

Stellungnahme

Überprüfung der technischen und wirtschaftlichen
Voraussetzungen der BHKW-Variante

Nahwärmeverbund Städtische Realschule
Meerbusch-Osterath



Im Januar 2014



Alexanderstraße 69-71
52062 Aachen
Tel.: 0241 / 47 467 0
Fax.: 0241 / 40 41 61

Realschule Osterath Wirtschaftlichkeit BHKW	Stellungnahme Januar 2014	
--	--	---

Inhalt

Einleitung.....	3
Basis des Berichtes	4
Grundlagen	5
Teil 1 - Überprüfung der damaligen Ergebnisse und Annahmen.....	8
Veränderungen durch Novellierung des KWK-Gesetzes 2012	8
Veränderungen Jahresenergieverbräuche und Energiebezugskosten	12
Ergebnisse der aktualisierten BHKW-Simulation.....	13
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach DIN 2067	17
CO ₂ -Emissionsbilanz.....	19
Fazit	21
Teil 2 – Betrachtung Erweiterung Nahwärmeverbund	22
Investive Fördermöglichkeiten	23

EINLEITUNG

Für die Realschule Osterath wird eine Sanierung der Wärmeerzeugung angestrebt. Das Schulgebäude besitzt eine Doppelkesselanlage mit zwei Standard-Gaskesseln, Baujahr ca. 1990. Die Leistung beträgt jeweils 550 kW.

Bereits bei Planung und Ausführung der aktuellen Maßnahme „Erneuerung der Wärmeverteilung Realschule Osterath“ wurde über einen zukünftigen Nahwärmeverbund zwischen

- zentralem Schulgebäude der Realschule
- 2-fach Sporthalle und
- Grundschule Eichendorff

diskutiert und in einer Vorstudie positiv behandelt.

Im Frühjahr 2012 wurden vom Büro Inco unter Berücksichtigung technischer und wirtschaftlicher Aspekte verschiedene Wärmeversorgungsvarianten gegenübergestellt. Als Ergebnis wurde eine Kombination aus gasbetriebenem KWK-Aggregat zur Grundlastversorgung sowie zusätzlich eine Gas-Brennwert-Kesselanlage zur Deckung der Wärmebedarfsspitzen als zweckmäßigste Variante empfohlen.

Im Hinblick auf eine beabsichtigte Sanierung der Wärmeerzeugung im Jahr 2014 wurde das Büro Inco von der Stadt Meerbusch gebeten, die vorliegenden Ergebnisse auf Beständigkeit zu überprüfen.

Von der Stadt Meerbusch wurde an das Büro Inco folgende Fragestellungen formuliert:

1. Überprüfung der damaligen wirtschaftlichen und technischen Berechnungen auf Aktualität unter folgenden Aspekten
 - Novellierung des KWK-Gesetzes 2012
 - Berücksichtigung aktueller Strom- und Gasbezugskosten
 - Herstellung eines Nahwärmeverbundes zwischen zentralem Schulgebäude der Realschule und der angrenzenden Realschule sowie Vorrüstung eines Anschlusses an die Grundschule Eichendorff
2. Recherche und Berücksichtigung von ggf. möglichen Investitionskosten-Zuschüssen.
3. Berechnung der eingesparten CO₂-Emissionen bei der BHKW-Variante gegenüber einer reinen Gas-Kesselanlage in der Gesamtbilanz des Gebäudes.
4. Überprüfung der Ergebnisse zur Eigennutzung des erzeugten Stromes sowie Aufzeigen von Möglichkeiten zur Erhöhung des Eigenbedarfsanteils.

Realschule Osterath Wirtschaftlichkeit BHKW	Stellungnahme Januar 2014	
--	--	---

- Vorsehen einer Ladestation für Elektrofahrzeuge im Bereich der Liegenschaft Realschule Osterath

Basis des Berichtes

- Vorentwurfsbericht „Nahwärmeversorgung Städtische Realschule Meerbusch-Osterath“ Büro Inco von April 2012.
- Energieverbräuche der Liegenschaften „Görrestraße 6“ aus dem Jahr 2012.

Grundlagen

Zur besseren Verständlichkeit der Stellungnahme seien in diesem Kapitel noch einmal kurz die wichtigsten Basisdaten und Ergebnisse der damaligen Untersuchung aufgeführt. Des Weiteren verweisen wir auf unseren Vorentwurfsbericht von April 2012.

Als Wärmeversorgungsvarianten sind insbesondere zwei Systeme miteinander verglichen worden:

Variante 1a: BHKW + Gaskessel

Aufteilung der Wärmeerzeugung in Grundlast und Spitzenlast durch

- Gas-BHKW (BHKW) und
- Gas-Brennwertkessel (BWK) – s.u.

gewählter Deckungsanteil Wärme BHKW: mind. 25 – 50 %

Mindestleistung BHKW: ca. 20 kW_{el}, 40 kW_{th}

Mindestleistung BWK: ca. 1x 400 kW, 1x 550 kW (Bestandskessel)

Bei diesem Konzept wird die Grundlast durch ein BHKW mit möglichst langen Laufzeiten gedeckt. Die Spitzenlast wird durch einen neuen Gas-Brennwertkessel erbracht, der einen der alten Bestandskessel ersetzt. Der zweite Bestandskessel bleibt in seiner jetzigen Form erhalten, der gleichzeitig die Ausfallsicherheit erhöht. Durch die Aufteilung der Wärmeerzeugung kann also auch die Ausfallredundanz erhöht werden.

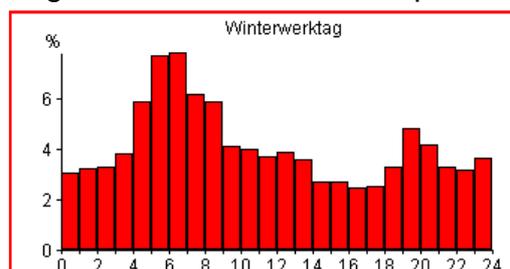
Variante 1b: nur Gaskessel

Das bestehende Wärmekonzept bleibt erhalten. Die Grundlast wird durch einen neuen Gas-Brennwertkessel erbracht, der einen der alten Bestandskessel ersetzt. Die Spitzenlast wird durch den zweiten Bestandskessel erbracht.

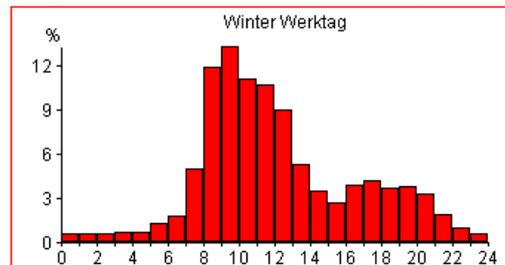
- 2x BWK: ca. 1x 400 kW, 1x 550 kW (Bestandskessel)

Ermittelter Wärme- und Strombedarf des Gebäudekomplexes

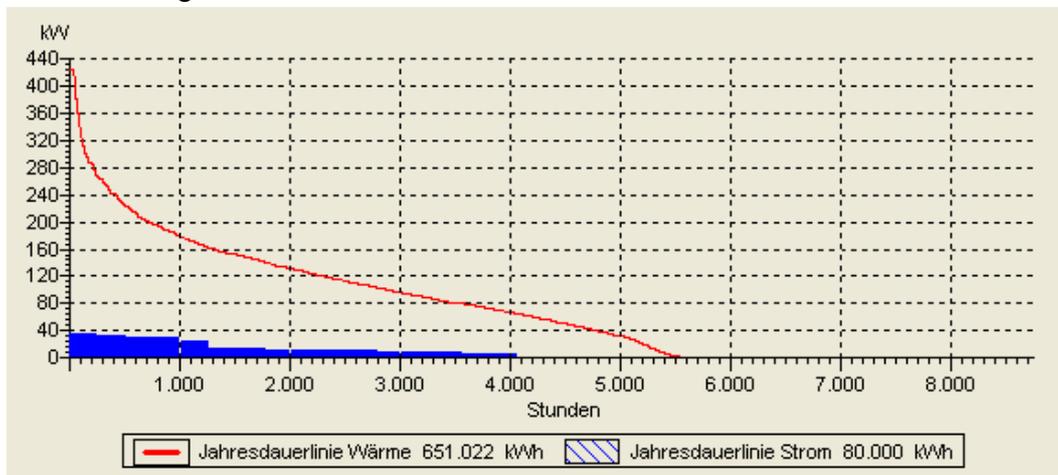
- Jahreswärmebedarf zentrales Schulgebäude: 651.000 kWh
- Gasbezugskosten: 6,30 Cent/kWh
- Angenommenes Verbrauchsprofil der Schule, Wärmelastgang:



- Jahresstrombedarf zentrales Schulgebäude: 80.000 kWh
- Strombezugskosten: 16,01 Cent/kWh
- Angenommenes Verbrauchsprofil der Schule, Stromlastgang:



Resultierende geordnete Jahresdauerlinie des Wärme- und Strombedarfes:



Ergebnis Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach VDI 2067

Grundlage der damaligen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung waren die Resultate aus den ermittelten Jahresdauerlinien sowie Simulation der verschiedenen Energieversorgungsvarianten mit dem Programm Copra.

Gesamt- Annuität aller Zahlungen und Erlöse		Variante 1a		Variante 1b	
		BHKW (21el/46th) + Gaskessel (400kW)		nur Gaskessel (400kW)	
(Erlöse werden negativ gewertet)					
Annuitätsfaktor			0,0868		0,0868
Investitionen	EUR		10.060		4.850
Restwerte (negativ)	EUR		-724		-724
Instandsetzungen	EUR		636		636
1. Kapitalgebundene Zahlungen	EUR		9.972		4.763
2. Betriebsgebundene Zahlungen	EUR		5.272		0
3.a Verbrauchsgebundene Zahlungen	EUR		75.513		69.274
3.b Verbrauchsgebundene Erlöse (negativ)	EUR		-18.253		0
4. Sonstige Kosten / Erlöse	EUR		0		0
Gesamt-Annuität der <u>Kosten</u> (Optimum = Minimum)		EUR	72.503		74.036
			100%		102%

TEIL 1 - ÜBERPRÜFUNG DER DAMALIGEN ERGEBNISSE UND ANNAHMEN

Veränderungen durch Novellierung des KWK-Gesetzes 2012

Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich auf das im Jahr 2002 in Kraft getretene Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWK-Gesetz). Durch eine Novellierung des KWK-Gesetzes im Jahr 2012 möchte der Gesetzgeber die Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung verbessern, um eine Erhöhung des Anteils von KWK-Strom an der gesamten Stromerzeugung auf 25 % im Jahr 2020 zu erreichen. Eine weitere Novellierung des Gesetzes bis zur Ausführungsphase der o.g. Maßnahme (Mitte 2014) ist unseres Wissens nach derzeit nicht geplant.

Das KWK-Gesetz unterscheidet bei der Förderung zwischen

1. zuschlagberechtigten KWK-Anlagen
2. zuschlagberechtigtem Neu- und Ausbau von Wärme- und Kältenetzen
3. zuschlagberechtigtem Neu- und Ausbau von Wärme- und Kältespeichern

Bei der Erneuerung der Wärmeerzeugung für die Realschule Osterath sind lediglich die Förderungen der KWK-Anlage für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von Belang. In Teil 2 der Stellungnahme wird im Zusammenhang mit den Möglichkeiten eines Nahwärmeverbundes jedoch auch auf die weiteren Fördermöglichkeiten gemäß der Punkte 2 und 3 eingegangen.

Investitionskosten für den Neubau oder die Modernisierung von KWK-Anlagen werden sowohl vom Bund als auch vom Land gefördert.

Investitionskostenzuschuss vom Bund

Das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) gibt seit 2012 jährlich das Förderprogramm „Richtlinien zur Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kW_{el}“ aus. Dabei können neue Blockheizkraftwerke bis 20 kW_{el} in Bestandsbauten mit einem einmaligen Investitionszuschuss gefördert werden.

Die Förderhöhe orientiert sich an der elektrischen Leistung und beträgt zwischen 1.500 € für Anlagen mit 1 kW_{el} und 3.450 € für Aggregate mit 19 kW_{el}. Der Zuschuss ist an verschiedene Voraussetzungen geknüpft, die wichtigsten seien hier genannt:

- Anlage darf nicht in einem Gebiet mit einem Anschluss- und Benutzungsgebot für Fernwärme liegen
- Geplante KWK-Anlage muss in der Liste der förderfähigen Anlagen des BAFA enthalten sein

- Vorhandensein eines Smart Meters sowie eines Wärmespeichers mit einem Energiegehalt von mindestens 1,6 kWh pro installierte kW_{th}
- Die Primärenergieeinsparung muss für Anlagen kleiner 10 kW_{el} mindestens 15 % und für Anlagen von 10 kW_{el} bis einschließlich 20 kW_{el} mindestens 20% betragen
- Anlage muss mit einem Wartungsvertrag betreut werden
- Weitere Voraussetzungen zur Steuerung und Regelung der Anlage

Ein Antrag auf Investitionskostenzuschuss soll nach Eingang des Angebots über die geplante KWK-Anlage sowie Pufferspeicher und Umwälzpumpe erfolgen und somit noch vor Beauftragung der Maßnahme.

Investitionskostenzuschuss vom Land NRW

Die Landesregierung hat im Rahmen der Landesförderung progres.nrw eine Förderung für KWK-Anlagen geschaffen. Die Art der Förderung ähnelt dabei stark dem der BAFA.

Ziel der Förderrichtlinie ist die Förderung von KWK- Anlagen bis zu einer elektrischen Leistung von 50 kW_{el} mit einen einmaligen Investitionskostenzuschuss. Auch hier orientiert sich die Förderhöhe an der elektrischen Leistung und beträgt zwischen 1.500 € für Anlagen mit 1 kW_{el} und 25.000 € für Aggregate mit 50 kW_{el}.

Der Zuschuss ist an weniger restriktive Voraussetzungen geknüpft, dafür ist der Zeitpunkt der Antragsstellung nicht außer Acht zu lassen. So heißt es in der Förderrichtlinie unter 4.3:

- Es werden nur Vorhaben gefördert, mit denen vor Erteilung eines Zuwendungsbescheides noch nicht begonnen wurde. Als Vorhabensbeginn ist grundsätzlich der Abschluss eines der Ausführung zuzurechnenden Lieferungs- oder Leistungsvertrages zu werten. Bei Baumaßnahmen gelten Planung, Baugrunduntersuchung, Grunderwerb und Herrichten des Grundstücks (z.B. Gebäudeabbruch, Planieren) nicht als Beginn des Vorhabens, es sei denn, sie sind alleiniger Zweck der Zuwendung.

Aus unserer Sicht ist eine Förderung der geplanten Maßnahme sowohl durch die BAFA als auch über das Land NRW möglich, jedoch müssen noch einige der notwendigen Voraussetzungen in Zusammenarbeit mit dem Bauherr und dem örtlichen Energieversorger geprüft werden.

Die Leistungsgröße für die geplante BHKW-Anlage an der Realschule Osterath liegt um die 20 kW_{el}. Bei entsprechender Planung und Erfüllung aller

Realschule Osterath Wirtschaftlichkeit BHKW	Stellungnahme Januar 2014	
--	--	---

Voraussetzungen wäre somit ein Investitionskostenzuschuss durch beide Förderprogramme in Höhe von ca. 7.400 € möglich.

Betriebliche Förderung von KWK-Anlagen

Zusätzlich wird auch in der novellierten Fassung von 2012 die grundsätzliche Fördersystematik des KWK-Gesetzes beibehalten, d. h. es erfolgen Erstattungen und Vergütungen unterschiedlichster Art durch den Betrieb einer KWK-Anlage. Im Einzelnen sind dies:

- Zuschlagzahlungen für den produzierten KWK-Strom durch den Netzbetreiber an den Betreiber:
 - Höhe des Zuschlags für KWK-Anlagen bis 50 kW:
5,41 Cent je kWh produzierten KWK-Strom
Dies entspricht einer Erhöhung um 0,3 Cent/kWh zur bisher angesetzten Förderung
 - Dauer der Zahlung ab Aufnahme des Dauerbetriebs:
10 Jahre oder wahlweise 30.000 Vollbenutzungsstunden
(keine Veränderung)

- Einspeisevergütung gemäß Börsenpreis für den in das öffentliche Netz eingespeisten BHKW-Strom durch den Netzbetreiber.
Der von der Strombörse EEX quartalsweise festgelegte Vergütungspreis erfährt seit Jahren eine hohe Fluktuation.

KWK-Preis / KWK Price		Durchschnittlicher Preis für Baseload-Strom an der EPEX Spot je Quartal			
Quartal	Durchschnittspreis (EUR/MWh)		Durchschnittspreis (EUR/MWh)		
Quarter	Average Price (EUR/MWh)	Jahres-durchschnitt	letzten 3 Jahre	letzten 5 Jahre	letzten 10 Jahre
Q3 2013	38,76	37,88	43,87	42,99	44,39
Q2 2013	32,60				
Q1 2013	42,27				
Q4 2012	41,37	42,60			
Q3 2012	43,52				
Q2 2012	40,39				
Q1 2012	45,10				
Q4 2011	49,91	51,14			
Q3 2011	49,17				
Q2 2011	53,61				
Q1 2011	51,85				

Betrachtet man die Preisentwicklung aber über mehrere Jahre, so lässt sich eine recht konstante Einspeisevergütung von ca. 4,30 Cent/kWh prognostizieren.

(bisherige Annahme 5,00 Cent/kWh)

Realschule Osterath Wirtschaftlichkeit BHKW	Stellungnahme Januar 2014	
--	--	---

- Vergütung vermiedener Netznutzungsentgelte durch den Netzbetreiber
(keine Veränderung)
- Rückerstattung der Energiesteuer nach dem Energiesteuerrecht für den in der KWK-Anlage eingesetzten Brennstoff durch die Zollbehörde
(keine Veränderung)

Realschule Osterath Wirtschaftlichkeit BHKW	Stellungnahme Januar 2014	
--	--	---

Veränderungen Jahresenergieverbräuche und Energiebezugskosten

Bisher lagen lediglich die Verbrauchsdaten für 2007-2010 vor (siehe Auswertung Vorentwurfsbericht).

Zur Aktualisierung und Überprüfung wurden zusätzlich die Energieverbräuche aus dem Jahr 2012 sowie teilweise für 2011 hinzugezogen. Die ermittelten Werte gehen aus den Jahresabrechnungen vom WBM sowie den Statistikdaten der Energiebewirtschaftung Stadt Meerbusch hervor:

Übersicht Energieverbräuche 2012 Liegenschaften Görrestraße 6				
<small>Ermittelt aus Jahresabrechnungen vom WBM und Daten der Energiebewirtschaftung Akropolis Stadt Meerbusch gemäß Email Herings vom 18.12.2013</small>				
	Realschule	1-fach Sporthalle	2-fach Sporthalle	Schule Eichendorff
Gasverbrauch [kWh] (witterungsbereinigt)				
2012	633.630	<i>unbekannt</i>	96.370	198.600
2011	<i>ca. 600.000</i>	<i>unbekannt</i>	<i>ca. 90.000</i>	196.000
2009/2010	620.000	<i>unbekannt</i>	95.000	255.100
ermittelter Gaspreis 2012 [Cent/kWh]	6,46 (brutto) 5,42 (netto)	<i>unbekannt</i>	5,44 (netto)	6,12 (brutto) 5,14 (netto)
Strom [kWh]				
2012	92.325	11.411	35.120	38.700
2011	<i>ca. 92.000</i>	<i>ca. 11.000</i>	<i>ca. 35.000</i>	40.600
2009/2010	85.000	<i>unbekannt</i>	37.000	38.200
ermittelter Strompreis 2012 [Cent/kWh]	16,80 (netto)	16,80 (netto)	18,52 (netto)	22,21 (brutto) 18,67 (netto)

Zusätzlich sollte auf der Wärmeseite bei der Realschule die in diesem Jahr durchgeführte Sanierung der Wärmeverteilung inkl. hydraulischem Abgleich berücksichtigt werden. Wärmeeinsparungen zwischen 5 – 10 % sind hier realistisch.

Auf der Stromseite wird der Realschule noch der Stromverbrauch für ein Elektrofahrzeug eingerechnet. Folgender Ansatz ist hier gewählt:

- Durchschnittlicher Stromverbrauch Elektrofahrzeug 15 kWh / 100 km
- Jahresfahrleistung 10.000 km
- Zusätzlicher Stromverbrauch Schule 1.500 kWh
- Spitzenlast Ladestation 4 kW

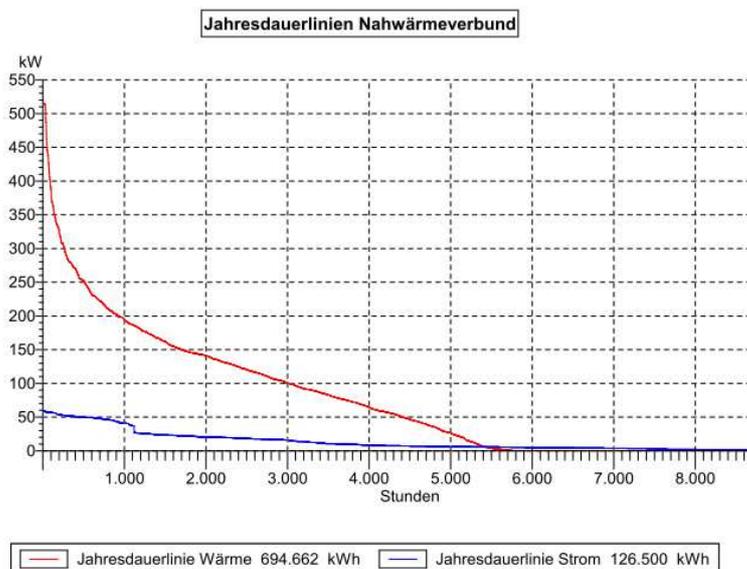
Auf Basis der Auswertung wird mit folgenden Jahresenergiebedarfen für die einzelnen Liegenschaften gerechnet:

Kalkulierter Energiebedarf je Liegenschaften für Berechnungen				
	Realschule	1-fach Sporthalle	2-fach Sporthalle	Schule Eichendorff
Gasverbrauch [kWh] (witterungsbereinigt)	601.000	-	95.000	198.000
in Entwurfbericht 2012	651.000			
Gasbezugskosten [Cent/kWh] (netto)	5,44	-	5,44	5,44
Stromverbrauch [kWh]	91.500	11.000	35.000	38.000
in Entwurfbericht 2012	80.000			
Strombezugskosten [Cent/kWh] (netto)	16,80	16,80	16,80	16,80

ERGEBNISSE DER AKTUALISIERTEN BHKW-SIMULATION

Technische Betrachtungsweise

Bei Betrachtung eines Nahwärmeverbundes zwischen der Realschule Osterath und der 2-fach Sporthalle ergeben sich mit den neu ermittelten Wärme- und Stromverbräuchen folgende Jahresdauerlinien:



Die Energielieferungen der einzelnen Aggregate sowie deren Laufzeiten gestalten sich wie folgt:

2.1 Energiebilanz

Energielieferung der BHKW-Module und der Kesselanlage:

Name	Wärme kWh/a	Strom kWh/a	Betriebsstunden h	Verbrauch m ³ oder Ltr
BHKW-Modul	217.179	98.475	4.777	30.682 m ³
Kesselanlage	477.482		927	45.912 m ³
Summe:	694.662	98.475		

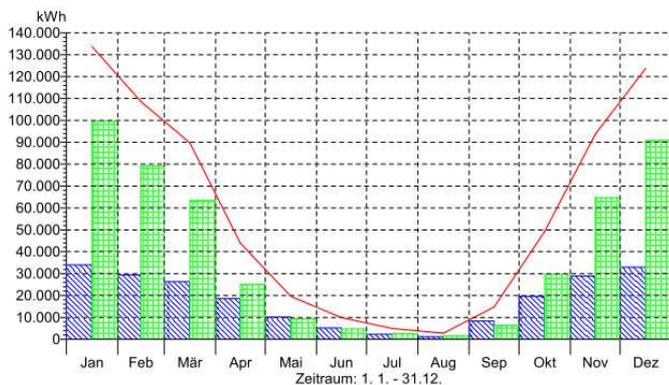
Thermische Jahresenergiebilanz

Gesamtjahresbedarf an thermischer Energie:	695 MWh	
Wärmelieferung der BHKW-Module:	217 MWh	31,26 %
Wärmelieferung der Kesselanlage:	477 MWh	68,74 %
Wärmelieferung gesamt:	695 MWh	

Elektrische Jahresenergiebilanz

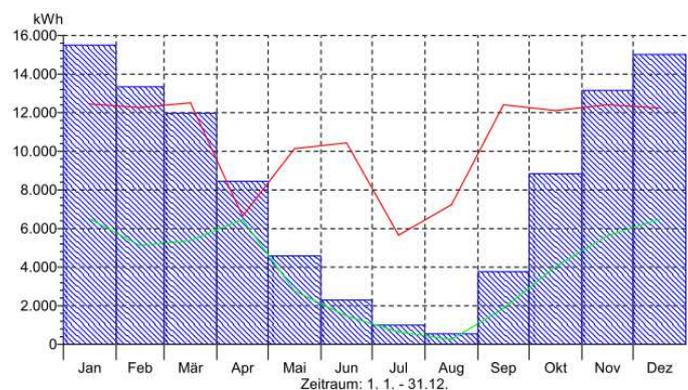
Gesamtjahresbedarf an elektrischer Energie	127 MWh	100 %
Stromlieferung der BHKW- Module an die Verbraucher	52 MWh	41,0 %
Vom EVU bezogener Strom	75 MWh	
Stromeinspeisung ins Netz des EVU	47 MWh	
Stromlieferung der BHKW- Module insgesamt	98 MWh	

Wärmeversorgung Nahwärmeverbund



— Gesamtwärmebedarf 694.662 kWh
■ Wärmelieferung Kessel 477.482 kWh
▨ Wärmelieferung Module 217.179 kWh

Stromversorgung Nahwärmeverbund



— Gesamtstrombedarf 126.500 kWh
■ Stromeinspeisung 46.601 kWh
▨ Stromlieferung Module 98.475 kWh

In diesem Zusammenhang sei nochmals erwähnt, dass in der Literatur BHKWs besonders bei Einsatz in Objekten mit einem ganzjährigen hohen Strom- und Wärmebedarf als geeignet erscheinen. Häufig werden Laufzeiten von mindestens 5000 Betriebsstunden im Jahr als Richtwert für eine wirtschaftliche Investition von BHKWs genannt.

Diese Betrachtungsweise ist bei der Realschule Osterath nicht zweckmäßig, da ein deutlicher Wärmebedarf gerade einmal 5500 Stunden im Jahr für das Objekt anfällt. Die in der Grundversion simulierten 4777 Betriebsstunden für das BHKW entsprechen daher immer noch 87 % der Gesamtlauzeit und garantieren eine hohe Dauerlaufleistung im Wärmebedarfsfall.

Gleichzeitig verbleiben bei einem Aggregat dieser Leistungsgröße genügend Reserven für einen möglichen Ausbau des Nahwärmeverbundes mit Anschluss der angrenzenden Grundschule Eichendorff.

Wirtschaftliche Betrachtungsweise

Aus rein wirtschaftlicher Sicht ergibt sich beim Vergleich der beiden Wärmeversorgungsvarianten eine relativ einfache Sichtweise. Die höheren Investitionskosten für die BHKW-Infrastruktur sowie die größeren betriebsgebundenen Zahlungen bei der BHKW-Variante müssen sich durch die verbrauchsgebundenen Erlöse und Einsparungen über einen Betrachtungszeitraum von 15 Jahren amortisieren.

Bei einem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren, standen bisher Kosten von 14.305 €/a durchschnittliche Einnahmen von 14.398 €/a gegenüber. Dementsprechend hätte sich das BHKW nach etwas weniger als 15 Jahren amortisiert.

Nach Aktualisierung der Daten sind die Kosten, aufgrund der höheren Strom- und Wärmemengen des BHKWs, leicht auf 15.788 €/a gestiegen. Gleichzeitig steigen aber auch die Einnahmen stärker auf 16.405 €/a. Die Wirtschaftlichkeit hat sich durch den Nahwärmeverbund sogar leicht verbessert und eine Amortisierung nach weniger als 15 Jahre ist gegeben.

Als Grund ist insbesondere der höhere Eigenverbrauch von 52,81 % zu nennen. Zwar sinkt die Einspeisevergütung durch die geringe Strommenge und den kleineren Vergütungspreis jedoch liegen die Einsparungen pro Kilowattstunde Strom bei Eigenverbrauch höher als die Erlöse bei Einspeisung ins Stromnetz. Eine weitere Steigerung des Eigenverbrauches, z.B. durch Verkauf des Stromes an Dritte, könnte sich obendrein positiv auswirken.

Einsparung durch Stromeigenverbrauch		Erlöse bei Stromeinspeisung	
Strombezugskosten [Cent/kWh]	16,80	KWK Zuschlag gemäß KWK Gesetz 2012 [Cent/kWh]	5,41
		Einspeisevergütung gemäß durchschnittl. Börsenpreis [Cent/kWh]	4,30
		Vermiedene Netznutzungskosten [Cent/kWh]	0,57
Summe Einsparung [Cent/kWh]	16,80	Summe Erlöse [Cent/kWh]	10,28

Zusammenfassend kann bei einer rein wirtschaftlichen Betrachtung festgehalten werden, dass sich trotz aller positiven und negativen Modifikationen und deren Folgen, im KWK-Gesetz sowie bei den Jahresverbräuchen und Bezugskosten, der Einsatz eines BHKWs weiterhin von Vorteil ist.

Wirtschaftlichkeitsberechnung BHKW

		Berechnung 2014			Berechnung 2012		
Investive Kosten BHKW							
Hersteller	Energiewerkstatt			Energiewerkstatt			
Modell	ASV 21/46			ASV 21/46			
Elektrische Leistung	21 kW			21 kW			
Thermische Leistung	46 kW			46 kW			
Leistungsaufnahme Gas	70 kW			70 kW			
Investitionskosten BHKW	65.000 €			60.000 €			
Berechnungszeitraum	15 a			15 a			
Zinssatz	3,5%			3,5%			
Anuitätenfaktor	0,087			0,087			
Investive Kosten BHKW			5.644 € /a			5.210 € /a	
Gebäude- und Simulationsdaten							
Objekt Wärmebedarf ca.	696.000 kWh			651.022 kWh			
Objekt Strombedarf ca.	126.500 kWh			80.000 kWh			
Betriebsstunden BHKW	4777 h			4900 h			
Erzeugter Strom	98.475 kWh			102.900 kWh			
Erzeugte Wärme	217.179 kWh			225.400 kWh			
Verbrauch Gas gesamt	337.502 kWh			313.900 kWh			
Verbrauchsgebundene Kosten							
Gasbezugspreis	0,0544 €/kWh			0,0628 €/kWh			
Anteil Gas für Stromproduktion	98.475 kWh	5.357 €/a		102.900 kWh	6.462 €/a		
Gesamtkosten Gasverbrauch (Strom+Wärme)		18.360 €/a			19.713 €/a		
Eingespeiste Wärme	217.179 kWh			225.400 kWh			
mittlerer Kesselnutzungsgrad	0,90 %	-13.127 €/a		0,90 %	-15.728 €/a		
Betriebsgebundene Kosten							
Vollwartungskosten	0,045 €/kWh	4.431 €/a		0,045 €/kWh	4.631 €/a		
Zählerkosten Einspeisung	40 €/m	480 €/a		40 €/m	480 €/a		
Mehrkosten Gas-Leistung	- €/kW	- €/a		- €/kW	- €/a		
Summe Kosten							
Summe Kosten			15.788 €/a			14.305 €/a	
Entspricht Stromerzeugungskosten von	0,160 €/kWh _{Strom}			0,139 €/kWh _{Strom}			
Einsparung durch Stromeigenverbrauch							
Anteil Eigenverbrauch Stromproduktion	52,81 %			32,00 %			
Menge Eigenverbrauch	52.000 kWh			32.928 kWh			
Erlös Eigenverbrauch	16,80 Cent/kWh	8.736 €/a		16,01 Cent/kWh	5.272 €/a		
Vergütung der Stromerzeugung							
erzeugte Strommenge	98.475 kWh			102.900 kWh			
KWK Zuschlag gemäß KWK Gesetz 2012	5,41 Cent/kWh			5,11 Cent/kWh			
Vergütung Stromerzeugung netto die ersten 10 Jahre			5.327 €/a			5.258 €/a	
Vergütung der Stromeinspeisung							
eingespeiste Strommenge	46.475 kWh			69.972 kWh			
Einspeisevergütung gemäß Börsenpreis (geschätzt Inco)	4,30 Cent/kWh			5,00 Cent/kWh			
Vermiedene Netznutzungskosten	0,57 Cent/kWh			0,57 Cent/kWh			
Vergütung Einspeisung netto über 15 Jahre	4,87 Cent/kWh	2.261 €/a		5,57 Cent/kWh	3.895 €/a		
Rückerstattung der Energiesteuer							
umgesetzte Gasmenge in KWK-Anlage	337.502 kWh			313.900 kWh			
für Gas im BHKW umgesetzt	0,55 Cent/kWh	1.856 €/a		0,55 Cent/kWh	1.726 €/a		
Summe Erlöse							
Summe Erlöse ersten 10 Jahre			18.181 €/a			16.151 €/a	
Summe Erlöse ab dem 11. Jahr			12.854 €/a			10.893 €/a	
Mittelwert über 15 Jahre			16.405 €/a			14.398 €/a	

WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG NACH DIN 2067

Die Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bleiben unverändert. Lediglich die Investitionskosten wurden entsprechend der Marktlage angepasst. Die Kesselanlage hat sich gemäß der derzeitigen Materialpreissteigerungen leicht verteuert:

Kostenansatz Gas Brennwert-Spitzenkessel			
Gas-Brennwertkessel 500 kW, mod.			34.000 €
Abgasanlage			4.500 €
Anschluß Gasnetz			1.000 €
hydraulische Anbindung			15.000 €
Armaturensatz f. geschl. Anlagen, Sicherheitseinr.			5.500 €
			60.000 €

Die Anschaffungskosten einer BHKW-Anlage sind, auch aufgrund der Einrechnung der Förderzuschüsse, gesunken. Hintergrund ist der stark vergrößerte Markt an BHKW-Anlagen. Mittlerweile bietet auch jeder größere Kesselhersteller eine KWK-Anlage an, so dass ein gewisser Preisdruck im Segment herrscht:

Kostenansatz BHKW			
Klein-BHKW mit Komplettsteuerung 20/40 kW(el/th)			42.000 €
Steuerung			5.000 €
elektrische Einbindung			12.000 €
hydraulische Einbindung, Sicherungsarmaturen, Pufferspeicher			10.000 €
Abgasanlage			2.000 €
Anschluß Gasnetz			1.000 €
Anrechnung Fördersumme			-7.000 €
			65.000 €

Im Einzelnen seien folgende weitere Faktoren der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erwähnt:

- Kalkulation Kapitalzins: 3,5%
- Inflationsrate allgemein: 2,0%
- Kostensteigerung für Gas: 6,0%
- Kostensteigerung für Strom: 5,0%
- Kostensteigerung für Personal und Wartung: 2,0%
- Gaskessel:
 - o Instandsetzung: 1,0 %
 - o Wartung: 1,5 %
 - o Abschreibungszeitraum 20 Jahre
- BHKW:

Bei BHKW-Anlagen werden in der Regel Vollwartungsverträge abgeschlossen, die alle Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen

Realschule Osterath Wirtschaftlichkeit BHKW	Stellungnahme Januar 2014	
--	--	---

beinhalten. Als Kostenansatz gilt ein Leistungspreis pro Kilowattstunde produziertem Strom.

- Vollwartungsvertrag: 0,045 €/kWhel
- Abschreibungszeitraum 15 Jahre

Auf eine erneute Sensitivitätsanalyse wurde verzichtet!

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird auf Basis von 6 % Preissteigerung für Gas und 5 % Preissteigerung für Strom durchgeführt. Dies entspricht der aktuellen Entwicklung am Energiemarkt, in dem die Preise für Brennstoffe tendenziell stärker steigen als für Strom. Grundsätzlich ist jedoch festzustellen, dass speziell die Preissteigerungen für Energie für einen Zeitraum von 15 Jahren schwer einschätzbar sind.

Die Berücksichtigung einer höheren Preissteigerung für Gas als für Strom hat zur Folge, dass die BHKW-Variante durch den höheren Gaseinsatz zu der reinen Wärmeerzeugungsvariante mit nur einem Gaskessel in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung tendenziell schlechter gestellt wird.

Die BHKW-Variante bleibt weiterhin die wirtschaftlichste Variante. Dies liegt insbesondere an den Annahmen zur Preissteigerung. Die Verteuerung des Strombezugs auf einen Zeitraum von 15 Jahren gleicht die investiven Mehrkosten wieder aus.

Gesamt-Annuität aller Zahlungen und Erlöse		Variante 1a	Variante 1b
		BHKW (21e/46th) + Gaskessel (400kW)	nur Gaskessel (400kW)
(Erlöse werden negativ gewertet)			
Annuitätsfaktor		0,0868	0,0868
Investitionen	EUR	10.853	5.210
Restwerte (negativ)	EUR	-777	-777
Instandsetzungen	EUR	683	683
1. Kapitalgebundene Zahlungen	EUR	10.759	5.115
2. Betriebsgebundene Zahlungen	EUR	5.044	1.025
3.a Verbrauchsgebundene Zahlungen	EUR	73.944	63.577
3.b Verbrauchsgebundene Erlöse (negativ)	EUR	-22.596	0
4. Sonstige Kosten / Erlöse	EUR	0	0
Gesamt-Annuität der <u>Kosten</u> (Optimum = Minimum)		EUR 67.151	69.717
		100%	104%

CO₂-EMISSIONSBILANZ

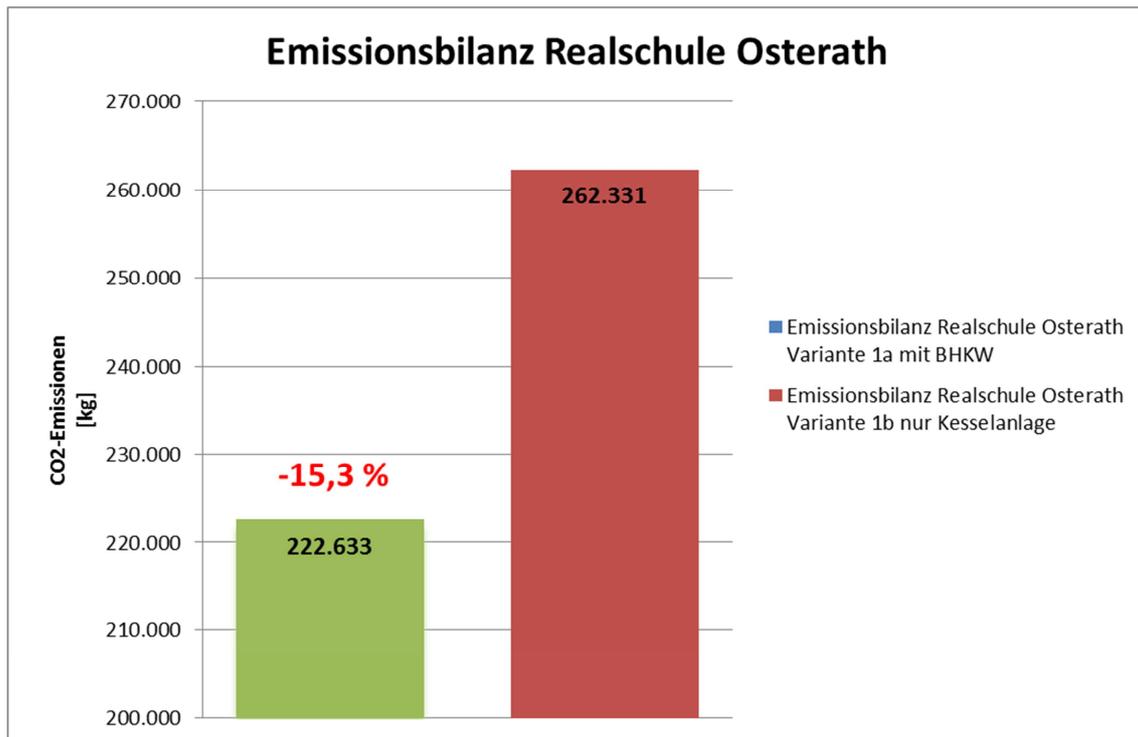
Zur Ermittlung der Schadstoffemissionen der untersuchten Varianten wurden sowohl die Emissionen der Energiezentrale als auch die Emissionen der Energieerzeugung des Stromversorgers für Strombezug und Stromgutschrift berücksichtigt.

Die Werte für die CO₂-Emissionen der Energieträger sind der GEMIS-Datenbank des Internationalen Instituts für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) entnommen (www.iinas.org, Version 4.8).

Es handelt sich um CO₂-Äquivalente, in welchen auch andere Treibhausgase wie Methan, Lachgas u.a. berücksichtigt sind, jeweils einschließlich sämtlicher Vorketten wie Förderung, Aufbereitung, Transport etc.

Emissionsbilanz Realschule Osterath						
Variante 1a mit BHKW						
Energielieferung des BHKW-Moduls und der Kesselanlage						
Erzeuger	Wärme [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Verbrauch [kWh]	Energieträger	CO₂-Äqui. [kg/kWh]	CO₂-Emissionen [kg]
BHKW-Modul	217.179	98.475	337.502	Erdgas	0,245	82.688
Kesselanlage	477.482		505.032	Erdgas	0,245	123.733
vom EVU bezogener Strom		75.000		Strom (Bundesmix)	0,579	43.425
Stromgutschrift durch Einspeisung		-47.000		Strom (Bundesmix)	0,579	-27.213
Summe	694.661	126.475				222.633
Emissionsbilanz Realschule Osterath						
Variante 1b nur Kesselanlage						
Energielieferung des BHKW-Moduls und der Kesselanlage						
Erzeuger	Wärme [kWh/a]	Strom [kWh/a]	Verbrauch [kWh]	Energieträger	CO₂-Äqui. [kg/kWh]	CO₂-Emissionen [kg]
Kesselanlage	694.661		771.846	Erdgas	0,245	189.102
vom EVU bezogener Strom		126.475		Strom (Bundesmix)	0,579	73.229
Summe	694.661	126.475				262.331

In der Emissionsbilanz wird der Mehrverbrauch an Erdgas durch das BHKW in Variante 1a durch die emissionsärmere Stromerzeugung mehr als wettgemacht. Im Endergebnis werden bei der Grundversion mit BHKW 15,3 % an CO₂-Emissionen eingespart. Das entspricht über 40.000 kg CO₂-Einsparungen pro Jahr.



Die CO₂-Bilanz ließe sich bei Einsatz von Biogas noch weiter optimieren. Für Biomethan-BHKW gibt es eine interessante Förderung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Je nach Größe des BHKW, den Einsatzstoffen für das Biomethan und der verwendeten Technologie kann man für jeden Standort die Vergütung individuell berechnen. Die Boni werden über 20 Jahre hinweg fix gezahlt.

Eine technische sowie wirtschaftliche Machbarkeit müsste zuerst geprüft werden. Zudem hat die neue Bundesregierung eine Novellierung des EEG-Gesetzes zeitnah angekündigt. Welche Auswirkungen das auf die derzeitigen und zukünftigen Förderleistungen hat, ist noch nicht abzusehen.

FAZIT

Unter Berücksichtigung der technischen Bedingungen und Anforderungen sowie der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nach DIN 2067 kann zusammenfassend festgestellt werden, dass die Kombination aus gasbetriebenem BHKW-Grundlastaggregat und Gas-Kesselanlage zur Deckung der Wärmebedarfspitzen sowohl in wirtschaftlicher wie technischer Hinsicht die empfehlenswerte Variante ist. Sie ist im Vergleich ebenfalls die investiv günstigste Variante.

Die Betrachtung eines Nahwärmeverbundes zwischen dem zentralen Schulgebäude der Realschule und der angrenzenden 2-fach Sporthalle wirkt sich positiv auf die Eigenbedarfsanteil der Stromerzeugung und somit auf die Wirtschaftlichkeit aus. Gleichzeitig besitzt das Aggregat genügend Leistungsreserve für die Erweiterung des Nahwärmeverbundes mit der Grundschule Eichendorff.

Aus ökologischen Aspekten sind zudem bei Vorsehung der BHKW-Variante Einsparungen von CO₂-Emissionen in Höhe von über 15 % im Jahr im Vergleich zur Variante mit einer Kesselanlage und reinem Strombezug zu beachten.

TEIL 2 – BETRACHTUNG ERWEITERUNG NAHWÄRMEVERBUND

Bereits bei Planung und Ausführung der aktuellen Maßnahme „Erneuerung der Wärmeverteilung Realschule Osterath“ wurde über einen zukünftigen Nahwärmeverbund zwischen

- zentralem Schulgebäude der Realschule
- 2-fach Sporthalle und
- Grundschule Eichendorff

diskutiert und in einer Vorstudie positiv behandelt.

Wir haben aufgrund der neuen Datenlage die Simulationen nochmals aktualisiert und möchten die vorläufigen Ergebnisse kurz vorstellen um eine Grundlage für die weiteren Gespräche zu haben.

Stufe 2: Anschluss 2-fach Sporthalle + Grundschule Eichendorff

Energielieferung der BHKW-Module und der Kesselanlage:

Name	Wärme kWh/a	Strom kWh/a	Betriebsstunden h	Verbrauch m³ oder Ltr
Energiewerkstatt ASV 21/46	227.805	103.371	5.004	32.192 m³
Buderus	660.612		1.321	63.520 m³
Summe:	888.417	103.371		

Thermische Jahresenergiebilanz

Gesamtjahresbedarf an thermischer Energie:	892 MWh	
Wärmeverluste Pufferspeicher:	0,00 MWh	
Wärmeverluste Nahwärmenetz:	0,00 MWh	
Wärmelieferung der BHKW-Module:	228 MWh	25,55 %
Wärmelieferung der Kesselanlage:	661 MWh	74,45 %
Wärmelieferung gesamt:	888 MWh	

Elektrische Jahresenergiebilanz

Gesamtjahresbedarf an elektrischer Energie	163 MWh	100 %
Stromlieferung der BHKW- Module an die Verbraucher	61 MWh	37,2 %
Vom EVU bezogener Strom	102 MWh	
Stromeinspeisung ins Netz des EVU	43 MWh	
Stromlieferung der BHKW- Module insgesamt	103 MWh	

Investive Fördermöglichkeiten

Das KWK-Gesetz sieht zusätzlich attraktive Förderungen für den Neubau von Nahwärmenetzen sowie die Installation von Wärmespeichern vor, die hier kurz vorgestellt werden sollen:

Förderung von Neu- und Ausbau von Wärme- und Kältenetzen

Zuschlagzahlungen für den Neu- und Ausbau von Wärme- und Kältenetzen (§7a und §7b). Der Zuschlag beträgt:

- für neu verlegte Leitungen mit einem mittleren Nenndurchmesser bis zu 100 mm: 100 € je laufender Meter der neu verlegten Wärme- oder Kälteleitung, höchstens aber 40 % der ansatzfähigen Investitionskosten
- für neu verlegte Leitungen mit einem mittleren Nenndurchmesser von mehr als 100 mm: 30 % der ansatzfähigen Investitionskosten des Neu- oder Ausbaus.

Zu beachtende Randbedingungen:

Anspruch auf Zahlung eines Zuschlags für den Neu- oder Ausbau von Wärme- und Kältenetzen haben Betreiber wenn die folgenden Voraussetzungen erfüllt werden:

- der Neu- oder Ausbau wird ab dem 01.01.2009 begonnen und die Inbetriebnahme erfolgt spätestens bis zum 31.12.2020
 - die Einspeisung in das neu- oder ausgebaute Wärme- oder Kältenetz erfolgt überwiegend aus KWK-Anlagen und für den geplanten Endausbau des Netzbereiches wird ein Anteil der Wärme- oder Kälteeinspeisung aus KWK- Anlagen in Höhe von 60 % nachgewiesen.
 - oder falls anfänglich eine Einspeisung überwiegend aus KWK-Anlagen nicht erfolgen kann, muss ein Anteil der Wärme- oder Kälteeinspeisung aus KWK-Anlagen in Höhe von 60 % innerhalb von 24 Monaten nach Aufnahme des Dauerbetriebs nachgewiesen werden.
- ➔ *Aufgrund der gesetzlichen Vorgaben sollte die Möglichkeiten einer zeitnahen Nahwärmeanbindung der benachbarten Liegenschaften ernsthaft diskutiert und simuliert werden. Durch die Förderung könnten die investiven Kosten gesenkt sowie die Laufzeit der KWK-Anlage erhöht werden*
- ➔ *Als hohe Hürde könnte sich der geforderte KWK-Anteil von 60 % der Wärmeeinspeisung im Nahwärmenetz erweisen. Dies kann jedoch nur durch eine Simulation analysiert werden.*

Förderung von Neu- und Ausbau von Wärme- und Kältespeichern

Zuschlagzahlungen für den Neu- und Ausbau von Wärme- und Kältespeichern (§7a und §7b)

- 250 € pro Kubikmeter Wasseräquivalent des Speichervolumens, bei Speichern mit einem Volumen von mehr als 50 Kubikmeter Wasseräquivalent höchstens aber 30 % der Investitionskosten.