

Strömungsmaschinen und Umweltschutz?

Seit nunmehr 26 Jahren widmet sich die Universität Duisburg-Essen der Erforschung von Strömungsmaschinen mit einem eigens dafür eingerichteten Lehrstuhl. Beispiele solcher Maschinen sind Flugtriebwerke oder Dampf- und Gasturbinen in Kraftwerken. In den Kraftwerken wird Kohle und Gas verbrannt, womit sie nicht gerade den Inbegriff des Umweltschutzes darstellen. Und dennoch wird am Campus Duisburg ambitioniert an solchen Technologien geforscht. Wie lässt sich dies vor allem vor dem Hintergrund der hitzig diskutierten Debatten über den Kohleausstieg und den Umweltschutz rechtfertigen?

Um dieser Frage auf den Grund gehen zu können, muss zuallererst die Funktionsweise von Strömungsmaschinen erläutert werden. Große Dampfturbinen finden sich vorrangig in Kohlekraftwerken. Hier wird Kohle in einem Kessel verbrannt und mit der freigesetzten Wärme wird unter Überdruck stehendes Wasser in Rohren erhitzt, bis heißer Dampf entsteht. Dieser Dampf wird dann in eine Turbine geschickt. Letztere ist so konstruiert, dass das Durchströmen des Dampfes bewirkt, dass sich eine Welle in der Turbine dreht. Diese wiederum treibt einen Generator an, der Strom erzeugt.

In einer Gasturbine für die Stromerzeugung hingegen wird zuerst Luft angesaugt und verdichtet. Diese Luft wird in eine Brennkammer geleitet und mit Brennstoff vermischt. Sehr oft wird Erdgas als Brennstoff genutzt. Die Mischung aus Luft und Gas wird entzündet, sodass sich das Gas-Luft-Gemisch erhitzt. Das heiße Gasgemisch tritt danach in die Turbine und treibt eine Welle an. Aus der thermischen Energie (heißes Gas) wird hierbei Bewegungsenergie (Drehen der Welle). Auch hier erzeugt ein angeschlossener Generator aus der Bewegung der Welle Strom. Das heiße Abgas verlässt danach die Gasturbine. Ein ähnliches Arbeitsprinzip hat ein Flugzeugtriebwerk, bei dem Schub zum Antrieb eines Flugzeuges genutzt wird.

Da ein reines Gasturbinenkraftwerk einen verhältnismäßig geringen Wirkungsgrad (<40%)¹ hat, werden in einem sogenannten Kombikraftwerk beide Arten der Turbinen (Gas- und Dampfturbinen) eingesetzt. Denn das von der Gasturbine ausgestoßene Abgas ist immer noch heiß genug, um damit das Wasser, welches für eine Dampfturbine benötigt wird, ganz ohne weitere Verbrennung von z.B. Kohle erhitzen zu können. Damit kann der Wirkungsgrad auf bis zu 60 % und höher maximiert werden. Man bräuchte als Brennstoff also nur Erdgas, welches bei seiner Verbrennung weitaus weniger CO₂ ausstößt als Kohle. Bereits hier zeigt sich ein großes Potential zur Steigerung der Energieeffizienz durch die Kombination verschiedener Strömungsmaschinen.

Strömungsmaschinen als Backup-Plan

Ein weiteres Potential der Maschinen liegt darin, dass ihre Verwendung eine landesweit gesicherte Stromversorgung unterstützen kann. Unsere Netzfrequenz liegt bei 50 Hz. Damit unser Netz nicht zusammenbricht, muss es diese 50 Hz beinahe konstant führen; es lässt dabei nur minimale Abweichungen im Bereich von wenigen zehntel Hz zu. Ein Kraftwerk muss also sehr flexibel auf

¹ Ein Wirkungsgrad von <40% bedeutet, dass 40% der chemisch gebundenen Energie aus Kohle oder Erdgas in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Die übrigen 60% gehen als Wärme verloren.

Schwankungen reagieren können und je nach Bedarf mehr oder weniger Strom produzieren können, um einem Netzausfall entgegenwirken zu können.

Aktuell erzeugen wir in Deutschland unseren Strom durch knapp 58 % konventionelle und nur 42 % erneuerbare Energieträger. Da ein so großer Teil unseres Stroms zurzeit also durch CO₂ erzeugende Kraftwerke produziert wird, scheint das sofortige Abschalten all solcher Kraftwerke keine Option zu sein. Und auch wenn wir schrittweise beginnen, CO₂ emittierende Kraftwerke durch moderne Wind- oder Photovoltaikanlagen auszuwechseln, bergen letztere die Gefahr, bei Windstille oder zu geringer Sonneneinstrahlung zu wenig Strom zu produzieren. Wir benötigen also Technologien, die flexibel auf Veränderungen im Stromnetz reagieren können. Strömungsmaschinen können dies grundsätzlich. Sie lassen sich relativ unkompliziert, und je nach Bedarf, ein- und ausschalten und können innerhalb weniger Minuten volle Leistung erbringen.

Die Zukunft der Strömungsmaschine in einer CO₂-freien Energieversorgung

Doch Strömungsmaschinen können die Stromversorgung nicht nur unterstützen. Auch längerfristig sind diese für die Bereitstellung von Strom zwingend notwendig. Aktuell steht der Vorschlag im Raum, den Kohleausstieg zwar möglichst schnell zu vollziehen bis zur hundertprozentigen Versorgung aus erneuerbaren Energiequellen die Verwendung von Erdgas zur Stromerzeugung aber weiter auszudehnen. Denn wie bereits gesagt, wird bei der Verbrennung von Erdgas sehr viel weniger CO₂ freigesetzt als bei der Verbrennung von Kohle. Erst in einem zweiten Schritt soll dann auch das Erdgas durch synthetische Kraftstoffe, also z.B. Wasserstoff, ersetzt werden.

Der Vorteil von Strömungsmaschinen liegt nun darin, dass sie sowohl Erdgas als auch Wasserstoff zu Strom umwandeln können. Sie können also vergleichsweise einfach umgerüstet werden. Während sie heute noch Erdgas in Strom umwandeln, können sie bereits morgen schon Strom aus Wasserstoff generieren und damit ihren eigenen CO₂-Fußabdruck gleich Null setzen. Windräder stellen übrigens bereits ein hervorragendes Beispiel für eben solche umweltfreundlichen Strömungsmaschinen dar.

Zwischenfazit: Wir können die Kohlekraftwerke abschalten, wenn wir parallel Gaskraftwerke bauen, die wir zunächst mit Erdgas betreiben und im zweiten Schritt dann auf synthetische Kraftstoffe wie Wasserstoff umstellen. Gleichzeitig können wir dadurch die Stromzufuhr der bereits vorhandenen Anlagen, die mit regenerativen Energieträgern betrieben werden, bei Bedarf ergänzen. Zur Erzeugung von regenerativem Strom und Wasserstoff müssen wir zweifellos weitere Windkraft- und Photovoltaikanlagen bauen – auch weltweit. So kann die Energiewende und die Umstellung auf eine CO₂ neutrale Stromversorgung gelingen und letztere jederzeit sicherstellen.

Was müssen wir tun? - Die Arbeit an der Universität Duisburg-Essen

Welchen Beitrag leistet nun das Team des Lehrstuhls für Strömungsmaschinen? Die Erhöhung der regenerativen Stromerzeugung stellt die aktuellen Kraftwerke vor eine neue Herausforderung, da diese die Lücken bei einem Ausfall der regenerativen Stromerzeuger füllen müssen. Dies erfordert eine sehr hohe Flexibilität von den Kraftwerken und Strömungsmaschinen. Dies ist Neuland für die Betreiber und Hersteller – daher bedarf es der intensiven Forschung auf diesem Gebiet.

Ganz allgemein lässt sich sagen, dass der Lehrstuhl für Strömungsmaschinen das Verhalten von Strömungen und Strömungsmaschinen unter verschiedenen Bedingungen erforscht. Dabei steht vor allem das Verhalten der Maschinen bei schnellen Lastwechseln, also bei einem schnellen Ein- und Ausschalten, im Vordergrund (Stichwort „hohe Flexibilität“). Denn eines der Hauptziele ist es, präziser vorhersagen zu können, wie oft eine Maschine beansprucht werden kann, bevor es einer Wartung oder auch eines Ersatzes bedarf.

Doch nicht nur die Vorhersage der Gesamtlebensdauer soll präzisiert werden, sondern es sollen auch allgemeine Betriebsgrenzen getestet und damit ausgeweitet werden. Dafür werden einzelne Bauteile der Maschine in Augenschein genommen und sowohl experimentell als auch numerisch überprüft und getestet. Je besser diese Zusammenhänge verstanden sind, desto besser können die Maschinen und Kraftwerke im flexiblen Einsatz betrieben werden. Dementsprechend kann auch die Stabilität unseres Netzes und damit die Versorgungssicherheit gewährleistet werden.

Es ist also zwingend notwendig diese Zusammenhänge besser zu verstehen, damit die Energiewende unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit gelingen kann. Es darf schließlich nicht vergessen werden, dass eine konstante und gesicherte Stromversorgung einer der Grundpfeiler unserer Gesellschaft und unserer Demokratie ist. Damit unser System nicht zum Erliegen kommt, benötigen wir Strom und Sicherheit. Nur wenn dies gewährleistet ist, wird auch die Gesellschaft die Umsetzung der Energiewende unterstützen bzw. sie erst ermöglichen können.