

ENERGIE

Ausgabe 3/2021

Perspektiven

Forschung für die Energieversorgung von morgen



Gezeitenturbine O2, hier mit hochgeklappten Turbinen, verläuft vor den Orkney-Inseln

Meeresenergie

Gezeitenturbine in Betrieb

Die laut Hersteller weltweit leistungsstärkste Gezeitenturbine, die O2 der schottischen Firma Orbital Marine Power, speist seit Ende Juli vor den Orkney-Inseln Strom ins Netz ein. Die schwimmende 2-Megawatt-Anlage ist im Fall of Warness vor der Nordostküste Schottlands verankert, wo die Gezeitenströmung besonders hohe Geschwindigkeiten erreicht. Ein Unterwasserkabel verbindet die O2 mit dem Stromnetz an Land.

Fortsetzung auf Seite 2

EDITORIAL | Es klinge fast wie Science Fiction, aber es gäbe auch andere Beispiele für erstaunliche technologische Fortschritte, meinte Ministerpräsidentin Katrin Jakobsdóttir bei der Eröffnung der Orca-Anlage Anfang September im isländischen Hellisheiði. Orca soll klimaschädliches Kohlendioxid aus der Luft saugen. In den Untergrund gepumpt, wird es im Gestein chemisch gebunden (Seite 4). Zurzeit ist diese Entsorgung noch sehr teuer, doch die Hersteller hoffen bei wachsender Anlagenzahl auf Kostenreduktion und gute Geschäfte. Die weltweiten Treibhausgas-Emissionen jedenfalls schicken sich an, wieder deutlich zu steigen (Seite 2). Zum Thema klimaneutraler Energieproduktion berichtet diese Ausgabe außerdem über Fusionsforschung und Gezeitenenergie.

Die Redaktion

Ergänzt werden die Kurzbeiträge durch weiterführende Artikel im Internet.

1


Unter der 74 Meter langen schwimmenden O2-Plattform treibt die Strömung zwei Rotoren von 20 Metern Durchmesser an. Von Gelenkarmen gehalten, überstreichen sie eine Fläche von 600 Quadratmetern. Um beide Gezeitenrichtungen nutzen zu können, lassen sich die Rotoren umdrehen. Zur Wartung werden sie an die Wasseroberfläche gehoben.

Die O2 ist die erste kommerzielle Turbine von Orbital. Vereinfachungen bei Herstellung, Montage und Wartung der Anlage sollen, so die Firma, die Kosten der Energiegewinnung aus Gezeitenströmung senken. Finanziell unterstützt wurde das Projekt unter anderem von der schottischen Regierung und dem Forschungs- und Inno-

tionsprogramm der Europäischen Union. Mit Multi-Megawatt-Anlagen will Orbital die Wirtschaftlichkeit künftig weiter verbessern.

Im Unterschied zu Sonne und Wind lassen sich Meeresströmungen sehr genau und langfristig vorhersagen, sind aber nicht überall nutzbar. Das weltweite Potential wird auf etwa 1500 Terawattstunden pro Jahr geschätzt, also grob das Dreifache des aktuellen deutschen Stromverbrauchs. In europäischen Meeren waren 2020 Anlagen einer Gesamtleistung von 243 Megawatt installiert.

bal

 www.energie-perspektiven.de

Strombedarf

Wachsende Nachfrage

Die erneuerbaren Energien wachsen zwar schnell, aber nicht schnell genug, um den starken Anstieg der weltweiten Stromnachfrage in diesem Jahr abzudecken. Dies sagt der jüngste Elektrizitätsmarktbericht der Internationalen Energieagentur IEA.

Nachdem die globale Stromnachfrage im vergangenen Jahr wegen der Covid-19-Pandemie um etwa ein Prozent absank, dürfte sie 2021 angesichts der wirtschaftlichen Erholung um fast fünf und 2022 um vier Prozent steigen, vor allem in China und Indien. Zwar werde auch die Stromerzeugung aus erneuerbaren Quellen weltweit stark zunehmen, so die IEA – 2021 um acht Prozent und um über sechs Prozent im Jahr 2022. Trotzdem werden Erneuerbare nur etwa die Hälfte des erwarteten Anstiegs der weltweiten Stromnachfrage befriedigen können, so die Prognose. 45 bzw. 40 Prozent der zusätzlichen Stromnachfrage in diesem und im nächsten Jahr werden fossile Brennstoffe decken, den verbleibenden Rest die Kernkraft. Die Kohlendioxid-Emissionen, die in den vergangenen zwei Jahren noch zurückgingen, würden damit dieses Jahr um 3,5 und 2022 um 2,5 Prozent auf neuen Höchststand steigen.



Foto: Axel Kampke

DEUTSCHE EMISSIONEN

Der diesjährige Ausstoß an Treibhausgasen wird voraussichtlich rund 47 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente höher ausfallen als im Vorjahr. Damit stünde die Bundesrepublik vor dem größten Anstieg seit 1990, dem Referenzjahr, an dem der internationale Klimaschutz gemessen wird. Das prognostiziert die Denkfabrik Agora Energiewende nach einer Analyse der Emissionsdaten des ersten Halbjahrs.

Demnach lägen die Emissionen 2021 nur noch um 37 Prozent unter dem Niveau von 1990, ein deutlicher Rückschritt hinter die 2020 erzielten gut 40 Prozent. Dieser vermeintliche Erfolg sei, so Agora-Direktor Dr. Patrick Graichen, eine durch Corona und Sondereffekte bedingte Eintagsfliege gewesen.

Das zu erwartende Emissionsplus aus der Energiewirtschaft schätzt Agora auf etwa 30 Millionen Tonnen Kohlendioxid-Äquivalente – wegen verstärkten Einsatzes von Kohlekraftwerken bei sich erholender Stromnachfrage. Durchschnittliche Windverhältnisse im ersten Halbjahr 2021 brachten zudem weniger Windstrom als im ertragreichen Vorjahr. Auch im Gebäudesektor sei nach dem kalten Winter mit höheren Emissionen zu rechnen, desgleichen im sich normalisierenden Verkehr und in der hochfahrenden industriellen Produktion.

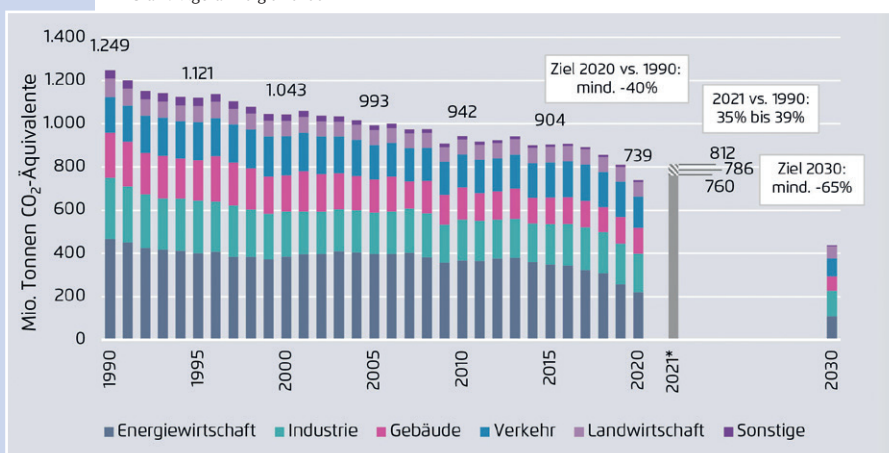
Sollten sich die Abschätzungen bestätigen und die beschlossenen Minderungsziele in den Sektoren Industrie, Gebäude und Verkehr 2021 tatsächlich verfehlt werden, dann verpflichtet das neue Klimaschutzgesetz die Bundesregierung zu einem Sofortprogramm, das dem Emissionsanstieg entgegenwirkt.

bal

Insgesamt wird die Stromerzeugung aus Kohle 2021 um fast fünf Prozent, im Folgejahr um weitere drei Prozent zunehmen, so die Prognose. Etwas schwächer wird die Stromproduktion aus Gas steigen, die in den schnell wachsenden Volkswirtschaften im asiatisch-pazifischen Raum eine geringere Rolle als Kohle spielt. Während Gas 2020 noch um zwei Prozent zurückging, wird 2021 ein Plus von einem, 2022 von fast zwei Prozent erwartet.

imi

Grafik: Agora Energiewende



↑ Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren 1990 bis 2020 sowie die Sektorenziele für 2030. Die Werte für 2021 sind geschätzt.

Wendelstein-Konzept bewährt sich

Foto: IPP, Jan Michael Hosan

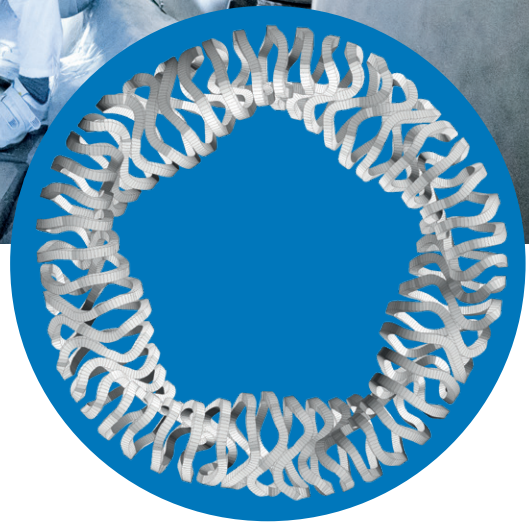
Ein **E**ines der wichtigsten Optimierungsziele, die der Fusionsanlage Wendelstein 7-X zugrunde liegen, wurde jetzt bestätigt. Dies ergab eine Analyse von Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik im Fachjournal Nature. Wendelstein 7-X, der vor fünf Jahren in Greifswald in Betrieb ging, soll zeigen, dass Anlagen vom Typ Stellarator kraftwerkstauglich sind.

Ähnlich wie die Sonne soll ein künftiges Fusionskraftwerk aus der Verschmelzung von Atomkernen Energie gewinnen. Weil das Fusionsfeuer erst bei Temperaturen über 100 Millionen Grad zündet, darf der heiße Brennstoff – ein dünnes Wasserstoffplasma – nicht in Kontakt mit den kalten Gefäßwänden kommen. Von Magnetfeldern gehalten, schwebt er nahezu berührungsfrei im Inneren einer Vakuumkammer.

Um die Nachteile früherer Stellaratoren zu überwinden, wurde das Magnetfeld von Wendelstein 7-X mit großem Theorie- und Rechenaufwand geplant. Unter anderem wollte man die sogenannten „neoklassischen“ Energieverluste des Plasmas senken, die durch die Welligkeit des Feldes zustande kommen. Sie lässt Plasmateilchen trotz ihrer Bindung an die magnetischen Feldlinien nach außen driften und verloren gehen – ein ernster Schwachpunkt konventioneller Stellaratoren. Daher wurde das Magnetfeld von Wendelstein 7-X mit geringer Welligkeit konzipiert.

Ob dies den gewünschten Erfolg bringt, untersuchte ein Team um Dr. Craig Beidler jetzt anhand bisheriger Experimente. Mit den bislang verfügbaren Heizapparaturen konnte Wendelstein 7-X bereits Hochtemperatur-Plasmen erzeugen und den Stellarator-Weltrekord für das „Fusionsprodukt“ aufstellen (siehe Energie-Perspektiven 2/2018).

Ein solches Rekord-Plasma wurde genauer untersucht: Die neoklassischen Verluste in der Energiebilanz machten hier 30 Prozent der Heizleistung aus. Ein Gedankenexperiment prüft nun die Wirkung



Das Magnet-System von Wendelstein 7-X. 50 supra-leitende Magnetspulen erzeugen den magnetischen Käfig zum Einschluss des Plasmas.

Grafik: IPP

der Optimierung. Angenommen wurde, dass die gleichen Plasmawerte und -profile, die zu dem Rekordergebnis bei Wendelstein 7-X führten, auch in Anlagen mit größerer Welligkeit des magnetischen Feldes erreicht wurden. Dann wurden die dort zu erwartenden neoklassischen Verluste berechnet – mit eindeutigem Ergebnis: Sie wären größer als die Heizleistung. „Diese physikalische Unmöglichkeit zeigt“, sagt Professor Per Helander, der Leiter des Bereichs Stellarator-Theorie, „dass die in Wendelstein 7-X beobachteten Plasmaprofile nur in Magnetfeldern mit geringen neoklassischen Verlusten denkbar sind. Umgekehrt ist damit bewiesen, dass die Optimierung des Wendelstein-Magnetfeldes diese Verluste erfolgreich absenkt“.

Allerdings liefen die Plasmaentladungen bislang nur für maximal 100 Sekunden. Um das Wendelstein-Konzept im Dauerbetrieb zu testen, wird zurzeit eine wassergekühlte Wandverkleidung eingebaut. So ausgerüstet, will man sich schrittweise an 30 Minuten lange Plasmen heranarbeiten. Dann lässt sich überprüfen, ob Wendelstein 7-X seine Optimierungsziele auch im Dauerbetrieb – dem wesentlichen Plus der Stellaratoren – erfüllen kann.

imi

Kohlendioxid einfangen



Das Projekt Orca ging Anfang September im Geothermalkpark in Hellisheiði auf Island in Betrieb. Bis zu 4000 Tonnen Kohlendioxid pro Jahr sollen direkt aus der Luft abgeschieden und unterirdisch im Gestein gebunden werden.

Um dem Klimawandel Einhalt zu gebieten, sollen die Emissionen von Treibhausgasen in den kommenden Jahrzehnten drastisch gesenkt werden. Darüber hinaus gibt es Pläne, der Atmosphäre bereits aufgenommenes Kohlendioxid wieder zu entziehen und entweder direkt zu verwerten, etwa zur Synthese künstlicher Treibstoffe, oder aber dauerhaft zu speichern.

Solche „Direct Air Capture“-Anlagen baut zum Beispiel die Climeworks AG in Zürich. Hier saugen Ventilatoren die Umgebungsluft an und lenken sie auf Kollektoren, die mit einem speziellen Material beschichtet sind und das Kohlendioxid herausfiltern. Sind die Filter gesättigt, werden sie erhitzt und das Kohlendioxid wird als reines Gas abgeleitet.

Die erste großtechnische Anlage von Climeworks ging 2017 in Betrieb. Sie befindet sich auf dem Dach einer Müllverbrennungsanlage in Hinwil im Kanton Zürich. Insgesamt 900 Tonnen Kohlendioxid pro Jahr vermag sie der Luft zu entziehen. Das abgeleitete Gas geht in ein nahegelegenes Gewächshaus zum Düngen der Pflanzen.

Ein großes Potential für die dauerhafte „Entsorgung“ von atmosphärischem Kohlendioxid bieten bestimmte Gesteinsarten wie Basalt oder Peridotit, die das Kohlendioxid in chemischen Reaktionen an sich binden. In Partnerschaft mit der Firma Reykjavik Energy hat Climeworks 2017 das Demoprojekt Carbfix2 im Geothermiekpark in Hellisheiði in Island realisiert (siehe Energie-Perspektiven 2/2016). Hier wird das aus der Air Capture-Anlage abgeleitete gasförmige Kohlendioxid mit Wasser vermischt und mehrere hundert Meter tief in Basaltschichten gepumpt, wo es im Verlauf einiger Jahre „kalzifiziert“. Das Nachfolgeprojekt Orca ging im September an den Start und soll 4000 Tonnen Kohlendioxid pro Jahr aus der Luft entfernen. Gemeinsam mit der Firma 44.01 in Maskat arbeitet Climeworks bereits an der Errichtung von Anlagen im Sultanat Oman. Hier soll das herausgefilterte Kohlendioxid in Peridotithaltigen Gesteinsschichten gespeichert werden.

Der Nutzen solcher Anlagen für das Klima hängt davon ab, woher sie die für den Betrieb notwendige

Energie beziehen. So erhält die Anlage in Hinwil ihre Energie zu 80 Prozent aus der Abwärme der Müllverbrennungsanlage. Die isländischen Anlagen dagegen werden mit Geothermie betrieben. Laut Angaben von Climeworks sowie einer Studie der RWTH Aachen werden unter diesen Bedingungen nur zehn Prozent des herausgefilterten Kohlendioxids wieder emittiert. Allerdings bräuchte es rund 400 000 Anlagen wie in Hinwil, um auch nur ein Prozent der globalen Kohlendioxid-Emissionen von jährlich 37 Milliarden Tonnen (Stand 2019) aus der Luft zu entfernen. Und schließlich sind auch die Kosten erheblich. Diese will Climeworks bis zum Jahr 2025/2030 auf 90 Euro pro Tonne Kohlendioxid senken. Trotz solcher finanziellen und technischen Hürden arbeiten derzeit weltweit mehrere Firmen an der Entwicklung von „Direct Air Capture“-Verfahren. Diese alleine werden das Klima zwar nicht retten, aber sie könnten vielleicht ein wenig dazu beitragen, den Klimawandel aufzuhalten.

Olivia Meyer-Streng

*Direct Air Capture:
Große Ventilatoren
lenken die Umgebungs-
luft auf Kollektoren,
die das Kohlendioxid
herausfiltern*



Foto: Climeworks, Julia Dunlop

IMPRESSUM

Herausgeber: Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
Postfach 1322
85741 Garching
Tel. +49 (0) 89 3299-1288
Fax +49 (0) 89 3299-2622
E-Mail: info@ipp.mpg.de
Redaktion: Isabella Milch
Gestaltung: Reinald Fenke

Gedruckt auf 100 Prozent
Recyclingpapier
22. Jahrgang 2021
Nächste Ausgabe: Dez. 2021
Abonnement:
www.energie-perspektiven.de
ISSN 1438-5708