

# Biogasanlagen effizient betreiben

Bewertungskriterien und -methoden

KTBL-Schrift 525





KTBL-Schrift 525

# Biogasanlagen effizient betreiben

## Bewertungskriterien und -methoden

Mathias Effenberger | Andreas Lemmer | Achim Loewen |  
Martin Strobl | Henning Eckel | Mark Paterson | Meike Schmehl

Herausgeber

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

## **Fachliche Begleitung**

KTBL-Arbeitsgruppe „Aspekte eines nachhaltigen Betriebs von Biogasanlagen“

Dr.-Ing. Mathias Effenberger (Vorsitz) | Henning Eckel | Dr. Andreas Lemmer |  
Prof. Dr.-Ing. Achim Loewen | Mark Paterson | Martin Strobl

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

KTBL (2021): Biogasanlagen effizient betreiben – Bewertungskriterien und -methoden.  
Darmstadt, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.

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

© KTBL 2021

### **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](mailto:ktbl@ktbl.de)

[vertrieb@ktbl.de](mailto:vertrieb@ktbl.de) | Telefon Vertrieb +49 6151 7001-189

[www.ktbl.de](http://www.ktbl.de)

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

### **Titelfoto**

© Guntar Feldmann - [www.stockadobe.com](http://www.stockadobe.com)

### **Druck und Bindung**

Druck- und Verlagshaus Zarbock GmbH & Co. KG

Sontraer Straße 6 | 60386 Frankfurt am Main

## Vorwort

Biogasanlagen leisten heute einen wesentlichen Beitrag zur regenerativen Strom- und Wärmebereitstellung. In welchem Umfang sie diese Aufgabe auch in Zukunft übernehmen werden, hängt im Wesentlichen davon ab, ob die Branche das in sie gesetzte Vertrauen weiterhin erfüllt und wie effizient jede einzelne Anlage betrieben wird.

Vor diesem Hintergrund hatte die KTBL-Arbeitsgemeinschaft „Energie“ die Arbeitsgruppe „Aspekte eines nachhaltigen Betriebs von Biogasanlagen“ mit der Aufgabe betraut, eine Managementhilfe für Betreiberinnen und Betreiber von Biogasanlagen zu entwickeln.

Mit dieser Schrift präsentiert die Arbeitsgruppe nun einen Kriterienkatalog, anhand dessen anlagenspezifisch Optimierungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, um den Anlagenbetrieb stetig zu verbessern sowie den nachhaltigen Betrieb einer Biogasanlage sicherzustellen. Darüber hinaus wird aufgezeigt, welche Anforderungen an die Nachhaltigkeit der Biogaserzeugung im europäischen und nationalen Recht gestellt werden.

Die Arbeit der Gruppe steht in einer langen Reihe von KTBL-Aktivitäten: Ob Kriterien, Indikatoren oder Bewertungssysteme – das KTBL setzt sich für solide Bewertungsgrundlagen, abgesicherte Methoden und abgestimmte Bewertungsmaßstäbe ein. Dabei ist es nebensächlich, ob Wirkungen und Zustände politisch, gesellschaftlich oder betriebsspezifisch beurteilt werden sollen. Im Kern geht es immer darum: den Status quo erheben, Erreichtes bewerten und Ziele formulieren.

Lösungen werden am besten gemeinschaftlich erarbeitet. Dank seiner Gremienstruktur kann sich das KTBL – fachlich breit aufgestellt und wissenschaftlich neutral – solch grundlegender Aufgaben annehmen.

In diesem Sinne danke ich herzlich den Autorinnen und Autoren dieser Schrift für ihre Arbeit. Darüber hinaus gilt mein Dank den Mitgliedern der fast namensgleichen Arbeitsgruppe „Kriterien für eine nachhaltige Biogaserzeugung“, die wichtige Vorarbeiten geleistet hat.

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



DR. MARTIN KUNISCH  
Hauptgeschäftsführer

Darmstadt, Oktober 2021



# Inhalt

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | Einleitung.....  | 7  |
| 2    | Aspekte der Anlagenbewertung .....   | 9  |
| 2.1  | Verfahrenstechnik .....  | 9  |
| 2.2  | Ökonomie.....  | 10 |
| 2.3  | Klimawirkung.....  | 11 |
| 2.4  | Sicherheitsrelevante Aspekte.....  | 11 |
| 2.5  | Betrachtungsrahmen.....  | 14 |
| 3    | Nachhaltigkeitsanforderungen an Biogasanlagen in der<br>Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU ..... | 18 |
| 4    | Verfahrenstechnische Kriterien.....  | 23 |
| 4.1  | Relative Gasausbeute.....  | 24 |
| 4.2  | Stromeigenbedarf.....  | 27 |
| 4.3  | Raumbelastung.....   | 29 |
| 4.4  | Hydraulische Verweilzeit.....  | 31 |
| 4.5  | Säurekonzentration und FOS/TAC-Wert .....  | 33 |
| 4.6  | Ammoniumstickstoffkonzentration .....  | 35 |
| 4.7  | Trockenmasseverlust.....   | 37 |
| 4.8  | Restmethanpotenzial .....  | 39 |
| 4.9  | Elektrischer Nutzungsgrad des BHKW .....   | 41 |
| 4.10 | Elektrischer Nutzungsgrad der Gesamtanlage.....  | 43 |
| 4.11 | Wärmenutzungsgrad der Gesamtanlage .....   | 45 |
| 5    | Ökonomische Kriterien.....   | 47 |
| 5.1  | Eigenkapitalrentabilität.....  | 47 |
| 5.2  | Spezifische Substratkosten .....   | 48 |
| 5.3  | Umsatzrentabilität.....  | 51 |
| 6    | Klimawirkung .....   | 53 |
| 6.1  | Treibhausgasemissionen der Biogasanlage (THG-Saldo) .....  | 54 |
| 6.2  | Treibhausgasemission der fossilen Referenz (RED-II-Komparator) .....                                 | 59 |
| 6.3  | Anforderungen an die Treibhausgasminderung in der RED II.....  | 60 |
| 7    | Anwendungsbeispiele.....   | 62 |
| 7.1  | Praxisbeispiel 1 .....   | 62 |
| 7.2  | Praxisbeispiel 2 .....   | 66 |
|      | Literatur .....  | 71 |
|      | Abkürzungsverzeichnis .....  | 75 |
|      | Glossar.....   | 78 |
|      | Mitwirkende.....   | 82 |





## 1 Einleitung

Die globale Erwärmung und damit verknüpfte Veränderungen der natürlichen Systeme, die unter dem Begriff Klimawandel zusammengefasst werden, bedrohen zunehmend die Grundlagen unseres Lebens.

Als Reaktion auf das Übereinkommen von Paris, das im Rahmen der internationalen Klimakonferenz 2015 verabschiedet wurde, trat im Dezember 2019 das Bundes-Klimaschutzgesetz mit dem Ziel in Kraft, die Einhaltung der europäischen Zielvorgaben zum Schutz vor den Auswirkungen des weltweiten Klimawandels zu gewährleisten (KSG 2019). Die im Juni 2021 – als Konsequenz aus dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts zum Klimaschutz (BVerfG 2021) – novellierte Fassung des Klimaschutzgesetzes sieht vor, die jährlichen Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Jahr 1990 schrittweise bis zum Jahr 2030 um mindestens 65 % zu senken. Treibhausgasneutralität soll bis zum Jahr 2045 erreicht werden (BMU 2021). Für den Energiesektor ist eine Emissionsobergrenze von 108 Mio. t CO<sub>2</sub>e im Jahr 2030 vorgesehen. Dies entspricht einer Emissionsminderung von 61 % gegenüber dem Jahr 2020.

Mit dem dazugehörigen Klimaschutzprogramm 2030 will die Bundesregierung mit einer Mischung aus Innovationen, Förderung, gesetzlichen Standards und Anforderungen sowie mit einer Bepreisung von Treibhausgasen die vorgegebenen Klimaschutzziele erreichen (BMU 2019).

Während Windkraft und Fotovoltaik die größten Ausbaupotenziale und die geringsten Treibhausgasemissionen zugeschrieben werden, ist die Energiebereitstellung hier naturgemäß wetterabhängig fluktuierend. Die Energiebereitstellung aus Bioenergieträgern hingegen ist steuerbar. Bioenergieanlagen, insbesondere Biogasanlagen, bilden derzeit den Hauptanteil der steuer- und regelbaren Erzeugungskapazität für elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen (UBA 2021a). Damit diese wichtige Funktion von Biogasanlagen für die Energieversorgung gesellschaftlich und politisch weiterhin mitgetragen wird, muss die gesamte Biogaskette den Ansprüchen an eine nachhaltige Entwicklung genügen.

Das Konzept der Nachhaltigkeit ist historisch geprägt und stammt ursprünglich aus der Forstwirtschaft (Carlowitz 1713). Nach der Definition des Brundtland-Berichts der Vereinten Nationen (United Nations 1987) ist – vereinfacht gesagt – damit eine Wirtschaftsweise gemeint, die die Lebensgrundlagen der Menschen auch für zukünftige Generationen erhält.

Damit in Zukunft die Regenerationsfähigkeit natürlicher Ressourcen nicht weiter überstrapaziert wird, muss die gesamte Energiebereitstellung auf erneuerbare Ressourcen ausgerichtet werden. Obwohl Biomasse in Biogasanlagen heute schon fossile Energieträger wie Kohle, Erdgas oder Erdöl ersetzt, muss auch die Nachhaltigkeit der Biogasproduktionskette für jede einzelne Anlage überprüft und verbessert werden. Oder anders gesagt: Damit die Biogastechnik ihre Rolle in der Transformation zu einer nachhaltigen

Energieversorgung wahrnehmen kann, müssen Biogasanlagen so effizient, umweltschonend und sicher wie möglich betrieben werden.

In der vorliegenden Schrift wird der effiziente Betrieb von Biogasanlagen unter folgenden ausgewählten Aspekten bewertet:

- Verfahrenstechnik
- Wirtschaftlichkeit
- Klimawirkung

Die Schrift soll Betreibern von Biogasanlagen als Managementhilfe zur Optimierung der Anlagen dienen. Dazu wurden 17 Kriterien erarbeitet, die einzeln oder in der Gesamtheit für eine Einordnung der Anlageneffizienz verwendet werden können. Die Beschreibung dieser Kriterien in den Kapiteln 4 bis 6 bildet den Kern dieser Schrift.

Die Ermittlung der IST-Situation der Anlage anhand quantifizierbarer Größen und die daraus abgeleitete Optimierung des Anlagenbetriebs im Hinblick auf Effizienz, Ressourceneinsatz und Auswirkungen auf die Umwelt stehen hierbei im Vordergrund. Es werden mögliche Verbesserungsansätze für einzelne Teilbereiche der Anlage anhand von Vergleichswerten aufgezeigt. Für einen direkten Vergleich mit einer anderen Anlage ist die Methode nicht ausgelegt.

Die Hinweise der Autoren gelten für Biogasanlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung, die neben Wirtschaftsdüngern und nachwachsenden Rohstoffen auch pflanzliche Nebenprodukte und Reststoffe einsetzen können. Die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität und die Einspeisung in das Erdgasnetz bleiben unberücksichtigt. Anlagen der kommunalen Abfallverwertung werden derzeit, im Vergleich zu landwirtschaftlichen Anlagen, unter grundlegend anderen Rahmenbedingungen betrieben, sodass sich diese Schrift nur eingeschränkt auf Biogasanlagen in der Abfallwirtschaft anwenden lässt.

Für alle Betrachtungen ist die Biogasanlage der technische Bezugsrahmen, vom Substratlager bis zur Biogasverwertung – einschließlich aller damit verbundenen technischen Einrichtungen und der benötigten Flächen. Eine Ausnahme davon stellen die Erläuterungen zu den Treibhausgasemissionen dar, die auf den Regelungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU basieren. Hier wird die gesamte Prozesskette der Biogaserzeugung einschließlich der Substratbereitstellung betrachtet.

Hauptursache für die Klimakrise ist der Ausstoß großer Mengen an Treibhausgasen (THG), insbesondere seit Beginn der Industrialisierung. In Deutschland ist die Nutzung fossiler Energieträger für etwa 84 % der gesamten THG-Emissionen verantwortlich (UBA 2021b). Die Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger ist daher ein unverzichtbarer Schlüssel für den Klimaschutz. Im Bereich der Stromerzeugung – und über die Kraft-Wärme-Kopplung auch der Wärmeversorgung – wurde der Ausbau der regenerativen Energien seit 2000 durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in seinen verschiedenen Fassungen erfolgreich gefördert: Im Jahr 2020 hatten die erneuerbaren Energien an der inländischen Stromerzeugung einen Anteil von rund 51 % (Fraunhofer ISE 2021).