

Luzern, 23. Januar 2024

ANTWORT AUF ANFRAGE**A 65**

Nummer: A 65
Protokoll-Nr.: 82
Eröffnet: 23.10.2023 / Bau-, Umwelt- und Wirtschaftsdepartement

Anfrage Lüthold Angela und Mit. über Nutzen und Auswirkungen von Windkraftanlagen

Zu Frage 1: Woher stammen die Ressourcen und wie viel wird zur Herstellung von Windrädern verwendet?

Die verschiedenen Ressourcen (vgl. Antwort zu Frage 2) haben ihren Ursprung weltweit und sind je nach Hersteller der Anlagen unterschiedlich. Die entsprechende Menge zur Herstellung der Anlage hängt vom Anlagentyp und von der Anlagengrösse ab. Eine allgemein gültige Antwort auf die Frage ist somit nicht möglich. Einer der weltweit führenden Hersteller von Komponenten für Windturbinenblättern ist die Schweizer Firma Gurit AG mit über 2'500 Mitarbeitenden.

Zu Frage 2: Welche Stoffe beinhalten Windräder?

Die Hauptbestandteile von Windturbinen sind Stahl, Beton, Kunststoffe und Glasfaser. Die genaue Menge und Herkunft dieser Ressourcen variiert je nach Typ und Modell der Windturbine. Der Turm und das Fundament einer Windturbine bestehen grösstenteils aus Beton, Stahl oder Stahlbeton. Die Rotorblätter bestehen häufig aus faserverstärkten Kunststoffen, insbesondere Glasfaser. Die Schweizer Firma Gurit AG verarbeitet für die Rotorblätter unter anderem jährlich 1,4 Milliarden rezyklierte PET Getränkeflaschen in PET Hartschaum. Für die Elektroinstallationen und Verkabelung in der Windturbine werden Kupfer, Eisen und Aluminium benötigt. Auch Edelmetalle und Sondermetalle kommen in geringem Umfang vor, etwa Tantal in Kondensatoren oder Neodym in Magneten großer Windkraftanlagen.

Zu Frage 3: Wer ist für das Recycling und den kompletten Rückbau der Anlage verantwortlich und wer trägt die finanziellen Kosten?

Aus abfallrechtlicher Sicht ist gemäss Artikel 31c des Bundesgesetzes über den Umweltschutz ([USG](#)) der Inhaber für die Entsorgung zuständig. Der Inhaber der Abfälle trägt die Kosten der Entsorgung. Ausgenommen sind Abfälle, für die der Bundesrat die Kostentragung anders re-

gelt (Art. 32 Abs. 1 USG). Der Rückbau der Anlage durch den Investor nach Ablauf des Betriebs kann durch die Bewilligungsbehörde verfügt werden. In unserer Botschaft [B 15](#) zur Änderung des Planungs- und Baugesetzes vom 21. November 2023 schlagen wir Ihrem Rat mit Einführung des kantonalen Plangenehmigungsverfahrens für grosse Windenergieanlagen auch eine ausdrückliche Bestimmung betreffend Rückbau vor. Gemäss § 205f des Änderungsentwurfs sind Anlagen, deren Betrieb definitiv eingestellt wird, in der Regel zurückzubauen. Unser Rat entscheidet, inwieweit der ursprüngliche Zustand wiederherzustellen ist.

Zu Frage 4: Welche Auswirkung hat der Einsatz von Schwefelhexafluorid-Gas (SF6) in den elektrischen Schaltanlagen und welche Stoffe werden bei einer Havarie (Brand) sonst noch freigesetzt?

Schwefel-Hexafluorid (SF6) ist eine anorganische, chemische Verbindung. Unter Normalbedingung ist SF6 ein farb- und geruchloses Gas. Es ist weder giftig noch brennbar und äußerst reaktionsträge. Wie alle fluorierten Gase ist auch SF6 klimaschädlich, wenn es entweicht. Bis heute kommt es unter anderem auch bei der Stromübertragung zum Einsatz. SF6 steckt in vielen Schaltanlagen, die elektrische Energie verteilen. Das Treibhausgas dient dort als Isolier- und Löschgas. SF6 steckt in Schaltanlagen diverser Kraftwerke. Es spielt keine Rolle, ob der Strom durch Solarpanels, Biomasse, Kohle oder Atomkraft oder Wind gewonnen wird. SF6 kann nicht einer Stromart zugeordnet werden. Grundsätzlich werden beim Brand einer Windanlage dieselben Stoffe freigesetzt wie bei anderen ähnlichen Industrieanlagen oder Kraftwerken. Es besteht bei Windanlagen diesbezüglich keine ausserordentliche Gefahr.

Zu Frage 5: Wie hoch sind die aktuell geschätzten Kosten für ein Windrad von der Herstellung bis zur Stromproduktion – inklusive Transport und allenfalls Erstellung von Zubringermöglichkeiten?

Die Kosten einer einzelnen Windanlage hängen von Anlagengrösse, Anlagentyp, Lieferant und Marktsituation ab. Dazu kommen weitere Kosten, die von den lokalen Verhältnissen wie Topografie, Geologie, bestehenden Zufahrten usw. abhängen. Die Kosten sind immer sehr projektspezifisch. Als grobe Schätzung können für einen Windpark mit vier Windanlagen mit einer Gesamthöhe von 230 m Gesamtkosten von rund 40 Mio. Fr. (inkl. Zufahrten usw.) angenommen werden.

Zu Frage 6: Ab welchem Zeitpunkt rentiert diese Stromproduktion für den Hersteller (ohne staatliche Beihilfen) und mit welchen Kosten muss der Konsument rechnen?

Der Zeitpunkt, ab welchem ein Projekt zur Stromproduktion rentabel ist, wird grundsätzlich durch die Anzahl Jahre definiert, welche eine Anlage in Betrieb sein muss, bis die Investitionskosten (abzüglich allfälliger Investitionsbeiträge) und laufenden Kosten (Betrieb, Unterhalt, Kapitalkosten, Abgaben, usw.) durch die Einnahmen aus dem Verkauf der produzierten Energie gedeckt sind. Aufgrund der Grösse der Investition und der langen Betriebsdauer von in der Regel 25 Jahren wird dies mit einer dynamischen Investitionsrechnung (Kapitalwertmethode, Discounted Free Cash Flow) gerechnet. Eine allgemeine Aussage zum Zeitpunkt der Rentabilität eines Projekts ist aufgrund dieser vielen projektabhängigen Parameter nicht

möglich. Neben den genannten Kosten (vgl. auch Antwort auf die Frage 5) sind auch die vom Investor geforderten Rendite, Kapitalkosten und insbesondere die erzielten Strompreise projektabhängig. Wird der Strom am Strommarkt verkauft, wird für die Berechnungen eine langfristige Marktprognose hinterlegt, die auf vielen Annahmen beruht und mit grossen Unsicherheiten behaftet ist. Allerdings besteht für Windprojekte bereits heute die Möglichkeit, mit individuellen Abnahmeverträgen langfristig abgesicherte und allenfalls auch höhere Strompreise, als sie am Markt verfügbar sind, zu erzielen. Dabei spricht man von Power Purchase Agreements (PPA), welche insbesondere auf dem internationalen Markt sehr verbreitet sind.

Ohne Förderbeiträge liegen die Stromproduktionskosten von mittelgrossen Windprojekten in den Voralpen über eine Betriebsdauer von 25 Jahren bei rund 11 Rp./kWh (vgl. [Investitions- und Planungsbeiträge für Windenergieanlagen](#), Bundesamt für Energie 2020). Das bedeutet, dass die Amortisationsdauer entsprechend 25 Jahre beträgt, wenn der Strommarktpreis – durchschnittlich über die Betriebsdauer gerechnet – bei 11 Rp./kWh liegt. Liegt der durchschnittliche Strommarktpreis tiefer, verlängert sich die Amortisationsdauer, liegt er höher, verkürzt sie sich.

Seit 2008 wird der Ausbau der erneuerbaren Energien durch den Bund gefördert. Anfänglich erfolgte die Förderung mittels kostendeckender Einspeisevergütung (KEV) und mittlerweile hauptsächlich mit Investitionsbeiträgen. Ohne entsprechende Förderbeiträge würde sich ein Parameter in der Berechnung zu Ungunsten des Investors verändern. Der Investor müsste dies entweder durch eine Optimierung von anderen Parametern kompensieren (z. B. Reduktion Renditeansprüche), oder er müsste prüfen, ob die resultierende notwendige Betriebsdauer bis zur Rentabilität noch realistisch ist.

Finanziert wird die Förderung mit einem Zuschlag auf die Netznutzungstarife. Jeder Stromkonsument bezahlt für seinen verbrauchten Strom maximal 2,3 Rp./kWh. Für einen durchschnittlichen vier Personen Haushalt ergibt dies in etwa 100 Fr./Jahr. Diese Mittel werden neben der Förderung aller erneuerbaren Energien unter anderem auch für die Förderung der Grosswasserkraft mittels Marktprämien verwendet. Durch den Ausbau der Windenergie entstehen also keine weiteren Kosten für die Konsumentinnen und Konsumenten.

Die Windenergie ist eine der effizientesten Stromproduktionstechnologien, insbesondere im Winterhalbjahr. Zudem ist die Windenergie, wie nachfolgend dargestellt, nebst der Wasserkraft die Produktionsart mit den tiefsten Umweltauswirkungen (vgl. Studie «[Umweltbilanz Strommixe Schweiz 2018](#)» von Luana Krebs und Rolf Frischknecht vom 27. April 2021):

Technologie	Gesamtumweltbelastung (Methode der ökologischen Knappheit 2013) UBP/kWh
Wasserkraft	9,6-18,6
Pumpspeicherkraft	230,5
Photovoltaik	67,6
Wind	37,5
Holz	201,6
Biogas	174,9-292,6
Kernenergie	368,8-391,6
Erdöl (Importe)	907,2
Erdgas (Importe)	406,6
Steinkohle (Importe)	657,9

Zu Frage 7: Bei Solarenergie kann man nach rund zwei bis drei Jahren von grünem Strom sprechen, wie sieht das bei der Windenergie (inkl. Transport- und Bauimmissionen der Installation) aus?

Die Zeit, die benötigt wird, um die durch die Herstellung, den Transport und die Installation von Windenergieanlagen verursachten Emissionen durch die erzeugte saubere Energie zu kompensieren, beträgt bei Windenergieanlagen etwa 3 bis 9 Monate. Dies ist deutlich weniger als bei Photovoltaik-Anlagen. Die genaue Zeit hängt von verschiedenen Faktoren ab. Dazu gehören die Größe der Windturbine, die Windbedingungen am Standort, die verwendeten Materialien sowie die Energieeffizienz der Anlage.

Zu Frage 8: In welchen Gebieten wird mindestens eine durchschnittliche Windgeschwindigkeit von über 5,5 m/s erwartet?

Die im «Konzept Windenergie Kanton Luzern» ausgewiesenen Eignungsgebiete weisen gemäss Windatlas Schweiz durchschnittliche Windgeschwindigkeiten über 5 m/s auf 150 m über Grund auf. Zum Teil werden auch Windgeschwindigkeiten über 5,5 m/s erreicht. Eine spezielle Analyse betreffend Windgeschwindigkeiten über 5,5 m/s wurde nicht durchgeführt. Mit 5 m/s durchschnittlicher Windgeschwindigkeit ist in der Regel der wirtschaftliche Betrieb einer Windanlage möglich.

Zu Frage 9: Wer wartet diese Windturbinen in der Schweiz?

In der Regel schliessen die Investoren für die Betriebsdauer der Anlage Wartungsverträge mit dem Lieferanten oder spezialisierten Firmen ab. Aufgrund der noch kleinen Anzahl Windanlagen in der Schweiz erfolgt die Wartung noch oft aus dem angrenzenden Ausland.