

Strömungsmaschinen in der Energiewende



Die Energiewende ist entscheidend für die Zukunft unseres Lebensraumes und der Übergang in das „neue“ Energiezeitalter muss schnellstmöglich umgesetzt werden. Um die Umstellung von alten, fossilen Energiequellen auf neue nachhaltige zu gewährleisten, muss die Grundversorgung mit Strom, Wärme und stofflichen Ressourcen gesichert werden. Diese Grundversorgung mit den Bedarfen Mobilität, Wohnen, Lebensmittel usw. ist für das Bestehen unserer Gesellschaft essentiell. Daher ist die Sicherung dieser Grundversorgung die Voraussetzung dafür, dass die Gesellschaft die Energiewende unterstützt und ermöglicht.

Was muss getan werden?

Der Kohle- und der Kernkraftausstieg sind beschlossen. Während Kohlekraftwerke innerhalb der nächsten zehn Jahre abgeschaltet werden sollen, werden die letzten Kernkraftwerke Deutschlands bereits im Jahr 2022 abgeschaltet.

Diese Energiequellen müssen durch regenerative Quellen ersetzt werden. Neben der Strom- und Wärmeversorgung ist die effiziente Versorgung mit Rohstoffen, also die energieschonende Fertigung und Verteilung von Stoffen, entscheidend.

Eine Herausforderung der Energieversorgung ist der hohe Bedarf, den unsere Gesellschaft an Energie hat. Laut der AG Energiebilanzen e.V. hatten die 82 Millionen Bürger von Deutschland im Jahr 2020 einen Energiebedarf an 3.310.000.000.000 kWh¹, also ca. 40.000 kWh pro Bürger, was dem Energieinhalt von ca. 4.000 Liter Öl entspricht. Dazu kommt die Herausforderung der Energiespeicherung, also die zeitliche Verfügbarkeit.

Fazit:

Wir müssen Wärme und Strom aus regenerativen Energiequellen gewinnen und in der Lage sein, diese Energie speichern zu können. Die Versorgungssicherheit muss jederzeit auch in der Übergangsphase vom „alten“ in das „neue“ Energiezeitalter gewährleistet sein.

¹ Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland, Stand 09/2021: Jahre 2020 und 2021: AG Energiebilanzen, Primärenergieverbrauch Jahr 2021

Welchen Beitrag können Strömungsmaschinen leisten? Brauchen wir diese überhaupt noch im neuen Energiezeitalter?

Strömungsmaschinen finden sowohl in der **Strom- und Wärmeerzeugung** (1) als auch in ihrer **Speicherung** (2) Anwendung und nehmen z.B. in der chemischen Industrie bei der Herstellung von Produkten eine wichtige Rolle ein. Auch während der Transformationsphase des Energiesystems spielen Strömungsmaschinen bei der **Sicherung der Energieversorgung** eine wichtige Rolle (3).

1. Strom- und Wärmeerzeugung

Die Stromerzeugung mittels erneuerbarer Energien bildet eine wichtige Grundlage der Energiewende. Daher wird und muss diese in den nächsten Jahren stark ansteigen. Folgende sind die wichtigsten Anlagen zur Erschließung regenerativer Energiequellen:

- Fotovoltaikanlagen
- Solarwärmekraftwerke
- Windkraftanlagen
- Geothermiekraftwerke
- Gezeitenkraftwerke

Für die Erschließung all dieser Energiequellen (Sonne, Wind, Geothermie und Gezeiten) werden, mit Ausnahme der Fotovoltaik, Pumpen und Verdichter für den Transport von Medien benötigt. Mit Hilfe dieser Medien wird Energie transportiert, und für die Nutzung zur Verfügung gestellt. Im Fall der Fotovoltaik transportiert der

Strom als „Medium“ die Energie, da hier die Sonnenenergie direkt in Strom umgewandelt wird. Demgegenüber wird in einem Solarwärmekraftwerk die Sonnenenergie über einen Zwischenschritt in Strom umgewandelt. Hier wird zum Beispiel das Medium Wasser oder Kohlendioxid als Überträger in einem Zwischenschritt genutzt. Dabei werden die Strahlen des Sonnenlichts durch Spiegel konzentriert und das Trägermedium kann die Wärme bei hoher Temperatur aufnehmen. Die dadurch erhöhte Fluidenergie des Mediums wird mit Hilfe einer Turbine wieder entnommen und durch die drehende Maschinenwelle in Form von Wellenenergie auf den Generator zur Stromerzeugung übertragen. Die Ausnutzung der Sonnenenergie über Spiegel ist in Abhängigkeit von Standort und anderen Faktoren aktuell effizienter als mit der Fotovoltaik, lohnt sich aber aufgrund der hohen Investitionen nur für größere Kraftwerke.

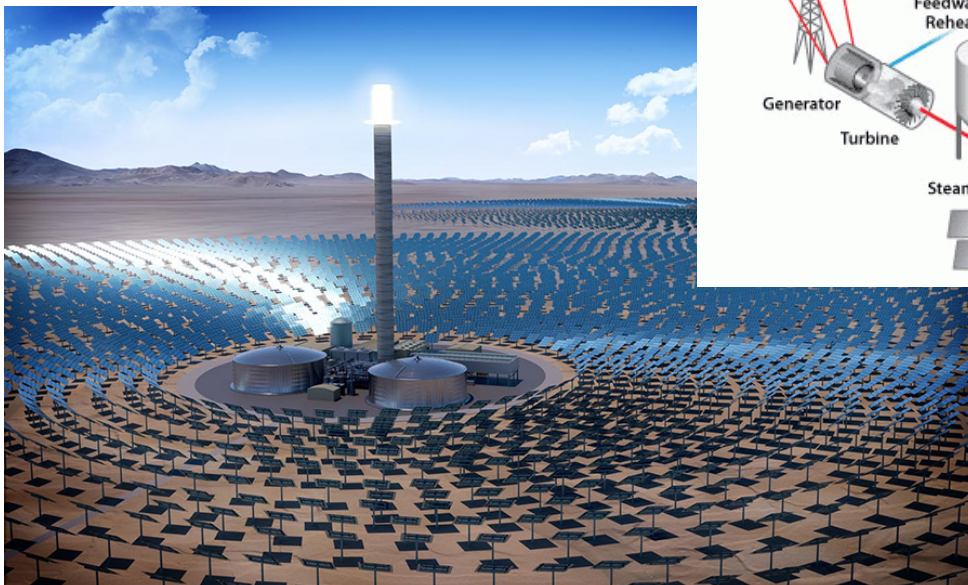


Abb. 1: Solarwärmekraftwerk in Sevilla, Spanien² inkl. veranschaulichender Grafik³

² <https://helioscsp.com/how-to-achieve-us63mwh-in-a-concentrated-solar-power-tower-project-with-storage/> [16.03.2022]

³ <https://www.energy.gov/eere/solar/power-tower-system-concentrating-solar-thermal-power-basics> [16.03.2022]

Die **Auslegung und zuverlässige Betriebsweise** dieser Anlagen ist für die Stromerzeugung von immenser Bedeutung, um die zuverlässige Versorgung der Gesellschaft mit Strom zu ermöglichen.

2. Strom- und Wärmespeicherung

Am effizientesten ist die direkte Nutzung von Strom oder Wärme, die allerdings nicht immer möglich ist. So gibt es zum Beispiel viel Solarenergie im Sommer und einen hohen Bedarf im Winter oder auch am Tag im Vergleich zu der Nacht. Zwar kann die Windenergie die Solarenergie in der Regel sehr gut ergänzen, es kann aber auch zu sogenannten Dunkelflauten kommen, in denen weder ausreichend Wind noch Sonnenenergie zur Verfügung steht. Ein Überangebot an Energie, das im Wesentlichen im Sommer zur Verfügung steht, muss also gespeichert werden, um im Winter zur Verfügung zu stehen. Neben den saisonalen Speicherungen ist auch eine Speicherung tagsüber notwendig, um diese Energie nachts nutzen zu können. Es gibt also unterschiedliche Zeitskalen, für die die Speicher konstruiert werden müssen.

Im Allgemeinen gibt es **vier verschiedene Möglichkeiten** zur Speicherung von Energie:

- a) in **Batterien**, mit einem sehr hohen Bedarf an wertvollen und teilweise auch seltenen Materialien
- b) in chemischer Form durch **Elektrolyse**, z.B. in Form von Wasserstoff, Ammoniak oder auch anderen Kraftstoffen wie Methanol
- c) in thermischer Form z.B. durch **thermische Pumpspeicherung**, die auch als Carnot-Batterien bezeichnet werden
- d) in mechanischer Form z.B. in **Pumpspeicherkraftwerken**, in denen Wasser in einem höher gelegenen Reservoir gespeichert wird.

Für die Nutzung während und nach der Energiewende werden alle aufgeführten Formen diskutiert. Die Herausforderung dabei ist die zeitliche Umsetzung.

Die **Möglichkeiten b), c) und d)** speichern Energie mit der Hilfe von Strömungsmaschinen.

Möglichkeit b) Elektrolyse

Bei der Elektrolyse wird Strom dazu genutzt, Wasserstoff zu erzeugen, der in Kraftwerken oder Brennstoffzellen wieder zur Stromerzeugung genutzt werden kann oder in der Industrieproduktion Verwendung findet. In diesen Prozessen werden Verdichter für den Transport oder aber in Brennstoffzellen für die Erhöhung der Wirkungsgrade benötigt. Die Erzeugung von Wasserstoff für die Energiewende ist aktuell sehr populär und wird daher stark vorangetrieben. So haben zum Beispiel die Gasnetzwerkbetreiber Europas einen gemeinsamen Plan für ein Pipeline-Netz in 2040 erstellt. Teil des Plans ist es, dass bereits vorhandene Methan-Pipelines auf Wasserstoff umgewidmet werden (siehe **grüne** Linien in Abbildung 2) und zusätzlich neue Pipelines gebaut werden (**gelbe** Linien). Der Aufwand dieses Vorhabens ist aufgrund der Wiederverwendung bereits bestehender Ressourcen verhältnismäßig gering und nur einige Teilstücke müssen neu gebaut werden. Zum Transport der großen Mengen Wasserstoffs in den Pipelines werden Turboverdichter eingesetzt. Die effiziente Verdichtung bei hoher Energiedichte ist eine neue Herausforderung für die Verdichtung von Wasserstoff und damit für die Strömungsmaschinen. Als Beispiel für die zu fördernden Energiemengen kann die Pipeline Europipe II⁴ dienen. In dieser Pipeline, die seit 1999 in Betrieb ist, wird Gas vom norwegischen Kårstø durch die Nordsee bis zum anlandenden Punkt Dornum an der deutschen Küste transportiert. Die Leitung mit einer Länge von 658 Kilometern und einem Durchmesser von 1066 mm hat einen Ausspeisedruck von 160 bar⁵ an der deutschen Nordseeküste. Mit ihr können bis zu 24 Mrd.⁶ Normkubikmeter Erdgas im Jahr gefördert werden. Dies entspricht einem Gewicht von ca. 0,6 Tonnen pro Sekunde oder 19,4 Millionen Tonnen pro Jahr mit einem Energieinhalt von 240 Milliarden kWh pro Jahr (240 TWh). Dieses Gas wird über das Europäische Gasnetz in ganz Europa verteilt.

4 <https://www.gassco.no/en/our-activities/pipelines-and-platforms/europipe-ii/>

5 [https://de.wikipedia.org/wiki/Europipe_\(Pipeline\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Europipe_(Pipeline))

6 https://en.wikipedia.org/wiki/Europipe_II

[16.03.2022]

[16.03.2022]

[16.03.2022]

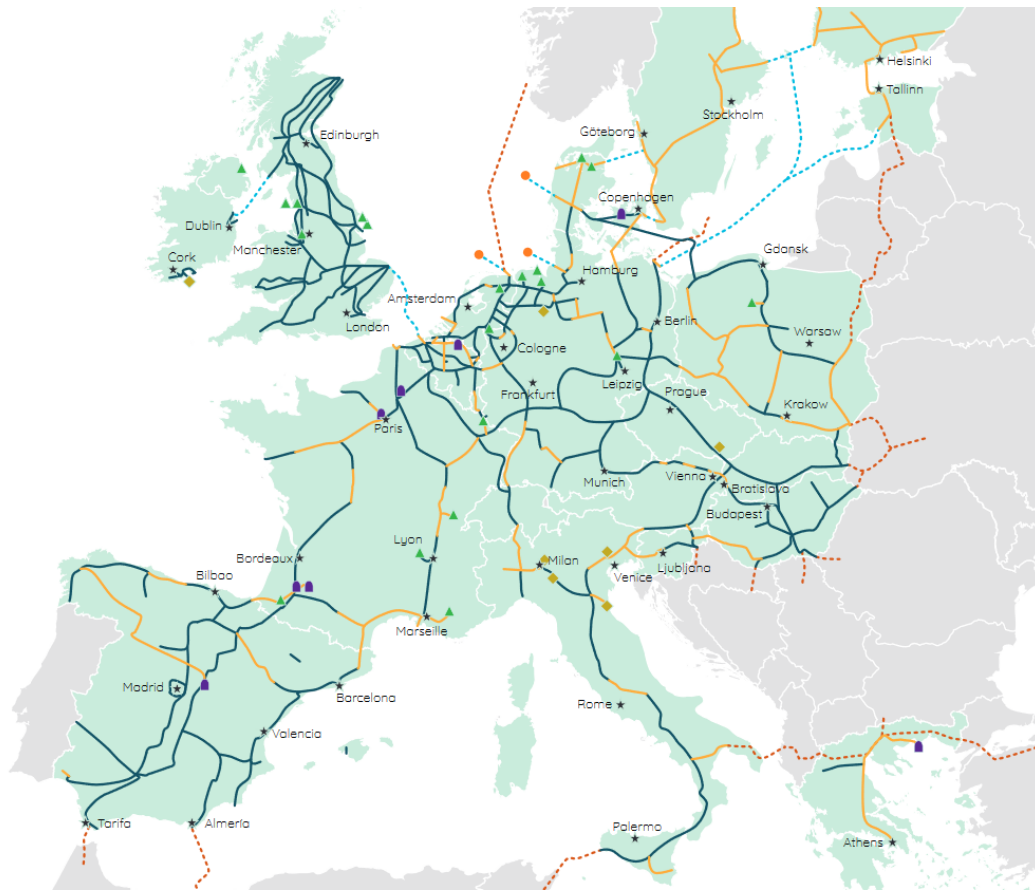


Abb. 2: Wasserstoffpipelines in Europa: Extending the European Hydrogen Backbone 2021⁷

Möglichkeit c) thermische Speicherung „Carnot-Batterie“

Der Begriff Batterie bedeutet in der Elektrotechnik nichts weiter als „Speicher für elektrische Energie“. Die Carnot-Batterie speichert Strom mit einem Wärmepumpensystem. Ein Medium wie zum Beispiel Wasser wird aus einer kalten Umgebung (Reservoir) in eine warme gepumpt, wodurch das Medium durch den Stromeinsatz ein energetisch höheres Niveau erhält („Beladen des Systems“). Strom wird also als Wärme gespeichert. Bei dem umgekehrten Prozess, dem „Entladen des Systems“ wird das Medium des warmen Reservoirs genutzt, um daraus wieder Strom zu produzieren.

Der Strom wird in einer solchen „Batterie“ als Wärme gespeichert. Strömungsmaschinen sind bei der Wärmespeicherung der „Antreiber“ des Medienkreislaufes. Ein Turboverdichter oder eine Pumpe bewegt das Medium im System, damit Beladung und Entladung stattfinden kann. Eine weitere sehr wichtige Komponente ist die Turbine auf der Entladungsseite, da hiermit der Generator für die Stromerzeugung, und damit die Rückumwandlung des Stroms aus der Wärmeenergie, angetrieben wird.

Möglichkeit d) Pumpenspeicherkraftwerke

Pumpenspeicherkraftwerke funktionieren vom Grundprinzip ähnlich wie die Carnot-Batterie. Mit Hilfe von elektrischer Energie wird Wasser aus einem tiefer gelegenen Reservoir (niedrigere geodätische Höhe) zu einem höher liegenden Reservoir gefördert. Dieser Prozess ist die Beladung und Speicherungsphase des Systems, in der einer großen Wassermasse, z.B. in einem Stausee, potentielle Energie (Lageenergie) zugeführt wird. Im Bedarfsfall wird das Wasser durch Rohrleitungen einer Wasserturbine zugeführt, welche die im Wasser enthaltene potentielle Energie in eine Wellenleistung wandelt und einen Generator antreibt der Strom erzeugt.

7 https://gasforclimate2050.eu/?smd_process_download=1&download_id=669 [16.03.2022]

Fazit:

Strömungsmaschinen sind wichtig für den Transport von Medien in Pipelines oder Kreisläufen. Sie wandeln Energie um und treiben die Generatoren für die Stromerzeugung an und liefern so einen wichtigen Beitrag für die Speicherung von Energie.

3. Wie kann die Versorgungssicherheit garantiert werden?

Zweifellos tragen Strömungsmaschinen dazu bei, dass die Energieversorgung in Zukunft auch mit ausschließlich erneuerbaren Energiequellen effizient möglich wird. Bis die Versorgung durch Wasserstoff möglich ist, muss für die Zeit zwischen der Abschaltung des letzten Kohlekraftwerks und der ausreichenden Energieversorgung durch regenerierende Ressourcen eine Übergangslösung gefunden werden. Eine Möglichkeit dafür ist der Ausbau mittels Strömungsmaschinen betriebener Gaskraftwerke. Diese können die Stromzufuhr der bereits vorhandenen Anlagen ergänzen und später sehr einfach von Gas- auf Wasserstoffverbrennung umgerüstet werden.

Mehr dazu: Strömungsmaschinen als Hoffnungsträger der Zukunft?

Schon gewusst?

Die (kurzfristige) Netzstabilität wird durch rotierende Massen gewährleistet, indem eine Masse durch Energie bewegt wird. Auch wenn die Antriebsenergie kurzfristig wegfällt, bewegt sich die drehende Masse erst einmal weiter. Die Energie ist also in Form von Bewegung noch vorhanden. Diese „Restenergie“ reicht aus, um die Netzstabilität sehr kurzfristig zu sichern.