

EIKE-Besuch am PIK – Sammlung von Sachargumenten

Vereinzelt wurde dem Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung in der Vergangenheit vorgeworfen, sich zu wenig mit den Positionen so genannter Klimaskeptiker auseinanderzusetzen. PIK-Direktor Hans Joachim Schellnhuber wiederholte deshalb 2010 eine Einladung zum Gespräch. Im April 2011 wurde mehreren Vertretern des Europäischen Instituts für Klima und Energie (EIKE) die Möglichkeit gegeben, ihre Argumente bei einem Besuch in Potsdam vorzutragen. Allerdings ergaben sich aus dem Vorgetragenen aus Sicht der Forscher des PIK keine wesentlichen neuen Erkenntnisse. Im Folgenden werden die vorgebrachten Argumente dem aktuellen wissenschaftlichen Sachstand gegenübergestellt.

Themenfeld 1: Einfluss der Sonne auf das Klima

EIKE:

Der solare Einfluss auf das Erdklima sei stärker als gemeinhin angenommen. Eine neue Studie von Shapiro et al.¹ zeige, dass die Zunahme der *direkten* solaren Einstrahlung seit der Kleinen Eiszeit möglicherweise sechs Mal größer war als im letzten Sachstandsbericht des Weltklimarats angenommen.

Eine aktuelle Studie von Werner Weber² liefere zudem starke Hinweise auf eine stärkere *indirekte* solare Beeinflussung des Klimas. Eine aktivere Sonne könne über das solare Magnetfeld die kosmische Strahlung signifikant reduzieren. Als Folge würden weniger troposphärische Aerosole erzeugt und damit die solare Einstrahlung auf die Erde wesentlich erhöht.

PIK:

Die Studie von Shapiro et al. ist ein starker Außenseiter im Vergleich zu allen anderen Rekonstruktionen der Sonnenaktivität in der Fachliteratur. Zur Sonneneinstrahlung im 17. Jahrhundert gibt es eine weitere aktuelle Studie³, die keinen signifikanten Unterschied zwischen der solaren Einstrahlung während des Sonnenminimums in der Kleinen Eiszeit (Maunder-Minimum) und dem zuletzt beobachteten außergewöhnlichen Minimum (von 2008/2009) findet. Überdies stehen die starken Schwankungen der Sonneneinstrahlung aus der von EIKE zitierten Shapiro et al.-Studie im Widerspruch zu Rekonstruktionen der Temperatur der Nordhalbkugel⁴, während andere Rekonstruktionen der vergangenen Sonnenvariabilität konsistent mit dem Temperaturverlauf sind.

Während Schwankungen in der Sonnenaktivität das Klima der weiter zurückliegenden Vergangenheit durchaus stark beeinflusst haben, können Veränderungen der direkten

¹ Shapiro AI, Schmutz W, Rozanov E, et al. (2011) A new approach to the long-term reconstruction of the solar irradiance leads to large historical solar forcing. *Astronomy & Astrophysics*, 529, A67

² Weber W (2010) Strong signature of the active Sun in 100 years of terrestrial insolation data *Annalen der Physik*, 522, 272-381

³ Schrijver C J, WC Livingston, TN Woods, and RA Mewaldt (2011) The minimal solar activity in 2008-2009 and its implications for long-term climate modeling, *Geophysical Research Letters*, 38, L06701

⁴ Feulner G (2011), in preparation.

solaren Einstrahlung nur einen sehr geringen Teil (nach statistischer Korrelation mit den gemessenen Temperaturen etwa 10 %⁵) der beobachteten Erwärmung des letzten Jahrhunderts erklären. Dass die Sonnenaktivität seit den 1980ern abgenommen hat, während die globalen Mitteltemperaturen seither besonders steil gestiegen sind⁶, ist ein weiterer wichtiger Hinweis auf die untergeordnete Rolle der Sonne im aktuellen Klimageschehen. Das Jahr 2010 war – je nach Datensatz - das wärmste oder zweitwärmste Jahr seit Beginn der Temperaturlaufzeichnungen, obwohl es im tiefsten Sonnenminimum seit Beginn der Satellitenmessungen in den 1970ern lag. Dies, sowie die Temperaturrekonstruktionen des vergangenen Millenniums stehen im Widerspruch zu der von EIKE zitierten These einer starken Amplitude der solaren Schwankungen.

Bisher konnten auch starke indirekte Effekte der Sonne auf das Erdklima nicht überzeugend nachgewiesen werden⁷. Im Speziellen lässt sich zeigen, dass die Ergebnisse von Weber einen zu starken Einfluss der Sonne auf die Temperatur vortäuschen, weil bei der Datenanalyse insbesondere saisonale und vulkanische Effekte vernachlässigt wurden⁸.

Themenfeld 2: Globale Temperaturdaten und Modellvorhersage

EIKE:

Seit 1998 sei kein Anstieg der globalen Mitteltemperatur mehr zu verzeichnen. Dies sei den Daten von Hadley/UEA zu entnehmen. Der Datensatz von NASA GISS sei verfälscht, weil bei den Berechnungen Temperaturen in die Arktis extrapoliert würden, obwohl dort nicht ausreichend Messstationen zur Verfügung stünden.

Bisher eingesetzte Modelle könnten den Temperaturverlauf der letzten 10-15 Jahre nicht zufriedenstellend abbilden. Insbesondere würden es die Modelle bisher nicht zulassen, atmosphärisch-ozeanische Oszillationsmuster (wie ENSO, AMO, PDO) richtig wiederzugeben.

PIK:

Alle gängigen Temperatur-Datensätze basierend auf Stationsdaten (GISS, NOAA, Hadley) und Satellitenmessungen (UAH, RSS) zeigen einen übereinstimmenden positiven linearen Trend von 0,16 bis 0,18 °C pro Dekade in den letzten 30 Jahren⁹ – ein Zeitfenster, das lang genug ist, um einen robusten Klimatrend zu berechnen. Sie stimmen darin überein, dass das letzte Jahrzehnt das wärmste seit regelmäßigen Temperaturlaufzeichnungen ist. Selbst ab dem außergewöhnlich warmen Jahr 1998 gerechnet, ist in allen Datensätzen der Trend positiv¹⁰. Geringfügige Unterschiede z.B. in der Rangabfolge der wärmsten Jahre entstehen durch die Unterschiede zwischen Bodendaten und Satellitendaten (die die Temperatur in

⁵ Lean JL, Rind DH (2008) How natural and anthropogenic influences alter global and regional surface temperatures: 1889 to 2006. *Geophysical Research Letters*, 35, L18701

⁶ Lockwood M, Frohlich C (2007) Recent oppositely directed trends in solar climate forcings and the global mean surface air temperature. *Proceedings of the Royal Society A – Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 463, 2447-2460

⁷ Gray LJ, Beer J, Geller M, et al. (2010) Solar influences on climate. *Reviews of Geophysics*, 48, RG4001

⁸ Feulner G (2011) The Smithsonian solar constant data revisited: no evidence for a strong effect of solar activity in ground-based insolation data. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 11, 3291-3301

⁹ <http://www.wissenslogs.de/wblogs/blog/klimalounge/klimadaten/2011-01-29/feieberkurven-der-erde>

¹⁰ <http://www.sueddeutsche.de/wissen/klimawandel-wider-die-rosinenpickerei-der-klimaskeptiker-1.1105452>

einigen Kilometern Höhe messen) und den Umgang mit Datenlücken¹¹. Eine perfekte Methode, mit den Datenlücken, insbesondere in der Arktis umzugehen, gibt es nicht. Das Auslassen von weiten Teilen der Arktis (wie beim Hadley Datensatz gemacht) führt jedoch mit großer Sicherheit zu einer Unterschätzung des globalen Erwärmungstrends der letzten 10-15 Jahre¹². Die beobachtete starke Abnahme des arktischen Meer-Eises in den letzten Jahren¹³, die große räumliche Korrelationskala von Temperaturanomalien sowie die Reanalysedaten sprechen alle dafür, dass die arktischen Temperaturen ähnlich stark gestiegen sind wie in den arktisnahen Landgebieten, wo es Messungen gibt – der GISS Annahme entsprechend.

Die beobachteten globalen Mitteltemperaturen der letzten 10 Jahre liegen innerhalb der Unsicherheitsspanne, die von den für den letzten Sachstandsbericht des Weltklimarats eingesetzten Modellen errechnet wurde¹⁰. Es gibt also keine Diskrepanz zwischen Modellprojektionen und Beobachtungen – wie von EIKE behauptet. Es ist bisher nicht gelungen aber auch nicht das Ziel von Klimaprojektionen, das Verhalten der großen atmosphärisch-ozeanischen Oszillationsmuster und damit kurz- bis mittelfristige Schwankungen vorherzusagen. Diese Tatsache ist jedoch kein Hinderungsgrund, die Auswirkung der steigenden Treibhausgaskonzentration auf die globale Temperatur vorherzusagen, da letzteres durch gut verstandene physikalische Prozesse bestimmt ist. Vergangene Klimaänderungen auf einer Zeitskala von Jahrzehnten bis Jahrhunderten können mit bestehenden Modellen sehr gut abgebildet werden.

Themenfeld 3: CO₂-Aufnahmekapazität der Ozeane

EIKE:

Das einfachstmögliche Modell der Aufnahme von anthropogenen CO₂ in Ozeanen und Atmosphäre zeige, dass die atmosphärische CO₂-Aufnahme bei konstanter anthropogener Emission einer exponentiellen Sättigung unterliege. Bei Fortschreiben der heutigen Jahresemissionen von 4 ppm CO₂ würde die Atmosphäre bei 500 ppm CO₂ gesättigt sein.

PIK:

Das von EIKE vorgestellte Modell ist falsch, da es von einer raschen, kompletten Durchmischung des Ozeans ausgeht und damit die CO₂-Aufnahme des Ozeans drastisch überschätzt. Die Modellierung des Ozeans, seiner Schichtung und Durchmischung und seiner Aufnahme von Wärme, CO₂ und anderen Stoffen ist ein seit Jahrzehnten etablierter Forschungszweig, wo die Modelle mit zahlreichen Messdaten von Forschungsschiffen gründlich validiert sind. Die heute verfügbaren Modelle zeigen, dass die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre - je nach Szenario der anthropogenen Emissionen – in den nächsten 200 Jahren bis zu 2000 ppm erreichen könnte¹⁴.

¹¹ <http://www.giss.nasa.gov/research/news/20110113/>

¹² Simmons AJ, Willett KM, Jones PD et al. (2010) Low-frequency variations in surface atmospheric humidity, temperature, and precipitation: Inferences from reanalyses and monthly gridded observational data sets. *Journal of Geophysical Research*, 115, D01110

¹³ Screen JA, Simmonds I (2010) The central role of diminishing sea ice in recent Arctic temperature amplification. *Nature*, 464, 1334-1337

¹⁴ Meinshausen, M., S. J. Smith, K. V. Calvin, et al. (submitted) The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extension from 1765 to 2300. *Climatic Change (Special Issue)*.

Themenfeld 4: Wasserdampfrückkopplung und Klimasensitivität

EIKE:

Die Temperaturen in der mittleren bis oberen tropischen Troposphäre nahmen nicht – wie von den Modellen vorhergesagt – übermäßig stark zu. Genauso wenig könne man eine Zunahme der spezifischen Feuchte in diesen Bereichen der Atmosphäre beobachten¹⁵. Das Fehlen dieses tropischen „Hot Spots“ stünde im Widerspruch zu der von den Modellen postulierten positiven Wasserdampf-Rückkopplung und der vom IPCC ermittelten relativ hohen Klimasensitivität.

PIK:

Erste Auswertungen von Ballon- und Satellitendaten ergaben tatsächlich eine Diskrepanz zwischen den gemessenen und den modellierten Erwärmungsraten in der oberen tropischen Troposphäre. Neueste Analysen weisen jedoch darauf hin, dass (unter Berücksichtigung der weiterhin großen Unsicherheiten in den Daten) kein signifikanter Unterschied mehr zwischen Beobachtung und Modellverhalten besteht¹⁶. Abschließend lässt sich die Frage des möglicherweise fehlenden Hot Spots in den gemessenen Temperaturen wegen der großen Unsicherheiten derzeit noch nicht klären.

Auch die Bestimmung von Trends in der spezifischen Feuchte wird durch Probleme bei der Messung und Datenauswertung erschwert¹⁷. Kürzlich wurde darauf hingewiesen, dass der von EIKE angeführte Datensatz¹⁶, der eine Abnahme der spezifischen Feuchte in der oberen tropischen Troposphäre zeigt, möglicherweise besonders viele Artefakte aufweist. Er steht im Gegensatz zu vielen anderen Datensätzen, die einen positiven Trend in der spezifischen Feuchte zeigen¹⁸.

Selbst wenn man von der Annahme ausgeht, dass die Modelle den Erwärmungstrend in der oberen tropischen Troposphäre stark überschätzen, bedeutet das nicht – entgegen der Aussage von EIKE – dass sie damit auch die Klimasensitivität überschätzen.

Eine starke Erwärmung der oberen tropischen Troposphäre hat zunächst überhaupt nichts mit der Wasserdampfrückkopplung zu tun. Sie entsteht durch eine Veränderung im feucht-adiabatischen Temperaturgradienten: bei Erwärmung der Erdoberfläche – egal ob durch mehr Treibhausgase oder durch verstärkte Sonneneinstrahlung – flacht dieser Gradient ab. Die oberen Schichten der Atmosphäre erwärmen sich stärker als die unteren Schichten. Damit entsteht eine negative Rückkopplung (auf Englisch: lapse rate feedback), denn je höher die Temperatur der oberen Atmosphärenschichten, desto stärker die

¹⁵ Paltridge G, Arking A, Pook M (2009) Trends in middle- and upper-level tropospheric humidity from NCEP reanalysis data. *Theoretical and applied climatology*, 98, 351-359

¹⁶ Santer BD, Thorne PW, Haimberger L, et al. (2008) Consistency of modelled and observed temperature trends in the tropical troposphere. *International Journal of Climatology*, 28, 1703-1722; Thorne PW, Lanzante JR, Peterson TC et al. (2011) Tropospheric temperature trends: history of an ongoing controversy. *WIREs Climate Change*, 2, 66-88

¹⁷ IPCC 2007; chapter 3.4.2.2

¹⁸ Dessler AE, Davis SM (2010) Trends in tropospheric humidity from reanalysis systems. *Journal of Geophysical Research*, 115, D19127; Sherwood SC, Roca R, Weckwerth TM, et al. (2010) Tropospheric water vapor, convection, and climate. *Reviews of Geophysics*, 48, RG2001

Energieabstrahlung ins All. Wenn die Modelle diesen Effekt überschätzen, würden sie also die Erwärmung am Boden und die Klimasensitivität *unterschätzen*. Anfügen lässt sich noch, dass die obere tropische Atmosphäre zwar besonders wichtig ist für die Stärke der globalen Rückkopplungen (bei der Wasserdampfrückkopplung schätzt man einen Anteil der tropischen Regionen von 40% an der Gesamtstärke¹⁹), aber natürlich müssen auch die Extra-Tropen und die unteren und mittleren tropischen Atmosphärenschichten in die Betrachtung mit einbezogen werden.

Ein weiteres Argument gegen die von EIKE angeführte geringe Klimasensitivität ist die Erfahrung aus der Klimageschichte. Mit der von EIKE postulierten geringen Klimasensitivität ließen sich weder die Eiszeiten²⁰ noch vergangene Warmperioden wie die Kreidezeit erklären, für die heutige Klimamodelle die Erwärmung im Vergleich mit den erdgeschichtlichen Daten deutlich *unterschätzen*²¹.

Themenfeld 5: Zunahme von Extremwetterlagen

EIKE:

Auch nach 150 Jahren Erderwärmung fänden die Wetterdienste weltweit bei Extremwetterlagen (wie z.B. Mittelbreiten-Zyklonen, tropischen Wirbelstürmen, Tornados, Hochwasser) keine langfristigen Trends.

PIK:

Trotz regionaler Unterschiede lässt sich in der globalen Gesamtschau eine Zunahme von klimatischen Extremereignissen feststellen²². Seit 1950 nehmen Hitzewellen und die Anzahl warmer Nächte eindeutig zu. Ebenso findet man in vielen Regionen eine Zunahme von Starkregenereignissen, die das Risiko von Hochwasser erhöhen. Tropische Stürme und Hurrikane sind bisher nicht eindeutig häufiger aufgetreten, zeigen aber seit den 1970ern eine Zunahme in ihrer Intensität²³ und Dauer.

Die meteorologische Weltorganisation, die mit dem Sammeln von Wetterdaten betraut ist, stellt in einem aktuellen Bericht (WMO-No. 1075²⁴) fest: „Die Dekade 2001-2010 war die wärmste, die je verzeichnet wurde. Diese Dekade war gekennzeichnet durch zahlreiche Wetter- und Klimaextreme, einzigartig in ihrer Stärke und Auswirkungen.“ Auch der deutsche Wetterdienst stellte 2010 fest: „Extremwetterereignisse wie Starkniederschläge oder Hitzeperioden haben in den letzten Jahrzehnten messbar zugenommen.“²⁵

¹⁹ Colman RA (2001) On the vertical extent of atmospheric feedbacks. *Climate Dynamics*, 17, 391-405

²⁰ Schneider von Deimling T, Held H, Ganopolski A, Rahmstorf S (2006) Climate sensitivity estimated from ensemble simulations of glacial climate. *Climate Dynamics*, 27, 149-163

²¹ <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2008/01/the-debate-is-just-beginning-on-the-cretaceous/>

²² IPCC 2007, WG1, chapter 3, section 3.8

²³ Elsner JB., Kossin JP, Jagger TH (2008) The increasing intensities of the strongest tropical cyclones. *Nature*, 455, 92-95

²⁴ http://www.wmo.int/pages/mediacentre/news/documents/1075_en.pdf

²⁵ http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=dwdwww_menu_2_presse&T98029gsbDocumentPath=Content%2FPresse%2FPressemitteilungen%2F2010%2F201009020__gemeinsamePMDWDundUBADessau__news.html

Themenfeld 6: Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs

EIKE:

Die vom IPCC erwartete Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs sei bisher ausgeblieben. Dies könne man globalen Pegelraten²⁶ sowie insbesondere Messungen aus der deutschen Bucht (z.B. in Cuxhaven und auf Norderney) entnehmen.

PIK:

Neben der Wassertemperatur und dem Zufluss von Schmelzwasser wirken sich auch Meeresströmungen, Winde, Gravitation, Plattentektonik, Kontinentalbewegungen etc. auf den Meeresspiegel aus. Nicht in allen Regionen und an allen Messstationen lassen sich deswegen die für den globalen Durchschnitt ermittelten Tendenzen feststellen.

Im globalen Mittel zeigen die seit 1993 erhobenen Satellitendaten übereinstimmend mit den Pegelraten, dass der Meeresspiegel mittlerweile mit 3,4 mm pro Jahr etwa doppelt so rasch steigt wie durchschnittlich im 20. Jahrhundert²⁷. Auch der von EIKE zum Beweis des Gegenteils angeführte Datensatz globaler Pegelmessungen²⁶ zeigt sehr wohl eine Beschleunigung des Meeresspiegelanstiegs. Datenanalysen zeigen zudem, dass der Verlauf dieser Beschleunigung eng mit dem Anstieg der globalen Temperatur korreliert. Auch für die deutsche Bucht belegen wissenschaftliche Auswertungen der Pegelraten²⁸, dass der Meeresspiegel aktuell rascher ansteigt als je zuvor seit Beginn der Messungen (1840 im Falle von Cuxhaven).

Themenfeld 7: Langzeit-Datenanalysen

EIKE:

Die als „Hockeystick-Kurve“ bekannte Rekonstruktion der Temperaturen der letzten tausend Jahre, erstellt von Mann und Kollegen²⁹, sei eine Fälschung.

Die von EIKE-Mitglied Lüdecke durchgeführten Untersuchungen von Temperatur-Langzeitreihen³⁰ machten deutlich, dass die Erwärmung des 20. Jahrhunderts nicht ungewöhnlich sei. Temperatur-Fluktuationen ähnlicher Amplitude seien in den vorangegangenen Jahrhunderten immer wieder aufgetreten. Die Erwärmung des 20.

²⁶ Church JA, White NJ (2006) A 20th century acceleration in global sea-level rise. *Geophysical Research Letters*, 32, L01601

²⁷ Prandi P, Cazenave A, Becker M (2009) Is coastal mean sea level rising faster than the global mean? A comparison between tide gauges and satellite altimetry over 1993-2007. *Geophys Res Let* 36. doi:L05602

²⁸ Wahl T, Jensen J, Frank T (2011) Improved estimates of mean sea level changes in the German Bight over the last 166 years. *Ocean Dynamics*, in press.

²⁹ Mann ME, Bradley RS, Hughes MK (1998) Global scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392, 779-787; Mann ME, Bradley RS, Hughes MK (1999) Northern hemisphere temperatures during the past millennium: Inferences, uncertainties, and limitations. *Geophysical research letters*, 26, 759-762

³⁰ H.-J. Lüdecke (2011) Long-term instrumental and reconstructed temperature records contradict anthropogenic global warming. *E & E* in press.

Jahrhunderts sei, vom städtischen Wärmeineffekt abgesehen, natürlichen Ursprungs. Dies bestätige auch eine Publikation³¹, an der Schellnhuber als Koautor beteiligt war.

PIK:

Die Temperaturen der letzten tausend Jahre wurden seit Publikation der ersten Proxy-basierten Datenreihen von Mann und Kollegen³⁰ mit verbesserter Statistik, größerer Datenbasis und von mehreren anderen Forschergruppen neu rekonstruiert.³² Diese Rekonstruktionen bestätigen die Ergebnisse der ursprünglichen „Hockeystick-Kurve“: Das abgelaufene Jahrzehnt war auf der Nordhalbkugel wahrscheinlich wärmer als jede Dekade in mindestens den letzten tausend Jahren. Vorwürfe, die ursprünglichen Ergebnisse von Mann und Kollegen beruhten auf statistischen Artefakten³³, wurden inzwischen von einem Untersuchungskomitee der US-amerikanischen Akademien der Wissenschaften³⁴ und von weiteren wissenschaftlichen Arbeiten widerlegt³⁵.

Neueste unabhängige Rekonstruktionen der Temperaturen in der Arktis³⁶ bestätigen weiter, wie ungewöhnlich die Erwärmung der letzten Jahrzehnte im Kontext der letzten zweitausend Jahre war.

Selbst mit der von EIKE-Mitglied Lüdecke genutzten Datenanalyse-Methode findet man, dass die auf der Nordhalbkugel gemessene mittlere Erwärmung des 20. Jahrhunderts ungewöhnlich und mit sehr großer Wahrscheinlichkeit menschlichen Ursprungs³⁷. Wenn diese Methode auf Temperaturdaten von Einzelstationen angewandt wird, lassen sich über das normale Schwankungsmaß hinausgehende Erwärmung wegen des höheren Verhältnisses von Signal zu Rauschen schwerer nachweisen. Während sich im globalen Mittel der Einfluss der anthropogen veränderten Strahlungsbilanz bereits deutlich abzeichnet, ist zu erwarten, dass lokale Einflüsse wie z.B. Wind, Niederschläge etc. Einzelstationsdaten „verrauschen“. Das ist auch zu berücksichtigen, wenn man die von EIKE zitierte Studie, an der auch Schellnhuber beteiligt war³², richtig einordnen möchte. Dass die Autoren bei der Mehrheit (64%) der 95 untersuchten Stationsdaten noch keinen signifikanten Erwärmungstrend fanden, kann also nicht als ein Beleg einer fehlenden

³¹ J. E. Eichner, Koscielny-Bunde, E., Bunde, A., Havlin, S., and Schellnhuber, H.-J. (2003), Power-law persistence and trends in the atmosphere: A detailed study of long temperature records, *Phys. Rev. E* 68, 046133

³² Rekonstruktionen verschiedener Autoren dargestellt in Mann M, Zhang Z, Hughes MK, et al. (2008) Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. *PNAS*, 105, 13252–13257

³³ McIntyre S, McKittrick R (2003) Corrections to the Mann et al (1998) Proxy Data Base and Northern Hemisphere Average Temperature Series *Energy and Environment* 14(6) 751-772; McIntyre S, McKittrick R (2005) Hockey sticks, principal components, and spurious significance. *Geophysical research letters*, 32, L03710

³⁴ NRC (National Research Council) (2006) *Surface Temperature Reconstructions for the Last 2,000 Years*. Natl Acad Press, Washington, DC

³⁵ Wahl, Ammann (2007) Robustness of the Mann, Bradley, Hughes reconstruction of Northern Hemisphere surface temperatures: Examination of criticisms based on the nature and processing of proxy climate evidence. *Climatic Change*, 85, 33–69; <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2005/02/dummies-guide-to-the-latest-hockey-stick-controversy/>

³⁶ Kaufman DS, Schneider DP, McKay NP, et al. (2009) Recent Warming Reverses Long-Term Arctic Cooling. *Science*, 325, 1236-1239

³⁷ S. Lennartz, Bunde, A. (2009) Trend evaluation in records with long-term memory: Application to global warming, *Geophys. Res. Lett.* 36, L16706

globalen Erwärmung missverstanden werden, sondern ist den Grenzen der verwendeten Methodik zuzuschreiben. Im Übrigen sind seit Publikation der Studie mehrere Untersuchungen erschienen³⁸, die zeigen, dass der von den Autoren diskutierte städtische Wärmeineffekt keinen wesentlichen Einfluss auf Schätzungen des globalen Erwärmungstrends hat.

³⁸ Parker E (2004) Large-scale warming is not urban. *Nature*, 432, 290; Hansen J et al. (2010) Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, 48, RG4004