

Das Clausthaler Konzept für Grundlast von der Nordsee

Dietz, P.; Rolshofen, W., Schäfer, G.

In Zeiten knapper werdender Energieressourcen und vor dem Ziel des Deutschen Bundestages den Anteil von Strom aus erneuerbarer Energie von zurzeit ca. 15% bis zum Jahr 2020 zu verdoppeln, ist die Wissenschaft herausgefordert, neue Lösungen zur Energiegewinnung zu erforschen. Daher haben Experten der TU Clausthal ein Konzept entwickelt, wie die Netzintegration von Offshore-Großwindanlagen gelöst wird und gleichzeitig eine Grundlastversorgung sichergestellt ist.



In days with narrower energy resources and to achieve an aim of German Parliament that amount of electric power produced by renewable energy of 15% at present which shall be doubled in year 2020, science is challenged to find new solutions for energy extraction. Due to this, experts at the Technical University of Clausthal have developed a concept to work out grid integration of offshore wind turbines as well as base load supply at the same time.

1 Einleitung

Der Lebensstandard und Wohnkomfort in den Industriestaaten hängt maßgeblich von der verfügbaren Energie ab. Aufgrund von knapp werdender fossiler Energieträger bei gleichzeitig steigendem Bedarf sind alternative Konzepte zur Energieerzeugung zu entwickeln.

Als Lösung bieten sich regenerative Energien an. Deren Anteil an der Bruttostromerzeugung im Jahr 2007 beträgt ca. 15%, wobei der Hauptanteil aus Windkraft (6,2%) und Wasserkraft (4,4%) besteht (s. Bild 1). Mit Beschluss des Deutschen Bundestages vom 6. Juni 2008 soll dieser Anteil aus erneuerbaren Energien im Jahr 2020 bei mindestens 30% liegen /1/. Im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung soll dabei verstärkt auf Offshore-Windenergie gesetzt werden /2/.

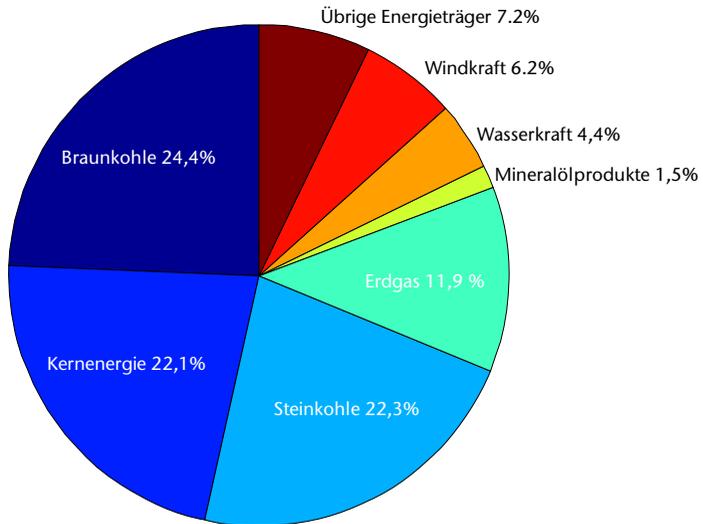


Bild 1: Bruttostromerzeugung in Deutschland nach Energieträgern im Jahr 2007 /Quellen: Statistisches Bundesamt; Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie; BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; Statistik der Kohlenwirtschaft e.V.; AG Energiebilanzen e.V./.

2 Problematik

Trotz besserer meteorologischer Bedingungen auf See ist die Windenergie witterungsabhängig, was zu enormen Fehlanpassungen zwischen Erzeugung und Bedarf führt.

So kann es beispielsweise vorkommen, dass es zu Zeiten einer hohen Netzlast (in den frühen Morgenstunden) eine Flaute gibt, die durch andere Kraftwerke ausgeglichen werden muss. Im umgekehrten Fall kann es zu einer Überlastung des Netzes kommen.

Angemerkt sei ebenfalls, dass hohe Investitionskosten für die Anbindung des Offshore-Windparks an das Verbundnetz anfallen aufgrund von großen Entfernungen zur Küste. Diese sind erforderlich, da sich in Deutschland küstennah zumeist Naturschutzgebiete befinden und vielfach Touristen keine Windmühlen am Horizont sehen möchten.

3 Lösung durch das Clausthaler Konzept

Damit die Schwankungen in der Energieerzeugung durch einen Offshore-Windpark ausgeglichen werden und sich besser an den tatsächlichen Bedarf anpassen lassen, haben Forscher an der TU Clausthal (TUC) ein Konzept entwickelt, das die Netzintegration von Offshore-Großwindanlagen ermöglicht.

In einem Forschungsvorhaben für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) wurde untersucht, ob eine Integration unterschiedlicher Energieressourcen zu einem Offshore-Verbundkraftwerk sogar eine Grundlastversorgung durch Windenergie erlaubt.

Der Grundgedanke beim untersuchten Konzept ist der Ausgleich der Windschwankungen in unmittelbarer Nähe des Windparks, damit die Übertragungskapazität der Netzanbindung immer vollständig ausgenutzt wird. Sollte es vorkommen, dass mehr Windenergie vorhanden ist als das Verbundnetz bedarf, dann kann dieser Überschuss umgewandelt werden. Dabei wird ein Kompressor angetrieben, um Luft in eine Kaverne (künstlich geschaffener, unterirdischer Hohlraum) zu pressen. Somit lässt sich überschüssige Windenergie zwischenspeichern bis die Windenergieeinspeisung ins Verbundnetz absinkt. Dann wird die eingespeicherte Druckluft über eine Turbine entspannt, die einen Generator antreibt. Bei diesem Verfahren entsteht bei der Kompression der Luft Wärme, die an die Umgebung abgegeben wird. Außerdem muss die entspannte Luft vorgeheizt werden, um ein Vereisen der Aggregate zu vermeiden. Deswegen bietet sich an, dass die Kompressionswärme ebenfalls zwischengespeichert wird - in einem Wärmespeicher, um die Luft beim Entladen aus der Kaverne damit vorzuwärmen. Man nennt dieses Wirkprinzip adiabatische Druckluftspeicherung und diese verfügt über einen besseren Wirkungsgrad als die diabate Speicherung.

Weil die Speicherkapazität der Kavernen begrenzt ist und die Erzeugung elektrischer Energie mit diesem Verfahren nicht so schnell auf Änderungen der Windgeschwindigkeit reagiert, besteht eine weitere Komponente des Verbundkraftwerkes aus der Verstromung von sogenanntem Schwachgas. In der Nordsee sind mehrere Lagerstätten dieses Gases vorhanden, welches allerdings durch einen hohen Anteil an molekularem Stickstoff (N_2) verdünnt ist, so dass der Heizwert reduziert ist und unterhalb von $8,5 \text{ MJ/Nm}^3$ liegt. Aufgrund dieses hohen Gehaltes an N_2 ist eine direkte Verwertung nicht möglich und ein Transport durch eine Pipeline ans Festland nicht rentabel. Aber Beispiele belegen, dass diese Gaszusammensetzung in einer Turbine verbrannt werden kann. Daher bietet sich eine Stromerzeugung

mittels Schwachgas als Ergänzung zur Windenergie und Kavernenspeicherung direkt vor Ort an.

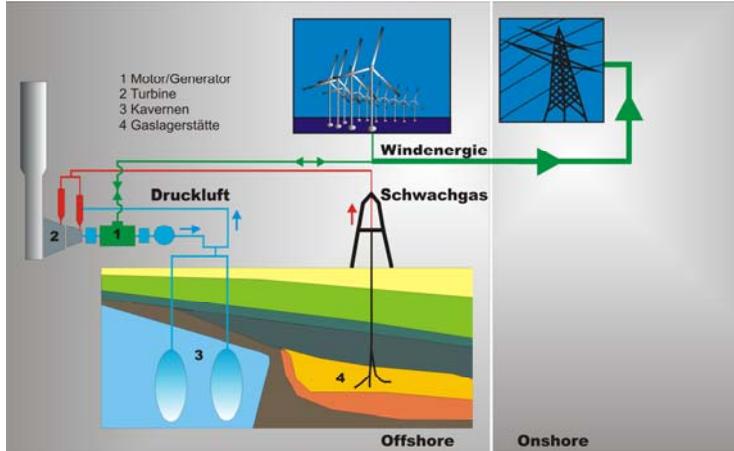


Bild 2: Integration unterschiedlicher Energiequellen zur Grundlastversorgung auf dem Festland durch ein Offshore-Verbundkraftwerk auf Basis erneuerbarer Energien /3/

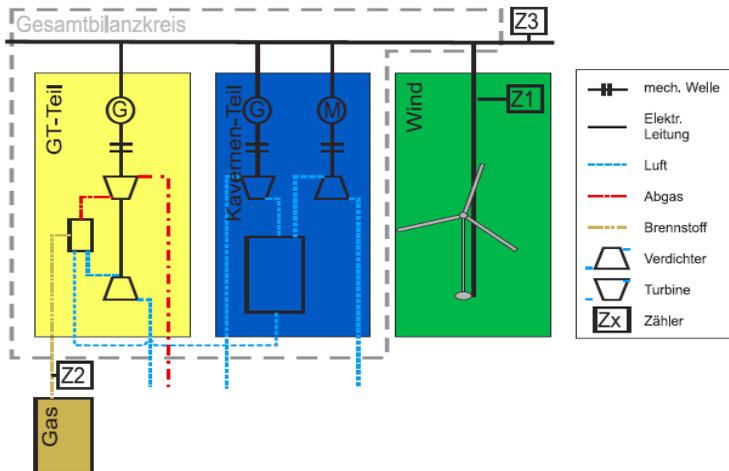


Bild 3: Schaltschema des Offshore-Verbundkraftwerks /3/

Die Grundlastversorgung durch ein Offshore-Verbundkraftwerk setzt sich deswegen aus den Komponenten Windenergie, Druckluftkaver-

nen und Schwachgasverstromung zusammen, die in Bild 2 dargestellt sind. Die Verschaltung der einzelnen Teile zeigt Bild 3, woraus sich auch der Gesamtbilanzkreis ergibt. Um die Wirkungsweise eines solchen Verbundes abzuschätzen und offene Forschungsfragen in diesem Zusammenhang festzustellen, haben Experten an der TUC dessen Machbarkeit untersucht.

4 Realistische Rahmenbedingungen

Bewusst hat sich das Konsortium dafür entschieden, dass das Konzept anhand eines realen Szenarios entwickelt wird. Die Wahl fiel dabei auf den Offshore-Windpark alpha ventus (Testfeld Borkum-West), da dieser bereits genehmigt ist und als Testanlage für die Offshore-Windenergie gilt. Dort sollen 12 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 60 MW aufgestellt werden. Das Betreiberkonsortium Deutsche Offshore-Testfeld- und Infrastrukturgesellschaft mbH & Co KG (DOTI) von alpha ventus besteht aus E.ON Energy Projects GmbH, EWE AG und Vattenfall Europe New Energy GmbH.

Zur räumlichen Einordnung, wo sich dieses Gebiet für den ersten deutschen Offshore-Windpark befindet, ist eine Übersichtskarte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) für die Nordsee in Bild 4 dargestellt. Der Windpark alpha ventus befindet sich im Zentrum des gepunkteten Kreises; direkt an der Leitung zur Netzanbindung. Dort beträgt die Wassertiefe ca. 30m und die Küstenentfernung ca. 45km.

Kohlenwasserstoffe wie das benötigte Schwachgas sind Bergfreie Bodenschätze und dürfen nach dem Bundesberggesetz nur mit einer vom Staat erteilten Bergbauberechtigung aufgesucht und gewonnen werden. Die Erlaubnisgebiete für Kohlenwasserstoffe in der Deutschen Nordsee sind einer Karte des zuständigen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) in Bild 5 eingezeichnet. Auch hier ist die Lage des Offshore-Windparks alpha ventus durch den gepunkteten Kreis hervorgehoben. Dieser befindet sich im Erlaubnisgebiet B20008/71. Außerdem sind die Bohrlokationen von Explorationsaktivitäten in diesem Gebiet eingetragen (z.B. D1, A1, E1, L3-1 und H18-1).

In einem direkten Vergleich zwischen Geologie und Geographie (s. Bild 6) sind alle wesentlichen Merkmale für ein Offshore-Verbundkraftwerk erkennbar.

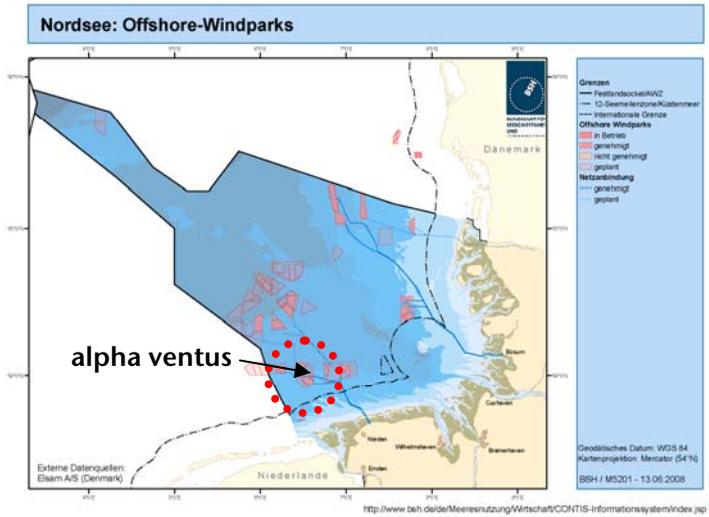


Bild 4: BSH-Karte: Nordsee - Offshore Windparks Pilotgebiete /4/

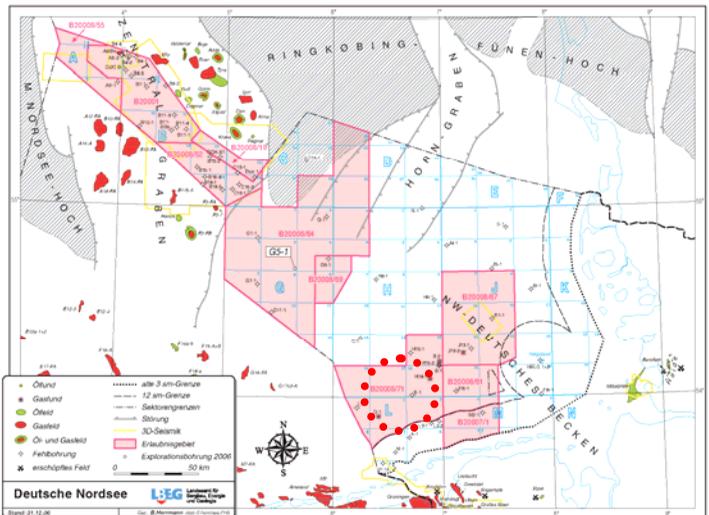


Bild 5: Erlaubnisgebiete für Kohlenwasserstoffe in der Deutschen Nordsee /5/

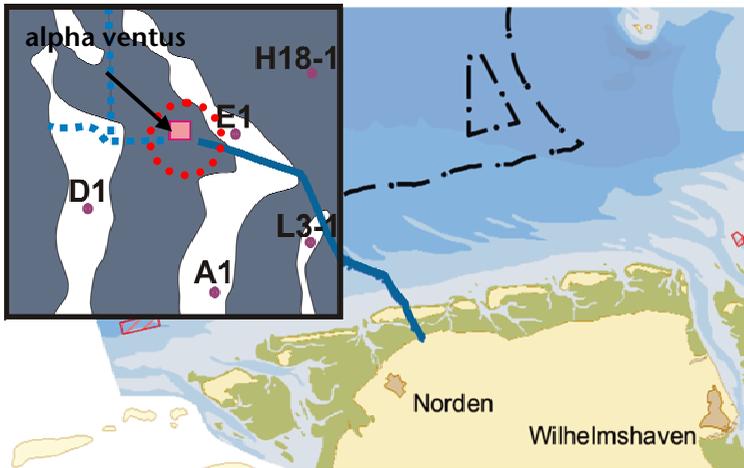


Bild 6: Erlaubnisgebiete für Kohlenwasserstoffe in der Deutschen Nordsee
(Quelle: eigene Darstellung nach Unterlagen BSH und LBEG)

Der viereckige Ausschnitt in Bild 6 vermittelt einen Blick in die Tiefe und zeigt die Salzstrukturen (helle Bereiche) in diesem Gebiet der Nordsee. Angemerkt sei, dass sich alle Bohrungen bis auf H18-1 direkt über einem Salzstock befinden und lediglich D1 und H18-1 bei den Suchbohrungen aus den Jahren 1965 und 1983 mit der damals vorhandenen Technologie als fündig gekennzeichnet sind (s. Bild 5).

Die notwendigen Rahmenbedingungen wie ein Salzstock für die Speicherkaverne sowie eine Gaslagerstätte scheinen in dem untersuchten Gebiet vorhanden und geeignet. Ob an diesem Standort tatsächlich ein Offshore-Verbundkraftwerk betrieben werden kann, muss durch weitere Untersuchungen überprüft werden.

Dies gilt insbesondere für die dortige Gaszusammensetzung, damit eine entsprechende Turbine ausgewählt werden kann. Eine Aufgabe des Institutes für Maschinenwesen (IMW) bestand innerhalb der Projektstudie in der Auslegung geeigneter Turbinen, doch diese hängt wesentlich von der Gasqualität der Lagerstätte ab. Für einen Einsatz von Schwachgasturbinen offshore sind konstruktive Anpassungen bestehender Anlagen notwendig, die im Rahmen weiterer Forschungsaufgaben gelöst werden müssen.

5 Zusammenfassung

Ein interdisziplinäres Team von Experten der TU Clausthal konnte zeigen, dass das vorgeschlagene Konzept die Netzintegration von Offshore-Großwindanlagen technisch löst und eine Grundlastversorgung sicherstellt. Außerdem lässt sich unter der Berücksichtigung aller volkswirtschaftlichen Kosten feststellen, dass das Clausthaler Konzept wettbewerbsfähig ist. Nun gilt es, diese Clausthaler Idee in die Praxis umzusetzen.

6 Literatur

- /1/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Erneuerbare Energien in Zahlen - Nationale und internationale Entwicklung, Stand: Juni 2008
- /2/ Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See- im Rahmen der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung, Januar 2002
- /3/ TU Clausthal (Herausgeber), Dietz, Peter (Projektleitung): Netzintegration von Offshore-Großwindanlagen – Grundlast von der Nordsee, Papierflieger, Clausthal-Zellerfeld, 2008, ISBN 978-3-89720-978-7
- /4/ Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- /5/ Jahresbericht des LBEG "Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland 2006"