



Wasserstoffherzeugung in Kombination mit Offshore-Windausbau

Im Auftrag von Deutsche Shell Holding GmbH, Siemens AG,
TenneT TSO GmbH

Management Summary

27.11.2018



Wasserstoffherzeugung in Kombination mit Offshore-Windausbau

DR. VIGEN NIKOGOSIAN

DR. BARIS ÖZALAY

JANIS KALTSCHNEE

27.11.2018

Das Copyright für die veröffentlichten vom Autor selbst erstellten Objekte sowie Inhalte der Folien bleiben allein dem Autor vorbehalten. Eine Vervielfältigung, Verwendung oder Änderung solcher Grafiken, Tondokumente, Videosequenzen und Texte in anderen elektronischen oder gedruckten Publikationen ist ohne ausdrückliche schriftlicher Zustimmung des Autors nicht gestattet. Weiter gelten bei Unstimmigkeiten mit der elektronischen Version die Inhalte des Original ausgedruckten Foliensatzes der E-Bridge Consulting GmbH. E-Bridge Consulting GmbH lehnt jede Verantwortung für jeden direkten, indirekten, konsequenten bzw. zufälligen Schaden, der durch die nicht autorisierte Nutzung der Inhalte und Daten bzw. dem Unvermögen in der Nutzung der Information und Daten, die Bestandteil dieses Dokumentes sind, entstanden sind, ab. Die Inhalte dieses Dokumentes dürfen nur an Dritte in der vollständigen Form, mit dem Copyright versehen, der Untersagung von Änderungen sowie dem Disclaimer der E-Bridge Consulting GmbH weitergegeben werden. E-Bridge Consulting GmbH, Bonn, Germany. Alle Rechte vorbehalten.

MANAGEMENT SUMMARY

Die Energiewende ist der Schlüssel für eine sichere, umweltverträgliche und wirtschaftlich erfolgreiche Zukunft. Dazu wird Deutschlands Energieversorgung von nuklearen und fossilen Brennstoffen hin zu erneuerbaren Energien (EE) umgestellt. Die bisher treibende Kraft bei der Energiewende war der Ausbau von erneuerbaren Energieanlagen zur Stromerzeugung. Mehr als ein Drittel des Stroms kommt bereits heute aus Wind, Sonne, Wasser oder Biomasse. Die „grüne“ Stromerzeugung soll auch weiterhin eine tragende Säule der Energiewende bleiben mit dem Ziel, den Stromverbrauch im Jahr 2030 zu 65 Prozent durch EE zu decken.

Die Energiewende und die klimapolitischen Ziele betreffen nicht nur den Stromsektor, sondern auch die Sektoren Mobilität und Wärme. Eine vollständige Elektrifizierung dieser Sektoren, das heißt die direkte Stromnutzung, ist jedoch weder möglich noch effizient. Deshalb sind komplementär zum grünen Strom so genannte „Power-to-X“-Anwendungen notwendig. Unterschiedliche Pilotanlagen zur Demonstration der technischen Machbarkeit sind bereits umgesetzt oder wurden angekündigt.

Eine Möglichkeit, durch Sektorenkopplung die Treibhausgasemissionen zu senken, ist die Nutzung des vorhandenen, aber nicht genutzten Windflächenpotenzials auf See zur Erzeugung von Wasserstoff. Denn obwohl Windpotenzialflächen zum Bau von Windkraftanlagen auf See vorhanden sind, werden diese durch den Ausbaupfad, wie er momentan vom Gesetzgeber vorgesehen ist, noch nicht vollständig ausgeschöpft. Der Grund hierfür liegt an Land: Das vorhandene Stromnetz ist in seiner Aufnahme- und Transportkapazität derzeit beschränkt und der mit signifikanten Problemen behaftete Ausbau geht kaum voran. Deshalb sind künftig auch Lösungen jenseits des Netzausbaus erforderlich.

Shell, Siemens und TenneT haben E-Bridge damit beauftragt, ein Ausschreibungsmodell für die Erzeugung von Wasserstoff zu erarbeiten. **Diese Studie soll untersuchen, wie eine Marktdurchdringung von grünem Wasserstoff als Basis vieler „Power-to-X“-Anwendungen effizient erfolgen kann.** Dabei kann Wasserstoff eine wesentliche Rolle spielen, das hohe Potenzial zur Windenergieerzeugung besser zu erschließen.

Die Studie zeigt, dass eine Ausschreibung von Windleistung auf See mit gekoppelter Wasserstoffproduktion ein realistischer Pfad ist, der zur flexibleren Nutzung und zusätzlichen Ausschöpfung des Potenzials von EE beitragen kann. Für die Windkraftanlagen kommen Flächen in Frage, die bei den regulären Ausschreibungen zur Stromerzeugung nicht genutzt werden. Der auf See erzeugte Strom soll dabei mit einem Offshore-Stromnetz an Land transportiert werden. Die für die Wasserstoffherstellung notwendigen Elektrolyseanlagen werden hingegen nah an den landseitigen Netzverknüpfungspunkten des Offshore-Netzes errichtet und sind somit an das Stromnetz an Land angeschlossen.

Die zusätzliche Windleistung darf das Stromnetz an Land jedoch nicht weiter belasten. Im Gegenteil, die Kombination mit Elektrolyseanlagen für die Wasserstoffherzeugung kann den künftigen Netzausbaubedarf optimieren, indem die Elektrolyseanlagen auch

für netzdienliche Zwecke eingesetzt werden. Ähnlich dem heutigen Konzept der Spitzenkappung dürfen die Übertragungsnetzbetreiber von Anlagenbetreibern in einem bestimmten vorab definierten Umfang und einer bestimmten Dauer die Erhöhung beziehungsweise die Reduktion der Wasserstofferzeugung anfordern. Diese für die Übertragungsnetzbetreiber „gesicherte“ Flexibilität kann so in der Netzplanung berücksichtigt werden und dadurch den Netzausbaubedarf optimieren.

Folgendes Ausschreibungsdesign kann für das Konzept angewendet werden:

- **Ausgeschrieben wird die Windleistung (MW) auf See gekoppelt an eine Wasserstoffproduktion (kg_{H2}) nahe den landseitigen Netzverknüpfungspunkten.** Es handelt sich somit um eine Bündelausschreibung. Das Verhältnis von Windleistung zu Elektrolyseleistung für die Wasserstofferzeugung kann der Investor selbst bestimmen. Damit kann ein effizientes Verhältnis erzielt werden. Allerdings muss eine vom Ordnungsgeber vorgegebene jährliche Mindestmenge an Wasserstoff erzeugt werden.
- **Geboten wird die individuell erforderliche Prämie für die Wasserstofferzeugung – nicht aber für die Stromerzeugung – in €/kg_{H2}.** Die niedrigsten Gebote erhalten den Zuschlag für die Realisierung der angegebenen Windkraft- und Elektrolyseanlagenleistung. Die Prämie ist mit jeder erzeugten Einheit an Wasserstoff über 20 Jahre fällig. Eine Deckelung auf die Prämie ist erforderlich. Die gezahlte Prämie kann beispielsweise über den Bundeshaushalt finanziert werden.
- **Ein bestimmter Verwendungszweck bzw. Absatzmarkt für den erzeugten Wasserstoff wird nicht vorgeschrieben. Wasserstoff kann in unterschiedlichen Sektoren und in vielfältiger Form genutzt werden.** Die Verwendung bzw. der Vertrieb ist jedem Investor selbst überlassen. Hierdurch wird eine effiziente Markterschließung erreicht. Es muss jedoch sichergestellt werden, dass ein diskriminierungsfreier Zugang zur Infrastruktur mit verbindlichen technischen Regelungen, zum Beispiel für das Erdgasnetz, möglich ist.
- **Der Stromnetzanschluss und der -betrieb werden von Übertragungsnetzbetreibern unter Einhaltung der heutigen Haftungsregelung realisiert.** Die Kosten dafür werden – analog zum heutigen Verfahren – über Netzentgelte finanziert, da die Anlagen an das öffentliche Netz angeschlossen sind.

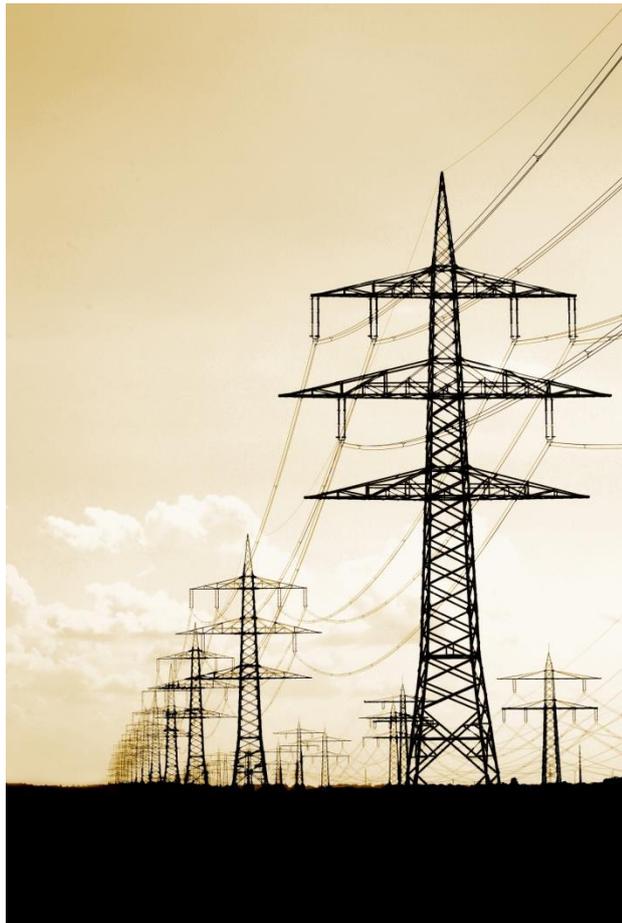
Im Zusammenhang mit der Wasserstofferzeugung sind einige regulatorische Aspekte zu berücksichtigen. Zunächst ist zu erwähnen, dass die Anlagen heute als Stromverbraucher eingestuft werden. **Damit sind bei der Wasserstofferzeugung die staatlich vorgegebenen Preiskomponenten, wie beispielsweise Netzentgelte oder Umlagen, zu entrichten.** Dies kann weiterhin so beibehalten werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Anrechnung der Wasserstofferzeugung auf die Erreichung der klimapolitischen Ziele. **Grundsätzlich trägt die Erzeugung und Verwendung von grünem Wasserstoff zur Reduktion der CO₂-Emissionen bei.** Dies gilt vor allem für die Sektoren außerhalb des EU-ETS, für die dringend Lösungen zur Reduktion von Emissionen gesucht werden. Die Wasserstofferzeugung wird den Stromverbrauch zwar steigern. Durch die primäre Verwendung von grünem Strom kann jedoch das Ziel des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Stromsektor gestützt werden. Die Verwendung des grünen Wasserstoffs kann prinzipiell auch bei EE-Zielen in anderen

Sektoren berücksichtigt werden, wie dies im Rahmen der "Renewable Energy Directive" für 2021-2030 (RED II) diskutiert wird.

Eine kurzfristige Realisierung von Ausschreibungen erscheint sowohl technisch als auch regulatorisch möglich. **Bis zu 900 MW Windleistung auf See gekoppelt an eine Wasserstoffproduktion könnten 2022 ausgeschrieben und zwischen 2026 und 2030 realisiert werden.**

KOMPETENZ
IN ENERGIE



E-Bridge
Kompetenz in Energie