

# FORSCHUNG KOMPAKT

FORSCHUNG KOMPAKT

2. Dezember 2024 || Seite 1 | 5

**Holzbasierte Kreislaufwirtschaft**

## Biowasserstoff aus Holzabfällen

**Holzabfälle werden bislang kostenintensiv entsorgt und in Verbrennungsanlagen allenfalls energetisch verwertet. In der Region Schwarzwald nutzen Fraunhofer-Forschende die wertvolle Ressource zur Herstellung von Biowasserstoff. Im Verbundvorhaben »H<sub>2</sub>Wood – BlackForest« wurden eigens Fermentationsverfahren mit wasserstoffproduzierenden Bakterien und Mikroalgen zur biotechnologischen Erzeugung des grünen Energieträgers entwickelt. Bereits 2025 soll eine Pilotanlage zur Produktion von Biowasserstoff in Betrieb genommen werden. Eine im Rahmen des Projekts veröffentlichte Untersuchung beleuchtet darüber hinaus die Potenziale, Barrieren und Maßnahmen zur regenerativen Wasserstoffherzeugung aus Rest- und Altholz in der Region Schwarzwald.**

In der Region Schwarzwald sind zahlreiche holzverarbeitende Unternehmen ansässig, unter anderem haben sich dort viele Möbelhersteller niedergelassen. Bei der Verarbeitung der Möbel, aber auch bei der Entsorgung von Paletten und beim Abbruch von Gebäuden fallen große Mengen an Holzabfällen an, die bislang in Verbrennungsanlagen entsorgt werden. Da Altholz häufig Holzschutzmittel enthält, die aufgrund ihrer gesundheitsschädlichen Wirkung längst verboten sind, muss die Abluft der Verbrennung zudem kostenintensiv gereinigt werden. Für Fraunhofer-Forschende war dies der Anlass, nach alternativen Nutzungsmöglichkeiten des regionalen Holzabfalls zu suchen. Die Idee: Man könnte das Rest- und Altholz für die Herstellung von regenerativem Wasserstoff verwenden und mithilfe biotechnologischer Prozesse Biowasserstoff aus den Abfällen gewinnen – ganz im Sinne einer holzbasierten Kreislaufwirtschaft. Der Trick: Die Forschenden nutzen den aus dem Holz gewonnenen Zucker für die Produktion von Wasserstoff mittels Bakterien. Dabei entstehendes CO<sub>2</sub> setzen sie für die Herstellung von Mikroalgen ein, die ebenfalls Wasserstoff produzieren können. An der Realisierung des 2021 initiierten Verbundvorhabens H<sub>2</sub>Wood – BlackForest sind neben dem Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB und dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA auch die Universität Stuttgart, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF, und der Campus Schwarzwald beteiligt. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF fördert das Projekt mit 12 Millionen Euro.

---

### Kontakt

**Monika Landgraf** | Fraunhofer-Gesellschaft, München | Kommunikation | Telefon +49 89 1205-1333 | [presse@zv.fraunhofer.de](mailto:presse@zv.fraunhofer.de)

**Dr. Claudia Vorbeck** | Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB | Kommunikation | Telefon +49 711 970-4031 | Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart | [www.igb.fraunhofer.de](http://www.igb.fraunhofer.de) | [claudia.vorbeck@igb.fraunhofer.de](mailto:claudia.vorbeck@igb.fraunhofer.de)

**Jörg-Dieter Walz** | Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA | Telefon +49 711 970-1667 | Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart | [www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de) | [joerg-dieter.walz@ipa.fraunhofer.de](mailto:joerg-dieter.walz@ipa.fraunhofer.de)

Der Herstellungsprozess des Biowasserstoffs startet mit der Vorbehandlung des Alt- und Restholzes. Zunächst werden die Holzabfälle, etwa Paletten oder alte Gartenzäune, aufgeschlossen und in ihre Grundbestandteile zerlegt. Hierzu kochen die Forschenden das Holz unter Druck bei bis zu 200 °C in einem Ethanol-Wasser-Gemisch. Lignin sowie Klebstoffe, Lösemittel und Lacke aus den Holzabfällen lösen sich im Ethanol, sodass die chemischen Störstoffe hierbei von der Holzfaser getrennt werden. Im nächsten Schritt wird die beim Kochen übrigbleibende Holzfaserfraktion, die Cellulose, und teilweise die Hemicellulose in einzelne Zuckermoleküle – Glucose und Xylose – gespalten, die den wasserstoffproduzierenden Mikroorganismen als Futter bzw. als Substrat dienen. »Das Trennen von Holz in seine Fraktionen ist ein Prozess, der Erfahrung voraussetzt. Wir nutzen hier unsere jahrelange Expertise, die wir mit dem Aufbau unserer Lignocellulose-Bioraffinerie in Leuna erwerben konnten«, sagt Dr. Ursula Schließmann, stellvertretende Institutsleiterin am Fraunhofer IGB in Stuttgart, bei dem die Projektkoordination und die Technologieentwicklung liegen. Für die Umwandlung der gewonnenen Zucker in Wasserstoff haben die Forscherinnen und Forscher am Fraunhofer IGB zwei miteinander verknüpfte Fermentationsverfahren mit wasserstoffproduzierenden Bakterien und Mikroalgen etabliert.

---

**FORSCHUNG KOMPAKT**2. Dezember 2024 || Seite 2 | 5

---

### **Neben Wasserstoff fallen kohlenstoffbasierte Koppelprodukte an**

Bei der Vorbehandlung fallen Nebenprodukte an wie Lignin und bei der biotechnologischen Umwandlung des Holzes wird neben Wasserstoff CO<sub>2</sub> freigesetzt, das über die Mikroalgenproduktion zu Koppelprodukten wie beispielsweise Stärke und Carotinoiden umgewandelt wird. Dr. Schließmann erläutert den Kaskaden-Prozess: »Bei der Fraktionierung des Holzes werden die Holzfasern von Lignin befreit, das neben Cellulose und Hemicellulose 20 bis 30 Prozent der Holzzellwandsubstanz bildet. Dieses Lignin, als eines der Koppelprodukte, ist vielseitig einsetzbar – etwa in Verbundwerkstoffen. Ein Anwendungsbeispiel sind Verschalungen im Auto.« Aus den langen Zuckerkettenmolekülen der Cellulose wiederum wird Glucose gebildet, die in den Fermenter mit Bakterien gegeben wird und als Kohlenstoff-Quelle dem Bakterienwachstum dient. Die Bakterien produzieren Wasserstoff und CO<sub>2</sub>. Aus dem Gasgemisch trennen die Forschenden das CO<sub>2</sub> ab und führen es dem Algenreaktor, einem Photobioreaktor, zu. Die Mikroalgen sind in der Lage, als Kohlenstoff-Quelle CO<sub>2</sub> zu nutzen und sich zu vermehren. Anders als Bakterien benötigen sie keinen Zucker. »Die Stoffwechselprodukte der Bakterien, also der vermeintliche Abfallstrom CO<sub>2</sub>, stellt also die Nahrung für die Mikroalgen dar und geht nicht als schädliches Klimagas in die Abluft. Die Mikroalgen synthetisieren daraus unter Lichteinfluss Carotinoide bzw. Pigmente als weitere, von unterschiedlichen Industriebranchen verwertbare Koppelprodukte.« In einem zweiten Schritt werden die Mikroalgen in einen speziell dafür entwickelten Reaktor überführt, in dem sie mittels direkter Photolyse Wasserstoff freisetzen.

### **Biotechnologisches Verfahren mit hoher Wasserstoff-Ausbeute**

Die Projektpartner rechnen mit einer hohen Ausbeute: Aus einem Kilogramm Altholz lassen sich zunächst etwa 0,2 Kilogramm Glucose gewinnen. »Anschließend können

---

wir damit mit anaeroben Mikroorganismen 50 Liter H<sub>2</sub> herstellen«, sagt Dr. Schließmann. Bei der Fermentation mit den anaeroben Bakterien entsteht auch zu gleichen Anteilen, also 50 Prozent, CO<sub>2</sub>. Nach Abtrennung des Wasserstoffs aus dem Gasgemisch lässt sich aus ca. zwei Kilogramm CO<sub>2</sub> im Photobioreaktor ein Kilogramm Mikroalgenbiomasse erzeugen. Diese Biomasse hat einen Stärkegehalt von bis zu 50 Prozent. Zudem enthält sie das Farbpigment Lutein. Das Koppelprodukt Algenbiomasse könnte beispielsweise mittels Bakterien für Kunststoffkomponenten genutzt werden.

Die modular erweiterbare Pilotanlage mit den drei Bioreaktoren wird derzeit aufgebaut. Anfang 2025 soll die Bioraffinerie am Campus Schwarzwald den Betrieb aufnehmen. Unterschiedliche Prozessschritte lassen sich künftig modular kombinieren – eine ideale Voraussetzung für die Erprobung neuer Technologien.

### **Wasserstoff-Roadmap für die Region Schwarzwald**

Im Projekt widmet sich das Fraunhofer IPA gemeinsam mit dem Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb IFF im Rahmen einer Untersuchung der Frage, wie der lokale Bedarf an grünem Wasserstoff in den Sektoren Industrie, Verkehr sowie Haushalte und Gebäude gedeckt werden kann und welche Mengen an Rest- und Altholz für dessen Erzeugung verfügbar sind. Ergebnis dieser Wasserstoff-Roadmap sind zudem Handlungsempfehlungen für den Ausbau der Wasserstoffwirtschaft in der Region Schwarzwald. Die vorgeschlagenen Maßnahmen umfassen die Förderung von Forschung und Entwicklung, den Ausbau der regionalen Wasserstoffinfrastruktur sowie die Stärkung der Sektorkopplung, um den Wasserstoff als integralen Bestandteil der Energiewende zu etablieren. »Die Untersuchung zeigt, dass die Region Schwarzwald ein signifikantes Potenzial für die Erzeugung von Wasserstoff aus lokalen Ressourcen besitzt, dieses Potenzial jedoch nur durch die Weiterentwicklung der Technologien und den Ausbau der Infrastruktur vollständig ausgeschöpft werden kann«, sagt Vladimir Jelschow, Wissenschaftler am Fraunhofer IPA und einer der Autoren der Wasserstoff-Roadmap.



**Abb. 1 Mit Holzschutzmitteln behandeltes Altholz muss derzeit in genehmigten Großkraftwerken verbrannt werden. In H<sub>2</sub>Wood entstehen daraus Wasserstoff, Carotinoide und Stärke.**

© Fraunhofer IGB

---

**FORSCHUNG KOMPAKT**  
2. Dezember 2024 || Seite 4 | 5

---



**Abb. 2 Von links: Unbehandeltes Altholz, Holz in der Aufschlusslösung, Cellulosefasern (nach Kochung und Waschgang), Zuckerlösung aus Cellulosefasern, anaerober Wasserstoffproduzent (Bakterien), Mikroalgen**

© Fraunhofer IGB



**Abb. 3 Die Bakterien wachsen mit den aus dem Holz gewonnenen Zuckern und bilden dabei Wasserstoff und CO<sub>2</sub>.**

© Fraunhofer IGB

---

**FORSCHUNG KOMPAKT**  
2. Dezember 2024 || Seite 5 | 5

---