

Windenergieanlagen werden als Einzelanlagen entwickelt, aber meist im Verbund gebaut. Die Einzelanlagen werden so weit wie möglich zusammen gerückt, damit sie "einen möglichst großen Ertrag bei minimierten Anlagenkosten" bringen. In Prospekten der Hersteller und Projektierer werden jedoch stets nur die Leistungen der Einzelanlagen aufgeführt. Im Verbund bringen 10 Anlagen jedoch nicht den zehnfachen Ertrag. Einer der wichtigsten Gründe dafür sind Turbulenzen (Wirbelschleppen), die den Ertrag der nachfolgenden Anlagen erheblich mindern und die Umwelt gefährden. Einen negativen Einfluss auf die Lebensdauer der Anlagen haben die Wirbelschleppen ebenfalls.

Wirbelschleppen – Das Problem der Windparks



Foto: Vattenfall

Windkraftanlagen wandeln die kinetische Energie des Windes, also die Bewegungsenergie, in elektrische Energie um. Die Umwandlung erfolgt mit Hilfe von Rotoren, die durch den Wind in Drehung versetzt werden. Die entstehende Bewegungsenergie wird in einem angeschlossenen Generator zu elektrischem Strom umgewandelt.

Für hohe Turbulenzen (Wirbelschleppen) sind die Windkraftanlagen nicht ausgelegt, ebensowenig für Standorte mit hoher Umgebungsturbulenz, Waldstandorte oder bei Lückenbebauung in bestehenden Windparks. [1]

Turbulenzen spielen für die Erträge, die Lebensdauer und Auswirkungen auf die Umwelt jedoch eine große Rolle. Rotorblätter, Getriebe und Generatoren werden durch die Turbulenzen regelrecht durchgerüttelt. Dadurch kann sich die Reparaturanfälligkeit vergrößern und vor allem auf See zu einem gravierenden Kostenfaktor führen. Vom Bundesministerium für Bildung und Forschung wird jetzt mit 3,8 Millionen Euro ein Forschungsprojekt gefördert, das untersuchen soll, wie sich eine Luftströmung verhält, wenn sie die Rotorfläche einer Windkraftanlage passiert hat. [2]

Die Auswirkungen der Wirbelschleppen auf die Erträge und die Bausicherheit der in einer Windrichtung liegenden nachfolgenden Windkraftanlagen in einem Windpark wurden bereits untersucht. Die unterschiedlichen Berechnungen, denen zufolge sich die jährliche Stromproduktion reduziert, wenn die Windkraftanlagen zu eng beieinander stehen, reichen von einem mittleren einstelligen Prozentbetrag bis zu

33 Prozent. [2]



Wirbelschleppen bei Flugzeugen



Foto: NASA. Luftwirbel: Wirbelschleppen (eingefärbt).

Bei Flugzeugen sind Wirbelschleppen seit langem bekannt und erforscht, nur von der Windindustrie sind sie bisher wenig berücksichtigt worden.

Wirbelschleppen sind in der Luftfahrt sehr gefürchtet. Jedes Flugzeug hinterlässt turbulente Luftverwirbelungen, sogenannte Wirbelschleppen. Sie können derart starke Strömungen bzw. Turbulenzen quer zur Flugbahn eines nachfolgenden Flugzeuges erzeugen, dass sie dessen Flug gefährden. Gerät ein nachfolgendes Flugzeug in eine Wirbelschleppen, kann dessen Struktur beschädigt werden, und es kann sogar abstürzen, wie zum Beispiel der Airbus, der im November 2001 kurz nach dem Start in New York in eine Wirbelschleppen geriet und sein Seitenleitwerk verlor.

Um die Kapazität der Flughäfen zu erhöhen wird seit Jahren in der Flugzeugindustrie an einem System geforscht, mit dessen Hilfe Flug-, Positions- und aktuelle Wetterdaten fortlaufend die sich ständig verändernde Wirbelschleppen eines

Flugzeugs und die Gefahrenzone für das nachfolgende Flugzeug berechnet werden, so dass die Piloten sich danach richten können. Die Optimierung ist dennoch begrenzt: Die Forscher gehen davon aus, dass die Zahl der Landungen mit dem Verfahren theoretisch zwar auf das Doppelte steigen könne, halten aber nach groben Schätzungen nur zehn Prozent für realistisch. [3]

Bei stationären Windkraftanlagen sind ähnliche Anpassungsüberlegungen wie bei Flugzeugen ausgeschlossen. Auch Veränderungen an den Rotorblättern, wie beispielsweise die „Kombination von optimierten Rotorprofilen mit angepassten Betriebsparametern, bei gleichzeitig gesteigerter, mechanischer Robustheit gegenüber den Turbulenzen im Windpark und durch die lokale Topografie induzierten Turbulenzen“, wie das Brancheninformationssystem „Energy 2.0“ empfiehlt, können die Erhöhung der Anlagendichte eines Windparks nicht begründen und somit auch nicht bestätigen, dass die Verdichtung zu einer „Erhöhung der Flächenwirtschaftlichkeit“ beiträgt. [1]



Luftfahrt-Bundesamt, 3/83

Die Rotorblätter erzeugen Turbulenzen, Wirbelschleppen, die zu Ertragsminderungen und zu Beschädigungen nachfolgender, im Lee (Windschattenseite) stehender Windkraftanlagen führen. Sie können aber auch Häuser beschädigen und im Extremfall auch Menschen und Tiere verletzen.

Diese Nachteile sollen dadurch behoben werden können, dass Windenergieanlagen sich aerodynamisch und mechanisch so auslegen lassen, dass in einem Windpark eine größere Flächenwirtschaftlichkeit erzielt wird, ohne dass sich dabei die Lebensdauer oder die Zuverlässigkeit der einzelnen Anlagen reduziert. [1] Warum muss man überhaupt Windturbinen optimieren? „Ganz einfach“, sagt [Siemens](#): „Sie sind nicht immer voll ausgelastet. Besonders in Zeiten schwachen oder mittleren Winds liefern sie kaum die maximal mögliche Energie“ -dafür aber starke Wirbelschleppen. Viel ist aus den Windrädern ohnehin nicht mehr herauszuholen. [4] Die Grenzen setzt die Physik.

Entstehung von Wirbelschleppen



Aufrollvorgang

Die Tragflächen von Flugzeugen und die Rotorblätter von Windkraftanlagen funktionieren beide nach demselben physikalischen Prinzip: Der Druckunterschied ober- und unterhalb des Flügels ist eine Voraussetzung dafür, dass ein Flugzeug fliegt oder ein Rotorblatt sich dreht.

Wirbelschleppen entstehen durch die Luft, die an den Tragflächen entlang strömt, bei den Tragflächen des Flugzeugs ebenso wie bei den Rotorblättern der Windkraftanlagen. Die Wirbel entstehen vor allem am Flügelende. Dort treffen der Unterdruck der Tragflächenoberseite und der Überdruck der Unterseite aufeinander. Turbulenzen lassen sich also nicht vermeiden.

Der Auftrieb wird durch Schaffung einer Druckdifferenz über die Flügeloberflächen erzeugt. Der tiefste Druck stellt sich in der Gegend der Mitte der Flügeloberseite ein. Der Luftstrom auf der Flügeloberseite bewegt sich demnach von der Flügelspitze in Richtung Rumpf. Ebenso befindet sich der relative Höchstdruck in der Nähe der Mitte der Flügelunterseite, so dass dort die Luft zum Ausgleich des Druckes vom Rumpf in Richtung Flügelspitze strömt. Die resultierende Zirkulation und der Abwindeffekt des Luftstroms über dem Flügel führen beim Verlassen jeder Hinterkante zu einer Wirbelfläche, welche sich hinter der Flügelspitze spiralförmig einrollt. Nach dem vollständigen Einrollen besteht der Nachstrom, beim Flugzeug wie bei den Rotorblättern der Windkraftanlagen, aus zwei gegengleich rotierenden Wirbeln. [5]



Die Größe und die Intensität der Wirbelschleppen hängen von der Spannweite, der Geschwindigkeit, beim Flugzeug hauptsächlich vom Gewicht der Tragflächen und bei Rotorblättern maßgeblich von der Antriebsleistung ab. Je größer das Flugzeug, umso größer und potentiell gefährlicher ist auch sein Wirbel für nachfolgende Flugzeuge. Für die Länge der Rotorblätter gilt ähnlich wie beim Flugzeug: Je länger sie sind, um so anfälliger sind die nachfolgenden Windkraftanlagen.

Wirbelschleppen sind außerdem wetterabhängig – starker Wind etwa beeinflusst die Wirbel und kann dazu führen, dass die Wirbelschleppen verdriften.

Das Video zeigt spektakuläre Luftwirbel bei Flugzeugen:

Wirbelschleppen können Personen oder Objekte am Boden gefährden

Eine Wirbelschleppen hält sich bis zu einigen Minuten, kann je nach Windrichtung auch seitlich abdriften, sinkt dann ab und zerfällt schließlich. Die Gefährdung von Personen oder Objekten am Boden resultiert aus der durch den Wirbel induzierten Windgeschwindigkeit und dem im Wirbelkern herrschenden Unterdruck. Die maximalen Geschwindigkeiten treten am Rand des Wirbelkerns auf, der maximale Unterdruck im Zentrum des Wirbelkerns. Es ist also entscheidend, wie weit sich der Wirbel mit seinem Kern dem Boden annähert. [4]

Bei großen, schweren Flugzeugen, die langsam fliegen, sind die Luftströmungen am stärksten. Die Wirbelschleppen können so stark sein, dass sie die Belastungsgrenzen von Bauteilen überschreiten. Bei Flugzeugen wird die Wirbelschleppen stärker, je langsamer das Flugzeug fliegt. [5] Besonders langsam fliegt es bei Start und Landung. Knapp über dem Boden erreichen Flugzeuge weniger als 300 km/h, demnach vergleichbar mit der Geschwindigkeit von Rotorblättern großer Windkraftanlagen.

Bei Wirbelschleppen wurden Rotationsgeschwindigkeiten bis zu 320 km/h gemessen. Sie treffen als „Minitornados“ auf die nachfolgenden Flugzeuge oder auf nachfolgende Windkraftanlagen oder auf Objekte auf dem Boden auf und können Schäden anrichten.

Die enormen Auswirkungen von Luftverwirbelungen lassen sich in der Nähe von Flughäfen an Häusern beobachten. Die Wirbelschleppen von großen Flugzeugen, die mit niedriger Geschwindigkeit unter 300 km/h oft nur wenige hundert Meter über Häusern entlang fliegen, können unter bestimmten Bedingungen Ziegel aus den Hausdächern lösen, die dann zu Boden fallen. Diese Schäden häuften sich zuletzt in Flörsheim bei Frankfurt. Bisher waren bis zu 3.000 Dächer betroffen. Fraport musste dafür nach eigenen Angaben einen mittleren zweistelligen Millionenbetrag aufwenden. [6]

Schutzmaßnahmen gegen Wirbelschleppen

Strukturschäden an den riesigen Anlagen hätten verheerende Konsequenzen für die Wirtschaftlichkeit der Anlagen, aber auch für die in ihrer Nähe befindlichen Häuser. Angrenzende Wanderwege, Wälder, Agrarflächen, Straßen oder Autobahnen wären nicht mehr sicher.

Bei Flugzeugen sind große Sicherheitsabstände die einzige Lösung, um nachfolgende Flugzeuge vor Turbulenzen zu schützen.

Die Sicherheitsabstände wurden in den siebziger Jahren festgelegt: Maschinen müssen einen ausreichenden Abstand halten – laut Deutscher Flugsicherung sind das drei bis sechs nautische Meilen, das sind 5,5 bis etwa 11 Kilometer bei gleich großen Flugzeugen. Landet beispielsweise ein kleineres Flugzeug hinter einem Jumbojet, muss es einen Abstand von bis zu 15 Kilometern einhalten.

Es gibt keinen Grund, die Sicherheitsabstände von Windkraftanlagen zu anderen Anlagen wesentlich geringer zu wählen, als die für Flugzeuge festgelegten Abstände. Das Gefährdungspotenzial ist für alle Lebewesen und Objekte hinter Windkraftanlagen nicht unerheblich. Die im Windschatten liegenden Windkraftanlagen werden auch unter dem Einfluss der Wirbelschleppen in ihrer Leistung und Lebensdauer massiv negativ beeinflusst.

Windparks sind keine Renditemodelle

Das Renditemodell der Windparkbetreiber verpufft in der Wirbelschleife. Hausbesitzer, die in der Nähe von Windkraftanlagen wohnen, müssen mit Beschädigungen an der Bausubstanz ihrer Häuser rechnen, bekommen die Schäden aber möglicherweise nicht von den Windparkbetreibern erstattet. Die Besitzer von Obstplantagen, die auf die Bestäubung der Obstpflanzen durch Bienen oder Insekten angewiesen sind, müssen ihr Unternehmen möglicherweise aufgeben.

Heutige Flugzeuge sind für einen Lebenszeitraum von 20-40 Jahren ausgelegt. Sie erfüllen die höchsten technischen und sicherheitstechnischen Standards, auch in Bezug auf die Haltbarkeit. Vergleicht man die 20jährige Betriebszeit einer Windkraftanlage mit vergleichbaren Betriebszuständen am Flugzeug, entspräche das einer 20jährigen Dauertiefflugphase für das Flugzeug. Dies würde keines der bislang bekannten Flugzeuge aushalten. Die Erkenntnisse der Flugzeugindustrie sind offenbar nicht in den Bau von Windparks eingeflossen, denn sonst könnte keine Zusage für eine 20jährige Betriebsdauer für Windkraftanlagen in Windparks zugesichert werden.

[Siemens](#) ist sich dieses Problems offenbar bewusst, denn das Unternehmen empfiehlt eine Software, „die die Windlast auf die Anlage so reguliert, dass diese ihre Lebenszeit von 20 Jahren auch garantiert unbeschadet erreicht.“ [7] Hat der Erfinder der Software die Physik überlistet? Natürlich nicht! Damit die

Bauteile nicht schneller verschleissen als vorgesehen, „messen in Siemens-Anlagen daher Sensoren an der Nabe des Windrades dessen Belastung, und Egedals Software überprüft, ob sie mit dem idealen Lastprofil übereinstimmt“ – und drosseln notfalls die Stromproduktion. Siemens: „Denn anders als vielleicht vom Laien vermutet, sollte sich ein Rotor nicht immer mit voller Kraft drehen – ansonsten verschleissen die Bauteile schneller als vorgesehen.“ Siemens ferner: „Für den Betreiber ist es wichtiger, dass eine Anlage möglichst lange Strom liefert, als dass sie immer möglichst viel Strom liefert...“. [8]

Der beste Zustand einer Windkraftanlage im Windpark ist der Stillstand. Eine Empfehlung an Siemens: Legen Sie die Einzelteile der Windkraftanlage am Bauplatz ab, decken Sie das Paket mit einer umweltverträglichen Folie ab und warten Sie, bis 20 Jahre vorbei sind. Das schont die Anlage extrem. Und die Stromversorgung ist trotzdem gesichert, weil für jede Anlage 24 Stunden täglich, 365 Tage im Jahr, 8760 Stunden, ein konventionelles Kraftwerk in Bereitschaft gehalten werden muss.

Die Windkraftindustrie kann bei einem Betrieb der Windkraftanlage im Verbund und einem Renditezeitraum von 20 Jahren nicht zusichern, dass eine Windkraftanlage ohne Auftreten massivster Schäden diesen Zeitraum betriebstechnisch überlebt. Damit ist jedes Renditemodell für Windparks hinfällig.

Wirbelschleppen beeinflussen das lokale Klima

Wirbelschleppen der Windkraftanlagen gefährden nicht nur Personen und Objekte auf dem Boden, sondern beeinflussen auch das Klima. Dies ist seit 2004 bekannt und gilt insbesondere für große Windfarmen, in denen Dutzende Windkraftanlagen stehen. Darüber berichtete das Fachmagazin *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. [9] Die Luft wird durch Turbulenzen an den Rotoren stärker verwirbelt. Dies kann zu höheren Durchschnittstemperaturen am Boden führen. [10]

Fazit

Wirbelschleppen vermindern die Erträge von Windkraftanlagen im Verbund, verkürzen deren Lebensdauer und erhöhen die Gefahr für Personen und Objekte am Boden.

Die Argumente gegen Windkraftanlagen überwiegen die Vorteile und erhalten

täglich mit jeder neuen Erkenntnis Verstärkung. Über 700 Bürgerinitiativen wehren sich gegen den weiteren Ausbau von mittlerweile 25.000 Windkraftanlagen. Ein Baustopp ist dennoch nicht zu erwarten, denn die Abhängigkeit von der Windindustrie und den mit ihr vernetzten Medien und NGOs ist eine wirkungsvolle Bremse. Es ist eher wahrscheinlich, dass die Windindustrie, um dem Auftreten von Strukturschäden an den Anlagen vorzubeugen, die Flucht nach vorne ergreifen und auf ein vorzeitiges Repowering drängen wird. Das Problem wird auf diese Weise vertuscht, vertagt und mit jeder höheren und stärkeren Windkraftanlage vergrößert.

Wie bei Fragen zum Infraschall oder zum Sondermüll der Rotorblätter, zeigt sich, dass sich Deutschland übereilt und planlos in ein wirtschaftliches Abenteuer gestürzt und als Testfeld für die weltweite Windindustrie zur Verfügung gestellt hat. Für dieses Experiment verlieren tausende Menschen ihre Häuser, die Sicherheit ihrer Strom- und Nahrungsmittelversorgung, die Schönheit ihrer Landschaft, ihre Freizeit- und Erholungsregionen, die Vielfalt der Natur und Hunderttausende von Vögeln und Fledermäusen, die durch Windkraftanlagen getötet werden.

Bernd Fischer

Quellen und Links:

- [1] <https://www.energy20.net/pi/index.php?StoryID=317&articleID=226377>
- [2] <https://green.wiwo.de/selbstgemachte-flaute-offshore-windparks-klauen-sich-gegenseitig-wind/>
- [3] <https://www.welt.de/wissenschaft/article115762464/Neues-Patent-entschaerft-gefaehrliche-Wirbelschleppen.html>
- [4] <https://www.siemens.com/innovation/de/home/pictures-of-the-future/digitalisierung-und-software/von-big-data-zu-smart-data-selbstoptimierung-von-windturbinen.html>
- [5] https://www.daec.de/fileadmin/user_upload/files/2012/fachbereiche/luftraum/milit_uebungen/fsm83-3.pdf
- [6] https://www.dlr.de/dlr/presse/Portaldata/1/Resources/documents/2013/Wirbelschleppen_eine_Einfuehrung.pdf
- [7] <https://www.welt.de/wissenschaft/article129199357/Neues-System-bannt-gefaehrliche-Wirbelschleppen.html>
- [8] https://www.siemens.com/innovation/apps/pof_microsite/_pof-spring-2012/_html_de/

windenergie.html

[9] Journal of Geophysical Research-Atmospheres, Bd. 109, DOI: 10.1029/2004JD004763

[10]

<https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2137170/Wind-farms-link-rising-temperatures-detrimental-impact-wildlife-weather-say-scientists.html>

Abbildungen:

Luftwirbel: Wirbelschleppen

(eingefärbt). <https://lisar.larc.nasa.gov/UTILS/info.cgi?id=EL-1996-00130>

Diese Mediendatei wurde vom Langley Research Center der US-amerikanischen National Aeronautics and Space Administration (NASA) unter der Datei-ID EL-1996-00130 UND der Alternativen Datei-ID L90-5919 kategorisiert.



Werbung

