



Braunkohlenstaub-Heizwerk der RESOPAL GmbH, Groß-Umstadt

Die Brennstoff-Frage

Energieversorgungslösungen für Industrie und Kommunen

Preisentwicklungen auf den Weltenergiemärkten und zunehmende Unsicherheiten in Bezug auf eine zuverlässige Versorgung mit fossilen Brennstoffen geben Anlass zur Suche nach Brennstoffalternativen. Der Beitrag fasst grundlegende Ergebnisse einer Wirtschaftlichkeitsanalyse zu Energieversorgungslösungen für Industrie und Kommunen auf Basis unterschiedlicher Brennstoffe zusammen.

Angesichts großer Energiepreisschwankungen und zunehmender Beschaffungsrisiken sind bei neuen Energiekonzepten für Industrie und Kommunen Brennstoffalternativen zum Erdgas gefragt. Mit Braunkohlenstaub als Erdgasersatz bietet sich ein heimischer Primärenergieträger an, der nicht nur in großer Menge vorhanden und sicher verfügbar, sondern auch relativ preiswert ist. Langfristverträge mit bis zu zehnjähriger Laufzeit sorgen

für kalkulierbare Bedingungen hinsichtlich Preisentwicklung und Liefersicherheit. Eine weitere Brennstoffoption ist Holz, das in Form von Hackschnitzeln zurzeit ein ähnliches Preisniveau aufweist wie Braunkohlenstaub. Seine beschränkte Verfügbarkeit in Verbindung mit seinem dezentralen Aufkommen führen jedoch dazu, dass dieser biogene Brennstoff nicht in beliebigem Umfang eingesetzt werden kann. Zum einen gibt es wegen der notwendigen Transportwege und des im Vergleich zu fossilen Brennstoffen niedrigen Heizwertes gewisse Beschränkungen bei der Leistungsgröße von holzbefeuerten Anlagen und zum anderen ist der Anteil, den Holz an der Energieversorgung in Deutschland übernehmen kann, beschränkt. Im Jahr 2008 entfielen hierzulande rund 1,8 % des Verbrauches elektrischer Endenergie und 5,7 % des Verbrauchs thermischer Endenergie auf feste Biomasse [1]. Da langfristige Lieferverträge für Holz nicht üblich sind, sind die Risiken der Brennstoffversorgung höher als bei Braunkohlenstaub. Hinsichtlich der CO₂-Emissionen hat der als CO₂-neutral einzustufende biogene Brennstoff indes Vorteile gegenüber Braunkohlenstaub. Sobald Emissionen wirtschaftliche Bedeutung zukommt, sei es durch eine Zwangsteilnahme am Emissionshandel oder eine möglicherweise in Zukunft erhobene CO₂-Steuer, dürfte sich die Wirtschaftlichkeit von Braunkohlenstaub deutlich verringern.

Systemvarianten

Im Folgenden werden Ergebnisse einer Analyse unterschiedlicher Systeme zur Lieferung von Prozessdampf (10 bar) auf der Basis von Erdgas, Braunkohlenstaub oder Holz hackschnitzeln mit Feuerungsleistungen von 10 MW bis 20 MW präsentiert (**Tabelle 1**). Neben Heizwerken zur ausschließlichen Lieferung von Prozesswärme werden zwei KWK-Systeme betrachtet: ein erdgasbefeuertes Gasturbinenheizkraftwerk mit Zusatzfeuerung im Abhitzedampferzeuger und ein holzbefeuertes Dampfkraftwerk mit Entnahme-Kondensations-Turbine.

	therm. Wirkungs- grad	elektr. Wirkungs- grad	Anlagen- kosten	Anlagen- kosten
	(%)	(%)	(€/kW _{th})	(€/kW _{el})
Erdgas-Heizwerk	95	-	90	-
Holz-Heizwerk	86	-	410	-
Braunkohlenstaub- Heizwerk	88	-	360	-
Gasturbinen-Heizkraftwerk mit Zusatzfeuerung	65	20	-	1425
Holz-Heizkraftwerk mit Entnahme-Kond.-Turbine	50	15	-	6500

Tabelle 1: Wirkungsgrade und spezifische Anlagenkosten der betrachteten Anlagen

Die Wirkungsgrade der Heizwerke betragen 86 % (Holz), 88 % (Braunkohlenstaub) und 95 % (Erdgas). Das Gasturbinenheizkraftwerk ermöglicht einen thermischen Wirkungsgrad von 65

% und einen elektrischen von 20 %. Die entsprechenden Wirkungsgrade des Holzheizkraftwerks sind mit 50 % (thermisch) bzw. 15 % (elektrisch) deutlich geringer.

Die spezifischen Investitionskosten für die beiden Festbrennstoff-Heizwerke sind etwa viermal höher als die für das Erdgasheizwerk. Letzteres ist mit spezifischen Kosten von 90 €/kW thermischer Leistung die preisgünstigste Systemvariante. Das Holzheizkraftwerk ist mit 6500 €/kW elektrischer Leistung die teuerste Systemvariante.

Wirtschaftlichkeitsanalyse

Annahmen

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der unterschiedlichen Systeme wird ein Abschreibungszeitraum von 15 Jahren unterstellt (**Tabelle 2**). Daraus resultiert bei einem Nominalzins von 7 % ein Annuitätenfaktor von 0,11 zur Verteilung der Gesamtinvestition auf den Abschreibungszeitraum. Für Erdgas und Braunkohlenstaub werden spezifische Brennstoffkosten von 39,5 €/MWh bzw. 20,0 €/MWh angenommen und für Holzhackschnitzel 17 €/MWh. Diese Kosten sind auf den Heizwert des jeweiligen Brennstoffes bezogen und beinhalten im Fall fossiler Brennstoffe auch die Energiesteuer. Neben Brennstoffkosten sind bei Wirtschaftlichkeitsanalysen auch die Stromkosten zu beachten. Für eine Vollversorgung wird hier ein Strompreis von 107 €/MWh unterstellt. Dieser basiert zum einen auf einem Mischpreis für die Lieferung von Grund- und Spitzenleistung und enthält zum anderen Netzentgelte, Konzessionsabgaben sowie staatliche Belastungen aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), dem Gesetz zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWKG) und der Ökosteuern. Bei eigener Stromerzeugung mit einer KWK-Anlage steigt der Strompreis für den Fremdstrombezug auf 115 €/MWh, da der Grundlast-Strombedarf weitgehend selbst in der KWK-Anlage erzeugt werden kann, der Fremdstrombezug aber einen größeren Anteil an Spitzenlast enthält. Daher wird dem eigenerzeugten Strom hier ein entsprechend niedrigerer Wert von 102 €/MWh zugewiesen. Für Personal-, Betriebsmittel- und Wartungskosten wird eine jährliche Steigerungsrate von 3,5 % unterstellt. Die jährliche Preissteigerungsrate für Strom und Brennstoffen wird ferner auf 7,5 % festgesetzt. Dieser Wert spiegelt den Durchschnitt der tatsächlichen Preissteigerungsraten der letzten zehn Jahre unter Berücksichtigung des Preisverfalls der letzten Monate wider.

- Abschreibungszeitraum 15 Jahre
- Lebensdauer 20 Jahre
- Nominalzinssatz 7 %
- Inflationsrate 2,5 %
- Erdgaspreis 39,5 €/MWh H_i (inkl. Energiesteuer)
- Preis Holzhackschnitzel 17 €/MWh H_i
- Preis Braunkohlenstaub 20 €/MWh H_i (inkl. Energiesteuer)
- Strompreis Vollversorgung 107 €/MWh
- Strompreis Zusatzversorgung 115 €/MWh
- Wert des eigenerzeugten Stroms 102 €/MWh
- Nominale Preissteigerung Strom u. Brennstoffe 7,5 %/a
- Nom. Preissteigerung Personal, Betriebsmittel, Wartung 3,5 %/a

Tabelle 2: Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsrechnung

Unter diesen Annahmen ist der Strompreis für eine Vollversorgung bereits nach Ablauf von rund 5 Jahren höher ist als die EEG-Vergütung eines Holzheizkraftwerkes (**Bild 1**), die für das hier betrachtete Beispiel 137 €/MWh beträgt. Da die Preiskurven gemäß Bild 1 inflationsbereinigt sind, sinkt der reale Wert der EEG-Vergütung von Jahr zu Jahr, obwohl er nominal - konstant 137 €/MWh beträgt. Nach fünf Jahren scheint es unter den gegebenen Randbedingungen also sinnvoller zu sein, den im Holzheizkraftwerk erzeugten Strom selbst zu nutzen anstatt ihn ins Stromnetz einzuspeisen und durch das EEG vergütet zu lassen.

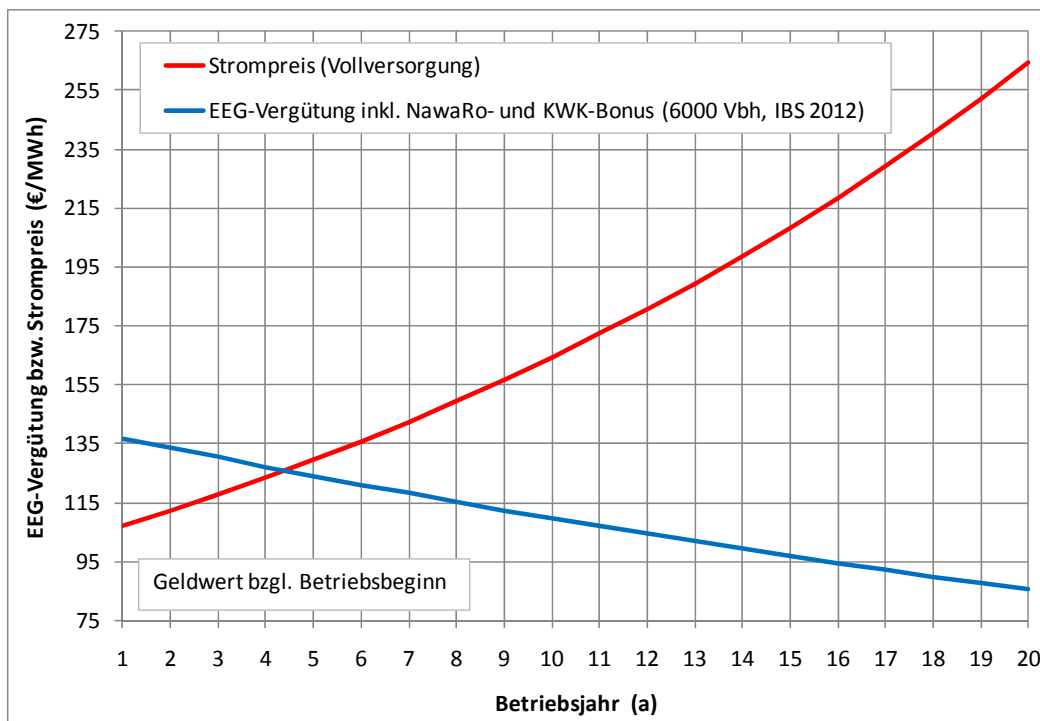


Bild 1: EEG-Vergütung und prognostizierter Strompreis

Eine Teilnahme am Emissionshandel wird in dieser Analyse nicht berücksichtigt, da die Feuerungsleistungen der Systemvarianten nicht größer als 20 MW sind. Zur Vereinfachung

der Kalkulation wird außerdem auf die Berücksichtigung von Schwach- und Spitzenlastversorgung, Teillastbetrieb sowie die Vorhaltung von Reserveanlagen verzichtet.

Ergebnisse

Im **Bild 2** sind wesentliche Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung der betrachteten Systeme bei 4000 Volllastbenutzungsstunden pro Jahr dargestellt. Als Bewertungsmaßstab für die unterschiedlichen Anlagen dienen die spezifischen Kosten der Wärmeerzeugung, die über einen Zeitraum von 20 Jahren (Lebensdauer) inflationsbereinigt dargestellt sind. Diese Kosten lassen sich auch bei KWK-Systemen eindeutig bestimmen, wenn der mit ihnen erzeugten elektrischen Energie ein Wert zugewiesen wird. Bei dieser Methode, auch als Restwertmethode bezeichnet, werden sämtliche Kostenbestandteile, die sich nicht der Stromerzeugung zuweisen lassen, auf die Wärmeerzeugung umgelegt. Die Sprünge in den Kurvenverläufen nach 15 Betriebsjahren sind auf das Ende der Abschreibungsdauer und den damit verbundenen Wegfall der Kapitalkosten zurückzuführen und die Knicke in den Kurvenverläufen bei den KWK-Anlagen auf den Wechsel von der EEG-Vergütung zur Eigennutzung des Stroms beim Holzheizkraftwerk bzw. auf den Wegfall des KWK-Bonus beim Gasturbinenheizkraftwerkes.

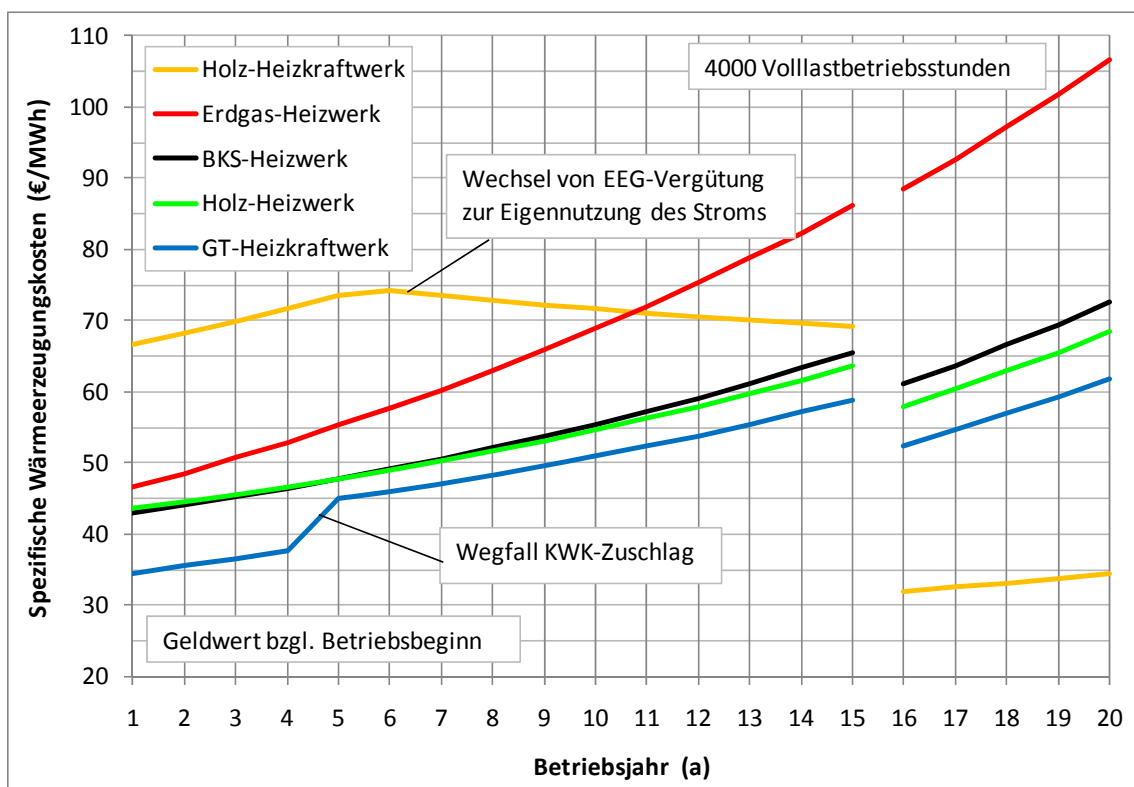


Bild 2: Spezifische Wärmeerzeugungskosten bei 4000 Volllastbenutzungsstunden pro Jahr

Bei einer Ausnutzung der Systeme von 4000 Volllastbenutzungsstunden pro Jahr sind für das Gasturbinenheizkraftwerk die niedrigsten spezifischen Wärmeerzeugungskosten zu verzeichnen (**Bild 2**). Auf dem zweiten und dem dritten Rang folgen, relativ nah beieinander, das Holzheizwerk und das Braunkohlenstaubheizwerk. Beim Holzheizkraftwerk ist nach

Ablauf der Abschreibungsdauer von 15 Jahren wegen der hohen Investitionskosten ein großer Abwärtssprung der Wärmeerzeugungskosten zu verzeichnen. Beim Erdgasheizwerk sind in sämtlichen betrachteten Fällen die mit Abstand höchsten Wärmeerzeugungskosten und aufgrund des hohen Brennstoffkostenanteils auch die höchsten Preisanstiege zu verzeichnen. Bei den Festbrennstoffsystemen mit hohen Investitionskosten steigen die Wärmeerzeugungskosten nicht so stark an, da der Anteil der Brennstoffkosten an den Gesamtkosten hier geringer ist.

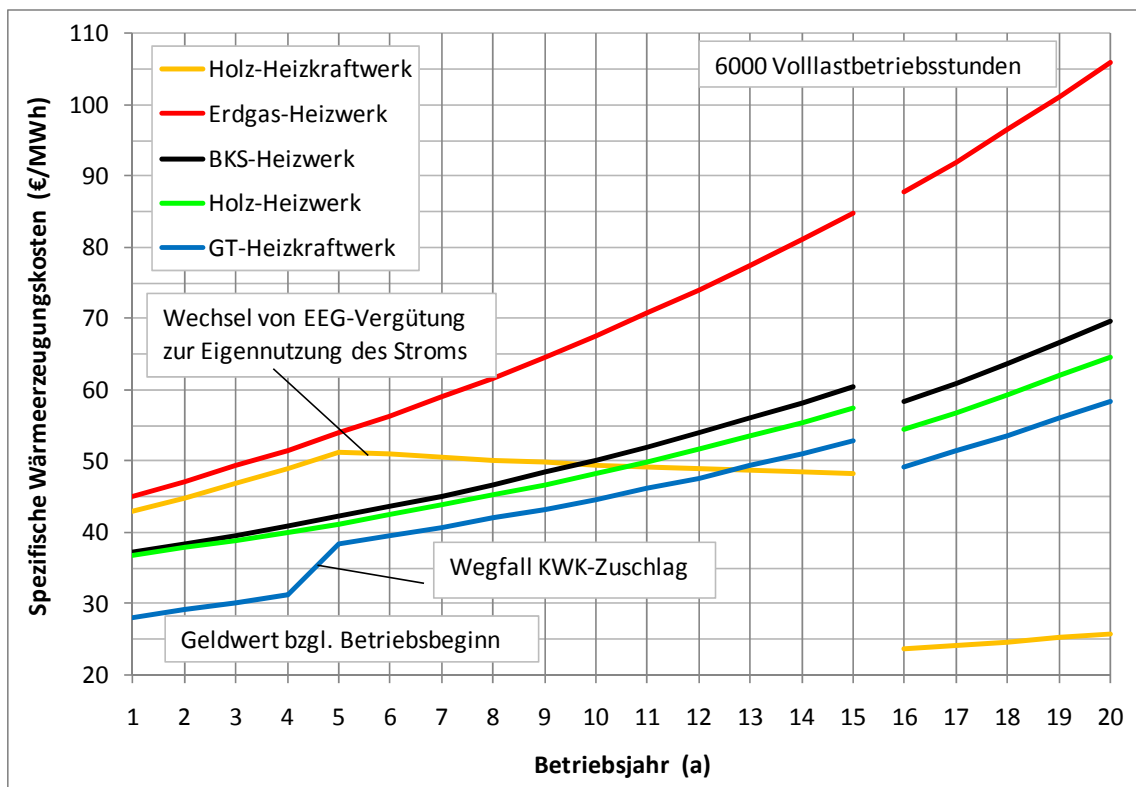


Bild 3: Spezifische Wärmeerzeugungskosten bei 6000 Vollastbenutzungsstunden pro Jahr

Bei einer jährlichen Ausnutzung von 6000 Vollastbenutzungsstunden (**Bild 3**) schneiden Systeme mit hohen Anlagenkosten im Vergleich zum vorherigen Fall mit 4000 Volllaststunden pro Jahr besser ab. Das Holzheizkraftwerk hat - bezogen auf die Lebensdauer von 20 Jahren - die niedrigsten mittleren spezifischen Wärmeerzeugungskosten (**Bild 4**), dicht gefolgt vom Gasturbinenheizkraftwerk. Auf dem dritten und dem vierten Rang folgen das Holzheizwerk und das Braunkohlenstaubheizwerk. Der letzte Rang ist dem Erdgasheizwerk vorbehalten, das die mit Abstand höchsten Wärmeerzeugungskosten aufweist.

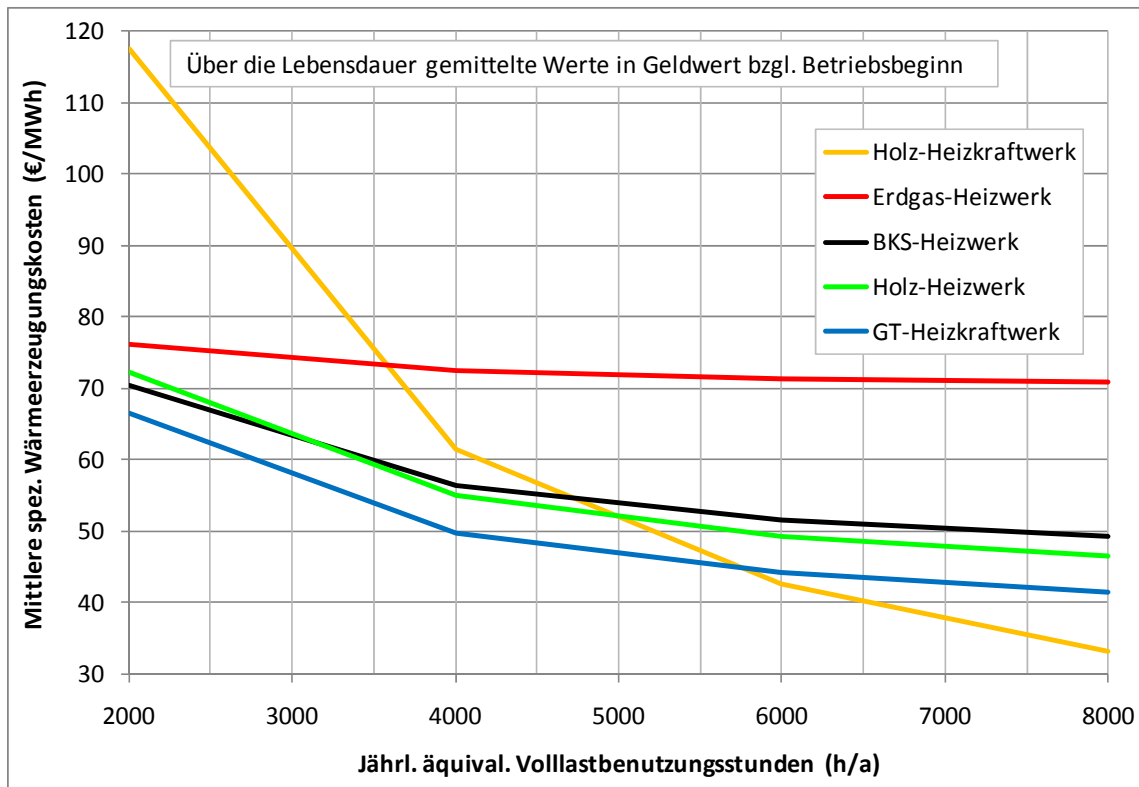


Bild 4: Mittlere spezifische Wärmeerzeugungskosten als Funktion der jährlichen äquivalenten Vollastbenutzungsstunden

KWK-Anlagen führen bei der hier betrachteten Bandbreite 2000 bis 8000 Volllaststunden pro Jahr immer zu den besten Ergebnissen. Dieses Resultat ist vor allem auf die relativ hohen Strompreise (Tabelle 2) zurückzuführen. Bis einer jährlichen Ausnutzung bis 5750 Vollastbenutzungsstunden ist das Gasturbinenheizkraftwerk die beste Variante; bei höherer Jahresauslastung wird es durch das Holzheizkraftwerk abgelöst. Die Wärmeerzeugungskosten des Holzheizwerkes und das Braunkohlenstaubheizwerk verlaufen nahezu parallel zu denen des Gasturbinenheizkraftwerkes, liegen aber immer etwas darüber. Bei niedrigen jährlichen Vollastbenutzungsstunden nähern sich die Wärmeerzeugungskosten des Erdgasheizwerkes und der Festbrennstoffheizwerke an. Die Kosten des Holzheizkraftwerkes steigen bei niedrigen jährlichen Benutzungsstunden aufgrund der hohen Gesamtinvestition stark an.

Spezifische CO₂-Emissionen

Die spezifischen CO₂-Emissionen der betrachteten Systeme sind im **Bild 5** dargestellt. Die holzbefeuerten Anlagen verursachen aufgrund der CO₂-Neutralität dieses Brennstoffes keine CO₂-Emissionen. Die spezifischen CO₂-Emissionen der erdgasgefeuerten Varianten sind mit rund 0,2 t/MWh nur halb so hoch wie die des Braunkohlenstaubheizwerkes. Für die Emissionsberechnung der Wärmeerzeugung im Gasturbinenheizkraftwerk wird analog zur Kostenrechnung erneut die Restwertmethode angewendet. Für die Emissionen, die der Stromerzeugung zuzuordnen sind, wird als Benchmark ein Wert von 365 g CO₂ pro kWh

Elektrizität angenommen. Die Emissionen, die der Wärmeerzeugung zuzuordnen sind, ergeben sich folglich aus der Differenz von Gesamt- und Benchmark-Emissionen.

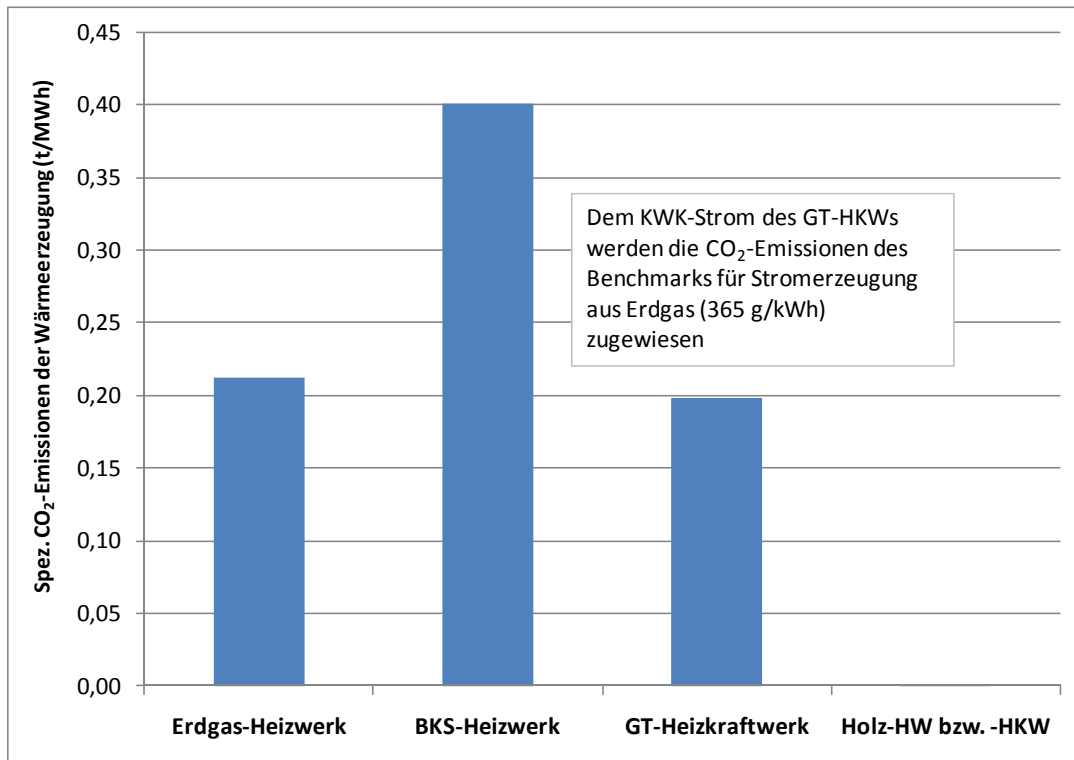


Bild 5: Spezifische CO₂-Emissionen der Wärmeerzeugung

Bei Kosten von 30 €/t CO₂ im Rahmen einer Zwangsteilnahme am Emissionshandel erhöhen sich die spezifischen Kosten der Wärmeerzeugung für das erdgasbefeuerte System um rund 6 €/MWh (**Bild 6**). Beim Braunkohlenstaubheizwerk steigen die spezifischen Wärmeerzeugungskosten mit rund 12 €/MWh doppelt so stark an wie bei den Erdgasvarianten, da die CO₂-Emissionen von Braunkohlenstaub ungefähr doppelt so hoch sind wie die von Erdgas.

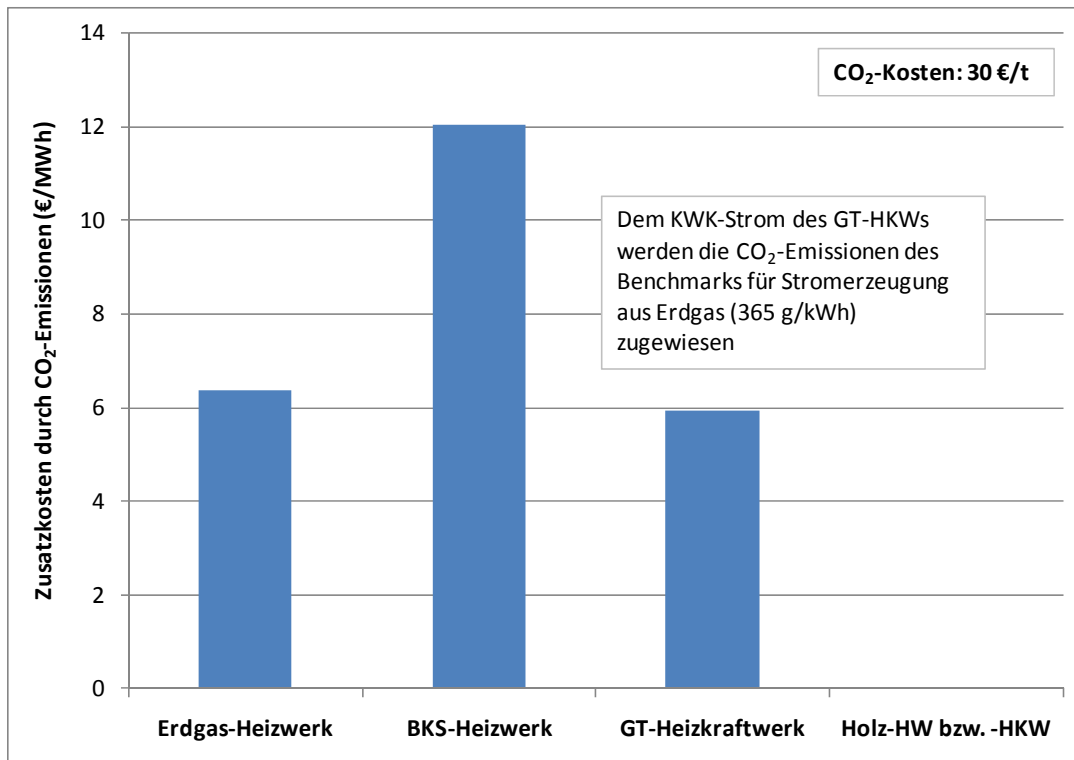


Bild 6: Zusatzkosten für den Kauf von CO₂-Emissionsrechten

Bei Berücksichtigung dieser CO₂-Zusatzkosten steigen die mittleren spezifischen Wärmeerzeugungskosten des Gasturbinenheizkraftwerkes an und verlaufen ungefähr auf dem Niveau des Holzheizwerkes. Bei einem CO₂-Preis von 30 €/t sind mit Anlagen auf Basis des Brennstoffes Holz immer die niedrigsten Wärmeerzeugungskosten erreichbar. Bis zu einer Auslastung von 5000 Vollastbenutzungsstunden pro Jahr erzielt das Holzheizwerk die besten Ergebnisse und bei höherer Auslastung liegt das Holzheizkraftwerk vorn. Mit Berücksichtigung des Emissionshandels erhöhen sich die Wärmeerzeugungskosten des Braunkohlenstaubheizwerkes deutlich und nähern sich den wenig attraktiven Wärmeerzeugungskosten des Erdgasheizwerkes.

Betriebserfahrungen

Der Betrieb von Energieversorgungsanlagen auf Basis von Braunkohlenstaub-, Biomasse- oder Gasturbinen-Technologie bedingt Erfahrungen, die in Industriebetrieben bzw. Kommunen häufig nicht vorliegen. Ingenieurtechnische Kapazitäten sind für diesen Bereich selten vorhanden. Einige Aspekte aus dem Betrieb solcher Anlagen werden im Folgenden diskutiert.

Holz-Heizwerke und -Heizkraftwerke

Ein wesentliches Augenmerk bei Holz-Heizwerken bzw. -Heizkraftwerken muss auf der Brennstoffseite liegen. Ungeachtet der grundsätzlichen Fragen (Verfügbarkeit, Abstimmung Qualitätsdefinitionen mit Anlagenbauer und Holzlieferant usw.) sind von der Anlieferung

über Lagerung und Beschickung technisch robuste Lösungen zu finden, insbesondere wenn nachwachsende Rohstoffe gemäß EEG 2009 (NAWARO, z.B. Landschaftspflegeholz) eingesetzt werden. Die Qualität der angelieferten Brennstoffe ist durch ein abgestimmtes System zu überwachen. Beim Wiegen vor Ort sollte Betriebspersonal jede Ladung optisch kontrollieren und regelmäßige Beprobungen vornehmen. Bei einer Anlage von beispielsweise 15 MW Feuerungswärmeleistung und 7.500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr werden auf Basis von NAWARO rd. 40.000 t Brennstoff jährlich benötigt. Dies entspricht rund 1.600 Lkw-Fuhren, d.h. bei Anlieferungen an fünf Arbeitstagen pro Woche rund 6 Lkw-Transporte pro Tag. Da in einigen Monaten des Jahres erheblich mehr Holz anfällt, muss in Spitzenzeiten mit bis zu 20 Fuhren pro Tag gerechnet werden. NAWARO dürfen nicht zu lange gelagert und nicht zu hoch aufgeschüttet werden, um Fäulnis und Schimmelbildung zu vermeiden. Somit ist ein großer Platzbedarf erforderlich, um ausreichend Brennstoff vor Ort zu lagern. Einer Einhausung bedürfen Brennstoffe, deren Wassergehalt aus kessel-technischen Gründen niedrig sein muss. Diese Einschränkung ist vergleichsweise teuer und zudem hinderlich. Aus Beschaffungsgründen sollte eine möglichst große Bandbreite bei der Feuchte offen gehalten werden. Eine Vielzahl weiterer Aspekte, wie z.B. Emissionen (Geräusche, Schadstoffe), Ascheaustrag und Ascheentsorgung, Kessel- und Turbinentechnik usw., sind gut aufeinander abzustimmen. Ansonsten kann ein solches Projekt zu einer wirtschaftlichen Katastrophe werden, wie das Beispiel mehrerer insolventer Kraftwerksbetreiber zeigt.

Braunkohlenstaub-Heizwerke und -Heizkraftwerke

Im Vergleich zum Betrieb von Holzanlagen gestaltet sich die Bedienung von Anlagen, die mit Braunkohlenstaub (BKS) gefeuert werden, deutlich einfacher. Hier ist insbesondere die von der GETEC AG in zahlreichen Industrieunternehmen umgesetzte Technologie auf der Basis von Großwasserraumkesseln hervorzuheben. Diese ist langfristig erprobt und bietet eine Reihe von Vorteilen. So sei beispielsweise der Einsatz in der Papierindustrie genannt, bei der die hohe Speicherfähigkeit und Regelfähigkeit dieser Kesselbauweise eine stark schwankende Dampfabnahme hervorragend ausgleichen kann. Für die produzierende Industrie ist es wichtig, dass mit Reisezeiten ohne jegliche Betriebsunterbrechung von 4000 bis 5000 Stunden im Jahr auch eine sehr hohe Verfügbarkeit erreicht wird. BKS wird üblicherweise mit Silofahrzeugen angeliefert. Eine Bahnanlieferung ist möglich, wird aber aus logistischen Gründen (Kapazität an Waggons, Gleisanlagen nicht vorhanden, usw.) vergleichsweise selten realisiert. Die richtige Einstellung der Feuerung ist extrem wichtig, um die vorgegebenen Emissions-Grenzwerte einzuhalten. Der Staubgrenzwert von max. 20 mg/Nm³ wird mit einem Schlauchfilter deutlich unterschritten. Es sind einerseits die Rauchgastemperaturen ausreichend niedrig zu halten, andererseits ist eine vollständige Verbrennung im Kessel zu gewährleisten, damit keine glühenden Kohlepartikel bis zur Filteranlage gelangen. Jüngste Messungen zeigen, dass auch Grenzwerte anderer Luftschadstoffe als der nach TA Luft zu messenden (Staub, CO, NO_x, SO_x) deutlich unterschritten werden.

Bei der Firma Kröner-Stärke in Ibbenbüren wurde von dem Contractor URBANA Energietechnik AG & Co. KG Anfang 2009 z. B. ein Braunkohlenstaub-Heizkraftwerk mit einer Prozessdampfleistung von 24,3 t Dampf/h bei 36 bar und einer elektrischen Leistung von 773 kW in Betrieb genommen. Die Betriebserfahrungen der ersten Monate zeigte, dass der funktionssichere und effiziente Betrieb eines Industriekraftwerks immer auch von der Adaption an die bestehende Infrastruktur abhängt. Durch eine kontinuierliche Abstimmung der Energiebereitstellung auf die Stärkeproduktionslinien konnte das gegenüber dem bisherigen erdgasbefeuerten Dampfkessel komplexere Betriebs- und Regelverhalten des BKS-Kessels mit nachgeschaltetem Gegendruckdampfturbosatz optimiert werden. Nach den Optimierungsmaßnahmen innerhalb der Liefergrenzen des Industriekraftwerks hat sich nun ein funktionssicherer Betrieb mit einem hohen Wirkungsgrad von über 90 % eingestellt. Die Revisions- und Reinigungsarbeiten des Industriekraftwerks bewegen sich in einem halbjährlichen Turnus und sind mit den Produktionslinien abgestimmt. Nach den Regeln des AGFW-Arbeitsblattes FW 308 „Zertifizierung von KWK-Anlagen“ wurde die KWK-Anlage als hocheffizient eingestuft. Mit der ausgewiesenen Primärenergieeinsparung von 9 bis 14 %, die mit dem Auslastungsgrad variiert, ist die KWK-Anlage effizienter als die getrennte Erzeugung von Wärme und Strom und erhält daher den vollen Vergütungsanspruch nach dem novellierten Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz.

Gasturbinen-Heizkraftwerke

Mit Gasturbinen und nachgeschaltetem Abhitzekeessel kann Strom und Dampf gekoppelt erzeugt werden. Zum optimalen Betrieb sind die Zuluftfilter regelmäßig zu kontrollieren und ggf. auszutauschen, um den saugseitigen Druckverlust gering zu halten. Die Leistung wird ebenfalls hoch gehalten, wenn die Verdichterstufen regelmäßig gewaschen werden. Es sollte möglichst kalte Luft angesaugt werden, um einen hohen Massenstrom zu erhalten. Hierzu darf der Ansaugstutzen für die Verbrennungsluft nicht in der Nähe von Wärmequellen angebracht werden. Eine Gasturbine sollte trotz ihrer Flexibilität möglichst bei Volllast betrieben werden, um die Wirkungsgradverluste bei Teillastbetrieb zu vermeiden. Wartungen an Gasturbinen werden üblicherweise in den von den Herstellern vorgegebenen Intervallen durchgeführt. Wenn eine kleine bzw. mittelgroße Industrie-Turbine nicht zu häufig gestartet wird, steht üblicherweise nach etwa 30.000 Betriebsstunden eine Generalüberholung an. Hier kann es wirtschaftlich sein, diesen Zeitpunkt hinauszuschieben, indem man den Zustand der Turbine z. B. durch boroskopische Untersuchungen bewerten lässt. Eine Kraft-Wärme-Kopplung auf Basis einer Gasturbine ist immer von der Relation der Strom- zu den Gaspreisen abhängig. Falls dieses Verhältnis abnimmt, kann eine solche Anlage in wirtschaftliche Schieflage geraten. Dies hatte in der Zeit der Liberalisierung des Strommarktes Ende der 90er Jahre zu einer vermehrten Stilllegung erdgasgefeuerter KWK-Anlagen geführt. Mit dem modernisierten KWK-Gesetz haben sich die Rahmenbedingungen für industrielle KWK-Anlagen deutlich verbessert.

Brennstoffe im Vergleich

In der **Tabelle 3** sind die Vor- und Nachteile der verschiedenen Brennstoffe zusammengefasst. Zu den Vorteilen von Erdgas gehören neben der Sauberkeit (keine Bildung von Staub oder Asche) die geringen spezifischen CO₂-Emissionen und spezifischen Anlagenkosten. Hohe Erdgaspreise und eine mäßige Versorgungssicherheit wirken sich zunehmend nachteilig aus. Im Gegensatz zu Erdgas weist Braunkohlenstaub niedrige Preise bei hoher Versorgungssicherheit auf. Als Nachteile sind hohe spezifische CO₂-Emissionen und spezifische Anlagenkosten zu nennen. Der große Vorteil von Holz, der zukünftig an Bedeutung gewinnen dürfte, ist die CO₂-Neutralität. Bisher ist auch das Preisniveau von Holzhackschnitzeln durchaus attraktiv. Dies kann sich bei zunehmender Nachfrage aufgrund des beschränkten Potenzials jedoch schnell ändern. Als Nachteile von Holz sind die schwankende Qualität des Brennstoffes sowie die hohen spezifischen Anlagenkosten zu nennen.

- Erdgas:**
- + sauberer Brennstoff mit geringen CO₂-Emissionen
 - + niedrige spezifische Anlagenkosten
 - hoher Preis, hohe Preisrisiken (keine langfristigen Verträge)
 - hohe Importabhängigkeit, mäßige Versorgungssicherheit
- Braunkohlenstaub:**
- + niedriger Preis, geringe Preisrisiken (langfristige Verträge möglich)
 - + heimischer Energieträger mit großen Reserven, hohe Versorgungssicherheit
 - hohe CO₂-Emissionen (CO₂-Kosten?)
 - Verkehr, Feinstaub
 - hohe spezifische Anlagenkosten
- Holz:**
- + nachwachsender Rohstoff, CO₂-neutral
 - + heimischer Energieträger
 - + niedriger Preis (aber meistens keine langfristigen Verträge möglich)
 - Verkehr, Feinstaub
 - Schwankungen der Brennstoffqualität
 - beschränktes Potenzial (Risiko für Preis und Versorgungssicherheit)
 - hohe spezifische Anlagenkosten

Tabelle 3: Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Brennstoffe

Fazit und Ausblick

Es zeigt sich, dass alle betrachteten Brennstoffe Vor- und Nachteile haben. Es gibt nicht den für alle Anwendungen optimalen Brennstoff. Entscheidungen zu Energieversorgungen für die Industrie oder Kommunen sollten daher immer individuell getroffen werden. Von den hier betrachteten Systemvarianten mit Feuerungswärmeleistungen von 10 bis 20 MW erreichen Heizkraftwerke immer bessere wirtschaftliche Ergebnisse als Heizwerke zur alleinigen Erzeugung von Wärme. Bei jährlicher Ausnutzung von weniger als 5750 Volllaststunden sind

Gasturbinenheizkraftwerke unter den hier getroffenen Annahmen die beste Variante. Bei noch höheren Werten sind Holzheizkraftwerke die erste Wahl.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Christoph Kail, Jahrgang 1965, Professor für Energietechnik an der FH Südwestfalen, Meschede.

Dipl.-Ing. Karsten Spahn, Jahrgang 1967, Leiter der Niederlassung NRW der GETEC AG, Magdeburg.

Dipl.-Ing. Michael Grupczynski, Jahrgang 1963, Prokurist und Regionalleiter der URBANA Energietechnik AG & Co. KG, Hamburg.

Literatur

[1] BMU: Erneuerbare Energien in Zahlen, Juni 2009, www.bmu.de