

## Anmerkungen zu „Modellanalyse liefert Hinweise auf Verluste von Fluginsekten in Windparks“

- [1] Hallmann C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., et al. (2017) More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLoS ONE 12 (10): e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- [2] in Trieb, F., Wege zur regenerativen Stromversorgung III – Elemente und Ausgestaltung, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 68. Jg. (2018) Heft 6, 58 – 63 wird auf bisher ungeklärte Umweltwirkungen verschiedener erneuerbarer Energietechnologien bezüglich Fluginsekten hingewiesen
- [3] Weitere Angaben zu den hier verwendeten Modellen und weitere Literatur finden sich in Trieb, F., Gerz, T., Geiger, M., Insect decline and wind farms – is there a problem for wildlife conservation? Biodiversity and Conservation (2018) im Review
- [4] Keuper, A., Windenergie ist aktiver Umwelt- und Naturschutz. – DEWI Magazin (1993) 2, S. 37-49, [http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Magazin\\_02/10.pdf](http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Magazin_02/10.pdf)
- [5] Corten, G.P., Flow separation on wind turbine blades, Ph.D. Thesis, Utrecht University, 2001, ISBN 90-393-2582-0, NUGI 837, pp. 107
- [6] Johnson, C.G., The distribution of insects in the air and the empirical relation of density to height, Journal of Animal Ecology, Vol. 26, No. 2 (1957), pp. 479-494, DOI: 10.2307/1760, <https://www.jstor.org/stable/1760>; Johnson, C.G. (1969) Migration and dispersal of insects by flight. Methuen, London; Chapman, J.W., Reynolds, D.R., Wilson, K., Long-range seasonal migration in insects: mechanisms, evolutionary drivers and ecological consequences, Ecology Letters, (2015), doi: 10.1111/ele.12407, [http://www.lancaster.ac.uk/staff/wilsonk4/publications-files/Chapman\\_et\\_al\\_2015\\_ele12407.pdf](http://www.lancaster.ac.uk/staff/wilsonk4/publications-files/Chapman_et_al_2015_ele12407.pdf); Reynolds, D.R., Chapman, J.W., Drake, V.A., Riders on the Wind: The Aeroecology of Insect Migrants, in P.B. Chilson et al. (eds.), Aeroecology, Springer Nature (2017), [https://doi.org/10.1007/978-3-319-68576-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68576-2_7)
- [7] Weidel, H., Die Verteilung des Aeroplanktons über Schleswig-Holstein, Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 2008, <https://d-nb.info/1019553197/34>
- [8] Contreras, R.F., Frasier, S.J., High-Resolution Observations of Insects in the Atmospheric Boundary Layer, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, American Meteorological Society, Volume 25 (2008), DOI: 10.1175/2008JTECHA1059.1; Geerts, B., Miao, Q., The Use of Millimeter Doppler Radar Echoes to Estimate Vertical Air Velocities in the Fair-Weather Convective Boundary Layer, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, American Meteorological Society, Volume 22 (2005), 225-246, <https://doi.org/10.1175/JTECH1699.1>; Drake, V.A., The vertical distribution of macro-insects migrating in the nocturnal boundary layer: a radar study, Boundary Layer Meteorology 28 (1984) 353-374. DOI: 0006-8314/84/0284-0353\$03.30.
- [9] Corten, G.P. & Veldkamp, H.F., Aerodynamics: Insects can halve wind-turbine power, Nature 412, 41–42 (05 July 2001), doi:10.1038/35083698, <http://www.nature.com/articles/35083698>; Wilcox, B., White, E., Computational analysis of insect impingement patterns on wind turbine blades, Wind Energy 19 (2016), 483–495, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/we.1846>; Fiore, G. and Selig, M.S., Simulation of Damage for Wind Turbine Blades Due to Airborne Particles, Wind Engineering, Volume 39, No. 4 (2015), 399–418, <https://doi.org/10.1260/0309-524X.39.4.399>; Krishnan, K., Robison, R., Tetteh, E., Loth, E., Farrell, T., Crouch, J., Berry, D., Characterization of insect residue on an aerodynamic leading edge, in 8th AIAA Atmospheric and Space Environments Conference (2016), pp. 3445.
- [10] BladeCleaning - Limpieza de Palas, [http://www.bladecleaning.com/problematika\\_EN.htm](http://www.bladecleaning.com/problematika_EN.htm); Hinsch, C., Westermann, D., Rotorblattreinigung - was schafft der Regen, was der Reiniger? DEWI Magazin Nr. 9 (1996), [http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Magazin\\_09/08.pdf](http://www.dewi.de/dewi/fileadmin/pdf/publications/Magazin_09/08.pdf);
- [11] Aralimarad et al., Flight altitude selection increases orientation performance in high-flying nocturnal insect migrants, Animal Behaviour 82 (2011) 1221-1225, doi:10.1016/j.anbehav.2011.09.013 sowie die unter [6] und [8] genannte Literatur kann zum Verhalten von Fluginsekten während der Migration konsultiert werden. Die Struktur der atmosphärischen Grenzschicht wird in Stull, R.B., An Introduction to Boundary Layer Meteorology, Atmospheric and Oceanographic Sciences Library (1988), ISBN 978-94-009-3027-8 beschrieben.
- [12] siehe [7] sowie Chapman, J. W., Reynolds, D. R., Smith, A. D., Smith, E. T. & Woiwod, I. P.. An aerial netting study of insects migrating at high-altitude over England. Bulletin of Entomological Research (2004), 94, 123-

136, <https://doi.org/10.1079/BER2004287>; Chapman, J.W., Nesbit, R.L., Burgin, L.E., Reynolds, D.E., Smith, A.D., Middleton, D.R., Hill, J.K., Flight Orientation Behaviors Promote Optimal Migration Trajectories in High-Flying Insects, *Science* 327, 682 (2010), DOI: 10.1126/science.1182990; Jeffries D.L., Chapman J., Roy H.E., Humphries S., Harrington R., et al. (2013), Characteristics and Drivers of High-Altitude Ladybird Flight: Insights from Vertical-Looking Entomological Radar. *PLoS ONE* 8(12): e82278. doi:10.1371/journal.pone.0082278; Mikkola, K., Red Admirals *Vanessa atalanta* (Lepidoptera: Nymphalidae) select northern winds on southward migration, *Entomologica Fennica* 14 (2003), 15–24

[http://www.entomologifennica.org/Volume14/EF\\_14\\_1/2Mikkola.pdf](http://www.entomologifennica.org/Volume14/EF_14_1/2Mikkola.pdf), Reynolds, D.R., Chapman, J.W., Stewart, A.J.A., Windborne migration of Auchenorrhyncha (Hemiptera) over Britain, *Eur. J. Entomol.* 114: 554–564, 2017, doi: 10.14411/eje.2017.070, ISSN (online): 1802-8829 <http://www.eje.cz>; Stefanescu, C., Páramo, F., Åkesson, S., Alarcón, M., Ávila, A., Brereton, T., Carnicer, J., Cassar, L.F., Fox, R., Heliola, J., Hill, J.K., Hirneisen, N., Kjellén, N., Kühn, E., Kuussaari, M., Leskinen, M., Liechti, F., Musche, M., Regan, E., Reynolds, D., Roy, D.B., Ryrholm, N., Schmaljohann, H., Settele, J., Thomas, C.D., van Swaay, C. & Chapman, J. (2013): Multi-generational long-distance migration of insects: studying the painted lady butterfly in the Western Palaearctic. *Ecography*, Volume 36, Issue 4, April 2013, Pages 474-486 <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0587.2012.07738.x/abstract>

[13] Rohrig, K., (Hrsg.), Durstewitz, M., Behem, G., Berkhout, V., Buchmann, E., Cernusko, R., Faulstich, S., Hahn, B., Lutz, M.A., Pfaffel, S., Rehwald, F., Priestersbach, S., Windenergie Report Deutschland 2017, Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE), ISBN 978-3-8396-1358-0, <http://dnb.de>. Die Leistung von Offshore Windparks wurde mit einbezogen, da Insekten auch über dem Meer migrieren.

[14] Gesamte Kreisfläche, in der sich der Rotor bewegt. Zur Bandbreite der mittleren spezifischen Rotorfläche siehe Amirzadeh, B., Louhghalam, A., Raessi, M., Tootkaboni, M., A computational framework for the analysis of rain-induced erosion in wind turbine blades, part I: Stochastic rain texture model and drop impact simulations, *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics* 163 (2017) 33–43, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jweia.2016.12.006>

[15] Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Foliensatz zur BDEW-Energie-Info Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2017), <https://www.bdew.de/internet.nsf/id/energie-info-erneuerbare-energien-und-das-eeg-zahlen-fakten-grafiken-2017-de>

[16] Wind-Turbine-Models (WTM), Internet Datenbank der wichtigsten Kenndaten gängiger Windturbinen <https://en.wind-turbine-models.com/turbines>, eingesehen am 29.06.2018.

[17] siehe [1]

[18] die Geschwindigkeit eines Rotorblatts beträgt im Nennbetrieb an der Blattspitze etwa  $80 \pm 10$  m/s, also bis zu 300 Stundenkilometer, und an der Nabe etwa 10 m/s. Der Mittelwert in Längsrichtung über das Rotorblatt beträgt etwa 55 m/s. Die mittlere effektive Geschwindigkeit (vektorielle Rotorblattgeschwindigkeit im Verhältnis zur anströmenden Windgeschwindigkeit) des gesamten deutschen Windparks wurde konservativ mit 45 m/s angenommen. Für die Originalmodelle siehe Wilcox et al. [9] und Trieb et al. [3].

[19] Hu, G., Lim, K.S., Horvitz, N., Clark, S.J., Reynolds, D.R., Sapir, N., Chapman, J.W., Mass seasonal bioflows of high-flying insect migrants, *Science – Research Reports*, VOL 354 ISSUE 6319 (2016) <http://science.sciencemag.org/>

[20] Böttger, M., et al., Biologisch-ökologische Begleituntersuchungen zum Bau und Betrieb von Windkraftanlagen, Norddeutsche Naturschutz Akademie, NNA Berichte 3. Jahrgang, Sonderheft 1990 [https://www.nna.niedersachsen.de/download/92395/B90-S\\_Biologisch-oekologische\\_Begleituntersuchungen\\_zum\\_Bau\\_und\\_Betrieb\\_von\\_Windkraftanlagen.pdf](https://www.nna.niedersachsen.de/download/92395/B90-S_Biologisch-oekologische_Begleituntersuchungen_zum_Bau_und_Betrieb_von_Windkraftanlagen.pdf); Hebert, P.D.N., Cywinska, A., Ball, S.L. and deWaard J.R., Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B.* 270 (2003), 313–321. doi:10.1098/rspb.2002.2218, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1691236/>; Geiger, M. F., Moriniere, J., Hausmann, A., Haszprunar, G., Wägele, W., Hebert, P. D., & Rulik, B. (2016). Testing the Global Malaise Trap Program – How well does the current barcode reference library identify flying insects in Germany? *Biodiversity Data Journal* 4: e10671. <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e10671>

---

Dr. Franz Trieb, Institut für Technische Thermodynamik - Abteilung Energiesystemanalyse, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart [franz.trieb@dlr.de](mailto:franz.trieb@dlr.de)