

VON OLIVER RISTAU

Still ist es über dem Solarpark im Hinterland der portugiesischen Algarve. Kein Wind regt sich in der hügeligen Landschaft. Nur ab und zu knackt es, wenn die großen Spiegel sich dem Sonnenstand anpassen. „Das läuft alles automatisch“, erklärt Sergio dos Santos. Ein Algorithmus und ein Pyrheliometer, der die aktuelle solare Strahlung misst, sorgen dafür.

Dos Santos ist für die Sicherheit des Solarkraftwerks Enercouthim zuständig. Um ihn herum recken sich auf der 42 ha großen Fläche – bei nahe 60 Fußballfelder – rund 400 Module in Richtung Himmel. Manchmal blitzt es, wenn das bläuliche Glas das Licht reflektiert. Währenddessen findet dos Santos Zeit, seine Schafe weiden zu lassen. Zumindest im Frühjahr, erzählt er, wenn die Landschaft grünt und blüht und nach Eukalyptus und Rosmarin duftet.

**Jetzt im Herbst ist die Erde trocken**, die Bodenvegetation braun und verbrannt noch vom Sommer. Der Solarpark rund um das Landstädtchen Martim Longo liegt rund eine Stunde vom Algarve-Strand und dem Küstenort Tavira entfernt. In der heißen Region im Süden Portugals erreichen die solaren Einstrahlungsraten 1900 kWh/m<sup>2</sup>. Zum Vergleich: In Norddeutschland sind es nur rund 1000 kWh/m<sup>2</sup>.

Das macht sich der 4 MW starke Solarpark seit einigen Jahren zunutze, und zwar mit der Technologie der konzentrierten Photovoltaik (CPV: concentrator photovoltaic). Verglichen mit Solarzellen aus Silizium, liegt der Wirkungsgrad der großen Spiegelmodule bei über 40 % und ist damit mehr als doppelt so hoch. Dafür sorgen Linsen, die sich in dem von einem Metallrahmen eingefassten Glaskörper befinden. Sie konzentrieren das Licht auf die darunter sitzenden Solarzellen um den Faktor 500. Teile der Module stammen von der deutschen Firma Concentrix. Die Ausgründung des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) hat ihre Aktivitäten mittlerweile allerdings eingestellt. Der Grund: Massensolarzellen aus Silizium sind so günstig geworden, dass die aufwendige Konzentratortechnologie ökonomisch nicht mehr mithalten kann.

**Für Marc Rechter ist das kein Problem.** Er ist Geschäftsführer der Resilient Group, die Enercouthim betreibt. Die Firma sitzt rund 300 km nordwestlich in einem modernen Geschäftsviertel von Lissabon. Dort residiert sie im fünften Stock eines renovierten Altbaus. Ein alter Fahrstuhl, der mit einem scheppernden Eisengitter zu öffnen und zu schließen ist, führt hinauf.

„Der Park dient der Demonstration und ist Teil mehrerer Forschungsprojekte der EU“, sagt Rechter, in seinen Sessel geleht. Die Wirtschaftlichkeit der Technologie spiele dabei eine untergeordnete Rolle. Ihre Verlässlichkeit stelle sie dagegen täglich unter Beweis. Und das bringt den Niederländer dazu, eine neue Vision zu verfolgen. „Die

Photovoltaik ist für Länder wie Portugal eine große Chance zur Produktion von grünem Wasserstoff.“

**In Europa ist der grüne Wasserstoff so etwas wie das Thema der Stunde.** Die EU will neue Elektrolysekapazitäten im Multi-Gigawatt-Maßstab aufbauen, um bis 2030 eine international wettbewerbsfähige Wasserstoffindustrie zu etablieren. Das skizziert sie in ihrer im Sommer 2020 vorgelegten Wasserstoffstrategie.

Rechter ist mit dabei und hat auf dem Reißbrett zusammen mit Industriepartnern ein 1 GW starkes solares Wasserstoffprojekt entwickelt. Es hat sich einen Vogel, der in vielen Ästuaren Portugals zu Hause ist, als Pate genommen und nennt sich „Green Flamingo“. Für Brüssel ist es von besonderer Bedeutung (s. Kasten).

Auch in den Niederlanden kam die Idee gut an. Die Regierungen in Den Haag und Lissabon haben eine Kooperation für grünen Wasserstoff geschlossen. Die Seehäfen Rotterdam und Sines wollen das Ökogas künftig per Schiff von Portugal in die Niederlande verschiffen. Zur Produktion des Wasserstoffs soll an der Westküste bei Sines ein Elektrolyseur mit einer Elektrolyseleistung von 1 GW entstehen – versorgt mit heimischen Solarstrom aus einem Park, den Rechter mit Partnern noch bauen will, diesmal mit Massensolarzellen aus Silizium.

„Nirgendwo ist der Solarstrom so billig wie in Portugal“, wirbt er dafür. So erzielte eine Auktion neuer Photovoltaikkapazitäten im letzten Sommer mit 1,1 Cent/kWh den bisher günstigsten Abschluss in Europa. Billiger Solarstrom wäre auch die Voraussetzung für die Wasserversorgung des Elektrolyseurs, könnte er doch künftig dazu dienen, Meerwasser aus dem Atlantik zu vertretbaren Kosten zu entsalzen. Pro 1 m<sup>3</sup> Wasserstoff benötigt die Elektrolyse etwa 6 l Trinkwasser ist in einem trockenen Land wie Portugal keine Option.

Rechter erwartet zudem, dass im Zuge steigender Nachfrage auch die Kosten für die Elektrolyseure sehr schnell fallen werden. „Bis 2030 ist ein Land wie Portugal in der Lage, grünen Wasserstoff absolut wettbewerbsfähig zu produzieren, verglichen mit grauem Wasserstoff aus Erdgas, aber auch blauem, bei dem der Kohlenstoff der fossilen Quelle entzogen wird“, sagt er.

Auf den grünen Wasserstoff hat es auch Deutschland abgesehen. Die Bundesregierung hat dazu mit Marokko und Tunesien bereits Absichtserklärungen zum künftigen Import geschlossen. Doch auch Südwesteuropa ist nach Ansicht des Fraunhofer ISE ein guter Standort.

**Um grünen Wasserstoff importieren zu können**, muss Deutschland noch geeignete Hafenterminals aufbauen. Denn nur mit Schiffen macht der Transport des Gases über weitere Strecken Sinn, entweder verflüssigt oder an einen organischen Träger gebunden. Hamburg hat dafür den Hut in den Ring bekommen und gab Ende 2020 Pläne für eine solche Anlandestation bekannt.



**Die Sonne ist bereit**  
WASSERSTOFF: Staaten wie Portugal können mit Photovoltaik günstig grünen Wasserstoff für Zentraleuropa produzieren. Deutschlands Industrie ist heiß auf das Ökogas, um CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken.

**Sonne pur:** Rund 400 Module recken sich im Hinterland der portugiesischen Algarve gen Himmel und sorgen für 4 MW Leistung des Solarkraftwerks Enercouthim. Foto: Oliver Ristau



**Umwandlung vor Ort:** Zur Produktion des Wasserstoffs soll an Portugals Westküste in der Nähe der Hafencity Sines ein Elektrolyseur mit einer Elektrolyseleistung von 1 GW entstehen. Von hier aus soll das Gas nach Rotterdam verschifft werden. Foto: Oliver Ristau



**Alles geregelt:** Sergio dos Santos ist stolz. „Das läuft alles automatisch“, erklärt er. Ein Algorithmus und ein Pyrheliometer, der die aktuelle solare Strahlung misst, sorgen dafür. Foto: Oliver Ristau



**Wegweisend:** Sebastian Gellert, Projektingenieur bei ArcelorMittal, zeigt, wo die Wasserstoff-Demonstrationsanlage gebaut werden soll. Foto: O. Ristau



**Grüner Stahl:** Die Windenergieanlage im Hintergrund hat Symbolkraft. ArcelorMittal will für die Stahlproduktion mit Wasserstoff im Hamburger Hafen eine Demonstrationsanlage bauen. Foto: Oliver Ristau



**Produkte im Visier:** Auf dem Weg über das Gelände, vorbei am Stahl- und Walzwerk, sind die Endprodukte wie hier Rohre oder Drahtseile omnipräsent. Bei Großabnehmern ist allerdings die Nachfrage nach Ökostahl bisher nicht vorhanden. Foto: Oliver Ristau

Das gefällt auch dem Stahlerzeuger ArcelorMittal, der sein Werk im Hamburger Hafen zur Wiege des grünen Stahls machen will. Die Idee: bei der Reduktion des Eisenerzes grünen Wasserstoff anstatt von Erdgas einzusetzen.

**Nebel liegt über der Elbe.** Ein paar Möwen kreischen und fliegen auf, als am Dradenahafen Eisenerz entladen wird. Jenseits des Kais steht Sebastian Gellert auf einer unbauten Brache neben einem großen Silo. Die rostig-braunen Industriehallen des ArcelorMittal-Werks schließen sich an. Die Luft ist feucht und modrig, ein kräftiger Wind fährt über das rötliche Geröllfeld. „Hier wollen wir eine Demonstrationsanlage bauen, die mit 100 % Wasserstoff arbeiten wird“, erklärt der für Prozesstechnologien verantwortliche Projektingenieur.

In dem Demobetrieb will ArcelorMittal künftig mittels Direktreduktion jährlich 100 000 t Eisenschwamm produzieren. Der ist gemeinsam mit Eisenschrott der Rohstoff zur Produktion von Stahl. Bisher findet die Direktreduktion noch ausschließlich in einem Gebäude gegenüber statt, das von der Form an ein rostrotes Schiff erinnert. Diese Anlage produziert im Jahr mehr als 600 000 t Eisenschwamm und setzt dafür Erdgas ein. Im gesamten Produktionsprozess werden so laut Gellert pro Tonne Walzdraht rund 800 kg CO<sub>2</sub> frei. Das sei zwar 55 % weniger, als die in Deutschland übliche Hochofentechnologie emittiert, bei der Koks die Erze bei etwa 1500 °C aufschmelze – doch für grünen Stahl immer noch zu viel.

**Hitze herrscht auf dem Feld keine**, selbst in unmittelbarer Nähe der Reduktionsanlage nicht. Mehr als der Geruch von warmem Metall ist nicht wahrzunehmen. „Der Prozess findet abgeschlossen von der Atmosphäre statt“, sagt der Energie- und Umweltingenieur. Der Schachtofen etwa, der 8 m hoch wie eine Schiffsbrücke an der Spitze der Stahlkonstruktion in die graue Herbstluft ragt, ist ein zylindrischer, innen ausgemauerter Stahlmantel. Gellert erklärt: „Die Eisenerzpellets, die wir

**Flamingo, Drache und Oktopus**

■ **Die Wasserstoffstrategie der EU** – im Juli 2020 vorgestellt – sieht vor, bis 2030 innerhalb der Gemeinschaft eine Elektrolyseleistung von 40 GW neu zu errichten. Daneben sollen noch einmal 40 GW außerhalb Europas den Bedarf decken helfen.

■ **Zehn transnationale Vorhaben** unterstützt Brüssel aktuell, um Projekte innerhalb Europas voranzubringen. Neben dem grünen Flamingo zählen dazu Black Horse, White Dragon und Green Octopus. Wie diesen hat Brüssel auch dem Green Flamingo den Status eines „Important Project of Common European Interest“ (ICPEI) gegeben, eines Projekts von besonderem EU-Interesse.

■ **Deutschland** ist an den meisten dieser Projekte beteiligt, wenn auch nicht federführend. Eines davon ist „blaue Donau“. Es will von Donauanrainern produzierten Wasserstoff mit Brennstoffzellen auf dem Fluss hinauf nach Österreich und Deutschland schaffen.

hier verarbeiten, bestehen zu rund 70 % aus Eisen und rund 30 % aus Sauerstoff.“

Diesem Verbund rückt das Erdgas zu Leibe. Mehr als die Hälfte des eingesetzten Methans spaltet sich in einem Umformer genannten Anlagenteil zu rund einem Drittel Kohlenmonoxid und zwei Dritteln Wasserstoff auf. Zusammen mit dem übrigen Methan strömen die Gase dann in den Schachtofen, wo sie bei rund 960 °C für die Reduktion des Eisens sorgen. Der Sauerstoff des Eisenoxids reagiert mit dem Kohlenmonoxid zu CO<sub>2</sub> und mit einem Teil des Wasserstoffs zu Wasser.

Übrig bleibt neben dem Eisenschwamm ein Gasgemisch, das

noch etwa 48 % Wasserstoff enthält, der bisher teils in den Prozess zurückgeführt, teils verbrannt und als Abgas über den Schornstein abgeleitet wird. Künftig wollen Gellert und seine Kollegen das Gas auffangen und für die neue Demoanlage nebenan nutzen. Denn grundsätzlich, so Gellert, könne der Reduktionsprozess ausschließlich mit Wasserstoff laufen. Einziger Reststoff wäre dann Wasser.

**Der Eisenschwamm selbst gleicht optisch kleinen grauen Mürmeln.** Er besteht zu 87 % aus Eisen. Der Rest sind überwiegend Eisenoxid sowie weitere Gesteins- und Mineralkomponenten, die sogenannte Gangart. Auf dem Weg über das Gelände, vorbei am Stahl- und Walzwerk, ist auch das Endprodukt omnipräsent: Gewickelte Drahtrollen liegen hier über- und nebeneinander. Im Hintergrund drehen sich ein paar Windräder. Die haben Symbolkraft. Denn künftig soll grüner Wasserstoff das Erdgas vollständig ersetzen. Darüber informiert Geschäftsführer Uwe Braun in einem nüchternen Schulungsraum.

„Wir planen, bei uns eine 50-MW-Elektrolyse für grünen Stahl aufzubauen“, erklärt der Manager. Die werde aber nur für den Wasserstoffbedarf der Demonstrationsanlage reichen. Um das ganze Werk künftig umzustellen, bräuchte es insgesamt eine Leistung von 450 MW. „Das entspricht etwa 200 Offshore-Windkraftanlagen mit 1000 MW Leistung“, rechnet Braun vor. „Damit könnten wir die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf weniger als 100 kg/t Walzdraht reduzieren. Das nenne ich dann grünen Stahl.“ Um den Bedarf an dem Ökogas zu decken, kommen ihm die Ideen aus dem Hamburger Rathaus zum Aufbau einer eigenen Wasserstoffpipeline im Hamburger Hafen recht. Die Hansestadt plant zusammen mit dem Importterminal bis 2030 ein nur für Wasserstoff zugängliches Leitungsnetz von 45 km Länge. Es soll der ansässigen Industrie den Umstieg von Erdgas schmackhaft machen. Heimische Ressourcen reichen dafür nicht aus. „Wir brauchen grünen Wasserstoff aus Importregionen wie Spanien, Portugal und anderen Staaten“, sagt Braun.

**Allein, wirtschaftlich sei das grüne Gas noch nicht.** „Die Kosten betragen bei 100 % Wasserstoff 3 €/kg bis 4 €/kg. Mit Erdgas liegen wir nur bei einem Drittel. Die Differenz bezahlt uns kein Kunde“, moniert der Hamburger ArcelorMittal-Chef. Denn die Nachfrage für Ökostahl sei bei Großabnehmern wie der Automobilindustrie bisher nicht vorhanden. Und auch die Investition in die Demonstrationsanlage von 110 Mio. € könne der Stahlerzeuger nicht ohne Förderung stemmen. Darauf, berichtet Braun, habe er kürzlich Bundesumweltministerin Svenja Schulze hingewiesen.

Derweil laufen die Planungen für den Gigawatt-Elektrolyseur in der portugiesischen Hafencity Sines weiter. 2022 könnte der erste Abschnitt fertig sein und grünen Wasserstoff nach Zentraleuropa liefern. Die Sonne über Portugal ist dafür auf jeden Fall bereit.