

Entwicklung eines MIR-Online-Messsystems für anaerobe Fermentationsanlagen mit automatischer Kalibrierung

Stanislav Janz¹, Gül Trauer², Astrid Rehorek¹, Michael Bongards²

¹Fachhochschule Köln Campus Leverkusen, F11, Kaiser-Willhelm-Allee, 51368 Leverkusen/D

²Fachhochschule Köln Campus Gummersbach, F10, Steinmüllerallee 1, 51643 Gummersbach/D

Zu den wichtigsten anaeroben Fermentationsprozessen innerhalb der Biotechnologie zählt die Vergärung von organischem Material zu Milchsäure, Ethanol oder Biogas. Vor allem die erneuerbaren Energieträger Bioethanol und Biogas erleben, als Alternativen zur konventionellen Energieerzeugung, seit einigen Jahren starken Aufwind [1]. Deshalb unterstützt die Bundesrepublik Deutschland den Ausbau dieser Energieformen beständig, sodass seit der Novellierung des "Erneuerbaren Energiegesetzes" (EEG) im Jahr 2004 der Anteil des Biogases am erneuerbaren Energiemix erheblich anstieg. Diese Entwicklung ist im Wesentlichen auf landwirtschaftlich genutzte Biogasanlagen zurückzuführen [1]. Bis jetzt unterliegen diese Anlagen, aufgrund mangelnden Prozessverständnisses, nachwievor einer „konservativen“ Reaktorauslegung und Reaktionsführung [2, 3]. Als Konsequenz bedeutet das eine suboptimale Ausnutzung der vorhandenen Ressourcen [2, 3] und limitiert gleichzeitig die Fähigkeit dieser Technologie in einem subventionsfreien Wettbewerb gegen die etablierten Methoden der Energieerzeugung zu bestehen. Eine Echtzeitregelung der Anlagen anhand von Parametern, die derzeit noch durch kostenintensive Laboranalytik gewonnen werden [4], erscheint vor diesem Hintergrund als unabdingbar.

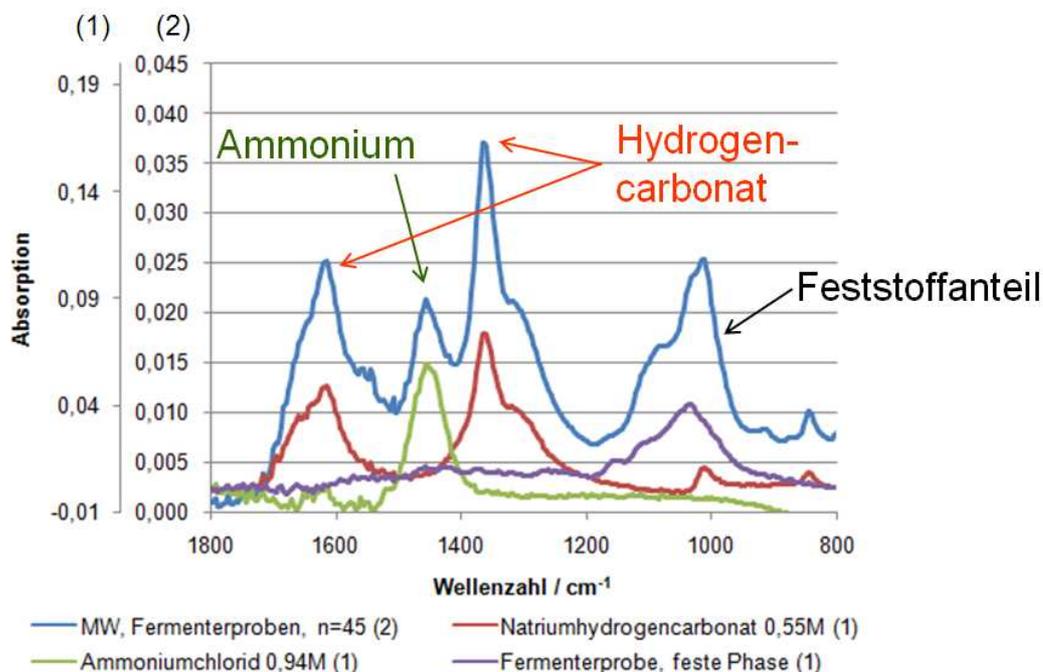


Abbildung 1: Charakterisierung des IR-Spektrums einer realen Fermenterprobe

Die Inline-ATR-FTIR-Spektroskopie kann im mittleren Infrarotbereich (MIR) hierbei eine herausragende Rolle spielen, um bestehende Anlagen durch automatisierte Regelung zu optimieren und zukünftige Anlagen bedarfsgerecht auszulegen. Diese Messtechnik ermöglicht es, nicht-invasiv und ohne Probenahme, auch in wässrigem

Medium zu arbeiten [5]. Zugleich liefern MIR-Spektren physikochemisch interpretierbare Informationen über die beobachteten Substanzen, die es erleichtern, diese über einen weiten Wellenzahlenbereich („Fingerprintbereich“) eindeutig zu unterscheiden [5].

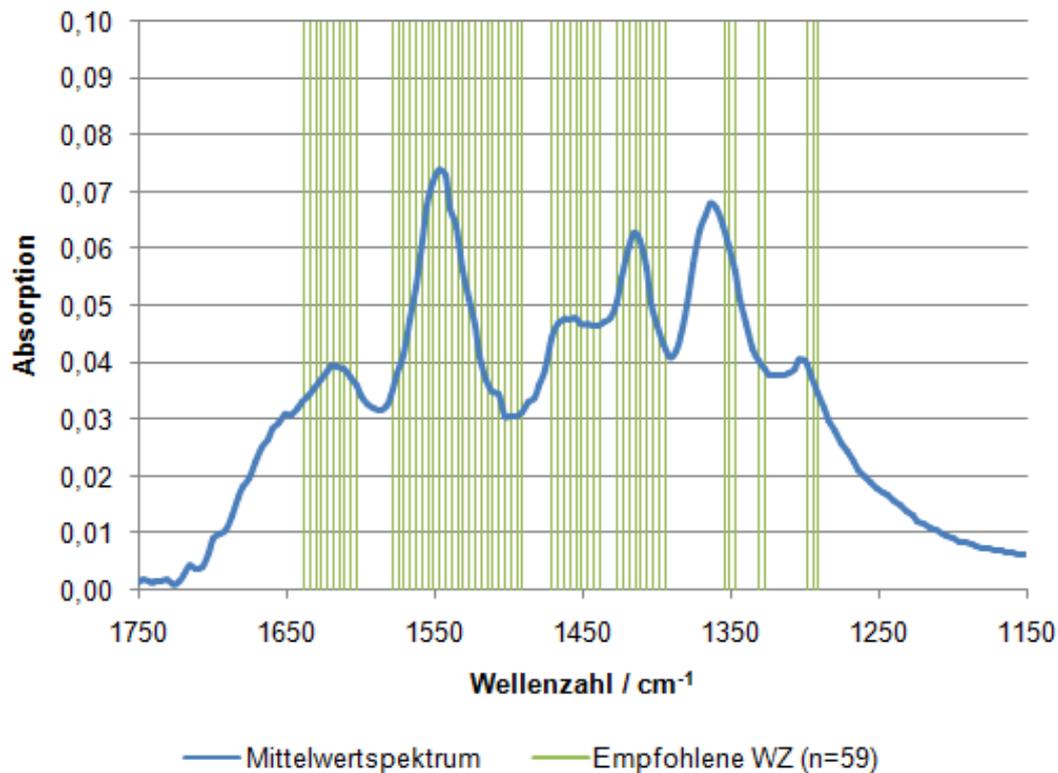


Abbildung 2: Reduktion des spektralen Bereiches auf 59 diskrete Wellenzahlen

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Messtechnik die Möglichkeit bietet, die Hauptbestandteile einer realen Fermenterprobe anhand von Reinstoffspektren qualitativ zu unterscheiden (siehe Abb. 1). Es können die Komponenten Hydrogencarbonat, Ammonium und Feststoffanteil dem Probenspektrum zugeordnet werden. Eine quantitative Untersuchung kann unter Zuhilfenahme multivariater Methoden der Datenauswertung erfolgen. Häufig findet hierfür die Partial-Least-Squares-Regression Verwendung, mit der gezeigt werden kann, dass alle Bestandteile einer gespickten Fermenterprobe in einem Wellenzahlbereich zwischen 1800 bis 800 cm⁻¹ quantifizierbar sind. Der für die Untersuchungen relevante spektrale Bereich kann anhand bekannter Methoden [6] auf 59 diskrete Wellenzahlen reduziert werden (siehe Abb. 2). Weitere Untersuchungen sollen dazu dienen, diese Ergebnisse auf realkonzentrierte Proben zu übertragen und wichtige Prozessparameter, wie beispielsweise FOS und TAC mit realen Spektren zu korrelieren.

Wird die Analyse aus dem Laborbereich in den realen Prozess verlagert, treten mit der Zeit Beeinträchtigungen der Messergebnisse auf, die auf die Verschmutzung der Messsonde zurückzuführen sind. Eine manuelle Reinigung und anschließende Kalibrierung stellt hierbei eine zeitintensive Aufgabe für das Personal dar. Zudem führen zu spät oder gar nicht erkannte Verschmutzungen zu fehlerhaften Messwerten, was sich fatal auf gegebene Prozessregelungen auswirken kann. Um eine dauerhaft gute Qualität der Messungen zu gewährleisten, müssen diese Verschmutzungen automatisch erkannt und beseitigt werden.

Zu diesem Zweck wird ein vollautomatisiertes Analysesystem entwickelt (siehe Abb. 3), welches durch eine intelligente Sondensteuerung eine automatische Reinigung und Kalibrierung ermöglicht, wodurch ein zuverlässiger Betrieb des Anlagensystems gewährleistet werden kann. Zur Reinigung der Sonde wird hierbei auf die Reinigungsarmatur der Firma Knick zurückgegriffen. Sie bietet die Möglichkeit, die Sonde aus dem Prozess zu fahren und anschließend mit unterschiedlichen Medien zu reinigen. Für die Steuerung des Mess-, Analyse- und Reinigungsprozesses wird eine Auswertungssoftware entwickelt, welche vollautomatisiert die Absorptionsspektren in Prozessparameter überführt, den Verschmutzungsgrad der Sonde erkennt und komplexe Reinigungsprozeduren durchführt. Die sonst aufwendige Konfiguration des Reinigungsprozesses kann hier durch eine grafische Programmierung einer Reinigungsrezeptur vorgenommen werden. Zur Anbindung an die Automatisierungsinfrastruktur werden die analysierten Prozessparameter und der Zustand des Analysesystems über die OPC Schnittstelle bereitgestellt. Somit kann das Analysesystem einfach in vorhandene Prozessleitechnik eingefügt werden. Bei der Entwicklung des Systems wurde auf eine flexible Anwendbarkeit geachtet. Das Analysesystem kann somit in einem weiten Umfeld der chemischen und biochemischen Anlagen eingesetzt werden.



Abbildung 3: IS5 Panel

Literatur:

- [1] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR), Leitfaden Biogas - Von der Gewinnung zur Nutzung (2010) 24-91, ISBN 3-00-014333-5
- [2] Madsen, M., Holm-Nielsen, J.B., Esbensen, K.H., Monitoring of anaerobic digestion processes: A review perspective, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (2011) 3141 – 3155
- [3] Spanjers, H., Bouvier, J.C., Steensweg, P., Bisschops, L., Van Gils, W., Versprille, B., Implementation of in-line infrared monitor in full-scale anaerobic digestion process, Water Science & Technology, 53 (2006) 55 – 61
- [4] Wolf, D., Canstein, H., Schröder, C., Optimisation of biogas production by infrared spectroscopy-based process control, Journal of Natural Gas Science and Engineering, 3 (2011) 625 – 632
- [5] Haake, C., Landgrebe, D., Scheper, T., Rhiel, M., Online-Infrarotspektroskopie in der Bioprozessanalytik, Chemie Ingenieur Technik, 81 (2009) 1385 – 1396
- [6] Brown, P.J., Wavelength Selection in Multicomponent Near-Infrared Calibration, Journal of Chemometrics, 6 (1992), S. 151-161