

Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven





KTBL-Schrift

Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven

FNR/KTBL-Kongress
vom 11. bis 12. September 2023
in Bonn

Herausgeber

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), Darmstadt

Fachliche Begleitung

KTBL-Arbeitsgruppe „Programmausschuss FNR/KTBL-Biogaskongress 2023“

Astrid Hauptmann | Dr. Christiane Herrmann | Susanne Höcherl | Dr. Peter Kornatz |
Dr.-Ing. Bernd Krautkremer | Dr. Joachim Matthias (Vorsitzender) | Dr. Hans Oechsner | Mark Paterson |
Dr.-Ing. Gerd Reinhold | Peter Schünemann-Plag | Dr. Petra Schüsseler

Ideeller Partner



Medienpartner



Bitte zitieren Sie diese Publikation bzw. Teile daraus wie folgt:

KTBL (2023): Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven. 8. FNR/KTBL-Kongress, 11.–12.09.2023, Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Text das generische Maskulinum verwendet.

© KTBL 2023

Herausgeber und Vertrieb

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon +49 6151 7001-0 | E-Mail: ktbl@ktbl.de
vertrieb@ktbl.de | Telefon Vertrieb +49 6151 7001-189
www.ktbl.de

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

Titelfoto

© www.stock.adobe.com | Countrypixel

Druck und Bindung

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG
Sontraer Straße 6 | 60386 Frankfurt am Main

Vorwort

Die Biogaserzeugung ist mit Blick auf den Klimaschutz und die Umstellung auf eine erneuerbare Energieversorgung sowie die energetische Versorgungssicherheit von großer Bedeutung. Die rund 9.000 Biogas- und Biomethananlagen in Deutschland hatten im Jahr 2021 eine installierte Leistung von 7,1 GW, mit der sie 31,3 TWh Strom nachhaltig, klimafreundlich und aus heimischen Rohstoffen erzeugten. Mit knapp 13% trugen sie so einen wesentlichen Beitrag zur erneuerbaren Stromerzeugung bei. 2 GW der installierten BHKW-Leistung, das entspricht der Leistung von zwei Atomkraftwerken, dienen der flexiblen Strombereitstellung. Zudem wurden 17,4 TWh Wärme bereitgestellt, ausreichend für etwa 1,5 Mio. Haushalte, sowie knapp 1 TWh für den Kraftstoffbereich. Im gleichen Jahr vermied der Sektor fast 20 Mio. Tonnen Kohlenstoffdioxidäquivalente. Zudem stellt die Branche rund 50.000 Arbeitsplätze überwiegend im ländlichen Raum bereit.

Die Entwicklung des Biogassektors ist von rechtlichen, ökologischen und ökonomischen Anforderungen abhängig. Gleichzeitig ist aber auch eine technische Weiterentwicklung des Sektors zur Steigerung der Effizienz und der Wirtschaftlichkeit – aber auch der Umweltverträglichkeit – erforderlich. Hierzu fördert das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) eine Vielzahl von Forschungs- und Entwicklungsprojekten sowie Demonstrations- und Investitionsvorhaben.

Dieser Tagungsband enthält die Fach- und Posterbeiträge des 8. Kongress der Veranstaltungsreihe „Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven“, zu dem das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) und die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) am 11. und 12. September 2023 einladen. Das Programm wurde durch die KTBL-Arbeitsgruppe „Programmausschuss FNR/KTBL-Biogaskongress 2023“ zusammengestellt und umfasst ein breites Themenspektrum von den aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen und Herausforderungen bis hin zu Zukunftsperspektiven, Prozessoptimierung und neuen Technologien.

Ein herzlicher Dank geht an alle, die mit ihren Vorträgen, Moderationen, Postern oder ihre engagierte Mitarbeit zum Erfolg des Kongresses beigetragen haben. Ebenfalls danken wir allen Kolleginnen und Kollegen, die den achten Biogaskongress geplant und durchgeführt haben.

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

Fachagentur Nachwachsende
Rohstoffe e.V. (FNR)



Dr. Martin Kunisch
Hauptgeschäftsführer



Dr.-Ing. Andreas Schütte
Geschäftsführer

Inhalt

Vorträge

Biogas als multifunktionaler Baustein für die Energieversorgung, den ländlichen Raum und die Umwelt PETER KORNAZ, JANINE MÜLLER	12
Zukünftige Rolle von Biogas zur Sicherung unserer Energieversorgung ANDREAS WEBER, ROBERT SPANHEIMER	24
Die Rolle von Biomethan im zukünftigen Erdgasnetz ANICA MERTINS, MATHIAS HEIKER, TIM WAWER, SANDRA ROSENBERGER	34
Wasserstoff aus Biogas durch direkte Dampfreformierung ANDY GRADEL, DOMINIK BÜSCHGENS, JULIAN HILGER	44
Schweinekot aus der vollständigen Kot-Harn-Trennung als Maisersatz HELMUT GEORG DÖHLER, SUSANNE DÖHLER, GERD REINHOLD, UWE HÄUSSERMANN	53
Biogas aus Gülle – Gaserträge in Abhängigkeit von Wirtschaftsdünger- management und -lagerung CHRISTIANE HERRMANN, JULIO ELIAS HILGERT, SUSANNE THEUERL, BARBARA AMON	65
Landwirtschaftliche Rest- und Abfallstoffverwertung – Lösungsansätze zur technischen Anpassung bestehender Biogasanlagen für die Nutzung faseriger Reststoffe (LaRA) NORBERT GRÖSCH, KATHARINA BÄR, WILFRIED ZÖRNER	73
Hochlastvergärung von Gülle und Abwässern ELMAR BRÜGGING, JUREK HÄNER, ROBERTO ELOY HERNÁNDEZ REGALADO, ALEXEJ NERADKO . . .	84
Automatisierte Rührsysteme in Biogasanlagen – Sens-O-Mix STEFAN DIETRICH, ANNE DEUTSCHMANN, FRANK DUCKHORN, MARKUS KOLANO, MATTHIAS KRAUME, HOLGER KRYK, ERIC MAUKY, JÜRGEN PRÖTER, BENJAMIN OHNMACHT, ANDREAS LEMMER, SEBASTIAN WINKLER	94
Prozessinformationssysteme zur kontinuierlichen Überwachung der Energieeffizienz von Biogasanlagen MARCEL POHL, MANUEL WINKLER, MARTIN HAUPT	104

Nutzung von Landschaftspflegematerial – Einfluss des Erntezeitpunktes und der Aufbereitung auf Methanerträge und die Wirtschaftlichkeit ANDREAS LEMMER, CHRISTINA BRANDHORST, BENJAMIN OHNMACHT, CHRISTIANE HERRMANN, JOSHUA GÜSEWELL, LUDGER ELTROP.	116
Einsatz von Klee gras in Biogasanlagen – Fütterungskonzepte für einen langfristig stabilen Prozess RAINER KISSEL, VASILIS DANDIKAS	127
Gewässerschutz durch Erosionsminderung im Energiepflanzenanbau KERSTIN PANTEN, PETER AARTSMA, ELKE BLOEM, TOBIAS KOCH.	136
Clusterung von Biogasanlagen KATHARINA BÄR, CHRISTIANE STAUDT, FRIEDEMANN MÖRS, FRANK GRAF	146
Methanemissionen von Biogasaufbereitungs- und Nachbehandlungs- anlagen LUKAS KNOLL, JAQUELINE DANIEL-GROMKE.	155
Aufbereitung von Gärrest und Gülle für die Optimierung des Nährstoff- managements in Überschussregionen SIMON RINCKE, MADLEN GROBE, VERENA WILKEN, SEBASTIAN WULF	164
N-Düngewirksamkeit und N-Emissionen von Gärresten in Marktfrucht- und Nährstoffüberschussregionen LINDA TENDLER, SEBASTIAN WOLTER, JOHANNES KÜHNE, JÖRG MICHAEL GREEF.	176
Projekt Nährwert – optimierte Gärproduktnutzung durch Kombination von Technik und Anbaumanagement WALTER STINNER, SASCHA HERMUS, JUREK HÄNER, MICHAEL GOLDSTEIN, CAROLIN BRATHE, KIM OVE KNUTZEN, JOHANNA WIECHEN, CEM HANRATH, ELMAR BRÜGGING	188
Herausforderungen im Biogas-BHKW-Betrieb mit nachgerüstetem SCR-Kat und AdBlue-Einsatz MICHAEL WENTZKE	198
Hocheffiziente, reversible, CO₂-negative Brennstoffzellenkraftwerke für Biogas STEPHAN HERRMANN, FELIX FISCHER, LUIS POBLOTZKI, JEREMIAS WEINRICH, MAXIMILIAN HAUCK	205
Bio-CO₂: Bereitstellung von CO₂ aus Biogasaufbereitungsanlagen für die stoffliche Nutzung MICHAEL BEIL, JULIA KASTEN, MATTHIAS MÜLLER, ANDREAS GESS	212
VisuFlex: die Systemdienstleistung flexibler Biogasanlagen UWE WELTEKE-FABRICIUS	220

Projekt Powerland – optimierte Integration von Bioenergie in ländliche Energiesysteme	
JOHANNES KRÜMPEL, ANDREAS LEMMER	232
Eignung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Flexibilisierung des Biogasprozesses (RestFlex)	
JÖRG KRETZSCHMAR, MANUEL WINKLER, ERIC MAUKY, FRIEDERIKE NAEGLI DE TORRES, SÖREN WEINRICH	237
Zukünftiger Weiterbetrieb von Biogasanlagen: Flexibilisierung, Biomethan oder gänzlich neue Wege?	
JOSHUA GÜSEWELL, TINO BARCHMANN, LUDGER ELTROP	247
Analyse der Allokation von Biomethan–Stromerzeugungsanlagen nach dem EEG 2023	
BENEDIKT HÜMMER, LUKAS M. LANG, TANJA MAST, ULRIKE PFEFFERER, UWE HOLZHAMMER	260

Poster

Perspektiven von Biogasnutzungspfaden am Beispiel einer Fallstudie	
MATHIAS HEIKER, ANICA MERTINS, TIM WAWER, SANDRA ROSENBERGER	272
Dekarbonisierung der Energieversorgung einer Molkerei durch die anaerobe Vergärung landwirtschaftlicher Reststoffe – Projekt ReMolk	
SYLKE MEHNERT, JUREK HÄNER, TIM HARMS-ENSINK, ELMAR BRÜGGING	275
Entwicklung einer regionalen Strategie zur Weiterentwicklung der Biogasbranche	
ANICA MERTINS, MATHIAS HEIKER, TIM WAWER, INGO GROSSE-KRACHT, ANDREAS WITTE, SANDRA ROSENBERGER	278
Ökonomische Analyse der Einbindung mehrerer Biogasanlagen: Vergleich von Biogasaufbereitung und direkter Methanisierung	
CHRISTIAN BIDART, MARTIN WICHERT, GUNTHER KOLB	281
Mikrobiologische Biogasentschwefelung unter anoxischen Bedingungen mit Gärrest als Waschflüssigkeit	
ALEJANDRA LENIS, KRISTOFFER OOMS	284
BiogasanlagePLUS: Systemauswahl zur biotechnologischen Verwertung von CO₂ aus Biogasanlagen	
ESTHER HEGEL, JOCHEN MICHELS, KARSTEN SCHÜRRLE, VANESSA REZNIKOW	287

Analysemethoden zur Charakterisierung von Rühr- und Mischprozessen in Biogasanlagen	
SVEN ANNAS, LUKAS WEBER, MICHAEL ELFERING, GEORG MESSING, EUGEN SCHMUNK, HANS-ARNO JANTZEN.	290
Bestimmung der Mischgüte von Biosubstrat in Fermentern mittels Sensorpartikel	
LUKAS BUNTKEI, SVEN ANNAS, SEBASTIAN REINECKE	293
FlexBiomethane – ein Energiespeicherkonzept für kleine und mittlere Biogasanlagen mittels Direktmethanisierung	
CHARLEY FLACH, MARKUS GOLDBRUNNER	296
Herstellung von festem Kohlenstoff und Wasserstoff aus Biomethan mithilfe eines nicht thermischen Plasmas	
REMYA RAVINDRAN NAIR, KATRIN KAYSER, MICHAEL KÖTTNER, TERJE HAUAN.	299
Mehr Biogas aus Mist durch Spezialenzyme für Wirtschaftsdünger im Praxisbetrieb	
PATRICE RAMM, PHILIPP LIEBSCH, KENAN GOHLKE, FRANK SCHOLWIN	302
Stimulierung des Methanertrages durch CO₂-Anreicherung	
FELIX MÜLLER, MICHAEL LEBUHN, MATHIAS WEIGOLDT, DANIELA POLAG, KONRAD KOCH.	306
Entwicklung einer Steuerung zur Integration von Biogasanlagen in Netze mit hohem Anteil fluktuierender Stromerzeuger	
TOBIAS BALDAUF, KATHARINA BÄR, WILFRIED ZÖRNER.	309
ENCOVER: energetische Nutzung von CO₂ zur Verringerung des Restmethanpotenzials – Mikrobiologie	
MATHIAS WEIGOLDT, MICHAEL LEBUHN, FELIX MÜLLER, KONRAD KOCH, DANIELA POLAG.	312
Mechanische Desintegration von Landschaftspflegematerial – FLEX-CRASH	
RENÉ HELLER, CHRISTINA BRANDHORST, BENEDIKT HÜLSEMANN, HANS OECHSNER	315
Nachhaltige Produkte aus Bioabfall und biogenen Reststoffen durch Steam Explosion und Hochlastfermentation – Biowaste to Products (BW2Pro)	
BENEDIKT HÜLSEMANN, KONSTANTIN DINKLER, MARIAN BAUMGART, GREGOR SAILER, HANS OECHSNER	319
Optimierung der Biogasproduktion mit einem Edge-Computing basierten KI-System	
SAMUEL NYARKO, LUKAS BUNTKEI, SEBASTIAN REINECKE, JAN SCHÄFER, MARTIN BUCHHOLZ, UWE HAMPEL	322

HyTech – biologische Wasserstoffherzeugung für eine nachhaltige Energiewirtschaft	
JULIANA ROLF, SÖREN KAMPHUS, EIKE MEEMANN, ELMAR BRÜGGING	325
Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen zur Biogaserzeugung und zur Herstellung von funktionalen Materialien für Textil- und Verpackungsanwendungen (Bigatex)	
BENEDIKT HÜLSEMANN, LEONHARD LENZ, HANS OECHSNER	328
In-vitro-Reaktivierung von Pansenftbiozönose im Labormaßstab	
FRANK LANGGUTH, DIRK BENNDORF, CAROLA GRIEHL	331
Neuartiges ABRW-Biomethanisierungsverfahren zur Nutzbarmachung und Speicherung fluktuierender regenerativer Energien und CO₂-Emissionsminderung	
MARTIN KUSIOR, OLIVER HORN, GÜNTER BUSCH, MARKO BURKHARDT	334
Effizienzsteigerung der Biomethanisierung im GICON®-Rieselbettverfahren unter Nutzbarmachung der Abwärme	
MARKO BURKHARDT, OLIVER HORN, MICHAEL TIETZE, FALKO NIEBLING, GÜNTER BUSCH, LEANDER SCHLEUSS.	337
Biomethan als Kraftstoff: mögliches Geschäftsfeld für landwirtschaftliche Biogasanlagen	
MARK PATERSON, IEVGENIA MOROZOVA, JENS STRAHL, TINO SPERK	341
NeoBus – klimapositiver Betrieb von Linienbussen	
ELENA HOLL, ANDREAS LEMMER	344
ProBioLNG – innovative Prozesskette zur ressourceneffizienten Erzeugung von Bio-LNG	
ELENA HOLL, ANDREAS LEMMER	348
Entwicklung von innovativen Konzepten zur Clusterung von Bestandsbiogasanlagen für die Bereitstellung von Biomethan	
ANDREA STOCKL, ANDREAS LEMMER	352
BIOKRAFT: Biomethan als Kraftstoff – rechtliche Grundlagen	
DIRK BONSE, STEFAN RAUH	355
Ansäuerung von Gülle und Gärresten	
MARIE-LENA HASS, TIM WANTULLA	358
Gärrestdüngung in Durchwachsener Silphie	
SEBASTIAN PARZEFALL, MAENDY FRITZ	361

Gemenge von Andenlupine und Mais zur bioenergetischen Nutzung STEFFEN R. ROUX, DENNY WIEDOW, FRANK HÖPPNER, HANNAH HOLZGREVE, HERWART BÖHM	364
Sorghum mit blühenden Untersaaten MAENDY FRITZ	366
Sorghumanbau im Trockenjahr 2022 MAENDY FRITZ	369
Straßenmähgut in Biogasanlagen – neue Potenziale nutzen LENNART DITTMER	372
Energiesorghum im Gemengeanbau – Nahrungsressourcen für Bienen REINHOLD SIEDE, LUCA MALENA BERGER, JOSHUA MÜLLER, MARINA MEIXNER, STEFFEN WINDPASSINGER.	376
Vorbehandelte Reststoffe als Substrat in Biogasanlagen MARION SCHOMAKER, SÖREN KAMPHUS, ELMAR BRÜGGING.	379
Etablierung von mehrjährigen Mischanbausystemen mit Rotklee, Steinklee and Rohrglanzgras zur Biogasgewinnung – Optimierung von Kumarineintrag und Nährstoffeffizienz OLIVER WICHE, NAZIA ZAFFAR, ERIK FERCHAU, ULF FEUERSTEIN, HERMANN HEILMEIER, HARTMUT KRAUSE	382
Maisstrohvergärung in der Biogasproduktion als Alternative zu Silomais NIKLAS BORNHÖFT, BETTINA FRAU, EWALD KRAMER	385
Ökobilanzen von Biogasanlagen MATHIAS HEIKER, FELIX MILNE, ANICA MERTINS, TIM WAWER, SANDRA ROSENBERGER	388
Effektive Emissionsminderung durch Güllevergärung URSULA ROTH, MARK PATERSON.	391
Mitwirkende	394

Biogas als multifunktionaler Baustein für die Energieversorgung, den ländlichen Raum und die Umwelt

PETER KORNATZ, JANINE MÜLLER

1 Einleitung

Der Einsatz von rezenten Rohstoffen und Energieträgern in allen Sektoren ist für die Erreichung der Klimaziele von essenzieller Bedeutung. Abbildung 1 zeigt, dass der Anteil der rezenten Energiequellen am Primärenergieverbrauch seit 2005 von 7,2 auf 20,4% gesteigert werden konnte (AGEE-STAT 2023). Bezogen auf den Bruttostromverbrauch zeigt sich eine Steigerung von 10,3 auf 46,2% und somit die hohe Bedeutung der rezenten Energiequellen für den Stromsektor (AGEE-STAT 2023). Der Großteil der Bruttostromproduktion wird nach Abbildung 2 im Jahr 2022 von den fluktuierenden Energieträgern Windenergie (49,3%) und Photovoltaik (23,9%) getragen, während Biomasse als steuerbare rezente Energiequelle den dritten Platz einnimmt (19,8%). Bei der Biomasse nimmt Biogas den höchsten Anteil ein (AGEE-STAT 2023).

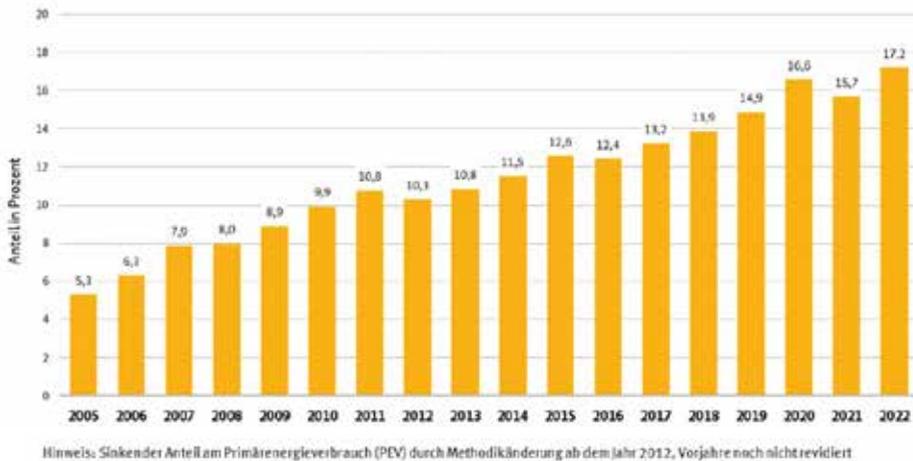


Abb. 1: Entwicklung des Anteils rezenter Energiequellen am Primärenergieverbrauch in Deutschland seit 2005 (AGEE-STAT 2023)

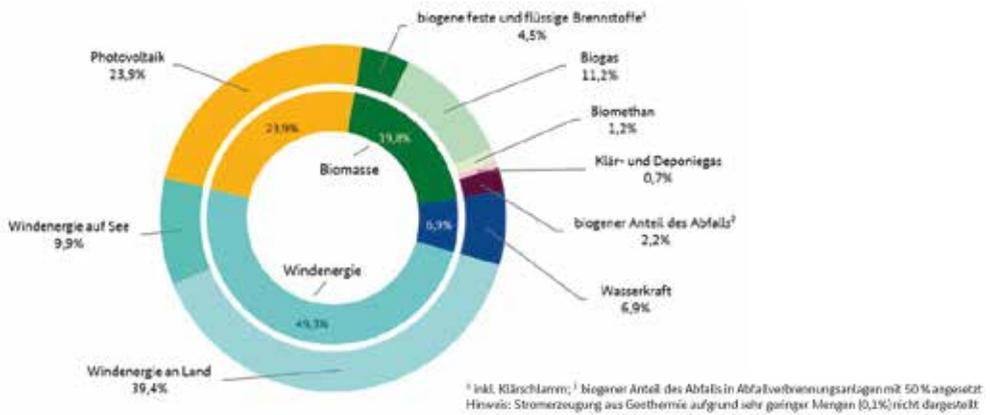


Abb. 2: Bruttostromerzeugung aus rezenten Energiequellen in Deutschland im Jahr 2022 (AGEE-STAT 2023)

Der massive Zubau von rezenten Energiequellen mit dem Schwerpunkt Stromproduktion ist maßgeblich durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) als Anreizinstrument getrieben. In Bezug auf Biogas wird das EEG als treibender Faktor sowie die Auswirkungen der Novellierungen seit dem Jahr 2000 in Abbildung 3 sichtbar. Vor allem in den Jahren 2004 bis 2012 waren die Förderbedingungen über das EEG für landwirtschaftliche Biogasanlagen besonders günstig, was einen Zubau vor allem in der Leistungsklasse 75 bis 500 kW installierter elektrischer Leistung zur Folge hatte. Zwischen 2012 und 2017 verlangsamte sich der Ausbau aufgrund der geänderten Rahmenbedingungen der EEG-Förderung. In dieser Zeitspanne fand der Zubau vor allem bei dem Anlagensegment bis 75 kW installierter elektrischer Leistung statt, was den sogenannten Güllekleinanlagen entspricht. Mit Wechsel in das System des kompetitiven Ausschreibungsdesigns mit der Novelle 2017 stagnierte die Zubaurate weiter. Ab dem Jahr 2020 ist ein Rückgang des Biogasanlagenbestandes zu beobachten. Hiermit wird das Auslaufen der zwanzigjährigen Förderperiode für Anlagen markiert, die um das Jahr 2000 in Betrieb gegangen sind. Es ist absehbar, dass durch die momentanen Rahmenbedingungen der EEG-Förderung die Anreize für Neubau und Weiterbetrieb weniger attraktiv sind. Aus diesem Grund ist mit einem weiteren Rückgang des Anlagenbestandes zwischen 2025 und 2030 zu rechnen.

Die Einschränkungen der attraktiven EEG-Förderung für die Biogaserzeugung liegen vor allem darin begründet, Fehlentwicklungen der Vergangenheit zu korrigieren und dem gesellschaftlichen Diskurs über den Flächengebrauch durch Energiepflanzen mit einer politisch getriebenen Reaktion zu begegnen. Hier steht vor allem die Tank-Teller-Diskussion im Fokus. Festzustellen ist, dass Anbaubiomasse als Bedrohung wahrgenommen wird, wobei Anbaubiomasse im politischen Diskurs oft synonym für Silomais für die energetische Nutzung verwendet wird. Der Aspekt der „Vermaisung“ spielte eine immerwährende Rolle in den Diskussionen und wurde bereits 2013 von Linhart und Dhungel (2013) analysiert.