

Künstliche Sonne

FORSCHUNG: Mit 149 Projektionslampen wollen Jülicher Forscher die Sonne imitieren und so neue Verfahren zur Wasserstoffproduktion erproben.

VON BETTINA RECKTER

Wie ein Lindwurm schlängelt sich der grüne Kabelstrang um das Reaktorgehäuse. Am Ende jeder einzelnen Leitung baumeln Wärmefühler, die nur darauf warten, an den vorgesehenen Positionen fixiert zu werden. Wenn später der konzentrierte Lichtstrahl auf den Reaktor trifft, darf sich das Gehäuse nicht zu stark aufheizen. Dabei lässt sich die tatsächliche Temperaturentwicklung nur vom Kontrollraum aus beobachten, weil während eines Versuchs kein Mensch in der Kammer sein darf. Das Licht der künstlichen Sonne, die aus 149 Strahlern besteht, wäre einfach zu gefährlich.

„Ein einziger Blick in die Lampen führt zu sofortiger Erblindung“, warnt Dmitrij Laaber. Er selbst trägt immer einen Schweißerschutz, wenn er zum Beispiel eine der Lampen justieren muss – was eben nur in eingeschaltetem Zustand möglich ist. Laaber, Betriebsingenieur mit Schwerpunkt Energietechnik, ist verantwortlich für die Anlage Synlight, die seit drei Jahren am Jülicher Standort des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Betrieb ist.

Was mit der Kraft des Lichtes alles möglich ist, wollen die Forscher hier mit dem gebündelten Lampenlicht herausfinden. Sie testen Komponenten für Sonnentürme und Solaranlagen, be-

treiben Materialforschung und entwickeln neuartige Verfahren zur Wasserstoffherstellung. Das alles mit dem Ziel, später echtes Sonnenlicht mit Spiegeln fokussiert in spezielle Forschungsanlagen zu lenken und dann auf herkömmliche Stromquellen zu verzichten.

Mit einem leisen Rattern fährt das Rolltor vor

dem Reaktor für das Wasserstoffexperiment hoch und gibt den Blick auf die noch ausgeschalteten Strahler frei. Fein säuberlich in Reihen montiert, hängen sie gegenüber der Experimentierkammer an einer Wand, 15 m hoch und 16 m breit. Jede einzelne der 149 Xenon-Gasentladungslampen, wie man sie von ganz normalen Kinoprojektoren kennt, sitzt in dem einen Fokuspunkt eines elliptisch geformten Reflektors aus beschichtetem

Aluminium. Der andere Fokuspunkt liegt 8 m entfernt, genau dort, wo sich die Experimentierkammern befinden. „Damit erreichen wir die höchste Flussdichte direkt auf der Versuchsanordnung“, sagt Laaber.

Um das Licht für das Experiment zu einem einzigen Powerstrahl zu bündeln, müssen die Lampen exakt ausgerichtet werden. Laaber, der nach seinem Maschinenbaustudium IT-Berater bei einem Start-up für Energiemanagementsoftware war, hat speziell ein eigenes Konzept entwickelt, um die dreiaxsig verstellbaren Strahler maschinell anzusteuern. Drei Kammern stehen für die Experimente zur Verfügung. Sie können also parallel vorbereitet werden, müssen allerdings nacheinander ablaufen. Entsprechend oft muss der Brennpunkt der künstlichen Sonne neu ausgerichtet werden.

Allerdings stößt die Anlage irgendwann an ihre geometrischen Grenzen – und zwar bei einem Einstrahlwinkel von 50°. Je schräger die Strahlung beim Auftreffen auf dem Objekt, desto mehr wird reflektiert und desto schwächer ist sie dadurch. Als Optimum hat sich zudem eine kugelförmige Anordnung aller Lampen erwiesen.

Hielte man ein Blatt Papier vor einen der 7-kW-Strahler, würde es sofort Feuer fangen. Wie stark die gebündelte Kraft der künstlichen Sonne tat-

sächlich ist, demonstriert Laabers Team gerne mit einer 5 cm dicken Stahlplatte, die in einer der Kammern aufgehängt ist. Reihe für Reihe werden die Strahler nach und nach angeknipst, alle zusammen bringen es schnell auf eine Temperatur von bis zu 3000 °C. Sekunden nachdem der Lichtstrahl auf den massiven Block trifft tropft bereits flüssiger Stahl herab. Es riecht brenzlich. In nur anderthalb Minuten ist bereits ein rundes Loch entstanden.

Aus Spaß haben die Jülicher Forscher auch schon einmal ein Würstchen im Lichtstrahl gegrillt – allerdings mit einem enttäuschenden Ergebnis. „Das war sofort außen verkohlt, aber innen noch roh“, erzählt der Betriebsingenieur schmunzelnd.

Heute wird in Jülich nicht gegrillt, sondern Wasserstoff erzeugt. In Zeiten von Erderwärmung und Energiewende ist eine der drängendsten Fragen, wie sich erneuerbare Energie etwa aus Solaranlagen speichern lässt. Mit Wasserstoff ginge das, er könnte in flüssiger Form sogar über weite Strecken transportiert werden. Das Problem ist nur: Die Verfahren dazu sind längst noch nicht wirtschaftlich. Auch daran forschen die Jülicher Wissenschaftler.

Die Idee dahinter ist einfach: mit konzentrierter Energie Wasser spalten, um Wasserstoff zu gewinnen. Dazu haben die Forscher den Reaktor mit Platten aus Metalloxid ausgekleidet. Durch die Frontscheibe aus Glas dringt das Licht ein und heizt das poröse Material auf. Bei Temperaturen zwischen 1200 °C und 1400 °C lösen sich aus der Metallstruktur allmählich Sauerstoffatome, das Oxid wird reduziert. Gassensoren testen, bis aller Sauerstoff ausgetrieben und über die Lüftung abgezogen ist. Das kann bis zu einer Stunde dauern.

Erst im zweiten Schritt kommt Wasser ins Spiel. Der Reaktor wird auf etwa 800 °C heruntergekühlt und gleichzeitig wird Wasserdampf über die Flächen geführt, dem das reduzierte Metall sofort den Sauerstoff entzieht. Übrig bleibt Wasserstoff.

Noch sei das Verfahren nicht besonders effizient, meint der Energieexperte. „Es kommen nur ein paar Gramm Wasserstoff hinten raus.“ Eine zentrale Frage ist beispielsweise, ob andere Metalloxide als die bisher verwendeten vielleicht eine höhere Wasserstoffausbeute abwerfen. Außerdem werden die Versuche künftig technisch anspruchsvoller: „Wir wollen den gesamten Prozess automatisieren“, sagt Laaber.

Wegen der enormen Hitzeentwicklung des Lichtstrahls ist die Anlage gut gesichert. Im gesamten Gebäude sind jede Menge Überwachungskameras installiert; die Lampen können

nur eingeschaltet werden, wenn alle relevanten Bereiche durch blickdichte Rolll Tore geschützt sind. Vor jedem Start erklingt eine laute Hupe, um den ohnehin schon sehr eingeschränkten Personenkreis mit Zugangsberechtigung zu warnen.

Trotz aller Sicherheitsvorkehrungen musste schon einmal der Notstopp der Anlage betätigt werden. Bei einem ähnlichen Versuchsaufbau wie heute löste sich die Glasabdeckung am Gehäuse und fiel in den Reaktor. Gefährlich war es dadurch, dass sich während der Wasserstoffherzeugung eine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann, auch wenn die produzierte Menge im Moment noch sehr gering ist. „Wir waren gerade in Phase zwei der Wasserstoffherzeugung – beim Einsprühen des Wasserdampfes“, erzählt der Betriebsleiter. Weil vom Kontrollraum aus kaum zu erkennen war, ob nicht schon kleine Flammen aus dem Reaktor herausschlügen, war der Abbruch des Experiments mehr als angebracht.

Während der Versuche entsteht auch in der Lampenhalle selbst viel Wärme. Die gesamte Rückwand ist deshalb gespickt mit Kühlluft einlässen. Das tiefe Brummen der Ventilatoren erfüllt aber nur die Halle. Die dicken Betonwände des Hauptgebäudes halten die Geräusche fern.

Um die Wärme optimal abzuführen, ist jeder einzelne Strahler zudem mit einer Mikrokühlung ausgestattet, die einen Luftstrom direkt auf die Lampe schickt. Denn ungekühlt würde sie spätestens nach 10 min explodieren. Dieser Ventilator hält außerdem die Temperatur des Reflektors niedrig.

Ungekühlte Außenluft reicht normalerweise, um die Temperatur in der Halle nicht über 50 °C steigen zu lassen; nur im Hochsommer muss gelegentlich die Leistung gedrosselt werden. Oberhalb von 60 °C Innentemperatur schaltet sich die Anlage automatisch aus, um die Elektronik zu schützen. Da die Luft besonders direkt vor den Strahlern stark erhitzt wird, entsteht dort aus dem Luftsauerstoff teilweise seine dreiwertige Variante. „Dann riecht es in der ganzen Halle nach Ozon“, beschreibt es Laaber.

Ausgestattet mit Anzügen und Masken, wie sie Schweißer oder die Stahlarbeiter am Hochofen tragen, können sich die Jülicher Solarforscher bei Bedarf einem eingeschalteten Strahler nähern. Die Schutzausrüstung ist nötig, weil in der gesamten Halle selbst abgewandt vom Lichtstrahl eine hohe UV-Strahlung auftreten kann. „Da würde man schnell einen Sonnenbrand bekommen“, sagt Laaber.

Bei normalen Wartungs- oder Reinigungsarbeiten aber sind die Lampen ausgeknipst. Weil Staub und Partikel auf den Reflektoren die Strahlkraft

mindern, müssen die Lampenschirme drei- bis viermal im Jahr sauber gemacht werden. Normale Arbeiten erfolgen von der Wartungsebene hinter den Strahlern, dafür wird die Lampe einfach mit dem Gestänge zurückgezogen. Defekte Reflektoren in großer Höhe aber lassen sich nur von einer Hebebühne aus tauschen.

Synlight ist nicht der einzige Sonnensimulator. Weltweit sind noch einige ähnliche Anlagen installiert, allerdings mit lediglich 20 kW bis 25 kW Strahlungsleistung. Im Gegensatz dazu bringen es die großen Solartürme, die echtes Sonnenlicht nutzen, auf bis zu 1 MW. Die Jülicher Anlage liegt mit 250 kW bis 300 kW ziemlich genau dazwischen und schließt so eine Lücke für die Forschung.

Grundsätzlich werden hier drei Arten von Versuchen durchgeführt: die Erzeugung von Wasserstoff und andere solarchemische Experimente, das Testen solarthermischer Komponenten, etwa der Receiver für Solarkraftwerke, sowie reine Materialwissenschaft. Beispielsweise werden hier die Hochtemperaturwerkstoffen für jene Hitzekacheln getestet, die Raketen beim Wiedereintritt in die Atmosphäre schützen.

Die nächsten Experimente sind bereits geplant, erzählt Dmitrij Laaber. Auch wenn die meisten Versuche von Solarforschern aus dem DLR selbst betrieben werden, können sich doch auch externe Forschungseinrichtungen oder Unternehmen hier eine Versuchskammer anmieten. Es werden

sich also voraussichtlich noch viele grüne Lindwürmer durch die Jülicher Anlage schlängeln.

Zahlen und Fakten zur Forschungsanlage Synlight

Die 149 Xenonlampen mit jeweils 7 kW Leistung sind in der Anlage Synlight am Jülicher Standort des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) kugelförmig angeordnet. Jeder Strahler sitzt in einem Reflektor aus beschichtetem Aluminium.

Die gesamte Anlage bringt 250 kW bis 300 kW Strahlungsleistung. Dabei kann der Lichtstrahl Temperaturen von bis zu 3000 °C erreichen.

Drei Arten von Forschungsarbeiten werden in Jülich durchgeführt: das Testen von solarthermischen Komponenten, solarchemische Experimente sowie reine Materialwissenschaft.

Die Anlage wurde mit Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft (BMWi) und des NRW-Umweltministeriums gebaut. Das Fördervolumen lag bei 3,5 Mio. € für die Anlage (ohne Gebäude).

Der Anlage wurde im März 2017 eröffnet.

Mit einer Strahlungsleistung von bis zu **300 kW** liegt Synlight zwischen den üblichen kleinen Sonnensimulatoren und großen Solartürmen, die echtes Sonnenlicht nutzen