

Studie von David W. Keith, veröff. 2004

PNAS November 16, 2004 101 (46) 16115-16120; <https://doi.org/10.1073/pnas.0406930101>

Large-scale use of wind power can alter local and global climate by extracting kinetic energy and altering turbulent transport in the atmospheric boundary layer. We report climate-model simulations that address the possible climatic impacts of wind power at regional to global scales by using two general circulation models and several parameterizations of the interaction of wind turbines with the boundary layer. **We find that very large amounts of wind power can produce nonnegligible climatic change at continental scales.** Our results may enable a comparison between the climate impacts due to wind power and the reduction in climatic impacts achieved by the substitution of wind for fossil fuels.

Climatic Impacts of Wind Power (2018): „**The direct climate impacts of wind power are instant, while the benefits accumulate slowly**“, says Keith (in: *Joule*, 04.10.2018).

„Our hope is that our study, combined with the recent direct observations, marks a turning point where wind power’s climatic impacts begin to receive serious consideration in strategic decisions about decarbonizing the energy system.“

Abstract:

We find that generating today’s US electricity demand (0.5 TWe) with wind power would warm Continental US surface temperatures by 0.24C. Warming arises, in part, from turbines redistributing heat by mixing the boundary layer. Modeled diurnal and seasonal temperature differences are roughly consistent with recent observations of warming at wind farms, reflecting a coherent mechanistic understanding for how wind turbines alter climate. The warming effect is: small compared with projections of 21st century warming, approximately equivalent to the reduced warming achieved by decarbonizing global electricity generation, and large compared with the reduced warming achieved by decarbonizing US electricity with wind. For the same generation rate, the climatic impacts from solar photovoltaic systems are about ten times smaller than wind systems. Wind’s overall environmental impacts are surely less than fossil energy. Yet, as the energy system is decarbonized, decisions between wind and solar should be informed by estimates of their climate impacts.

Dazu erklärte er im Interview: Die Regierungspolitiker aller Länder sollten den Bürgern ihrer Länder die mit der Windkraft einhergehenden Umweltfolgen erklären. Wie wir wissen, ist das nicht geschehen.

Auf Deutschland übertragen:

<https://stemgeeks.net/deutsch/@science.fiction/windkraftanlagen-fuer-klimaerwaermung-verantwortlich>

Der Erwärmungseffekt von 0,24 ° C soll bereits 2018 erreicht worden sein, als 1/5 des Strombedarfs aus Windenergie gedeckt wurde.

<https://www.europeanscientist.com/en/energy/the-impact-of-large-scale-wind-farms-on-global-warming/>

The impact of large-scale wind farms on global warming By [Siobhán Dunphy](#) - 05.10.2018

A paper published in the journal *Joule* on 4 October presents the most accurate model yet of how increasing wind power could affect climate change (1). Wind power reduces emissions but can also cause climatic impacts such as warmer temperatures. The findings suggest the long-term positives of wind farms are accompanied by more immediate negative costs — all low-carbon technologies have unavoidable social and environmental impacts — nonetheless, harnessing the power of the wind remains a better alternative to fossil fuels.

The study carried out by David Keith and Lee Miller from Harvard University used a standard weather forecasting model to establish a baseline based on the 2012–2014 climate in the US. The authors essentially carried out a cost-benefit analysis in relation to climate impact and found that covering one-third of the continent with wind turbines to meet present-day US electricity demands would result in warming of the surface temperature by 0.24 degrees Celsius. Moreover, it would take 50 years for wind-related reductions in greenhouse gas concentrations to offset the climate effects.

Several studies have now observed local warming caused by wind farms, including a previous study led by Keith (2). In the present paper, the simulated warming was found to be roughly consistent with previous observations. According to senior author David Keith, an engineering and public policy professor, “If your perspective is the next 10 years, wind power actually has— in some respects— more climate impact than coal or gas. If your perspective is the next thousand years, then wind power is enormously cleaner than coal or gas.”

In an accompanying paper also published on 4 October in *Environmental Research Letters*, Keith and Miller compared the projections of the wind power impact with solar power-induced climate change based on US data from 1990–2016 (3). Specifically, they looked at something called power density, which is defined as the energy generation per unit of the land surface area occupied by an energy system — lower power densities mean larger land and environmental footprints.

The authors report, “wind power has a 10-fold lower power density than solar,” but they also note that “wind power installations directly occupy much less of the land within their boundaries.” In other words, for the same energy generation rate, the impact of solar power would be around 10 times smaller. Furthermore, both renewable sources have pros and cons — one particularly important consideration is that solar farms are situated in close proximity taking up a huge amount of land space, whereas the land between wind turbines could be co-utilized for agriculture. Another contributing factor is that wind turbines exhibit more intermittent operating patterns, which effectively means there is more potential variation in both the heat generation and power output.

The scientists only looked at data for the US so the study was not applied on a global scale, however, heavy reliance on wind power is likely to have warming effects worldwide. Nevertheless, moving away from fossil fuels is necessary to reduce carbon dioxide emissions.

The environmental impact of large-scale energy systems — including wind, solar, or other low-carbon sources — are unavoidable; therefore, comparing the potential implications of

different renewable energy sources should be a crucial part of planning for a fossil fuel-free future.

(1) Miller L.M. and Keith, D.W. Climatic Impacts of Wind Power. Joule (2018). DOI: 10.1016/j.joule.2018.09.009

(2) Keith, D.W. et al. The influence of large-scale wind power on global climate. Proceedings of the National Academy of Sciences (2004). DOI: 10.1073/pnas.0406930101

(3) Miller, L.M. and Keith, D.W. Observation-based solar and wind power capacity factors and power densities. Environmental Research Letters (2018). DOI: 10.1088/1748-9326/aae102

The influence of large-scale wind power on global climate, by David W. Keith, Joseph F. DeCarolis, David C. Denkenberger, Donald H. Lenschow, Sergey L. Malyshev, Stephen Pacala, and Philip J. Rasch

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S254243511830446X>

Climatic Impacts of Wind Power

Author links open overlay panel [Lee M. Miller¹³](#) [David W. Keith¹²](#)

<https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.09.009> [Get rights and content](#)

Highlights

Wind power reduces emissions while **causing climatic impacts such as warmer temperatures**

- **Warming effect strongest at night when temperatures increase with height**
- Nighttime warming effect observed at 28 operational US wind farms
- **Wind's warming can exceed avoided warming from reduced emissions for a century**

Keith ist Chairman des Unternehmens Carbon Engineering (CE), das daran arbeitet, CO₂ aus der Atmosphäre zu entziehen.

Carbon Engineering (CE) is a leading provider of Direct Air Capture technology that captures carbon dioxide (CO₂) directly from the atmosphere.

Supported by leading investors in the climate and energy space, top-tier government agencies, as well as three of the world's largest energy companies – Occidental, BHP, and Chevron – our team is uniquely positioned to deliver commercial Direct Air Capture solutions that are feasible, affordable, and scalable. **The CE business model is to license our technologies to local plant developers and energy industry partners around the world to enable rapid and widespread deployment of Direct Air Capture technology.** We've purposely chosen this model because it gives us the ability to deploy our solutions as quickly and broadly as possible, and to start making a meaningful impact on the climate challenge.

<https://energycentral.com/news/harvard-study-finds-wind-turbines-create-more-global-warming-fossil-fuels-they-eliminate-%E2%80%93-and>

(Natural News) Researchers from Harvard University have made an interesting and hilarious discovery with regards to wind power, which actually causes more global warming than the burning of fossil fuels does. While massive wind farms are said by some to be the “renewable” energy source of the future...

Monday, August 26, 2019 by: [Ethan Huff](#)

Tags: *badclimate, badpollution, badscience, climate change, electric cars, electricity, Emissions, environment, fossil fuels, global warming, green living, Harvard, hoax, power grid, renewable energy, scooters, Twisted, warming effect, Wind Turbines*

(Natural News) Researchers from *Harvard University* have made an interesting and hilarious discovery with regards to wind power, which actually **causes more global warming** than the burning of fossil fuels does.

While massive wind farms are said by some to be the “renewable” energy source of the future, two Harvard scientists have found that the spinning blades of these massive metal monstrosities create more climate warming than coal plants, as one prominent example of the fossil fuel energy that climate alarmists claim is creating global warming.

In fact, wind turbines are more “polluting” in terms of the heat they give off than *any* fossil fuel energy source currently in use, which just goes to show that so-called “clean” energy is, at least in this case, a myth.

Published in the journal *Joule*, the paper concluded that, if all of the electricity demands of the United States could suddenly be supplied by nothing but wind turbines, the surface of the continental states would increase in temperature by a shocking 0.24 degrees Celsius.

This figure is *vastly* greater than the 0.1 degree Celsius temperature reduction that climate fanatics are aiming to achieve by “decarbonizing” our nation's electricity sector before the finality of this current century.

“If your perspective is the next 10 years, wind power actually has – in some respects – more climate impact than coal or gas,” says David Keith, a professor of applied physics and public

policy at Harvard, and one of the study's two primary co-authors. "If your perspective is the next thousand years, then wind power is enormously cleaner than coal or gas," he added, in a statement.

If we only have less than 12 years left before the world ends due to global warming, then wind power is an absolute no-go. At best, the return on "warming" investment from switching to wind power from fossil fuels will only start to become noticeable after about 100 years – and this is only after the planet undergoes a *massive* warming increase in the years prior.

If Alexandria Ocasio-Cortez's (AOC) warning about [the world ending in 12 years due to "global warming"](#) is actually true, then this means that wind power won't work to save our planet, even if the entirety of the energy production infrastructure was replaced in this instant with wind turbines.

"Our analysis suggests that – where feasible – it may make sense to push a bit harder on developing solar power and a bit less hard on wind," Keith carefully noted in an email about he and his colleague's findings.

But even solar panels create warming, we now know, though at levels substantially lower than wind farms. Even so, they're a better option than wind farms, which not only harm efforts to "cool" the planet in the short term, but also [create illness](#) in many of the people who live near them.

As this new study explains, when wind turbines extract energy out of the air, they effectively slow down the wind, which alters "the exchange of heat, moisture, and momentum between the surface and the atmosphere."

While the degree to which this happens is dependent upon ever-changing weather and climate patterns, it is certainly admissible that wind energy is hardly the cure-all for global warming that the climate fanatics continue to claim it is.

<https://faszinationmensch.wordpress.com/2021/06/30/warum-windrader-und-solaranlagen-die-umwelt-mehr-schadigen-als-retten-teil-2/>

<https://faszinationmensch.wordpress.com/2021/06/30/warum-windrader-und-solaranlagen-die-umwelt-mehr-schadigen-als-retten-teil-2/>

In jedem Windpark wird der Atmosphäre beständig Feuchtigkeit entzogen, im Sommer stärker als im Winter.

Bis zu 30 Prozent weniger Niederschläge

Neben dem Abbremsen des Windes und der Erwärmung verringern Windkraftanlagen auch den Niederschlag. Regen entsteht, wenn Wasser beispielsweise über den Ozeanen verdunstet, die entstandenen Wolken über das Land ziehen und an einen Berg stoßen. Dort muss die Wolke aufsteigen, kommt in kühlere Höhen, der Wasserdampf kondensiert und es regnet. Wenn Wolken jetzt jedoch nicht mehr in kühlere Höhen aufsteigen, weil sie durch die Reibung der Windkraftanlagen schon weiter oben sind, dann kühlen sie nicht weiter ab und es regnet nicht.

Je höher die Turbinentürme und je größer die Rotordurchmesser, desto stärker sei ihre Niederschlags-reduzierende Wirkung, erklärt Prof. Archer im „Renewable EnergyMagazine“ im März 2019. Anschaulich erläutert sie, auf welche Weise die Windparks den Regen aus den Tiefdruckgebieten „herausquetschen“. Vor den Windturbinen entsteht Konvergenz durch Bremswirkung:

Denken Sie an den Verkehr auf einer Schnellstraße, wo jeder mit hohem Tempo unterwegs ist. Plötzlich gibt es einen Unfall, und alle werden langsamer. Damit haben Sie eine Konvergenz von Autos, die sich nach hinten fortsetzt, weil jeder langsamer fährt. Das ist die vorgeschaltete Konvergenz von Offshore-Windparks. Im Ergebnis führt das zu vermehrtem Niederschlag vor Ort, da dem heranströmenden Wind kein Raum zum Ausweichen bleibt außer nach oben. So befördert diese vertikale Bewegung mehr Feuchtigkeit in die Atmosphäre.

Prof. Archer im „Renewable EnergyMagazine“ im März 2019

Gleichzeitig entsteht hinter den Windturbinen Divergenz:

Divergenz ist der gegenteilige Effekt. Er verursacht eine Abwärtsbewegung, indem er trockenere Luft von oben herunterzieht und somit Niederschläge dämpft. Wenn die Luft das Festland erreicht, ist ein großer Anteil der Feuchtigkeit herausgepresst. Wir haben eine 30-prozentige Reduzierung der Niederschläge mit den Harvey-Simulationen erzielt.

Prof. Archer im „Renewable EnergyMagazine“ im März 2019

Was passiert eigentlich da oben an einem Windrad? Nun, der Wind prallt gegen die Rotorblätter und bringt sie in Bewegung. Wind ist bewegte Luft und Luft besteht aus Molekülen. Die stoßen an das Windrad und werden gestoppt, ausgebremst und dieser Effekt breitet sich dann aus. Diese Bremswirkung ist noch in 50 bis 100 Kilometer Entfernung messbar, je nach Wetterlage.

Offshore-Windturbinen wirken wie eine Mauer. Sie bremsen sogar Wirbelstürme aus und zwingen die Luftmassen vor der Windturbine zum Aufsteigen. Das bewirkt eine Konzentration der Luftfeuchtigkeit und der Niederschläge. Im Lee der Turbinen strömt der Wind dann langsamer. Der Effekt gleicht einem ‚Ausquetschen‘ der Luftfeuchtigkeit aus dem stürmischen Wind.

Bestätigung des profilierten US-amerikanische Geo-Ingenieurin Prof. Cristina Archer

Damit ist alles gesagt: Offshore-Windparks, aber auch Windparks an Land entziehenden Tiefdruckgebieten Feuchtigkeit, je nach Umfang der installierten Windstromkapazität und je nach Wetterlage. Die vom Atlantik heranziehenden Tiefdruckgebiete werden also bereits über der Irischen See und der Nordsee „ausgequetscht“. Sie führen dadurch bereits reduzierte Niederschläge mit sich, wenn sie die europäische Küste erreichen und weiterziehen. An Land setzt sich der Prozess fort. **Prof. Archer betont:**

Der Bremseffekt und der Feuchtigkeitsentzug von Offshore-Windparks ist abhängig von Anzahl und Höhe der Turbinen und dem Rotordurchmesser. Dieses Ergebnis widerspricht vollkommen der allgemein verbreiteten Auffassung, dass Windenergie, egal in welchem Umfang betrieben, nur „lokale und kaum messbare Effekte“ habe.

Geo-Ingenieurin Prof. Cristina Archer

US-Studie: Windräder erwärmen ihre Umgebung und trocknen Böden aus

26.09.2019 | © Vertrauliche Mitteilungen aus Politik, Wirtschaft und Geldanlage Nr. 4356, bezieht sich auf Keith & Miller 2018

Vor etwa zwei Monaten äußerten Autoren des freien Wissenschafts-Blogs "Sciencefiles", daß die gegenwärtig ungewöhnlich hohe Trockenheit der Böden in manchen deutschen Regionen durch die dort aufgestellten Windkraftanlagen verursacht sein könnte.

Sie stellten dazu zwei Karten bereit - auf der einen waren die Windkraftanlagen-Standorte verzeichnet und auf der anderen die Trockenheit der Böden -, die auffällig dahingehend miteinander übereinstimmten, daß die Trockenheit der Böden oft mit dem Standort und der Zahl der dort aufgestellten Windkraftanlagen korrespondiert.

Bei "Sciencefiles" (das wegen der politischen Unkorrektheit mancher seiner publizierten Forschungsergebnisse gerne als "unseriös" diffamiert wird) hatte man dabei eine wenige Monate zuvor veröffentlichte Studie der Harvard-Ingenieure Lee M. Miller und David W. Koch im Sinn.

Sie gingen der Frage nach, ob und wenn ja welche Wetterauswirkungen es geben könnte, wenn der gesamte Strombedarf der USA komplett mit Windenergie erzeugt würde. Denn laut einer der Windkraftanlagenindustrie zugeneigten Studie könne ein einzelnes Windrad der Umgebungsluft bis zu 40% der darin enthaltenen Energie entziehen - bei Windparks sind es wegen der gegenseitigen Einflüsse allerdings nur noch rund 30%

Durch diesen Energieentzug verringert sich zum einen die Windgeschwindigkeit dauerhaft und zum anderen tritt eine gewisse Lufterwärmung ein. Bei z.B. starkem Westwind wird nämlich an der Ostseite eines Windparks nur noch ein vergleichsweise laues Lüftchen wehen, so daß sich diese Luft und vor allem bei Sonneneinstrahlung auch indirekt der Boden stärker erwärmen kann.

Die beiden US-Ingenieure, die für ihre Studie 28 Windparks untersucht haben, errechneten für den Fall einer Voll-Windstromversorgung der USA für das gesamte Land eine um 0,24°C (von Fahrenheit umgerechnet) höhere Durchschnittstemperatur.

Auf Deutschland umgerechnet - das einen in Bezug auf die Landfläche weitaus höheren Stromverbrauch aufweist - dürfte sich nach anderen Berechnungen ein Erwärmungseffekt um 0,24°C bereits dann ergeben, wenn nur ein Fünftel des gesamten Strombedarfs durch Windkraft gedeckt würde.

Dieser Wert ist inzwischen fast erreicht, weil nämlich allein die landgestützten Windräder (die Offshoreanlagen lassen sich mit dieser Berechnungsmethode nicht erfassen) nach Aussage fachkundiger Kreise bereits für annähernd 18% der Stromerzeugung in Deutschland zuständig sein sollen. Im Hinblick auf den eingangs erwähnten "Kartenvergleich" und die Ergebnisse der US-Studie sind die nachfolgenden Feststellungen durchaus erlaubt:

- 1. Für Deutschland mag es in den letzten Jahren tatsächlich zu einer von den Menschen verursachten, leichten Erwärmung gekommen sein. Allerdings nicht, wie offiziell immer wieder verlautbart wird, durch den menschenverursachten (und im Vergleich zur Natur wohl zu vernachlässigenden) CO₂-Ausstoß, sondern durch den Ausbau der Windenergie.
- 2. Zweitens dürfte die durch den "Kartenvergleich" dargestellte, höhere Austrocknung der Böden im Bereich von Windkraftanlagen zumindest anteilig zu der in manchen deutschen Regionen aktuell herrschenden Trockenheit beigetragen haben.

Veröffentlicht auf: <https://www.goldseiten.de/artikel/426773--US-Studie--Windraeder-erwaermen-ihre-Umgebung-und-trocknen-Boeden-aus.html>

Die für Deutschland festgestellte, im europaweiten Vergleich stärkste Erwärmung macht an den Grenzen nicht Halt. Dies belegt eine Mitteilung des Königlich-Niederländischen Meteorologischen Instituts vom 05.01.2021: „Die Temperatur in den Niederlanden ist in den letzten drei Jahrzehnten um durchschnittlich 1,1 ° C gestiegen. Das ist mehr als doppelt so viel wie der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur im gleichen Zeitraum.“ <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/nederland-warmt-ruim-2-keer-zo-snel-op-als-de-rest-van-de-wereld>

<https://www.zentrum-der-gesundheit.de/bibliothek/umwelt/klima/windenergie-heizt-erderwaermung-an>

4. Die Erderwärmung durch Windräder macht 100 Jahre Klimabemühungen zunichte

Die wohl bedeutendste Kernaussage der Studie lautet, dass der durch die Windparks verursachte globale Temperaturanstieg die durch Massnahmen der CO₂-Senkung erhoffte Umkehrwirkung auf den Klimawandel um über ein Jahrhundert zurückwerfen könnte (1).

Das heisst, bei einem weiteren Ausbau der Windkraft würden die enormen Bemühungen der Menschheit um eine Senkung der Treibhausgase erst in etwa ab dem Jahr 2120 in einem langsamen Temperaturrückgang fruchten – vorher wäre eine weitere Erderwärmung durch Windkraft dominierend. Diese Aussage dürfte all diejenigen beunruhigen, die prophezeien, dass uns zur Rettung des Planeten nicht mehr viel Zeit bleibt.

Warum fördern Windräder die Erderwärmung?

Ein Effekt ist, wie in der Studie von Miller und Keith dargestellt, die Umwälzung der natürlichen erdnahen Temperaturschichten. Ein anderer liegt in der Reduzierung der Windgeschwindigkeit im Lee der Windparks.

Harvard-Forscher sagen: Windkraft fördert Erderwärmung

In ihrer detaillierten Studie „*Climatic impacts of wind power*“ haben Lee Miller und David Keith von der *Harvard University* im Jahr 2018 die Auswirkungen von Onshore-Windparks in den USA erforscht und nach Datenauswertung verschiedene Szenarien für künftige Klimaänderungen in den Vereinigten Staaten und weltweit berechnet (1).

Demnach würde die Durchschnittstemperatur über der Kontinentalfläche USA bei einem weiterem Ausbau der Windenergie bis auf das Niveau der alleinigen (aktuellen) Stromversorgung der USA um 0,24 °C steigen – ein Wert, der im Hinblick auf die grossen Bemühungen um das Aufhalten des globalen Temperaturanstiegs im Bereich von wenigen Zehntel Grad durch Massnahmen der Dekarbonisierung durchaus beachtlich ist. Die Kernaussagen ihrer Studie lauten wie folgt:

1. Windräder sorgen für eine Umwälzung der natürlichen Temperaturschichten

Durch die Turbinenwirkung der Rotoren wird tagsüber aus höheren Luftschichten kältere Luft bergab bewegt und wärmere, oft auch feuchte Bodenluft nach oben zurück in die Atmosphäre.

Ein gegensätzlicher Effekt, nur deutlich stärker ausgeprägt, war nachts zu beobachten. Normalerweise sinkt ab Sonnenuntergang kühle Luft nach unten zur Erdoberfläche, da sie schwerer ist und wärmere Luftschichten lagern sich darüber ab.

Die Rotorblätter mit ihren Sogkräften aber durchmischen diese natürliche nächtliche Luftschichtung. Die kühlen Luftmassen werden nach oben gewirbelt, die wärmeren nach unten. Es ergibt sich in der Nähe dieser Anlagen annähernd eine Einheitstemperatur der gesamten unteren Atmosphärenschicht.

Am Boden in zwei Metern Höhe, wo die Temperaturen offiziell gemessen werden, resultiert also eine deutliche Temperaturerhöhung. Diese Erhöhung – insbesondere der nächtlichen

Temperaturen – konnte von Miller und Keith bei den 28 grossen im Betrieb befindlichen Windkraftparks der USA festgestellt werden (1).

Die Beobachtung wurde auch bereits 2016 von Alona Armstrong in einer schottischen Studie gemacht: Die nächtliche Temperatur im Bereich eines Windparks lag $0,18\text{ °C}$ höher als in der Umgebung, ebenso wurde eine höhere Luftfeuchtigkeit gemessen. Windparks haben laut der Studie einen bedeutenden Einfluss auf den Tagesgang dieser Parameter und auf das gesamte Mikroklima vor Ort, welcher mit der Entfernung von den Turbinen logarithmisch abnahm (2). Der Tagesgang ist die Entwicklung bzw. Änderung meteorologischer Parameter an einem Ort innerhalb eines Tages

2. Die Energiedichte von Windparks ist gering

Windparks haben nur ca. ein Zehntel der Energiedichte von Solarparks (3), d. h. sie benötigen deutlich mehr Fläche, um die gleiche Energiemenge zu erzeugen. Der Ressourcenverbrauch der „sauberen“ Riesen an der Erdoberfläche ist also sehr hoch, die Energiedichte gering.

Falls sich die Elektromobilität in der Automobilindustrie wirklich durchsetzen sollte, würde der Strombedarf drastisch ansteigen. Wenn dann hauptsächlich auf Windkraft gesetzt würde, wäre der Flächenverbrauch sehr hoch und auch der damit verbundene Temperaturanstieg.

3. Windparks beeinflussen sogar die grossen atmosphärischen Strömungen

Mikroklimatische Effekte einzelner Windräder oder –parks sind seit langem bekannt und wurden in zahlreichen Studien belegt (2). Die Effekte betreffen insbesondere das Lee, also den Windschatten der Parks, und nehmen mit deren Grösse zu (3). Der Windschatten der Parks liegt stets auf deren windabgewandter Seite. Bei Parks mit überwiegender Westwinden zum Beispiel – wie in Mitteleuropa häufig der Fall – liegt die Windschattenregion östlich dieser Parks.

Neu ist die Erkenntnis, dass – insbesondere durch den weiteren geplanten Ausbau der Windkraft – die Summe der Windparks auch grossräumigere atmosphärische Strömungen in der Höhe beeinflussen kann, was zu Phänomenen wie langanhaltender Trockenheit mit überregionalen Dürren, Starkregenereignissen und Änderungen in Flora und Fauna führen könnte.

Die Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt wurden unter anderem in einem Dokument der Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestags beschrieben (5). Demnach stellen Windparks nach der Bau- und Erschliessungsphase für die meisten am Boden lebenden Zucht- und Wildtiere kein grösseres Problem dar.

Allerdings kann es bei Tieren, die noch höhere Frequenzbereiche hören können als der Mensch, wie z. B. bei Pferden oder Rindern, zu Hörschäden kommen. Nicht zu unterschätzen sind auch die Kollisionsraten von Greifvögeln wie Bussard, Milan oder Seeadler sowie von Fledermäusen mit den Rotoren, die zumindest regional die Bestände besonders des Mäusebussards dezimierten.

<https://scitechdaily.com/wind-farms-cause-more-environmental-impact-than-previously-thought/>

To estimate the impacts of wind power, Keith and Miller established a baseline for the 2012–2014 U.S. climate using a standard weather-forecasting model. Then, they covered one-third of the continental U.S. with enough wind turbines to meet present-day U.S. electricity demand. The researchers found this scenario would warm the surface temperature of the continental U.S. by 0.24 degrees Celsius, with the largest changes occurring at night when surface temperatures increased by up to 1.5 degrees. This warming is the result of wind turbines actively mixing the atmosphere near the ground and aloft while simultaneously extracting from the atmosphere's motion.

This research supports more than 10 other studies that observed warming near operational U.S. wind farms. Miller and Keith compared their simulations to satellite-based observational studies in North Texas and found roughly consistent temperature increases.

Miller and Keith are quick to point out the unlikelihood of the U.S. generating as much wind power as they simulate in their scenario, but localized warming occurs in even smaller projections. The follow-on question is then to understand when the growing benefits of reducing emissions are roughly equal to the near-instantaneous impacts of wind power.

The Harvard researchers found that the warming effect of wind turbines in the continental U.S. was actually larger than the effect of reduced emissions for the first century of its operation. This is because the warming effect is predominantly local to the wind farm, while greenhouse gas concentrations must be reduced globally before the benefits are realized.

Miller and Keith repeated the calculation for solar power and found that its climate impacts were about 10 times smaller than wind's.

“The direct climate impacts of wind power are instant, while the benefits of reduced emissions accumulate slowly,” said Keith. “If your perspective is the next 10 years, wind power actually has — in some respects — more climate impact than coal or gas. If your perspective is the next thousand years, then wind power has enormously less climatic impact than coal or gas.

“The work should not be seen as a fundamental critique of wind power,” he said. “Some of wind's climate impacts will be beneficial — several global studies show that wind power cools polar regions. Rather, the work should be seen as a first step in getting more serious about assessing these impacts for all renewables. Our hope is that our study, combined with the recent direct observations, marks a turning point where wind power's climatic impacts begin to receive serious consideration in strategic decisions about decarbonizing the energy system.”

Es folgt die weiter oben erwähnte Studie von Prof. Cristina Archer von der Delaware-Universität:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aad245>

Precipitation reduction during Hurricane Harvey with simulated offshore wind farms

Abnahme des Niederschlags beim Hurrikan Harvey durch Offshore Windfarmen

Der Hurrikan Harvey brachte an der Küste von Texas den wahrscheinlich stärksten Niederschlag, der je in der US-Geschichte gemessen wurde und zu Überflutungen von zuvor unerreichtem Ausmaß führte.

Frühere Studien erbrachten den Nachweis, dass hypothetische Anordnungen von Offshore-Windparks kinetische Energie eines Hurricanes abziehen und so dem Sturm Kraft entziehen kann. Diese Studie testete, ob die hypothetischen Offshore-Turbinen auch die Niederschlagsmuster beeinflussen können. Das Forschungsmodell zur Wettervorhersage ist eingestellt, um Harvey zu modellieren, und die Offshore-Windparks sind parametrisiert auf eine hohe Bremswirkung und turbulente kinetische Energiequellen. **Die Modellergebnisse zeigen an, dass die Offshore-Windparks einen starken Einfluss auf die Verteilung von angesammeltem Niederschlag haben, mit einem deutlichen Rückgang der Niederschläge über Land auf der Auslaufseite der Windparks, und einem Anstieg in Offshore-Arealen, vorgelagert oder innerhalb der Offshore-Windparks.** Verglichen mit dem Kontrollmodell ohne Windanlagen, kommt es Onshore zu einer verstärkten horizontalen Wind-Divergenz (*auseinander fließende Luftmassen*) und weniger vertikalen Turbulenzen, während (*umgekehrt*) vorgelagert oder innerhalb der Offshore-Windparks die horizontale Wind-Konvergenz zunahm und stärkere vertikale Turbulenzen auftreten. Der Umfang der Offshore-Anordnung, die Abstände zwischen den Turbinen und die Details der Windpark-Parametrisierung wurden festgelegt. Die Ergebnisse legen nahe, dass große Anordnungen von Offshore-Windparks die Küste vor schweren Niederschlägen während Hurrikanen schützen können und dass intelligente Entwürfe mit weniger Turbinen in kleineren Arealen fast ebenso effektiv sein können wie große Anlagen, verteilt über größere Areale.

Hurricane Harvey brought to the Texas coast possibly the heaviest rain ever recorded in US history, which then caused flooding at unprecedented levels. Previous studies have shown that large arrays of hypothetical offshore wind farms can extract kinetic energy from a hurricane and thus reduce the wind and storm surge. This study quantitatively tests whether the hypothetical offshore turbines may also affect precipitation patterns. The Weather Research Forecast model is employed to model Harvey and the offshore wind farms are parameterized as elevated drag and turbulent kinetic energy sources. Model results indicate that the offshore wind farms have a strong impact on the distribution of accumulated precipitation, with an obvious decrease onshore downstream of the wind farms, and an increase in offshore areas, upstream of or within the wind farms. Compared with the control case with no wind turbines, increased horizontal wind divergence and lower vertical velocity are found where precipitation is reduced onshore, whereas increased horizontal wind convergence and higher vertical velocity occur upstream of or within the offshore wind farms. The sensitivity to the size of the offshore array, inter-turbine spacing, and the details of the wind farm parameterization are assessed. The results suggest that large arrays of offshore wind turbines can effectively protect the coast from

heavy rain during hurricanes and that smart layouts with fewer turbines over smaller areas can be almost as effective as those with more turbines over larger areas.

Study Shows Wind Farms May Reduce Precipitation from Hurricanes, 18.03.2019

Information bereitgestellt von der University of Delaware (Übersetzung aus dem Englischen von Dagmar Jestrzemeski) <https://www.renewableenergymagazine.com/wind/study-shows-wind-farms-may-reduce-precipitation-20181018>

Vor dem Hintergrund, dass die USA in den vergangenen Jahren von mehreren, enorme Schäden verursachenden Hurrikanen der hohen Kategorie getroffen wurden, hat Cristina Archer von University of Delaware kürzlich ein Papier veröffentlicht, welches einen unerwarteten Vorteil von großen Offshore-Windparks aufdeckt: Diese verringern den Niederschlag, der mit den verheerenden Stürmen einhergeht.

Archer erklärte, frühere Studien hätten gezeigt, dass hypothetische Offshore-Windparks die kinetische Energie von Hurrikanen nutzbar machen und somit die Effekte des akuten Anstiegs von Sturmwind verringern können. Die neue Studie weist nach, dass Offshore Windfarmen auch einen Einfluss auf die Niederschlagsmenge haben. Das Ergebnis ist eine deutliche Abnahme der Niederschläge für Onshore-Standorte, die hinter einem Windpark liegen sowie eine Zunahme der Niederschläge in Offshore-Gebieten vor einem Windpark oder im Areal des Windparks.

Archer ist Professorin am UD-College für Erde, Ozean und Umwelt. An der Studie arbeitete sie zusammen mit dem stellvertretenden Direktor für Windkraft am Zentrum für Vernetzung von Kohlenstofffreier Energie (CCPI) sowie mit den ehemaligen Doktorats-Studenten am DU, Yang Pan und Chi Yan. Die Studie wurde kürzlich in den Environmental Research Letters veröffentlicht.

Die Forscher bezogen sich exemplarisch auf Hurricane Harvey, der an der Küste von Texas die wahrscheinlich schwersten Niederschläge in der Geschichte der USA mit unvorhergesehenen Überflutungen verursacht hat. Anders als bei den Hurrikanen Katrina und Sandy, deren schwerste Folgen Verwüstungen durch den Sturm waren, überflutete der Hurrikane Harvey die Stadt Houston durch große Mengen an Regen, die über der Stadt niedergingen. Archer erklärte, dass Windparks dazu beitragen können, die Regenmengen zu verringern, da sie zwei Hauptfaktoren beeinflussen, welche zu Niederschlägen führen: Windkonvergenz und Winddivergenz.

Wenn die starken Hurrikan-Winde auf die Turbinen treffen, werden sie abgebremst. Der Effekt ist bekannt als Konvergenz, und er verstärkt die Niederschläge. „Denken Sie an Konvergenz wie an Verkehr auf einer Schnellstraße, wo jeder schnell unterwegs ist. Doch plötzlich gibt es einen Unfall und alle werden langsamer. Damit haben Sie eine Konvergenz von Autos, die sich nach hinten fortsetzt, weil jeder langsamer fährt. Das ist die vorgeschaltete Konvergenz von Offshore-Windparks. Im Ergebnis führt das zu vermehrtem Niederschlag, weil den Winden (Luftmassen), die an einem Punkt zusammenströmen, kein Raum zum Ausweichen bleibt außer nach oben. Und diese vertikale Bewegung befördert mehr Feuchtigkeit in die Atmosphäre.

Wiederum verwendet Archer das Schnellstraßen-Beispiel, um Divergenz zu erklären.

Divergenz sei vergleichbar mit schnell anfahrenen Autos hinter einem Unfallort: „Divergenz ist der gegenteilige Effekt. Er verursacht eine Abwärtsbewegung, indem er Luft von oben herunterzieht, welche trockener ist und Niederschläge dämpft. Ich fragte mich, was geschehen

würde, wenn es einen Offshore-Windpark gäbe?

Bei zahlreichen Simulationen mit einem Einsatzbereich (von Windparks), der angelegt war, die Küsten von Texas und Louisiana abzudecken, kam Archer zu dem Ergebnis, dass jeweils regional eine Konvergenz entsteht, bevor der Sturm auf die hypothetischen Windparks trifft. Die Windparks „quetschten“ die Niederschläge heraus, noch bevor sie sich der Küste näherten. Hinter den Windparks entstand eine divergente Strömung, welche ebenfalls die Niederschläge reduzierte.

„Wenn die Luft das Festland erreicht, ist ein großer Anteil der Feuchtigkeit herausgepresst. Wir haben eine 30prozentige Reduzierung der Niederschläge mit den Harvey-Simulationen erzielt“, sagt Archer. „Das bedeutet möglicherweise, dass Sie, wenn Sie eine Anreicherung von Offshore Turbinen in einem Areal haben, wo Hurrikane auftreten, wahrscheinlich eine Reduktion der Niederschläge über dem Festland erzielen.“

Die Studie verwendete eine Anzahl von hypothetischen Turbinen von 0 bis zu einem Maximum von 74.619, wobei letztere Zahl, wie Archer betonte, außerhalb des Machbaren in der näheren Zukunft liege. Die USA haben gerade mal fünf Offshore-Windturbinen. In Europa jedoch, wo diese Industrie weiterentwickelt ist, gibt es Offshore-Windparks von mehr als 100 Turbinen, nach Archer eine Normalgröße für Windenergie-Projekte.

So zeige diese Studie, dass Offshore-Windparks für Küstenorte nicht nur vorteilhaft sein können, um sie mit sauberer Energie zu versorgen, sondern auch, um die Auswirkung von Hurrikanen zu reduzieren. „Je mehr Windparks Sie haben, desto stärker wird ihr Effekt bei einem Hurrikan sein“, sagte Archer. „Wenn ein Hurrikan auf das Festland trifft, haben diese Turbinenfelder bereits viele Tage gewirkt, indem sie dem Sturm Energie und Feuchtigkeit entzogen haben. Im Ergebnis wird der Sturm schwächer. Tatsächlich.“

<https://www.anthropocenemagazine.org/2018/11/58195/#:~:text=Wind%20turbines%20act%20like%20a,is%20drier%20and%20suppresses%20precipitation.>

Wind turbines act like a wall, slowing down strong hurricane winds and making them move up. That makes moisture in the air precipitate and lead to rainfall. Winds that get past the turbines move downward, pulling down air from higher in the atmosphere that is drier and suppresses precipitation. The effect, in total, is to squeeze out moisture from storms.

Source: Yang Pan, Chi Yan, and Cristina L Archer. Precipitation reduction during Hurricane Harvey with simulated offshore wind farms. *Environmental Research Letters*, 2018.