

# Ganzheitliche Bilanzierung regenerativer Energieerzeugungstechniken



## 1 Abstract

Im Rahmen einer ganzheitlichen Bilanzierung der Energieumwandlungstechniken wurden „Biogas-BHKW“, „Holzhackschnitzel-Heizwerk“, „Dampfkraftwerk“ sowie Gasbrennwertkessel miteinander verglichen sowie die wesentlichen Treibhaus- und Luftschadstoffemissionen ausgewiesen.

## 2 Allgemeiner Kontext und Zielsetzung

Die energetische Nutzung von Biomasse stellt eine nachhaltige Möglichkeit zur Energiebereitstellung dar. Neben der erzielbaren CO<sub>2</sub>-Einsparung stehen die Schonung fossiler Energieressourcen und die Verringerung der Abhängigkeit von Energie-Importen im Vordergrund der Überlegungen, den Einsatz von Biomasse zu forcieren.

Insbesondere in ländlich geprägten Gebieten, in denen die Biomasse in unmittelbarer Nähe anfällt und durch kurze Wege nur geringe Transportkosten entstehen, bietet sich eine energetische Biomassenutzung zur Strom und Wärmeversorgung als ökologische Alternative zu anderen Techniken an.

Die Ausweisung der Staubemissionen und der Vergleich mit einem Referenzkraftwerk verdeutlichen die Vor- und Nachteile der betrachteten Techniken.

## 3 Vorgehensweise

Die Ausweisung des kumulierten Energieaufwands (KEA), des kumulierten nicht regenerativen Energieaufwands, der Treibhausgasemissionen sowie die Emission wesentlicher Luftschadstoffe verdeutlichen die Vorteile einzelner Anlagentechniken.

Folgende Prozesspfade wurden untersucht:

- Gasbrennwertkessel mit Gasbezug aus öffentlichem Gasnetz
- Biomethan-BHKW mit vorgelagerter Erzeugungskette des Biomethans aus konventioneller Biogasherstellung sowie Aufbereitung und -einspeisung in Erdgasnetz
- Holzhackschnitzel-Heizwerk mit Befeuerung mit Schwachholz
- Holzhackschnitzel-Dampfkraftwerk mit gekoppelter Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie

## 4 Ergebnisse

Eine Übersicht über die verwendeten Rahmenbedingungen und Ergebnisse kann Tabelle 4-1 entnommen werden. Die aufgeführten Daten beinhalten eine Gutschrift entsprechend der Stromkennzahl der entsprechenden Technik. Die vermiedenen

energetischen Aufwendungen und Emissionen wurden in der Gesamtbetrachtung berücksichtigt. Dadurch wird im Beispiel Biomethan-BHKW der kumulierte nicht regenerative Energieaufwand zur Bereitstellung eines  $\text{MJ}_{\text{thermisch}}$  von ursprünglich 0,58 MJ auf  $-1,56$  MJ reduziert.

**Tabelle 4-1:** Zusammenfassung der verglichenen Energieumwandlungstechniken

|   | Gasbrennwertkessel | Biomethan-BHKW | Holz hackschnitzel-Heizwerk        | Holz hackschnitzel-Dampfkraftwerk |
|---|--------------------|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| Thermische Leistung   | 800 kW             | 800            | 800 kW                             | 50 MW                             |
| Elektrische Leistung  | 0                  | 633            | 0                                  | 20 MW                             |
| Thermischer Nutzungsgrad  | 93%                | 48%            | 80%                                | 59%                               |
| Elektrischer Nutzungsgrad   | 0%                 | 38%            | 0%                                 | 24%                               |
| Gesamtnutzungsgrad  | 93%                | 86%            | 80%                                | 83%                               |
| Strom/Wärme   | 0                  | 0,79           | 0                                  | 0,4                               |
| Brennstoff  | Erdgas             | Biomethan      | Holz hackschnitzel aus Schwachholz |                                   |
| Brennstoffbereitstellung  | Erdgasnetz         | Erdgasnetz     | Transport per LKW                  |                                   |
| Transportwege in km   | 0                  | 50             | 50                                 | 100                               |
| KEA in $\text{MJ}/\text{MJ}_{\text{thermisch}}$   | 1,27               | 1,41           | 1,35                               | 0,99                              |
| KNRA in $\text{MJ}/\text{MJ}_{\text{thermisch}}$  | 1,27               | -1,56          | 0,08                               | -0,77                             |
| <b>Treibhausgasemissionen bei der Bereitstellung von 1 <math>\text{MWh}_{\text{thermisch}}</math></b>   |                    |                |                                    |                                   |
| $\text{CO}_2$ -Äquivalent in $\text{kg}/\text{MWh}_{\text{thermisch}}$                                  | 269                | -577           | 23                                 | -301                              |
| $\text{CO}_2$ in $\text{kg}/\text{MWh}_{\text{thermisch}}$  | 252                | -545           | 20                                 | -270                              |
| $\text{CH}_4$ in $\text{kg}/\text{MWh}_{\text{thermisch}}$  | 0,69               | -2,48          | 0,07                               | -1,23                             |
| $\text{N}_2\text{O}$ in $\text{g}/\text{MWh}_{\text{thermisch}}$  | 5,30               | 87,67          | 5,59                               | -7,45                             |
| <b>Luftschadstoffemissionen bei der Bereitstellung von 1 <math>\text{MWh}_{\text{thermisch}}</math></b> |                    |                |                                    |                                   |
| $\text{SO}_2$ in $\text{g}/\text{MWh}_{\text{thermisch}}$   | 16                 | -450           | 202                                | 38                                |
| $\text{NO}_x$ in $\text{g}/\text{MWh}_{\text{thermisch}}$   | 349                | 117            | 307                                | 634                               |
| Staub in $\text{g}/\text{MWh}_{\text{thermisch}}$   | 7                  | 16             | 56                                 | 26                                |

Die berechneten äquivalenten Kohlendioxidemissionen beziehen sich auf die Wirkung von Treibhausgasen nach IPC 95 in einem hundertjährigen Zeitraum. Aus der gekoppelten Erzeugung von Wärme und Strom resultiert eine Ressourceneinsparung, die den KEA und KNRA der Nutzungspfade „Biomethan-BHKW“ und „Holz hackschnitzel-Dampfkraftwerk“ positiv beeinflusst. Die Gutschrift aus der gekoppelten Energieerzeugung führt auch zu Minderungen der Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen dieser Umwandlungstechniken.

|                  |                         |
|------------------|-------------------------|
| Auftraggeber:    | Stadtwerke München      |
| Ansprechpartner: | Prof. Dr.-Ing. W. Mauch |
| Bearbeiter:      | Dipl. -Ing. M. Baitsch  |