieträger können dagegen nur mit hohem volkswirtschaftlichem Aufwand durch erneuerbare Energieträger abgelöst werden. Statt hier die volkswirtschaftliche Belastungsgrenze auszutesten, wäre der international abgestimmte Einsatz eines Maßnahmenbündels, teils auch im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit, vorzuziehen.

**„et“:** Herr Prof. Wodopia, vielen Dank für das Interview.

„et“-Redaktion

Der genannte Aufsatz ist kostenlos verfügbar:  
<http://www.springerlink.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.1007/s12398-012-0094-0>