

Biogas aus Reststoffen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie - ein neuartiges Konzept zur wirtschaftlichen Vermeidung von Emissionen und Erzeugung erneuerbarer Energie aus Reststoffen

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Technische Universität München Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW Lehrstuhl für Verfahrenstechnik disperser Systeme Prof. Dr. K. Sommer/Dr. J. Voigt
Forschungsstelle II:	Technische Universität München Wissenschaftszentrum Straubing Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie Prof. Dr. M. Faulstich/Dr. D. Schieder
Industriegruppen:	Deutscher Mälzerbund e.V., Bonn Wissenschaftsförderung der Dt. Brauwirtschaft e.V., Berlin Verband Deutscher Mühlen e.V., Bonn
	Projektkoordinator: Dr. E. Hinzmann Wissenschaftsförderung der Dt. Brauwirtschaft e.V., Berlin
Laufzeit:	2006 – 2009
Zuwendungssumme:	€ 426.000,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

In der Lebensmittel- bzw. Getränkeindustrie fallen große Mengen an Reststoffen an, die mehr oder minder gut verwertbare Stoffe, wie Stärke, Eiweiß, Fett und Lignocellulosen, als Bestandteile enthalten. Die hier betrachteten Industrien produzieren meist Reststoffe aus der Getreideverarbeitung, deren Nutzung als Energielieferant mit abnehmender Nutzung als Futterzusatzstoffe zunehmendes Interesse findet. Die Reststoffe haben einen hohen Energiegehalt, der jedoch nicht ohne Weiteres zur Energiegewinnung nutzbar zu machen ist. Als einfache thermische Nutzung kommen die Verbrennung oder die Vergärung zu brennbarem Methan in Frage. Die letztere Verwertungsmöglichkeit ist an sich in konventionellen Biogasanlagen der Landwirtschaft unproblematisch, beansprucht jedoch hohe Verweilzeiten bei geringer Ausbeute an Biogas.

Ziel des Forschungsvorhabens war es daher,

verfahrenstechnische Prozesse zu finden, die den Prozess in Hinblick auf Verweilzeit und Ausbeute verbessern. Hierzu sollten die Ergebnisse der mechanischen Zerkleinerung auf Partikelgrößen im Bereich $< 20 \mu\text{m}$ geführt werden und die vorhandene Technikumsanlage in der Prozessführung und -stufenzahl optimiert werden. Parallel hierzu sollten cellulolytisch aktive Biozönosen für eine separate Hydrolyse der Lignocellulosefraktionen herangezogen werden und die leistungsfähigste anschließend von der Laborstufe in den Technikumsmaßstab überführt werden. Wirtschaftliches Ziel war es hierbei, den Gasertrag durch verfahrenstechnische Optimierung des Prozesses und durch Zerkleinerung der Reststoffe zu steigern.

Forschungsergebnis:

Die Nasszerkleinerung von Brauereitrebem mit einem großen Spelzenanteil wurde schrittweise mit verschiedenen Mahltechniken auf Werte von $x50 < 50 \mu\text{m}$ verbessert. Die energieaufwendi-

ge Vorzerkleinerung mit einer Schneidmühle wurde zunächst durch eine Kolloidmühle ersetzt. Die Feinvermahlung mit einer Rührwerkskugelmühle wurde auf Mahlkörpermaterial, Verdünnungsgrad und Füllgrad optimiert. Mahlkörper aus Zirkonoxid mit einem Durchmesser von 1,7 mm stellten sich hierbei als am günstigsten heraus. Vorzerkleinerung mit geeigneten Schneidmühlen brachten nur Medianwerte von 200 μm und damit keine hohe Oberflächenzunahme. Die Technikumsanlage der Forschungsstelle wurde an die Erfordernisse des Prozesses angepasst und mit Messtechnik zur automatischen Erfassung der Gasmenge und Qualität ausgestattet. Der Vergleich der Vergärung von unzerkleinertem zu zerkleinertem Treber zeigte eine deutliche Verbesserung der Ausbeute und des Abbaugrades, jedoch noch bei hohen hydraulischen Verweilzeiten und mittleren Raumbelastungen. Der Energieaufwand zur Zerkleinerung war hoch und ließ noch keine Wirtschaftlichkeit erwarten. Erst die Umstellung auf ein mehrstufiges Verfahren zeigte eine deutliche Reduzierung der Verweilzeiten und der Raumbelastung bei dennoch hoher Gasausbeute. In der Methanstufe wurde im dreistufigen Verfahren eine Verweilzeit von 16 Tagen erreicht, was noch weiter verbessert werden kann. Eine Wirtschaftlichkeit des Verfahrens in Bezug auf den Energieeinsatz wird erreicht. Im Vergleich zu Vorarbeiten konnte eine dauerhaft stabile Prozessführung mit stabilen mikrobiologischen Verhältnissen ohne die Zuführung separat herangezogener Biozönosen sichergestellt werden.

Im Gegensatz zu den Vorarbeiten konnte nach vorheriger Selektion eine speziell auf die Substrate angepasste thermophile hydrolytische Biozönose herangezogen werden. Der Substratabbau wurde auf vorvergorenem Biertreber und weiteren cellulosehaltigen Einsatzstoffen nachgewiesen. Die Kultur konnte in den Prozess der Technikumsanlage als Hydrolysestufe erfolgreich eingeführt werden und erlaubte eine Hydrolyse innerhalb von 3-4 Tagen. Die anschließende Methanisierung verlief stabil bei 16 Tagen hydraulischer Verweilzeit.

Im Vergleich zur thermophilen hydrolytischen Biozönose blieb die Abbauleistung cellulolytischer Exoenzyme auf Biertreber deutlich zurück. Auch erbrachte der Zusatz von Exoenzymen zur Biozönose, anders als erwartet, keine Synergien beim hydrolytischen Substratabbau. Vielmehr brach bei den gewählten Enzymkonzentrationen der Stoffumsatz der Biozönose massiv ein, was auf eine noch näher zu untersuchende inhibie-

rende Wirkung der Enzympräparate auf die Mikrobiologie schließen lässt. Eine vorherige mechanische Zerkleinerung des Substrates in einer Kugelmühle beeinflusste die mikrobiologische Hydrolyse in Richtung einer verstärkten Gasproduktion. Ein alkalischer oder alkalisch/mechanischer Aufschluss brachte demgegenüber keine weiteren Vorteile. Mit Blick auf die zusätzlichen Aufwendungen für Chemikalien ist daher eine alkalibasierte Vorbehandlung als nicht zielführend. Für den Gesamtprozess erscheint daher eine dreistufige Prozessführung mit Vorfermentation, anschließender Fest-Flüssig-Trennung, direkter Einspeisung der Flüssigfraktion in die Methanstufe und Zwischenzerkleinerung und eine anschließende separate mikrobiologische Hydrolyse der Festfraktion sinnvoll zu sein. In Ermangelung einer geeigneten Feststoffseparation in der Technikumsanlage konnte diese Variante im Rahmen des Projektes nicht mehr überprüft werden.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Entwicklung des neuen Verfahrens bietet Unternehmen der Lebensmittelwirtschaft eine neue Möglichkeit, Reststoffe zu verwerten. Die Strukturen der beteiligten Industriezweige sind dabei stark mittelständisch geprägt: Von den 1.274 Brauereien, die 2004 106 Mio. hl Bier produzierten, sind 90 % KMU. 50 der existierenden 60 Mälzereien haben ein Produktionsvolumen von weniger als 50.000 t/a und 80 % der Mühlen eine Produktion von weniger als 25.000 t/a.

Mit der Bereitstellung eines funktionsfähigen in den halbtechnischen Massstab übertragbaren Anlagenkonzeptes und einer auf die Substrate spezifisch abgestimmten Biozönose kann die Anwendung industriell jederzeit erfolgen, wenngleich weitere Optimierungen im Technikumsstab aussichtsreich erscheinen. Die Entwicklung des Energiepreises stellt den bestimmenden Faktor in der Umsetzung dar, wobei bereits halbtechnische Versuchsanlagen durch Anlagenanbieter im Einsatz sind.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2009.
2. Schieder, D., Voigt, J., Ellenrieder, J., Häffner, B., Faulstich, M. und Sommer, K.: Substrataufschluss und mikrobiologische Hydrolyse aus Lignocellulose haltigen Substraten am Beispiel von Biertrebern. In: Beiträge zu

Abfallwirtschaft/Altlasten, Band 57. Hrsg.: Bilitewski et al., Technische Universität Dresden, Dresden. S. 39-46, ISBN 978-3-934253-49-0 (2008).

3. Voigt, J., Sommer, K., Schieder, D., Kohler, K. und Faulstich, M.: Reststoffverwertung durch Biogastechnologie: Eine Alternative für die Lebensmittel- und Getränkeindustrie. Posterbeitrag zur 4. Fachtagung VDI-Energietechnik „Biogas - Energieträger der Zukunft“, Berlin. 14.-15. Juni 2007.
4. Voigt, J., Haeffner, B. und Sommer, K.: Zerkleinerung von Lebensmittelreststoffen zur Verbesserung der Biogasausbeute. Vortrag bei ProcessNet-Jahrestagung 7.-9.10.2008, Karlsruhe. In: Chemie Ingenieur Technik 9, 1371 (2008).

Weiteres Informationsmaterial:

Technische Universität München,
Wissenschaftszentrum Weihenstephan WZW
Lehrstuhl für Verfahrenstechnik disperser Systeme
Am Forum 2, 85350 Freising-Weihenstephan
Tel.: 08161 - 71-3289, Fax: 08161 - 71-4242
E-Mail: k.sommer@bl.tum.de

Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Straubing
Lehrstuhl für Rohstoff- und Energietechnologie
Petersgasse 18, 94315 Straubing
Tel.: 09421 - 187-100, Fax: 09421 - 187-111
E-Mail: martin.faulstich@wzw.tum.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: 0228/372031, Fax: 0228/376150
E-Mail: fei@fei-bonn.de