

TITELTHEMA Der zweite Generator

ÜBERSICHT

- **Nachtspeicheröfen:** Spitzenlast der Heizung im Winter decken.
- **Baurecht:** Was bei Kleinwindanlagen zu beachten ist.
- **Komplette Haustechnik:** Viessmanns Strategie in der Versorgung von Gebäuden.
- **Blockheizkraftwerke:** AC-Einbindung über den Stromspeicher.
- **Brennstoffzellen:** Förderung in Deutschland.



Den Hannoveraner Flughafen Langenhagen im Rücken: Kleinwindpionier Fritz Unger auf dem Dach des Bürogebäudes seiner Firma.

MIKROREVOLUTION VOM DACH

Kleinwind — Ein BHKW oder eine Windmühle können die Photovoltaikanlage im Winter unterstützen. Ein Start-up aus Niedersachsen zeigt, wie es geht: Seine Mikrowindanlage lässt die Preise pro Kilowatt installierter Leistung deutlich purzeln. *Niels Hendrik Petersen*

Innerhalb weniger Sekunden dreht Fritz Unger die Schraube von der Narbe. Er nimmt den Rotor in einem Stück ab und hält ihn vor seine Brust. In dem Rotordesign stecken fünf Jahre Entwicklungsarbeit, es ist das Know-how der jungen Gründung aus Langenhagen bei Hannover. Der 23-jährige Unger ist Geschäftsführer von Fu Systems und Erfinder der Anlage. Er ist getrieben von dem Gedanken, den deutschen Kleinstwindmarkt mit seiner Skywind-Anlage umzukrempeln. „Der Rotor ist aus Duraluminium

und wiegt nur 700 Gramm“, sagt Unger und fordert: „Heben Sie ihn ruhig an.“ Das Material wird auch in der Luftfahrttechnik eingesetzt. Der mattgraue Flügel fühlt sich leicht rau an. Er ist mit einem Pulver beschichtet und drei Millimeter dünn. „Genau darum reflektiert der Rotor kaum Licht, wenn er sich in der Sonne dreht“, beschreibt Unger. Im Windjargon heißt diese permanent auftretende Reflexion „Diskoeffekt“.

Ein weiteres sensibles Thema ist der Schattenwurf. Ein langsam wandernder Schatten ist

für manchen Anwohner von Großwindanlagen ein Ärgernis. Auch das ist bei Skywind gelöst. Die Anlage dreht sich nicht bei wenig Wind, wenn kein oder nur wenig Strom erzeugt wird. Sondern sie steht still. Erst bei einer Windstärke von rund 3,8 Metern pro Sekunde läuft sie an. Dann erreicht die Anlage mit einem Mal bereits 200 Umdrehungen pro Minute. Einen Schattenwurf, der die Nachbarn stören könnte, gibt es dann nicht mehr. „Wenn jemand hört, dass acht Windanlagen auf dem Dach befestigt sind, dann

Modell für die Zukunft: Eine Photovoltaikanlage, zwei Mikrowindturbinen und eine Solarwärmanlage auf einem Hausdach des Versorgers EVI in Hildesheim.



ist erst mal Alarm“, schildert Unger seine Erfahrungen. Acht Anlagen, das klingt für eine Behörde schon nach einem Windpark. Wenn ein Beamter die Größenmaße der Skywind-Anlage kennt, kann das schon passieren. Beispielsweise stehen zwei Anlagen auf dem Dachfirst des Vorzeigehauses der Energieagentur in Hildesheim. Mitten in einem Wohngebiet. Die Anwohner stört das nicht weiter.

500 Kilometer pro Stunde

Die Mikrowindkraftanlage ist ein Zweiflügler. Die Maschinenbauer von Fu Systems fertigen den Flügel mit 1,5 Metern Länge in einem Stück. Am Ende jeder Flügelseite ist die Spitze um 90 Grad gebogen, wie bei den Flügeln eines Flugzeugs. In der Mitte des Rotors gibt es eine Bohrung für die Aufhängung. Der Rotor dreht sich deutlich schneller als bei Anlagen mit drei oder vier Flügelblättern. In der Blattspitze werden durchaus 400 bis 500 Kilometer pro Stunde erreicht. Der Generator der Anlage kommt aus den USA und ist mit 16 Kilowatt Leistung leicht überdimensioniert. Nach Aussage von Unger liefert die insgesamt 15,5 Kilogramm schwere Anlage einen Wirkungsgrad von 90 Prozent bei einer Windgeschwindigkeit von elf Metern pro Sekunde. Den Wechselrichter lässt Unger aus China einfliegen.

Der Wechselrichter ist durch Mikroprozessortechnik in der Lage, die Leistung der Turbine

selbst zu bestimmen und zu regeln. Genau wie bei Photovoltaikgeräten handelt es sich also um ein Maximum Power Point Tracking (MPPT) anstelle des heute bei Windturbinen üblichen MPP. Dabei wird jedem Eingangsspannungswert ein Leistungswert durch die Kennlinie zugeordnet.

Problem bisher: Der Wechselrichter passte sich zu langsam an oder bremste durch Überlastung den Rotor aus. Bei falscher Auslegung kann auch der Generator Schaden nehmen oder sogar zerstört werden. Das Grundprinzip bei MPPT ist dagegen eine ständige Messung von Strom und Spannung am Eingang des Wechselrichters.

Bei Böen blitzschnell reagieren

Der chinesische Windwechselrichter kann die Turbine bei Sturm mittels der Bremslast dosieren und bei einer Last von einem Kilowatt begrenzen. „Ein normaler Solarwechselrichter wäre dazu aufgrund fehlender Hardware nicht in der Lage“, erklärt Unger.

Während ein Solarwechselrichter meistens keine sehr schnellen Lastwechsel erlebt und die Nennleistung häufig erreicht, läuft ein Windwechselrichter anders: „Im Normalfall arbeitet er bei zehn bis 30 Prozent der Leistung, und bei Böen muss er blitzschnell seine Leistung anpassen“, beschreibt er weiter. Ein solcher Wechselrichter ist aufwendig. Nun sei er durch moderne Computertechnik zu relativ günstigen Preisen aus China verfügbar.

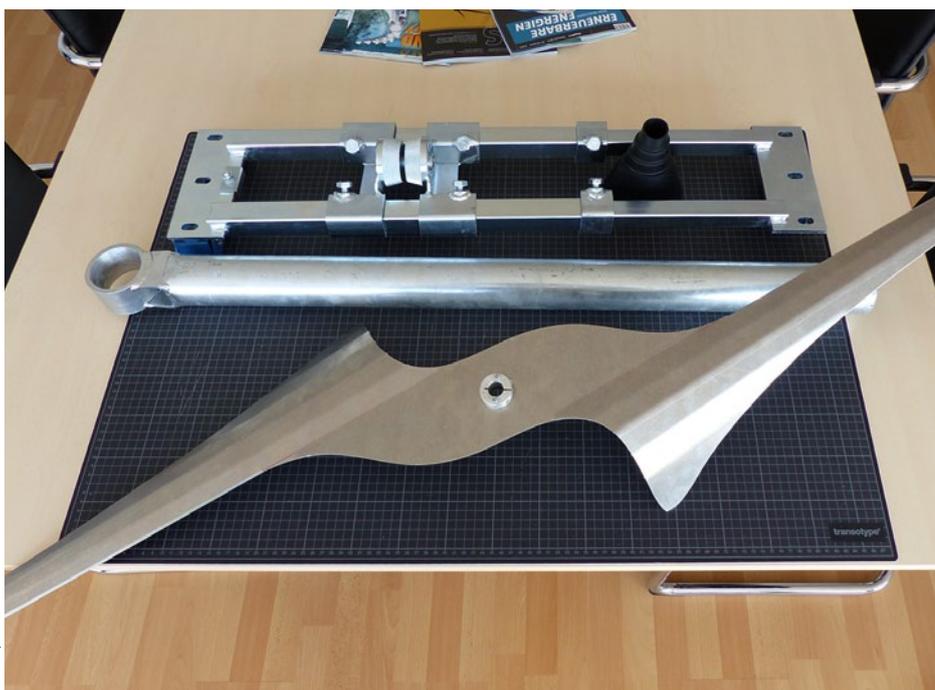
Unger ist ein passionierter Tüftler. Seit er mit 14 Jahren eine Segelflugausbildung absolvierte, ließ ihn das Thema Rotorflügel und Aerodynamik nicht mehr los. Er wollte das Rotorblatt optimieren. Mit 18 Jahren gewann er mit seiner Entwicklung den zweiten Platz bei Jugend forscht, zusammen mit seiner Geschäftspartnerin Julia Prochnau.

Spaß zu gestalten

Frisch nach dem Abi 2010 gründete er seine erste Firma. Eine GmbH. Trotz rund 2.000 Bestellungen der kleinen Anlage musste er einige Zeit später Insolvenz anmelden.

Denn einige der insgesamt 600 ausgelieferten Rotorblätter brachen. Sie waren den starken Schwingungen und Belastungen durch den Wind nicht gewachsen. Nun stellte Erfinder Unger wieder alles auf den Prüfstand. Resultat ist der neue Rotor aus Flugzeugaluminium.

Mit diesem neuen Material will auch Unger abheben: Im April 2014 startet Fu Systems als AG neu. Drei feste Mitarbeiter hat die Firma derzeit, lastet aber noch einige Mitarbeiter mehr bei Zulieferern aus, sagt Unger. In einigen Jahren plant Unger noch ein Ingenieursstudium zu absolvieren. In der Start-up-Phase hat er dafür allerdings keine Zeit. Er arbeite derzeit 80 Stunden die Woche und Wochenenden gebe es eher selten. „Aber so ist das eben“, sagt Unger gut gelaunt. „Es macht einfach Spaß zu gestalten.“



Übersichtlich angeordnet auf dem Tisch: Rotorblatt, Mast und Dachhalterung.

Foto: nhp

THEMENDOSSIER

Mehr Praxis: Kleinwindkraft

Für unsere Abonnenten bieten wir im Internet unter dem Menüpunkt **Dossiers und Themen** die gesammelte Fülle unserer Fachartikel und Meldungen an. Dort finden Sie auch exklusive und kostenfreie Downloads unserer Partner. Die Zugangsdaten stehen auf dem Adressaufkleber auf Ihrem persönlichen Exemplar der **photovoltaik**.



www.photovoltaik.eu/Dossiers-Themen

In einer Branche wie der Kleinwindkraft sind Patente und Zertifizierungen wichtig. Die Beratungs- und Prüffirma Windtest Grevenbroich betreibt seit 1998 südlich von Grevenbroich ein Testfeld für Binnenland-Windkraftanlagen. Prototypen und Testanlagen mit einer Nennleistung von bis zu 2,5 Megawatt werden dort derzeit getestet und nach internationalen Richtlinien vermessen. Hier lässt Unger auch die Skywind-Anlage im Testfeld auf Herz und Nieren prüfen. Und zwar nach IEC 61400-1, den Designanforderungen der Großwindkraft. Die Norm regelt die Aspekte der Lastberechnungen sowie die Installation, Inbetriebnahme und Wartung einer Windenergieanlage. Andere Kleinwindhersteller lassen nur nach der Kleinwindnorm IEC 61400-2 prüfen. Die Mikrowindanlage steht dort aktuell neben einer 2,3-Megawatt-Anlage. Und macht durchaus eine gute Figur neben der großen Verwandtschaft.

In Patente investiert

Aufwendig ist das schon: Es kostet zwischen 50.000 und 75.000 Euro und rund sechs Monate Zeit, bis die Zertifizierung abgeschlossen ist. Im März soll dann die zertifizierte Leistungskurve bereitstehen. Damit können nur die wenigsten Hersteller aufwarten – vertikal drehende Anlagen schon gar nicht. Allein das Patent für Deutschland und die USA kostet das Start-up rund 15.000 Euro – kein Pappenstiel. Ein privater

Investor steckt Geld in die Firma, bleibt aber im Hintergrund. „Er agiert als Türöffner und Kontaktvermittler für uns“, berichtet Unger.

Ökostrom vom Dach

Neben dem Rotordesign ist auch die Halterung eine eigene Entwicklung. Sie ist für rund 90 Prozent aller Dächer einsetzbar, schätzt Unger. Denn die Halterung lässt sich variabel einstellen. Eine Aufsparrenhalterung hält den Mast. Da dieser nicht ins Dach hineingeht, werden auch die Schwingungen nicht übertragen. Denn: Die Windschwingungen können den Mast der Anlage bewegen, der Metallmast kann also durchaus hin- und herschwingen. Die ständige Vibration der Anlage durch die Windbelastung bleibt in den Gummidämpfern, auf denen die Halterung angebracht ist.

Auf dem Dach des Bürogebäudes dreht die Skywind ihre Runden. In gut 22 Metern Höhe auf einem etwa vier Meter langen Metallmast, der mit einer Betonplatte beschwert wurde. Der Blitzschutz ist integriert, da auch die Anlage aus Metall ist.

Unger und Co. arbeiten direkt unter dem Dach in der vierten Etage. Wenn die Anlage läuft, versorgt sie das Büro zum Teil mit Ökostrom. Der Wechselrichter speist in den Stromkreislauf ein, und der Stromzähler läuft entsprechend langsamer. Denn Strom sucht sich immer den Weg mit dem geringsten Widerstand, deshalb kann der

eigene Strom vorrangig verbraucht werden – das spart beim Bürobetrieb Stromkosten von rund 28 Cent pro Kilowattstunde. Wichtig ist natürlich, dass ein Installateur die Anlage ans Netz anschließt. Dem Netzbetreiber sollte der Anschluss der Anlage formlos mitgeteilt werden.

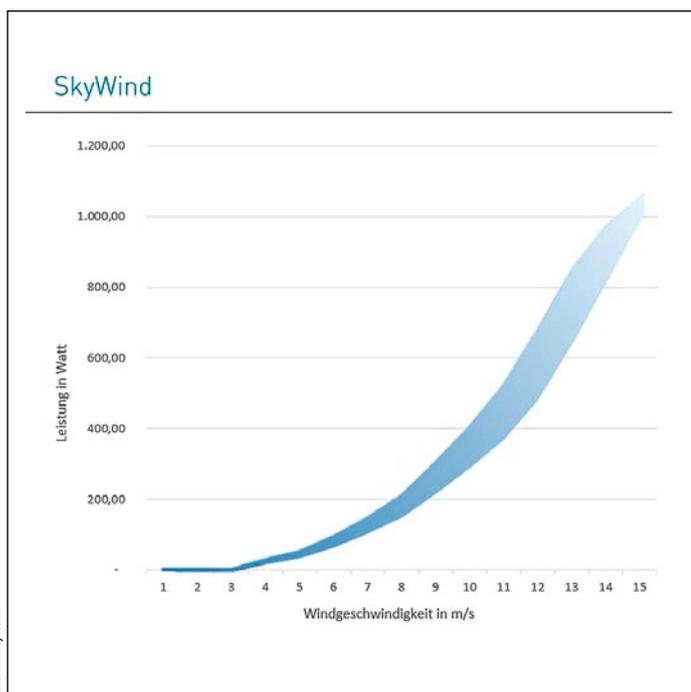
40 Kleinstwindmühlen sind seit Mai installiert worden. Aber es gebe bereits rund 1.000 Anfragen für Skywind, fast alle aus Deutschland. Die Anfragen aus dem Ausland beziffert Unger auf etwa fünf Prozent.

Künftig kann sich das allerdings ändern, denn gerade die Märkte in England und in den USA sind traditionell die wichtigsten Märkte für Kleinwind. „Fürs erste Jahr wäre es schön, 500 Anlagen zu verkaufen“, hofft Unger. Von der Bestellung bis zur Auslieferung dauert es vier bis sechs Monate.

Die Windanlage als Modul

Die Nachfrage der Leute scheint dafür zu reichen. Gut 70 Prozent der Anfragen kommen von privaten Hausbesitzern, die anderen 30 Prozent von Landwirten und kleine Gewerbebetrieben.

Die Anlage funktioniert wie ein Modulsystem: Wer acht Kilowatt Leistung braucht, stellt acht Anlagen auf. Eine kostet dabei 2.249 Euro inklusive Mehrwertsteuer. Dazu kommen 500 bis 1.000 Euro für die Installation, bei mehreren Anlagen reduziert sich dieser Posten pro Anlage entsprechend.



Grafik: fuysystems

Achtung: Bei einer höheren Windgeschwindigkeit steigt die Leistung exponentiell.

EVI-ENERGIESPARHAUS

Kombi aus Wind und Sonne liefert Strom

Der Hildesheim Energieversorger EVI hat ein Modellhaus gebaut, das energieeffizient, umweltbewusst und günstig zu planen und zu bewohnen ist. Das Ergebnis können Besucher nun in Hildesheim besichtigen. Der Clou: Das Energiesparhaus kostet kaum mehr als ein herkömmliches Haus.

Das EVI-Gebäude erhält seinen Strom aus einer Photovoltaikanlage mit 2,3 Kilowatt Leistung und zwei Mikrowindturbinen der Firma Fu Systems mit je einem Kilowatt Leistung. Die Windgeneratoren liefern verstärkt in den Wintermonaten und in der Nacht Strom. Eine Genehmigung für die Mikrodachturbinen war nicht erforderlich. Die Werte auf einen Blick:

- Wohnfläche von rund 115 Quadratmetern,
- gedämmte Gebäudehülle und Passivhauskomponenten,
- Mauerwerk dient als Wärmespeicher,
- Fassadendämmung beträgt 26 Zentimeter,
- Dachdämmung misst 40 Zentimeter,
- Energiekosten von rund 410 Euro pro Jahr,
- jährlicher Energiebedarf von 1.700 Kilowattstunden,
- Energiebedarf bis zu 55 Prozent unter EnEV-Standard 2009.



www.evi-hildesheim.de/energiesparhaus



Foto: nhp

Genug Wind? Eine Messstelle erhebt die Winddaten.



Foto: nhp

Die beiden oberen Wechselrichter kommen aus China.



Foto: nhp

Derzeit läuft die Zertifizierung der Anlage in einem Testfeld bei Grevenbroich in Nordrhein-Westfalen.

AUF EINEN BLICK

Die Skywind-Anlage von Fu Systems

- Rotordurchmesser: 1,50 Meter
- Tiefe: 0,40 Meter
- Überstrichene Fläche: 1,8 Quadratmeter
- Netzaufschaltung: vier Meter pro Sekunde
- Auslegungsgeschwindigkeit: acht Meter pro Sekunde
- Nenngeschwindigkeit: 14 Meter pro Sekunde
- Schnelllaufzahl: 8,5
- Auslegungsleistung: 170 Watt
- Nennleistung: 1.000 Watt
- Gewicht: 15,5 Kilogramm
- Material: Duraluminium und Stahl
- Spannungsbereich: 15 bis 70 Volt
- Maximaler Strom: 30 Ampere

BUNDESVERBAND KLEINWIND

Vergleichbare Leistungskurven

Um Kleinwindanlagen miteinander vergleichen zu können, muss bekannt sein, wie viel Wind am geplanten Standort vorherrscht. Mit diesem Wert und den unabhängig gemessenen Leistungskurven der einzelnen Anlagen kann der Jahresertrag errechnet werden. Diese errechneten Erträge sind dann miteinander vergleichbar und geben das Preis-Leistungs-Verhältnis der einzelnen Anlagen an.

Nur unabhängig gemessene Leistungskurven beispielsweise vom TÜV oder Intertek und aus Zertifizierungen wie IEC 61400 und MCS sind miteinander vergleichbar. Prospektaussagen der Hersteller sollten Kaufinteressenten sich immer durch solche Kurven bestätigen lassen.



www.bundesverband-kleinwindanlagen.de



www.myskywind.com

Damit bietet Skysystems zu deutlich günstigeren Preisen am Markt an. Allgemein liegen die Kosten zwischen 4.000 und 8.000 Euro pro Kilowattstunde bei einer Kleinwindanlage. Die Mikrowindturbinen kosten nur einen Bruchteil auf die Kilowattleistung gerechnet. Je nach Standort und Windbedingungen schwanken auch die Erträge und Amortisationszeiten. An windreichen Orten kann sich die Anlage in sieben oder acht Jahren rentiert haben. Bei einem guten Standort sind es etwa zwölf Jahre. Aber viele Parameter beeinflussen den Windertrag der Anlage. Die Kosten einer genauen Windmessung würden allerdings den Preis der Anlage selbst übertreffen. Fu Systems arbeitet deshalb mit den Daten des Deutschen Wetterdienstes. Eine Abweichung von zehn bis 15 Prozent nach oben und unten muss mit einkalkuliert werden. Das Mantra des

Erfinders der Mikrowindanlage ist dennoch: „Alles so einfach wie möglich halten“, sagt Unger. Nur so bleiben die Kosten unten.

Geringes Gewicht hilft Installateuren

Mit vier Installateursbetrieben arbeitet Fu Systems derzeit zusammen. Hauptsächlich für den norddeutschen Raum, mit weiteren 20 gebe es gerade Verhandlungen. Einer der Partner der ersten Stunde ist der Installateursbetrieb Sonnentaler aus Elze, 16 Kilometer westlich von Hil-desheim. Er vertreibt die Anlage im Umland von Hannover.

Die Firma hat die Anlage neu ins Sortiment genommen und bewirbt sie nun stärker. Denn der kleine Rotor auf dem Dach ist gerade auch für die Besitzer der solaren Bestandsanlagen eine Option, die relativ leicht nachzurüsten ist.

Ein zusätzliches Verkaufsargument: Das Design der Anlage kann auch in den entsprechenden Firmenfarben geliefert werden. Denn ein drehendes Element erregt mehr Aufmerksamkeit als jedes Werbeplakat.

Durch das geringe Gewicht kann der Installateur die Anlage mit aufs Dach nehmen – eine teure Kranmontage entfällt. Hilfreich ist auch, dass die Anlage keine Fahne hat. Denn die Anlage dreht sich selbst in den Wind hinein. Eine Fahne hätte die Anlage an sich sperriger gemacht. Zum Vergleich: Die Anlage einer anderen Firma mit einer vertikal drehenden Hauptachse wiegt bei einer Leistung von einem Kilowatt rund 220 Kilogramm – und damit gut das 15-Fache. Mittelfristig plant Unger, 4.000 bis 5.000 Anlagen in den Markt zu bringen. „Wir haben derzeit Kapazitäten, um 300 Anlagen pro Monat herzustellen.“