

Zusammenfassung Studienarbeit 2

Machbarkeitsstudie: Solare Biowärme für Greven



Autor:

Daniel Hahn

Matrikelnummer: 801103

November 2017

Betreuer Energethik: M.Sc. Sascha Michaelis

Betreuer HFR: Prof. Dr.-Ing. Gerald Steil

1. Quartiersauswahl

Die tatsächliche Umsetzung der Klimaschutz-Ziele der Europäischen Union und im Besonderen die Ziele der deutschen Bundesregierung bis 2050 können nur durch einen signifikanten Anteil erneuerbarer Energien in den Sektoren „Energieerzeugung und Mobilität“, sowie die stetige Steigerung der Energieeffizienz gelingen. Auf regionaler Ebene wurde deshalb in vorliegender Machbarkeitsstudie ein Konzept mit 7 Varianten zur Energieversorgung eines Quartiers der nordrhein-westfälischen Kleinstadt Greven im Landkreis Steinfurt auf Basis erneuerbarer Energien (Biomethan-BHKW, Solarthermie) angefertigt.



Abbildung 1: Gesamtübersicht der Standortgegebenheiten Grevens und in der Umgebung [(© 2017 Google Earth Pro, 2017), bearbeitet]

In der betrachteten Wohnsiedlung handelt es sich bei dem überwiegenden Teil der 600 Gebäude um Standard-Einfamilienhäuser (ca. 80 %). Der Großteil der Gebäude gehört zu der Baualtersklassen II¹, sodass diese in einem Zeitraum zwischen Mitte der 1970er bis 1980er-Jahre errichtet wurden. Alle der im Quartier vorkommenden Gebäudetypen mit den jeweiligen Wärmeverbräuchen wurden detailliert aufgelistet und somit der durchschnittliche, jährliche Wärmeverbrauch pro Gebäude im Quartier zu **17.590 kWh** errechnet.

Wie in Abbildung 1 zu sehen, sind neben dem betrachteten Quartier (rot), zudem Flächen dunkelblau umrandet, die als geeignete Standorte für die Errichtung eines flexiblen Biomethan-BHKW als Wärmeerzeuger für das Quartier, eine Sandgrube für den Bau und die Implementierung eines saisonalen Erdbecken-Wärmespeichers sowie große Freiflächen zur Installation von Solarthermie-kollektoren, potentiell genutzt werden können.

Daneben sind zwei bereits bestehende Wärmeleitungen von der Biogasanlage Guntrup gezeigt. Eine Wärmeleitung dient der Versorgung eines Gewächshauses und die Zweite ist zur Anbindung eines nahegelegenen BHKW-Satellitenstandortes verlegt worden. Perspektivisch gesehen ist ein Anschluss der BGA-Wärmeleitungen an das zu errichtende Nahwärmenetz geplant.

2. Ermittlung Gesamtwärmebedarf und Dimensionierung

Auf Grundlage der geographischen Gegebenheiten wurde ein erster, grober Trassenplan von den zentralen Komponenten der Wärmebereitstellung (BHKW, Erdbeckenwärmespeicher) in Richtung Wohngebiet entworfen. Der weitere Trassenverlauf innerhalb der Siedlung richtet sich ausschließlich an dem Verlauf der öffentlichen Verkehrswege. Mit dem Vermessungs-Tool der Software Google Earth wurden die Leitungslängen der Zu-, Haupt- und Neben-, sowie aller Hausanschlussleitungen zu insgesamt ca. 15,4 km ermittelt.

¹ Baualtersklasse II: Baujahre: 1977 - 1984 (Institut Wohnen und Umwelt (IWU), 2015)

Anhand von Tabellenwerte zu den Wärmeverlusten der gewählten, und entsprechend dem zu erwartendem Massenstrom dimensionierten, Wärmeleitungsrohre ergeben sich Wärmeverluste von ca. 1,545 MWh/a. Dieser Anteil entspricht etwa 16% des Gesamtwärmebedarfs des Quartiers.

Bei einer angenommenen Anschlussquote von 75% (450 Gebäude) und dem durchschnittlichen Wärmebedarf pro Gebäude in dem Quartier von 17.590 kWh/a ergibt sich ein Wärmebedarf aller Gebäude von 7,915 MWh/a. Folglich liegt der Gesamtwärmebedarf der 600 Gebäude in der Siedlung inklusive der Verluste des Nahwärmenetzes bei **9,462 MWh/a** (vgl. Kap. 3.4, Tabelle 3).

Grundlage für die richtige Dimensionierung der Rohrleitungen war neben der Ermittlung der Leitungslängen auch die Berechnung der Anschlussleistung pro Gebäude, die sich aus dem jährlichen Wärmebedarf pro Haus von 17.590 kWh/a und dem Zahlenwert für Vollbenutzungsstunden (VBh) eines Einfamilienhauses von 2000 VBh (VDI-Richtlinie 2067 Blatt 2) ergibt. Mit Hilfe des „Logstor Calculator“ wurden die jeweiligen Leitungsquerschnitte so ausgelegt, dass der maximale Druckverlust im Wärmenetz unter 4,5 bar liegt. Entscheidend bei der Auslegung war sogenannte Gleichzeitigkeitsfaktor (GLF). Für homogene Nahwärmenetze, in denen Abnehmer mit ähnlich großer Wärmeleistung sowie ähnlich großen durchschnittlichen Wärmeverbräuchen vorkommen, kann ein Gleichzeitigkeitsfaktor errechnet werden (Bei 450 Gebäuden: ca. 0,45). (vgl. Kap. 3.3, Tabelle 2)

3.Vorstellung der Varianten zur Deckung des Wärmebedarfs

Im Zuge dieser Machbarkeitsstudie wurden 7 verschiedenen Varianten zur Deckung des Gesamtwärmebedarfs der Wohnsiedlung ausgearbeitet. Dabei wurden verschiedene erneuerbare Energiequellen in unterschiedlichen Anteilen am Gesamtwärmebedarf miteinander kombiniert (75% bis 0% solare Deckung). Die Varianten 1 bis 6 umfassen alle ein mit Biomethan betriebenes FLEX-BHKW sowie ein großflächiges Solarthermie-Kollektorfeld. Zudem ist in allen Varianten ein Pufferspeicher mit einem Volumen von 500 m³ vorgesehen, um Lastspitzen des Wärmenetzes ausgleichen zu können.

	Einheit	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7
Solarer Deckungsanteil	%	75	64	55	39	25	21	-
Wärmebedarf gedeckt durch ST	kWh	7.084.174	6.057.296	5.214.912	3.658.379	2.400.000	2.000.000	-
Wärmebedarf gedeckt durch BHKW	kWh	2.377.170	3.404.049	4.246.432	5.802.966	7.061.344	7.461.344	9.461.344
Aperturfläche ST	m ²	15.627	13.192	11.223	7.712	4.871	4.059	-
Benötigte Grundstücksfläche ST	m ²	37.655	31.787	27.043	18.583	11.737	9.781	-
Volumen LZWS	m ³	53.088	38.164	27.163	9.767	-	-	-
max. gespeicherte Energie im LZWS	kWh	3.079.131	2.213.522	1.575.441	566.486	-	-	-
angenommene Speichereffizienz	%	80	80	80	75	-	-	-
Wärmespeicherverluste	kWh	615.826	442.704	315.088	141.621	-	-	-

Tabelle 1 zeigt die insgesamt sieben verschiedenen Varianten zur Deckung des Gesamtwärmebedarfs der Wohnsiedlung. Dabei wird der Anteil der Wärme, die von der solarthermischen Anlage bereit gestellt wird zwischen 75% und 0% variiert umso in einer anschließenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung die ökonomisch optimale Variante bestimmen zu können. Der Anteil am Gesamtwärmebedarf, der nicht von Solarthermie gedeckt wird jeweils von den Biomethan-BHKW bereitgestellt.

Die Software gestützte Ermittlung und Simulation des Lastganges für die Wohnsiedlung, inklusive der der Verluste

Tabelle 1: Sieben Varianten zur Deckung des Gesamtwärmebedarfs auf Basis erneuerbarer Energiequellen

des Nahwärmenetzes, erfolgte mit dem Programm „BHKW-Ultimate“. Mit Hilfe von Herstellerangaben der Firma „Ritter Solar“ bspw. der spezifische Solarertrag oder Angaben zu den Wärmeverlusten der Solarthermie-Kollektoren, kann mit Wetterdatensätzen aus der Umgebung (Münster) die monatlich von der Solarthermie-Anlage bereitgestellte Wärme für jede Variante errechnet werden.

Zeigt beispielhaft für die Variante mit der höchsten solaren Deckung (Var.1: 75%) die Wärmemengen aus der Solarthermie-Anlage ebenso wie der Gesamtwärmebedarf der Siedlung inklusive der Wärmenetzverluste.

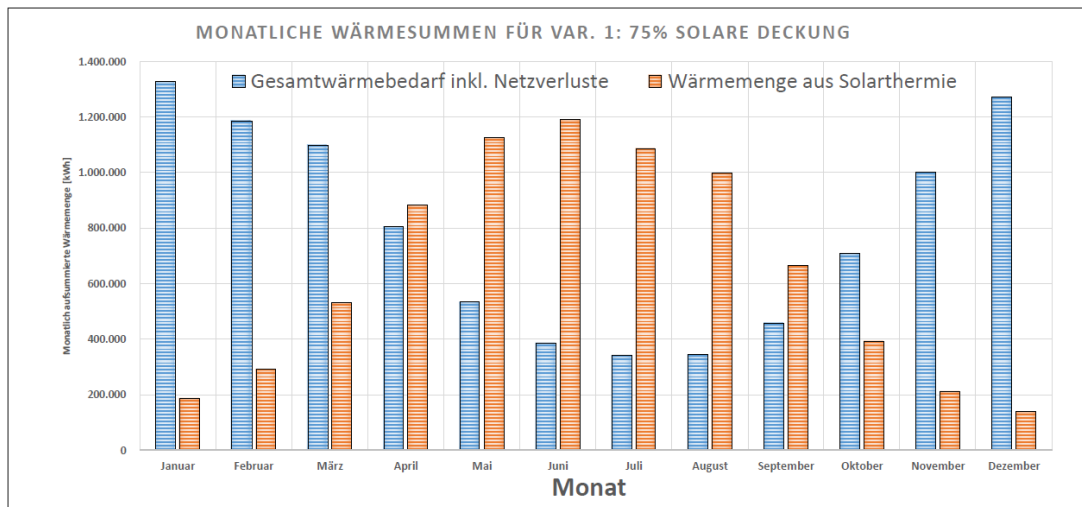


Abbildung 2: monatlicher Gesamtwärmebedarf des Quartiers sowie die jeweils von der ST-Anlage bereitgestellte Wärme für Var.1

4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der sieben Varianten

Nach der Ermittlung der Investitions- und Betriebskosten sowie den Erlösen jeder Variante lässt sich anschließend die ökonomisch beste Variante zur regenerativen Wärmeversorgung des Wohngebietes ermitteln. Diese Betrachtung erfolgt für jede Variante in einer eigenen „Cash-Flow-Tabelle“ über die gesamte Laufzeit der EEG-Vergütung (20 Jahre). Diese Tabellen sind in Anhang 15 bis 21 im Original der Machbarkeitsstudie dargestellt.

Kredit nach: KfW-Programm 271: Erneuerbare Energien "Premium" (1)		Annahmen					
Laufzeit (a)	20	Wärmepreis	0,059 €/kWh				
Zinssatz	2,0%	jährliche Preissteigerung	2,0%				
Eigenkapital	10,0%						
Tilgungsfreie Jahre	3						
Zinsbindung (a)	10						
Aufsummierte Beträge bis zum Ende der EEG-Vergütung (20 Jahre)	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Variante 6	Variante 7
Änderung Cash-Flow	- 865.912 €	484.144 €	1.307.500 €	1.953.011 €	3.149.103 €	3.204.104 €	3.593.710 €
Gesamtinvestition	8.257.295 €	7.589.272 €	6.790.015 €	5.826.422 €	6.146.298 €	6.022.053 €	5.181.840 €
Zinsaufwand der Investitionssumme	1.981.751 €	1.821.425 €	1.629.604 €	1.398.341 €	1.475.111 €	1.445.293 €	1.243.642 €
Gesamtkapitalrentabilität	-10,5%	6,4%	19,3%	33,5%	51,2%	53,2%	69,4%
Gesamtkapitalrentabilität pro Jahr	-0,5%	0,3%	1,0%	1,7%	2,6%	2,7%	3,5%
Eigenkapital	825.730 €	758.927 €	679.002 €	582.642 €	614.630 €	602.205 €	518.184 €
Eigenkapitalrentabilität	-104,9%	63,8%	192,6%	335,2%	512,4%	532,1%	693,5%
Eigenkapitalrentabilität/Jahr	-5,2%	3,2%	9,6%	16,8%	25,6%	26,6%	34,7%

Tabelle 2: Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der sieben Varianten

Wichtig für die Erlöse ist die Tatsache, dass der Wärmepreis für die Anwohner des Quartiers mit 5,9 ct/kWh so gewählt ist, dass die Gesamtkosten für den Energiebezug gleich den Bezugskosten für Erdgas der privaten Endkunden sind. Somit kann eine regenerative Alternative zur Bestehenden Energieversorgung aus fossilen Energieträger geboten werden, die nicht teuer ist als der aktuelle Wärmebezug mittels Erdgas.

Tabelle 2, dass die Varianten mit einem solaren Deckungsanteil über 40% aufgrund des benötigten saisonalen Wärmespeichers, zu hohe Investitionskosten aufweisen, um wirtschaftlich tragfähig zu sein. Mit der Forderung einen Wärmepreis anzubieten, der ein konkurrieren zu den Bezugskosten von Erdgas erlaubt, lassen sich die Kosten für die Varianten 1-4 bei aktuellen Preisniveau für Erdgas noch nicht oder nicht oder nur mit einer geringen Rentabilität decken.

Die ökonomisch beste Variante zur Deckung des Gesamtwärmebedarfs des Wohngebietes ist Var.7. Die Gründe dafür sind, dass die Gesamte Wärme in BHKW erzeugt wird und somit die Investitions- und Betriebskosten für die solarthermische Anlage nicht berücksichtigt werden müssen.

Aufgrund der Tatsache, dass die Anschlussquote für die Umsetzung eines Nahwärme-Konzeptes entscheidend ist, wird Variante 5 mit einem solaren Deckungsanteil von etwa 25% und einem entsprechenden Pufferwärmespeicher favorisiert. Dieses Konzept für die Wärmebereitstellung ist unter ökologischen Gesichtspunkten die ökonomisch sinnvollste Variante.

5. Fazit und Verbesserungspotentiale

Alle der in dieser Machbarkeitsstudie untersuchten Varianten 1 bis 7 enthalten noch Optimierungspotential bezüglich der Kostenermittlung. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass während der Konzepterstellung mit Sicherheitsaufschlägen und häufig konservativen Abschätzungen sowie, wenn nicht anders möglich, mit Annahmen gerechnet wurde. Bei einer entsprechenden Detailplanung können diese Potentiale erschlossen und somit die Wirtschaftlichkeit verbessert werden. In der Planungsphase der groben Auslegung sorgen diese auf Sicherheit ausgelegten Berechnungen für belastbare und aussagekräftige Ergebnisse beispielsweise der Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

Ein weiterer Grund für bessere Wirtschaftlichkeit im „realen Betrieb“ ist die Tatsache, dass Wärmenetze auf eine Lebensdauer von 40 bis maximal 80 Jahre ausgelegt sind. Da die Ertragsberechnungen und die Tilgung der Investitionen auf 20 Jahre erfolgt, ist es möglich, durch eine Weiternutzung des Wärmenetzes ab dem Jahr 21 die bestehende Infrastruktur kostengünstig zur Wärmeversorgung zu nutzen.

Es konnte gezeigt werden, dass die Varianten 5 eine ökologisch sowie ökonomisch sinnvolle Alternative zur bestehenden Wärmeversorgung des Wohngebietes im Südosten Grevens darstellen. Für die favorisierte Variante ergeben sich grob die folgenden Energieeinsparungen und CO₂-Einsparungen gegenüber der bestehenden Wärmeversorgung (vgl. Anhang 25 u. 26):

- *Energieeinsparung: 9.447.000 kWh (34,24%)*
- *CO₂-Einsparung: 1.545 Tonnen pro Jahr*

Ein weiterer Vorteil dieser Konzepte ist, dass sie kaum standortspezifische Anforderungen aufweisen und somit zur regenerativen Energieversorgung anderer Städte und Wohnsiedlungen übertragbar sind.