Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 107 (2016)
Heft: 3

Artikel: Urbane Windkraft
Autor: Novotný, Radomir
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857102

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Urbane Windkraft

Forschungsprojekte und Erkenntnisse aus der Praxis

Die Nutzung des Windes zur Stromerzeugung in Städten wird in der Schweiz kaum diskutiert – was bei den hiesigen Windverhältnissen im Mittelland nicht überrascht. Dafür aber in Nachbarländern. In urbanen Gebieten müssen zahlreiche Herausforderungen bezüglich Sicherheit und Leistungsfähigkeit gemeistert werden, will man diese exotische Art der Stromgewinnung nutzen. Ein Blick auf Forschungsprojekte und Praxiserfahrungen zeigt die Komplexität des Themas auf.

Radomír Novotný

In der Schweiz hat die Windkraft keinen einfachen Stand. Die Akzeptanzhürden sind höher als in anderen europäischen Ländern, die Bewilligungsprozeduren länger. Wenn aber bereits grosse Windkraftanlagen, die wirtschaftlich betrieben werden könnten, auf solche Widerstände stossen, wie steht es um den Einsatz von Windkraft in urbanen Gebieten, einer besonderen Art der Kleinwindkraft mit erhöhten Anforderungen? Ohne zunächst auf technische und rechtliche Fragen einzugehen, kann diese Frage einfach durch einen Hinweis auf die Windsituation in Siedlungsgebieten beantwortet werden: Die Nutzung der urbanen Windkraft lohnt sich nicht, denn die Windverhältnisse im Mittelland (www.wind-data.ch) sind ungünstig. Dies widerspiegelt auch die Position des Bundesamts für Energie, BFE, das deshalb den konzentrierten Bau von möglichst grossen Windkraftanlagen an geeigneten Orten propagiert. [1]

HTW Berlin/Joachim Twele

Kleinwindanlage für Tests auf dem Gelände der HTW Berlin.

Kleinwindkraft allgemein

Weltweit wurden bei der Kleinwindkraft 2013 77 MW installiert. Bis Ende 2013 waren insgesamt über 755 MW in Betrieb. Bezüglich installierter Leistung liegt China mit einem Anteil von 41 % deutlich vorne, die USA kommen auf 30 % und das Vereinigte Königreich auf 15 %. [2] Zum Vergleich: Insgesamt lag Ende 2014 gemäss dem Global Wind Energy Council die installierte Windkraft-Nennleistung bei 369,6 GW.

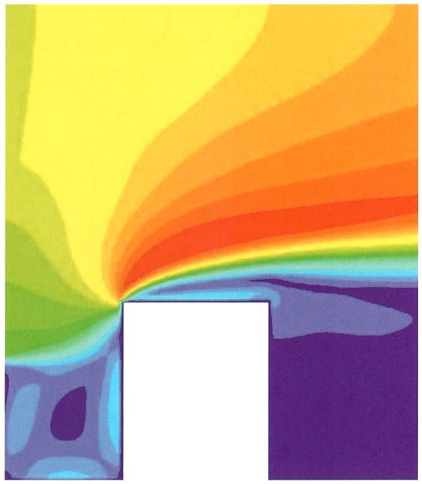
Über die Hälfte der Kleinwindkraft-Hersteller findet man in fünf Ländern: in Kanada, China, Deutschland, UK und den USA. Ende 2011 waren weltweit über 330 Hersteller aktiv. Die Produktionskapazität von China sticht dabei besonders hervor: Über 180 000 Einheiten können pro Jahr hergestellt werden.

Obwohl es einen Trend zu grösseren, ans Netz angeschlossenen Kleinwindkraftanlagen gibt, spielen die netzunabhängigen Anwendungen in abgelegenen Orten z.B. in Entwicklungsländern nach wie vor eine grosse Rolle, u.a. bei der Elektrifizierung von ländlichen Gegenden und Telekom-Stationen. Es werden auch hybride Systeme mit Batterien und anderen Stromquellen wie Solaranlagen eingesetzt. Über 80 % der Hersteller bieten alleinstehende Anwendungen an. 2009 betrug der Marktanteil der netzunabhängigen Einheiten in China 97 %. Ein grösseres Wachstum wird künftig besonders in Indien und in afrikanischen Ländern erwartet.

Windsituation in Städten

Der Einsatz der Kleinwindkraft in Städten stellt eher eine Ausnahme dar, denn es müssen zusätzliche Herausforderungen gemeistert werden. Eine davon ist die Windströmung, die in Städten durch die komplizierte Oberfläche abgebremst und stark beeinflusst wird. Die Gebäudehöhe, Form und Distanz zwischen den Häusern spielen dabei eine wichtige Rolle. Stehen Gebäude weit auseinander, entsteht eine isolierte Rauigkeitsströmung um einzelne Häuser, unbeeinflusst durch

Sáenz-Díez



Durch die Strömungsabhebung an der Gebäudekante können die Windgeschwindigkeiten über der Strömungsblase um 20% höher liegen.

die anderen Gebäude. Bei näher stehenden Häusern überlagern sich die turbulenten Strömungen und bei sehr nahe stehenden, gleich hohen Häusern kann sich eine abgehobene laminare Strömung über den Dächern bilden. Dieser Effekt ist windrichtungsabhängig, was die Wahl eines optimalen Anlagenstandortes erschwert.

An Gebäuden wird der frontal auftreffende Wind abgebremst und über und um das Gebäude umgeleitet. An den Kanten löst sich die Strömung ab – es entstehen Verwirbelungen und ein Unterdruck. Gemäss Studien der HTW Berlin kann die Höhe der Ablöseblase das Zweifache der Gebäudehöhe erreichen und die nachlaufenden Wirbel können je nach Windstärke ein Vielfaches der Gebäudehöhe betragen.

Interessant für die Nutzung der Windenergie ist die Tatsache, dass die Windgeschwindigkeit über der Ablöseblase grösser ist – bei einem kubischen Haus um bis zu 20 %, verglichen mit der Anströmungsgeschwindigkeit.[3] Da die Windleistung kubisch von der Windgeschwindigkeit abhängt, kann über der Ablösekante ein deutlich höherer Ertrag erreicht werden. Experimente der TU Berlin haben gezeigt, dass der optimale Installationsort nahe der Dachkante in Hauptwindrichtung ist, da hier die Turbulenzen klein sind und die Geschwindigkeitsüberhöhung ausgenutzt werden kann.[4] Die Windanlage wird aber durch die schräge Anströmung stärker beansprucht.

Anlagentypen

Nebst der optimalen Positionierung der Windanlage ist die Frage nach der geeigneten Art der Anlage zentral: Soll eine Horizontal- oder Vertikalachsen-Windanlage gewählt werden? Soll der Vertikalläufer nach dem dynamischen Auftriebsprinzip (Darrieus) oder nach dem des Luftwiderstands (Savonius) funktionieren? Jeder Typ hat seine Vor- und Nachteile. Die Vertikalachsen-Windturbinen (VAWT) haben zwar einen niedrigeren Wirkungsgrad als Horizontalachsen-Windturbinen (HAWT) und sind leicht teurer, sind aber unempfindlicher auf Turbulenzen und erfordern keine Ausrichtung nach dem Wind. Zudem erzeugen sie im Betrieb geringere Schallemissionen und weniger Vibrationen, die auf das Gebäude übertragen werden. Hauptgrund dafür sind die vergleichsweise geringen Drehzahlen des Rotors.

Deutsche Projekte

Seit mehreren Jahren untersucht man an der Berliner Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW Berlin) das Potenzial der städtischen Windkraft, einerseits durch Messungen des Berliner Windangebots und andererseits, ob sich exponierte Dächer für einen wirtschaftlichen Betrieb der Windanlagen eignen und, wie bereits erwähnt, wo die optimale Position der Turbine auf dem Dach ist.

Das Studienprojekt, bei dem an sechs charakteristischen Standorten VAWTs von je 1 kW Nennleistung installiert wurden, berücksichtigt auch die elektrische Anbindung ans Stromverteilnetz, die mechanische Installation und die genehmigungsrechtlichen Fragen. 2013 wurden die Erkenntnisse in einem praktischen Leitfaden veröffentlicht, der aufzeigt, dass sich diese Art der Windkraftnutzung unter bestimmten Bedingungen lohnen könnte, aber dass bei einer falschen Wahl der Position grosse Ertragsverluste resultieren.[5] Die im Projekt gemessenen Unterschiede lagen bei Faktor 5.

In Bremen ging man Ende August 2013 zur Praxis über: Auf dem alten, 52 m hohen Industrieschornstein des Kulturzentrums Schlachthof wurde die erste städtische Windenergieanlage installiert: ein 4,6 m hoher 4-kW-Vertikalläufer. Schon kurz nach der Inbetriebnahme stellte man fest, dass Resonanzabsorbtion auftritt, d.h. dass die Turbine den Schornstein zum Schwingen bringt. Dadurch wird ein beträchtlicher Anteil der kinetischen Energie nicht in Elektrizität umgewandelt, sondern von der Dämpfungsmasse des Schornsteins absorbiert.

Die Gesamtkosten des Projekts beliefen sich auf 33 000 € (Windradkonstruktion 17 000 €). Knapp zwei Jahre später, im Mai 2015, beschädigte ein Sturm ein Rotorblatt der Turbine und sie musste für rund 4000 € demontiert werden. Unklar ist, wer für den Schaden aufkommt, die Versicherung oder der Hersteller Urban Green Energy, New York, denn das Windrad war auf Windstärken bis zu 55 m/s ausgelegt, also 198 km/h, aber die Spitzenwerte erreichten gemäss dem deutschen Wetterdienst lediglich 27,6 m/s.[6] Die Projektverantwortlichen wollen nun diese Demontage als Chance nutzen, um das Resonanzproblem zu lösen.

Forschung in Österreich

Ein wertvoller Beitrag zur urbanen Windkraft wird am Institut für Erneuerbare Energie an der Fachhochschule Technikum Wien geleistet. Im 2011 eröffneten Energieforschungspark Lichtenegg werden nebst Kleinwindkraftanlagen auch Energiespeicher und Solaranlagen untersucht. Resultate wurden 2014 in einem Report veröffentlicht, der u.a. die Themen Qualitätssicherung, die Einbindung ins Stromnetz und Geschäftsmodelle diskutiert.[7] Sie waren ernüchternd, denn rund 50 % der getesteten Kleinturbinen enttäuschten – die Herstellerangaben bezüglich Leistungsfähigkeit wurden nicht einmal ansatzweise erfüllt. Dies ist teilweise auf Ausfälle und längere Reaktionszeiten des Serviceeinsatzes zurückzuführen.

Ein Forschungsprojekt, das sich konkret mit der urbanen Windkraft beschäftigt, läuft von Oktober 2014 bis 2018. Genutzt wird dafür das Geschäftsgebäude «Energybase», das 2008 als Vor-

Fred Hsu

Eine in Taiwan eingesetzte kombinierte Vertikalachsen-Turbine mit Darrieus- (aussen) und Savonius-Turbine (innen). Erstere nutzt das dynamische Auftriebsprinzip, letztere den Luftwiderstand.

Michel van Nederveen

In den Niederlanden wird dem Thema urbane Kleinwindkraft kreativ begegnet: Die Liam F1 Turbine von The Archimedes BV soll laut Hersteller 1,5 kW bei einer Windgeschwindigkeit von 15 ms^{-1} liefern.

zeigeprojekt im Bereich nachhaltiges Bauen und Energieeffizienz errichtet wurde. Um zu untersuchen, ob in städtischen Gebieten Horizontal- oder Vertikalläufer einen höheren Ertrag liefern, wird im März 2016 die erste Anlage, ein Vertikalläufer, installiert und zwölf Monate vermessen. Im März 2017 wird die Anlage durch einen Horizontalläufer ersetzt, der ebenfalls zwölf Monate vermessen wird. Aber schon jetzt lassen sich gewisse Aussagen machen. «In der Regel sind ländliche Regionen, wo die Anlage frei angeströmt werden kann, besser geeignet als Städte. Aber auch in Städten gibt es geeignete Standorte. Beim momentanen Preisniveau benötigt man einen ausgezeichneten Windstandort, damit Kleinwindenergieanlagen wirtschaftlich betrieben werden können», sagt Kurt Leonhartsberger, der am Institut für Erneuerbare Energie an der FH Technikum Wien für das Forschungsthema Kleinwindkraft zuständig ist. Die Frage der energetischen Amortisation sollte gemäss Leonhartsberger auch gestellt werden: «Gelingt es einer KWEA, über die Lebensdauer mehr Energie zu erzeugen, als bei der Produktion, Montage bzw. Demontage und Entsorgung verbraucht wurde?» Dazu gibt es zurzeit noch keine Untersuchungen.

Weitere Länder

Windreiche Länder wie die Niederlande, das Vereinigte Königreich oder Dänemark inspirieren diverse Entwickler und Hersteller von Kleinwindanlagen. In den Niederlanden werden auch abenteuerliche Konstruktionen vermarktet. Die Schwierigkeit dieser innovativen Fülle besteht darin, effiziente und zuverlässige Anlagen zu finden. Technische Angaben sind selten durch unabhängige Stellen verifiziert. Es gibt keine Standards bezüglich Sicherheit, Grösse, Lebensdauer und Geräuschentwicklung. Eine KWK-Zertifizierung existiert leider noch nicht.

In England veröffentlichte Renewable UK, die führende Vereinigung zur Förderung von erneuerbaren Energien, die Kleinwindkraft-Fallstudie «Generate Your Own Power», die anhand einiger Beispiele aufzeigt, was möglich und realistisch ist. Keines der Beispiele geht auf die urbane Windkraft ein, lediglich eine Turbine auf der Wiese bei einer Schule deutet an, dass dies möglich wäre.

Dänemark konnte 2015 seinen Strombedarf zu 42 % aus Windkraft decken. Die Leistung der rund 1000 Turbinen, die weniger als 25 kW produzieren, belief sich laut der Danish Small Wind Association auf 8,6 MW, ein Anteil an der gesamten Windkraft von 0,2 %.

Das Thema Greenwashing

Der urbanen Windkraft haftet das Label «Greenwashing» an, d.h. bei gewissen Projekten scheint es nicht darum zu gehen, möglichst effizient Windstrom zu erzeugen, sondern darum, das eigene ökologische Gewissen zu beruhigen oder eine Signalwirkung zu erzielen. Dies macht sich in Turbinenkonstruktionen bemerkbar, bei denen der «ästhetische» Ertrag dominiert. Andererseits gibt es Projekte, die zwar manche auch in diese Kategorie einordnen würden, die aber trotzdem einen relevanten elektrischen Ertrag liefern. Dazu gehört die Installation zweier Windturbinen im Eiffelturm. Sie sollen jährlich 10 MWh generieren.

Links

- www.klein-windkraftanlagen.com
- www.urbanwind.net
- www.dynamo-wind.com
- www.wwindea.org
- www.energieforschungspark.at

Referenzen

[1] Positionspapier Kleinwindanlagen und Energieforschung in der Schweiz, BFE, 1. Juni 2011.
[2] small-wind.org/wp-content/uploads/2014/12/Summary_SWWR2015_online.pdf
[3] J.C. Sáenz-Díez Muro, et al., «Two-Dimensional Model of Wind Flow on Buildings to Optimize the Implementation of Mini Wind Turbines in Urban Spaces», ICREPQ'10, 2010.
[4] R. Safwan, S. Mahmoud, F. Friedrich, «Kleinwindkraft in Berlin – strömungstechnisches Projekt», Technische Universität Berlin, 2011.
[5] reiner-lemoine-institut.de/empfehlungen-zum-einsatz-kleiner-windenergieanlagen-im-urbanen-raum-ein-leitfaden.
[6] Anke Velten, «Zu viel Wind fürs Windrad», Weser Kurier, 11.5.2015.
[7] energieforschungspark.at/download/BGR0062014EEneueEnergien2020.pdf

Autor

Radomír Novotný ist Chefredaktor Electrosuisse beim Bulletin SEV/VSE.
Electrosuisse, 8320 Fehraltorf
radomir.novotny@electrosuisse.ch

Résumé **L'éolien urbain**

Projets de recherche et diversité des produits

Certes, l'utilisation du vent à des fins de production d'électricité dans les villes n'alimente guère les discussions en Suisse, ce qui n'est pas surprenant étant donné les conditions locales de vent sur notre plateau. Toutefois, cette question préoccupe bel et bien nos pays voisins. Un projet de recherche mené à Berlin a permis de rédiger un guide contenant de précieuses indications à l'attention des personnes intéressées. Un autre projet, élaboré à Vienne, est consacré à l'analyse de petites éoliennes en termes de sécurité et de performance. Cependant, les résultats des études portant sur les rendements attendus pour différentes turbines sont décevants dans 50 % des cas. Il est ainsi possible de trouver, par exemple aux Pays-Bas, des modèles d'éoliennes créatives relevant de la catégorie « écoblanchiment », soit plus efficaces en matière de bonne conscience que de rendement. Un certain retard doit être comblé notamment en matière de certification, car l'application à l'éolien urbain des procédés coûteux et complexes destinés aux grandes éoliennes rend son utilisation trop onéreuse. No