

Hintergrund

Im Projekt „Ein portables Konzept zur elektrooptischen Erfassung physiologischer Zustände von Bakterienzellen in Biogasprozessen“ soll ein neuartiges Messverfahren zur Quantifizierung des Transmembranpotentials von Bakterienzellen auf die Anforderungen von Biogaskulturen entwickelt und als portables System ausgelegt werden. Dabei kommt die Bestimmung ohne Färbemethoden aus, die Probe kann somit schnell und automatisiert untersucht werden. Es wird postuliert, dass mit der Methode die Polarisierbarkeit der Bakterienzellen gemessen und mit der Höhe der Stoffflüsse in deren Metabolismus (metabolische

Aktivität) direkt korreliert werden kann, wie es bereits für anaerobe Monokulturen nachgewiesen werden konnte. Das Ziel ist es, die elektrooptische Messmethode als Parameter zur Charakterisierung des Biogasprozesses zu etablieren, um frühzeitig Prozessstörungen zu erkennen und somit andere Analysen zu ersetzen bzw. zu ergänzen.

Das Projekt läuft bis Juli 2016 unter Einbeziehung von Praxisbiogasanlagen der Firma danpower GmbH und der Fraber Agro GbR.

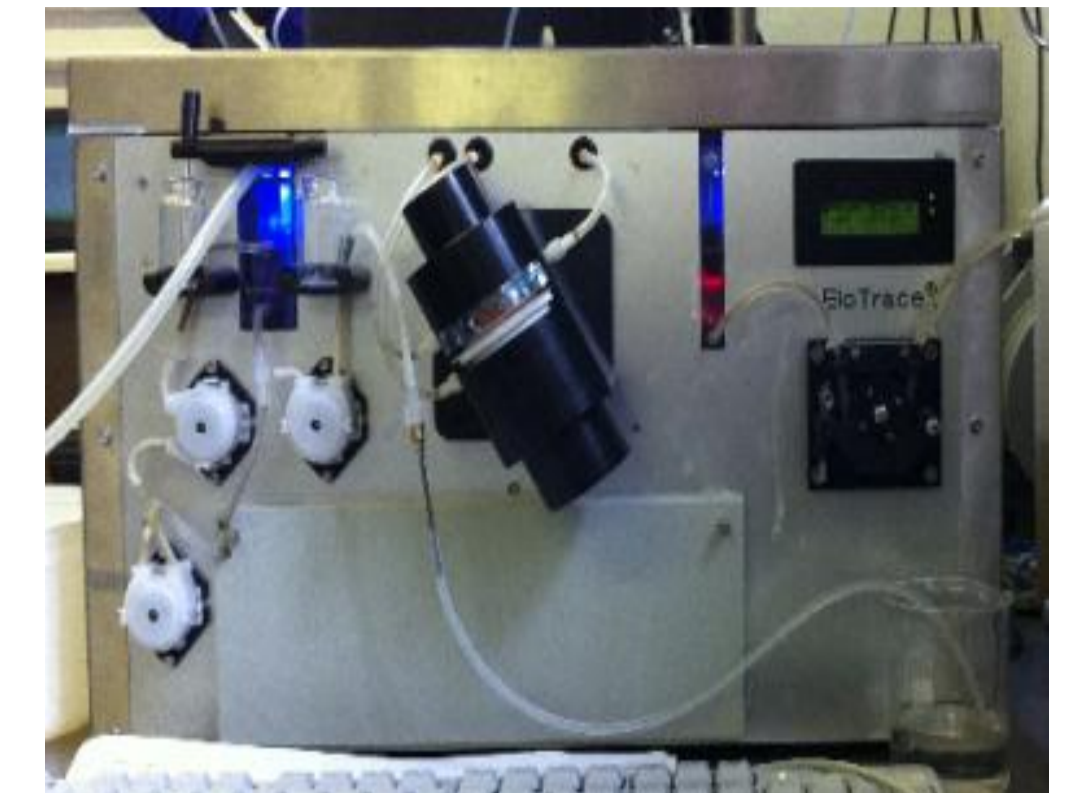


Abb. 1: EloTrace 3.0 (EloSystems)

Methode und Versuchsdurchführung

Prinzip der elektrooptischen Messmethode

Die Substratproben werden zuerst mittels Zentrifugation oder Filtration vorbehandelt. Anschließend werden die Proben verdünnt, bevor diese in den Analysator gegeben werden. In dem EloTrace-Gerät werden die Proben mit einem 0,45 µm Filter gereinigt und der zurückbleibende Filterkuchen wird definiert mit dest. Wasser verdünnt. Danach gelangt die Probe in die optische

Zelle und wird bei unterschiedlichen Frequenzen einem elektrischen Feld ausgesetzt. Entsprechend der Polarisierbarkeit der Mikroorganismen richten sich diese im Feld aus, was über einen Fotosensor erfasst wird. Die Ausrichtung im Feld ist abhängig von der Geometrie der Mikroorganismen, der Vitalität und der Frequenz des elektrischen Feldes.

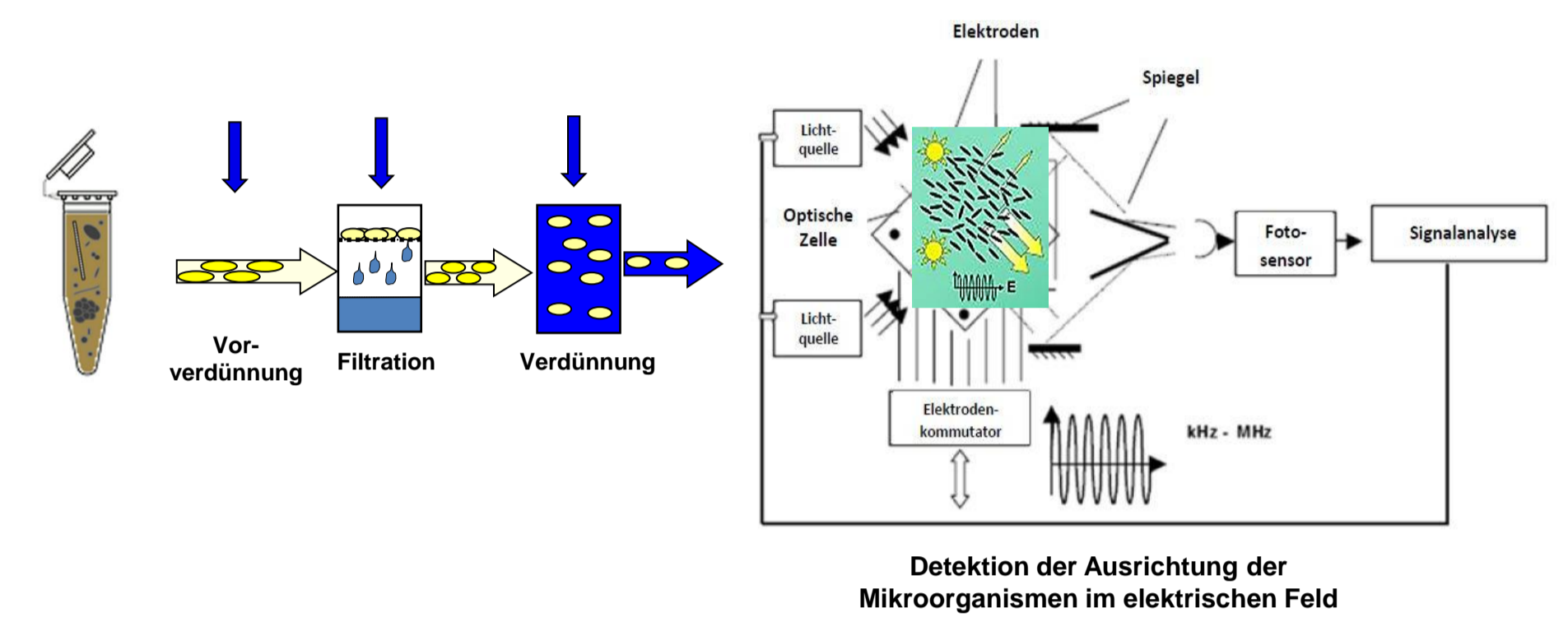


Abb. 2: Prinzip der elektrooptischen Messmethode

Versuchsdesign

Vier baugleiche Laborbiogasreaktoren (Füllvolumen à 15 l), wurden über 4 Wochen mit dem gleichen Substrat gefüttert – Maissilage und Spurenelemente –, mesophil bei 38 °C. Nach der ersten, stabilen Betriebswoche wurden die Fütterungsraten für 2 Reaktoren (Reaktoren 3 und 4) gesteigert, von einer Raumbelastung von 3 bis auf eine Raumbelastung von 7,4 kg oTS m⁻³ d⁻¹. Ziel war die Untersuchung der Auswirkung einer Überfütterung (Versäuerung) auf einzelne Prozessparameter und der Korrelation

der Parameter untereinander.

Einmal pro Tag wurde eine Probe aus jedem Fermenter genommen und die Polarisierbarkeit gemessen. Parallel dazu sind als Vergleichsparameter der pH-Wert, der Gasvolumenstrom und die Gaszusammensetzung, der FOS/TAC-Wert und die Einzelsäurespektren (mittels GC) gemessen worden.

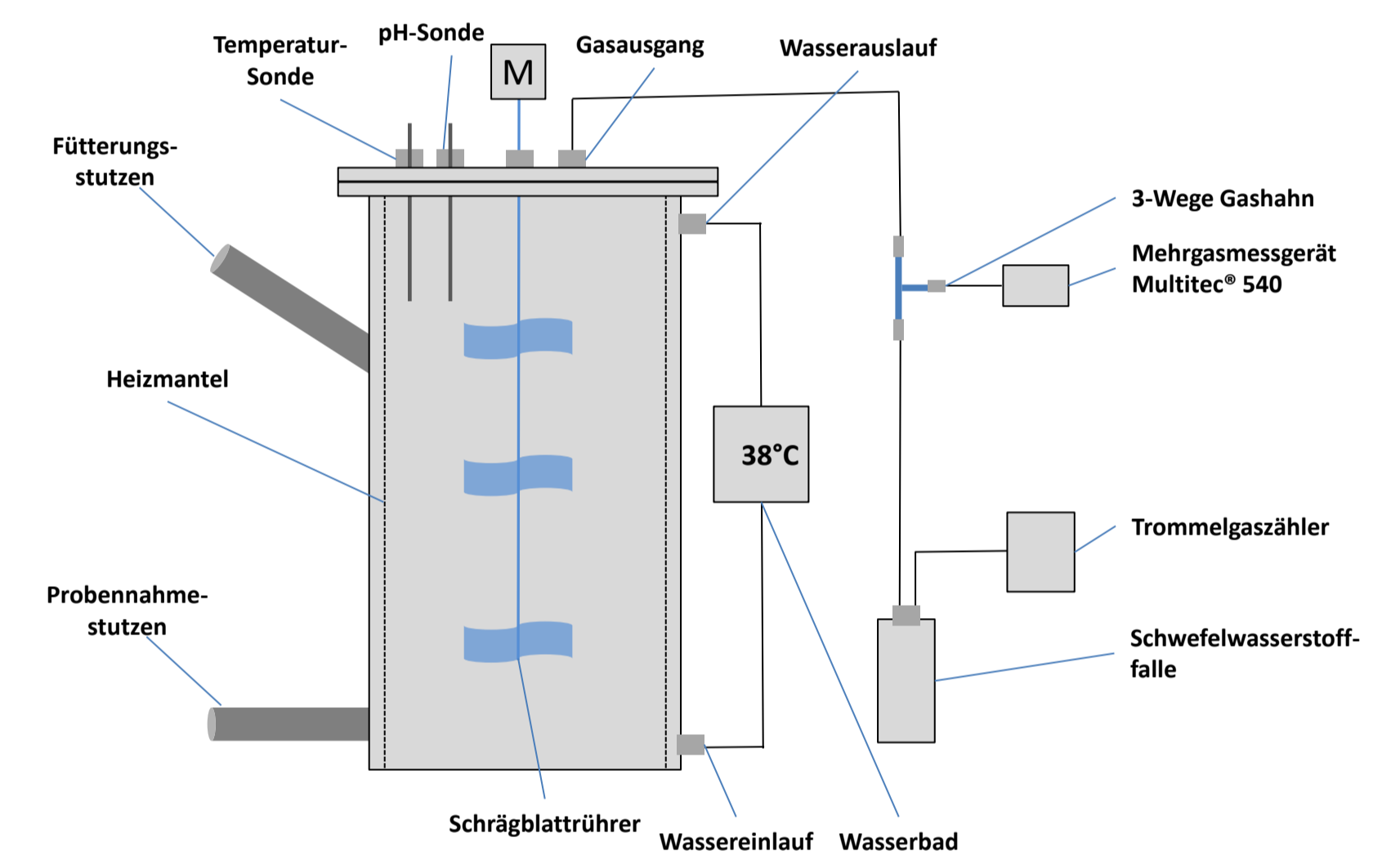


Abb. 3: Schema des Versuchsaufbaus

Die ersten Ergebnisse

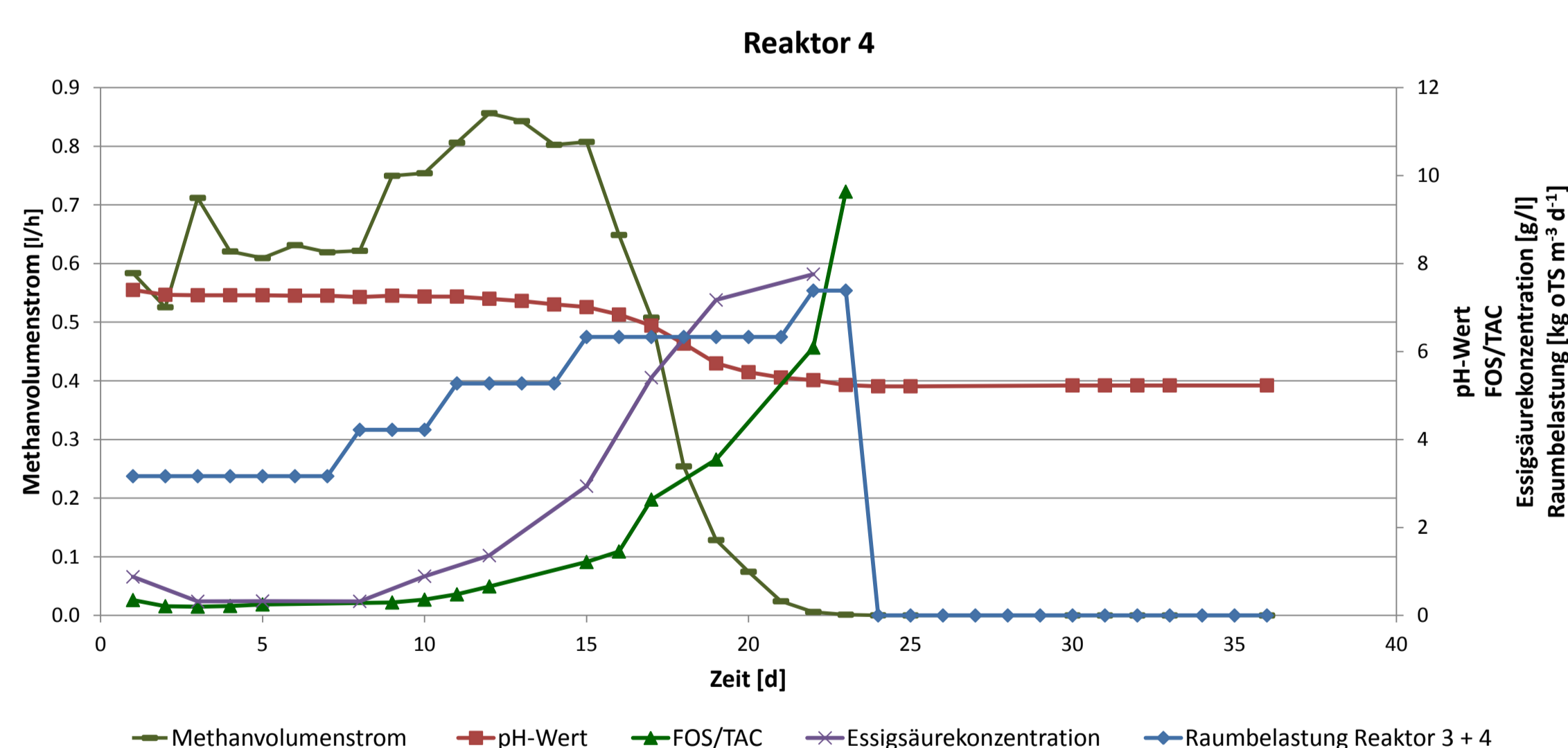


Abb. 4: Verlauf der Prozessparameter Methanvolumenstrom, pH-Wert, FOS/TAC-Wert und der Essigsäurekonzentration im Vergleich zur Raumbelastung im Reaktor 4

Ergebnisse der Vergleichparameter

Ab einer Raumbelastung von ca. 4 kg oTS m⁻³ d⁻¹ waren im Reaktor 4 Veränderungen erkennbar, die auf eine Störung (Versäuerung) hindeuteten. In zeitlich folgender Reihenfolge ist dies auf Abbildung 4 erkennbar:

1. FOS/TAC-Wert (Tag 9)
2. Essigsäurekonzentration (Tag 10)
3. pH-Wert und Methanvolumenstrom (Tag 16)

Ergebnisse der elektrooptischen Messmethode

Eine signifikante Änderung der Polarisierbarkeit war im Versuchszeitraum zeitnah nicht erkennbar. Dies wird zurückgeführt auf die nicht ausreichende Probenvorbereitung bzw. auf störende Partikel im Substrat, die das Messsignal gestört haben können. Nach Versuchsende wurden jedoch nochmals Proben von dem übersäuerten Reaktor 4 (pH 5,2) im Vergleich zum intakten Reaktor 2 (pH 7,2) untersucht. Hier sind signifikante Unterschiede in der Polarisierbarkeit erkennbar (Abb. 5), die die grundsätzliche These zur Anwendbarkeit der Methode unterstützen.

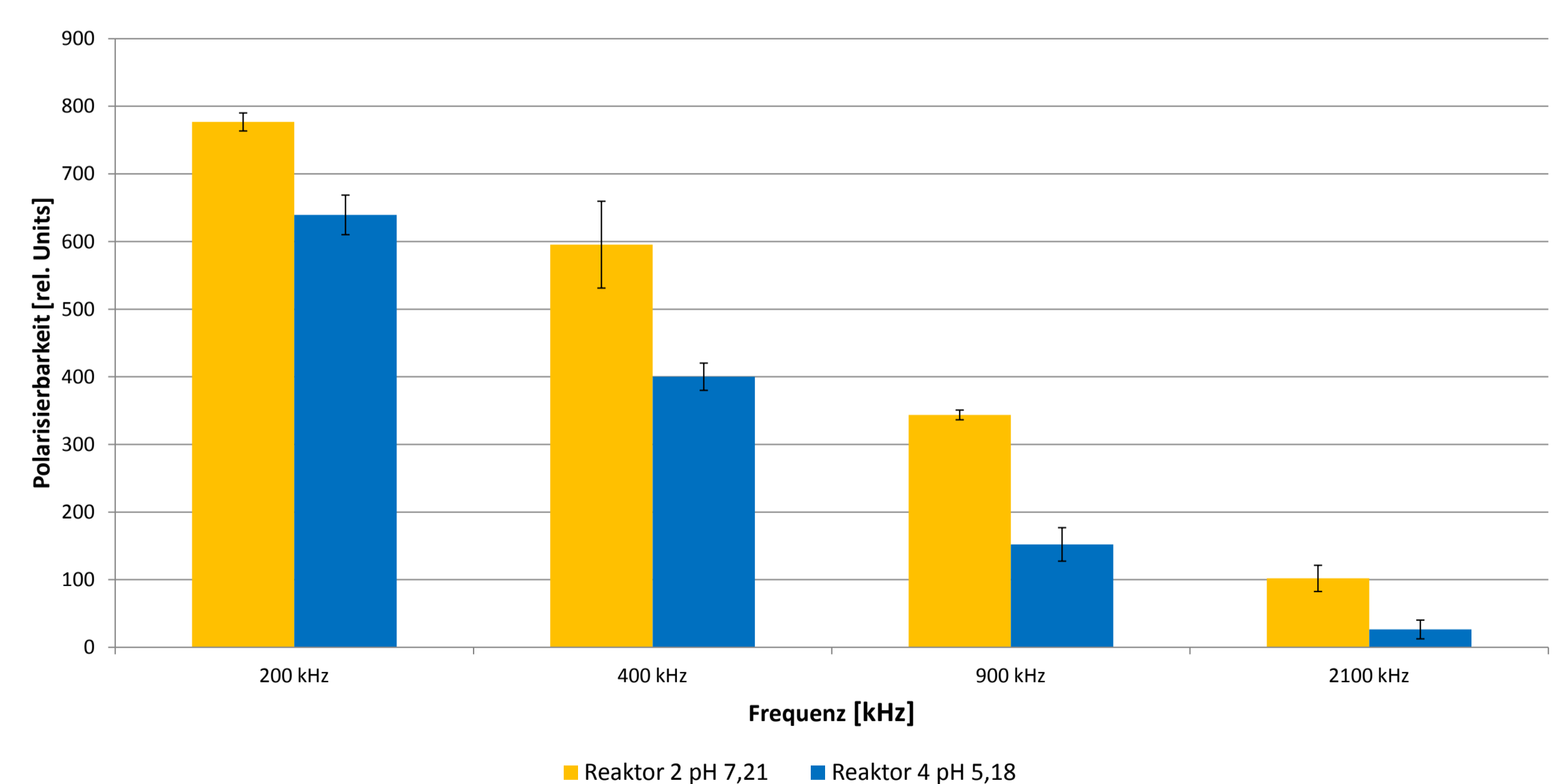


Abb. 5: Messergebnisse der elektrooptischen Analyse von Fermenterproben aus einem stabilen und instabilen Prozess bei den Frequenzen 200; 400; 900 und 2100 kHz.

Fazit

1. Die Messung der physiologischen Aktivität von Mikroorganismen in Fermenterproben ist grundsätzlich möglich.
2. Die Signale der elektrooptischen Messmethode an den Fermenterproben waren langzeitstabil, d.h. die Methode eignet sich gut für viele Messungen.
3. Eine frühzeitige Erkennung der Änderung der Prozesszustände war in den ersten

- kontinuierlichen Versuchen noch nicht erkennbar. Aktuell laufende Batchversuche zeigen allerdings einen zeitlich engen Zusammenhang zwischen der Polarisierbarkeit und der Biogasproduktion.
4. Die Signalstärke ist stark von der Probenaufbereitung abhängig, d. h. die Probenaufbereitung muss weiter optimiert werden.