

Synthese des ETH-Zürich Systematic Review: System impacts of wind energy developments: key research challenges and opportunities

Für die Arbeit wurden bestehende Studien und Daten über Windkraft gesammelt, verglichen und qualitativ ausgewertet. Im Folgenden versuche ich die wichtigsten Ergebnisse zusammenzufassen:

Umweltauswirkungen

1. Vögel und Fledermäuse

Onshore-Anlagen beeinflussen primär Vogel- und Fledermauspopulationen.

1.1. Problematik

In den USA wurden 2021 bei einer Kapazität von 112 GW mehrere Hunderttausend Schlagopfer festgestellt. Vorwiegend betroffen sind migrierende Arten, Großgreifvögel und Fledermäuse. Auf Populationsebene sind diese Ausfälle nur für langlebige Arten mit langsamen Reproduktionszyklen (k-Strategen) relevant. Es wird explizit darauf hingewiesen, dass wesentlich mehr Individuen durch Gebäude und Starkstromleitungen zugrunde gehen als durch WEA. **Abschließend wird festgehalten, dass von 2000 bis 2020 in Amerika kein Einfluss auf die Populationsgrößen der von WEA betroffenen Arten festgestellt werden konnte. Gasförderungen (Shale Gas Wells) haben hingegen zu einem Populationsschwund von 15% geführt.** Effekte auf Populationen sind aber schwierig zu messen und stark artabhängig.

WEA können zudem Habitate von Vögeln und Fledermäuse abwerten, verkleinern und/oder zerschneiden, wodurch die bestehende Habitatfragmentierung verstärkt wird.

Es gibt keine/kaum Daten zu den Auswirkungen auf Organismen in Waldgebieten. Weitere Forschungen bzw. Erhebungen diesbezüglich wären für die fortschreitenden Initiativen „Wind im Wald“ wichtig.

1.2. Lösungsansätze

Wenn die **cut-in Windgeschwindigkeit** von 3-4 m/s **auf 6-8 m/s angehoben** wird, fällt die Mortalitätsrate drastisch ab, da viele betroffene Vogelarten und die meisten Fledermausarten hier eine geringere Flugaktivität aufweisen. Kombiniert man dies mit **Antikollisionssystemen (visuell oder durch Radar)**, dann sinkt die Schlagopferzahl drastisch.

Vielversprechende Ansätze, die aber noch nicht ausgiebig getestet wurden, sind die **Schwarzfärbung** von mindestens einem Rotorblatt und Fledermaus-abschreckende

Ultraschalltöne. Durch die Schwarzfärbung von mindestens einem Rotorblatt können Vögel drehende Windräder als Hindernisse wahrnehmen und weichen diesen selbstständig aus.

2. Wind und Wetter

Da Windräder der Atmosphäre kinetische Energie entnehmen, hat dies kleinräumige Auswirkungen auf die Windstärke und das lokale Wetter.

2.1. Wind

Große Windparks können in ihrem Rücken über mehrere Dutzend Kilometer die Windgeschwindigkeiten reduzieren. In diesen Bereichen kann die Windkraft nicht mehr optimal für die Stromerzeugung genutzt werden. **Bei guter Planung geht man davon aus, dass maximal 4 MW/km² möglich sind.**

2.2. Wetter

In einigen Kilometern Umkreis großer Windparks kann die Oberflächentemperatur leicht ansteigen (nicht mehr als 1 C°) sowie der Niederschlag und die Evapotranspiration verstärkt werden. Diese Effekte können durch entsprechende Raumplanung aber minimiert oder verhindert werden.

3. Abbruch von ausgedienten WEA

Zwei Drittel der 2030 ausgedienten WEA werden aus Europa stammen. Es wird versucht die Einzelteile der Anlagen wiederzuverwenden, um die potenzielle Lebensdauer zu verlängern. Letztendlich könnten die meisten Bestandteile (Stahl, Beton, Magnete und seltene Erden) in unterschiedlichen Verfahren **recycelt** werden. Es gilt besonders die kritischen Ressourcen **Neodymium**, **Praseodymium** und **Dysprosium** wiederzugewinnen. **Lediglich die Rotorblätter aus speziellen Glasfaserkunststoffen (GFRPs) müssen deponiert werden.** Sie könnten theoretisch durch aufwendige thermische und/oder chemische Verfahren (bspw. Pyrolyse) recycelt werden. Dies ist aber aktuell aufwendig und unökonomisch. **Stattdessen versprechen die Hersteller, dass ab den 30er Jahren dieses Jahrtausends 100% recyclebare Rotorblätter produziert werden.**

Sozioökonomische Aspekte und Akzeptanz

Während die IG Windkraft in Österreich beobachtet hat, dass die Akzeptanz dort am größten ist, wo die meisten Anlagen stehen, kommen die Verfasser des Reviews zu einem anderen Ergebnis. Sie sind zu dem Schluss gekommen, dass die Akzeptanz mit steigendem Kontakt zu WEA abnimmt. Obwohl dies aus der qualitativen Bewertung der internationalen Studien hervorzugehen scheint, muss das aber nicht bedeuten, dass es im Einzelfall in Österreich zutrifft.

1. Landschaftsbild

Die visuelle Sichtbarkeit von On-Shore-Anlagen stellt das Hauptproblem beim Thema Akzeptanz dar. Die Akzeptanz scheint dort am größten zu sein, wo WEA in unattraktiven Landschaften in geringer Zahl und fernab von Weitsichtachsen positioniert sind. Es wird aktuell versucht den Einfluss auf das Landschaftsbild zu quantifizieren und in die Planung zu integrieren. Dafür muss sowohl die **Sichtbarkeit** als auch die **Qualität der Landschaft** berücksichtigt werden. Umso schöner die Landschaft, umso weniger scheinen WEA akzeptiert zu werden. **Dabei gibt es das Problem, dass diese Wahrnehmungen sehr subjektiv sind, da unterschiedliche Menschen verschiedene Landschaftstypen präferieren oder als unattraktiv wahrnehmen.**

2. Monetäre Kosten und Nutzen für die lokale Bevölkerung

Obwohl der Ausbau der Windenergie insgesamt einen positiven Effekt auf die Wirtschaft und das Arbeitsplatzangebot hat, sind diese Effekte meistens nicht an den Ort der WEA gebunden. Dadurch wird in den betroffenen Regionen meistens eine erhöhte ökonomische Aktivität verzeichnet aber kein wesentlicher Anstieg der Arbeitsplätze. Die lokale Bevölkerung wird hingegen durch Auswirkungen auf die **Immobilienpreise** und die Etablierung von **Infrastruktur** (bspw. Straßen) berührt. Immobilienpreise können durch diese Infrastrukturelemente steigen oder durch die Auswirkungen auf Landschaft und Umwelt um bis zu 16% fallen.

Die Akzeptanz der Bevölkerung kann in diesen Bereichen durch **Partizipation** im Planungsprozess stark gesteigert werden. Als besonders potentes Werkzeug gelten **monetäre Kompensationen**, die der lokalen Bevölkerung erstattet werden (bspw. in Form einer Gewinnbeteiligung).

3. Gesundheitsauswirkungen

Direkt können **keine gesundheitlichen Auswirkungen durch WEA** auf die lokale Bevölkerung festgestellt werden. Besonders die Schallemission wird dennoch immer wieder thematisiert. WEA haben in 300 Meter Entfernung ungefähr eine Schallemission von 35 bis 45 dB. Für den vorbeugenden Gesundheitsschutz werden von der WHO im Freien (in Wohngebieten) tagsüber maximal 55 dB und nachts maximal 45 dB empfohlen. Da die meisten WEA wesentlich weiter als 300 Meter von Wohngebieten entfernt sind, ist ihre Lärmemission vernachlässigbar und hat gesundheitlich keinen direkten Einfluss. Indirekt kann es aber durch „**Ärger**“ (**annoyance**) zu Gesundheitsproblemen kommen. Nur ein kleiner Teil der Anrainer ist davon betroffen. Bei diesen Menschen können Schlaf- und Herzkreislaufprobleme sowie verwandte Krankheitsbilder auftreten.

4. Landbesitz

In einigen Ländern (bspw. Norwegen und Brasilien) scheint es Problematiken mit sogenannten „Land-Grabs“ zu geben. Dabei werden kleinen ruralen Gemeinschaften und indigenen Bevölkerungsgruppen Gebiete auf unattraktive Weise abgerungen und für die

Windkraftgewinnung genutzt. Die ursprünglichen Besitzer des Landes werden dadurch wirtschaftlich und kulturell geschädigt, ohne durch die Stromproduktion zu profitieren.

Dauer bis zur Baugenehmigung

Das **EU-Ziel** ist, dass spätestens **24 Monate** nach dem Einreichen eine Baugenehmigung erstattet wird. In **Österreich** dauert dieser Prozess aktuell durchschnittlich **60 Monate**. Österreich befindet sich damit auf Platz 6 im EU-Ranking. Am schnellsten sind die Genehmigungsverfahren in Rumänien, wo durchschnittlich nach 25 Monaten eine Baugenehmigung erteilt wird.

Wirtschaftsauswirkungen und technische Innovationen

Neben fehlender Akzeptanz von WEA und begleitender Infrastruktur (bspw. Starkstromleitungen) stellt der **Netzaus- und -umbau** eine wesentliche Herausforderung für die Windkraft da (bes. das Ungleichgewicht zw. Stromangebot und -nachfrage). Neben dem Netzausbau werden auch **Speichertechnologien** angesprochen, wobei für Österreich hier vermutlich primär Pumpspeicher Relevanz haben. Kritisch werden in diesem Zusammenhang Batterie-Technologien gesehen. Als dritte Option (neben Netzausbau und Speicher) wird die flexible **Netzkopplung** präsentiert. Damit dies technisch möglich und ökonomisch rentabel wird, sind einige Adaptionen und Neuerungen angedacht. Darunter bspw. Kapazitätsmärkte, dynamischen Preisen, Sektor-Kupplung, Power-to-Heat, Power-to-Gas und Power-to-X.

Abschließend wird betont, dass die Etablierung eines **Smart-Grid** notwendig ist.

Geopolitische Herausforderungen

Da Windenergie global rasch an Bedeutung gewinnt ist geopolitisch ein Wettlauf darum entstanden wer die Lieferketten finanziert und kontrolliert. Zudem kommen Gefahren in Form von Cyberangriffen. Diese können die Anlagen direkt adressieren oder versuchen die Windkraftentwicklung eines Landes zu lähmen, indem Falschinformationen gestreut werden, welche die Bevölkerung gegen diesen Wirtschaftssektor aufbringen sollen.

Besonders China expandiert im Windenergiesektor massiv, wobei auch große Anlagen im Ausland (vorwiegend Afrika) errichtet werden. Dadurch entstehen Abhängigkeiten, deren Auswirkungen noch nicht vollends abschätzbar sind.