

## Modellierung der Energieversorgung eines voll automatisierten Milchviehstalles

Manfred Höld, Anja Gräff, Heinz Bernhardt, Jörn Stumpenhausen

**Abstract:** Um den Energieverbrauch im zukünftig hochtechnisierten und automatisierten Milchviehstall möglichst mit eigen produzierter Energie aus der Vergärung von Gülle oder der Produktion von elektrischer Energie mittels der Photovoltaikanlage auf dem Dach des Milchviehstalles zu decken, muss ein Modellstall entwickelt werden. Die Energieverteilung im Modellstall muss durch das Energie Management Systems erfolgen. Dazu sind die Lastgänge der Stromerzeugung aus Biogas und Photovoltaik nötig. Der Tageslastgang des Modellstalles wird mittels Standardwerten berechnet und durch Überlagerung mit den Erzeugungswerten der elektrischen Energie kann durch sinnvolle Steuerung ein geglätteter Lastverlauf erreicht werden.

**Keywords:** Energie Management System, Milchviehstall, Lastgang

### 1 Einleitung

In den vergangenen Jahren haben viele Landwirte mit der Stromproduktion aus Biogas, Photovoltaik und auch aus Windkraft eine zusätzliche Einkommensquelle für den landwirtschaftlichen Betrieb geschaffen. Die staatliche Förderung der neuen Technologien führte zu einem rasanten Zuwachs an Stromproduktion aus erneuerbaren Energien [St15]. Mit dem Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG 2014) wurden „NawaRo“-Biogasanlagen mit einer Stromvergütung versehen, dass eine derzeitige Stromproduktion wirtschaftlich nicht rentabel zu sein scheint. Im Bereich der Biogasanlagen sind zum aktuellen Zeitpunkt nur noch kleine „Güllebiogasanlagen“ mit einer maximalen elektrischen Leistung von 75 kW rentabel einzustufen [BM15]. Für Strom, der mit PV-Anlagen produziert wird, gibt es finanzielle Vorteile, wenn dieser für den Eigenverbrauch verwendet wird, da die Gestehungskosten von PV-Strom geringer sind als die Kosten für Zukaufstrom. Aus der Kombination von Stromerzeugung aus Biogas, Photovoltaik und Windkraft kann durch eine „intelligente“ Steuerung der Stromversorgung der hochgradig technisierte und automatisierte Milchviehstall mit Strom versorgt werden und darüber hinaus kann der landwirtschaftliche Betrieb für den Verteilnetzbetreiber als „virtuelles Kraftwerk“ zur Verfügung stehen – Stall 4.0.

### 2 Fragestellung zur Energieversorgung im Milchviehstall

Es soll ein Modell der Energieversorgung im Milchviehstall erstellt werden, dass die Faktoren „Energieerzeugung, Energieverbrauch, Energiespeicherung, Netzstabilität“ sowie die Faktoren „Wirtschaftlichkeit“ und „Tierwohl“ berücksichtigt.

Für den Modellstall sollen folgende Aspekte der Energieversorgung betrachtet werden:

- möglichst hohe Stromproduktion aus Biogas und Photovoltaik unter Berücksichtigung der vorhandenen Faktoren Gülle (Vergärung zu Biogas) und Dachfläche (PV-Anlage)
- möglichst gut geglätteter Tageslastgang, so dass der landwirtschaftliche Betrieb als „grundlastfähig“ für den Netzbetreiber eingestuft werden kann
- möglichst flexible Anpassungsmöglichkeit der Stromversorgung, so dass der landwirtschaftliche Betrieb dem Netzbetreiber sowohl positive als auch negative Minutenreserve bereitstellen kann (Biogas als Speicher nutzen usw.)

Daraus ergibt sich als Ziel des Projektes eine effiziente Stromversorgung durch Einsatz eines Energiemanagementsystems (EMS). Gleichzeitig muss die Stromversorgung für den Betrieb wirtschaftlich sein und darüber hinaus den Milchkühen höchstmöglichen Komfort bieten. Dazu sind folgende Fragen zu klären:

- Welche Kombination von Energieerzeugungsanlagen kann den elektrischen Energiebedarf im Milchviehstall decken?
- Wie sieht der Tageslastgang der einzelnen elektrischen Verbraucher aus und welcher Tageslastgang ergibt sich für den Modellstall?
- Welche Algorithmen sind nötig, um die Energieverteilung so zu gestalten, damit die oben angeführten Aspekte zur Energieversorgung erreicht werden können?

### **3 Material und Methode**

Um die Versorgung des Milchviehstalles mit elektrischer Energie zu modellieren, ist im ersten Schritt die Definition des Milchviehstalles als Modellstall notwendig. Als Standort für den Modellstall wurde Freising in Bayern gewählt. Die Dachfläche soll nach Süden ausgerichtet sein und die Dachausführung soll als Sheddach mit 20° Dachneigung konstruiert werden, wobei die Süddachfläche etwa 2/3 der Dachfläche einnimmt. Der Modellstall soll Platz für 140 Milchkühe bieten, da voraussichtlich die zukünftigen Milchviehstallneubauten in Bayern in einer Größe zwischen 80 und 150 Milchkuhplätzen sein werden. Die Stallgröße mit 140 Plätzen ist geplant für die Installation von zwei automatischen Melksystemen, so dass diese mit einer hohen Auslastung auch wirtschaftlich betrieben werden können, d.h. jedes automatische Melksystem muss etwa 60 laktierende Tiere melken, da etwa 20 Tiere im Durchschnitt über das Jahr aufgrund der anstehenden Kalbung nicht gemolken werden. Somit hat der Modellstall incl. Melkbereich, Abkalbeboxen, Separationsbereich und Nebenräumen die Maße von 65m in der Länge und 27m in der Breite (siehe Abb. 1). Der Modellstall ist so konzipiert, dass verschiedene Ausstattungsvarianten gewählt werden können. Die Laufgänge sind in durchgehenden Achsen angeordnet, so dass entweder ein Spaltenboden oder ein planbefestigter Untergrund realisiert werden kann. Der Futtertisch ist breit genug, um eine Futtervorlage mit mobiler Mischtechnik zu gewährleisten, aber es kann auch eine automatische Fütterung eingebaut werden.

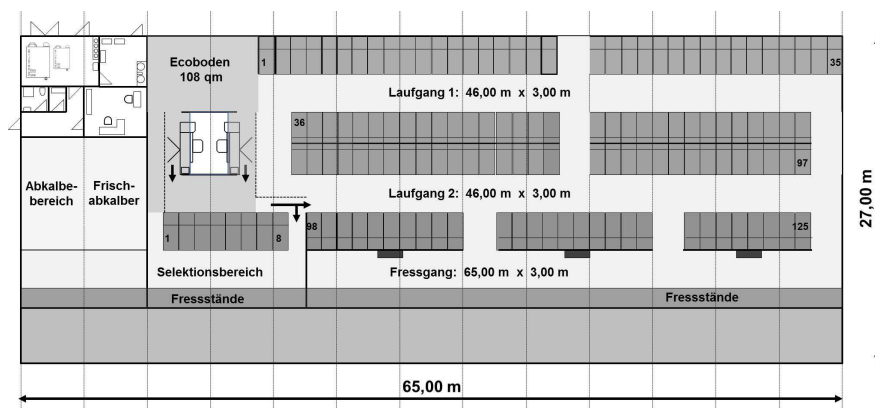


Abb. 1: Grundriss des Modellstalles

Mittels eines Computersimulationsprogramms wird die elektrische Leistung der Photovoltaikanlage auf dem Dach des Modellstalles für jeden Monat berechnet und ein durchschnittlicher Tageslastgang entwickelt. Für die Biogasanlage, die mit Gülle aus der Tierhaltung betrieben wird, kann eine durchschnittliche elektrische Leistung mittels Standardwerten errechnet werden. Falls der Modellstall über eine günstige Lage verfügt, so dass eine kleine Windkraftanlage betrieben werden kann, so kann auch für diese Anlage ein Stromerzeugungsprofil erstellt werden, wiederum für jeden einzelnen Monat aufgrund unterschiedlichen Windaufkommens.

Auf der Verbraucherseite muss für jeden einzelnen elektrischen Energieverbraucher ein Lastprofil erstellt werden. Dieses muss für jeweils einen Durchschnittstag in jedem Monat ermittelt werden, da einige Verbraucher, wie z.B. die Beleuchtung jahreszeitbedingt unterschiedliche Lastgänge haben. Die einzelnen Lastprofile der Energieverbraucher ergeben durch Überlagerung das Gesamtlastprofil des Milchviehstalles wieder.

Durch zeitliche Verschiebung von Lastprofilen einzelner Energieverbraucher, unter Berücksichtigung des Tierwohls bzw. der Ansprüche der Milchkühe, kann ein optimierter Tageslastgang für den Modellstall erzeugt werden. Die Aufgabe des Energie Management Systems besteht darin, die Energieverteilung anhand der definierten Algorithmen vorzunehmen.

#### 4 Aktuelle Ergebnisse

Es liegen berechnete Ergebnisse für den Modellstall im Raum Freising für die Photovoltaikanlage vor. Die mögliche elektrische Energie aus Biogas ist berechnet. Somit kann der theoretisch anhand von Energieverbrauchswerten errechnete Energieverbrauch des Modellstalles mit den Energieerzeugungskurven der verschiedenen

Energieerzeugungsanlagen überlagert werden. Strom aus Windkraft wurde bisher nicht berücksichtigt, da nur wenige Areale in Freising für Energieerzeugung aus Windkraft geeignet sind. In Abb. 2 ist der Tageslastgang des Modellstalles zusammen mit dem Lastgang der PV-Anlage für den Durchschnittstag im Januar dargestellt. Ersichtlich ist, dass wohl ein Großteil der durch Photovoltaik erzeugte Strom selbst verbraucht wird. Zu den Zeiten ohne PV-Strom muss das BHKW der Biogasanlage flexibel Strom erzeugen, so dass es keine, bzw. nur wenig Lastspitzen für den Netzbetreiber gibt.

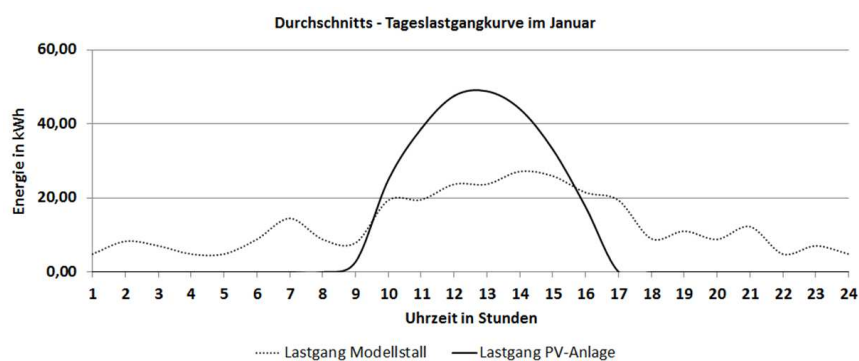


Abb. 2: Überlagerung von Lastgängen

## 5 Ausblick

Bei weiteren Ausarbeitungen soll auch Strom aus Windkraft mit einfließen, so dass langfristig alle Möglichkeiten der Stromproduktion in dem Energie Management System hinterlegt sind und bei der Installation eines solchen Systems nur noch die angeschlossenen Energieerzeugungsanlagen und Energieverbraucher aktiviert werden müssen. Darüber hinaus soll zum Modell der elektrischen Energie auch ein Modell erstellt werden, welches die thermische Energie berücksichtigt.

Das Ziel ist ein Anwendungstool zu entwickeln, welches bereits während der Planungsphase eines Stallneubaus anhand der einzelnen Energieverbraucher im Milchviehstall den elektrischen Energiebedarf prognostiziert und dadurch die Dimensionierung eines elektrischen Speichers und des Speichervolumens von Biogas ermöglicht.

## Literaturverzeichnis

- [St15] Statistisches Bundesamt, <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Energie/Erzeugung/Erzeugung.html>, Stand: 20.11.2015.
- [BM15] Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (BMJV), [www.gesetze-im-internet.de/eeg\\_2014/\\_46.html](http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/_46.html), Stand: 20.11.2015.