

# The Wind of Change

Die Effizienz von Windkraftanlagen wird nach den minimal erreichbaren Stromerzeugungskosten bemessen. Bisherige Anlagen benötigten große und teure Leistungselektronik zur Synchronisation des durch den direkt mit dem Rotor gekoppelten Generator erzeugten Wechselstroms mit dem Netz bzw. große Kupferquerschnitte für die hohen Ströme. Das Klagenfurter Unternehmen SET arbeitet an der Windstromerzeugung mittels Mittelspannungs-Synchrongeneratoren, die über elektromechanische Differenzialgetriebe von drehzahlvariablen Rotoren via Hauptgetriebe angetrieben werden. Diese Erfindung – die u. a. mit Entwicklungswerkzeugen aus dem Haus EPLAN zur Serienreife gebracht wurde – ermöglicht eine Steigerung des Energieertrages und der Stromerzeugung um 5 % – selbst bei Schwachwind.

Die globale Klimaerwärmung ist Fakt. Um den globalen Temperaturanstieg auf zumindest 2° C zu beschränken, beschloss 2007 der Rat der Europäischen Union, den Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch europaweit von damals 7 % auf 20 % im Jahr 2020 zu steigern und zugleich die Emission von Treibhausgasen um mindestens 20 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Eine erhebliche Rolle spielt dabei

die Windenergie, denn allein deren nutzbares Potenzial würde den globalen Energiebedarf um ein Vielfaches übersteigen.

Mit Nabenhöhen von bis zu 160 Metern und mit Rotordurchmessern von bis zu 150 Metern können Windkraftanlagen als saubere und erneuerbare Energiequelle pro Einheit 5.000 und mehr Haushalte mit elektrischem Strom versorgen. Betrieben werden sie meist zu größeren Gruppen zusammengefasst in Windparks. Wie Photovoltaikanlagen unterliegen diese wechselhaften Naturkräften und liefern Elektrizität mit weniger Regelmäßigkeit als traditionelle Erzeugungsarten.

## Ausbeute als Vision

Als einer der Pioniere im Bereich der Windkraft ist DI Gerald Hehenberger, Gründer und Inhaber von SET, bereits seit 1986 mit der Entwicklung von Windkraftanlagen beschäftigt. Seine Laufbahn ist von der Jagd nach höherer Systemeffizienz gekennzeichnet. Entwickelte er in den Achtzigern rotorblattanstellwinkelgesteuerte Anlagen mit variabler Dreh-

Die Nutzung der Windenergie ist wichtig, wenn es um die Eindämmung der globalen Erwärmung geht. Mehr Elektrizität aus gleich viel Wind zu erzeugen, mit besserer Qualität und auch bei wenig Wind, ist das Bestreben der Klagenfurter SET Sustainable Energy Technologies GmbH.

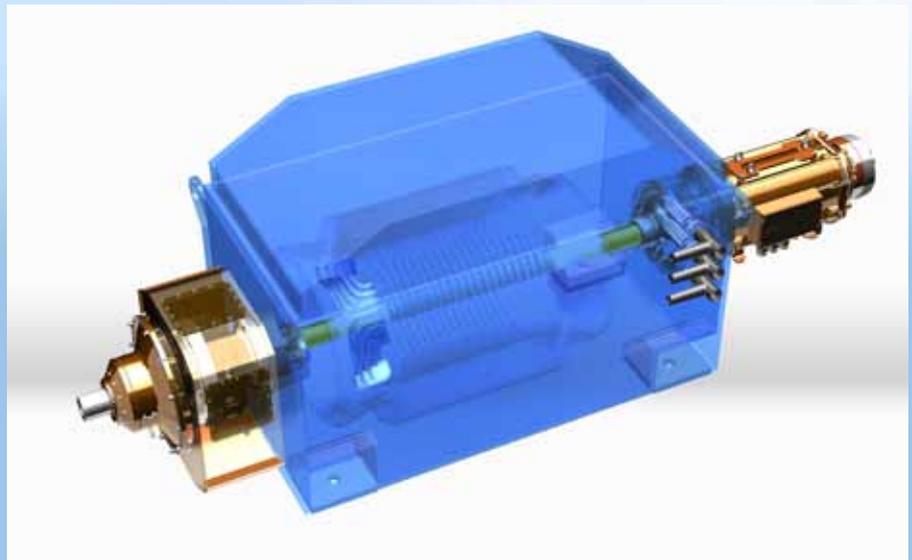
zahl und 600 kW Leistung, verfolgte er sein Ziel zehn Jahre später mit doppelt gespeisten Drehstrom-Asynchrongeneratoren. Nach diesem Prinzip arbeiten heute ca. zwei Drittel aller Windkraftanlagen. Hehenberger gründete in weiterer Folge 2008 in Klagenfurt die SET Sustainable Energy Technologies GmbH, um mit einem völlig neuen Konzept noch mehr Leistung aus gleich viel Wind herauszuholen.

Immer größere Anlagen und die damit zusammenhängende aufwendige Niederspannungs-Leistungselektronik legen die Verwendung direkt mit dem Netz verbundener fremderregter Mittelspannungs-Synchrongeneratoren nahe, welche nicht ohne Grund in den letzten 100 Jahren die Elektrizitätsgewinnung beherrscht haben. Sie erzeugen ohne aufwendige Filter eine praktisch perfekte Sinuswelle und unterstützen das Netz auch bei Störungen, da sie unmittelbar mit Blindströmen bis zum Achtfachen der Nennstärke reagieren. „Um auch bei geringer Windstärke eine hohe Ausbeute zu erzielen, brauchen Windturbinen die Fähigkeit, variable Rotordrehzahlen in eine konstante Generator Drehung umzuwandeln“, erläutert Ing. Mag. Christoph Pilgram, Director Business Development & Sales bei SET. „Ein im Ansatz sehr gutes Konzept dazu sind Differenzialgetriebe mit variablem Übersetzungsverhältnis.“

Solche gibt es auch bereits seit den 1980-er Jahren. Allerdings arbeiten diese auf hydraulischer Basis und weisen dadurch eine hohe Verlustleistung auf, die in Form von Wärme abgeführt werden muss.

**Erfolgsfaktor Elektromechanik**

Die alternative Idee Hehenbergers, an deren Entwicklung zur Serienreife die Techniker von SET arbeiten, ist das elektromechanische Differenzialsystem. Es besteht aus einem Planetengetriebe, dessen Eingangswelle mit den Planetenrädern verbunden ist. Das Hohlräder ist mit dem Mittelspannungs-Synchrongenerator verbunden. Ein mit dem Sonnenrad verbundener, hoch dynamischer Servoantrieb mit ca. 15 % der Generator-Nennleistung regelt das Getriebeverhalten und ermöglicht dadurch den Ausgleich von Drehzahlschwankungen. Zugleich beeinflusst der Servo durch Drehmomentregelung die Wirkleistung des Generators, sodass dieser unmittelbar auf Leistungsschwankungen reagieren kann. Die Differenzialgetriebe-Generator-Kombination DSgen-set® kommt auf einen Gesamtwirkungsgrad von 97,5 %. Das ist ein bisher unerreichtes Maß und kann mit einer Steigerung der Energieausbeute um 3 bis 5 % gegenüber traditionellen drehzahlvariablen Triebstrangkonzepthen den entscheidenden Beitrag zur Profitabilität leisten. Zudem ist die in der Gondel untergebrachte Anlage durch den Entfall großer Teile der ausfallsanfälligen Leistungselektronik



Durch die Hohlwelle des Synchrongenerators hindurch bremsst bzw. beschleunigt ein hoch dynamischer Servomotor das Planetengetriebe zwischen Rotor und Generator und sorgt so für eine konstante Generator Drehzahl. Bei Schwachwind erzeugt nur die Servomaschine Strom, sodass die Flügel des Windrades kaum je stillstehen.

kleiner und leichter. Darüber hinaus erspart die direkte Erzeugung der Energie mit Mittelspannung den Step-up Transformator in der Windkraftanlage und 70 % des Kupferquerschnitts bis zu diesem. „Die höhere Ausbeute ist darauf zurückzuführen, dass bei Nennlast der Servoantrieb zusätzlich als Generator arbeitet und Strom ins Netz einspeist. Bei sehr schwachem Wind wird der Hauptgenerator vom Netz genommen, mittels Differenzialsperrre das System geblockt und der Servoantrieb als kleines, verlustarmes Generator-Vollumrichtersystem betrieben“, erläutert Christoph Pilgram. „So nutzen wir auch noch den schwächsten Lufthauch aus.“

zugehörigen Synchrongenerators ist eine Aufgabe, bei der die mechanische Konstruktion, die Elektroplanung und die Steuerungs- und Regelungstechnik eng ineinander greifen.

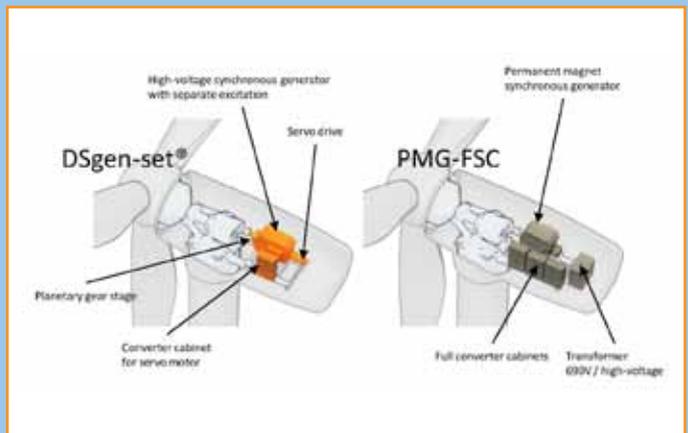
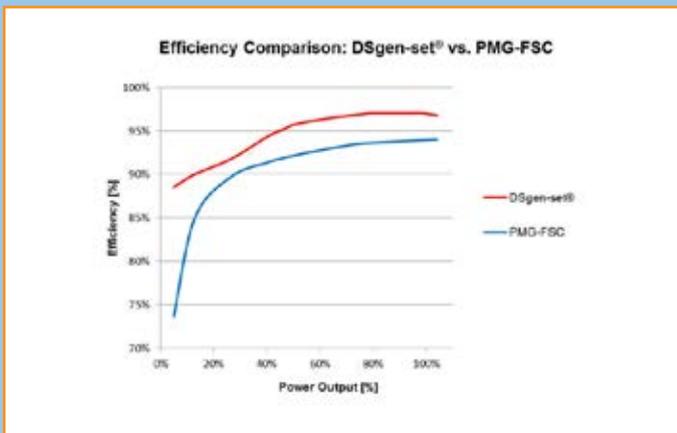
Der elektrotechnische Teil der Anlagen wird mit dem datenbankbasierten EPLAN Electric P8 entwickelt. Auf ausgeklügelter Plattformtechnologie aufbauend, bietet es die Möglichkeit, wahlweise grafik- oder objektorientiert zu arbeiten. Das und eine direkte Verbindung zur EMSR-Technik schafft sehr weitreichende, beinahe unbegrenzte Möglichkeiten zur Projektierung, Dokumentation und Verwaltung der Projekte und unterstützt interdisziplinäres Arbeiten. Dazu können Daten aus vorgelagerten Planungsphasen über Schnittstellen wie ODBC, XML und Excel einfach übernommen werden. „Wir profitieren von der Möglich- ➔

**links** Der Differentialgetriebe-Synchrongenerator weist nicht nur einen bisher unerreichten Wirkungsgrad auf ...

**rechts** ... sondern reduziert auch Platzbedarf und Gewicht in der Gondel.

**Mechatronische Entwicklungsaufgabe**

Die 2009 begonnene Entwicklung des servogeregelten Getriebes und des da-



keit, fertige Daten von Vorlieferanten in das System zu bringen“, ergänzt Ing. Michael Kofler, verantwortlich für die Elektro-Entwicklung bei SET. „Durch die Verwaltung in der gemeinsamen Datenbank kann die Produktdatenpflege zwar von jedem Arbeitsplatz erfolgen, erzeugt aber nur einmaligen Aufwand.“

Für die Konstruktion der mechanischen Teile hat sich SET bereits zu Beginn der Entwicklungstätigkeiten für die AutoCAD Design Suite entschieden. „Damit ist eine schnelle und sichere Erstellung der Dokumentation gewährleistet, ohne dass diese die kreativen Energien unserer Entwickler einengen würde“, sagt Christoph Pilgram. „Zugleich fördert sie den Austausch von Ideen zwischen den einzelnen Technikern und gestattet das Experimentieren mit Konzepten in 3D.“ So macht das Paket rund um die aktuelle Version von AutoCAD die rasche Erstellung und qualitativ hochwertige Ausgabe als Illustration mit der enthaltenen Software SketchBook Designer einfach. Zur Präsentation von Konzepten als Basis für Richtungsentscheidungen können die AutoCAD-Daten sehr einfach mit der Software Showcase in 3D-Präsentationen umgewandelt und im Internet zur gemeinsamen Nutzung bereitgestellt werden. Bestehende Konzepte und Skizzen in Form von Papierdokumenten und Rastergrafiken können mit dem Programm Raster Design in AutoCAD-Dateien um-

gewandelt und so dem Entwicklungsprozess zugeführt werden. Mit der Software Mudbox lassen sich die Modelle für überzeugenden Realismus in der Darstellung beliebig färben und mit Texturen versehen. Oberflächen in Produktionsqualität werden mit dem Programm Alias Design hergestellt. Auf dieser Basis entstehen mit der Software 3ds Max Design aus den AutoCAD-Dateien 3D-Renderings in höchster Bildqualität.

### Wissenserhalt mit Autodesk Vault

Um die Datenmanagement-Anforderungen bewältigen zu können, hat SET gemeinsam mit EPLAN Software & Service ein Konzept entwickelt, wie man eine effiziente Organisation, Verwaltung und Verfolgung der Konstruktionsdaten über den gesamten Produktlebenszyklus mittels Autodesk Vault aufbauen kann. „In unseren Entwicklungsprozessen werden nicht selten auch während der Entwicklung noch grundsätzliche Entscheidungen getroffen“, beschreibt DI Markus Waldner, Director of Control Engineering bei SET, wo dieses PLM-Werkzeug seine Stärken ausspielen kann. „Da ist es besonders wichtig, Schritt für Schritt alle Versionen des Gesamtwerkes exakt nachvollziehen zu können und dabei sicher zu sein, ohne langes Suchen stets die aktuellsten Daten mit allen Zusatzinformationen zur Hand zu haben.“ Dazu werden seit 2012 zusätzlich zu den Konstruktionsdaten auch allgemeine Informationen jeder Art in Vault gespeichert, um das Wissen nicht nur in Form des Was und Wie, sondern auch des Warum zu konservieren.

Die Kombination aus EPLAN – Autodesk Vault hat SET einen wesentlichen Vorteil im Produktenstehungsprozess gebracht.



Durch Entwicklung mithilfe modernster Werkzeuge wie EPLAN Electric P8 für den elektrischen Teil und Autodesk Inventor sowie des PDM-Systems Autodesk Vault holen Markus Waldner, Director of Control Engineering, Christoph Pilgram, Director Business Development & Sales, und Michael Kofler, Electrical Engineering, mit gleicher Rotorfläche mehr Strom aus dem Wind.

### Anwender

Das Unternehmen SET aus Klagenfurt entwickelt und fertigt elektromechanische Differenzialgetriebe für Windenergie, Hydropower und Industrie – basierend auf innovativen Engineering-Methoden und mehr als 25 Jahren fachlicher Erfahrung.

**SET Sustainable Energy Technologies GmbH**  
Ernst-Diez-Straße 6  
A-9020 Klagenfurt  
Tel. +43 508-988-0

### EPLAN Software & Service GmbH

Franz Kollmann Straße 2/6  
A-3300 Amstetten  
Tel. +43 7472-28000 0  
[www.eplan.at](http://www.eplan.at)

**links** Die im Haus mit Autodesk Inventor konstruierten Generatoren und Servomaschinen entstehen zunächst als virtuelle Prototypen im 3D-Modell.

**rechts** Die Zeichnungen zur Anfertigung der Elektromaschinen bei namhaften Herstellern werden ebenso wie alle anderen produktrelevanten Daten im PDM-System Autodesk Vault verwaltet.

