Nutzung des Windes als Energiequelle

Autor(en): **Hollinger, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **73 (1982)**

Heft 10

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-904964

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Nutzung des Windes als Energiequelle

Von G. Hollinger

Bei der Entscheidung, ob die Windkraft in einem spezifischen Anwendungsbereich nützlich eingesetzt werden kann, sind verschiedene anlagebezogene Kriterien zu berücksichtigen. Verschiedene Typen und unterschiedliche Systeme und Materialien werden heute in der Schweiz durch spezialisierte Hersteller angeboten. Im nachfolgenden Artikel werden die Schritte zur Ermittlung von Systemgüte, Systemeinsatz und Energiekosten behandelt.

Lorsqu'il s'agit de décider si l'énergie éolienne peut être employée avantageusement dans un domaine d'application spécifique, il faut tenir compte de divers critères relatifs à l'installation. Différents types et divers systèmes et matériaux sont offerts actuellement en Suisse par des producteurs spécialisés. L'article suivant présente les diverses étapes qui permettent d'évaluer la qualité et l'utilisation des systèmes ainsi que les coûts de l'énergie produite.

1. Grundlagen

Um darüber entscheiden zu können, ob Windkraft praktisch nutzbar ist, sind die Energiebedürfnisse, das Potential der vorhandenen Energiequelle Wind und die zur Umsetzung und Verwendung der verfügbaren Energie notwendige Einrichtung zu bestimmen. Zudem ist abzuklären, wieviel die aus einem Windkraftsystem erhältliche Energie kosten wird. Erst wenn mit einiger Sicherheit angenommen werden darf, dass der Wind überhaupt eine praktisch verwendbare Energiequelle darstellt, können andere Entscheide getroffen werden, wie z. B. über den Typ und Umfang der benötigten Anlage und ob ein Windkraft-Verwertungssystem käuflich erworben oder eventuell selber gebaut werden soll.

Wenn an einem weit abgelegenen Ort, fern von vorhandenen Netzleitungen, mechanische oder elektrische Energie benötigt wird und erwiesenermassen hohe Windgeschwindigkeits-Jahresdurchschnitte vorhanden sind oder wenn die Verwendung von Ersatz-Energiequellen für den Ersteller eine praktische und philosophische Bedeutung hat, dann kann sich eine Windkraftanlage in wirtschaftlicher und betriebstechnischer, aber nicht zuletzt auch in gefühlsmässiger Hinsicht lohnen.

Mehrere wichtige Gegebenheiten sind zu beurteilen. Die vielen «Windpioniere», die der Idee der Windkraftausnutzung zur Verwirklichung verhalfen, haben herausgefunden, dass die Bändigung des Windes meistens nicht so leicht ist, wie es scheint. Der anfängliche Kostenaufwand kann sogar für eine kleine Windturbine sehr gross sein. Der Preis der von einer Windmaschine gelieferten Energie ist zurzeit mit dem Angebot herkömmlicher Energiequellen in mit Netzenergien erschlossenen Gebieten zumeist nicht konkurrenzfähig. Während windstillen Zeitspannen oder Perioden hohen Bedarfes muss auf die Energiezufuhr aus dem öffentlichen Stromnetz oder auf Batteriespeicherung zurückgegriffen werden. In gewissen Gebieten können Bauvorschriften und die zum eigenen Schutze und dem der Nachbarn erlassenen Bestimmungen der Elektrizitätswerke die Erstellung der Anlage und deren Anschluss an das öffentliche Stromnetz erschweren oder verunmöglichen.

2. Schritte zur Bestimmung der praktischen Durchführbarkeit eines Windkraftsystems

Nachstehend aufgeführte Vorplanungsarbeiten sind erforderlich:

- Erwägung von möglichen Problemen gesetzlicher und umweltbezogener Natur
- Schätzungsweise Ermittlung des Energiebedarfes
- Beurteilung der vorherrschenden Windverhältnisse am vorgeschlagenen Standort
- Beurteilung der Anwendung
- Auswahl des Systems und seiner Bestandteile
- Schätzung des Kostenaufwandes für das System
- Nochmalige Ermittlung der Energiebedürfnisse und Erwägung der gesetzlichen und umweltbezogenen Auswirkungen (falls erforderlich)
- Erwägung von Alternativlösungen in bezug auf den Kauf, das System und die Besitzverhältnisse eines Windkraftsystems

Diese Schritte sind projektbezogen in chronologischer Reihenfolge aufgelistet. Die bei irgendeinem der Schritte ermittelten Resultate können jedoch die Gültigkeit der Resultate vorhergehender Schritte relativieren. Dabei ist unter Umständen ein früherer Schritt neu zu analysieren und eventuell zu wiederholen.

3. Erwägung von möglichen Problemen legaler und umweltbezogener Natur

Bei Standorten in abgelegenen, ländlichen Gebieten kann das Energiepotential am besten durch lokale Messungen bestimmt werden. In Gebieten mit strengen Bau- und Zoneneinteilungsbestimmungen ist die Anwendbarkeit dieser Regelungen auf eine Windturbine zu überprüfen, indem mit der örtlichen Planungsbehörde und/oder Baukommission Verbindung aufgenommen wird. Beispiele möglicher Einschränkungen sind die Dimension der Windkraftanlage und deren Abstand von Grundstückgrenzen und Strassen. Während der schrittweisen Entscheidungsbildung sind ebenfalls andere Erwägungen anzustellen. Es können umweltbezogene Beanstandungen vorliegen, wie z. B. der optische Eindruck und der vom Windkraftsystem erzeugte Lärm (db). Die Auseinandersetzung kann sich auch auf sozialer Ebene abspielen, wenn z. B. die Windkraftanlage den Ausblick des Nachbarn auf den Sonnenuntergang versperrt. Zu einem nutzlosen Kunstwerk im Garten würde die Windenergieanlage, falls der Nachbar einen Hochbau in der Hauptwindrichtung plant. Wenn der Anschluss des Windenergiesystems an das lokale Stromnetz vorgesehen wird, ist der Anschluss mit dem zuständigen Elektrizitätswerk in bezug auf gesetzliche Vorschriften abzusprechen. Ein Windenergiesystem, das im Verbund mit dem öffentlichen Stromversorgungsnetz arbeitet, kann neben dem autonomen Betrieb (Batteriepufferung) anfallende Überschussenergie über einen Zähler ins Netz einspeisen. Wenn die Ausgangsleistung eines Windgenerators den elektrischen Eigenschaften der Leitung des öffentlichen Netzes nicht entspricht, dann kann ein sogenanntes Abtastrelais verwendet werden. Der Rücknahmepreis der ins Netz eingespiesenen Energie wird vom zuständigen Elektrizitätswerk festgelegt. Er wird aber in jedem Fall die Systemkosten der Windenergieanlage amortisieren helfen.

4. Ermittlung des Energiebedarfes

Eine der Methoden zur Ermittlung des Strombedarfes besteht darin, die Stromrechnungen eines Jahres zu betrachten (im schweizerischen Mittel rund 5000 kWh pro Haushalt). Dieser Energiebedarf beeinflusst die zu wählende Systemgrösse der Windenergieanlage.

5. Beurteilung der Windverhältnisse

Der wirtschaftliche Betrieb einer Windkraftanlage wird von der Windqualität und Windquantität am vorgesehenen Standort abhängen. Eine durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit von 16 bis 20 km/h ist erforderlich, um eine Windkraftanlage wirtschaftlich zu betreiben. Liegt der jährliche Mittelwert der Windgeschwindigkeit unter diesem Wert, so dürfte die Anlage innert 10 Jahren kaum zu amortisieren sein. Bei höheren Durchschnittswerten dürfte hingegen ein geeigneter Standort für eine Windturbine vorliegen. Vielfach neigt man dazu, die Windgeschwindigkeit zu überschätzen. Eine Studie der Windverhältnisse über mittel- und langfristige Zeitabschnitte ist zweckmässig, falls das Projekt nach diesen Abklärungen noch weiterverfolgt wird.

Die Instrumentierung zur Erfassung der Winddaten sollte am geplanten Standort rund 10 m über Grund auf einem Mast aufgebaut werden. Die Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt oder eine nahegelegener Flugplatz besitzen eventuell bereits Histogramme der vorherrschenden Windverhältnisse im Einsatzgebiet der geplanten Windenergieanlage. Beachtung ist auf jeden Fall natürlichen oder künstlich errichteten Hindernissen zu schenken. Diese beeinflussen Luftströmungen wesentlich und vermindern dadurch den Wirkungsgrad der Anlage. Die Windgeschwindigkeit nimmt mit zunehmender Höhe über Grund beträchtlich zu.

Starke Winde haben einen entscheidenden Einfluss auf Windturbinen: Eine Verdoppelung der Windgeschwindigkeit wirkt sich durch eine Verachtfachung der von der Windkraftanlage zur Verfügung gestellten Leistung aus. Dies bedeutet, dass ein Standort mit einer durchschnittlichen jährlichen Windgeschwindigkeit von 20 km/h eine bis zweimal höhere Leistung aufweist als ein Standort mit einem Durchschnitt von 16 km/h. Sogar mit einer Windmessausrüstung kann sich die Berechnung einer durchschnittlichen, auf ein Jahr bezogenen Windgeschwindigkeit als schwierig erweisen, wenn die Beobachtungen einer zeitlichen Beschränkung unterliegen. Die Windverhältnisse weisen saisonal eine beträchtliche Veränderlichkeit auf. An einem bestimmten Standort herrschen eventuell besonders starke Winde im Winter und relativ schwache im Sommer, während an einem nahegelegenen Standort schwache Winde oder sogar Windstille vorherrschen. Es ist sehr nützlich, wenn die ermittelten Daten mit denjenigen einer nahegelegenen Wetterstation verglichen werden können.

6. Beurteilung der Anwendung

Vor der Wahl einer Windturbine oder der Ermittlung des Preises der erzeugten elektrischen Energie sollte darüber befunden werden, ob es sich bei der vorgesehenen Anwendung um eine geeignete Lösung handelt. Wenn z. B. die Stromerzeugung an einem abgelegenen Ort für den Tag- und Abendverbrauch vorgesehen ist und der grösste Teil der Windenergie zwischen 2 und 6 Uhr morgens anfällt, ist der praktische Nutzen einer Windenergieanlage in Frage gestellt, solange nicht eine ziemlich grosse Batteriespeicheranlage oder ein Dieselgenerator vorgesehen wird. Trifft die gleiche Sachlage auf eine am öffentlichen Stromnetz angeschlossene Windturbine zu, dann müsste ein grosser Teil des Tagesbedarfes durch angekaufte Fremdenergie gedeckt und die selbsterzeugte Energie während der frühen Morgenstunden an das Elektrizitätswerk verkauft werden, d. h. während einer Zeit, wo diese netzseitig nicht unbedingt gefragt ist.

Bei idealen Verhältnissen stimmen die Perioden guter Windverhältnisse mit denen des grössten Stromverbrauches überein (in der Regel morgens und abends). Jahreszeitlich bedingte Unausgeglichenheiten zwischen der unregelmässig zur Ver-

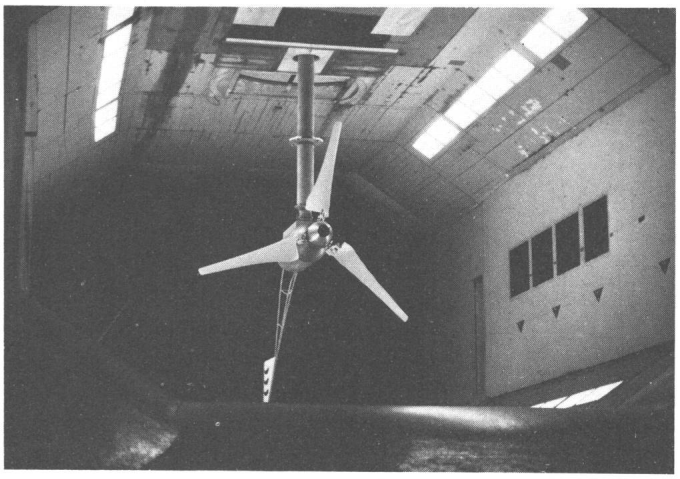

Fig. 1 Windenergiesystem im Windkanal des Eidg. Flugwerkes Emmen
Rotordurchmesser 3,0 m

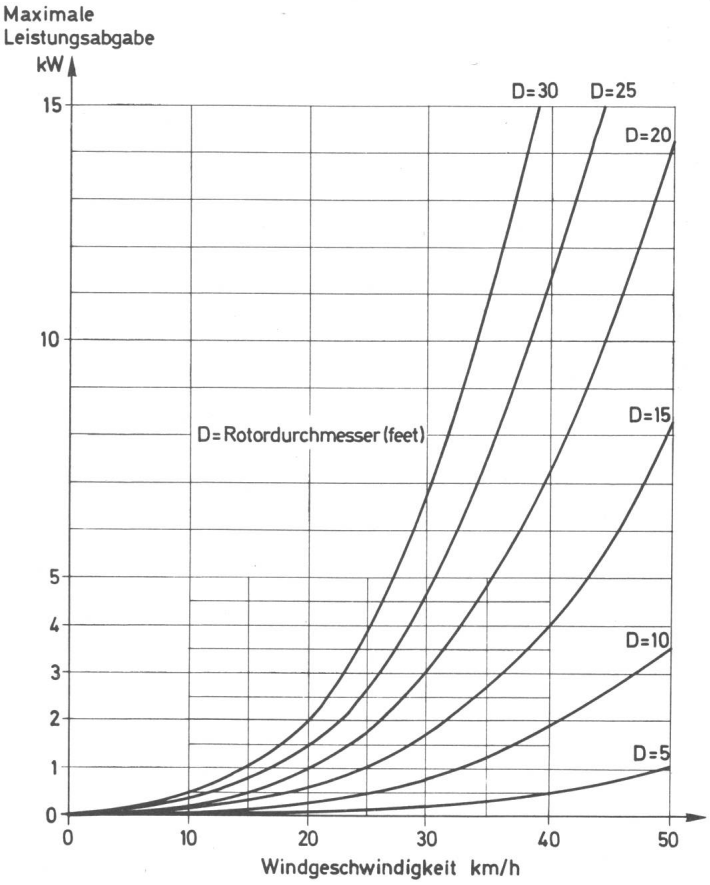

Fig. 2 Typische System- und Leistungsgrössen von Windenergieanlagen

fügung stehenden Windkraftleistung und den Energiebedürfnissen können unter Umständen schwieriger miteinander zu vereinbaren sein. Die jahreszeitlich bedingten Verhältnisse zwischen der verfügbaren Windkraft und dem Energiebedarf können jedoch auch einen sehr günstigen Sachverhalt darstellen, insbesondere wenn ein elektrisch betriebenes Heizungssystem vorhanden ist und starke Winde im Winter herrschen.

7. Auswahl des Systems und seiner Bestandteile

Nach der Analyse der zur Verfügung stehenden Daten kann die Dimensionierung der Windkraftanlage vorgenommen werden. Dabei ist festzuhalten, dass die Wirtschaftlichkeit einer Windenergieanlage mit zunehmendem Rotordurchmesser ansteigt. Eine gute Faustregel besteht in der Wahl des kleinsten Systems bezüglich Rotordurchmesser, das den Bedarf zu dekken vermag.

Sofern ein Anschluss des Windkraftsystems zur Reduktion des Netzstromverbrauches vorgesehen ist, können die Bedarfsspitzen unberücksichtigt gelassen werden. Bei der Wahl eines Systems, das keinen oder nur einen geringen Zukauf von elektrischer Energie erfordert, entstehen keine Extrakosten für wenig genutzte Stromerzeugungskapazität. Im allgemeinen genügt eine Maschine mit einem Rotordurchmesser von 4,5 bis 6 Metern den Anforderungen eines mittleren Haushaltes mit einem Verbrauch von 500 kWh pro Monat (Fig. 2). Es kann natürlich auch ein kleineres System gewählt werden, um einen kleineren Anteil des Energiebedarfes abzudecken. Bedarfsspitzen und der Bedarf während der Perioden schwachen Windes sind gemäss Vereinbarung mit dem Elektrizitätswerk mit Netzstrom zu decken.

Gemäss Figur 2 ist eine grobe Schätzung der Dimensionierung der in Frage kommenden Windturbine möglich. Sofern ein autonomes (netzunabhängiges) System zur Deckung des gesamten erforderlichen Energiebedarfes an einem abgelegenen Standort geplant wird, muss die Turbinengrösse für die typische Maximalbelastung ausgelegt werden. Ein Speichersystem kann über die kurzzeitigen Bedarfsspitzen hinweghelfen. Ohne Speichermöglichkeit muss der Energieverbrauch zeitlich den Windverhältnissen angepasst werden.

Die Grösse des Speichersystems, die Dauer der Bedarfsspitzen und die mittlere Windgeschwindigkeit während der Bedarfsspitzen bestimmen die erforderliche Stromerzeugungskapazität der Turbine. Die Festlegung der Grösse eines Systems für durchschnittliche monatliche Belastung ist aus Figur 2 ersichtlich. Ebenfalls lässt sich die Grösse einer Windturbine entnehmen, welche eine typische Leistungsausbeute für Spitzenbedarf aufweisen muss.

8. Schätzung des Kostenaufwandes für das System

Bei der Wirtschaftlichkeitsrechnung einer Windkraftanlage sind zwei Kostenarten zu unterscheiden:

- Anfangskosten (bis zur Inbetriebnahme)
- Laufende Betriebskosten (Energiekosten, Unterhalt, Kapitalverzinsung)

Die Anfangskosten sind das Total aller Bestandteile, aus denen ein Windkraftsystem besteht, inklusive Maschine, Mast, elektrischer Verdrahtung, Abtastrelais oder Batteriespeicher (wenn notwendig), Installationskosten und Kosten der Windmessungen auf dem Platze. Bei der Berechnung der effektiven Kosten der Windenergie ist die während der Betriebslebensdauer der Windkraftanlage produzierte Gesamtenergie zu berücksichtigen. Der Preis der erzeugten Windenergie (in Rappen pro kWh) kann sehr grob geschätzt werden, sobald die durchschnittliche jährliche Windgeschwindigkeit und die Kosten der Windkraftanlage (jährliche Unterhaltskosten und Kapitalzinsen) bekannt sind. Die Gesamtenergieerzeugung bestimmt sich aus der Formel:

$$\text{Energiekosten} = \frac{\text{Gesamtkosten während der gesamten Lebensdauer}}{\text{Mittlere Leistungsausbeute (kW} \times 8760\ \text{h} \times 20\ \text{Jahre)}}$$

Adresse des Autors
G. Hollinger, Sunwind Energy, Route de l'Abbaye 5, 2022 Bevaix.