

Stellungnahme

zur Sachverständigen-Anhörung des Ausschusses für Wirtschaft, Energie und Landesplanung am 11. April 2018, Klimaschutz A18, Landtag Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

Dr. habil. Sebastian Lüning

Sebastian.Luning@gmx.net, Geowissenschaftler

Zusammenfassung

Die Forderung aus Abschnitt A des Gesetzesentwurfs, den klimahistorischen Kontext verstärkt in die Klimadiskussion einzubeziehen, ist uneingeschränkt zu unterstützen. In vorindustrieller Zeit traten in NRW und anderswo bedeutende klimatische Schwankungen auf, die das moderne Temperaturniveau zum Teil sogar überschritten haben. Dabei wurden klimatische Änderungsraten verzeichnet, die mit den heutigen Raten vergleichbar sind. Gängige IPCC-Klimamodelle können die vorindustriellen Klimaschwankungen der vergangenen 10.000 Jahre nicht reproduzieren, was auf grundlegende Probleme bei der Zuordnung von anthropogenen und natürlichen Klimaantrieben hindeutet. Klimaprognosen sollten nur von Klimamodellen akzeptiert werden, die sich in der Rückwärtsmodellierung der mindestens letzten 2000 Jahre bewährt haben. Die identifizierten Lücken und Diskrepanzen müssen im Rahmen eines gezielten Forschungsprogrammes angegangen werden, und zwar in einer ergebnisoffenen und zügigen Art und Weise. Die Erwärmungswirkung von CO₂ ist auch nach mehreren Jahrzehnten Forschung nur äußerst ungenau bekannt. Die möglichen klimatischen Folgen dieser Bandbreite reichen von „katastrophal“ bis „beherrschbar“. Vieles deutet mittlerweile auf eine Wirkung des CO₂ hin, die schwächer ausfällt als lange angenommen. Politische Maßnahmen sollten angesichts der großen Unsicherheiten im Bereich der Klimasimulationen dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit folgen. Beständiger Alarmismus ist hier fehl am Platz, stattdessen sollten alle gesellschaftlichen Herausforderungen gleichberechtigt behandelt werden und einer nüchternen Betrachtung von Aufwand und Nutzen standhalten. Landespolitische Emissionsverpflichtungen, die über bundes- und EU-weite Regelungen hinausgehen, sind wenig zielführend. Die Initiative zur Aufhebung des Gesetzes zur Förderung des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen ist daher zu unterstützen.

Einleitung

Im Zuge der globalen Industrialisierung und Nutzung fossiler Brennstoffe ist die Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre mittlerweile auf den auf den höchsten Stand seit 800.000 Jahren gestiegen. Gleichzeitig hat sich die Temperatur der Erde in den letzten 150 Jahren um knapp ein Grad erhöht. Der genaue quantitative Anteil menschengemachter und natürlicher Klimafaktoren an dieser Erwärmung ist jedoch noch immer unklar und ist an die nur ungenau bekannte Klimawirkung des CO₂, die sogenannte CO₂-Klimasensitivität gekoppelt. Um den natürlichen Anteil am aktuellen Klimawandel besser verstehen zu

können, ist eine Beschäftigung mit der vorindustriellen Klimageschichte notwendig, so wie in Abschnitt A des zu erörternden Gesetzesentwurfs dargelegt. Erst wenn die natürliche Klimadynamik der letzten Jahrtausende korrekt aufgezeichnet und die entsprechenden Antriebe verstanden sind, kann das heutige Gesamtklimasystem bestehend aus natürlichen und anthropogenen Antrieben vollständig begreifbar und quantitativ abschätzbar werden.

Große Bedeutung kommt vor allem früheren natürlichen Wärmeepisoden zu, die sich etwa alle 1000-2000 Jahre lokal bis global ereignet haben und deren genaue Ursachen sich noch in der Erforschung befinden. In vielen Darstellungen zum Klimawandel mangelt es leider an einer solchen klimahistorischen Weitsicht. So beginnt die Betrachtung in den Klimazustandsberichten zu Nordrhein-Westfalen (NRW) erst im Jahr 1880 (LANUV, 2010, 2016). Der Herausgeber der Berichte, das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV), versäumt es in eklatanter Weise, die aktuellen klimatischen Veränderungen in einen längerfristigen Kontext einzuordnen. Dabei entspricht das Jahr 1880 dem Ende der sogenannten Kleinen Eiszeit (15.-19. Jahrhundert), einer der kältesten Episoden in der Klimageschichte der vergangenen 10.000 Jahre. Somit bezieht das LANUV sämtliche Betrachtungen auf eine klimatische Sonderphase. Das ist ungewöhnlich, weicht es doch von der sonst üblichen wissenschaftlichen Praxis ab, die Geschehnisse mit langjährigen Durchschnittswerten, der sogenannten Basislinie („baseline“) zu vergleichen (Lüning and Vahrenholt, 2017). Geeigneter wäre beispielsweise die Durchschnittstemperatur der letzten 2000 oder 10.000 Jahre gewesen, wobei mehrere natürliche Kalt-/Warmphasen einbezogen worden wären. Erst die Einordnung in den längerfristigen klimatischen Kontext ermöglicht es zu entscheiden, inwieweit die aktuellen klimatischen Änderungen den Bereich der natürlichen Schwankungsbreite bereits verlassen haben.

Im Folgenden soll daher beispielhaft die Temperaturentwicklung von Nordrhein-Westfalen (NRW) und Nachbarregionen dargelegt werden. Zudem wird der aktuelle Diskussionsstand zur Validierung von Klimamodellen und der CO₂-Klimasensitivität zusammengefasst.

Klimaentwicklung in NRW während der letzten 100, 1000 und 10.000 Jahre

Letzte 100 Jahre

Die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur in NRW hat sich auf Basis von Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in den letzten 135 Jahren um etwa anderthalb Grad erhöht (Abb. 1).

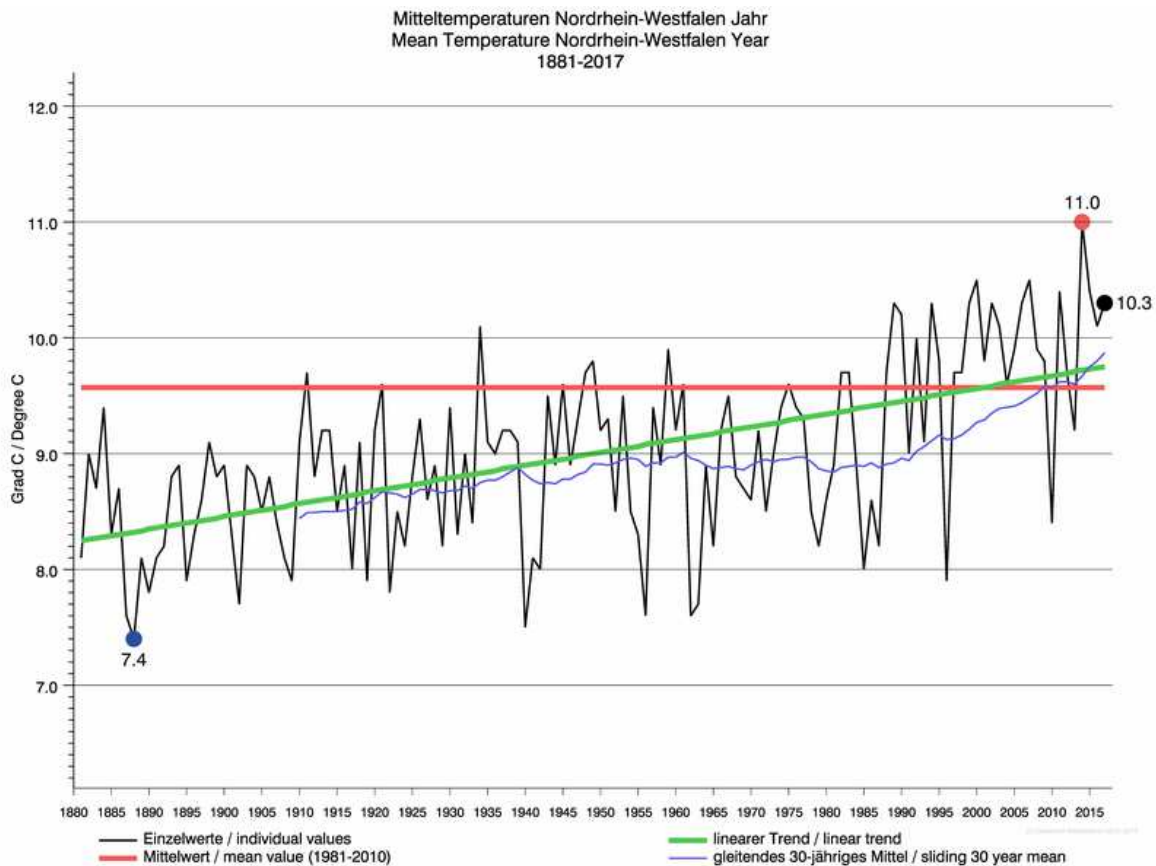


Abb. 1: Entwicklung der Jahresdurchschnittstemperatur in Nordrhein-Westfalen während der vergangenen 135 Jahre. Quelle: [DWD](#).

Letzte 1000 Jahre

Die Moderne Wärmeperiode ist nicht die einzige Erwärmungsperiode in der nacheiszeitlichen Klimageschichte. Bereits im Mittelalter vor 1000 Jahren ereignete sich eine Warmphase, die besonders gut aus dem nordatlantischen Raum bekannt ist, aber auch in vielen Regionen der restlichen Welt ausgeprägt war, z.B. in Afrika (Lüning et al., 2017). So wurde die Mittelalterliche Wärmeperiode (MWP) bzw. Mittelalterliche Klimaanomalie (MCA) auch aus dem NRW-Nachbarland Rheinland-Pfalz (RP) beschrieben. Moschen et al. (2011) rekonstruierten die Temperaturgeschichte anhand von Kohlenstoffisotopen in einem Torfkern aus dem Dürren Maar. Dabei fanden sie eine Erwärmung von mehr als 5°C im Übergang der Kälteperiode der Völkerwanderungszeit (500-700 n. Chr.) zur MWP (Abbildung 2). In diesem Zusammenhang traten offenbar starke Erwärmungsschübe auf, bei denen die Temperaturen auf natürliche Weise innerhalb weniger Jahrzehnte um mehrere Grad nach oben schnellten. Insofern scheint weder das heutige Temperaturniveau, noch die heutige Erwärmungsrate im Raum NRW-RP im historischen Kontext beispiellos zu sein.

Dürres Maar (Eifel)

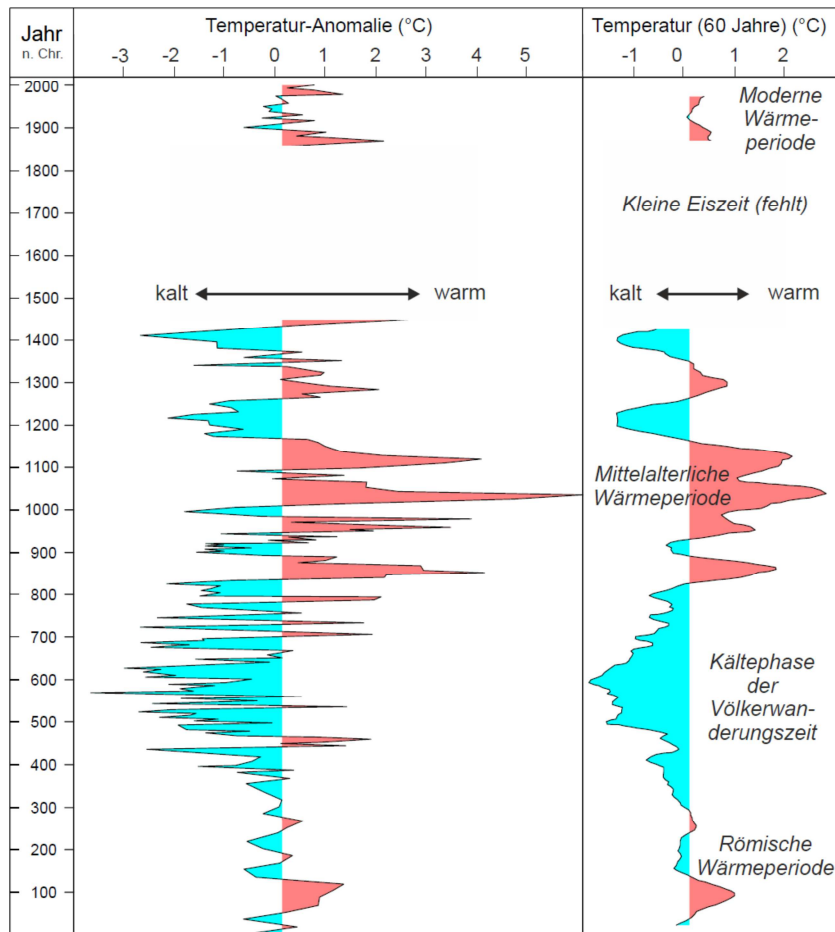


Abb. 2: Temperaturentwicklung des Dürres Maar (Eifel) während der letzten 2000 Jahre basierend auf einer Temperaturrekonstruktion anhand von Zellulose-Kohlenstoffisotopen eines Torfkerns. Nullpunkt der Temperatur-Anomalieskala liegt etwas über dem Temperaturdurchschnitt der letzten 2000 Jahre (Kleine Eiszeit fehlt). Linke Kurve: Ungeglättete Daten. Rechte Kurve: Gleitender Mittelwert über 60 Jahre. Daten digitalisiert von Moschen et al. (2011).

Letzte 10.000 Jahre

Erweitert man den Referenzzeitraum auf die letzten 10.000 Jahre, so wird klar, dass es eine ganze Reihe von Warm- und Kältephasen in vorindustrieller Zeit gegeben hat. In der Wissenschaft wird hier von klimatischen Millenniumszyklen gesprochen, da sich die Änderungen im Takt von 1000-2000 Jahren ereigneten. Die Zyklen sind aus allen Erdteilen beschrieben worden (Lüning and Vahrenholt, 2016) und könnten zumindest einen Teil ihres Antrieb aus der schwankenden Sonnenaktivität beziehen (Bond et al., 2001). Andere Forscher nehmen einen klimasysteminternen Puls an.

Eine derartige Millenniumszyklik wurde auch in der sauerländischen Bunkerhöhle von Fohlmeister et al. (2012) nachgewiesen. Rhythmische Änderungen in den Sauerstoffisotopen- in Tropfsteinen zeigen über die vergangenen 11.000 Jahre einen

fortlaufenden natürlichen Klimawandel, bei dem das System zwischen warm/feucht und kalt/trocken schwankte (Abb. 3). Der Wechsel zwischen der Kältephase der Völkerwanderungszeit, MWP und Moderner Wärmeperiode ist in der Höhlenrekonstruktion gut erkennbar.

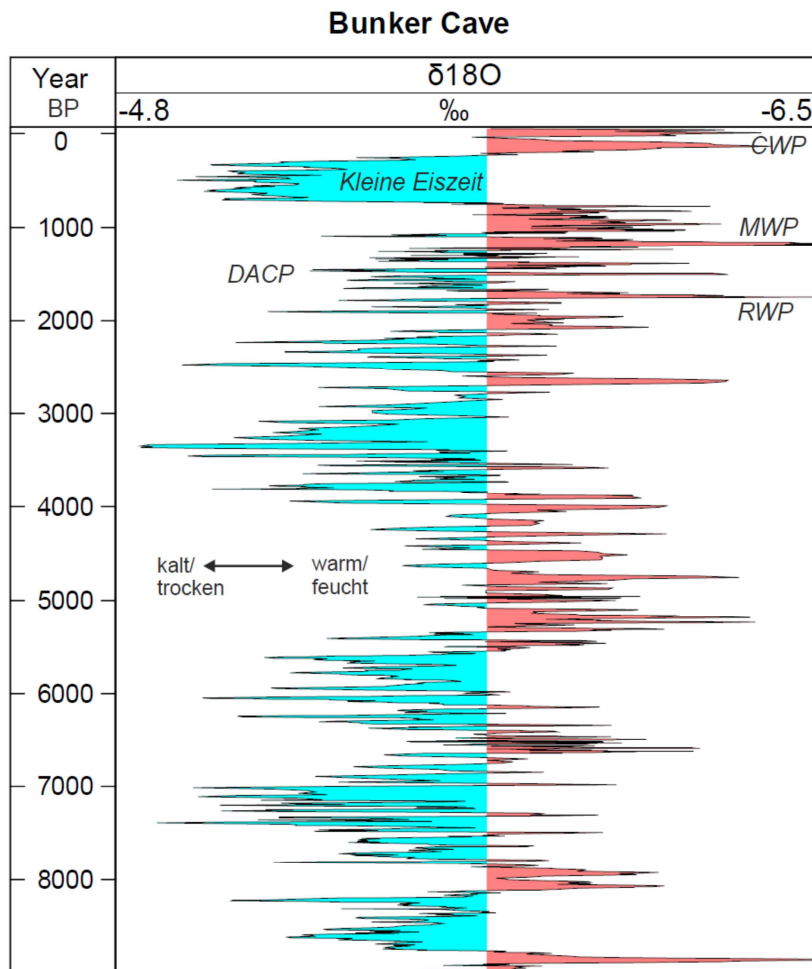


Abb. 3: Natürliche Klimaschwankungen im Sauerland während der vergangenen 11.000 Jahre, rekonstruiert auf Basis von Sauerstoffisotopenschwankungen ($\delta^{18}\text{O}$) von Tropfsteinen der Bunkerhöhle. Einheit in Promille der Sauerstoffisotope. CWP=Moderne Wärmeperiode (Current Warm Period), MWP=Mittelalterliche Wärmeperiode, DACP=Kälteperiode der Völkerwanderungszeit (Dark Ages Cold Period), RWP=Römische Wärmeperiode. Alterskala zeigt Jahre vor 1950 (Years BP, before ,present'=1950). Daten von Fohlmeister et al. (2012), heruntergeladen von <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/20589>

Eine besonders warme Phase stellte das sogenannte Holozäne Thermische Maximum (HTM) dar, das sich in der Zeit 8000-5500 Jahre vor heute ereignete. Kühl and Moschen (2012) rekonstruierten die Temperaturen dieser Klimaepisode für das Dürre Maar anhand von Pollen. Es zeigte sich, dass die Temperaturen in der Eifel damals um mehr als ein Grad über dem heutigen Wärmeniveau lagen (1990-2017, Abb. 1), bzw. fast zwei Grad, wenn man das kühlere Referenzintervall 1961-1990 zum Maßstab nimmt. Die Juli-Temperaturen der

Eifel lagen während des HTM bei 18,0-18,5°C, wohingegen an der nächstgelegenen Wetterstation Manderscheid im DWD-Referenzintervall 1961-1990 ein Juli-Durchschnittswert von 16,3°C gemessen wurde (Kühl and Moschen, 2012).

Das Fachgebiet der Paläoklimatologie hat in den letzten 15 Jahren große Fortschritte gemacht, und es wurde in der ganzen Welt eine Vielzahl von neuen lokalen Temperaturrekonstruktionen erstellt. Die regionale und überregionale Synthese dieser Daten hinkt dabei allerdings noch etwas hinterher. So gibt es bis heute noch immer keine robuste globale Temperaturrekonstruktion für die vergangenen 10.000 Jahre, bei der sowohl Land- als auch Meerestemperaturen integriert sind. Die vielzitierte Kurve von Marcott et al. (2013) stützt sich fast ausschließlich auf Meerestemperaturen, deren Temperaturänderung jedoch aufgrund der thermischen Trägheit der Ozeane sehr viel weniger stark ausfällt als an Land. Eine globale Temperaturrekonstruktion für die letzten 2000 Jahre durch das PAGES 2k Consortium (2013) fand, dass es in der Zeit 1-600 n. Chr. offenbar bereits mehrfach mindestens genauso warm gewesen ist wie heute. Allerdings ist auch hier noch mit Änderungen zu rechnen, da die Rekonstruktion stark auf Baumringdaten setzt, die in vielen Fällen aus unveröffentlichten und nichtbegutachteten Quellen stammen. Zudem scheinen in die Mittelwerte auch andere ungeeignete Daten eingearbeitet worden zu sein (Beispiel Afrika: Lüning et al., 2017). Insofern sollte hier zunächst verstärkt auf verlässlichere lokale Temperaturserien wie die Bunkerhöhle und das Dürre Maar gesetzt werden, bis in Zukunft hoffentlich bald verbesserte globale Temperaturkurven verfügbar werden.

Unvollständige Validierung der Klimamodelle

Die Klimaprognosen bis zum Jahr 2100 basieren auf theoretischen Klimasimulationen. Um die Verlässlichkeit der Simulationen zu gewährleisten, müssen die entsprechenden Klimamodelle zunächst an der bekannten Klimaentwicklung geeicht werden. Die Modelle müssen in einer sogenannten Rückwärtsmodellierung (englisch: Hindcast, History Match) zeigen, dass sie die gemessene bzw. paläoklimatologisch rekonstruierte Temperaturgeschichte reproduzieren können. Während die Erwärmung der letzten 150 Jahre von den Modellen in der Regel ohne größere Probleme dargestellt werden kann, konnten die vorindustriellen Wärmephasen bisher nicht zufriedenstellend reproduziert werden. Dies räumt auch der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) unumwunden in seinem letzten Klimabericht in Bezug auf die Mittelalterliche Klima-anomalie (MCA) ein (Kapitel 5.3.5 in IPCC, 2013). Die schlechte Reproduktionsleistung der Klimamodelle für die Zeit vor der Kleinen Eiszeit wurde in zahlreichen Fachpublikationen festgestellt und bemängelt (z.B. Büntgen et al., 2017; Marcott et al., 2013; Zhang et al., 2017).

Bei näherer Betrachtung verwundert es jedoch kaum, dass die Modelle die vorindustriellen natürlichen Klimaschwankungen nicht reproduzieren können. In den Simulationen geht der Einfluss natürlicher Klimafaktoren bereits vom Ansatz her gegen Null (Abb. 4). Allenfalls wird den vorindustriellen Simulationen ein gewisses Maß an unsystematischem Rauschen zugebilligt. Angesichts der bedeutenden systematischen Temperaturschwankungen in vorindustrieller Zeit deutet vieles auf einen klassischen Ansatzfehler in den Modellierungen hin. Angesichts der mangelhaften Kalibrierung der Klimamodelle an den vorindustriellen

Wärmephasen sollten Ergebnisse aus den Klimasimulationen bis zur endgültigen Klärung der enormen Diskrepanzen mit äußerster Vorsicht behandelt werden.

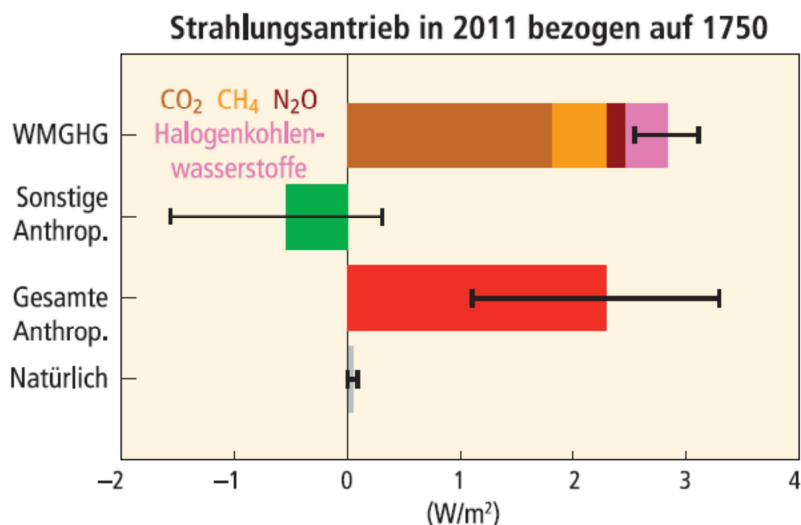


Abb. 4: Vom IPCC angenommene Bedeutung anthropogener und natürlicher Klimafaktoren, ausgedrückt als Strahlungsantrieb während der industriellen Ära (1750–2011). WMGHG=gut durchmischte Treibhausgase (well mixed greenhouse gases). Abbildung aus IPCC (2014).

Klimawirkung des CO₂

Das Treibhausgas CO₂ wirkt erwärmend. Der genaue Erwärmungsbetrag ist jedoch noch immer schlecht bekannt und wird vom IPCC seit seinem ersten Klimabericht 1990 im Bereich von 1,5-4,5°C pro CO₂-Verdopplung vermutet. Dieser große mit Faktor 3 behaftete Unsicherheitsbereich hat sich trotz großer Forschungsanstrengungen bis heute nicht verringert. Während in früheren IPCC-Berichten noch ein bester Schätzwert von 3,0°C angegeben wurde, verzichtete der IPCC in seinem letzten Bericht auf diese Angabe, da unter den beteiligten Forschern kein Konsens erzielt werden konnte. Vieles deutet mittlerweile auf einen Wert in der unteren Hälfte des Spektrums hin. Insbesondere der Bereich von 1,6-2,2°C findet viele Unterstützer in der Fachwelt (Lewis and Curry, 2015; Mauritsen and Pincus, 2017; Mauritsen and Stevens, 2015; Otto et al., 2013).

In den letzten Jahren wurde immer klarer, dass der Einfluss natürlicher Ozeanzyklen offenbar *unterschätzt* und die Kühlwirkung durch Aerosole *überschätzt* wurde (z.B. Malavelle et al., 2017; Santer et al., 2017). Angesehene Klimawissenschaftler wie Reto Knutti und Gabriele Hegerl scheinen die Öffentlichkeit bereits auf die bevorstehende Abwärts-Revision des Wertes der CO₂-Klimasensitivität vorzubereiten und erklären, dass die Klimaschutzbemühungen auch bei niedrigeren Werten auf jeden Fall fortzusetzen seien (Knutti et al., 2017). Auch wenn dies prinzipiell richtig ist, sollte dabei nicht außer Acht gelassen werden, dass niedrigere Werte den Bedrohungsgrad stark herabsetzen und mehr Zeit für eine nachhaltigere Planung der vorzunehmenden Maßnahmen gibt.

Schlussfolgerungen

- In vorindustrieller Zeit traten in NRW und anderswo bedeutende klimatische Schwankungen auf, die das moderne Temperaturniveau zum Teil sogar überschritten haben
- Dabei wurden klimatische Änderungsraten verzeichnet, die mit den heutigen Raten vergleichbar sind.
- Offizielle NRW-Berichte sparen die vorindustrielle Klimaentwicklung aus unerfindlichen Gründen aus.
- Gängige Klimamodelle können die vorindustrielle Klimageschichte nicht reproduzieren, was auf grundlegende Probleme bei der Zuordnung (Attribution) von anthropogenen und natürlichen Klimaantrieben hindeutet.
- Die Erwärmungswirkung von CO₂ ist auch nach mehreren Jahrzehnten Forschung nur äußerst ungenau bekannt. Die möglichen klimatischen Folgen dieser Bandbreite reichen von „katastrophal“ bis „beherrschbar“. Vieles deutet mittlerweile auf eine schwächere Wirkung hin.

Empfehlungen

- Das Thema der vorindustriellen natürlichen Klimavariabilität darf kein Tabu-Thema bleiben. Auch die Klimadiskussion kann aus der Geschichte lernen, muß klimahistorische Fakten anerkennen und einbeziehen.
- Behörden, Politiker und Forscher müssen die enorme natürliche Klimavariabilität der vorindustriellen Zeit aktiv kommunizieren. Ein fortgesetztes Verschweigen setzt sie dem Vorwurf mangelnder Transparenz aus. Die Klimageschichte beginnt nicht erst am Ende der Kleinen Eiszeit um 1880.
- Geignete Maßnahmen sollten ergriffen werden, um die CO₂-Klimasensitivität und die damit verbundenen natürlichen und anthropogenen Anteile der Erwärmung der letzten 150 Jahre endlich enger einzugrenzen. Die aktuelle große Spannbreite stellt keine robuste Planungsgrundlage für weitreichende Änderungen der Industriestruktur dar.
- Es wird empfohlen, ein gezieltes paläoklimatologisches Forschungsprogramm für nur lückenhaft verstandene Regionen der Erde ins Leben zu rufen, um dringend benötigte, robuste Kalibrierungsdaten für die Klimasimulationen zu erhalten. Die entsprechenden Methoden hierzu sind bereits entwickelt, so dass das Programm zügig starten und schnell Ergebnisse liefern könnte.

- Klimaprognosen sollten nur von Klimamodellen akzeptiert werden, die sich in der Rückwärtsmodellierung mindestens der letzten 2000 Jahre bewährt haben. Zunächst muss die bekannte Temperaturentwicklung der letzten 2000 Jahre erfolgreich von den Modellen reproduziert werden, bevor sie sich an Zukunftssimulationen versuchen. Dies ist eine unverzichtbare Maßnahme zur Qualitätssicherung, die in allen anderen Bereichen der Modellierung fest etabliert ist (Hindcast, History Match). Die Klimawissenschaften dürfen hier keinen Sonderstatus für sich beanspruchen. Eine Rückwärtsmodellierung beginnend am Ende der Kleinen Eiszeit greift zu kurz, da das Intervall keine natürlichen Wärmephasen enthält.
- Politische Maßnahmen sollten angesichts der großen Unsicherheiten im Bereich der Klimasimulationen dem Prinzip der Verhältnismäßigkeit folgen. Alarmismus ist hier fehl am Platz, stattdessen sollten alle gesellschaftlichen Herausforderungen gleichberechtigt behandelt werden und einer nüchternen Betrachtung von Aufwand und Nutzen genügen.
- Landespolitische Emissionsverpflichtungen die über bundes- und EU-weite Regelungen hinausgehen, sind wenig zielführend. Die Initiative zur Aufhebung des Gesetzes zur Förderung des Klimaschutzes in Nordrhein-Westfalen ist daher zu unterstützen.

Zu Abschnitt A des Gesetzentwurfs (Drucksache 117/1128)

Die generelle Forderung aus Abschnitt A, den klimahistorischen Kontext verstärkt in die Betrachtung einzubeziehen, ist uneingeschränkt zu unterstützen. Es ist unverständlich, weshalb die natürliche, vorindustrielle Klimadynamik in der öffentlichen Darstellung und Diskussion von Politik und Medien so konsequent ausgespart bleibt. Der Gesetzesentwurf sieht hier zu Recht eine große Lücke, die es schnellstmöglich durch geeignete Maßnahmen zu schließen gilt.

Allerdings haben sich in die Darstellung des Abschnitts A auch ein Fehler eingeschlichen, der hier kurz korrigiert werden sollen. So wird im zweiten Absatz behauptet:

„Gegenwärtig befindet sich der Planet Erde auf dem Weg aus der letzten Kaltzeit hinaus, dessen Übergang in die Warmzeit noch nicht abgeschlossen ist.“

Richtig ist vielmehr, dass die letzte Eiszeit vor etwa 12.000 Jahren endete und wir uns seitdem in einer Zwischeneiszeit (Interglazial) befinden, also einer Warmphase. Das letzte Interglazial, das Eem, hatte eine Dauer von 15.000 Jahren, so dass unter Annahme einer vergleichbaren Konstellation und unter Ausblendung von anthropogenen Effekten mit einem Zurückpendeln in die nächste große Eiszeit in 3000 Jahren zu rechnen wäre. Die wärmste Phase des aktuellen Interglazials (Holozän) stellt das sogenannte Holozäne Thermische Maximum (HTM) dar, einer Warmphase 8000-5000 Jahre vor heute. Im Anschluss daran kühlte sich das Erdklima wieder ab und erreichte seine kälteste Phase in der Kleinen Eiszeit im 15.-19. Jahrhundert. Die Wiedererwärmung seit dem Ende der Kleinen Eiszeit ist ein Gemeinschaftsprodukt eines natürlichen Zurückpendelns nach dem Kälteextrem sowie der anthropogenen Klimabeeinflussung.

Die folgende Aussage aus Abschnitt A ist zudem mißverständlich formuliert:

„Die Klimaschwankungen in der jüngeren Klimageschichte zeigen, dass es keinen direkten Zusammenhang zwischen einem anthropogenen Klimawandel und dem Klima der Erde gibt.“

Gemeint ist wahrscheinlich, dass die natürlichen Klimaschwankungen in der vorindustriellen Zeit stattfanden, als die CO₂-Konzentration der Atmosphäre stabil war, und daher als Antrieb für die bedeutenden natürlichen Klimaschwankungen vor 1850 ausscheiden. Für die industrielle Phase müssen auf jeden Fall anthropogene Klimafaktoren berücksichtigt werden, deren quantitative Ausprägung jedoch noch nicht genau bekannt ist. Vieles deutet auf eine deutlich schwächere Erwärmungswirkung des CO₂ hin als lange Jahre vom IPCC postuliert.

Zur Person

Sebastian Lüning studierte Geologie/Paläontologie an der Universität Göttingen. Seine Promotion und Habilitation in diesem Fach erhielt er an der Universität Bremen. Für Vordiplom, Doktorarbeit und Habilitation erhielt Lüning jeweils Studienpreise. Während seiner Postdoc-Zeit arbeitete er zu ökologischen Sauerstoffmangelsituationen während der Erdgeschichte. Seit 2007 ist Lüning beruflich in der konventionellen Energiebranche tätig. Die Beschäftigung mit dem Thema Klimawandel erfolgt ausschließlich in seiner Freizeit, in Fortsetzung seiner langjährigen Vollzeit-Forschertätigkeit. Diese Forschung ist vollständig unabhängig und wurde weder von der Industrie beauftragt, noch von ihr gefördert. Im Jahr 2012 veröffentlichte Lüning zusammen mit Fritz Vahrenholt das Buch „Die kalte Sonne“, in dem sie für eine stärkere Berücksichtigung der natürlichen Klimaantriebe plädierten. Viele der damals vorgeschlagenen Kritikpunkte wurden mittlerweile von den Klimawissenschaften umgesetzt, z.B. die systematische Rolle der 60-jährigen Ozeanzyklen, die ursprünglich überhöht angesetzte Kühlwirkung der Aerosole sowie das Auseinanderklaffen von realer und simulierter Klimaentwicklung. Eines der im Buch vorgestellten Szenarien beschreibt eine CO₂-Klimasensitivität von 1,5°C, was dem unteren Rand der IPCC-Spanne von 1,5-4,5°C entspricht. Die Fachdiskussion der letzten Jahre deutet an, dass dieses Niedrig-Szenario durchaus bald konsensfähig werden könnte. Sebastian Lüning ist mit dem Institut für Hydrographie, Geoökologie und Klimawissenschaften (IFHGK) in der Schweiz assoziiert und wirkt als offizieller Gutachter am IPCC 1,5 Grad Sonderbericht mit.

Literatur

- Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M. N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I., and Bonani, G., 2001, Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene: *Science*, v. 294, p. 2130-2136.
- Büntgen, U., Krusic, P. J., Verstege, A., Sangüesa-Barreda, G., Wagner, S., Camarero, J. J., Ljungqvist, F. C., Zorita, E., Oppenheimer, C., Konter, O., Tegel, W., Gärtner, H., Cherubini, P., Reinig, F., and Esper, J., 2017, New Tree-Ring Evidence from the Pyrenees Reveals Western Mediterranean Climate Variability since Medieval Times: *Journal of Climate*, v. 30, no. 14, p. 5295-5318.
- Fohlmeister, J., Schröder-Ritzrau, A., Scholz, D., Spötl, C., Riechelmann, D. F. C., Mudelsee, M., Wackerbarth, A., Gerdes, A., Riechelmann, S., Immenhauser, A., Richter, D. K.,

- and Mangini, A., 2012, Bunker Cave stalagmites: an archive for central European Holocene climate variability: *Climate of the Past*, v. 8, p. 1751-1764.
- IPCC, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 1535 p.:
- , 2014, *Klimaänderung 2014: Synthesebericht. Beitrag der Arbeitsgruppen I, II und III zum Fünften Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC)*: https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC-AR5_SYR_barrierefrei.pdf, p. 1-145.
- Knutti, R., Rugenstein, M. A. A., and Hegerl, G. C., 2017, Beyond equilibrium climate sensitivity: *Nature Geoscience*, v. 10, p. 727.
- Kühl, N., and Moschen, R., 2012, A combined pollen and $\delta^{18}O$ Sphagnum record of mid-Holocene climate variability from Dürres Maar (Eifel, Germany): *The Holocene*, v. 22, no. 10, p. 1075-1085.
- LANUV, 2010, *Klima und Klimawandel in Nordrhein-Westfalen - Daten und Hintergründe: LANUV-Fachbericht*, v. 27, p. 1-58.
- , 2016, *Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016: LANUV-Fachbericht*, v. 74, p. 1-106.
- Lewis, N., and Curry, J. A., 2015, The implications for climate sensitivity of AR5 forcing and heat uptake estimates: *Climate Dynamics*, v. 45, no. 3-4, p. 1009-1023.
- Lüning, S., Galka, M., and Vahrenholt, F., 2017, Warming and Cooling: The Medieval Climate Anomaly in Africa and Arabia: *Paleoceanography*, v. 32, no. 11, p. 1219-1235.
- Lüning, S., and Vahrenholt, F., 2016, Chapter 16 - The Sun's Role in Climate A2 - Easterbrook, Don J, *Evidence-Based Climate Science (Second Edition)*, Elsevier, p. 283-305.
- Lüning, S., and Vahrenholt, F., 2017, Paleoclimatological Context and Reference Level of the 2°C and 1.5°C Paris Agreement Long-Term Temperature Limits: *Frontiers in Earth Science*, v. 5, no. 104.
- Malavelle, F. F., Haywood, J. M., Jones, A., Gettelman, A., Clarisse, L., Bauduin, S., Allan, R. P., Karset, I. H. H., Kristjánsson, J. E., Oreopoulos, L., Cho, N., Lee, D., Bellouin, N., Boucher, O., Grosvenor, D. P., Carslaw, K. S., Dhomse, S., Mann, G. W., Schmidt, A., Coe, H., Hartley, M. E., Dalvi, M., Hill, A. A., Johnson, B. T., Johnson, C. E., Knight, J. R., O'Connor, F. M., Partridge, D. G., Stier, P., Myhre, G., Platnick, S., Stephens, G. L., Takahashi, H., and Thordarson, T., 2017, Strong constraints on aerosol–cloud interactions from volcanic eruptions: *Nature*, v. 546, p. 485.
- Marcott, S. A., Shakun, J. D., Clark, P. U., and Mix, A. C., 2013, A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years: *Science*, v. 339, no. 6124, p. 1198-1201.
- Mauritsen, T., and Pincus, R., 2017, Committed warming inferred from observations: *Nature Clim. Change*, v. advance online publication.
- Mauritsen, T., and Stevens, B., 2015, Missing iris effect as a possible cause of muted hydrological change and high climate sensitivity in models: *Nature Geosci*, v. 8, no. 5, p. 346-351.
- Moschen, R., Kühl, N., Peters, S., Vos, H., and Lücke, A., 2011, Temperature variability at Dürres Maar, Germany during the Migration Period and at High Medieval Times, inferred from stable carbon isotopes of Sphagnum cellulose: *Clim. Past*, v. 7, p. 1011-1026.
- Otto, A., Otto, F. E. L., Boucher, O., Church, J., Hegerl, G., Forster, P. M., Gillett, N. P., Gregory, J., Johnson, G. C., Knutti, R., Lewis, N., Lohmann, U., Marotzke, J., Myhre, G., Shindell, D., Stevens, B., and Allen, M. R., 2013, Energy budget constraints on climate response: *Nature Geosci*, v. 6, no. 6, p. 415-416.
- PAGES 2k Consortium, 2013, Continental-scale temperature variability during the past two millennia: *Nature Geosci*, v. 6, no. 5, p. 339-346.

- Santer, B. D., Fyfe, J. C., Pallotta, G., Flato, G. M., Meehl, G. A., England, M. H., Hawkins, E., Mann, M. E., Painter, J. F., Bonfils, C., Cvijanovic, I., Mears, C., Wentz, F. J., Po-Chedley, S., Fu, Q., and Zou, C.-Z., 2017, Causes of differences in model and satellite tropospheric warming rates: *Nature Geoscience*, v. 10, p. 478.
- Zhang, Y., Renssen, H., Seppä, H., and Valdes, P. J., 2017, Holocene temperature evolution in the Northern Hemisphere high latitudes – Model-data comparisons: *Quaternary Science Reviews*, v. 173, p. 101-113.