

## Energie- und Wärmeversorgung auf der Insel Dänholm

### Bau eines mit Biomethan betriebenen Blockheizkraftwerkes (BHKW) mit angeschlossenen Warmwasser-Wärmespeichern

**Errichter** SWS Natur GmbH  
Frankendamm 7  
18439 Stralsund

**Ansprechpartner** Ing.-oec. Harald Sauter  
**Tel.:** +49 (0) 3831 / 241-5500  
**Fax:** +49 (0) 3831 / 241-5509  
**E-Mail:** harald.sauter@natur-stralsund.de



Abb. 1: Hansestadt Stralsund, Insel Dänholm

## 1 Veranlassung

### 1.1 Klimaschutz, Gesetzeslage, Ziele

Die bisherige Versorgung des Dänholm erfolgte überwiegend mit Wärme, die mit Heizöl befeuerten Heizkesseln erzeugt wurde. Einzelliegenschaften wurden ebenfalls überwiegend autark aus Eigentümer-eigenen mit Heizöl betriebenen Kesselanlagen versorgt. Ein Erdgasnetz war bisher nicht vorhanden. Große Mengen Heizöl mussten zur Sicherung der Versorgung auf dem Dänholm gelagert werden, allein 100.000 l Heizöl bei der SWS. Umweltrestrisiken durch die großen Lagermengen und die Vielzahl der Transporte waren nie vollständig auszuschließen und hätten direkten Einfluss auf die umliegende von Wasser geprägte Landschaft haben können. Neubauten sind in das denkmalgeschützte Ensemble zu integrieren.

Im Oktober 2010 wurde das Klimakonzept der Hansestadt Stralsund beschlossen und der Öffentlichkeit vorgestellt. Darin heißt es: „... wird innerhalb des Klimaschutzkonzeptes der Hansestadt Stralsund das realistische Ziel angestrebt, **die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stadtgebiet alle fünf Jahre um 10 % beginnend 2010 zu verringern.**“

Der **öffentlichen Hand** kommt bei den ehrgeizigen Zielen der Bundesregierung eine besondere **Vorreiterrolle und Vorbildfunktion** zu, die inzwischen auch gesetzlich verankert ist, so im Erneuerbare-Wärme-Gesetz (**EEWärmeG**), das erstmals am 01.01.2009 in Kraft trat und mit Wirkung zum 1. Mai 2011 novelliert worden ist. Das Gesetz schreibt vor, dass Eigentümer neuer Gebäude einen Teil ihres Wärmebedarfs (und Kältebedarfs) aus erneuerbaren Energien decken müssen. Das gilt sowohl für Wohn- und Nichtwohngebäude, deren Bauantrag bzw. -anzeige nach dem 1. Januar 2009 eingereicht wurde, als **auch bei grundlegenden Gebäudesanierungen.**

Diese Verpflichtungen können auch durch einen Dritten als Dienstleister und mittels Fernwärme erfüllt werden. Dazu muss die Wärme aus Wärmenetzen zu einem im Gesetz definierten Mindestanteil aus erneuerbaren Energien, Abwärme oder hocheffizienten KWK-Anlagen stammen. Der Gesetzgeber definiert im EEWärmeG also ähnlich wie in der Energieeinsparverordnung ein Mindestmaß an energetischer Qualität. Während die EnEV als Kennwerte den Jahres-Primärenergiebedarf und den Transmissionswärmeverlust der Außenhülle etabliert hat, bildet das EEWärmeG die energetische Qualität durch Mindestdeckungsanteile am Wärme- und Kälteenergiebedarf ab.

### 1.2 Veranlassung aus Sicht des Wärmenutzers

Aufgrund der im Abs. 1.1 aufgeführten Notwendigkeiten, insbesondere in Bezug auf die besondere Rolle der Öffentlichen Hand, zur Erreichung der Klimaschutzziele und Erfüllung der gesetzlichen Vorgaben kam die **BlmA** (Bundesanstalt für Immobilienaufgaben) bereits 2010 auf die SWS zu und erkundigte sich über die Perspektiven der Fernwärmeerzeugung auf dem Dänholm. Daraufhin kam es zu Gesprächen zwischen Vertretern der BlmA und der SWS. Die BlmA zeigte signifikantes Interesse an der Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen und der Umsetzung einer weit darüber hinaus gehenden innovativen Lösung. Die SWS zeigte sich sehr offen hinsichtlich der Umstellung der Fernwärmeerzeugung bzw. Ergänzung der Erzeugung um gesetzlich definierte Anteile an Erneuerbaren Energien oder der Installation entsprechender „Ersatzmaßnahmen“. Es wurde vereinbart, mehrere Varianten zu prüfen und ein Konzept zur Umstellung der Fernwärme zu erarbeiten und der BlmA vorzustellen.

Nach Vorstellung und Prüfung des Konzeptes durch die **BBL** (Betrieb für Bau und Liegenschaften Mecklenburg-Vorpommern) wurden Anfang 2013 die neuen Wärmelieferverträge zwischen der BlmA und der SWS unterzeichnet.

Weitere Partner, wie auch die **Hansestadt Stralsund** als zweitgrößter Wärmeabnehmer, sind bereits langjährige Anschlussnehmer des Wärmenetzes und standen von Anfang an hinter dem innovativen Wärmeversorgungskonzept.

Das **Wasser- und Schifffahrtsamt Stralsund** als drittgrößter Nutzer auf dem Dänholm hat sich nach Vorstellung des innovativen Konzeptes durch SWS für den Standort Dänholm ebenfalls kurzfristig entschlossen, sich an das Wärmenetz anbinden und von der SWS versorgen zu lassen. Die alte nicht mehr effizient und mit Heizöl betriebene Heizungsanlage konnte außer Betrieb genommen und zurück gebaut werden.

## 2 Einsparung CO<sub>2</sub>-Emissionen, Energieträger, und Technische Lösung

### 2.1 Energieträger, erzeugte Wärmemengen, CO<sub>2</sub>-Emissionen

Wie im Absatz 1 beschrieben, erfolgte die Erzeugung der Fernwärme auf dem Dänholm durch Verbrennung leichten Heizöls in zwei Heizkesseln. Bekanntlich ist die CO<sub>2</sub>-Emission bei der Verbrennung von Heizöl im Vergleich zu anderen Energieträgern sehr hoch. Nachfolgend sind einige typische CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Verbrennung der Energieträger entstehen, aufgeführt:

Leichtes Heizöl:	260g/kWh
Erdgas:	200 g/kWh
Steinkohle:	330 g/kWh
Braunkohle:	400 g/kWh

Mit der vorhandenen Methode der Wärmeerzeugung konnte die von der SWS gelieferte Fernwärme nicht die Anforderungen des EEWärmeG, auch nicht als Ersatzmaßnahme erfüllen, da die Wärme weder aus Erneuerbaren Energien noch in hocheffizienten BHKW-Anlagen erzeugt wurde.

Bei Ansatz eines Nutzungsgrades zur Energieumwandlung von Heizöl in Wärme (Kesselnutzungsgrad) von 85%, werden im Durchschnitt 5.470 MWh/Jahr Heizöl verbrannt. Somit erfolgt ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von ca. **1.400 Tonnen** pro Jahr.



Abb. 2: Rudenstraße 22, Standort der alten Wärmeerzeugungsanlage und der zukünftigen Wärmeverteilung (Kellerräume)

## 2.2 Beschreibung der Technischen Lösung und Ansichtspläne

Für die Zukunft der Wärmeerzeugung auf dem Dänholm favorisierte die SWS die gekoppelte Wärme- und Stromerzeugung mittels eines modernen und hocheffizienten Blockheizkraftwerkes (BHKW). Das Herzstück eines BHKW ist ein mit Gas betriebener Motor, der einen Stromgenerator antreibt. Bei der Stromerzeugung entsteht Wärme, die direkt ausgekoppelt und in das Fernwärmenetz eingespeist wird. BHKW besitzen einen höheren Gesamtnutzungsgrad gegenüber der herkömmlichen Kombination aus reiner Wärmeerzeugung und zentraler Stromerzeugung. Dieser hohe Gesamtnutzungsgrad resultiert daraus, dass die Abwärme der Stromerzeugung direkt am Ort der Entstehung genutzt wird.

Im Verlauf der Projektumsetzung wurde ein BHKW auf dem benachbarten Grundstück des Heizhauses in der Rudenstraße 22 b in einem separaten und neu errichtetem Gebäude installiert. Das BHKW wird mit Biomethan (= Bioerdgas) und damit 100% mit erneuerbarer Energie betrieben.

Als Biomethan wird Methan bezeichnet, welches nicht fossilen Ursprungs ist, sondern aus biogenen Stoffen in Biogasanlagen erzeugt wurde. Die Eigenschaften des Biomethans sind identisch der des herkömmlichen Erdgases. Aus diesem Grund kann die Versorgung des BHKW aus dem Erdgasnetz erfolgen.

Die Abrechnung der über die SWS Energie GmbH als Transportdienstleister bezogenen Biogasmengen erfolgt anschließend rein virtuell und bilanziell. Man kann sich das vereinfacht wie folgt vorstellen: Das Biomethan wird nach Herstellung in der Biogasanlage der SWS Natur GmbH (Stralsund, Am Umspannwerk 12) und entsprechender Aufbereitung auf Erdgasqualität an einer beliebigen Stelle in das Erdgasnetz eingespeist und auf dem Dänholm wieder ausgespeist. Die eingeleiteten und entnommenen Biomethanmengen müssen am Jahresende identisch sein.

### Prinzipschemen



Abb. 3: Integration Biomethan-Blockheizkraftwerk und weitere Verwendungen (Heizung, Tankstelle) - Prinzipschema

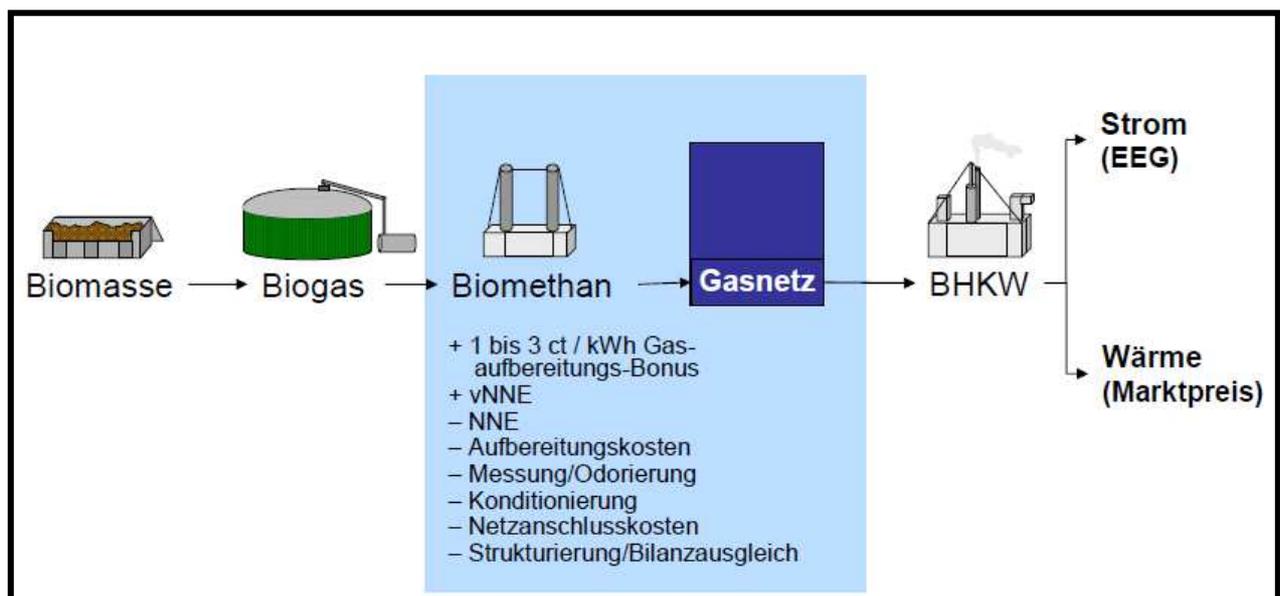


Abb. 4: Wertschöpfungskette Biomethanherzeugung bis zur Biomethanverwendung im BHKW – Prinzipschema (1,5 MW)

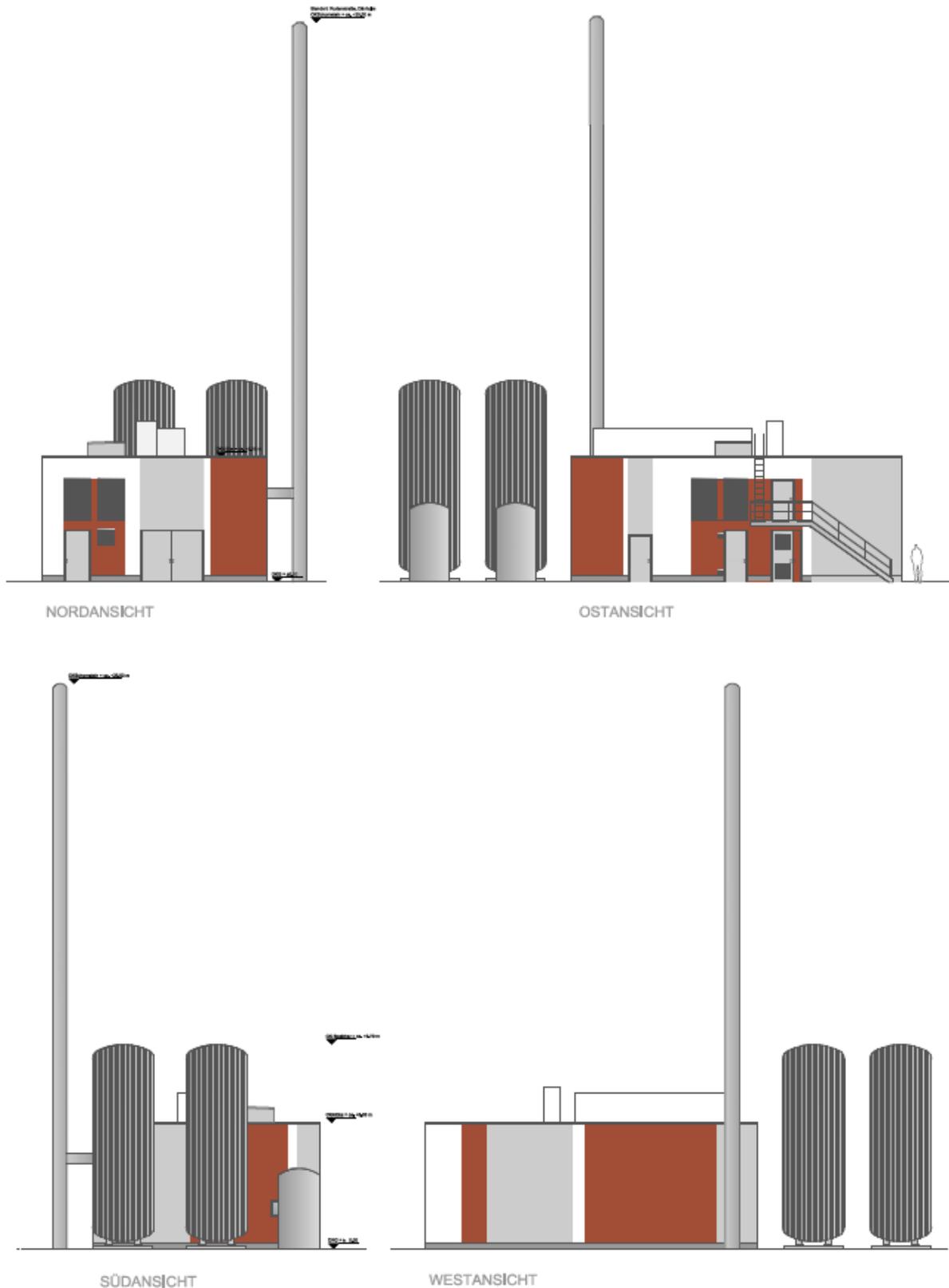


Abb.5 und 6 Ansichtspläne BHKW mit Speicher

Zur besseren Auslastung des BHKW und der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Wärmeeresamterzeugung wurden 4 Wärmespeicher mit je 40 m<sup>3</sup> Warmwasserspeichervolumen stehend hinter dem BHKW-Gebäude oberirdisch installiert, die die Wärme zu „Stoßzeiten“ abgeben und zu Zeiten an denen wenig Wärmebedarf besteht, wieder aufgeladen werden. Nach detaillierten Berechnungen kann die Wärmeversorgung auf dem Dänholm dadurch bis zu 95% durch das BHKW mit Erneuerbaren Energien sichergestellt werden. Die stehenden Wärmespeicher wurden aufgrund physikalisch besserer Eigenschaften beim Temperaturaustausch liegenden Wärmespeichern vorgezogen.

Lediglich zu Spitzenzeiten in den Wintermonaten bei extremen Witterungssituationen und bei Wartung oder Ausfall des BHKW wird ein Zusatzkessel die fehlende Wärme mittels Erdgasfeuerung zur Sicherung der Versorgung bereitstellen. Zur Versorgung des BHKW sowie der Zusatzkessel wurde durch den Netzbetreiber SWS Netze GmbH die bereits über den Sund geführte Erdgasleitung den Dänholm entlang bis zum Standort des Heizwerkes als Mitteldruckleitung weiterverlegt und an das Erdgasnetz angebunden.

Die Baugenehmigung wurde durch die Genehmigungsbehörde im Dezember 2013 erteilt. Der Baubeginn erfolgte im Februar 2014, die Erstinbetriebnahme des Motors und Stromeinspeisung des Generators im Juli 2014. Der stabile Regelbetrieb wurde ab September 2014 mit Beginn der Heizperiode erreicht.

Der Netzausbau (Wärme, Erdgas und Strom) wurde parallel durch die SWS Energie GmbH und die SWS Netze GmbH umgesetzt.



Abb.7 Ansicht BHKW mit Speicher



Abb.8 Ansicht BHKW von der Rudenstraße

### 2.3 Wirtschaftliche und technische Daten, Auslastung, Potential

Nachfolgend einige technische Daten zum errichteten BHKW:

Hersteller/Typ:	GE Jenbacher, JMS 412 GS
Zylinder/Arbeitsweise:	12 Zylinder, 4-Takt-Gasmotor
elektrische Leistung:	937 kW
thermische Leistung:	1.016 kW (2 Wärmetauscher)
elektrischer Wirkungsgrad:	43,5%
thermischer Wirkungsgrad:	47,2%
Gesamtwirkungsgrad:	> 90% (hocheffizient)



Abb.9 GE Jenbacher JMS 412 GS, (Länge x Breite x Höhe: ca. 600cm x 180cm x 220cm, Gewicht: ca. 13 t)

Nachfolgend wichtige Kennzahlen aus dem täglichen Betrieb:

Benutzungsstunden:	ca. 4.350 Stunden pro Jahr
erzeugte Wärmemenge:	ca. 4.400 MWh
erzeugte Strommenge:	ca. 4.100 MWh (Ökostrom)
eingesetzte Gasmenge:	ca. 9.400 MWh

Wird die mit dem BHKW erzeugte Wärmemenge zu der gesamten notwendigen Wärmemenge ins Verhältnis gesetzt, so ergibt sich aufgrund der Wärmespeichernutzung eine **KWK-Quote von ca. 95%**. Unter Zugrundelegung der aktuellen Wärmeabnahmemengen beträgt die künftige KWK-Quote nicht nur ca. 95% und würde somit bereits im reinen Erdgasbetrieb als Ersatzmaßnahmen das EEGWärmeG weit übererfüllen, sondern darüber hinaus wird die abgegebene Wärme aufgrund des Einsatzes von Biomethan gleichzeitig **zu ca. 95% aus Erneuerbaren Energien erzeugt**. Auch der Einsatz von ca. 95 % Biomethan als Brennstoff erfüllt die Anforderungen des EEWärmeG, das einen mindestens 30%-igen Anteil aus Erneuerbaren Energien vorschreibt. In Kombination des eingesetzten Brennstoffs Biomethan im hocheffizienten BHKW mit zusätzlichen Wärmespeichern werden die Vorgaben des EEWärmeG saldiert mit ca. **315 %** weit übererfüllt.

Das installierte BHKW weist genügend Potential auf, zusätzliche Wärmeabnehmer mit Wärme versorgen zu können, was somit ebenfalls zur besseren Auslastung der effizienten Technik führen wird.



Abb.10 Innenansicht BHKW mit Motor (Ostansicht)



Abb.11 Innenansicht BHKW mit Motor (Westansicht)

## 2.4 Investitionskosten

Werden alle Kosten für den Bau des neuen Heizwerkes, wie die Kosten für das Gebäude, das BHKW incl. Wärmetauscher, Schalldämpfer und Abgasanlage, die Warmwasserspeicher, die Planungen, die Anschlusskosten für Gas, Strom und Fernwärme, das BImSch-Genehmigungsverfahren, das Baugrundgutachten, Schornsteinhöhengutachten sowie der Umbau und die Einbindung der Wärmeverteilungszentrale aufsummiert, so beträgt die durch die **SWS Natur GmbH** getätigte **Investitionssumme in sämtliche Wärmeerzeugungs- und Speicheranlagen ca. 2,3 Mio €**. Das **Landesförderinstitut Mecklenburg-Vorpommern hat das innovative Gesamtprojekt mit 361 T€ gefördert**. Die Fremdmittel wurden über ein **KfW-Darlehen nach dem Programm 202 „IKU- Energetische Quartiersversorgung“** zinsgünstig beschafft und durch die KfW gefördert.

Für den Ausbau der Wärmenetze, den Bau und die Anbindung des Erdgasnetzes sowie die Anbindung des BHKW an das Stromnetz auf dem Dänholm wurden durch die **SWS Energie GmbH und die SWS Netze GmbH weitere Investitionen in Höhe von ca. 700 T€** getätigt.

## 2.5 Ökologische Bewertung und eingesparte CO<sub>2</sub>-Emissionen

Aus Biomasse gewonnenes Biomethan ersetzt fossiles leitungsgebundenes Erdgas, in unserem konkreten Fall Heizöl. Es verringert somit den Ausstoß von Treibhausgasen und leistet einen wichtigen Beitrag für eine nachhaltige und umweltfreundliche Energieerzeugung. Die bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen gelten als Hauptverursacher der globalen Erderwärmung. Bioenergieträger wie Biomethan setzen bei ihrer Nutzung nur so viel CO<sub>2</sub> frei, wie während des Wachstums der Pflanzen aus der Atmosphäre aufgenommen wurde. Dadurch kann im Idealfall eine klimaneutrale Nutzung erreicht werden. Idealfall heißt, dass bei der Verbrennung keine CO<sub>2</sub>-Emission anfällt. Aufgrund der Vorkette, wie z.Bsp. Anbau, Düngung, Transport und Lagerung der Biomasse und Betrieb der Biogasanlage, fallen dennoch CO<sub>2</sub>-Emissionen an. Danach beurteilt, wie das Biomethan hergestellt wurde, gibt es verschiedene Werte zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß, der bei einer Verbrennung von Biomethan anfällt. Die SWS verwendet für die Berechnungen einen offiziellen Wert für die spezifische CO<sub>2</sub>-Emission des eingesetzten **Biomethan**, der des Wuppertal Institutes für Klima, Umwelt, Energie GmbH, der einen durchschnittlichen Wert in Höhe von **82 g/kWh** widerspiegelt.

Nachfolgend erfolgt die Betrachtung der durch den Einsatz der geplanten Wärmeerzeugung erzielten Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Da es sich bei dem BHKW um eine gekoppelte Produktion von Wärme und Strom handelt, muss dabei ebenfalls die Stromseite mitbetrachtet werden.

<b>vorher:</b>	<u>Wärme / Heizöl</u>
Heizöleinsatz:	5.470 MWh/Jahr
CO <sub>2</sub> -Emission spezifisch:	260 kg/MWh
CO <sub>2</sub> -Emission Heizöl:	1.422 t/Jahr

### Strombezug

BHKW-Strommenge:	4.100 MWh/Jahr
CO <sub>2</sub> -Emission spezifisch*:	422 kg/MWh
CO <sub>2</sub> -Emission Strom:	1.730 t/Jahr

**CO<sub>2</sub>-Emission gesamt: 3.152 t/Jahr**

<b>nachher:</b>	<u>Wärme / Strom / Biomethaneinsatz</u>
Biomethaneinsatz:	9.400 MWh/Jahr
CO <sub>2</sub> -Emission spezifisch:	82 kg/MWh
CO <sub>2</sub> -Emission Biomethan:	771 t/Jahr
<b>CO<sub>2</sub>-Emission gesamt:</b>	<b>771 t/Jahr</b>

**CO<sub>2</sub>-Reduzierung (Differenz vorher-nachher): 2.381 Tonnen/Jahr**

\* CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Gesamtstromportfolio der SWS Energie GmbH 2010: 422 g/kWh, Quelle SWS Energie GmbH  
(zum Vergleich CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Gesamtstromerzeugung Deutschland 2010: 494 g/kWh, Quelle BDEW)

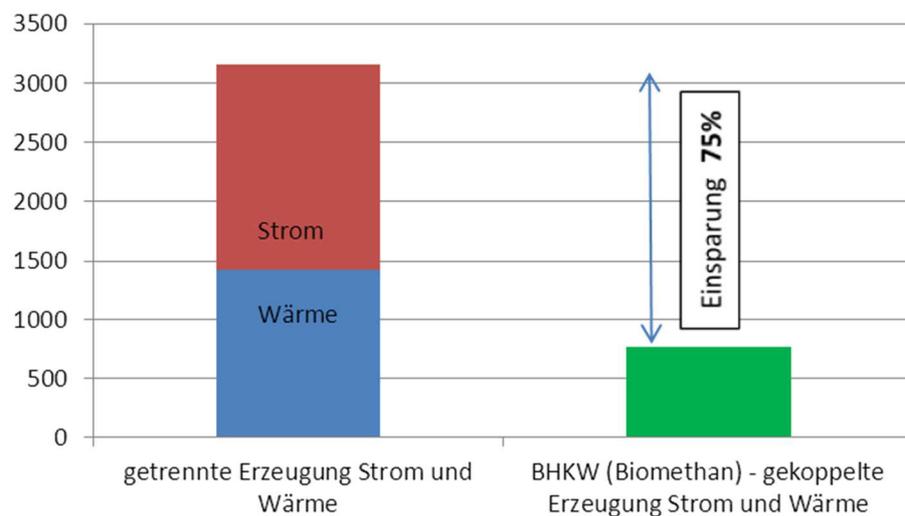


Abb. 12: CO<sub>2</sub>-Emissionen vorher und nachher in Tonnen pro Jahr

**Fazit:**

Die Nutzung von (selbstproduzierten) Biomethan in der hocheffizienten BHKW-Anlage mit angeschlossener Wärmespeicheranlage ist die sowohl technisch effizienteste als auch ökologisch effektivste Verwendung für diesen erneuerbaren Energieträger. Die Wärmeerzeugung aus Biomethan bei gleichzeitiger Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung und Speichernutzung war in 2013 die wirtschaftlichste Variante für die Wärmeproduktion. Die Wärmenutzer erhalten eine immissionsarme, preiswerte, zuverlässige und fast vollständig aus erneuerbaren Energien erzeugte Wärmeversorgung.

Die Wärmeerzeugungsanlage mit angeschlossener Speicherlösung passt ideal in das Energie- und Klimaschutzkonzept der Bundesregierung. Biomethan ist der einzige erneuerbare Energieträger, der über das Erdgasnetz zu 100% speicherbar ist. Das verwendete Biomethan wird in einer eigenen Biogasanlage in Stralsund erzeugt, auf Biomethanqualität aufbereitet und bis zum Entnahmepunkt transportiert. Die Wärmeerzeugung kann zeitlich an den Strombedarf des Stromnetzes ausgerichtet werden, es kann quasi eine stromgeführte Wärmeerzeugung erfolgen.

Die BHKW-Anlage nimmt nach erfolgreicher Präqualifikation durch den Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz zusätzlich am Regelenergiemarkt des Stromübertragungsnetzes teil und stellt Regelenergie (Minutenreserve- und Sekundärreserveleistung) bereit. D.h., die BHKW-Anlage kann auf Abruf des Übertragungsnetzbetreibers innerhalb weniger Minuten die Leistung um 50% herunterfahren oder die Wärme dann erzeugen, wenn auch Strom benötigt wird und somit die erhöhte Einspeisung anderer schwankender erneuerbaren Energieerzeuger (PV, Wind) mithelfen auszugleichen.

Die Stromvermarktung erfolgt durch den Dienstleister SWS Energie GmbH über den Weg der Direktvermarktung nach dem Marktprämienmodell und nach den Vergütungssätzen des EEG 2012. Das Projekt wurde in 2014 bis zum Beginn der Heizperiode komplett fertig gestellt.



Abb. 13: BHKW – Ansicht von der Rudenstraße