

Biogaserzeugung, Bioerdgaseinspeisung und räumlich getrennte KWK-Verstromung: ein Praxisbeispiel

Die HEAG Süd Hessische Energie AG hat in Darmstadt-Eberstadt ein Blockheizkraftwerk installiert, das mit Biogas aus der Anlage in Darmstadt-Wixhausen betrieben wird. Durch die räumlich getrennte Verstromung des eingespeisten Biogases im KWK-Prozess gelingt eine deutliche Optimierung des Gesamtnutzungsgrades. Dadurch können ca. 1.300 Haushalte mit Strom und 500 mit Wärme versorgt werden. Gleichzeitig werden im Vergleich zu einer erdgasbasierten Versorgung jährlich rund 3.500 Tonnen CO₂ vermieden.

Die fortschreitende Klimaveränderung und die Endlichkeit fossiler Primärenergien bedingen die Notwendigkeit, den Anteil erneuerbarer Energien zur Bereitstellung von Endenergie deutlich zu erhöhen. Dies ist sowohl auf europäischer als auch auf bundesdeutscher Ebene erklärtes Ziel, das sich in entsprechenden rechtlichen Regelungen (EEG, EEWärmeG) niederschlägt. Um dieses Ziel jedoch auch zu erreichen, bedarf es der Anstrengung aller.

Die Nutzung von Bioerdgas, Biomethan oder Gas aus Biomasse zu forcieren. Zur optimalen Nutzung ist das Biogas vorzugsweise ins Gasnetz einzuspeisen. Nach einer Studie unter der Leitung des Wuppertal-Instituts ist bis zum Jahr 2030 mit 10 Mrd. m³ ein Biogasanteil von ca. 10 Prozent am heutigen Erdgasabsatz in Deutschland denkbar [5].

überwiegend die Verwertung von Biogas direkt vor Ort in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) praktiziert. Hierbei wird Strom erzeugt und eingespeist, die Abwärme (ca. 60 % der Energie) kann jedoch regelmäßig nur zu einem geringen Teil genutzt werden (lediglich ca. 30 % werden im internen Prozess zur Fermenterheizung benötigt). Eine nachhaltige Nutzung kann nur dann gelingen, wenn auch die komplette anfallende Abwärme verwertet wird. Möglich ist dies über eine eigene Biogasleitung zu einem Standort mit Wärmebedarf. Diese Option ist aber in der Praxis höchst selten gegeben, da die erforderlichen Wärmenetzen meistens nicht in wirtschaftlich vertretbarer Nähe zur Biogaserzeugungsanlage vorhanden sind.

Nutzungsoptionen für Biogas

Da Deutschland bei der Erdgasversorgung

Für die Nutzung von Biogas gibt es verschiedene Optionen (Abb. 1). Bisher wird

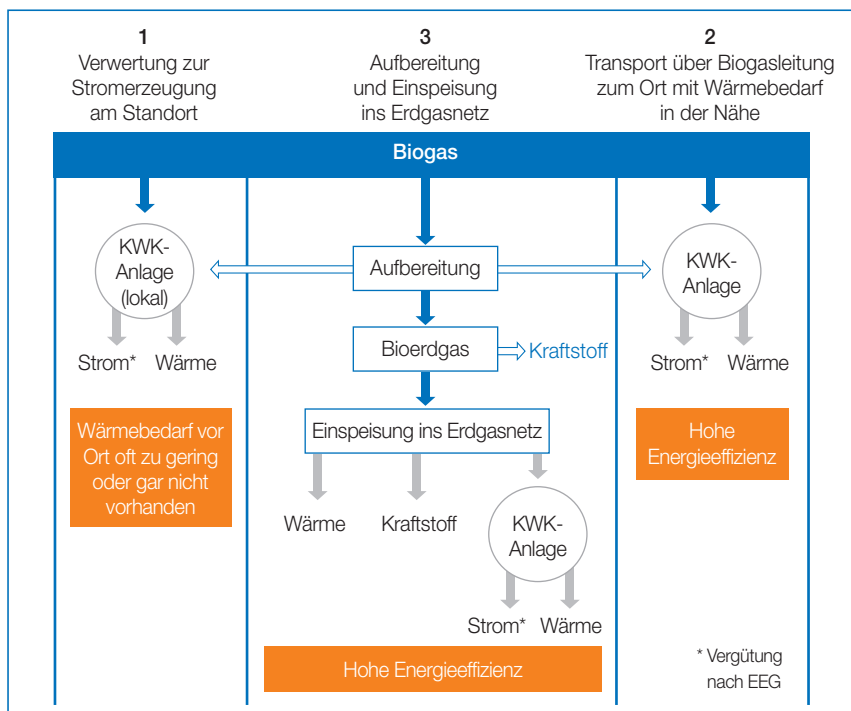


Abb. 1: Nutzungsoptionen für Biogas

Quelle: ASUE

Die Aufbereitung des Biogases auf Erdgasqualität entkoppelt Biogaserzeugung und -verwertung (räumlich und zeitlich) und ermöglicht so eine Verwertung dort, wo eine optimierte Nutzung möglich ist. Das sind:

- Wärmenetzen, die eine möglichst vollständige Nutzung der Abwärme aus der Verstromung ermöglichen (z. B. Fernwärmenetze),
- Tankstellen, in denen aufbereitetes Biogas als Erdgas (CNG) zur Betankung von Fahrzeugen genutzt wird, sowie
- Endkunden, die das eingespeiste Biogas zur Wärmeerzeugung nutzen. (Diese Option wird durch das EEWärmeG leider diskriminiert.)

Im Folgenden werden die Biogaserzeugung, -aufbereitung und -einspeisung am



Quelle: HSE-AG Darmstadt

Abb. 2: HSE-Biogasanlage Darmstadt-Wixhausen

Beispiel der HSE-Biogasanlage Darmstadt-Wixhausen sowie die Bioerdgasverwertung in einem BHKW im HSE-Fernwärmenetz Darmstadt-Eberstadt beschrieben.

- Hydrolyse,
- Versäuerung,
- Essigsäurebildung und
- Methanbildung.

Biogaserzeugung

Die Produktion von Biogas ist heutzutage eine ausgereifte Technologie. Da sich die Rahmenbedingungen der Biogaserzeugung (Inputmaterialien, gesetzliche Regelungen, Vergütungssätze) in den letzten Jahren jedoch ständig verändert haben und prinzipiell verschiedene Verfahren zur anaeroben Fermentation existieren, gibt es eine Vielzahl technischer Lösungen. Der Vergärungsprozess lässt sich vereinfacht in vier aufeinander aufbauende Phasen einteilen, die durch die Anwesenheit spezialisierter Bakterienstämme gekennzeichnet sind:

Das entstehende Biogas ist ein Gemisch aus den Hauptkomponenten Methan (CH_4) und Kohlenstoffdioxid (CO_2) (Tab. 1). Der wertgebende, energetisch nutzbare Teil ist das Methan (45-70 %). Biogas enthält je nach Verfahrensbedingungen weiterhin geringe Mengen an Wasserdampf, Schwefelwasserstoff (H_2S), Ammoniak (NH_3), Wasserstoff (H_2), Stickstoff (N_2) und Spuren von gasflüchtigen niedrigen Fettsäuren und Alkoholen.

Die Biogasanlage Darmstadt-Wixhausen (Abb. 2) wurde am 11. April 2008 in Betrieb genommen. Sie ist die erste Biogasanlage

mit Biogasaufbereitung und -einspeisung in das Erdgasnetz in Hessen. Für die Bemessung wurden ca. 12.600 t/a Inputmaterial, bestehend aus Maissilage, Schweinegülle und Getreideschrot, sowie eine Produktionsmenge von 2,5 Mio. m^3 /a Biogas bzw. 1,3 Mio. Nm^3 /a Bioerdgas angesetzt. Die Investitionssumme belief sich auf 3,5 Mio. Euro. Der Vollastbetrieb konnte ca. zwei Monate nach Inbetriebnahme erreicht werden. Die spezifischen Produktions- und Einspeisemengen übertreffen bisher die Prognosen.

Biogasaufbereitung

Für die Aufbereitung von Biogas stehen verschiedene Technologien und Verfahren zur Verfügung. Diese entsprechen prinzipiell denen zur Aufbereitung anderer technischer Gase: ▶



Die **SHT, Sanitär- und Heizungstechnik, Ausgabe 10** enthält Beiträge zu den Themen Fahrzeuge und -einrichtungen, Lüftung und Kühlung. Lesen Sie darüber hinaus u. a. mehr zu den Themen:

- **Wärmetanks**
Ein Muss für wirtschaftliche Solaranlagen?
- **Reportage**
Zeitgemäße Betriebsführung
- **Brandschutz**
Hände weg vom Druckminderer

Kostenloses Probeheft unter abo-service@krammerag.de



Tabelle 1: Biogaszusammensetzung, Schwankungsbreiten und Auslegungsgrunddaten				
	Biogase Schwankungsbreite	Durchschnitt	Auslegungsgrundlage	
			Gülle-BGA	NawaRo-BGA
Methan	45-70 %	60 %	57,0 %	53,0 %
Kohlenstoffdioxid	25-55 %	35 %	39,7 %	43,7 %
Stickstoff	0,01-5 %	1 %	< 0,01 %	
Sauerstoff	0,01-2 %	0,3 %	< 0,01 %	
Schwefelwasserstoff	10-30.000 mg/m ³	500 mg/m ³	3,034 bzw. 2.000 mg/m ³	ppmv
organischer Schwefel	< 0,1-30 mg/m ³	< 0,1 mg/m ³	vernachlässigt	
Ammoniak	0,01-2,5 mg/m ³	0,7 mg/m ³	vernachlässigt	
BTX	< 0,1-5 mg/m ³	< 0,1 mg/m ³	vernachlässigt	
Siloxane	< 0,1-5 mg/m ³	< 0,1 mg/m ³	vernachlässigt	
Wasserdampf	100 % r. F.	100 % r. F.	100 % r. F.	
(bei 25 °C und 1,013 mbar)	3,1 %	3,1 %	3,1 %	

Quelle: Institut f. Energetik und Umwelt GmbH

- Gaswäsche mittels Wasser, Laugen, Aminen etc.,
- trockene Gasadsorption mittels Aktivkohlen und Molekularsieben,
- trockene Membranseparation mittels CO₂-selektiver Permeationsmembrane,
- Tieftemperaturseparation mittels CO₂-Verflüssigung.

Die konkrete Auswahl ist sowohl von der gewählten Anlagentechnologie als auch von der vorhandenen Biogasqualität abhängig. Die Verfahren werden entsprechend kombiniert und miteinander verknüpft. Zur Biogaseinspeisung sind für die Aufbereitung weitere Schritte zur Feinreinigung (z. B. CO₂-, H₂S-Abtrennung) notwendig.

In der Biogasanlage Darmstadt-Wixhausen erfolgt die Aufbereitung in folgenden Schritten:

- Entfernung fester und flüssiger Bestandteile (Filterung) sowie Kondensatabscheidung und Trocknung des Gases,

- H₂S-Abscheidung und Entschwefelung,
- Methananreicherung und CO₂-Abtrennung sowie
- Entfernung von weiteren Gasbegleitstoffen wie Halogenkohlenwasserstoffen, Silizium und Ammoniak.

Realisiert wird die Biogasaufbereitung durch das Verfahren der Druckwasserwäsche (Abb. 3). Dies ist ein vorgefertigtes System, das in einem isolierten und belüfteten Container schlüsselfertig geliefert, installiert und in Betrieb genommen wird. Die Anlage verfügt über drei separate Räume für die Druckwasserwäsche, die Pumpen und die Stromversorgung. Die Anlagen sind in den Leistungsklassen 130, 300 und 500 Nm³/h Rohgas erhältlich. In Darmstadt kommt die mittlere Größe zum Einsatz.

Wesentlich für die Wirtschaftlichkeit der Reinigung und Aufbereitung von Rohbiogas auf Erdgasqualität und der Einspeisung als Bioerdgas sind die Verlässlichkeit der Technik, die Kosten der Aufbereitung



Abb. 3: Druckwasserwäsche der Firma Malmberg

Quelle: Malmberg

(Kapital, Betrieb) sowie der Methanschluß des Verfahrens [1; 2].

Biogaseinspeisung

Da die Transportkosten für die Inputmaterialien (Gärssubstrate wie Maissilage, Getreideschrot oder Grünschnitt, Gülle) einen wesentlichen Einflussfaktor auf die Wirtschaftlichkeit darstellen, ist die Standortwahl für Biogasanlagen oft von Seiten der Logistik beschränkt. So ist der Substratbezug meist nur in einem Umkreis von 15 Kilometern wirtschaftlich darstellbar [2]. Doch auch von Seiten des Gasnetzes sind Beschränkungen zu beachten:

- die Nähe zum Erdgasnetz (Mitteldrucknetz),
- Beschränkungen der Gasaufnahme durch begrenzte Speicherbarkeit und
- die Qualität des einzuspeisenden Gases (Zusatz-, Austauschgas).

Zusatzgase dürfen in Zusammensetzung und brenntechnischen Kenndaten wesentlich vom im Netz befindlichen Grundgas abweichen. Sie können dem Grundgas dafür jedoch nur in begrenzter Menge, zur Ergänzung des Gasangebots, zugesetzt werden. Austauschgase weisen hingegen trotz ihrer abweichenden Zusammensetzung und gegebenenfalls differierender Kenndaten bei gleichem Druck und unveränderter Geräteeinstellung ein gleichartiges Brennverhalten auf. Sie können daher anstelle des Grundgases eingesetzt werden.

Die Gasnetzrestriktion ergibt sich somit regelmäßig durch die geringste Abnahme im Sommer. So kann Austauschgas bis zur Menge des Mindestgasverbrauchs im Sommer, oft in den Nachtstunden, eingespeist werden. Daher besteht praktisch meist eine Gasnetzaufnahmebeschränkung für Biogas in Austauschqualität [2]. Reicht die Qualität des aufbereiteten Biogases nicht für die Einspeisung als Austauschgas aus, kommen die Zugabe von Flüssiggas (LPG) oder die Einspeisung als Zusatzgas in Frage. Die Einspeisung muss folgende technische Mindestanforderungen erfüllen:

- DVGW-Arbeitsblatt G 260 (Gasbeschaffenheit),
- DVGW-Arbeitsblatt G 262 (Nutzung von Gasen aus regenerativen Quellen in der öffentlichen Gasversorgung),
- DVGW-Arbeitsblatt G 280 (Gasodrierung) und
- DVGW-Arbeitsblatt G 685 (Gasabrechnung).

Die Qualität des in der Biogasanlage Darmstadt-Wixhausen erzeugten Bioerdgases liegt innerhalb der im DVGW-Arbeitsblatt G 260 für Erdgas H definierten Grenzen. Das aufbereitete Biogas wird vor der Einspeisung gemäß DVGW-Arbeitsblatt G 280 odoriert. Zur Einhaltung des DVGW-Arbeitsblattes G 685 müssen die Brennwerte des Bioerdgases mit denen des Grundgases verglichen werden. Um diese Anforderungen zu erfüllen, sind nur die LPG-Zugabe oder die Einspeisung als Zusatzgas möglich. Eine LPG-Zugabe ist jedoch für kleinere Biogasanlagen nicht wirtschaftlich.

Bei der Einspeisung als Zusatzgas ist zu beachten, dass das entstehende Gasgemisch einen Brennwert besitzt, der die geforderte 2-Prozent-Grenze einhält. Das Grenzmixungsverhältnis liegt im vorliegenden Fall bei ca. 60 Prozent Bioerdgas und 40 Prozent Erdgas. Einspeisestelle und Biogasproduktion müssen entsprechend aufeinander abgestimmt werden, um sicher zu stellen, dass der erforderliche Erdgasvolumenstrom im Netz vorhanden ist.

Der aufnehmende Gasnetzbetreiber hat großes Interesse daran, die Qualität des eingespeisten Bioerdgases zu überwachen und die Einspeisung bei Nichteinhaltung der DVGW-Arbeitsblätter G 260 und 262 unterbrechen zu können. Dazu werden folgende Messwerte überwacht:

- Brennwert,
- Wobbe-Index,
- H₂S-Konzentration,
- H₂-Konzentration,
- O₂-Konzentration und
- Feuchtigkeit.

Da die Bestimmung des Brennwertes für die Abrechnung mit den Kunden relevant ist, muss diese Messung gemäß der Forderung des Eichamtes eichfähig sein. Bisher für Erdgas zugelassene Messgeräte sind nur in wenigen Fällen für die Brennwertmessung von Bioerdgas geeignet. Nur einige Prozesschromatographen haben eine Zulassung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB).

In der Biogasanlage Darmstadt-Wixhausen wird ein Gaschromatograph der Firma RMG (PCG 9000) eingesetzt. Die für diese Geräte erheblichen Investitionskosten haben jedoch insbesondere für kleinere Biogasanlagen die Unwirtschaftlichkeit zur Folge. Daher entwickelt RMG zurzeit ein korrelatives Messgerät auf der Basis des EMC 500, das die PTB-Zulassung erhalten soll. Zum Nachweis werden in der Biogas- ▶

Was wäre Wachstum ohne Bewegung?

Was wäre ein Weg ohne Richtung?

In einem Netz wird man gemeinsam groß.



Alle 120 Partner des Thüga-Netzwerks nutzen Synergieeffekte und können Beratungsleistungen im Personalwesen in Anspruch nehmen – die auch Personalmanagement und Personalentwicklung der einzelnen Partner vereinfachen. Die Unabhängigkeit des regionalen Partners bleibt dabei in jedem Fall gewahrt. Interessiert? Mehr Informationen erhalten Sie unter www.thuega.de

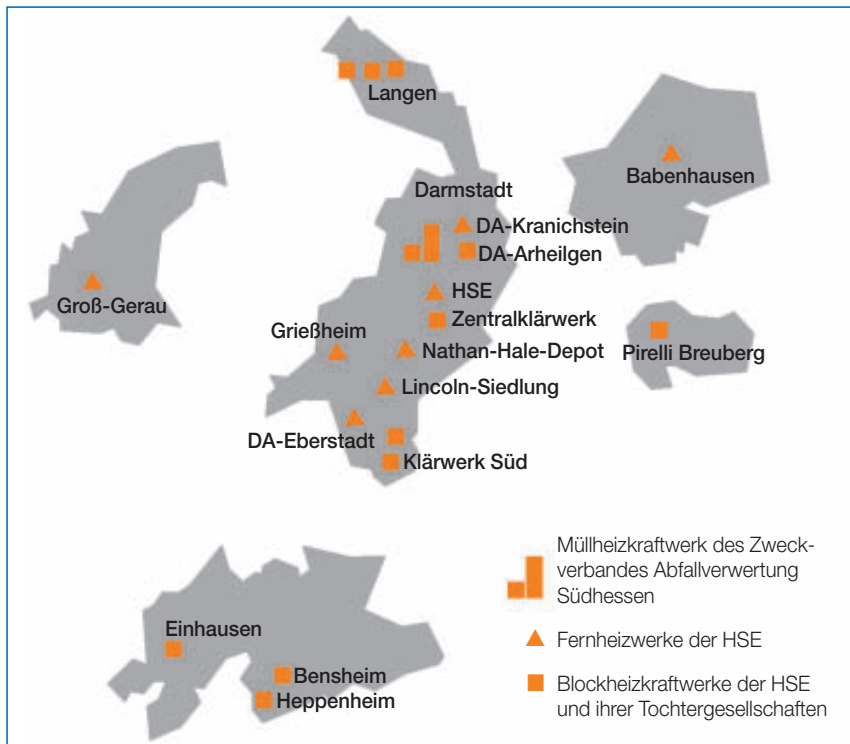


Abb. 4: Wärmeversorgung der HSE

Quelle: HSE AG Darmstadt

anlage Darmstadt-Wixhausen Parallelmessungen mit der PCG 9000 und der EMC 500 durchgeführt. Dadurch hat das Projekt Pilotcharakter. Die zuständige Eichbehörde wurde frühzeitig in das Vorhaben eingebunden und begleitet das Projekt über ein Jahr, um Erfahrungen auf dem Gebiet der Biogaseinspeisung zu sammeln [4].

Biogasverwertung

Die Verwertung des eingespeisten Bioerdgases bietet entsprechend den beschriebenen Optionen verschiedene Alternativen zur möglichst vollständigen Nutzung der im Biogas enthaltenen Energie. Vorteilhaft wirkt sich darauf insbesondere die Entkopplung von Erzeugung und Verwertung aus:

- räumlich, durch das Gasnetz ermöglicht, und
- zeitlich, durch die Bilanzierung nach EEG zulässig.

Das Gasnetz wirkt hier als virtueller Speicher, dem das Bioerdgas dann entnommen wird, wenn es optimal verbraucht werden kann. Eine Kreditfunktion des Netzes ist allerdings nicht zulässig.

Um die eingespeisten Bioerdgasmengen wirtschaftlich und mit größtmöglichem Nutzungsgrad verstromen zu können, muss eine Wärmesenke gefunden werden, die einen weit gehend kontinuierlichen bzw. einen Mindestwärmebedarf in ausreichender Höhe besitzt. Dies sind wegen der regelmäßi-

gen Abnahmestruktur industrielle Prozesse oder Fernwärmenetze, die auf Grund hoher Anschlusswerte auch im Sommer einen ausreichenden Mindestbedarf haben.

Ein solches, ca. 18 Kilometer langes Fernwärmenetz betreibt die HSE in Darmstadt-Eberstadt (Abb. 4). Dort versorgt die HSE knapp 3.300 private Wohnungen sowie 14 gewerbliche oder öffentliche Kunden. Die thermische Anschlussleistung beträgt insgesamt 32,9 MW, die Mindestwärmeabnahme im Sommer beläuft sich auf ca. 1,5 MW. Im Rahmen dieser Grundlast kommen zwei BHKW-Module mit einer elektrischen Leistung von je 598 kW und einer thermischen Leistung von je 788 kW zum Einsatz. Zur Errichtung der Anlage hat die HSE über 800.000 Euro investiert.

Im Dauerbetrieb sollen durch die Verwertung des in der Biogasanlage Darmstadt-Wixhausen eingespeisten Bioerdgases jährlich 5,1 Mio. kWh Strom und 6,7 Mio. kWh Wärme erzeugt werden. Eine ausreichende Kapazitätsreserve für das eingespeiste Bioerdgas einer zweiten Bioerdgaserzeugungsanlage wurde bei der Planung der Anlage bereits berücksichtigt. Durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme (KWK) beträgt der Gesamtnutzungsgrad des eingesetzten Bioerdgases 88 Prozent. Durch das in Darmstadt-Wixhausen eingespeiste Bioerdgas werden gegenüber der bisherigen erdgasbasierten Erzeugung 3.500 Tonnen CO₂ pro Jahr vermieden.

Durch den höheren Gesamtnutzungsgrad des Biogases ist es möglich, den Ertrag zu steigern und so die höheren Kosten für die Biogasaufbereitung und -einspeisung zu refinanzieren. Da in ein solches Gesamtprojekt unterschiedliche Beteiligte eingebunden sind (Erzeuger, Netzbetreiber, Bilanzkreismanager und Verwerter) ist es wichtig, die Investitionsentscheidung auf Basis des Gesamtkostenprinzips für den gesamten Lebenszyklus zu fällen [3].

Zusammenfassung

Biogas kann einen wesentlichen Beitrag zur Energieversorgung der Zukunft leisten. Vorteilhaft sind dabei insbesondere die ökologische Bilanz und die Planbarkeit der Nutzung. Die Biogaserzeugung ist heute Stand der Technik und in vielen Anwendungsfällen erprobt. Im Bereich der Aufbereitung und Einspeisung als Zusatzgas hat das beschriebene Projekt der Biogasanlage Darmstadt-Wixhausen Pilotcharakter. Da die Kosten für LPG-Zugabe oder Gasqualitätsmessung oft die Wirtschaftlichkeit kleiner Anlagen gefährden, wurden Lösungsansätze zur Vermeidung dieser Kosten aufgezeigt.

Literatur:

- [1] Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT: Technologien und Kosten der Biogasaufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz. Ergebnisse der Markterhebung 2007-2008. Oberhausen 2008.
- [2] Institut für Energetik und Umwelt gGmbH u. a.: Studie: Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz. Leipzig 2007.
- [3] Nebel, Theodor & Prüß, Henning: Anlagenwirtschaft. Oldenbourg Verlag, München, Wien 2006.
- [4] Schlegel, Michael & Usemann, John: Biogaserzeugung und Einspeisung in das Erdgasnetz – am Beispiel der Biogasanlage Darmstadt-Wixhausen. In: Schriftenreihe WAR 194, Institut WAR der TU Darmstadt, Dezember 2007.
- [5] Wuppertal-Institut: Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse – Untersuchung im Auftrag von BDEW und DVGW; Band 1: Gesamtergebnisse und Schlussfolgerungen. Wuppertal, Leipzig, Oberhausen, Essen 2006.

Autoren:

Dr. Henning Prüß
Bereichsleiter Assetmanagement Anlagen

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Schattner
Leiter Assetmanagement Wärme

Dipl.-Ing. Michael Schlegel
Leiter Assetmanagement Biogas und Abwasser

Kontakt:

HEAG Südhessische Energie AG
Darmstadt (HSE)
Frankfurter Str. 100
64293 Darmstadt
Tel.: 06151 701-0, Fax: 06151 701-4444
E-Mail: info@hse.ag
Internet: www.hse.ag