

# Eine Bioraffinerie für die Kreislaufwirtschaft von industriellen Reststoffströmen

## SmartBioH2-BW – grüner Wasserstoff und organische Grundstoffe aus Reststoffen in Rheinfelden

Die Bioraffinerie SmartBioH2-BW wurde im Rahmen des vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB koordinierten Projekts am Industriestandort von Evonik aufgebaut und nun im August eröffnet. Sie nutzt in der Produktion anfallende Spülwässer und Reststoffe, um daraus mithilfe zweier gekoppelter biotechnologischer Verfahren grünen Wasserstoff und organische Grundstoffe herzustellen. Nun startet der Testbetrieb unter realen Bedingungen.



### Keywords

- **Kreislaufwirtschaft**
- **Bioverfahrenstechnik**
- **Wasserstoff**

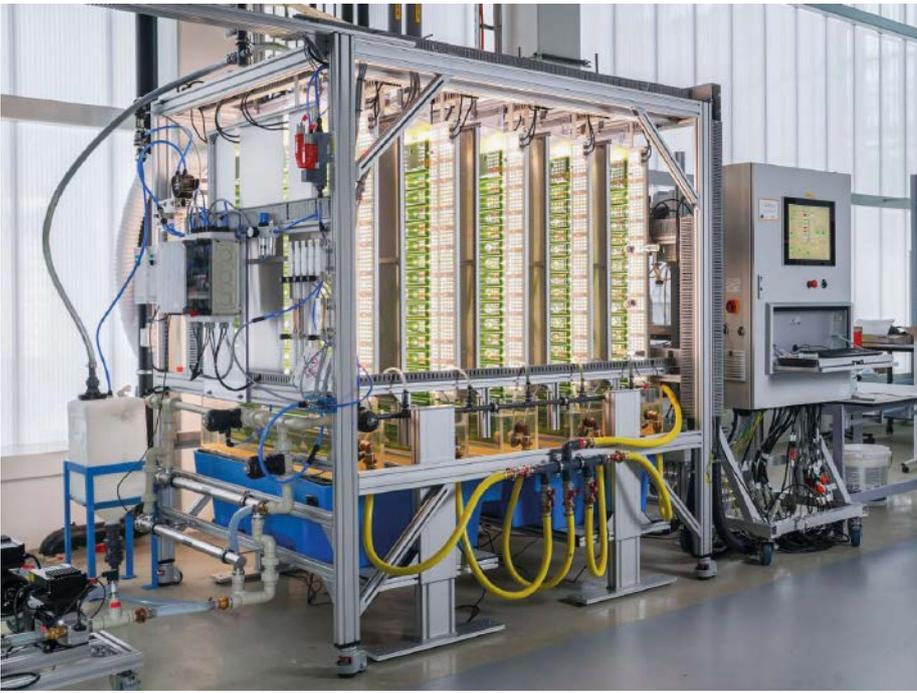


Geschlossener 50-Liter-Edelstahl-Bioreaktor zur Kultivierung der Purpurbakterien in einem größeren Maßstab.

Abfall und Abwasser sind weltweit eine bisher nur wenig genutzte Ressource. Mit dem Förderprogramm „Bioökonomie – Bioraffinerien zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abfall und Abwasser – Bio-Ab-Cycling“ will Baden-Württemberg dies ändern. Seit Oktober 2021 fördert das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg mit Landesmitteln und Mitteln aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) den Aufbau modularer Bioraffinerien, um zu erproben, wie mittels nachhaltiger Bioökonomie hochwertige Rohstoffe aus Abfall und Abwasser zurückgewonnen werden können.

Eine der geförderten Demonstrationsanlagen ist die Bioraffinerie des Projekts SmartBioH2-BW, die am 3. August 2024 von Dr. Andre Baumann, Staatssekretär im Umweltministerium, eingeweiht wurde. „Wir brauchen dringend einen gesellschaftlichen Wandel – weg vom Einsatz fossiler oder knapper Ressourcen hin zur Nutzung biobasierter oder im Kreislauf geführter Stoffe“, so Staatssekretär Dr. Baumann. „Hier werden Verfahren, die im kleinen Maßstab einzeln bereits funktionieren, in Demonstrations- und Pilotanlagen kombiniert und erprobt. Dies ist eine wichtige Zwischenstufe, damit die Verfahren im nächsten Schritt in den Kommunen oder in der Industrie zum Einsatz kommen können.“

Die Anlage steht auf dem Gelände von Evonik in Rheinfelden, die als assoziierter Partner im Projekt beteiligt ist. An ihrem Standort in Südbaden produziert Evonik unter anderem Wasserstoffperoxid, das als Desinfektionsmittel – etwa für Joghurtbecher – eingesetzt wird.



© Fraunhofer IGB

Das im Prozess von den Purpurbakterien gebildete Kohlenstoffdioxid wird der angekoppelten Mikroalgenanlage zugeführt.

Hierfür wird, ebenso wie für andere Produktionsprozesse im Werk, Wasserstoff benötigt, den das Unternehmen seit Jahrzehnten direkt vor Ort aus Erdgas produziert.

„Der Standort von Evonik in Rheinfelden hat sich auf die Fahne geschrieben, die grüne Transformation unserer Branche voranzutreiben“, so Hermann Becker, Standortleiter von Evonik. „Mit dem gemeinsamen Forschungsprojekt und der zukunftsweisenden Pilotanlage wollen wir zeigen, wie das im Sinne der Kreislaufwirtschaft gehen kann – sauberer Wasserstoff gewonnen aus Spülwasser und Reststoffen ist eine Win-win-win-Situation für die Umwelt, die Chemieindustrie und die Wissenschaft.“

**Intelligent gekoppelte Biotechnologie für die Bioraffinerie**

Die Bioraffinerie wurde vom Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart konzipiert, geplant und aufgebaut. Sie besteht aus zwei gekoppelten Verfahrensmodulen zur biotechnologischen Produktion von Wasserstoff: der fermentativen Dunkelphotosynthese durch Purpurbakterien und einem zweistufigen Prozess mit Mikroalgen.

„Durch die intelligente Kopplung dieser beiden Verfahren zu einem kombinierten Bioraffinerie-Konzept wird es möglich, industrielle feste und flüssige Reststoffströme, die in der Produktion am Standort anfallen und bisher teuer als Abfall und Abwasser entsorgt werden mussten, effizient und ohne Emissionen als Rohstoffe zu nutzen, um daraus den Zukunftsenergieträger Wasserstoff und weitere wert-

schöpfende biobasierte Produkte herzustellen“, erläutert Dr.-Ing. Ursula Schließmann, stellvertretende Institutsleiterin des Fraunhofer IGB und Koordinatorin des Projekts.

Zunächst galt es hierfür zu untersuchen, wie sich die Reststoffströme des Standorts genau zusammensetzen und ob die Organismen tatsächlich mit ihnen zurecht kommen. Als flüssige Reststoffströme fallen in Rheinfelden Spülwässer an, mit denen die Produktionsanlagen gereinigt werden. Sie enthalten viel Ethanol, einen Alkohol. „Es ist ja denkbar, dass Spülwässer weitere Substanzen enthalten, die toxisch oder hemmend auf die Bakterien und Mikroalgen wirken“, erklärt Schließmann. Die Verfahren wurden daher erst am Fraunhofer IGB separat unter Laborbedingungen mit den Abfallströmen der Evonik getestet und dann in einen größeren Maßstab skaliert.

„Unsere Analysen haben gezeigt, dass das Spülwasser neben Ethanol auch weitere Alkohole sowie Reste der synthetisierten Produkte enthält. Diese beeinträchtigen aber weder das Wachstum der Purpurbakterien noch das der Mikroalgen“, so Schließmann.

Im Juli 2024 wurden die beiden Bioverfahrensmodule zum Werk nach Rheinfelden transportiert und in Betrieb genommen. Nachdem die Verfahrenseinheiten nun miteinander gekoppelt sind, kann der Demonstrationsbetrieb unter realen Bedingungen starten.

**Wasserstoffproduktion mit Dunkelfermentation von Purpurbakterien**

In der ersten Stufe der Bioraffinerie kommt das Purpurbakterium *Rhodospirillum rubrum* zum

**AKTIVKOHLE IN DER KREISLAUFWIRTSCHAFT**

Unsere Aktivkohle kann durch Reaktivierung mehrfach verwendet werden, statt sie zu entsorgen, um so ressourcenschonend in die Kreislaufwirtschaft zurückgeführt zu werden. Egal ob für fest installierte Filtereinheiten oder mobile Filtersysteme:

CarboTech bietet für beide Varianten einen umfassenden 360°-Service an, bei dem der Kunde sich die Service-Bausteine selbst zusammenstellen kann.



Elisenstraße 119 | 45139 Essen | Germany  
+49 (0) 201-24 89 900 | info@carbotech.de  
carbotech.de



Standortleiter Hermann Becker (Evonik) im Gespräch mit Projektkoordinatorin Dr.-Ing. Ursula Schließmann (Fraunhofer IGB) vor der Bioraffinerie, die aus gekoppelten biotechnologischen Verfahren mit Purpurbakterien in geschlossenen Bioreaktoren (links) und Mikroalgen in einem kompakten Photobioreaktor (rechts) besteht.

Einsatz, das mittels der Dunkelphotosynthese, einer neuen Art der Fermentation, auch ohne Licht aus verschiedenen Kohlenstoffsubstraten Wasserstoff erzeugen kann. In Rheinfelden dient den Purpurbakterien Ethanol aus dem Spülwasser als Kohlenstoffsubstrat und Energiequelle.

Für ein ausreichendes Wachstum und die Synthese von Wasserstoff musste die Zusammensetzung des Fermentationsmediums angepasst werden, wie sich bereits im Labor in Stuttgart gezeigt hatte. Dann produziert das Bakterium nicht nur den begehrten Wasserstoff, sondern auch weitere nutzbare Produkte wie Carotinoide, fettlösliche Pigmente bspw. für die Kosmetik, oder den Biokunststoff Polyhydroxyalkanoat (PHA) – sowie Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) als Nebenprodukt. „Da die wasserstoffproduzierenden Enzyme der Purpurbakterien sehr sauerstoffempfindlich sind, ist die präzise Kontrolle des Sauerstoffgehalts bei der Fermentation eine Herausforderung im Betrieb“, ergänzt Dr.-Ing. Susanne Zibek, Leiterin der Bioprozessentwicklung am Fraunhofer IGB.

### Mikroalgen binden Nebenprodukt CO<sub>2</sub>

Um die Emission von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre zu vermeiden, wird CO<sub>2</sub> in einem weiteren Schritt der zu diesem Zweck angekoppelten Mikroalgenanlage zugeführt. Denn die photosynthe-

tisch wachsenden Mikroalgen benötigen für den Aufbau von Biomasse oder Speicherprodukten – genau wie grüne Pflanzen – CO<sub>2</sub> und dazu nur Licht und Nährstoffe.

In der SmartBioH2-Demonstrationsanlage werden Mikroalgen der Art *Chlorella sorokiniana* in einem mittels LED beleuchteten kompakten Photobioreaktor kultiviert. Der Reaktor zeichnet sich durch einen hohen Automatisierungsgrad aus und bietet viel Volumen auf nur wenig Fläche. Das Verfahren wird so betrieben, dass die Mikroalgen aus dem anfallenden CO<sub>2</sub> Stärke als nutzbares Produkt herstellen. Die benötigten Nährstoffe stammen dabei aus einem zweiten in Rheinfelden, diesmal in fester Form anfallenden Reststoffstrom: Ammoniumchlorid.

Auch Mikroalgen sind unter bestimmten Bedingungen in der Lage, Wasserstoff zu bilden. Sie spalten hierzu Wasser mithilfe von Lichtenergie in Wasserstoff und Sauerstoff. „Um den Prozess technisch nutzen zu können, muss der entstehende Sauerstoff auch hier kontinuierlich aus dem System entfernt werden, da er die Wasserstoffproduktion der Algenzellen hemmt“, erläutert Dr. Ulrike Schmid-Staiger, Leiterin der Algenbiotechnologie am IGB. „Ein gänzlich neuer Photobioreaktortyp, der hierzu entwickelt wurde, wird in wenigen Wochen in die Bioraffinerie integriert, um die Gesamtausbeute an Biowasserstoff weiter zu erhöhen“, so die Expertin.

### Prozessmodell zur Bewertung

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung beteiligt sich an dem Projekt mit der Erstellung eines Prozessmodells, das die wichtigsten Inputs und Outputs des gesamten Bioraffineriekonzepts vorhersagen kann. Das Modell bildet auch die Grundlage für die ökologische und ökonomische Bewertung der Bioraffinerie. „So können Verbesserungspotenziale identifiziert und die Entwicklung der eingesetzten Technologien gesteuert werden“, sagt Edgar Gamero Fajardo vom Fraunhofer IPA. „Auf Basis der praktischen Erfahrungen können wir anschließend ermitteln, ob sich eine Anlage im industriellen Maßstab auch wirtschaftlich rentieren würde. Wichtig ist dabei, dass wir einen hohen Grad an Automatisierung vorgesehen haben, um die Ausbeute der Anlage zu verbessern“, so Schließmann. Aber auch die eingesparten Entsorgungs- und Transportkosten tragen zur Gesamtbilanz bei.

### Förderung des Projekts

Das Projekt „SmartBioH2-BW – Biowasserstoff aus industriellen Abwasser- und Reststoffströmen als Plattform für vielseitige Biosynthesewege“ wird von Oktober 2021 bis Oktober 2024 durch das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg im Rahmen des EFRE-Programms „Bioökonomie – Bioraffinerien zur Gewinnung von Rohstoffen aus Abfall und Abwasser – Bio-Ab-Cycling“ gefördert. Kooperationspartner sind das Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB (Koordination), Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, die Universität Stuttgart, Institut für Biomaterialien und biomolekulare Systeme IBBS, Universität Stuttgart, Institut für Energieeffizienz in der Produktion EEP und Evonik als assoziiertes Partner.

Wiley Online Library



Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, Stuttgart  
Dr.-Ing. Ursula Schließmann  
Tel.: +49 711 970-4222  
www.igb.fraunhofer.de