

# Controlling von Biogasbetrieben: Praxistest eines LP-gestützten Optimal-Planungs-Systems

Mathias Sauß, Hans-Hennig Sundermeier

Institut für Agrarökonomie  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
24098 Kiel  
sauss@t-online.de  
hsundermeier@lbv-net.de

**Abstract:** Eine Vielzahl von prozessbiologischen, technischen und wirtschaftlichen Prozesskonstituenten entscheidet über den technisch und wirtschaftlich erfolgreichen operativen Betrieb von Biogasanlagen. Ein zuvor entwickeltes LP-Modell zur Optimalplanung von Biogasbetrieben ([Ot12], [St12]) wurde um zusätzliche Substratalternativen ergänzt und für neuere EEG-Varianten und Geschäftsmodellalternativen erweitert. Die praktische Erprobung erfolgt durch Expertenurteile spezialisierter Biogas-Betriebsberater, Parametrisierung von Annahmen sowie durch Akzeptanztest bei Anlagenbetreibern.

## 1 Einleitung und Problemstellung

Der GIL-Beitrag von Otte et al. [OS13] skizziert ein die Lineare Programmierung (LP) nutzendes Modell für die operative Optimal-Planung von Biogasbetrieben. Die Planungshilfe ist als gemischt-ganzzahliges, mehrperiodiges Maximierungsproblem angelegt. Otte et al. berücksichtigen exemplarisch das Regelwerk des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2009 im Gleichungssystem für einen Beispielbetrieb. Zur Maximierung des Gesamtdeckungsbeitrages werden neben den wirtschaftlichen Ressourcen insbesondere auch prozessbiologische und technische Restriktionen beachtet. Details des Gleichungssystems beschreibt Otte [Ot12]. LP-Ergebnislisten typischer Problemgrößen bestehen aus Zahlenkolonnen, die sich auf 60 bis 70 A4-Seiten erstrecken können. Derartige Rohergebnisse sind für Laien ohne Kenntnisse der Modellierungsdetails nicht verständlich und daher nicht zumutbar. Steffens [St12] konzentrierte sich daher auf eine ansprechende Ergebnispräsentation durch Verdichtung der Rohergebnis-Daten zu einem Planungs-Report, der auf ein A3-Faltblatt passt.

Die nachfolgenden Ausführungen erläutern vorgenommene Modellerweiterungen, Verbesserungen für eine automatisierte Handhabung sowie erste Ergebnisse einer Erprobungsphase. Vor einem Routineeinsatz sollte das Optimalplanungssystem gründlich erprobt werden, um es in der Beratungspraxis komfortabel, effizient und zuverlässig einsetzen zu können und um „Fehlberatungen“ mit hoher Wahrscheinlichkeit zu vermeiden.

## 2 Modellentwicklung

Investitionspläne für Biogasanlagen beruhen oft auf einem „Korridor“ von biologisch-technischen, mengenmäßigen und pretialen Annahmen, die in der Regel für eine Wirtschaftsperiode gleich bleiben. Anstoß für die Entwicklung eines unterjährigen operativen Optimalplanungsmodell war die Überlegung, dass „jährlich konstante Gleichgewichte“ eher die Ausnahme sein dürften als die Regel. Insbesondere auf der Beschaffungsseite werden die Mengen pflanzlicher Substrate, deren Verfügbarkeit sowie deren Preise bei durch Ernteausfälle notwendigem Ergänzungsbedarf erheblichen Schwankungen unterliegen (Einzelheiten s. [OS13]). Das LP-gestützte operative Optimalplanungsmodell für Biogasbetriebe zielt darauf ab, bei diesen wechselnden Bedingungen das jeweils bestmögliche wirtschaftliche Jahresergebnis im Biogasbetrieb auszuschöpfen. Die Motivation für das Vorgehen liegt in der Annahme, dass die vielfältigen (Wechsel-) Beziehungen kaum mit simplen Ceteris-Paribus-Budgetierungsansätzen zu überblicken geschweige denn auszuschöpfen sind. Abbildung 1 zeigt vereinfacht die im operativen Planungsmodell berücksichtigten Modellkonstituenten.

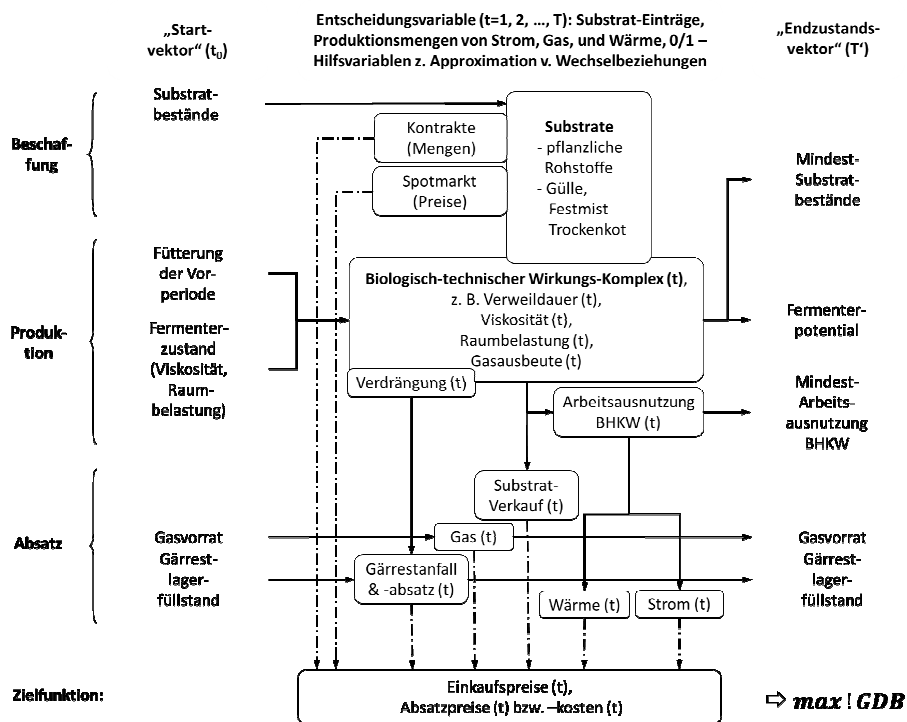


Abbildung 1: Problemkonstituenten einer Biogasanlage (vereinfacht)

Die zeitliche Struktur des Modells besteht aus Monatsintervallen, so dass insbesondere jahreszeitlich unterschiedliche Knappheiten und Verwertungen zu berücksichtigen sind.

Für die optimale Allokation der Substrate unter Berücksichtigung der Substratpreise im Zeitverlauf spielen neben dem Preis auch Qualität und Zusammensetzung des Substrates eine große Rolle. So wird beispielsweise die Gasausbeute des Substratmixes von der Futtermenge und der Größe des Fermenters stark beeinflusst. Das produzierte Gas kann nach Aufbereitung verkauft oder direkt für die Strom- und Wärmeproduktion genutzt werden. Auch eine eventuelle standortverlagerte Nutzung des Gases durch Satelliten-BHKWs wurde im erweiterten Gleichungssystem berücksichtigt.

Eine besondere Herausforderung für die Nutzung des Modells entsteht durch die hohe Individualität der Anlagen. Die Dateneingabe (in Excel) wird erleichtert durch vordefinierte Auswahlfelder und Eingabemasken [Sa14]. Der Einsatz kann zu beliebigen Zeitpunkten erfolgen. Für die Einbettung der Startbedingungen dient in der LP-Matrix ein „Startvektor“, der die aktuelle Fütterung und die Lagerbestände abbildet. Für den Ablauf der Planungsperiode wird in der Regel ein Fortlaufen der Anlage angenommen. Dieser Zustand zum Ende des Planungszeitraums wird durch einen „Endzustandsvektor“ den Restriktionen hinzugefügt [Ot12]. Die vielen teilweise gekoppelten Restriktionen führen zu Matrizengrößen von ca. 850 Aktivitäten und über 900 Restriktionen. Zur Approximation nichtlinearer Wirkungszusammenhänge dienen zahlreiche Hilfsvariable, von denen einige 0/1-Variable sind. Mit der Zielfunktion wird der Gesamtdeckungsbeitrag maximiert [Sa14].

### 3 Test an Praxisdaten

Die Praxisteststudie [Sa14] untersuchte das Modellverhalten für zehn tatsächlich existente Biogas-Betriebe. Jedes Optimierungsergebnis wurde von Biogas-Spezialberatern auf Plausibilität und Umsetzbarkeit geprüft. Einen schnellen Überblick geben dabei auch Parametrisierungs-Rechenläufe mit unterschiedlichen Preisannahmen (s. Abbildung 2).

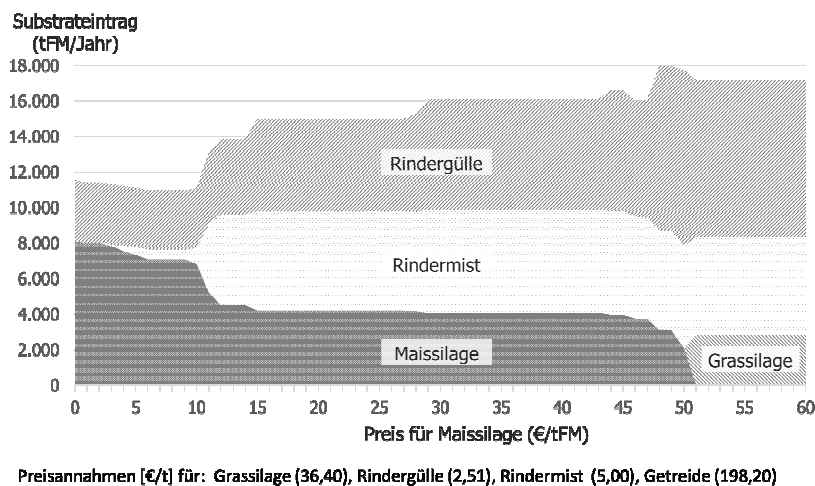


Abbildung 2: Biogas-Substrat-Anteile bei variiertem Preis für Maissilage

Einfluss auf die Ergebnisse der verschiedenen Monate haben auch die verschiedenen graduellen Änderungen des Prozesswärmebedarfs, der Wärmeabnehmer, der Gärrestaubsbringung und die unterschiedlichen Substratverdrängungen. Die wirtschaftlichen Folgen erreichen folgende Größenordnungen: Im Mittel über die betrachteten Anlagen konnte ein Deckungsbeitrags-(DB)-Zuwachs um 7 % durch Optimalplanung generiert werden. Bei einem Jahres-DB von 360.000 € bedeutet das ein Plus von ca. 25.000 €. Der durch den LP-Einsatz zu erwartende Erfolgszuwachs dürfte den entstehenden Beratungsaufwand fast in jedem Fall rechtfertigen. Die Ergebnisse der Optimalplanung weichen vom Ist-DB 2013 in einer Bandbreite von -5 % bis +60% ab. Die einzelne negative Abweichung war auf fehler- bzw. lückenhafte Datenlieferung des Betriebs zurückzuführen.

#### **4 Diskussion und Ausblick**

Mit der aktuellen Modellversion ist es möglich, die praktische Planung vieler Biogasbetriebe zu verbessern. Besonders gut funktioniert dies für Betriebe, die den älteren EEGs von 2000 bis 2009 unterliegen. Die Flexibilitätsprämie und die Managementprämie der neueren EEGs führen zu sehr individuellen, schlechter planbaren jahresabhängigen Effekten, die die aktuelle Modellversion nur unbefriedigend abbildet. Die bisherige Erprobung erfolgte in Zusammenarbeit mit einem kommerziellen Beratungsunternehmen in Norddeutschland, das u. a. auf die Intensivberatung von Biogasbetrieben spezialisiert ist. Nach Sichtung der modellgestützten Ex-Post-Planungen, die durch die anschauliche Ergebnispräsentation sehr einfach nachvollziehbar sind, entschied sich das Beratungsteam für einen Praxiseinsatz und eine (zunächst begrenzte) kommerzielle Nutzung des Systems für Biogasbetriebe in Norddeutschland ab 2015. Trotz der nach Expertenansicht schon erreichten praxistauglichen Abbildung bleiben immer noch Ansatzpunkte für weitere Verfeinerungen. Modellverbesserungen wie z. B. die explizite Berücksichtigung von Produktions- und Preisrisiken, die Verlängerung des Planungshorizonts zur Verminderung von rekursiven Wirkungen der Annahmen im Endzustandsvektor sowie die durch die neuen EEGs entstandenen Geschäftsmodellvarianten sind beabsichtigt.

#### **Literaturverzeichnis**

- [OS13] Otte, A.; Steffens, J.; Sundermeier, H.-H.: LP-gestützte operative Optimal-Planung von Biogasbetrieben. Clasen, M.; Kersebaum, A.; Meyer-Aurich K. C.; Theuvsen, B.: Mas-sendatenmanagement in der Agrar- und Ernährungswirtschaft. Referate der 33. GIL-Jahrestagung in Potsdam: GI-Edition Lecture Notes in Informatics – Proceedings 211, 2013. S. 259-262.
- [Ot12] Otte, Andreas: Matrizingenerierung für eine LP-gestützte operative Optimalplanung von Biogasbetrieben (Prototyp)<sup>4</sup>. Masterarbeit am Institut für Agrarökonomie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2012.
- [Sa14] Sauß, Mathias. „Weiterentwicklung und Praxistest eines LP-gestützten operativen Optimierungs-Modells für Biogasbetriebe. Masterarbeit am Institut für Agrarökonomie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2014.
- [St12] Steffens, Johannes: Ergebnisaufbereitung und Szenarienkalkulation für eine LP-gestützte operative Optimalplanung von Biogasbetrieben (Prototyp). Masterarbeit am Institut für Agrarökonomie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 2012.