

# Stromerzeugung aus Biomasse – effizient, dezentral und grundlastfähig

Dr. Bernd Krautkremer  
ISET  
bkrautkremer@  
iset.uni-kassel.de

Heutige Bioenergieanlagen leisten einen Beitrag zur Grundlastversorgung mit elektrischer Energie. Die Einspeisevergütung durch das EEG fördert diesen Beitrag, wodurch es ökonomisch vorteilhaft ist, die Anlagen möglichst rund um die Uhr zu betreiben. Um die Grundlastversorgung sicher darstellen zu können, besteht jedoch ein wesentlicher Entwicklungsbedarf, um ähnlich hohe Verfügbarkeiten erreichen zu können wie es bei Anlagen mit fossilen Energieträgern heute Stand der Technik ist. Hier leistet die Einspeisevergütung einen entscheidenden Beitrag, da eine höhere Verfügbarkeit automatisch mit höheren Erlösen einhergeht.

Ein nicht zu unterschätzender Vorteil der Bioenergieanlagen im Vergleich zu anderen regenerativen Energien ist die prinzipielle Möglichkeit, auch bedarfsgesteuert Energie zur Verfügung zu stellen. Hierzu ist bereits eine Vielzahl der erforderlichen technischen Einzelkomponenten verfügbar, jedoch mangelt es an einer geschlossenen Darstellung der vollständigen Technologie. Außerdem sind die notwendigen Marktbedingungen noch nicht geschaffen worden. Es besteht daher ein großer Forschungsbedarf, um die erforderliche Technologie bereitstellen zu können und um die erforderlichen rechtlichen und wirtschaftlichen Randbedingungen abzuleiten.

## Kraftwerksmanagement: Grundlast, Mittellast und Spitzenlast

**Grundlast** bezeichnet die Netzbelastung, die während eines Tages in einem Stromnetz nicht unterschritten wird. Da der niedrigste Stromverbrauch meist nachts auftritt, wird die Höhe der Grundlast bestimmt von Industrieanlagen, die nachts produzieren, von Straßenbeleuchtung

und Dauerverbrauchern in Haushalt und Gewerbe. Darüber hinaus kann die Grundlast von den Energieversorgungsunternehmen noch erhöht werden, indem zu Schwachlastzeiten Pumpspeicherkraftwerke gefüllt werden oder Nachtspeicherheizungen eingeschaltet werden. Zur Deckung der Grundlast werden Grundlastkraftwerke eingesetzt, die den Strom zu einem niedrigeren Preis verkaufen können. Ansprüche an schnelle Regelbarkeit werden an diese Kraftwerke nicht gestellt. Hierzu zählen Kernkraftwerke, die nur mit großem Aufwand zu regeln sind und dann auch sehr träge auf Regeleingriffe reagieren, aber lange und zuverlässig Energie bereitstellen. Bei Betriebsunterbrechungen dauert es sehr lange, bis die volle Leistung wieder erreicht werden kann.

Aus diesem Grund wird von den Energieversorgungsunternehmen versucht, den Grundlastbedarf möglichst langfristig im Voraus abzuschätzen. Die Vorhersagbarkeit des Stromverbrauchs, der durch konventionelle Kraftwerke gedeckt werden muss, wird zunehmend schwieriger, da neben den Änderungen des Stromverbrauchs noch zusätzlich die Änderungen der Einspeisung durch dargebotsabhängige Einspeiser (Windkraftanlagen, Photovoltaikanlagen) berücksichtigt werden muss.

Bei Unterschreitung des abgeschätzten Grundlastbedarfs muss entsprechend reagiert werden, entweder durch Einschalten zusätzlicher Verbraucher (Pumpspeicherkraftwerke, Nachtspeicherheizungen) oder durch Abgabe von Strom in andere Stromnetze.

Wird der Grundverbrauch überschritten, so setzt man zur Deckung des zusätzlichen elektrischen Verbrauchs Mittel- und Spitzenlastkraftwerke ein.

**Mittellast** bezeichnet im Kraftwerksmanagement den Bereich der Tageslastkurve, in dem über die Grundlast hinaus zusätzlicher Strom

verbraucht wird und die Charakteristik des Stromverbrauchs so ist, dass sie von Mittellastkraftwerken abgedeckt werden kann. An dieser Definition erkennt man, dass nicht die Charakteristik der Last selbst, sondern die Möglichkeit ihrer Bereitstellung durch bestimmte Kraftwerkstypen entscheidend ist.

**Spitzenlast** bezeichnet eine kurzzeitig auftretende hohe Energienachfrage im Stromnetz. Sie wird von Kraftwerkstypen bereitgestellt, die sich schnell an- bzw. abfahren lassen (Pumpspeicherkraftwerke, Gasturbinenkraftwerke).

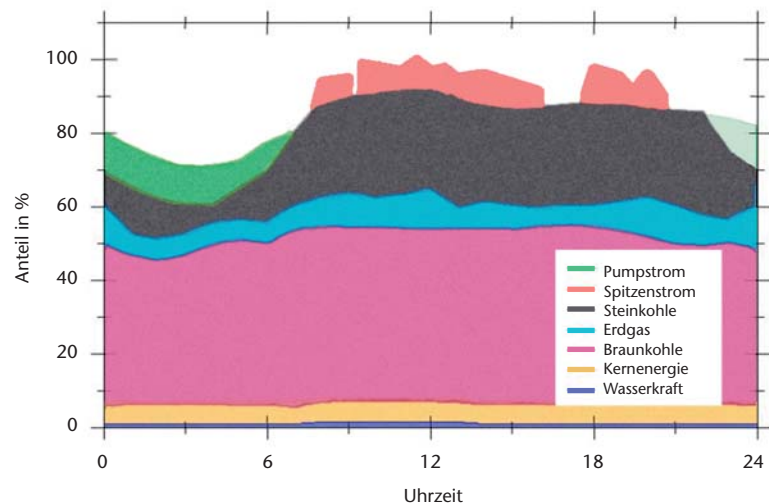
Die Lastkurve in *Abb. 1* zeigt den Verlauf des Stromverbrauchs über die 24 Stunden eines Tages. Dabei gibt die Grundlast an, wieviel Strom rund um die Uhr mindestens verbraucht wird. Im deutschen Stromnetz steigt die Belastung tagsüber in den Zeiten zwischen 6.00 Uhr morgens und 24.00 Uhr meist über die Grundlast in den Bereich der Mittellast an. Spitzenlasten liegen in der Regel am Vormittag zwischen 7.00 und 12.00 Uhr und nachmittags zwischen 16.00 und 20.00 Uhr.

## Versorgungssicherheit

Die unverzichtbare Bedingung, dass Erzeugung und Nachfrage immer im Gleichgewicht sein müssen, hat Auswirkungen auf die Zusammensetzung des Kraftwerksparks. Denn nicht jedes Kraftwerk kann in den erforderlichen Zeitspannen die nötige Leistung bereitstellen. Je nach Typ kann es mehrere Stunden dauern, bis Strom ins Netz eingespeist wird. Daher muss der Kraftwerkeinsatz sehr sorgfältig geplant werden. Weiterhin ist es wichtig, möglichst genaue Vorhersagen über den zu erwartenden Bedarf und über die zu erwartende Einspeisung treffen zu können.

Generell lässt sich sagen, dass die Kosten für den zur Verfügung gestellten Strom von der Grundlast über die Mittellast bis zur Spitzenlast steigen. Teuer ist der erzeugte Spitzenstrom unter anderem, weil die Spitzenleistungskraftwerke einen besonders niedrigen Ausnutzungsgrad haben. Das heißt, sie stehen die meiste Zeit still. Bei Pumpspeicherkraftwerken schlagen die hohen Baukosten zu Buche. Gasturbinenkraftwerke

Tagesgang des Stromverbrauches



haben vergleichsweise hohe Brennstoffkosten, weil sie durch ihre stark variierbare Leistung oft mit einem geringeren Wirkungsgrad operieren, als dies bei konstant betriebenen Maschinen der Fall ist.

*Abbildung 1*  
Stromverbrauch  
im Tagesgang

Quelle: RWE

## Bioenergiekraftwerke

Aufgrund der vielfältigen Erscheinungsformen von Biomasse wird sie auch auf unterschiedliche Weise zur Bereitstellung von elektrischer Energie genutzt. Dabei unterscheiden sich die zur Anwendung kommenden Technologien in der Art des verwendeten Energieträgers, in den verwendeten technischen Komponenten und in der Größe der bereitgestellten Leistung. Gebräuchlich ist eine Unterscheidung nach dem Aggregatzustand der verwendeten Biomasse.

### Feste Biomasse

Feste Biomasse wie zum Beispiel Holz oder Stroh wird hauptsächlich in Feuerungsanlagen eingesetzt. Da bei der Verbrennung zunächst nur Wärme freigesetzt wird, muss ein nachgeschalteter Prozess gewählt werden, der zur Bereitstellung elektrischer Energie dienen kann. Dabei handelt es sich meist um Dampfprozesse mit Turbinen, Schrauben- oder Kolbenmotoren. Statt Wasser zur Dampferzeugung nutzt man bei Bioenergieanlagen heute auch organische Lösungsmittel, die durch ihren niedrigeren

Siedepunkt Wirkungsgradvorteile aufweisen. Die Größe dieser Kraftwerke reicht von wenigen Hundert kW bis zu einigen Hundert MW.

Besonders bei den kleineren Anlagen sind die elektrischen Wirkungsgrade meist sehr gering (um 20%, oft kleiner). Aus diesem Grund werden diese Anlagen vor allem zur Wärmebereitstellung genutzt. Die elektrische Energie ist dabei ein Produkt der Kraft-Wärme-Kopplung. Werden diese Anlagen zur Bereitstellung einer Wärmegrundlast genutzt, dann erbringen sie auch einen Beitrag zur elektrischen Grundlast. Sind sie dagegen wärmegeführt, so wird Strom nur dann erzeugt, wenn auch Wärme benötigt wird. Dies muss bei der Regelung der Netzstabilität berücksichtigt werden.

#### Flüssige Biomasse

Aus Biomasse lassen sich verschiedene flüssige Energieträger herstellen. Dies sind Pflanzenöle, Biodiesel, Alkohole, aber auch synthetische Kraftstoffe, für die die Biomasse zunächst in die Gasform gebracht wird. All diese Energieträger kommen überwiegend im Verkehr zum Einsatz und spielen zur Bereitstellung elektrischer Energie nur eine untergeordnete Rolle.

#### Gasförmige Biomasse

In jüngster Zeit werden Anlagen gebaut (*Abb. 2*) die feste Biomasse zunächst mit einem thermischen Verfahren in Gas umwandeln (Holzvergaser). Mit diesem Gas wird dann mit Verbrennungskraftmaschinen elektrische Energie erzeugt. Diese Anlagen können deutlich höhere Wirkungsgrade erzielen als die vorgenannten. Allerdings besteht zurzeit noch erheblicher Bedarf zur Verbesserung der Verfügbarkeit.

Daneben spielt Biogas eine äußerst wichtige Rolle im Sektor der Stromerzeugung. Biogas wird vornehmlich aus Biomasse mit hohem Wasseranteil (Gülle, Pflanzensilage, Gras, Ernterückstände usw.) mittels eines Faulprozesses unter Luftabschluss gewonnen. Es handelt sich hierbei um einen natürlichen Prozess, der so auch beispielsweise in Sümpfen auftritt (Sumpfgas). Da Biogas in seiner Zusammensetzung sehr dem Erdgas ähnelt, lässt es sich in hervorragender Weise mit den verschiedensten Verbrennungskraftmaschinen nutzen und so sehr effizient in elektrische Energie wandeln.

Die hier zum Einsatz kommenden Maschinen sind heute meist Kolbenmaschinen – auf Biogas angepasste Otto- oder Dieselmotoren. Es werden aber auch Gasturbinen verwendet. Da diese Aggregate in ihrer Leistung gut regelbar sind und in kurzer Zeit an und abgefahren werden können, eignen sie sich hervorragend zur Bereitstellung von Spitzenstrom. Die notwendigen Gasspeicher für die an wenigen Stunden am Tag bereitzustellende Leistung sind leicht realisierbar.

## Märkte

Zurzeit wird die Option zur Bereitstellung von Regelleistung jedoch fast nicht genutzt. Hauptursache hierfür ist, dass sich die existierenden Märkte für Regelleistung in Größenordnungen der Leistungen abspielen, an die die bestehenden Anlagen (noch) nicht heranreichen. Der Regelleistungsmarkt erfolgt in großen bundesländerüberschreitenden Regelzonen, deren Bilanz für die jeweilige Maßnahme entscheidend ist. Neben weiteren Voraussetzungen für die Marktteilnahme muss daher eine Bündelung der Anlagen erfolgen (Pooling). Erste Ansätze hierzu wurden bereits unternommen.

Denkbar sind auch Dienstleistungen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit (Systemdienstleistungen) mit Biogasanlagen, die sich im Niederspannungsbereich abspielen. Hier wird 50% der gesamten elektrischen Leistung umgesetzt, eine Regelung erfolgt nicht, so dass diese Märkte zwar möglich aber heute noch nicht vorhanden sind. Daher werden Biogasanlagen heute in der Regel zur Bereitstellung von Grundlast nach den Marktregeln des EEG eingesetzt.

## Ausblick

Für beide Marktmöglichkeiten im Bereich der Regelleistung gilt, dass die zur Umsetzung nötigen technischen Komponenten bereits verfügbar sind. Es fehlt jedoch noch an der Ausarbeitung umsetzungsfähiger Marktmodelle und einer Demonstration geschlossener Technologien, die den Nachweis der Marktfähigkeit



Abbildung 2  
Biogasanlage



Abbildung 3  
Biomasse-Nutzungs-  
anlage für Strom und  
Wärme

Quelle:  
SEGER Engineering AG

solcher Anlagen erbringen könnten. Aus diesem Grund plant das ISET mit Unterstützung des hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz sowie des hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, eine Biogasanlage zur Bereitstellung verschiedener Systemdienstleistungen am Landwirtschaftszentrum Eichhof in Bad Hersfeld einzusetzen. Dieses Projekt soll helfen, die notwendigen Technologien und Marktmodelle zu entwickeln, um Bioenergieanlagen zur Sicherung der Energieversorgung mit all ihren Möglichkeiten einsetzen zu können.

Denn eigentlich ist Biomasse viel zu kostbar um „nur“ Grundlast zu liefern. Denn mit Biomasse kann der erhöhte Regelbedarf der durch eine Zunahme regenerativ bereitgestellter Energie aus Wind und Sonne erforderlich wird, seinerseits wieder mit einer erneuerbaren Quelle, der Biomasse, bereit gestellt werden.