

# IEA Bioenergy Task 37: Energie aus Biogas

Arbeitsperiode 2019 - 2021

B. Drogg, G. Bochmann

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**46/2023**

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe  
unter [nachhaltigwirtschaften.at](http://nachhaltigwirtschaften.at)

### **Impressum**

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

### **Copyright und Haftung:**

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist.

Nutzungsbestimmungen: [nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/](http://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/)

# IEA Bioenergy Task 37:

## Energie aus Biogas

Arbeitsperiode 2019 - 2021

DI Dr Bernhard Drosig, DI Dr Günther Bochmann  
Institut für Umweltbiotechnologie – Department IFA Tulln  
Universität für Bodenkultur Wien

Wien, Juni 2022

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## **Vorbemerkung**

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM  
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien  
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)



## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>Kurzfassung .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Abstract.....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Ausgangslage.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Projekthalt.....</b>	<b>12</b>
	4.1. Ziele und Inhalte des Implementing Agreements IEA Bioenergy .....	12
	4.2. Ziele und angestrebte Ergebnisse des Annex bzw. Task.....	12
	4.3. Verwendete Methoden und Daten.....	12
<b>5</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Vernetzung und Ergebnistransfer .....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen.....</b>	<b>22</b>





# 1 Kurzfassung

Die österreichischen Vertreter haben an der Tätigkeitsperiode 2019 – 2021 des IEA Bioenergy Task 37 „Energy from Biogas“ teilgenommen. Dadurch wurden im Rahmen eines Netzwerkes internationaler Experten Schlüsselfragen für die Umsetzung und Verbreitung der Biogasgewinnung aus Nebenprodukten, Abfällen und Energiepflanzen akkordiert und entsprechend aufbereitete Informationen an die betroffenen Anwender\*innen, Firmen, Planungsbüros, Behörden, Verbände, Fachinstitutionen etc. in Form von Informationsbroschüren, Success stories, technischen Studien, Internet Websites sowie Workshops und Tagungen verbreitet.

Im abgeschlossenen Triennium lag der Schwerpunkt auf der ökologischen und ökonomischen Implementierung der Biogastechnologie in landwirtschaftlichen und industriellen Betrieben. Eine sinnvolle und nachhaltige Implementierung ist eine globale Herausforderung. Wobei die direkte Umsetzung und die Details mitunter variieren. In der Task-Periode wurden die Themen von unterschiedlichen regionalen und nationalen Blickpunkten beleuchtet und diskutiert. Im Detail behandelt wurden die nachhaltige Biogasgewinnung, die Biomethanzertifizierung, die Rolle im Bereich des direkten Umweltschutzes und die Implementierung der Biogastechnologie in industrielle Prozesse. Die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen fokussierte auf die kaskadische Nutzung landwirtschaftlicher Produkte wie beispielsweise Stroh. Zudem wurde der Einsatz von Biomethan als Treibstoff behandelt, sowie der verbesserte Einsatz von Gärprodukten mit Hinblick auf die Stärkung der Kreislaufwirtschaft.

## 2 Abstract

The Austrian representatives participated in the IEA Bioenergy Task 37 "Energy from Biogas" during the period 2019 - 2021. As part of a network of international experts, key issues for the implementation and dissemination of biogas production from by-products, waste and energy crops were agreed upon and appropriately prepared information was disseminated to the affected users, companies, planners, authorities, associations, specialist institutions, etc. in the form of information brochures, success stories, technical studies, Internet websites, workshops and conferences.

In this triennium, the focus was laid on the ecological and economic implementation of biogas technology in agricultural and industrial enterprises. A sensible and sustainable implementation is a global challenge. Whereby the direct implementation and the details sometimes vary. During the task period, the topics were examined and discussed from different regional and national perspectives. In detail, sustainable biogas production, biomethane certification, the role in direct environmental protection and the implementation of biogas technology in industrial processes were dealt with. The use of renewable resources focused on the cascading use of agricultural products such as straw. In addition, the use of biomethane as a fuel was addressed, as well as the improved use of fermentation products with a view to strengthening the circular economy.

# 3 Ausgangslage

- Beschreibung der Ausgangslage (Status Quo / Ausgangssituation, Motivation für Projekt, übergeordnete Zielsetzung des Projekts)
- Beschreibung des Standes der Technik / Stand des Wissens aus eigenen Vorarbeiten sowie nationalen und internationalen Projekten.

Im Rahmen der Vorstellung des Arbeitsprogrammes des Tasks an das IEA Bioenergy ExCo wurde die Ausgangslage der Arbeiten des Tasks klar skizziert. Das Hauptziel lag in der Bewältigung der Herausforderungen im Zusammenhang mit der wirtschaftlichen und ökologischen Nachhaltigkeit der Biogaserzeugung und -nutzung. Obwohl es in den OECD-Ländern viele Biogasanlagen gibt, kann der Betrieb in den allermeisten Fällen nur mit Hilfe von Subventionen aufrechterhalten werden, um mit dem Industriesektor für fossile Energien konkurrieren zu können. Viele der Prozessschritte in der Biogasproduktionskette müssen verbessert werden, um sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten zu senken. Diese Verbesserungen sind jetzt auch erforderlich, um eine erhebliche Dekarbonisierung zu erreichen und strenge Nachhaltigkeitskriterien zu erfüllen.

In den Jahren 2013 bis 2015 erstellte Task 37 Berichte zu folgenden Themen: Substrate (Klärschlamm, Algen); Vorbehandlungen einschließlich der Abtrennung von Siedlungsabfällen; Prozessoptimierung (Rolle von Biogas in intelligenten Energienetzen, Prozessüberwachung und Nährstoffrückgewinnung) sowie Marktentwicklung und Handel mit Biomethan.

Im Zeitraum 2016-2018 berichtete Task 37 über folgende Themen: Substrate (Lebensmittelabfälle); Optimierung der Nachhaltigkeit des erzeugten Biogases durch Messung und Minimierung des Methanschlupfs in Biogasanlagen; Systemoptimierung (Ökologisierung des Gasnetzes; die Rolle von Biogas in der Kreislaufwirtschaft; integrierte nachhaltige Lösungen). Die besten Praktiken im Labor wurden bezüglich des Biomethan-Potenzial-Tests bewertet.

Für den Zeitraum 2019 - 2021 wurden Arbeiten zu drei großen Themen fixiert: die Rolle von Biogas in Energiesystemen, die Nachhaltigkeit von Biogassystemen und Methoden zur Gewährleistung bewährter Verfahren sowie die Integration von Biogas in Prozesse.

Um den Klimawandel einzudämmen, ist die Entwicklung integrierter und nachhaltiger dekarbonisierter erneuerbarer Energiesysteme unerlässlich. Wärme und Verkehr machen zusammen etwa 80 % des Endenergieverbrauchs aus. Bei der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen wurden erhebliche Fortschritte erzielt, doch die Dekarbonisierung von Kraftstoffen ist problematisch. Gasförmige erneuerbare Energieträger, wie z. B. erneuerbares "grünes Gas", können in künftigen Energiesystemen einen erheblichen Einfluss haben und eine Schlüsselrolle bei der Dekarbonisierung von Wärme und Verkehr spielen. Bei grünem Gas dominiert derzeit Biomethan, das aus der anaeroben Vergärung von organischer Biomasse und Rückständen aus der Landwirtschaft, der Lebensmittelproduktion und der Abfallverarbeitung gewonnen werden kann. Im Jahr 2015 waren 459 Biogasaufbereitungsanlagen in Betrieb, die 1.230 Mio. Nm<sup>3</sup> Biomethan produzierten. Der Markt für Biomethan wächst weiter. Schweden, das Vereinigte Königreich, die Schweiz, Frankreich und die Niederlande haben ihre Biomethanproduktion in den letzten fünf Jahren erheblich gesteigert. Kurzfristig wird die Entwicklung von Projekten für grünes Gas, einschließlich der Einspeisung von

Biomethan in die Gasnetze, der Hauptschwerpunkt dieser sich entwickelnden Industrie sein. Für die Verwaltung dieses Prozesses ist ein System für grüne Gaszertifikate erforderlich, um die Nachhaltigkeit zu gewährleisten und den Handel zu ermöglichen.

Jüngste politische Maßnahmen der EU erleichtern die Entwicklung solcher Pfade mit immer strengeren Auflagen für die Dekarbonisierung. Der Anteil erneuerbarer und kohlenstoffarmer Kraftstoffe (ohne Biokraftstoffe der ersten Generation und einschließlich der Elektrifizierung) soll von 1,5 % im Jahr 2021 auf 6,8 % im Jahr 2030 steigen, wobei der Anteil fortschrittlicher Biokraftstoffe bis dahin mindestens 3,6 % betragen soll. Biomethan kann diesen fortschrittlichen Biokraftstoff für Überlandbusse und schwere Nutzfahrzeuge liefern.

Die anhaltende Forderung nach Dekarbonisierung wird zur Integration anaerober Vergärungssysteme in andere Prozesse führen, sei es in der Landwirtschaft, der Lebensmittelindustrie, der Abfallwirtschaft oder der Getränkeindustrie. Die anaerobe Vergärung wird auch als ein integriertes Element in den Bioraffinerien der Zukunft angesehen werden.

# 4 Projektinhalt

Der Task 37 „Energy from Biogas“ ([www.iea-biogas.net](http://www.iea-biogas.net)) ist ein Expertennetzwerk der IEA (International Energy Association). Die österreichische Beteiligung wird im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperation über das bmvit finanziert. Im Detail ist der Task 37 Teil des Implementing Agreement „IEA Bioenergy“ ([www.ieabioenergy.com](http://www.ieabioenergy.com)).

## 4.1. Ziele und Inhalte des Implementing Agreements IEA Bioenergy

Die im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA) seit 1978 laufenden Forschungsarbeiten zum Thema Bioenergie werden auf der Basis einer „Durchführungsvereinbarung“ (Implementing Agreement) „IEA Bioenergy“ abgewickelt. Gegenwärtig haben dieses Agreement mehr als 20 Mitgliedsländer der IEA (darunter Österreich) unterzeichnet.

## 4.2. Ziele und angestrebte Ergebnisse des Annex bzw. Task

Ziel des gegenständlichen Projektes war es, in der Arbeitsperiode 2019 – 2021 als österreichische Vertreter im Task 37 „Energy from Biogas“ tätig zu sein. Dabei sollten einerseits nationale Erfahrungen für die anderen Teilnehmerländer aufbereitet und weitergeleitet, andererseits aber der breite Erfahrungsschatz der IEA Teilnehmerländer (18 teilnehmende Institutionen) für Österreich akkordiert und nutzbar gemacht werden.

Gearbeitet wurde im Rahmen von Arbeitstreffen, Workshops, Technischen Studien, Broschüren, Success stories, etc. Dabei wurden die von allen Ländervertreter\*innen erarbeiteten, internationalen Erfahrungen für österreichische Interessent\*innen, Nutzer\*innen, Behörden, Verbände etc. aufbereitet bzw. verfügbar gemacht. Österreichische Beiträge wurden im Gegenzug in die von allen Task-Teilnehmerländern auszuarbeitenden Broschüren, Technischen Studien, Success Stories u.a. eingebracht.

## 4.3. Verwendete Methoden und Daten

Das gegenständliche Projekt stützt sich auf die Sammlung unterschiedlichster Informationen aus verschiedenen Projekten bzw. von verschiedenen nationalen und ausländischen Institutionen. Die gesammelten Informationen bzw. erarbeiteten Auswertungen, Richtlinien, Stellungnahmen u.ä. wurden in der internationalen Task 37 Arbeitsgruppe, in Arbeitssitzungen diskutiert, wobei eine Evaluierung bzw. Plausibilitätsprüfung erfolgte. Zwischen den Arbeitssitzungen erfolgte ein laufender, regulärer Datenaustausch per Email und Internet.

In diesem Triennium nahmen insgesamt 18 Länder am Task 37 teil. Die nachfolgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht über den Task:

Teilnehmer (18): Australien, Brasilien, China, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Indien, Irland, Italien, Kanada, Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden, Schweiz

Task-Leiter: Prof. Dr. Jerry Murphy

Österreichische Teilnehmer: Dr. Bernhard Drosig, Dr. Günther Bochmann, Institut für Umweltbiotechnologie – Department IFA Tulln, Universität für Bodenkultur Wien

Task-Homepage: [task37.ieabioenergy.com/](http://task37.ieabioenergy.com/)

Die vom Task 37 Gremium freigegebenen Arbeiten, Studien etc. wurden gemäß Projektplan an die jeweiligen Gremien, Entscheidungsträger\*innen, Anwender\*innen und Firmen weitergeleitet. Die Instrumente hierzu waren die IEA Bioenergy Task 37 Homepage, IEA Broschüren u.a. Publikationsorgane sowie Präsentationen bei Workshops und Symposien.

# 5 Ergebnisse

- Beschreibung der Ergebnisse, Darstellung von Innovationen, Weiterentwicklungen und Highlights in dem Task / Annex. Die Ergebnisse müssen klar, verständlich und übersichtlich dargestellt sein. Bitte beachten Sie, dass hier ein publizierbarer Ergebnisbericht und KEIN Tätigkeitsbericht erstellt wird.
- Welche Erkenntnisse wurden auf internationaler Ebene gewonnen und welche Wirkungen erzielt? Welche Erkenntnisse wurden daraus für Österreich abgeleitet?
- Welche Ergebnisse wurden im Berichtszeitraum im Task / Annex international und national veröffentlicht? [Art der Publikation, Titel, Synopsis, Quellenangabe] mit Link zur veröffentlichten Publikation. Welche weiteren (internationalen) Veröffentlichungen sind geplant (wann und wo voraussichtlich)?
- Übersicht der Publikationen aus dem Task / Annex, die für Österreich besonders relevant sind bzw. an denen Österreich stark mitgewirkt hat. Diese sollen mit Publikationsformular gesondert übermittelt und können so während der Projektlaufzeit auf [www.nachhaltigwirtschaften.at](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) veröffentlicht werden. Im Ergebnisbericht soll darauf Bezug genommen werden und die Publikationen mit Synopsis dargestellt werden.

Der Hauptschwerpunkt des Tasks lag auf der Bereitstellung und Veröffentlichung von Informationen bezüglich der Biogastechnologie. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse des Tasks neben der Arbeit in den Netzwerktreffen vorwiegend die entstandenen Publikationen. Diese werden in der Folge zusammenfassend angeführt.

## **Erfahrungsbericht des Potenzials und der Nutzung von Gülle zur Biogasproduktion aus sieben Ländern<sup>1</sup>**

Die Erzeugung von Biogas aus Gülle in einem landwirtschaftlichen Betrieb ist der Inbegriff eines nachhaltigen Bioenergiesystems. Das System umfasst eine dezentrale Produktion von organischem Biodünger und Biogas für die Nutzung als Wärme, Strom oder Treibstoff, während gleichzeitig die flüchtigen Methanemissionen aus offenen Güllefässern, die Geruchsbelästigung und die Verschmutzung von Flüssen und Brunnen minimiert werden. Warum ist die Praxis der Biogasproduktion aus Gülle also nicht weiterverbreitet? Die Eigenschaften von Gülle hängen von der Herkunft der Nutztiere und der Haltungsform ab, was wiederum zu einer großen Bandbreite an technisch verfügbaren Gülleressourcen und Kosten für aus Gülle erzeugtem Biogas führt. Um dies zu verdeutlichen, hat die IEA Bioenergy diesen Bericht veröffentlicht, der das Potenzial von Gülle für die Nutzung in Biogasanlagen in sieben Ländern untersucht: Deutschland, Australien, Österreich, Norwegen, Kanada, Irland und das Vereinigte Königreich. Diese Länder haben ein unterschiedliches Niveau der Biogasindustrie, sehr unterschiedliche landwirtschaftliche Praktiken und eine Reihe von Klimazonen. Man hofft, dass die Auswahl der Länder es ermöglicht, die aus diesen sieben Ländern gewonnenen Erkenntnisse auf viele Länder der Welt zu übertragen. Zu den wichtigsten Faktoren, die die Eignung von Gülle für einen wirtschaftlichen anaeroben Vergärungsprozess bestimmen, gehören: das Biogaspotenzial der Gülle, der Wassergehalt der Gülle, unerwünschte und hemmende Stoffe in der Gülle, die Herdengröße und die daraus resultierende Menge an Gülle, die der Biogasanlage zur

Verfügung steht. Diese Variablen sind voneinander abhängig, wie das folgende Beispiel zeigt. Wenn die Gülle einen sehr hohen Wassergehalt hat (z. B. von Schweinen), wirkt sich dies stark auf den Wärmebedarf für die Verarbeitung und die Kostentragfähigkeit aus, ebenso wenn ein Transport erforderlich ist. Hühnermist hingegen hat einen hohen Feststoffgehalt und wird in Europa bereits über weite Strecken zur Entsorgung transportiert. Sowohl Schweinegülle als auch Geflügelmist werden in der Regel mit intensiver Landwirtschaft in Verbindung gebracht, aber die anfallenden Hühnermistmengen sind nicht so gut vergärbar wie Rindermist; Hühnermist ist stickstoffhaltig und erfordert eine innovative biologische Vergärung oder eine Co-Vergärung mit anderen Substraten. Schweinegülle, zum Beispiel, ist verdünnt, hat einen geringen spezifischen Methanertrag und ist daher nicht ideal für den Transport über weite Strecken oder die Monovergärung.

### **Perspektiven für Biomethan als Kraftstoff in einem Kreislaufwirtschafts-, Energie- und Umweltsystem<sup>2</sup>**

Aus der Literatur geht hervor, dass die Lebenszykluskosten von mit Biomethan betriebenen leichten Fahrzeugen 15 bis 20 % höher sein können als die von vergleichbaren Benzin- und Dieselfahrzeugen, während mit flüssigem Biomethan betriebene schwere Nutzfahrzeuge ähnliche Lebenszykluskosten wie Dieselfahrzeuge aufweisen können. Eine solche Analyse kann jedoch zweidimensional und in ihrer Aussagekraft begrenzt sein. Einerseits wird die Akzeptanz von dieselbetriebenen Lkw und Bussen aufgrund des Klimawandels und der Luftverschmutzung begrenzt sein, und nach 2030 wird Diesel möglicherweise keine Konkurrenz mehr für Biomethan sein. Andererseits ist die Biomethanproduktion Teil eines größeren Kreislaufwirtschafts-, Energie- und Umweltsystems. Es ist sehr schwierig, den Energievektor Biomethan von dem System zu trennen, in dem er erzeugt wird. Im Wesentlichen kann Biomethan als eines der Produkte oder Dienstleistungen eines umfassenden Biogassystems betrachtet werden. Ein Vorteil von Biogas ist, dass es aus den meisten feuchten organischen Abfällen oder Nebenprodukten erzeugt werden kann, einschließlich Lebensmittelabfällen, tierischen Nebenprodukten (wie Gülle), landwirtschaftlichen Rückständen, Klärschlamm und industriellen Abfällen (z. B. aus Schlachthöfen und der Lebensmittel- und Getränkeindustrie). Die Biogaserzeugung ist ein Element des Umweltmanagements für solche Abfälle; Biogasanlagen können auch Gärreste liefern, welche die meisten Nährstoffe des Ausgangsmaterials enthalten und ein ausgezeichnetes Biodüngemittel sein können. Darüber hinaus ist es möglich, das bei der Aufbereitung von Biogas zu Biomethan entzogene Kohlendioxid als Produkt mit Mehrwert zu nutzen. Die Ressource Biomethan ist von großer Bedeutung, wenn man bedenkt, welche riesigen Mengen an organischen Abfällen jedes Jahr weltweit deponiert werden, die stattdessen zur Erzeugung von Biogas, Biodünger und CO<sub>2</sub> in Lebensmittelqualität verwendet werden könnten, während gleichzeitig die Umwelt durch geringere flüchtige Methanemissionen und eine bessere Wasserqualität verbessert wird. Darüber hinaus birgt die Anwendung von Biogassystemen in der Bioindustrie (z. B. in Papierfabriken, Lebensmittelproduktionsanlagen oder anderen Arten von Bioraffinerien) ein enormes Potenzial zur Dekarbonisierung der Industrie bei gleichzeitiger erheblicher Steigerung der Biomethanressourcen.

### **IEA Bioenergy Task 37 - Ein Überblick über den Stand der Biogasindustrie in ausgewählten Mitgliedsländern (Country Report Summary)<sup>3</sup>**



Die Arbeitsgruppe Task 37 trifft sich mindestens zweimal im Jahr, um den Fortschritt des Arbeitsprogramms zu besprechen. Bei diesen Treffen stellen die nationalen Vertreter auch die neuesten Informationen zum Thema Biogas aus ihren jeweiligen Ländern vor. Diese Präsentationen stehen auf der Homepage von Task 37 zum kostenlosen Download bereit. Die vorliegende Publikation ist eine Zusammenstellung aus den Präsentationen der Treffen und zusätzlichen Hintergrundinformationen der nationalen Vertreter.

### **Integration der anaeroben Vergärung in landwirtschaftliche Systeme<sup>4</sup>**

Die vier Länder - Australien, Kanada, Italien und das Vereinigte Königreich - unterscheiden sich in Bezug auf ihre Größe, ihr Klima und die Art der landwirtschaftlichen Produktion. Kanada und Australien haben die größte Landmasse, aber sehr unterschiedliche Klimazonen. Die anaerobe Vergärung und die Biogaserzeugung in der Landwirtschaft sind in Italien am höchsten, gefolgt von Großbritannien, Australien und Kanada. Die Einführung der anaeroben Vergärung hat in allen vier Ländern in den letzten Jahrzehnten zugenommen, wenn auch in unterschiedlichem Tempo. In allen Fällen waren energie- und klimapolitische Maßnahmen die wichtigsten Triebfedern, die das Wachstum ermöglicht haben. In Kanada fallen Energie-, Abfallwirtschafts- und Umweltpolitik größtenteils in den Zuständigkeitsbereich der Provinzen, so dass die Biogas-Entwicklung auf Provinzebene diskutiert wird. Die ökologische Nachhaltigkeit der Landwirtschaft hat viele Facetten. In diesem Abschnitt des Berichts wird jedes Land aus einem anderen Blickwinkel auf die Nachhaltigkeit und die Rolle der anaeroben Vergärung betrachtet. In Australien wird die anaerobe Vergärung in erster Linie eingesetzt, um die Umweltauswirkungen von Abwässern aus der Verarbeitung von rotem Fleisch und aus Schweinezuchtbetrieben zu verringern. Der Abschnitt über Kanada beschreibt den rechtlichen Rahmen für Biogastechnologie in der Landwirtschaft in den verschiedenen Provinzen. In Italien hat sich das Konzept Biogasdoneright durchgesetzt - eine Reihe von Innovationen, die Biogas als Kerntechnologie beinhalten. Im Vereinigten Königreich wird die Umweltbelastung durch die Landwirtschaft durch die Ausbringung von Gülle in Verbindung mit verbesserten Anbautechnologien, einschließlich der Präzisionslandwirtschaft, verringert. Auch andere Umweltvorteile wie die Vernichtung von Krankheitserregern und Unkrautsamen sind zu verzeichnen. Die Landwirtschaft ist eine Quelle von Treibhausgasemissionen, hat aber die Fähigkeit, CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre zu entfernen und Kohlenstoff im Boden zu binden. Die anaerobe Vergärung und die Erzeugung von Biogas können die THG-Emissionen aus der Güllebewirtschaftung verringern und die THG-intensiveren Energieformen ausgleichen; zusammen mit der erhöhten Photosynthese in Verbindung mit Zwischenfrüchten und dem erhöhten organischen Gehalt des Bodens in Verbindung mit der Direktsaat kann dies zu negativen Emissionen in der Kreislaufwirtschaft führen. Die THG-Auswirkungen von Biogas hängen von der Verfügbarkeit (Sammelbarkeit) von Rohstoffen und der THG-Intensität des Energiesystems des Landes ab. In Australien gibt es beträchtliche Mengen an sammelbarer Gülle, und die Einführung von Biogas könnte sowohl die Gülleemissionen als auch die energiebezogenen THG-Emissionen der Gesamtwirtschaft verringern. In Kanada ist das Potenzial je nach Provinz sehr unterschiedlich und hängt von der Menge der anfallenden Gülle, dem Anteil der Wasserkraft am Energiesystem einer Provinz und den Richtlinien und Anreizen für erneuerbares Erdgas ab. In Italien kann die Einführung des Konzepts Biogasdoneright die Kohlenstoffbindung im Boden deutlich erhöhen, die THG-Emissionen des landwirtschaftlichen Betriebs auf nahezu Null reduzieren und die THG-Emissionen des Energiesystems ausgleichen. Biogas ist eine Kerntechnologie in diesem Konzept, die durch den Anbau und die Nutzung von Zwischenfrüchten (schnell wachsende Pflanzen, die zwischen dem erfolgreichen

Anbau der Hauptkulturen angebaut werden) und eine größere Gärrestproduktion ergänzt wird. In ähnlicher Weise beinhaltet die Emissionsreduzierung in der Landwirtschaft im Vereinigten Königreich Präzisionslandwirtschaft, Biogas und die angemessene Verwendung von Gärresten - Teil des Trends zu einer nachhaltigeren Landwirtschaft.

### **Erneuerbares Gas - Diskussion über den Stand der Branche und ihre Zukunft in einer dekarbonisierten Welt<sup>5</sup>**

Bei der Dekarbonisierung geht es um viel mehr als nur um Strom; Strom selbst macht nur etwa 20 % des Endenergiebedarfs aus. Als Gesellschaft müssen wir Entscheidungen treffen, die von Wissenschaftlern und Ingenieuren fundiert und von der Politik umgesetzt werden, und zwar welche Technologien und Fahrpläne zur Dekarbonisierung der schwer abbaubaren Sektoren eingesetzt werden sollen, darunter: Schwerlastverkehr, industrielle Hochtemperaturwärme, Landwirtschaft, Düngemittel- und Chemieproduktion. Wenn man bedenkt, dass gegenwärtig in der EU und den USA das Erdgasnetz mehr Energie liefert als das Stromnetz, kann es nicht als sinnvoll angesehen werden, eine solche Infrastruktur aufzugeben und neu anzufangen, nicht angesichts des drohenden Klimanotstands und der Notwendigkeit, schnell zu handeln.

Die bestehende Erdgasinfrastruktur ist in vielen Industrieländern sehr umfangreich und sollte nicht als künftige Redundanz in Verbindung mit einem fossilen Brennstoffsystem angesehen werden. Sie könnte stattdessen enorme Vorteile für grünes, erneuerbares Gas als künftigen dekarbonisierten Energieträger bieten. Das gesamte Erdgasinfrastruktursystem wurde mit großem Aufwand aufgebaut und umfasst ein umfangreiches Transportsystem mit Übertragungs- und Verteilungsrohren und Anschlüssen an die Industrie und Haushalte. In bestimmten Industriezweigen sind Gaskessel, KWK-Anlagen und zugehörige Systeme vorhanden.

Traditionelle erneuerbare Gastechnologien (wie Biogas und Biomethan) können als ausgereift betrachtet werden. Wir verfügen über die Technologien, um erneuerbare Gase aus feuchtem organischem Material, trockenem holzigem Material und aus Elektrizität herzustellen.

### **Minhe Hühnermist-Biogasanlage - Kreislaufwirtschaft für Hühnermist<sup>6</sup>**

Die Minhe-Hühnermist-Biogasanlage befindet sich in der Stadt Yantai in der Provinz Shandong, China. Sie besteht aus zwei Gruppen von Biogasanlagen, die in zwei getrennten Phasen errichtet wurden: die erste Phase im Jahr 2009 und die zweite Phase im Jahr 2015. In der ersten Phase im Jahr 2009 wurde eine Gruppe von Biogas-Fermentern zur Erzeugung von Biogas für die Stromerzeugung konzipiert und in Betrieb genommen. Das Cluster umfasst acht kontinuierliche Rührkesselreaktoren (CSTRs) mit einem Arbeitsvolumen von jeweils 3000 m<sup>3</sup>. Die acht Fermenter sind in zwei parallele Gruppen unterteilt, die jeweils eine zweistufige anaerobe Vergärungstechnologie verwenden. Das neuere System umfasst zwei Sätze von drei Hauptfermentern (erste Stufe), gefolgt von einem Nachfermenter (zweite Stufe).

## **Kreislaufwirtschaft – Integration von Biogas in den Prozess zur Herstellung hochwertiger Produkte aus Recyclingpapier<sup>7</sup>**

Im Jahr 1990 wurde der erste UASB-Reaktor (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) in der Papierfabrik installiert. Innerhalb von 6 Jahren wurde die Erweiterung der Anlage aufgrund der zunehmenden Belastung durch Abwasser notwendig. Die erste UASB-Anlage hatte ein Arbeitsvolumen von 910 m<sup>3</sup>. Im Jahr 2004 wurde eine weitere biologische Stufe (UASB) mit 950 m<sup>3</sup> Volumen installiert. Die weiter steigende Belastung der Anlage führte dazu, dass im Jahr 2016 zwei weitere Anaerobreaktoren hinzukamen. Diese beiden anaeroben Aufstrom-Reaktoren arbeiten bei hohen Belastungsraten in einer internen Rezirkulationskonfiguration mit einem Arbeitsvolumen von jeweils 800 m<sup>3</sup>. Die gesamte Anlage reinigt jährlich 2 Millionen m<sup>3</sup> Abwasser. Aufgrund der eingesetzten Technologie müssen die Feststoffe vor der weiteren Behandlung aus dem Abwasser entfernt werden. Diese Abtrennung findet in einer Vorstufe statt. Das Abwasser, das in die anaerobe Stufe gelangt, hat einen Trockensubstanzgehalt von weniger als 500 mg/l. Die behandelte CSB-Menge liegt bei etwa 45.000 - 55.000 kg pro Tag, wobei sie kontinuierlich leicht ansteigt. Im Jahr 2016 wurde eine mikrobiologische Entschwefelungsanlage für das Biogas installiert, die H<sub>2</sub>S oxidiert und aus dem Gasstrom abscheidet.

## **Produktion von lebensmitteltauglichem nachhaltigem CO<sub>2</sub> aus einer Biogasanlage – Dänemark<sup>8</sup>**

Strandmøllen A/S entwickelte Dänemarks erste CO<sub>2</sub>-Anlage auf Biogasbasis in einer der größten Biogasanlagen der Welt, die von Nature Energy in Korskro, außerhalb der Stadt Esbjerg, gebaut wurde. Biogas besteht in der Regel zu 60 % aus Methan, das als erneuerbarer Brennstoff verwendet wird, während die restlichen 40 % ein natürliches Restprodukt in Form von CO<sub>2</sub> sind. Anstatt dieses Rest-CO<sub>2</sub> zu verschwenden und in die Atmosphäre zu emittieren, wurde eine speziell gebaute Anlage zur Rückgewinnung und Wiederverwertung des gesamten CO<sub>2</sub> konzipiert, was die Nachhaltigkeit und die Kreislaufwirtschaft der Anlage fördert.

## **Einstreu – ein Kovergärungssubstrat mit erheblichem Potenzial<sup>9</sup>**

Die Mitvergärung von Einstreu erfordert Investitionen in Anlagen zur Handhabung trockener Biomasse. Außerdem fallen zusätzliche Kosten für den Betrieb und die Wartung dieser Anlagen an. Es wird zusätzliche Lagerkapazität für die vergorene Biomasse benötigt, aber es ist keine zusätzliche Fermenterkapazität erforderlich. Die Wahl der Ausrüstung und der Technologie hängt weitgehend davon ab, wie die Biogasanlage ansonsten ausgestattet und konfiguriert ist und was erreicht werden soll: erhöhte Pumpfähigkeit, flexibler Wärmeaustausch, höhere Biogausausbeute, geringere Neigung zur Bildung von Schwimmschichten, Senkung der Kosten. Im Allgemeinen hat sich gezeigt, dass bei Anlagen mit kürzerer Verweilzeit (einige Wochen) der Einsatz von stärkeren Zerkleinerungstechnologien die Biogausausbeute deutlich erhöht. Die Reaktoren müssen in der Lage sein, Substrate mit hohem TS-Gehalt zu verarbeiten. Für Anlagen mit relativ langer Verweilzeit ist die PreMix-Technologie am weitesten verbreitet. In landwirtschaftlichen Betrieben sind billige Lösungen wie das Rühren in der Vorgrube, gefolgt von einer Zerkleinerungspumpe und einem Zerkleinerer am besten geeignet und werden häufig eingesetzt. Mobile Zerkleinerer mit großem Fassungsvermögen sind ebenfalls sehr beliebt, da sie kostengünstige und flexible Lösungen bieten. Die Trockenbeschickung wird in Dänemark nur von wenigen Biogasanlagen eingesetzt.

### **Grünes Methanol aus Biogas in Dänemark - ein vielseitiger Kraftstoff<sup>10</sup>**

Im Rahmen des BioReFuel-Projekts, das von 2020 bis 2023 läuft, untersucht Lemvig Biogas die Speicherung von Strom in Form von Methanol, das durch die Umwandlung von CO<sub>2</sub> im Biogas gewonnen wird, und von Wasserstoff aus Elektrolyse von Strom. Im Projekt eSMR-MeOH (Biogas für MeOH mit elektrischer Reformierung) untersuchen Haldor Topsøe, die Universität Aarhus und andere die Produktion von grünem Methanol auf der Grundlage von Biogas. Die angewandte Technologie umfasst die Aufspaltung von Biogas (in CO und H<sub>2</sub>) mit Hilfe eines elektrisch betriebenen Katalysators mit zusätzlicher Energiezufuhr in Form von Wasserstoff, der mit Hilfe der Elektrolyse-Technologie erzeugt wird, um die Produkte des aufgespaltenen Biogases in Methanol umzuwandeln. Die Methanolsynthese ist eine exotherme Reaktion, die bei einer Temperatur von 200 bis 300 °C abläuft.

### **Biogasproduktion aus Maisstroh in der kalten nördlichen Region Chinas<sup>11</sup>**

Die Biogasanlage in einem staatlichen landwirtschaftlichen Betrieb (Fanrong Stock Farm, Kreis Fuyu, Stadt Qiqihar, Provinz Heilongjiang) ist die erste Biogas-BHKW-Anlage, die reines gelbes Maisstroh als Ausgangsmaterial in der alpinen Region Chinas verwendet. Die 2MWe-Anlage verbraucht 30.000 Tonnen gelbes Maisstroh auf einem Gelände von 2,3 ha; sie wurde von Nanjing General New Energy Power Co. Ltd. mit einer Gesamtinvestition von 55 Millionen Yuan errichtet (und betrieben). Das Projekt wurde im November 2016 in Betrieb genommen und läuft seit über 30.000 Stunden ununterbrochen. Die angewandten Verfahren zielen darauf ab, die Effizienz der Biogasproduktion und die Gesamtwirtschaftlichkeit zu optimieren, indem aus Biogastrückständen hochwertige "Zuchtkeimlingserde" erzeugt wird.

### **De-zentrale Stromerzeugung durch Nutzung von Biogas in einem Mikronetz – Brasilien<sup>12</sup>**

Beim dezentralen Modell wird das Biogas in einfachen Biogasanlagen, z. B. in überdachten Lagunen, in den landwirtschaftlichen Betrieben erzeugt, in denen die Gülle anfällt. Das Biogas wird gespeichert und dann durch Gasleitungen zu einem zentralen Standort transportiert, wo elektrische Energie erzeugt wird. Beim zentralisierten Modell wird die Gülle in einen größeren und fortschrittlicheren anaeroben Fermenter, wie z. B. einen kontinuierlich gerührten Tankreaktor (CSTR), befördert. Diese Fermenter werden ständig auf Variablen überwacht, die sich auf die Biogaserzeugung auswirken, wie Temperatur und pH-Wert. Wenn die Variablen auf eine Überlastung des Fermentersystems hinweisen, werden Korrekturmaßnahmen ergriffen, um die Stabilität des Systems zu gewährleisten. Das erzeugte Biogas wird in einem Gasspeicher gespeichert und vor Ort in Strom umgewandelt. Die Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK-Anlage) muss über eine ausreichende elektrische Kapazität verfügen, um das Mikronetz im Falle eines Netzausfalls zu versorgen.

### **Kompakte und automatisierte Biogaserzeugung auf einem landwirtschaftlichen Betrieb – Kanada<sup>13</sup>**

Die erste Demonstration des Mikrobiogas-Konzepts in Kanada ist Harcolm Farms in Beachville, Ontario. Dieser Betrieb hat 75 Milchkühe und 80 Hektar Ackerland. Ein kompaktes System, das von der

belgischen Firma Bioelectric speziell für kleinere Milchviehbetriebe entwickelt wurde, wurde von der Martin Energy Group im Januar 2018 installiert. In Europa wurden bereits über 125 solcher Anlagen verkauft. Das Bioelectric-System wurde ausgewählt, weil die Technologie erprobt war, relativ niedrige Kapitalkosten hatte und ein gut entwickeltes, automatisiertes System war, das die betrieblichen Anforderungen reduzieren konnte.

## 6 Vernetzung und Ergebnistransfer

- Welche Zielgruppen hatte das Projekt? Wie wurden diese in das Projekt eingebunden?
- In welcher Form wurden die Ergebnisse und Erkenntnisse an die Zielgruppen kommuniziert bzw. diesen zugänglich gemacht?
- Worin liegt Relevanz und Nutzen der Projektergebnisse national und international? Wie sind die Projektergebnisse verwertet worden (z.B. Anpassung der nationalen Gesetzgebung, Normen, Standards, Ausrichtung der FTI-Politik)?

Anhand der Aktivitäten des Instituts für Umweltbiotechnologie am IFA Tulln wird die Weitergabe an Stakeholder\*innen in Österreich dargestellt. Das Institut war während des Trienniums 2019 - 2021 an einer Vielzahl von nationalen und internationalen Forschungsprojekten zum Thema Biogas beteiligt. Dabei fand eine Kommunikation und Dissemination der Arbeiten aus dem Task statt. Auch bei Vorträgen bei nationalen Biogasveranstaltungen wurde auf die Tätigkeiten im Task 37 hingewiesen. Teilnehmer\*innen waren bei diesen Veranstaltungen vornehmlich Anlagenbetreiber\*innen, Anlagenhersteller\*innen und Berater\*innen. Zudem gab es zwischen der Universität für Bodenkultur Wien Kooperationen mit anderen Ländern wie bspw. Ungarn, Argentinien, Slowakei, Brasilien und Peru, in welchen auf die Aktivitäten und Publikationen des Tasks hingewiesen wurde. Es war wichtig, die relevanten Themen im Bereich der Biogasgewinnung auch außerhalb Österreichs zu kommunizieren, um Fehler zu vermeiden und die sinnvolle Anwendung der Technologie zu propagieren. Abgesehen von diesen Aktivitäten fand ein Großteil der Informationsweitergabe auch über die IEA Task 37-Homepage (Newsletter, Download von Informationsmaterialien) sowie über die technischen Broschüren und Workshops statt.

Dr. Bernhard Drosig ist neben seiner Tätigkeit für die BOKU auch Leiter des Bereichs „Biokonversion und Biogassysteme“ des COMET-Kompetenzzentrums „BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH“. Im Kompetenzzentrum BEST findet angewandte Energieforschung statt, über eine Vielzahl von thematischen Bereichen. Die Ergebnisse des Projektes konnten somit auch innerhalb des Kompetenzzentrums einen Mehrwert generieren. Darüber hinaus erfolgte über das Zentrum eine sehr gute Vernetzung der nationalen Akteur\*innen.

Aus den Taskaktivitäten entstehen immer wieder neue Fragestellungen und die entsprechenden Lösungsansätze, ebenso ist es die Aufgabe der österreichischen Taskvertreter Themen aus Österreich in die internationale Diskussion einzubringen. So stand die Taskvertretung mit dem nationalen Interessensverband (KBVÖ) im Austausch zu wichtigen Themen der Biogasbranche. Durch diese Kommunikation auf nationaler Ebene sowie die Vernetzung der unterschiedlichen Partner auf internationaler Ebene wurden die Ergebnisse des Projektes sehr intensiv und vielseitig genutzt.

# 7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

- Zu welchen fachlichen Schlussfolgerungen kommt das Projektteam?
- Gibt es weiterführende nationale Forschungsprojekte bzw. IEA-Kooperationsprojekte im Themenbereich bzw. sind solche geplant?
- Welche Empfehlungen können für die österreichische FTI Politik abgeleitet werden?

Waren die Teilnehmerländer im Task37 in den Jahren davor hauptsächlich aus Europa, so zeigte in dieser Arbeitsperiode der Einstieg von China und Indien eine starke Erweiterung des Fokus auf sehr große Volkswirtschaften außerhalb Europas. Dies zeigt die erfreuliche Tatsache, dass erneuerbare Energie aus Biogas in vielen Teilen der Welt stärker nachgefragt wird. Es wird auch über dieses Triennium hinaus eine weiterführende Kooperation geben, auch im Triennium 2022-2024 wird Österreich an dem internationalen Austausch des Task 37 teilnehmen.

Es gibt Herausforderungen im Zusammenhang mit der wirtschaftlichen und ökologischen Nachhaltigkeit der Biogaserzeugung und -nutzung, welche es anzugehen gilt. Während die Entwicklung des Biogassektors in vielen OECD-Ländern durch viele neue Anlagen gekennzeichnet ist, hat die mangelnde Unterstützung des Sektors in anderen Ländern zu einer sehr begrenzten Bautätigkeit geführt. Die Wahrnehmung der Perspektiven und der Zukunft von Biogas haben sich in den letzten Jahren verändert. Während Biogas in der Vergangenheit als Strom- und Wärmequelle gesehen wurde, wird in der aktuellen Diskussion die Bereitstellung von erneuerbarem Gas betont.

Um die Technologie voranzubringen, ist es wichtig, relevante Vorteile oder externe Effekte des anaeroben Vergärungsprozesses bzw. -systems zu beschreiben, sowie den monetären Nutzen von Biogassystemen zu quantifizieren, sofern dies plausibel darstellbar ist. Spezifische Analysen von Strategien zur Optimierung der Gülleverwertung gehören durchgeführt. Gülle ist aus mehreren Gründen ein wichtiges Substrat für Biogas-Anwendungen und die Steigerung ihrer Verwertung sollte vorangetrieben werden. Die Biomethanproduktion ist bereits eine etablierte Technologie für den Übergang des Gassektors zur Kohlenstoffneutralität. Die Möglichkeiten spezifischer Industrien, Biogasprozesse zur Emissionsminderung einzusetzen, müssen bewertet werden.

Die zukünftigen Technologien der Biomethananwendungen in Kombination mit Power-to-X-Technologien gilt es zu diskutieren. Ein wichtiges Thema ist auch die Reduzierung von Methanemissionen in Biogassystemen und der Landwirtschaft allgemein. Es gibt Technologien, die Abgase mit geringen Methankonzentrationen reduzieren können. Insbesondere mit dem zunehmenden Fokus auf die Reduzierung von prozessbedingten Treibhausgasemissionen gewinnen derartige Technologien an Bedeutung.

## Literaturverzeichnis

1. [https://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Potential%20utilization\\_WEB\\_END\\_NEW\\_2.pdf](https://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Potential%20utilization_WEB_END_NEW_2.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
2. [https://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/IEA\\_transport\\_T37\\_END\\_HIGH.pdf](https://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/IEA_transport_T37_END_HIGH.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
3. [https://task37.ieabioenergy.com/country-reports.html?file=files/daten-redaktion/download/publications/country-reports/Summary/IEA\\_T37\\_CountryReportSummary\\_2021\\_neu.pdf](https://task37.ieabioenergy.com/country-reports.html?file=files/daten-redaktion/download/publications/country-reports/Summary/IEA_T37_CountryReportSummary_2021_neu.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
4. [https://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Farming\\_system\\_WEB.pdf](https://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Farming_system_WEB.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
5. [https://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Renewable%20Gas%20Report\\_END.pdf](https://task37.ieabioenergy.com/files/daten-redaktion/download/Technical%20Brochures/Renewable%20Gas%20Report_END.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
6. [http://task37.ieabioenergy.com/case-stories.html?file=files/daten-redaktion/download/Success%20Stories/Case%20Story%20China\\_%20Chicken%20Manure\\_June%202021.pdf](http://task37.ieabioenergy.com/case-stories.html?file=files/daten-redaktion/download/Success%20Stories/Case%20Story%20China_%20Chicken%20Manure_June%202021.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
7. [https://task37.ieabioenergy.com/case-stories.html?file=files/daten-redaktion/download/Success%20Stories/Case%20Story%20Austria\\_July%202021.pdf](https://task37.ieabioenergy.com/case-stories.html?file=files/daten-redaktion/download/Success%20Stories/Case%20Story%20Austria_July%202021.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
8. <https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/11/Case-Story-CO2-recovery-Denmark-November-2020.pdf> (abgerufen am 02. Juni 2022)
9. [https://task37.ieabioenergy.com/case-stories.html?file=files/daten-redaktion/download/case-studies/Case%20Story%20Deep%20Bedding\\_Nov%202020.pdf](https://task37.ieabioenergy.com/case-stories.html?file=files/daten-redaktion/download/case-studies/Case%20Story%20Deep%20Bedding_Nov%202020.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
10. [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/12/Case-Story-DK\\_-Green-Methanol\\_web-1.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/12/Case-Story-DK_-Green-Methanol_web-1.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
11. [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/12/Corn-Straw-Biogas\\_China\\_-\\_Final\\_December\\_2021.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2021/12/Corn-Straw-Biogas_China_-_Final_December_2021.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
12. [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2019/03/IEA\\_Brazil-Solar-Biogas\\_Case-Story.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2019/03/IEA_Brazil-Solar-Biogas_Case-Story.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)
13. [https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/05/IEA\\_canada\\_LAY\\_NEW1\\_green.pdf](https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2020/05/IEA_canada_LAY_NEW1_green.pdf) (abgerufen am 02. Juni 2022)



**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,  
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)