

Lucie Moeller, Kati Görsch, Roland A. Müller und Andreas Zehnsdorf

Bildung von Schaum in Biogasanlagen und seine Bekämpfung – Erfahrungen aus der Praxis

Die Bildung von Schaum – während der anaeroben Gärung – kann sich negativ auf die Wirtschaftlichkeit einer Biogasanlage auswirken. Besonders betroffen sind jene Anlagen, die für die Biogasproduktion biogenen Abfall nutzen. Unter achtzehn Betreibern von Abfallanlagen in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen wurde eine Umfrage durchgeführt. Ziel der Umfrage war, Erfahrungen über die Schaumbildung in Praxisanlagen zu sammeln und die vorgenommenen Maßnahmen zu ermitteln.

Schlüsselwörter

Biogas, Schaum, anaerobe Vergärung, Betriebsprobleme, Abfallanlagen

Keywords

Biogas, foam, anaerobic digestion, operational problems, biogas plants for treatment of biogenic wastes

Abstract

Moeller, Lucie; Görsch, Kati; Müller, Roland A. and Zehnsdorf, Andreas

Formation and suppression of foam in biogas plants – practical experiences

Landtechnik 67 (2012), no. 2, pp. 110–113, 10 references

Foam formation during the anaerobic digestion may have negative impact on the economics of a biogas plant. This problem concerns especially those biogas plants, which utilize biogenic waste for biogas production. Eighteen operators of waste treating biogas plants from Saxony, Saxony-Anhalt and Thuringia have been surveyed. The aim of the enquiry was collecting experience about the foam formation in biogas reactors and about the foam fighting tasks in practice.

mit insgesamt 7 100 Biogasanlagen und 2 780 MW installierter Leistung. Dies bedeutet eine Steigerung um 20 % gegenüber 2010. Für das Jahr 2012 wird mit einem Bau von weiteren 370 Biogasanlagen gerechnet [1]. Das Potenzial für die Stromerzeugung aus Biomasse ist beachtlich.

Im Prozess der anaeroben Vergärung auftretende Probleme wie eine übermäßige Schaumbildung [2] können schwerwiegende Folgen für den Biogasanlagenbetreiber haben. Dies kann schwerwiegende Folgen für den Biogasanlagenbetrieb haben. Die Ursachen sind bisher nicht oder nur schwer nachvollziehbar. Schaumbildung gibt es vor allem in Anlagen, die wechselnde Substratqualität und -quantität haben. Dies betrifft vorzugsweise Biogasanlagen, die Abfall- und Reststoffe einsetzen. Zur Einschätzung der Relevanz des Problems der Schaumbildung in Biogasreaktoren wurde eine Umfrage an Abfallanlagen in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen durchgeführt. Es wurden achtzehn Biogasanlagenbetreiber kontaktiert; fünfzehn davon waren bereit, eine Auskunft zur Schaumbildung in ihrem Biogasfermenter zu geben. Lediglich ein Betreiber gab an, nie Probleme mit Schäumen gehabt zu haben. Zwei andere Betreiber berichteten über Schaumbildung im Prozess der biologischen Entschwefelungsstufe. Zwölf Biogasanlagenbetreiber hatten im Laufe der Existenz ihrer Biogasanlage mehr oder weniger oft mit Schaumbildung im Biogasreaktor zu tun: Zwei Anlagen schäumten lediglich einmal, sieben Betreiber klagten über regelmäßig wiederkehrende Schaumbildung. Im Fall von drei Biogasanlagen, die anfangs Schwierigkeiten mit Schaum hatten, wurde das Problem durch Änderungen in der Betriebsweise gelöst.

Die Erfahrungen von Betreibern hinsichtlich der möglichen Ursachen von Schaum und Maßnahmen zur Bekämpfung werden in diesem Artikel zusammengefasst. Dazu wurden auch Erkenntnisse von Betreibern von drei Abfallanlagen in Bayern, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern und von fünf Na-

Die Biogasproduktion hat mittlerweile im Energiemix der erneuerbaren Energien eine feste Position eingenommen. Dies zeigt sich durch eine beachtliche Anzahl von Biogasanlagen in Deutschland. Der Fachverband Biogas e.V. rechnete für 2011

waRo-Anlagen aus Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt (2 x) ausgewertet. Alle Anlagen hatten zum Zeitpunkt der Anfrage Probleme mit Schaumbildung im Biogasreaktor.

Schaumbildung in Abfallbiogasanlagen

Die Ursachen für die Schaumentstehung in Biogasreaktoren bleiben häufig ungeklärt. Nur durch genaues Beobachten und langjährige Erfahrung können Faktoren eingegrenzt werden, die offensichtlich eine Schaumbildung induzieren.

Allgemein wurden von Betreibern zwei Schaumarten beschrieben. Sie unterschieden sich voneinander in der Größe der Gasblasen und im Aufwand, der für ihre Bekämpfung betrieben werden musste. Ein Schaum mit großem Blasendurchmesser ist relativ einfach mit konventionellen Mitteln, wie Diät und Unterrühren des Schaums, zu beseitigen. Der durch kleine Blasendurchmesser definierte Schaum bereitet dagegen große Probleme, da dieser stabiler ist. Wie der Mechanismus, der zur Bildung dieser Schäume führt, funktioniert und warum sich die Schäume in der Blasengröße unterscheiden, ist bisher nicht bekannt.

Am häufigsten sind die Substrate die Ursache für übermäßige Schaumbildung. Außer der Verwendung nicht geeigneter Substrate führt auch ein zu hoher Anteil an leicht abbaubaren Substanzen zu einer Überlastung der biogasbildenden Mikrobiologie. Wird eine Anlage mit großen Mengen an tierischem Protein beschickt, erhöht sich das Risiko der übermäßigen Schaumbildung. Als besonders problematisch für die anaerobe Vergärung wurden Fischabfälle beschrieben. Ein Betreiber berichtete auch über die Bildung von kleinblasigem Schaum während der Umstellungsphase seiner Biogasanlage auf Schlachtabfälle. Vermutlich wurden die darin enthaltenen Proteine durch die vorgeschaltete Hygienisierung denaturiert und teilweise oder gänzlich hydrolysiert. Durch diesen Vorgang kam es zur Eiweißanreicherung auf der Oberfläche und als Folge wurde der Schaum stabilisiert. Dieser Mechanismus wurde von Clarke und Reid [3] auch für Proteine pflanzlichen Ursprungs beschrieben. Nach Angaben des Betreibers ging der Fermenter-inhalt innerhalb kurzer Zeit „wie Hefeteig“ auf und verstopfte die Gasableitung. Dies passierte nur nach der ersten Fütterung der Anlage mit den Schlachtabfällen. Nach einer Stabilisierung des Prozesses wurde kein Schaum beobachtet.

Als weitere Verursacher der Schaumbildung in Biogasanlagen gelten oberflächenaktive Stoffe, die in Substraten wie Fettabscheiderinhalten, Resten aus der Bioethanolproduktion und Abwasser aus Molkereien enthalten sind. Durch die Anwesenheit von diesen Substraten kommt es zur Herabsetzung der Oberflächenspannung des Fermenter-inhalts, sodass das gebildete Biogas nicht entweichen kann und an der Oberfläche der Flüssigkeit in Form von Blasen eingeschlossen wird. Wird der Schaum durch weitere Faktoren stabilisiert, können diese Substrate kritisch werden. Diese Situation wurde in einem Faulturm eines Klärwerks beobachtet, wo Fettabscheiderinhalte als Cosubstrate genutzt wurden. In den Wintermonaten wurde

eine Schaumbildung im Fermenter beobachtet. Eine mikroskopische Analyse ergab die Anwesenheit von fadenförmigen Mikroorganismen. Es ist bekannt, dass Bakterien, wie *Microthrix parvicella*, durch ihre fädige Struktur zur Schaumstabilisierung beitragen [4].

Ebenfalls wurden in der Erhebung Abfallstoffe aus einer Papierfabrik – Faserstoffe – als Schaumverursacher identifiziert. Dieses Material zeichnet sich durch eine sehr hohe Viskosität und einen Trockensubstanzanteil von etwa 15 % aus und trägt zur Bildung von Schaum mit großen Blasen bei. Nach Angaben des Betreibers kann dieser Schaum problemlos bekämpft werden.

Die Zugabe von Kieselgur in Biogasanlagen löste unterschiedliche Effekte aus. Kieselgur ist ein natürlich vorkommendes Sedimentgestein (Siliziumdioxid), das vornehmlich aus fossilen Kieselalgen besteht [5]. Dank der Porosität dieser Substanz, wird sie in der Lebensmitteltechnologie (z. B. in Brauereien) als Filtermaterial genutzt. Während Kieselgur von einem Betreiber als schaumfördernd beschrieben wurde, beobachtete ein anderer Betreiber seine schaumunterdrückende Wirkung. Im zweiten Fall wurde über eine wiederkehrende Schaumbildung als Folge der Molkereiabwasserzugabe berichtet, die nur dann nicht auftrat, wenn sich auch Kieselgur im Substratmix befand.

Der meiste Schaum wird also durch die Zugabe ungeeigneter Substrate oder einer zu hohen Substratmenge verursacht. Darüber hinaus wurde von zwei Betreibern über Schaumbildung berichtet, die als Folge von Nährstoffmangel aufgetreten war. Dank täglicher Zugabe einer an den Anlagenzustand angepassten Spurenelementlösung konnte das Problem nachhaltig behoben werden.

Auch prozesstechnische Störungen können Schaumbildung zur Folge haben. In einem Fall führte ein plötzlicher Temperaturanstieg von 35 °C auf 38 °C zum Auftreten von Schaum. Da die Zusammensetzung des zudosierten Substrates über längere Zeit gleich geblieben war, ist anzunehmen, dass durch den Temperaturunterschied die empfindliche Biozönose im Biogasreaktor gestört wurde. Aufgrund der plötzlichen Änderung des Milieus kam es vermutlich zum vermehrten Absterben der Mikroorganismen, wodurch Schleim- und Speicherstoffe freigesetzt wurden. Es handelt sich dabei um Polysaccharide, die entweder intrazellulär als Speicherstoffe oder extrazellulär zum Schutz der Zellen dienen. Der Wirkungsmechanismus dieser Substanzen auf die Schaumentstehung ist noch ungeklärt. Es wird vermutet, dass durch ihre Freisetzung die Viskosität des Fermenter-inhalts erhöht wird, wobei die Gasblasen in der Flüssigkeit eingeschlossen werden [6].

Schaumbildung in NawaRo-Biogasanlagen

Statistisch zeigen Biogasanlagen, die mit nachwachsenden Rohstoffen beschickt werden, weniger Probleme mit übermäßiger Schaumbildung, da die Substratzusammensetzung weniger variabel ist als in einer Abfallanlage. Trotzdem gibt es auch hier kritische Substrate, bei deren Nutzung Prozessinstabilitäten auftreten können.

Zu den bekanntesten schaumfördernden Substraten gehört Hühner trockenkot. Dieser enthält viel Stickstoff. Zu hohe N-Konzentrationen im Gärsubstrat führen zur Inhibierung der Biozönose im Biogasreaktor – der Fermenterinhalt schäumt [7]. Allerdings gibt es Biogasanlagen, deren Mikroorganismen sich offensichtlich an hohe Ammoniumkonzentrationen angepasst haben. Trotzdem wird von Betreibern geraten, neben Hühnerkot noch ein neutralisierendes Cosubstrat zu nutzen.

Große Probleme verursacht ebenfalls die Zugabe von Zuckerrüben. Die Induzierung einer Schaumbildung durch dieses Substrat wird durch zwei Faktoren unterstützt. Einerseits enthalten Zuckerrüben bis zu 16 % (w/w) Zucker (Saccharose) in der Trockensubstanz. Dieser wird in einer Biogasanlage sehr rasch zu Biogas umgesetzt. Die Anwesenheit des leicht verwertbaren Substrates führt zur schnellen Vermehrung der Mikroorganismen und zur Überlastung der Anlage. Andererseits weisen die Zellwände von Zuckerrüben hohe Mengen an Pektin auf, das die Viskosität des Gärsubstrates erhöht und die Gasblasen in der Matrix einschließt. So kam es zum Aufblähen des gesamten Fermenterinhalt, nachdem eine NawaRo-Biogasanlage, aufgrund eines technischen Defekts in der Zudosierung, mit Zuckerrüben überfüttert wurde. Die Schaumentwicklung war so stark, dass die nachgeschalteten Systeme beschädigt wurden und aufwendig repariert werden mussten.

Mit Schaumbildung reagiert die Fermentation auch auf die Fütterung mit nasser, verdorbener oder verschimmelter Mais-silage. Im Fall einer Biogasanlage in Sachsen-Anhalt wurde CCM-Silage (corn-cob-mix) als Schaumförderer identifiziert. Die Maiskörner enthalten viel Stärke, die die Viskosität des Fermenterinhalt erhöht und eine ähnliche Wirkung auf die Gasblasen hat wie Pektin aus Zuckerrübenschnitzeln.

In einer anderen Biogasanlage, die auf der Basis von Gülle und Mais arbeitet, wurde über mehrere Monate eine persistente Schaumschicht beobachtet, die nur mit täglicher Zugabe von mehreren Litern Antischaummittel unter Kontrolle gehalten werden konnte. Als Ursache wurde der Zusatz von Roggenschrot (1-2 % (w/w) des Gesamtsubstrats) identifiziert. Nach Minimierung der Schrotmenge auf 0,25 % kam es zur deutlichen Reduktion der Schaumschicht. Eine Analyse der Fütterungsprotokolle von weiteren schäumenden Anlagen zeigte, dass neben Roggen auch andere Getreidearten die Schaumbildung begünstigen, beispielsweise Hirse und Gerste sowohl als Schrot als auch in Form von Ganzpflanzensilage. Der Grund für die übermäßige Schaumbildung liegt ähnlich wie bei Zuckerrüben in einer zu raschen Verwertung des Substrats. Fein gemahlener Schrot verursacht auch Blähungen im Rinderpansen wie Untersuchungen aus dem Bereich der Veterinärmedizin zeigen [6]. Die winzigen Partikel bieten mehr Fläche für die Mikroorganismen als grob gewalztes Getreide, sodass sich die Mikroben schneller vermehren können und mehr Proteine und Polysaccharide (Schleimstoffe) produzieren. Nach dem Zelltod werden diese Stoffe wieder frei und begünstigen die Schaumbildung. Außerdem üben Stärke und Proteine aus dem Roggen-

schrot eine stabilisierende Wirkung auf den Schaum aus. In der Lebensmitteltechnologie sind Roggenmahlprodukte dafür bekannt, dass sie gut schäumbar sind und besonders stabilen Schaum bilden [8].

Die Beschickung einer Biogasanlage mit leicht abbaubaren Substraten, wie Zuckerrüben und Getreideschrot, ist daher nur mit äußerster Vorsicht durchführbar. Die Kunst in der Zusammenstellung des Substratmix liegt darin, das richtige Verhältnis der Substrate einzusetzen. So kann man von leicht abbaubaren Substraten durchaus profitieren, ohne sich mit Problemen wie Übersäuerung oder Schaumbildung auseinandersetzen zu müssen [9].

Maßnahmen zur Bekämpfung des Schaums

Von Biogasanlagenbetreibern wurden mehrere Maßnahmen zur Verminderung der übermäßigen Schaumbildung umgesetzt. In den meisten Fällen wurde als erster Schritt beim exzessiven Schäumen eine strenge Diät, die sogenannte „Hungerkur“, realisiert. Dabei wird die Substratzufuhr für zwei bis drei Tage auf das Minimum gesetzt, sodass die Mikroorganismen ausreichend Zeit haben, sich an die Betriebsbedingungen zu adaptieren.

Darüber hinaus wird von Betreibern geraten, einen Teil des Fermenterinhalt abzupumpen, um Platz für den Schaum zu schaffen, aber auch um den Schaum mit Rührwerken untertühren zu können. Einige Betreiber führen dem Gärsubstrat Wasser hinzu, damit die schaumbildende Masse verdünnt wird. Aus diesem Grund ist es ratsam, bereits beim Bau einer Biogasanlage einen Wasserbehälter zur Aufnahme von kostengünstigem Regenwasser einzuplanen.

Die Nutzung von Antischaummitteln wird kontrovers diskutiert. Allgemein wurde beobachtet, dass es nicht einen Entschäumer für alle Arten von Schaum gibt – bei unterschiedlichen Schäumen helfen unterschiedliche Antischaummittel. Die Antischaummittel wirken schaumzerstörend, indem sie den schaumbildenden Oberflächenfilm durch einen völlig andersartigen Filmtyp ersetzen [10]. Als preiswerter Entschäumer wird Pflanzenöl empfohlen. Der Vorteil seiner Nutzung liegt neben seiner einfachen Verfügbarkeit auch darin, dass es sich um einen natürlichen Stoff handelt, der in der Anlage komplett verstoffwechselt wird. Bei manchen Schaumarten wurde festgestellt, dass bereits geringe Mengen an Rapsöl eine gute Wirkung hinsichtlich der Schaumreduzierung zeigten. In einer Biogasanlage, in der Schaumbildung durch Zugabe von Molke-reiabwasser regelmäßig auftritt, wird die komplette Schaumschicht durch Zugabe von lediglich drei Litern Öl entfernt. Den Erfahrungen der Betreiber nach sollte allerdings nur solches Öl genutzt werden, bei dem Schleimstoffe, wie Phosphatide, entfernt wurden.

Erfolge bei der Schaumvermeidung wurden auch nach einer Anpassung der Betriebsweise beobachtet – ein optimaler Rührzyklus ist zur Vorbeugung der Schaumbildung von ebenso großer Bedeutung wie ein angepasstes Fütterungsregime. Hier kann allerdings keine generelle Regel festgelegt werden: Der

Rührzyklus sollte nicht zu kurz sein, um Schwimmschichten vorzubeugen; auf der anderen Seite darf der Fermenterinhalt nicht permanent gerührt werden, damit die Mikroorganismen-Agglomerate nicht gestört werden. Die Erfahrung der NawaRo-Anlagenbetreiber zeigt, dass zehn Minuten pro Stunde ausreichend sind. Trotzdem sollte dieser Wert an jede Anlage angepasst werden.

Das Gleiche gilt auch für die Fütterungsperiode. Allgemein gilt: Je öfter beschickt wird, desto besser. Eine häufige Fütterung ist aber nur mithilfe von Automatisierung und einer exakten Messung der zugegebenen Mengen möglich. Das spiegelt sich in den Investitionskosten wider. Eine Abfallanlage in Sachsen konnte ihr Schaumproblem durch Verteilung der täglichen Fütterungsmenge auf 72 Chargen, das bedeutet eine Fütterung alle 20 Minuten, nachhaltig lösen.

Eine weitere vorbeugende Maßnahme ist die behutsame Nutzung von kritischen Substraten. Wenn es nicht möglich ist, auf diese vollkommen zu verzichten, sollten sie dem Biogasreaktor in kleinen Mengen und mit langen Anpassungszeiten zugegeben werden. Ein erfahrener Biogasanlagen-Betreiber rät für das Anfahren eines neuen Biogasreaktors, sich an folgender Faustregel zu orientieren: Ab 70 % Füllvolumen sollten lediglich 1–2 m³ frisches Substrat pro Tag zugegeben werden. So kann die Schaumbildung während des Anfahrprozesses vermieden werden.

Folgen der übermäßigen Schaumbildung

Das Ausmaß der Schaumbildung und ihre Folgen sind unterschiedlich. Bei einer vergleichsweise gemäßigten Schaumbildung können sich die Kosten auf das genutzte Antischaummittel und den erhöhten Personeneinsatz beschränken. In einem solchen Fall wird nach Angaben eines Abfallanlagen-Betreibers aus Bayern mit 500–600 € pro Einsatz kalkuliert.

Ein unkontrolliertes starkes Schäumen kann allerdings auch erhebliche Schäden verursachen. Diese reichen vom Verstopfen der Gasleitung über Probleme mit der Rührtechnik bis hin zu Konstruktionsschäden. Ein Abfallanlagen-Betreiber aus Sachsen berichtete von einem Schaumereignis, währenddessen sich der gesamte Fermenterinhalt in eine Schaummasse verwandelte. Dabei wurde das Dach des Biogasreaktors beschädigt. Der Gesamtschaden wurde vom Betreiber auf 500.000 € beziffert.

Schlussfolgerungen

Obwohl die Biogasbranche einen Boom erlebt, gibt es noch Probleme beim Biogasbildungsprozess, die bisher nicht vollständig beherrscht werden. Dazu gehört zweifellos die übermäßige Schaumbildung im Biogasfermenter. Das Phänomen betrifft sehr viele Anlagen und ist häufig mit ökonomischen Einbußen verbunden. Aus diesem Grund ist es notwendig, die Ursachen der exzessiven Schaumproduktion zu verstehen. Die genauen Mechanismen der Schaumentstehung im Biogasproduktionsprozess sind derzeit Gegenstand unserer Forschung.

Literatur

- [1] Biogas Branchenzahlen 2011: Entwicklung der Anzahl Biogasanlagen und der gesamten installierten elektrischen Leistung in Megawatt [MW] (Stand: 11/2011), http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen, Zugriff am 15.2.2012
- [2] Moeller, L.; Herbes, C.; Müller, R.; Zehnsdorf, A. (2010): Schaumbildung und -bekämpfung im Prozess der anaeroben Gärung. *Landtechnik* 65(3), S. 204–207
- [3] Clarke, R. T. J.; Reid, C. S. W. (1973): Foamy Bloat of Cattle. A Review. *J. Dairy Sci.* 57(7), pp. 753–785
- [4] Kunst, S.; Knoop, S. (1996): Schaum in Faulbehältern, In: *Ökologie der Abwasserorganismen*, Springer Verlag, Heidelberg, S. 273–289
- [5] Tsai, W. T.; Hsien, K. J.; Yang, J. M. (2004): Silica adsorbent prepared from spent diatomaceous earth and its application to removal of dye from aqueous solution. *J. Colloid Interface Sci.* 275, pp. 428–433
- [6] Majak, W.; McAllister, T. A.; McCartney, D.; Stanford, K.; Cheng, K.-J. (2008): Bloat in Cattle. Alberta Agriculture and Rural Development, Agriculture and Agri-Food Canada, www.agriculture.alberta.ca, Zugriff am 15.2.2012
- [7] Schumann, W.; Gurgel, A. (2007): Schwachstellenanalyse an ausgewählten Biogasanlagen in Mecklenburg-Vorpommern. In: *1. Rostocker Bioenergieforum. Bioenergieland Mecklenburg-Vorpommern*, Universität Rostock, S. 155–169
- [8] Zehle, F. (2009): Die Entstehung von Schaumstrukturen in Backwaren und deren Vorprodukten. Informationsmaterial der IGV GmbH zur Iba 2009. <http://www.igv-gmbh.de/aktuelles/projekte/entstehung-von-schaumstrukturen-in-backwaren.html>, Zugriff am 15.2.2012
- [9] Eder, B.; Schulz, H. (2007): Der Biogas-Prozess. In: *Biogas Praxis*, Ökobuch Verlag, Staufen, S. 17–40
- [10] Mollet, H.; Grubenmann, A. (2000): Schaum. In: *Formulierungstechnik: Emulsionen, Suspensionen, Feste Formen*, Wiley-VCH, Weinheim, S. 125–132

Autoren

Dr.-Ing. Lucie Moeller ist wissenschaftliche Mitarbeiterin zum Thema Störfalldiagnostik und Prozessstabilisierung am Umwelt- und Biotechnologischen Zentrum des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, Permoserstr. 15, 04318 Leipzig, E-Mail: lucie.moeller@ufz.de.

Dipl.-Chem. Kati Görsch ist wissenschaftliche Mitarbeiterin zum Thema Störfalldiagnostik und Prozessstabilisierung am Umwelt- und Biotechnologischen Zentrum des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, E-Mail: kati.goersch@ufz.de.

Dr. Roland Arno Müller ist Leiter des Umwelt- und Biotechnologischen Zentrums des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, E-Mail: roland.mueller@ufz.de.

Dr.-Ing. Andreas Zehnsdorf leitet die Arbeitsgruppe Bioprozesstechnik am Umwelt- und Biotechnologischen Zentrum des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ, E-Mail: andreas.zehnsdorf@ufz.de.

Danksagung

Das Projekt wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestags. Wir bedanken uns bei allen Biogasanlagenbetreibern, die bereit waren, ihre Erfahrungen mit uns zu teilen.