



Quelle: EnBW/Matthias Iseler

Gemeinsame Ausschreibungen

Wasserstoffherzeugung mit Offshore-Windausbau kombinieren

Durch Kombination mit einer Wasserstoffherzeugung in Großelektrolyseanlagen ist ein beschleunigter Ausbau der Offshore-Windenergie möglich. Dies ist das Ergebnis der Studie »Wasserstoffherzeugung in Kombination mit Offshore-Windausbau«, die im Dezember 2018 von Shell, Siemens, Tennet und E-Bridge vorgestellt wurde. Dabei schlagen die Unternehmen ein Ausschreibungsmodell vor, bei dem für die individuell erforderliche Prämie für die Wasserstoffherzeugung und nicht für die Stromherzeugung geboten wird. Die Autoren fassen die wesentlichen Ergebnisse der Studie zusammen.

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 der erneuerbaren Energien zur Stromherzeugung. Mehr als ein Drittel des Stroms kommt bereits heute aus Wind, Sonne, Wasser oder Biomasse.

Die »grüne« Stromherzeugung soll auch weiterhin eine tragende Säule der Energiewende bleiben. Ziel ist es, den Stromverbrauch im Jahr 2030 zu 65 % durch erneuerbare Energien zu decken.

Die Energiewende und die klimapolitischen Ziele betreffen jedoch nicht nur den Stromsektor, sondern auch die Sektoren

Mobilität und Wärme. Eine vollständige Elektrifizierung dieser Sektoren, das heißt die direkte Nutzung von Strom in diesen Bereichen, ist jedoch weder technisch möglich noch effizient. So zeigt beispielsweise eine Studie der Deutschen Energieagentur (Dena), dass die Integration von strombasierten Gasen volkswirtschaftlich um 600 Mrd. € günstiger ist als eine reine Stromwirtschaft [1]. Auch die Studie von IAEW und Frontier Economics kommt zur Erkenntnis, dass eine vollständige Elektrifizierung nicht sinnvoll ist [2]. Deshalb sind komplementär zum grünen Strom Power-to-X-Anwendungen notwendig. Unterschiedliche Pilotanlagen im einstelligen Megawatt-Bereich sind bereits umgesetzt oder wurden angekündigt. Diese demonstrieren die technische Machbarkeit der Wasserstoffherzeugung und der Weiterverwendung des gasförmigen Wasserstoffs.

Viele Länder haben bereits zur Nutzung von Wasserstoff konkrete Schritte beschlossen. So planen beispielsweise die Niederlande eine Wasserstoffherzeugung auf einer künstlichen Insel in der Nordsee [3]. In Frankreich soll Wasserstoff eine tragende Säule der künftigen Energieversorgung werden. Auch Japan verfolgt eine konsequente Wasserstoffstrategie, in der die olympischen Sommerspiele in Tokio im Jahr 2020 einen wichtigen Meilenstein darstellen.

Aufgrund der einzigartigen Stoffeigenschaften und der guten Speichereigenschaft hat der Energieträger Wasserstoff das Potenzial, zu einem zentralen Baustein einer künftigen Energielandschaft zu werden. Aktuell konkurriert grüner Wasserstoff aus erneuerbaren Energien mit grauem Wasserstoff aus fossi-

len Energieträgern und kann aufgrund der vergleichsweise niedrigen Gas- und CO₂-Zertifikatspreise nicht rentabel erzeugt werden. Durch Skaleneffekte, technologischen Fortschritt und die Bereitstellung von günstigem Strom ist jedoch eine Kostendegression zu erwarten. Als notwendige Voraussetzung muss aber der Markteintritt von Großelektrolyseanlagen zeitnah erfolgen [4].

Kopplung von Wasserstoffherzeugung und Offshore-Windenergie

Eine Möglichkeit, durch Sektorkopplung 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 Windenergieanlagen auf See vorhanden sind, werden diese durch den Ausbaupfad, wie er momentan vom Gesetzgeber vorgesehen ist, 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. Die Errichtung von Windenergieanlagen auf See stellt außerdem eine Option dar, kostengünstig und vergleichsweise verlässlich Strom aus erneuerbaren Energien zu erzeugen.

E-Bridge untersuchte in einer Studie im Auftrag von Shell, Siemens und Ten-

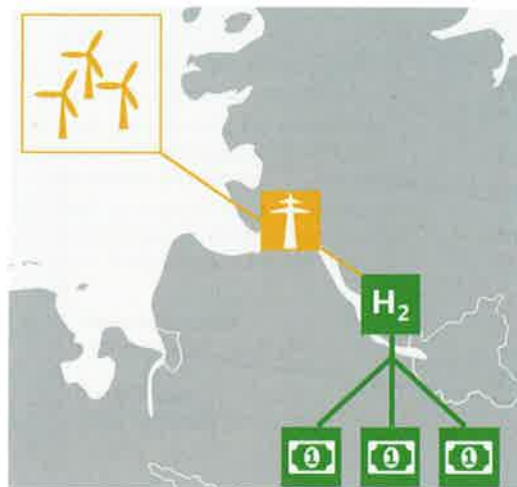


Bild 1. Konzept Offshore-Windenergie in Kombination mit Wasserstoffherzeugung

net, wie die ersten Schritte einer Marktdurchdringung von grünem Wasserstoff als Basis vieler Power-to-X-Anwendungen effizient erfolgen könnten [5]. Dabei kann Wasserstoff eine wesentliche Rolle spielen, das große Potenzial der Stromerzeugung aus Windenergie 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 zu einer zusätzlichen Ausschöpfung des Potenzials erneuerbarer Energien beitragen kann. Für die Windenergieanlagen kommen dabei Flächen in Frage, die bei den regulären Ausschreibungen nicht berücksichtigt werden. Der auf See erzeugte Strom soll dabei über ein Offshore-Stromnetz an

Land transportiert werden. Die für die Wasserstoffherzeugung notwendigen Elektrolyseanlagen werden hingegen nah an den landseitigen Netzverknüpfungspunkten des Offshore-Netzes errichtet und sind somit an das Stromnetz an Land angeschlossen (Bild 1).

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 könnten die Übertragungsnetzbetreiber von Anlagenbetreibern in einem bestimmten vorab definierten Umfang und einer

Anzeige

Jetzt geht's los!

Starten Sie Ihren iMSys-Rollout mit zertifizierten Smart Meter Gateways!

 **PPC**
Power Plus Communications

Treffen Sie uns
auf der ZMP!
www.ppc-ag.de



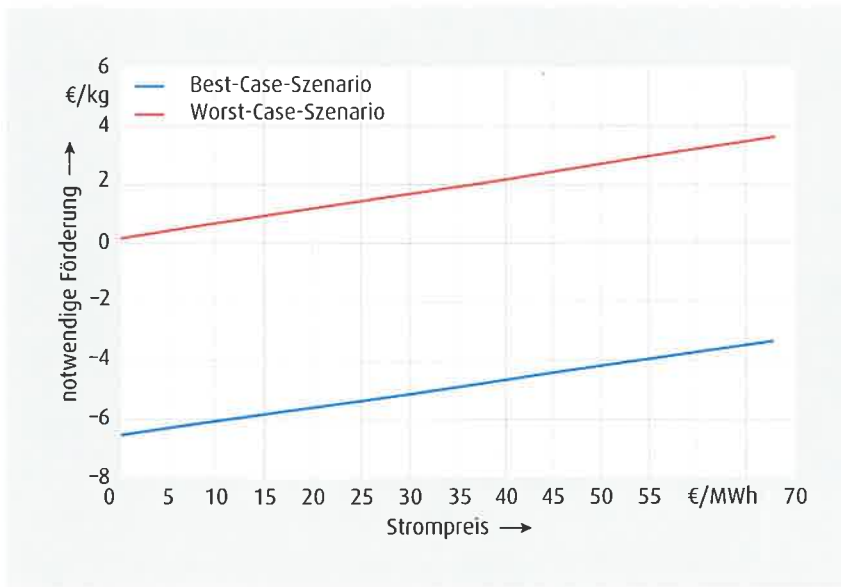


Bild 2. Differenz zwischen grauem und grünem Wasserstoff im Best-Case-Szenario, Annahmen:

Best-Case-Szenario 910 €/kW, 6000 Volllaststunden, 52 kWh/kg(H₂), Kosten grauer Wasserstoff 7,2 €/kg
 Worst-Case-Szenario 1220 €/kW, 4000 Volllaststunden, 55 kWh/kg(H₂), Kosten grauer Wasserstoff 1,3 €/kg



Bild 3. Jährliche Kosten

bestimmten Dauer die Erhöhung beziehungsweise die Reduktion der Wasserstoffherzeugung anfordern. Diese für die Übertragungsnetzbetreiber »gesicherte« Flexibilität kann so in der Netzplanung berücksichtigt werden und dadurch den Netzausbaubedarf optimieren.

Gemeinsame Ausschreibungen

Das im Folgenden dargestellte Ausschreibungsdesign kann für das Konzept angewendet werden.

Bündelausschreibung von Windleistung und Wasserstoffproduktion
 Ausgeschrieben wird die Windleistung auf See (in Megawatt), die an eine Wasserstoffproduktion (in Kilogramm H₂) nahe den landseitigen Netzverknüpfungspunkten gekoppelt ist. Es handelt sich somit um eine Bündelausschreibung. Das Verhältnis von Windleistung zu Elektrolyseleistung für die Wasserstoffherzeugung kann der Investor selbst bestimmen, sodass ein möglichst effizientes Verhältnis gewählt werden kann.

Allerdings muss eine vom Verordnungsgeber vorgegebene jährliche Mindestmenge an Wasserstoff erzeugt werden.

Prämie für Wasserstoffherzeugung, nicht für Stromerzeugung

Geboten wird für die individuell erforderliche Prämie für die Wasserstoffherzeugung in €/kg(H₂) – nicht für die Stromerzeugung. Die niedrigsten Gebote erhalten den Zuschlag für die Realisierung der gebotenen Windenergie- 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.

Flexible Vermarktung

Ein bestimmter Verwendungszweck oder Absatzmarkt für den erzeugten Wasserstoff wird nicht vorgeschrieben. Wasserstoff kann in unterschiedlichen Sektoren und in vielfältiger Form genutzt werden. Die Verwendung beziehungsweise 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 möglich ist, zum Beispiel für das Erdgasnetz.

Haftungsregelung für Stromanschluss

Stromnetzanschluss und -betrieb werden vom Übertragungsnetzbetreiber unter Einhaltung der heutigen Haftungsregelung realisiert. Die Kosten für das Offshore-Netz werden – analog zum heutigen Verfahren – über Netzentgelte finanziert, da die Anlagen an das öffentliche Netz angeschlossen sind.

Regulatorische Aspekte

Im Zusammenhang mit der Wasserstoffherzeugung sind einige regulatorische Aspekte zu berücksichtigen. Zunächst ist zu erwähnen, dass die Anlagen heute als Stromverbraucher eingestuft werden. Damit sind bei der Wasserstoffherzeugung die staatlich vorgegebenen Preiskomponenten zu entrichten – beispielsweise Netzentgelte und Umlagen. Dies kann bei dem Ausschreibungsmodell beibehalten werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Anrechnung der Wasserstoffherzeugung 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 europäischen Emissionshandlungssystems.

tems (EU-ETS), für die dringend Lösungen zur Reduktion der CO₂-Emissionen gesucht werden. Die Wasserstoffherzeugung wird den Stromverbrauch zwar zunächst 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 lässt sich prinzipiell auch bei EE-Zielen in anderen Sektoren berücksichtigen, wie dies im Rahmen der Renewable Energy Directive für 2021–2030 (RED II) diskutiert wird.

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

Eine erste Abschätzung der erwarteten Förderkosten kann auf Basis der Differenz zwischen den Gesteherungskosten von grauem Wasserstoff durch Erdgasreformierung und den erwarteten Gesteherungskosten von grünem Wasserstoff stattfinden. Die Ergebnisse hängen sehr stark von Annahmen ab und weisen eine hohe Bandbreite auf, wie **Bild 2** zeigt.

Notwendige Förderung der Wasserstoffproduktion

Bestenfalls ist in dem betrachteten Szenario keine Prämie notwendig, da die Erdgasnutzung beispielsweise durch hohe CO₂-Vermeidungskosten sehr teuer ist. Im gegenteiligen Szenario ist die Erdgasnutzung so günstig, dass selbst bei kostenlosem Strombezug eine Prämie notwendig ist. In diesem Fall steigt die Prämie proportional mit dem Strompreis an und liegt im Maximalfall des Szenarios bei 4 €/kg. Zusätzlich zur Prämie fallen die Kosten für die Offshore-Anbindung an das Stromnetz an. Auch die Transportkosten des Wasserstoffs sind zu berücksichtigen, die jedoch vom genauen Anwendungsfall abhängen. Bei einer groben Abschätzung der anfallenden Kosten sind im Worst-Case-Szenario zusätzliche jährliche Kosten bis zu 525 Mio. € für 900 MW Wind-Offshore und 800 MW Elektrolyseanschlussleistung zu erwarten (**Bild 3**).

Literatur

- [1] Deutsche Energie-Agentur GmbH (Dena): Dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Juli 2018.
- [2] Frontier Economics, IAEW, 4Management, EMCEL: Der Wert der Gasinfrastruktur für die Energiewende Deutschland – eine

modellbasierte Analyse. September 2017.

- [3] Royal Haskoning DHV: Offshore Wind Capacity Dogger Bank. Februar 2017.
- [4] Agorä Energiewende: Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Fassung vom 19. März 2018.
- [5] Shell, Siemens, Tennet, E-Bridge: Wasserstoffherzeugung in Kombination mit Offshore-Windausbau. Dezember 2018.

>> Dr. **Vigen Nikogosian**,
E-Bridge Consulting GmbH, Bonn

Dr. **Baris Özalay**,
E-Bridge Consulting GmbH, Bonn

Janis Kaltschnee,
E-Bridge Consulting GmbH, Bonn

Ilona Dickschas,
Siemens AG, Erlangen

Tim Meyerjürgens,
Tennet TSO GmbH, Bayreuth

Jens Mueller-Belau,
Deutsche Shell Holding GmbH, Hamburg

>> vnikogosian@e-bridge.com

>> www.e-bridge.de
www.siemens.com
www.tennet.eu
www.shell.de

Anzeige

BLOCKCHAIN **WORKFORCE-MANAGEMENT**

SAP IS-U **GIS** **LORAWAN**

BILLING4US **VIRTUAL DESKTOP**

IT-OPERATIONS **S4/HANA**

CITYLINK **EDM** **CRM**

ROBOTICS **FÜR 20 JAHRE VERTRAUEN** **MAKO**

UND GUTE ZUSAMMENARBEIT.

MYINNOHUB **IT-SECURITY**

OFFICE 365 **IAAS**

E-INVOICING **DATA WAREHOUSE**

SMART CITY **CLOUD-SERVICES**

PROCESS-SERVICE

...items | Innovation nachhaltig gestalten