

## Hot and Sour

### Symbiose von chemischer und biologischer Katalyse in der Bioraffinerie der Zukunft

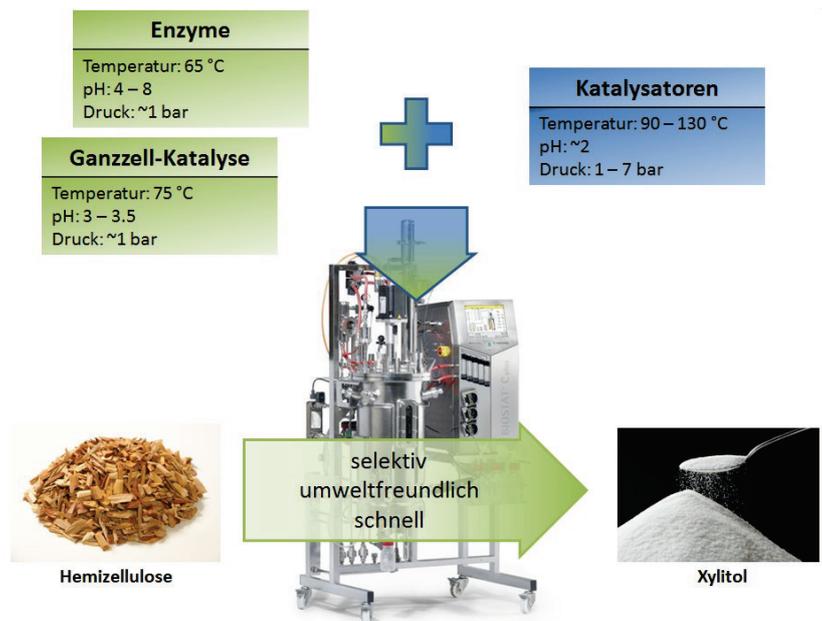
Als Grundlage für eine nachhaltige Industrie und als Beitrag zur Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen ist es notwendig, derzeitige Abfallströme umweltschonend und wirtschaftlich zu nutzen. Beispielsweise fällt Hemizellulose als Abfallprodukt in der Zellstoff- und Papierindustrie an und wird bislang noch selten in eine weitere Wertschöpfungskette integriert.

### Zielsetzung

Ziel der Forschung ist es, einen neuen Bioraffinerie-Hybridprozess zu entwickeln, in dem chemische Katalysatoren, Enzyme und Extremophile (Mikroorganismen, Ganzzellen) kombiniert werden. Dieser neuartige Prozess sollte möglichst in einer einzigen „One-pot“-Reaktion realisiert werden und eine einfache Wiederverwendung kostbarer Enzyme und Kofaktoren sowie kontinuierliche Produktgewinnung ermöglichen. Anhand einer kostengünstigen und ressourcenschonenden Methode zur Herstellung des Zuckerersatzstoffs Xylitol aus dem Abfallstoff Hemizellulose soll die Grundlage für eine breit anwendbare Plattform-Technologie geschaffen werden. Xylitol ist in der Lebensmittel- und Chemieindustrie sehr gefragt, da es trotz hoher Süßkraft eine stark verminderte Insulinausschüttung auslöst und gleichzeitig einen karieshemmenden Effekt hat. Die konventionelle, chemische Herstellungsmethode von Xylitol ist wenig effizient und sehr teuer. Ein effizientes Verfahren ist daher nicht nur aus Umweltgesichtspunkten sondern auch ökonomisch interessant.

### Lösungsansatz

Die Umwandlung von Hemizellulose zu Xylose wird herkömmlicherweise durch Aufschluss mit Säure bei hohen Temperaturen erreicht, was zur Bildung von Inhibitoren führt und den Einsatz großer Mengen an Neutralisierungsreagenzien bedingt.

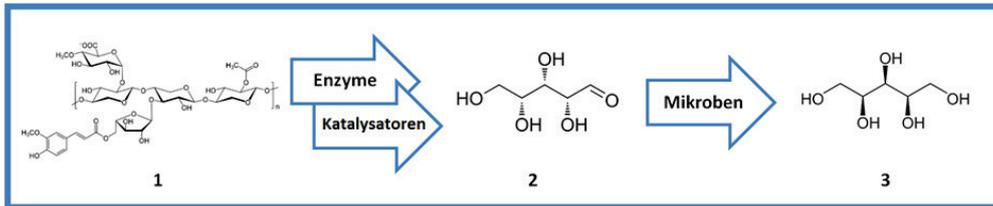


Neuartiger Hybridprozess zur umweltfreundlichen Umwandlung von Hemizellulose in Xylitol

Die Umsetzung von Xylose zu Xylitol wird dann mit Katalysatoren aus Raney-Nickel – die eine poröse Struktur haben und in vielen industriellen Prozessen eingesetzt werden, aber ein gewisses Gefahrenpotenzial bergen (u.a. selbstentzündlich an Luft) – durch chemische Hydrierung bei 50 bar Überdruck durchgeführt. Das ist ein sowohl energieintensiver als auch teurer Prozess.

Im Gegensatz dazu werden an der TU Wien die Vorteile von chemischer, enzymatischer und Ganzzell-Katalyse in einer „One-pot“-Reaktion genutzt. Durch gezielte Stammentwicklung und Nutzung von extremophilen Organismen, die optimale Wachstumsbedingungen bei etwa pH 3 und 75°C haben, können die für die Umsetzung notwendigen Enzyme und Kofaktoren in situ erzeugt werden.

Es gelang, die für den Prozess notwendigen genetischen Modifizierungen der Organismen über plasmidbasierte Systeme zu erzielen. Zur Manipulation des Zielorganismus durch genomische Integration wurde im Labor der TU Wien unter anderem die CRISPR/Cas Technologie angewandt.



Hemizellulose (1) wird durch Enzyme und Katalysatoren zu Xylose (2) abgebaut und durch Ganzzellkatalyse zu Xylitol (3)

## Nutzen

Erstmals kann eine kostengünstige und ressourcenschonende „One - pot“ – Methode zur Herstellung des Zuckerersatzstoffs Xylitol aus dem Abfallstoff Hemizellulose angeboten

werden. Aber auch die Umsetzung anderer fester Abfallströme und in andere Produkte ist mit Hilfe der entwickelten Plattform-Technologie möglich.

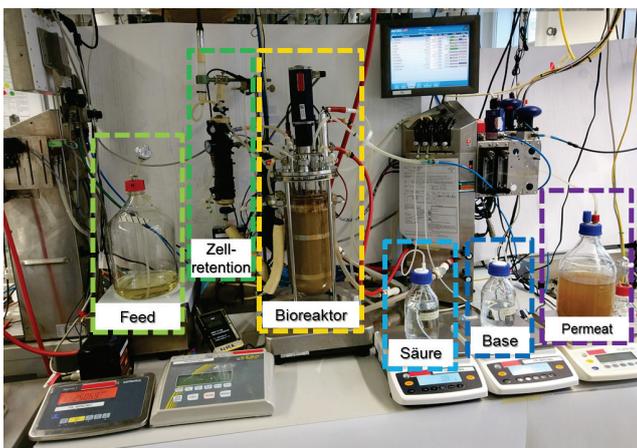
Die besonderen Vorteile des „One-pot“-Verfahrens der TU Wien sind:

- erstmals vom heißen Säureaufschluss direkt zur Herstellung von Wertstoffen – ohne aufwendige Kühlung und Umpufferung der Substratlösung
- erstmalige Kombination der Vorteile von Ganzzellen, enzymatischen und chemischen Katalysatoren
- erstmaliger Einsatz der Spezies *Sulfolobus* als Ganzzell-Katalysator
- Einsatz von Vektorsystemen und CRISP/Cas, um rekombinante *Sulfolobus* Varianten zu generieren
- Designer-Mikroorganismen, die unter extremen Bedingungen (70–80°C, pH 2,5–3,5) Substrate effizient in Produkte umwandeln können
- schonende Aufbereitung von Abfällen zu verwertbaren Substratlösungen, wobei Entstehung von Molekülen verhindert wird, die Wachstum der Mikroorganismen reduzieren (Inhibitoren)
- „Waste to value“-Plattformtechnologie, welche die Umwandlung verschiedener fester organischer Abfälle in werthaltige Produkte ermöglicht
- vielfältige Erfahrung im Forschungsbereich an der TU Wien mit Parametrisierung und Scaling-up von industriellen Bioprozessen

## Ergebnisse

Zur kontrollierten Durchführung von Kultivierungen wurde ein Reaktorsystem entworfen, das mit Sensoren für optische Dichte, Kapazität und Abluftzusammensetzung ausgestattet ist. Es erlaubt, die Biomassekonzentration in Echtzeit exakt zu bestimmen und die Fütterungsbedingungen gezielt zu regeln. Um Stoffe, die den Prozess hemmen, aus dem System ausschleusen und Zellen anreichern sowie Produkt abernten zu können, ist ein Zellrückhaltesystem implementiert.

Es ist gelungen, 20-fach höhere Zelldichten zu erzeugen als bisher in der wissenschaftlichen Literatur berichtet werden. Ein Setup im 3 Liter Maßstab wurde aufgebaut und ermöglicht die Ermittlung und Optimierung der Prozessparameter für weitere Aufgabenstellungen.



Bioreaktor – u.a. mit regulierter Begasung, Rührung, Temperatur, pH-Wert (durch Säure- und Basezugabe). Substrat wird kontinuierlich hinzugefügt, durch Zellretention können Produkte abgeerntet und inhibierende Stoffe aus dem System ausgeschleust werden (Permeat)

## Kontakt

Asst. Prof. Dr. Oliver Spadiut  
 TU Wien - Inst. f. Verfahrenstechnik, Umwelttechnik  
 und Technische Biowissenschaften  
[www.vt.tuwien.ac.at/bioprocess\\_engineering/  
 /integrated\\_bioprocess\\_development](http://www.vt.tuwien.ac.at/bioprocess_engineering/integrated_bioprocess_development)  
 +43 1 58801 166473 oliver.spadiut@tuwien.ac.at