



Das Kraftwerk der Zukunft

Biogas ist ein wichtiger Faktor für die Energiewende. Ein Start-up hat ein Brennstoffzellenkraftwerk entwickelt, das doppelt so viel grünen Strom erzeugt, wie bisher mit Biogasanlagen möglich war

VON MONIQUE OPETZ

Auf dem Weg zu den Erfindern der preisgekrönten Technologie fährt man ins Grüne, genauer nach Eresing bei München. Am Bahnhof des Ortes stehen inmitten der geparkten Fahrräder auch ein paar schwarze mit dem Logo des Start-ups. Wer vom Team öffentlich anreist, der kann damit in fünf Minuten bis zur Reverion-Zentrale radeln. Dort angekommen, erwarten einen weite Felder, ein Weiher mit Krötengesängen, mehrere blaugüne Container und jede Menge Gasflaschenpaletten.

Die Container sind Mini-Kraftwerke für Biogas, eine Mischung aus Kohlendioxid und Methan. Und sie schaffen etwas, das bisher nicht möglich war. Der Gründer und CEO der Reverion GmbH, Dr. Stephan

Herrmann, hat mit seinem Team eine Technologie entwickelt, die doppelt so viel Strom erzeugen kann, wie bislang mit Biogasanlagen möglich war. Dazu kommt, die



GREEN CHIPS

Neue Technologien für eine klimaneutrale Zukunft

Forschungseinrichtungen, Unternehmen, soziale Initiativen, Tüftler oder Erfinder versuchen den Klimawandel zu stoppen. Sie alle haben eines gemeinsam: Sie sind getrieben von modernsten Technologien. CHIP stellt sie in dieser Rubrik vor

Brennstoffzellen-Kraftwerke sind Doppelagenten. Sie haben noch einen zweiten Betriebsmodus: Sie können aus überschüssigem Strom Energie in Form von Gas speichern. Und zwar über Monate.

„Die Energiewende ist noch nicht zu Ende gedacht“, sagt Herrmann mit etwas kratziger Stimme. Es werde zwar viele Windkraft- und Photovoltaik-Anlagen geben, „es fehlt aber immer noch das Element, das die Energiespeicherung vollumfänglich leisten kann.“ Mit Batterien, die Strom für vier bis fünf Stunden speichern, überbrücke man keine Dunkelflaute, betont der Ingenieur.

Dieses fehlende zentrale Element hat das Start-up entwickelt. Dafür nutzt es Biogas, einen erneuerbaren Energieträger,



© VERONIQUE MAVER, FOTOSTUDIO IMAGO

Läuft: Pilotanlage in Niederbayern
Die Bioenergie GmbH & Co. KG in Waldmünchen setzt bereits seit 2021 auf die neue Technologie



© VERONIQUE MAVER, FOTOSTUDIO IMAGO

der unabhängig von Wind und Sonne jederzeit verfügbar ist. Aktuell erzeugen 9.009 Biogasanlagen eine elektrische Leistung von rund 5.900 Megawatt, schätzt der Fachverband Biogas für 2023: genug Strom für mehr als neun Millionen Haushalte in Deutschland. Das zu verdoppeln, ist die Mission des Start-ups.

Ausgezeichnete Idee

Dass sie damit auf dem richtigen Weg sind, würdigte am Tag zuvor die Technische Universität München (TUM). Sie verlieh Herrmann und seinem Team den Entrepreneurship Award 2024. Mit dem Preis werden Spin-offs ausgezeichnet, deren Forschungs- und Geschäftsideen dazu beitragen, die Gesellschaft nachhaltig zu verändern. Die Freude vom Vorabend ist noch immer da, man habe gut gefeiert und viel gejubelt – was die leicht kratzige Stimme von Herrmann erklärt.

„Wären sämtliche Biogasanlagen in Deutschland mit unserer Technologie ausgestattet, könnten sie genauso viel Strom erzeugen, wie die geplanten 20-Gigawatt-Reservekraftwerke“, sagt er und spielt auf die Kraftwerksstrategie der Bundesregierung an. Doch wie genau funktioniert die Technologie? Das Herzstück sind Festoxid-Brennstoffzellen, so-

genannte SOFC-Hochtemperaturbrennstoffzellen, die reversibel sind. Um diese Doppelfunktion nutzen zu können, kommt es darauf an, wie das System gebaut ist. „Bei der Systemarchitektur, die andere Firmen rund um den Globus verkaufen, sind sie inhärent nicht reversibel“, erklärt der Ingenieur.

Das liege daran, wie das Gas für die Brennstoffzellen behandelt wird. An dieser Stelle setzt das Start-up an – und konzipiert seine Systemarchitektur komplett neu. Bisherige Brennstoffzellen-Systeme sind so gebaut, dass sie weder den extrem hohen Wirkungsgrad noch die Reversibilität nutzen können. Sie benötigen mehr Gas, als sie effektiv nutzen können. Das überschüssige Gas dient zum Schutz der Brennstoffzellen und wird verbrannt. Mit der Reverion-Technologie gelingt es hingegen, das Brenngas besser auszunutzen: „In klassischen Systemarchitekturen gelingt das zu zwei Dritteln bis zu drei Vierteln – bei uns vollständig“, erklärt er. Das Ergebnis ist ein hoher Wirkungsgrad bis zu 80 Prozent.

Übrig bleibt am Ende reines CO₂, das die Anlage als Gas auffängt und das über BECCS (Bioenergy with Carbon Capture and Storage) gespeichert oder genutzt werden kann, etwa in der chemischen

„Wir liefern das fehlende Puzzlestück für eine erfolgreiche Energiewende“

Dr. Stephan Herrmann
CEO, Reverion GmbH

Industrie, die bis 2040 auf grünen Kohlenstoff umsteigen möchte. Möglich ist auch die Nutzung für den zweiten Betriebsmodus. Gibt es überschüssigen Strom, kann Kohlendioxid mit Wasserdampf wieder in Methan umgewandelt werden.

Eingebung über Nacht

Dass aus der Forschungsidee eine Firma wird, war nicht geplant. Das habe sich Schritt für Schritt entwickelt, erzählt Herrmann. Begonnen hat alles mit Brennstoffzellen im Labor. Daneben beschäftigt er sich mit Mehrsystemarchitekturanalyse und Thermodynamik. All das bringt er schließlich zusammen, weil es seit jeher eine Diskrepanz gegeben habe zwischen dem, was Brennstoffzellen als Einzelteil zu leisten imstande sind, und dem, was Systeme oder Kraftwerke leisten können.



© VERONIQUE MAVER, FOTOSTUDIO IMAGO

Kompakte Technologie

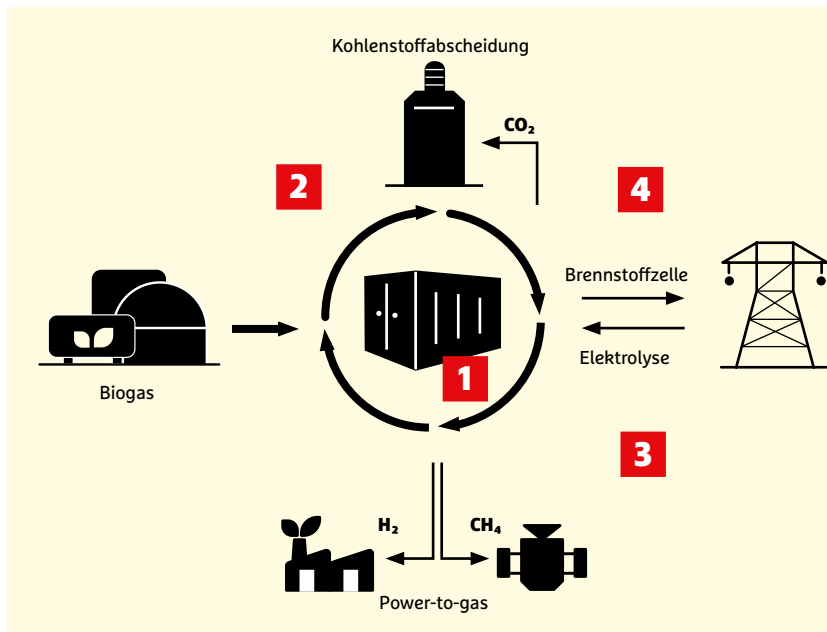
Das Brennstoffzellenkraftwerk passt in einen handelsüblichen Container, der unkompliziert an Biogasanlagen angedockt wird



© SEBASTIAN KISSEL

Ausgezeichnete Geschäftsidee

Reverion-Gründer Stephan Herrmann (l.) erhält von Gerhard Kramer, Vizepräsident der TUM, den Entrepreneurship Award 2024



Reversible Brennstoffzellentechnologie

Die Anlage kann Biogas mit einem Wirkungsgrad von 80 Prozent in Strom umwandeln und grünen Wasserstoff oder Methan erzeugen.

- 1 Das Container-Kraftwerk basiert auf hocheffizienten Hochtemperatur-Brennstoffzellen.
- 2 Nachdem das Biogas gereinigt wurde, fließt es in die Festoxid-Brennstoffzellen der Anlage, wo es elektrochemisch in Strom umgewandelt wird. Das CO₂ wird aufgefangen und kann genutzt oder gespeichert werden.
- 3 Bei Bedarf kann die Anlage grünen Wasserstoff oder Methan aus überschüssigem Solar- oder Windstrom gewinnen.
- 4 Die Anlage kann zwischen der Stromerzeugung und der Elektrolyse automatisch umschalten.

„Da gab es einen riesigen Unterschied. Und ich habe mich gefragt, woran das liegt“, so der Physiker und Ingenieur.

Es folgen zahlreiche Analysen und Berechnungen. Die entscheidende Idee entsteht während seiner Doktorarbeit über die Verwertung von Biogas mittels Brennstoffzellen. Eines nachts sei er aufgewacht mit einer Eingebung, die seine Forschung zum Erfolg katapultiert. Die Idee landet dann zunächst in einer E-Mail an ihn selbst, bevor er weiterschläft.

Feldtest erfolgreich

Nachdem er daran eine Weile allein arbeitet, spricht er seinen späteren Mitgründer Felix Fischer an. Der arbeitet an dem Komplementärteil zu den Brennstoffzellen, das für das System nötig ist. Nach gemeinsamen Laborversuchen bauen sie eine Forschungsgruppe auf. Mit einer BMBF-Förderung von 1,8 Millionen Euro entsteht

eine Prototypanlage am Lehrstuhl für Energiesysteme. Diesen Prototyp bringt die Truppe Ende 2021 in einen Feldtest. Für knapp drei Monate ist er mit einer Biogasanlage in der Nähe von Erding gekoppelt. Die Eltern eines Kommilitonen betreiben dort eine Biogasanlage.

Die Anlage läuft dort erstmalig mit echtem Biogas – und erregt die Aufmerksamkeit von anderen Biogasbetreibern aus der Region und von ersten Investoren. „Damals hatten wir noch nicht mal eine eigene Firma gegründet“, erinnert sich Herrmann. Der Feldtest habe sehr geholfen. Denn für Investoren sei es wichtig zu sehen, dass ein Start-up bereits eine funktionierende Anlage hat. „In der Regel passiert das erst Jahre nach der Gründung“, sagt er. Auch der Fachverband Biogas schaut damals vorbei und ist beeindruckt. „Sollten sich die prognostizierten Wirkungsgrade in der Praxis bestätigen“, sagt

der Geschäftsführer Manuel Maciejczyk auf Nachfrage, „hat die Technik das Potenzial, den Energiemarkt komplett zu verändern und Biogas unentbehrlich für die Energiewende zu machen.“

Serienproduktion geplant

Die Container am Standort tragen die Namen der ersten Mitarbeitenden. Auf Schildern steht: „Anlage 4 Thomas“ oder „Anlage 2 Tobias“. In einem der Container arbeitet gerade der Automation Engineer Lior Boulgakov. Er steht mit seinem Laptop vor einem Schaltschrank und ist mit dem Setup des Routers beschäftigt. Auch der Prototyp aus den Anfangszeiten an der TUM steht hier. Er hat eine Leistung von zehn Kilowatt; die Pilotanlage von 100 Kilowatt. Zwischen dem Prototyp und der Werkstatt wird inzwischen die Mittagspause eingeläutet. Einige der über 110 Mitarbeitenden machen es sich an Biertischen



Grandioses Gründungsteam

Felix Fischer (von links), Jeremias Weinrich, Stephan Herrmann, Luis Poblitzki und Maximilian Hauck

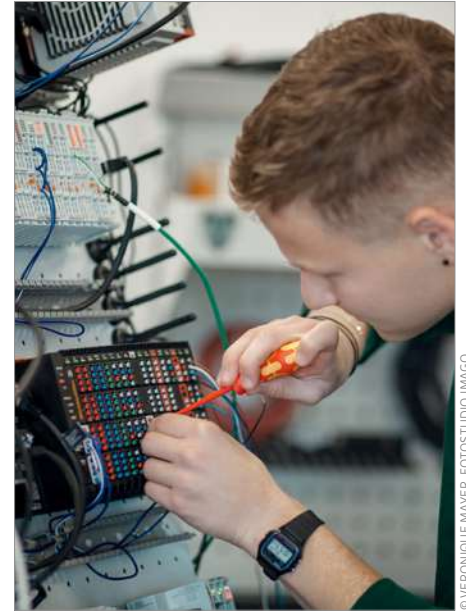


Werkstatt-Vibes

Die Montagearbeiten für die innovativen Systeme finden in der Werkshalle in Eresing bei München statt



Prüfender Blick
Lead Engineer
Reactor Christina
Schedel testet
die Komponenten,
bevor die Anlage in
Betrieb geht



An der Teststation
Lior Boulgakov versorgt die Ein- und
Ausgabekarten mit Stromleitungen

in der Sonne gemütlich. Essen gibt es von der Online-Kantine.

Über die Testanlagen konnte das Startup zeigen, dass beide Betriebsmodi gut funktionieren. „Aber es gibt immer Potenzial für Verbesserungen“, räumt CEO Herrmann ein. Aktuell arbeitet das Team auf den Design Freeze für die Serienproduktion hin. Das bedeutet, sämtliche gestalterischen Faktoren werden ab einem bestimmten Zeitpunkt fixiert.

Auch die Skalierung vom 10-Kilowatt-Prototypen hin zu einer 100-Kilowatt-Anlage fordert die Truppe zunächst. So müssen teilweise neue Bauteile eingesetzt werden, weil die alten in der benötigten Größe nicht vorhanden sind. Ebenfalls tricky: Von den Herstellern gibt es immer nur eine Größe an Brennstoffzellen. Das heißt, ein Brennstoffzellen-Stack hat je nach Hersteller typischerweise drei oder fünf Kilowatt Leistung. Bei einer 100-Kilowatt-Anlage muss also darauf geachtet werden, dass 20 von diesen Stacks sauber elektrisch kontaktiert werden – damit das Brenngas und die Luft nicht nur wie beim Prototyp auf zwei, sondern auf 20 Stacks gleichmäßig verteilt werden.

Von den Skalierungsthemen sind die meisten inzwischen erledigt. An ein paar

Verbesserungen wird das Team weiterarbeiten, auch über den ersten Design Freeze hinaus. „Wir beschäftigen uns damit, wie wir die Anlagenkomponenten einfacher, günstiger, leichter und schneller fertigen können. Das ist ein kontinuierlicher Prozess“, so Herrmann.

Plug and Play

Um die Technologie bei Biogasanlagen zu installieren, müsse die Anlage nur an das Gas angeschlossen werden. Das funktioniert im Grunde genommen wie Plug & Play, so Herrmann.

Das Gas aus Biomasse strömt dann aus dem Gärbehälter durch Aluminiumleitungen und wird zunächst gereinigt. Danach landet es in den Hochtemperatur-Brennstoffzellen, die in einer elektrochemischen Reaktion Strom erzeugen. Die Anlage läuft vollautomatisch und wird an ein virtuelles Kraftwerk angebunden.

Dazu kommt eine Schnittstelle zwischen der Anlage und einem Energiemarkt-Anbieter, der Strom an der Börse handeln. Dieser Strombörsen-Handel wird mit KI-Prognosen optimiert. Je nach dem, ob Strom produziert werden soll, erhalten die Anlagen automatisch ein Signal aus dem virtuellen Kraftwerk. 70 Anlagen sind

vorbestellt. Unter den Interessenten sind Biogasanlagenbetreiber – vom einzelnen Landwirt oder Familienbetrieb bis zum Großkonzern. Die Produktion soll zunächst am Standort in Eresing stattfinden. Das Unternehmen hat sich flächenmäßig bereits ausgeweitet. In Kürze entsteht noch eine Halle für die Endmontage. „Unser Ziel ist es, mit der Infrastruktur, die wir hier aufbauen, auf eine Anlage pro Woche zu kommen“, so der Geschäftsführer. Etwa 50 Stück pro Jahr peilt er an. Alles weitere müsse an einem anderen Standort passieren.

Einen neuen Standort benötigen auch die zahlreichen Auszeichnungen, die bis jetzt auf mehreren Fensterbrettern des Großraumbüros stehen. Für den TUM Entrepreneurship Award ist jedenfalls kaum noch Platz.

redaktion@chip.de



Blick ins Kraftwerk
Mitgründer und CTO Maximilian Hauck arbeitet
an einem Reverbion-Kraftwerk



In der Schaltzentrale
Jeremias Weinrich, Mitgründer und CPO, kontrolliert
den Schalt- und Steuerschrank einer Anlage