



Clemens Jauchs  
Foto: Gatermann

# Träge im Netz

Ein neuer Schwungradspeicher löst gleich zwei Probleme der Windenergie.

KATHARINA WOLF

**E**s geht hier um Trägheit. Und um Schwingungen. Eine Eiskunstläuferin kommt auch noch vor. Aber nein, dies ist keine Geschichte über intensives Sporttraining auf Schlittschuhen, sondern sie erzählt vom Erfolg der Energiewende. Denn mit dieser verschiebt sich die Stromerzeugung von Kern- und Kohlekraftwerken immer stärker in Richtung erneuerbare Energien. Photovoltaik- und Windenergieanlagen sollen, unterstützt von Kraft-Wärmekopplung, die Haupt-

# 30

**SEKUNDEN** nach einem Netzfehler muss Primärregelleistung in vollem Umfang zur Verfügung stehen.

last der Stromerzeugung tragen. Auf mehr als 30 Prozent hat sich ihr Anteil bereits gesteigert.

Doch mit dem Erfolg der Erneuerbaren geht eine Entwicklung einher, die bislang wenig Aufmerksamkeit gefunden hat: Das Stromnetz verliert an Trägheit, auch Momentanreserve genannt. In einem Wechselstromnetz muss immer ein Gleichgewicht zwischen der erzeugten und der konsumierten Leistung bestehen, sonst kommt es zu Frequenzstörungen. Noch sorgen die großen Massen der fest mit

dem Stromnetz verbundenen Kraftwerke, die synchron mit der Netzfrequenz von 50 Hertz rotieren, dafür, dass sich solche Schwankungen zeitverzögert und gemildert, also träger, im Netz ausbilden. Denn erst 30 Sekunden nach einem Netzfehler muss Primärregelleistung in vollem Umfang zum Ausgleich der Frequenzabweichung zur Verfügung stehen.

„Photovoltaikanlagen verfügen aber nicht über rotierende Massen und Windenergieanlagen brauchen einen Frequenzumrichter, um mit Netzfrequenz einspeisen zu können“, sagt Professor Clemens Jauch. Er forscht an der Hochschule Flensburg am Institut für Windenergie-technik und sieht in der schwindenden Netzträgheit eines der größten Probleme der Energiewende. „Ohne Netzträgheit ändert sich die Frequenz so schnell, dass die Regelenergiekraftwerke nicht mehr schnell genug reagieren könnten.“ Die Folge wären größere Frequenzschwankungen, die im schlimmsten Fall zu Stromausfällen führen.

## Windkraftanlagen stützen das Netz

Konsequenterweise sollte Netzträgheit von jenen geliefert werden, die die konventionellen Kraftwerke verdrängen. Photovoltaikanlagen können das nur mit zusätzlichen Energiespeichern, bleibt Wind. „Schon jetzt können Windenergieanlagen bei Frequenzeinbrüchen ihren Beitrag leisten, indem sie die kinetische Energie des Antriebsstrangs für eine kurzfristige Leistungssteigerung bei gleichzeitig sinkender Drehzahl nutzen“, erläutert Jauch. Der Haken: Die Zeitspanne, in der Windturbinen dazu in der Lage sind, ist nur wenige Sekunden lang. Danach muss, um Drehzahl, vorherrschende Windgeschwindigkeit und Leistung wieder in Einklang zu bringen, die Leistung vorübergehend gedrosselt werden. Diese Recovery-Phase setzt ein, bevor der Netzfehler vollständig behoben ist und während eigentlich die volle Leistung gebraucht wird.

Was also tun? Hier kommt die Eiskunstläuferin ins Spiel: „Dreht sich eine Eiskunstläuferin mit ausgestreckten Armen, hat sie ein großes Trägheitsmoment und dreht sich langsam“, erklärt Jauch. Zieht sie die Arme an, beschleunigen sich die Drehungen. Dieses Prinzip hat Jauch auf eine Windenergieanlage übertragen: Ein Schwungradspeicher dafür besteht aus zwei in jedem Rotorblatt befestigten hydropneumatischen Kolbenspeichern, einen nahe der Blattspitze und einen in der Blattwurzel. Das Volumen dieser Kolbenspeicher muss auf die vorgesehene Windenergieanlage angepasst werden; es kann zum Beispiel bei einer Zwei-Megawatt-Anlage 500 Liter pro Kolbenspeicher betragen.

Pro Blatt werden 500 Liter einer Wasser-Glykol-Mischung benötigt. Die beiden Speicher sind über eine Leitung verbunden. „Die Masse der Flüssigkeit ist die verschiebbare Masse“, erläutert

„Ohne Netzträgheit ändert sich die Frequenz so schnell, dass die Regelenergiekraftwerke nicht mehr schnell genug reagieren könnten.“

**Clemens Jauch,**

Forscher am Institut für Windenergie-technik, Hochschule Flensburg

Jauch. Wird sie von innen nach außen gedrückt, wird kinetische Energie eingelagert. Im äußeren Speicher befindet sich Stickstoff, der durch die Flüssigkeit komprimiert wird. Benötigt man nun bei einem Frequenzfehler zusätzliche Leistung, wird das Hydraulikventil in der Hydraulikleitung geöffnet. Der Stickstoff dehnt sich aus, verschiebt den Kolben und die Flüssigkeit wird nach innen verschoben.

In Simulationen einer Zwei-Megawatt-Anlage hat Jauch bewiesen, dass das System zur Bereitstellung von Netzträgheit funktioniert. Weiterer positiver Effekt: Der Schwungradspeicher kann dazu dienen, Schwingungen der Windturbine zu reduzieren.

„Wir können mit den verschiebbaren Massen Resonanzen verhindern. Das heißt, wir können verhindern, dass sich die Schwingungen etwa eines Rotorblatts zu sehr aufschaukeln – und es zu schnell ermüdet“, sagt Jauch. Das gelingt, indem der Schwungradspeicher abhängig von der Drehzahl gefahren wird. Bei einer gegebenen Drehzahl, also Anregung durch die Rotation des Rotors, kann die Eigenfrequenz der Rotorblätter mit der verschiebbaren Masse des Schwungradspeichers so verstimmt werden, dass diese Anregung nicht zu schädlichen Schwingungen in den Rotorblättern führt. Auch Rotorunwuchten, die im schlimmsten Fall dafür sorgen, dass die Anlage in der Turmfrequenz quer schwingt, lassen sich mit dem Schwungradspeicher vermeiden. „Weitere Anwendungsfälle sind Leistungsverstetigung im Betrieb nahe der Nennwindgeschwindigkeit, Verringerung der negativen Dämpfung des Triebstrangs im Vollastbetrieb und Reduzierung von Extremlasten bei Notbremsung in Überdrehzahl“, so Jauch.

## System optimieren

Derzeit ist noch nicht geplant, Jauchs Entwicklung, die beim Ideenwettbewerb Schleswig-Holstein mit dem Sonderpreis Green Economy ausgezeichnet wurde, in einer Windenergieanlage einzubauen. „Keiner geht gern an die Rotorblätter“, meint Jauch. „Wir starten jetzt ein neues Forschungsprojekt, in dem wir das System mit speziell ausgelegten Hydraulikkomponenten für seinen Zweck optimieren. Dadurch werden die Massen deutlich reduziert und gleichzeitig wird der Effekt verstärkt.“

Die Möglichkeit der Lastenreduktion wird es für die Hersteller der Anlagen interessant machen, ist Jauch sich sicher: „Ein Problem mit der Netzträgheit bekommen wir auf jeden Fall – spätestens wenn die Nachbarn im europäischen Stromnetz die kurzzeitigen großen Leistungsflüsse, die für die Frequenzhaltung im deutschen Netz nötig sind, nicht mehr ohne Weiteres liefern wollen. „Dann wird es voraussichtlich einen Markt für Trägheit geben, genau wie es jetzt einen für Regelleistung gibt“, prognostiziert Jauch. ■