

Anleitung zur Ermittlung des FOS/TAC mittels Titration

Stand: 01.02.2015

Was ist der FOS/TAC?

Die Bezeichnung **FOS/TAC** setzt sich aus der Bestimmung der **F**lüchtigen **O**rganischen **S**äuren im Verhältnis zu den **T**otal **A**lkalischen **C**arbonaten zusammen (der TAC ist der Carbonat- bzw. Hydrogencarbonat- und Ammoniumpuffer, oft kurz Kalk-Puffervermögen genannt. Die Auslegung des „TAC“ erfolgt in der Literatur nicht einheitlich. So ist dort z.B. auch von „**T**otal **A**norganisch **C**arbon“ die Rede).

Die Bestimmung des FOS/TAC-Wertes erfolgt durch Titration, also durch die kontrollierte Zugabe von Säure mit einer Titrierbürette zu einer entnommenen und aufbereiteten Substratprobe und anschließende Berechnung mit einer empirischen Formel (s.u.). Dieser Vorgang ist einfach und rasch zu erlernen. Es wird auch ein EXCEL-Rechenblatt zur Verfügung gestellt, in das nur noch die Verbrauchszahlen eingetragen werden müssen, um ein Rechenergebnis zu erhalten.

Warum FOS/TAC-Bestimmung?

Je mehr organische Säuren im Fermenter vorhanden sind, besonders Propion-, Buttersäure usw., desto eher werden die methanbildenden Bakterien gehemmt. Die Hemmwirkung nimmt außerdem mit sinkendem pH-Wert zu (pH<7,4). Da die Säuren im Fermenter zunächst gepuffert werden, reicht eine Bestimmung des pH-Wertes allein zum frühzeitigen Erkennen von biologischen Störungen nicht aus. Der FOS/TAC-Wert berücksichtigt dagegen das Vorhandensein des Puffers.

Die FOS/TAC-Titration stellt somit eine einfach zu handhabende Möglichkeit zur optimalen Fütterung Ihrer Biogasanlage dar. Eine regelmäßige Kontrolle des FOS/TAC verschafft Ihnen Sicherheit in der Betriebsführung.

Sie brauchen für das Titrieren

- Beim ersten Mal: Etwa eine Stunde Zeit, mit etwas Übung erheblich weniger
- Etwas frisches Substrat aus dem Fermenter (s. Anleitung zur Probennahme!)
- Das FOS/TAC-Titrierset des Fermenter-Doktors, fertig ausgepackt für die Inbetriebnahme
- Wasseranschluss mit Waschbecken, sonst ersatzweise Wasserkanister bereitstellen
- FOS/TAC-Tabelle: Im Anlagen-PC aufrufen oder Taschenrechner+Tabellenvorlage nutzen
- Küchenrolle zum Trocknen und Aufnehmen von Substrat-/Säurespritzern usw.
- Edding in Schwarz, wenn verfügbar auch grün und rot zum Beschriften
- Stromanschluss in max. 1,5 m Entfernung für Magnetrührgerät (ggf. Verlängerungsschnur)
- Etwa 1/2 m² Arbeitsfläche, möglichst auf einem Tisch und beleuchtet, gut abwaschbar
- Abstellplatz für das Titrierlabor nach Benutzung, z.B. Regalbrett

Alle Hilfsmittel der Laborausstattung (außer einem Taschenrechner) sind in dem gelieferten Titrierset bereits enthalten!

Bitte **LESEN** Sie vor Benutzung des Titriersets bei der Inbetriebnahme die Gebrauchsanleitungen aller Geräte **UNBEDINGT** sorgfältig durch, um Bedienungsfehler und Schäden zu vermeiden! pH-Meter und ev. auch Leitfähigkeitsmess-Stick vor Gebrauch kalibrieren!

Schützen Sie sich ausreichend während der Titrierarbeit – Sie arbeiten mit (allerdings gering konzentrierter) Säure! (passende Kleidung, ev. Schutzbrille, Handschuhe usw. verwenden)

Noch Fragen? Wir helfen Ihnen gerne!

Fermenter - Doktor unabhängige Biogasberatung

Inhaber: Dr. Johannes Moerschner
Stuttgart
USTID/VAT-Nr.: DE 240 270 006

www.fermenter-doktor.com
info@fermenter-doktor.com
Skype: jmoerschner

Nach dem Durchlesen dieser Anleitung und der Betriebsanleitungen werden Sie mit der Inbetriebnahme des Titriersets i.d.R. alleine zurechtkommen. Kurze Rückfragen beantworten wir Ihnen selbstverständlich gerne telefonisch, ohne extra Berechnung!

Sollten Sie umfassendere Fragen zur Inbetriebnahme, Pflege oder dem Einsatz Ihres Titriersets haben, so bieten wir Ihnen auch eine telefonische Inbetriebnahmeberatung zu den üblichen Fermenter-Doktor-Beratungstarifen an, auf Wunsch auch eine Einweisung vor Ort. In diesem Fall gelten unsere üblichen Preise für Nicht-Fermenter-Doktor-Mitglieder (sofern Sie nicht bereits Mitglied sind oder im Zusammenhang mit der Beratung werden; vgl. Preisliste).

In 1 bis 1,5 Stunden lernen Sie durch unsere Einweisung zahlreiche Tricks und Kniffe sowie die Interpretation der Messwerte bezogen auf Ihre Anlagensituation; das funktioniert auch per Telefon.

Vorgang

(unbedingt vor Beginn durchlesen!)

- **HINWEISE** für die erste Inbetriebnahme:
 PUFFERLÖSUNG zur Kalibrierung des pH-Meters am besten bereits 2-3 Stunden vor dem Titrieren ansetzen, s. Gebrauchsanleitung des Gerätes.
 pH-METER: vor dem erstem Einsatz unbedingt kalibrieren!
 SÄUREKANISTER: gestanzte Kartonstücke entfernen, Verschluss abschrauben, dafür den Auslasshahn fest anschrauben (befindet sich oben/seitlich im Karton), dann auf die Seite legen, so dass der Ablasshahn nach vorne zeigt. Dann kann die Burette ganz einfach befüllt werden
 BÜRETTE: erst Ablauf schließen, dann mit Säure befüllen, sonst läuft sie aus: dafür die gelbe Stellschraube aus Kunststoff ganz HERAUS drehen (nach links) oder den Not-Stopp-Bügel herunter drücken.
- Substratprobe aus voll durchmischtem Fermenter ziehen. Darum ganz wichtig: Vorher gründlich rühren! Probenentnahme möglichst aus einem Ablassstutzen deutlich unterhalb möglicher Schwimmdeckenbildung (zunächst genug Rohrinhalt ablaufen lassen!), zur Not auch aus dem Überlauf, sofern dieser gerade gut mit Substrat durchspült wird.
- Für eine erste Übersicht sofort den pH-Wert im Frischsubstrat messen und getrennt in der Tabelle notieren – er ist NICHT als Start-pH für den FOS/TAC geeignet, gibt aber einen besseren Hinweis auf den Fermenter-pH! Der Wert wird nach der Probenaufbereitung als Start-pH etwas höher liegen (0,2-0,3 ist normal), wegen CO₂-Ausgasung usw.
- Substratprobe im mitgelieferten Durchschlagsieb in die Plastikschale absaen, so dass nur Dünnes verwendet wird – erleichtert das Rühren mit dem Magnetstäbchen und die rasche pH-Reaktion beim Titrieren! Zum Durchdrücken der flüssigen Bestandteile mit der Hand enthält das Set eine 100er Packung Einmal-Plastikhandschuhe (Sie können auch normale Haushaltshandschuhe verwenden) – so bekommen Sie außerdem einen guten Eindruck vom Zustand des Substrates. Das Grobe verbleibt im Sieb, es kann entsorgt werden.
- Genau 50g des abgesaeten Substrats ABWIEGEN, auf mitgelieferter elektronischer Waage in einem der im Set enthaltenen 400 ml-Kunststoffbecher, möglichst auf 0,1 Gramm genau! Die Waage ohne Belastung einschalten und Display erst auf „0“ anzeigen lassen, dann mit dem Gefäß darauf erneut durch Tara drücken auf Null stellen und wiegen, nach dem Abwiegen des Substrates vor Zugabe des destillierten Wassers erneut auf „0“ stellen (s.u.).
- Genau 50g destilliertes Wasser auf der Waage mit der Spritzflasche zudosieren (dest. Wasser ist im Baumarkt für ca. 2 €/5l sehr kostengünstig erhältlich), 1l ist zum sofortigen Starten bereits im Set enthalten.
TIPP: Destilliertes Wasser ggf. in einem extra Becher abwiegen und erst dann zum Substrat geben, so kann kein Abmessfehler passieren!
- Aufbereitete und abgewogene Substratprobe mit einem der mitgelieferten Magnetrührkörper mittig auf das Magnetrührwerk stellen und den Rührer gleichmäßig und kräftig bewegen lassen. Es darf ein Rührtrichter entstehen, ohne dass es spritzt. Dabei mit dem pH-Meter den Start-pH-Wert X

Fermenter - Doktor unabhängige Biogasberatung

Inhaber: Dr. Johannes Moerschner
 Stuttgart
 USTID/VAT-Nr.: DE 240 270 006

www.fermenter-doktor.com
 info@fermenter-doktor.com
 Skype: jmoerschner

(Ausgangswert) messen und in der Tabelle notieren. In dickflüssigeren Substraten muss auch die pH-Elektrode etwas bewegt werden, um einen genauen Wert zu erhalten!

- Dann LANGSAM einige ml der 0,5-molaren Lösung zudosieren und das pH-Meter beobachten, bis pH 7 erreicht ist. Mit der Einstellschraube an der Bürette kann die Tropfgeschwindigkeit angepasst werden.
TIPP: Die Bürette hat einen „Not-Stopp“: Gelben Bügel nach unten schieben!
- Sollte das Substrat bei der Säurezugabe anfangen zu schäumen (ab pH 6 oft beobachtbar), EINEN Tropfen aus dem Fläschchen mit dem ENTSCHÄUMUNGSMITTEL dazu geben – dann fällt der Schaum umgehend zusammen. Mehr als 1 Tropfen ist oft nicht nötig! Der Entschäumer MUSS neutral sein – bei Fermenter-Doktor nachbestellbar!
- Weiter titrieren, bis pH 5,0 erreicht ist. Die BÜRETTE dabei nur bis zum 10 ml-Strich leeren, wenn nötig dann durch Drücken der Kunststoffflasche wieder bis 0 ml auffüllen und weiter titrieren. Überschüssige Menge läuft beim Füllen der Bürette in die Flasche zurück.
- Anzahl ml Säure, die von Start-pH bis pH 5,0 insgesamt verbraucht wurden auf 0,1 ml genau in Tabelle notieren (=TAC). Die Verbrauchswerte bis pH 7 und pH 6 können zur Kontrolle sinnvoll sein, sind für den FOS/TAC selber aber nicht erforderlich. Dann Bürette neu bis auf 0 ml auffüllen.
- Weiter titrieren, bis der Ziel-pH 4,4 erreicht ist. Verbrauch von pH 5,0 bis pH 4,4 auf 0,1 ml ablesen und in der Tabelle notieren (=FOS; nur DIESE Menge, also NICHT ab Start!).
- Insgesamt ZÜGIG aber nicht hektisch DURCHTITRIEREN! Keine längeren Pausen machen! Das Titrieren NICHT längere Zeit unterbrechen, weil dann der pH-Wert durch die Pufferwirkung wieder ansteigt!
HINWEIS: Es ist wegen der Pufferwirkung im Substrat kaum möglich, einen über längere Zeit stabilen Wert von pH 5,0 zu erzielen. Also ein „Fingerspitzengefühl“ für einen verlässlichen Moment entwickeln, wo sich der Wert nur noch geringfügig verändert.
- Kurz vor den Zielwerten pH 5,0 und pH 4,4 vorsichtiger titrieren, damit das pH-Meter reagieren kann, es braucht dafür immer Sekundenbruchteile nach der Säurezugabe. Der Wert sollte sich jeweils einmal sichtbar stabilisieren, wird sich dann aber wieder verändern.
- Tipp: Zwischendurch die pH-Meter-Sonde etwas im Becherglas schwenken, damit sich alle Säure gut verteilt! Je nach Substratbeschaffenheit bleibt sie manchmal an der Oberfläche etwas liegen, wenn der Rührmagnet das Mischen nicht vollständig schafft. Sonst verändert sich der pH-Wert plötzlich zu stark, wenn die Säure untergerührt wird und die Titration muss wiederholt werden.
- ALLE WERTE umgehend in die mitgelieferte Tabelle EINTRAGEN (beigefügte Kopiervorlage). Eine elektronische Tabelle ist auch per E-Mail als Excel-Vorlage erhältlich; damit werden FOS, TAC und der FOS/TAC-Wert nach Eintrag der erforderlichen Zahlen automatisch ausgerechnet. Bei Interesse an der Tabelle bitte eine E-Mail schicken an info@fermenter-doktor.com.
- Nach dem Titrieren kann das Substrat bedenkenlos an geeigneter Stelle in die Natur entsorgt werden. ACHTUNG: Das RÜHRSTÄBCHEN mit dem beiliegenden Magnetstab vorher aus dem Rührbecher „RETTEN“, es kostet sonst jedes Mal etwa 2,50 Euro plus Versand, um ein Neues zu beschaffen!
- Probenbecher und übriges Laborgeschirr können unter Leitungswasser gereinigt werden.
- pH-Meter-Sonde abwaschen und abschließend mit destilliertem Wasser gut nachspülen und vorsichtig z.B. mit einem Küchentuch abtupfen, dann wieder die Plastikkappe mit etwas KCl-Lösung aus dem Pflegeset darin überstülpen. Denn: Die Sonde darf NIE AUSTROCKNEN! Sonst ist sie kaputt! pH-Meter wieder verstauen, z.B. im Karton oder auf Ihrem Laborregal. Pflegehinweise des Herstellers beachten (besonders letzte Seite)

Mit etwas Übung wird der tägliche Zeitbedarf für das Titrieren des FOS/TAC mit Probenahme max. ½ Stunde betragen. Das wird sich durch wertvolle Informationen zum täglichen Anlagenmanagement, besonders bezüglich der Fütterung, rasch bezahlt machen!

Fermenter - Doktor unabhängige Biogasberatung

Inhaber: Dr. Johannes Moerschner
Stuttgart
USTID/VAT-Nr.: DE 240 270 006

www.fermenter-doktor.com
info@fermenter-doktor.com
Skype: jmoerschner

Erklärungen zur FOS/TAC-Titration

- Je weniger Säurezugabe benötigt wird, um den pH-Wert 5,0 zu erreichen, desto kleiner ist die Pufferkapazität Ihres Substrates.
- Je weniger organische Säuren im Fermenter vorhanden sind, umso mehr Säurezugabe wird in der Tendenz benötigt, um pH 5,0 zu erreichen (freier Puffer!), manchmal sogar mehr als 20 ml, besonders bei Start-pH-Werten über 7,9.
- Je höher das basische Pufferungsvermögen des Fermenters ist (Carbonate und $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ -Gleichgewicht) umso mehr Säurezugabe wird benötigt, um pH 5,0 zu erreichen, also den Puffer mit der Säurezugabe zu erschöpfen.
- Ein pH-Wert von über 7,9 weist häufig auf einen erhöhten NH_4 -N-Gehalt hin. Dies kann mit einer zusätzlichen Messung der Leitfähigkeit (s.u.) überprüft werden.
- Je mehr organische Säuren im Fermenter enthalten sind, umso mehr Säurezugabe wird benötigt, um von pH 5,0 aus den Ziel-pH-Wert 4,4 zu erreichen (=hoher FOS-Wert). Gleichzeitig sinkt meist das Puffervermögen, also die Säuremenge, die bis pH-Wert 5,0 verbraucht wurde. Dadurch wird das Verhältnis von FOS (Zähler) zu TAC (Nenner) geringer und der FOS/TAC-Wert steigt als Folge an.
- Vorsicht bei der FOS/TAC-Interpretation: Ab einem pH-Wert von 7,9 kann (oftmals hervorgerufen durch einen erhöhten NH_4 -N-Gehalt von mehr als 2 g/l bzw. 0,2 %), der Gehalt an organischen Säuren trotz eines vermeintlich guten FOS/TAC-Verhältnisses unter 0,5 deutlich zu hoch sein. Die Säuren sind dann aber lediglich gut gepuffert. Darum ist hier die gleichzeitige Beobachtung des Verlaufs der FOS- und TAC-Werte empfehlenswert und aussagekräftig für die Säureentwicklung im Fermenter (s.u.): Ein steigender FOS-Wert bei konstantem FOS/TAC ist als kritisch zu betrachten und die Ursachen sollten genauer geprüft werden.
- Besonders bei hohen pH-Werten gibt die Menge an Säure, die bis zum Erreichen von pH 7,0 verbraucht wird einen zusätzlichen Hinweis auf die Wirksamkeit des Ammoniumpuffers; je höher desto mehr Pufferwirkung durch den Ammoniumpuffer.
- Als Erfahrungswert können für den TAC Ergebnisse zwischen 8.500 und über 13.000 gelten. Bei geringeren oder höheren Ergebnissen ist der Abgleich des Verlaufs mit sonstigen Prozessparametern empfehlenswert. Bitte Beratung in Anspruch nehmen!
- Erst regelmäßige Vergleichswerte ermöglichen eine Aussage darüber, ob in einem Substrat die Summe der org. Säuren (FOS) zunimmt, weniger wird oder gleich bleibt. Der FOS-Wert hat dabei Ähnlichkeit mit dem im Labor errechneten HAC-Äquivalent, umfasst aber die Wirkung ALLER organischen Säuren, auch der normalerweise nicht im Labor analysierten wie z.B. Milchsäure oder alle längerkettigen Fettsäuren.
- Die Futterdosierung kann bei regelmäßiger Analyse anhand der Veränderungen des FOS/TAC frühzeitig angepasst werden.

Berechnung des FOS/TAC

Formel (Schreibweise für die Eingabe in einer xls-Tabelle):

$$\text{FOS/TAC} = \frac{\text{FOS} \left(\left(\left(\text{Menge H}_2\text{SO}_4 \text{ von pH 5,0 bis pH 4,4} \times 1,66 / 2,5 \times 10 \right) - 0,15 \right) \times 500 \right)}{\text{TAC} \left(\text{Menge H}_2\text{SO}_4 \text{ von pH X,X bis pH 5,0} \times 250 / 2,5 \times 10 \right)}$$

Erläuterungen zur Formel:

- Der Faktor 1,66 (Zähler) berücksichtigt die von Prof. Weiland verwendete Substratmenge (20g) und die Molmasse der von ihm zum Titrieren eingesetzten Schwefelsäure (0,05 molar, 0,1 N).
- Da wir mit 0,5-molarer (1 N) Schwefelsäure und 50g Substrat arbeiten, haben wir die beiden grün gefärbten Faktoren in Zähler und Nenner gegenüber der Originalformel von Prof. Weiland zur Anpassung eingeführt: **2,5**-fache Substratmenge und **10**-fach stärkere Titriersäure!

Fermenter - Doktor unabhängige Biogasberatung

Inhaber: Dr. Johannes Moerschner
Stuttgart
USTID/VAT-Nr.: DE 240 270 006

www.fermenter-doktor.com
info@fermenter-doktor.com
Skype: jmoerschner

- Der Faktor 0,15 (Zähler) korrigiert das noch in der Probe enthaltene CO₂.
- Die Zahlen 500 (Zähler) und 250 (Nenner) sind fixe Multiplikatoren der empirischen Formel.

Die errechneten Werte werden normalerweise kleiner als 1 sein. Ein Wert zwischen 0,3 und 0,5 kann üblicherweise als normal betrachtet werden und sollte daher i.d.R. angestrebt werden (vgl. Orientierungswerte). Bei Anlagen, die dauerhaft im Versorgungsoptimum mit Spurenelementen geführt werden, können allerdings häufig auch Werte unter 0,2 beobachtet werden, da alle organischen Säuren umgehend abgebaut werden. Folgende Interpretation des Berechnungsergebnisses hilft Ihnen bei Ihrer täglichen Futterrationsbemessung (nur Orientierungsgrößen!):

- > 0,6 ÜBERFÜTTERT: Fütterung stark reduzieren, ev. kurzzeitig aussetzen!
- 0,5-0,6 Gefahr der Überfütterung: ggf. etwas weniger füttern
- 0,3-0,5 alles in Ordnung: Fütterung so beibehalten
- 0,2-0,3 hungrig: Ration steigern
- < 0,2 sehr hungrig: Ration STEIGERN

Achtung: Das FOS/TAC-Optimum IHRER Anlage finden Sie erst durch regelmäßige eigene Messungen heraus! Es ist abhängig von eingesetzten Substraten, verfügbarer Spurenelementversorgung, Fermentertemperatur, Stickstoffgehalt im Fermenter usw. Die o.g. Werte geben Ihnen aber eine erste Orientierung. Auch Anlagen mit einem FOS/TAC von höher als 0,5 können stabil betrieben werden – bei passender Kontrollintensität. Allerdings sollten die Ursachen bekannt sein und kritisch verfolgt werden. Bei regelmäßigem FOS/TAC unter 0,25 besteht andererseits auf Dauer oftmals eine erhöhte Alkalosegefahr, der pH-Wert steigt dann häufig über 7,9. Und: NICHT IMMER können FOS/TAC-Werte um 0,5 dauerhaft toleriert werden!

Deutliche Veränderungen im FOS/TAC sind meist auch Anzeichen für zunehmende Hemmungen und/oder Mangelerscheinungen. Besonders wenn früher, also in „guten Zeiten“ erheblich geringere Werte normal waren und diese Werte mit Leistungseinbrüchen oder weiteren Veränderungen in der Anlagenperformance bzw. im Anlagenbetrieb einhergehen.

Mit dem FOS/TAC haben Sie also einen hervorragenden ersten Anhaltspunkt, um früh zu erkennen, wenn Ihre Anlage langsam aus dem Optimum driftet! Entscheidend ist dabei die Entwicklung der Werte über die Zeit!

Und wenn Ihnen die Entwicklung des FOS/TAC-Wertes Ihrer Anlage fragwürdig vorkommt: Rufen Sie uns an! Dafür sind wir da!

Einige praktische Hinweise zum Schluss:

- Bei Anwendung der oben angeführten Formel zur FOS/TAC-Berechnung NUR 0,5-molare Schwefelsäure (H₂SO₄), entspricht 1 N (N=normal) einsetzen, sonst passt diese Formel nicht! Die Verwendung von 0,1-molarer oder anders verdünnter Schwefelsäure ist ebenso möglich, dann müssen in der Formel aber andere Korrekturfaktoren eingesetzt werden!
- Sie sollten den FOS/TAC am besten jeden Tag bestimmen, mindestens aber jeden zweiten bis dritten Tag, um dessen Wert für die Steuerung der Anlagenfütterung voll auszuschöpfen. Wichtig ist auch, dass möglichst immer dieselbe Person titriert. Dadurch wird eine gewisse Kontinuität in der Vorgehensweise gewährleistet. Je höher die Raumbelastung im Fermenter ist (mehr als 3,5 kg oTS/m³ u. Tag), desto mehr Bedeutung hat für Sie die regelmäßige und sorgfältige Ermittlung des FOS/TAC, weil solche Systeme rascher instabil werden.

Fermenter - Doktor unabhängige Biogasberatung

Inhaber: Dr. Johannes Moerschner
Stuttgart
USTID/VAT-Nr.: DE 240 270 006

www.fermenter-doktor.com
info@fermenter-doktor.com
Skype: jmoerschner

- **ACHTUNG:** Der FOS/TAC ist KEIN ERSATZ für die regelmäßig erforderlichen Laboruntersuchungen von Substratproben (alle 4-6 Wochen!) auf organische Säuren, $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt und ggf. TS! Mit solchen Substratprobenuntersuchungen erhält man ergänzend Auskunft über die absolute Mengen der einzelnen organischen Säuren im Fermenter-Substrat und deren Verhältnis zueinander. Über die Höhe des Ammonium-Stickstoffs wird darüber hinaus die Gefährdung des Fermenters beschrieben, durch Vergiftung des Substrates mit Ammoniak in seiner Aktivität gehemmt zu werden. Der FOS/TAC beschreibt dagegen die täglichen Veränderungen der im Substrat enthaltenen Gesamtsäuremenge im Verhältnis zum gegenwärtigen (Carbonat-) Puffervermögen des Fermenter-inhalts!
- Die rechtzeitige Korrektur der Futtermenge anhand des FOS/TAC-Wertes hilft Ihnen, tausende Euro an Verlusten durch Überfütterung und/oder suboptimale Gasproduktion zu vermeiden.
- Die Kalibrierflüssigkeiten vom pH-Meter halten im Kühlschrank ca. 2-3 Monate, darum:
- SAUBER ARBEITEN! Sonde vor dem Kalibrieren unbedingt säubern und IMMER sauber aufbewahren. Sonde IMMER mit dest. Wasser abspülen VOR dem Wechsel von einer Kalibrierflüssigkeit in die andere; Sonde auch vor dem Titrieren abspülen!
- Für das Kalibrieren sollten die Flüssigkeiten etwa dieselbe Temperatur haben, bei der Sie normalerweise das Substrat aus dem Fermenter untersuchen, nach Aufbereitung also um 20°C oder etwas darüber (kein automatischer Temperaturabgleich!).
- Die Kalibrierung des pH-Meters ist etwa einmal pro Woche sinnvoll! Bei unregelmäßiger Titration am besten vor jedem Einsatz des Sets.
- Die Säure zum Titrieren lichtgeschützt, nicht zu warm und geschlossen lagern, sonst Veränderungen!
- Alle Verbrauchsmittel und auch alle erforderlichen Ersatzteile können jederzeit über Fermenter-Doktor nachbestellt werden.

Arbeiten mit dem Salzmess-Stick (EC-Messgerät)

EC steht für **E**lectric **C**onductivity (elektrische Leitfähigkeit). Salze erhöhen die Leitfähigkeit von flüssigen Medien. Den Salzmess-Stick haben wir in die Standard-LaboraAusstattung zur täglichen Substratkontrolle als Ergänzung aufgenommen, um Ihnen mit der Feststellung der Leitfähigkeit einen zusätzlichen Parameter zur Steuerung Ihrer Biogasanlage an die Hand zu geben. Wir messen über die Leitfähigkeit indirekt als Größenordnung die Menge an Ammonium-N (NH_4), die im Substrat enthalten ist.

Bei hohen Anteilen an Acker-Rohstoffen mit wenig/keiner Güllezugabe wird häufig ein erheblicher Anteil des Nachgärer- oder Endlagersubstrates in den Hauptfermenter zurückgeführt. Damit steigt die Gefahr, dass sich – auch abhängig von der Futterzusammensetzung - Ammonium-N oder andere Salze aufkonzentrieren und zur Hemmung der Gärprozesse führen. Ähnliches ist bei Abfall-Vergärungsanlagen bekannt (entscheidend ist in diesem Fall oft der Gesamt-Salzgehalt, nicht nur $\text{NH}_4\text{-N}$!). Zwischen $\text{NH}_4\text{-N}$ und Ammoniak (NH_3) besteht außerdem ein Gleichgewicht, das von Temperatur und pH-Wert abhängig ist. Hemmend für die Bakterien ist dabei das NH_3 , ein sehr starkes Zellgift, das bereits in geringen Konzentrationen lethal wirkt. NH_4 wirkt dagegen hauptsächlich puffernd, also pH-Wert erhöhend (s.o.).

Ein Ergebnis in der Laboranalyse der Substratprobe bis etwa 0,25 % $\text{NH}_4\text{-N}$ (bezogen auf die Frischsubstanz) ist i.d.R. noch nicht bedenklich. Laborwerte bis ca. 3 g/l bzw. 0,3 % $\text{NH}_4\text{-N}$ sind meist noch tolerabel. Allerdings können Biogasanlagen auch noch mit deutlich höheren Salzgehalten stabil betrieben werden – wenn die Bakterien genügend Zeit hatten, sich darauf einzustellen.

Fermenter - Doktor unabhängige Biogasberatung

Inhaber: Dr. Johannes Moerschner
 Stuttgart
 USTID/VAT-Nr.: DE 240 270 006

www.fermenter-doktor.com
 info@fermenter-doktor.com
 Skype: jmoerschner

Das anzustrebende EC-Wert-Optimum Ihrer Anlage ist demnach Beratungsgegenstand. Die tägliche Kontrolle der Leitfähigkeit ergänzt die im Abstand von mehreren Wochen ermittelten Ergebnisse der Substratanalyse.

- Bitte lesen Sie vor dem ersten Einsatz die Betriebsanleitung Ihres EC-Mess-Sticks sorgfältig durch!
- Das Leitfähigkeits-Messgerät wird anfangs mit einem der mitgelieferten einmal-Kalibriertütchen kalibriert und ist anschließend direkt einsatzbereit. Der Hersteller gibt sogar an, dass das Gerät bereits betriebsbereit geliefert wird - ausprobieren. Bei regelmäßiger Verwendung sollte die Kalibrierung in jedem Fall etwa alle 4 Wochen wiederholt werden, um verlässliche Messergebnisse zu erhalten.
- Es wird über die Leitfähigkeit indirekt der gesamte Salzgehalt gemessen. Das Gerät dafür direkt in das gut durchmischte aus dem Fermenter entnommene Rohsubstrat halten (OHNE weitere Aufbereitung, vor allem OHNE VERDÜNNUNG!). Es dauert bisweilen bis zu einer Minute, bis sich ein stabiler Wert einstellt. Der Anzeigewert hört dann auf zu blinken, es leuchtet ein konstanter Wert kleiner 19,99 auf.
- Eine Leitfähigkeit von 10 -18 mS (Milli-Siemens) kann als unbedenklich angesehen werden. Tolerierbar sind meist in jedem Fall Werte unter 25 mS, spätestens dann setzt jedoch oft die Prozesshemmung ein.
- Als Faustregel kann gelten: 10 mS entsprechen einem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt von etwa 1 g/l bzw. 0,1 %. Allerdings gibt es hier erhebliche Unterschiede. Wichtig ist demnach die Trendbeobachtung, ob die Werte steigen oder fallen und ein regelmäßiger Abgleich mit Laborergebnissen.
- Je nach Ihren Einsatzstoffen kann es vorkommen, dass das Messgerät keinen sinnvollen Messwert anzeigt, sondern einen Fehler meldet („o.L.“ für „off limit“). In diesem Fall könnte der Messbereich von 20 mS überschritten worden sein. Zur Überprüfung gehen Sie wie folgt vor:
 - wiegen Sie in einem der mitgelieferten Becher 50 g Substrat ab
 - geben Sie 50 g destilliertes Wasser hinzu, gut umrühren
 - messen Sie nun erneut mit dem Mess-Stick die Leitfähigkeit
 - Das Ergebnis sollte nun korrekt als Zahl angezeigt werden. Bei erneuter Fehlermeldung wie empfohlen weiter verdünnen, bis Zahlen angezeigt werden. Für die Angabe der Leitfähigkeit im Originalsubstrat muss der Wert anschließend verdoppelt bzw. mit der durchgeführten Verdünnung multipliziert werden.
- Für den optimalen Betrieb Ihrer Anlage empfiehlt es sich, bei regelmäßigen Werten über 20 mS zu überprüfen, ob eine Senkung des Salzgehaltes/der Stickstofffracht in den Rohstoffen (Proteine!) anzustreben wäre, um den Anlagenbetrieb zu verbessern.

Je nach System und Substraten ist es sinnvoll, die Leitfähigkeit ähnlich regelmäßig zu überprüfen wie den pH- und FOS/TAC-Wert.

Und wenn Sie einmal nicht weiter wissen:

Bitte eine Email schicken mit Ihrer Frage an info@fermenter-doktor.com oder über Skype [jmoerschner](https://www.skype.com/name/jmoerschner) Kontakt aufnehmen.

Fermenter - Doktor unabhängige Biogasberatung

Inhaber: Dr. Johannes Moerschner
Stuttgart
USTID/VAT-Nr.: DE 240 270 006

www.fermenter-doktor.com
info@fermenter-doktor.com
Skype: jmoerschner